발 간 등 록 번 호
11-1613000-002165-01

일반 과제 / 공개
국토교통연구기획사업 기획보고서

R&D / 16RDPP-C118788-01

첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성 최종보고서

2017. 11. 26.

주관연구기관 / 국토교통연구인프라운영원
위탁연구기관 / ㈜전략컨설팅집현

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성
R&D Report

제 출 문

국토교통부장관 귀하

'첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성'(연구개발 기간 : 2016.07.27.~ 2017.11.26.) 과제의 최종보고서 15부를 제출합니다.

2017. 11. 26.

주관연구기관명 : 국토교통연구인프라운영원 (대표자) 유 해 운 (인)

위탁연구기관명 : 전략컨설팅집현 (대표자) 양 현 모 (인)

주관연구기관책임자: 정 대 성

위탁연구기관책임자: 양 현 모

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16RDPP
-C118788-01</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">1</td><td>단계구분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5" rowspan="2">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5" rowspan="2">첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">정 대 성</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 9명
내부: 9명
외부: 0명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 300,000천원
계: 300,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 9명
내부: 9명
외부: 0명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 300,000천원
계: 300,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">국토교통연구인프라운영원 기술연구소</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">(주)전략컨설팅집현</td><td colspan="2">연구책임자: 양현모</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td colspan="2">보고서면수: 736</td></tr>
</table>

□ 사업 목적

○ 국민 체감형 공공기술의 빠른 실용화 지원을 위한 융복합 기반의 종합실증 연구기반 조성 기획

- 국토교통 R&D · 신기술의 종합적인 실증환경 조성을 통해 기술실용화를 촉진하고, 국토교통기술 기반의 미래 사회 이슈해결 및 신산업 창출에 선제적 · 능동적 대응
- 국민생활과 밀접한 분야(도시건축, SOC안전, 도시물순환 등)에 대한 종합실증을 통해 국민의 삶의 질 향상
- 국토교통 인프라 · 환경 기반의 융복합 및 4차 산업혁명 대응기술에 대한 실용화 촉진으로 사회 · 경제적 편익 창출

□ 사업 정의

○ 국토교통 R&D기술의 종합성능검증을 위한 실환경 기반의 국가 첨단인프라 종합실증단지 구축

□ 주요 사업 내용

○ [중점분야1] 도시 · 생활인프라 실현형 실증시설 구축

- 제로에너지 빌딩 종합실증시설 구축
- 스마트 도시물순환 종합실증시설 구축

○ [중점분야2] SOC안전 대응형 실증시설 구축

- 실규모 구조물 내진성능평가 실증시설 구축
- 분산형 SOC 실증 지원인프라 조성

○ [중점분야3] 현장 기반형 실증환경 · 부지 조성

- R&D성과 및 신기술 실증테스트베드 환경 · 부지 조성

국 문 요 약 문

제 1 절 사업 개요

- 사업명(사업유형) : 국토교통 실험·실증 연구인프라 구축사업(연구기반구축사업)
- 총 사업비 : 2,951.83억 원(정부 : 2,951.83억 원, 민간 : 0원 / 부지비용 제외)
- 사업기간 : 2020년 ~ 2029년(총 10년: 구축단계 5년, 운영단계 5년)

추진 주체

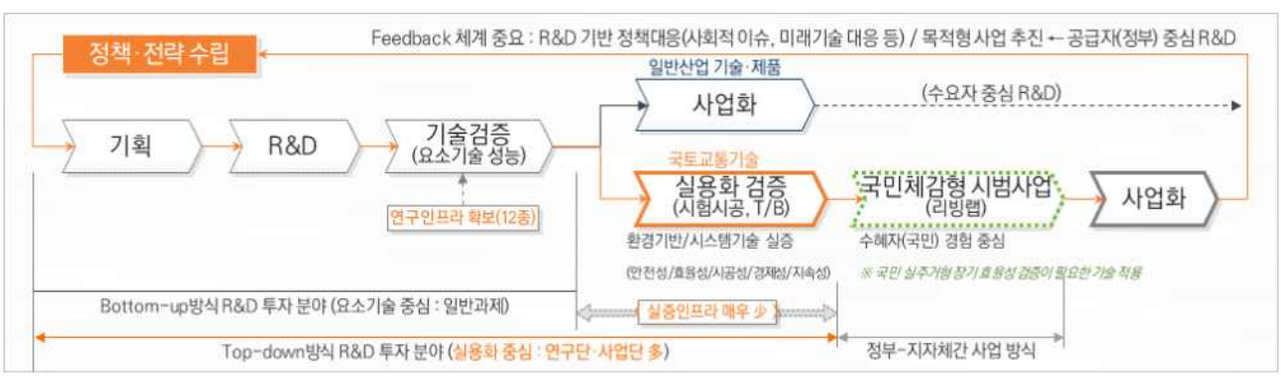
- 주관부처 : 국토교통부
- 전문기관 : 국토교통과학기술진흥원

사업 목적

- **국민 체감형 공공기술**의 빠른 실용화 지원을 위한 **융복합 기반의 종합실증 연구기반 조성**
  - 국토교통 R&D·신기술의 종합적인 실증환경 조성을 통해 기술실용화를 촉진하고, 국토교통기술 기반의 미래 사회 이슈해결 및 신산업 창출에 선제적·능동적 대응
  - 국민생활과 밀접한 분야(도시건축, SOC안전, 도시물순환 등)에 대한 종합실증을 통해 국민의 삶의 질 향상
  - 국토교통 인프라·환경 기반의 융복합 및 4차 산업혁명 대응기술에 대한 실용화 촉진으로 사회·경제적 편익 창출

사업 정의

- **국토교통 R&D기술의 종합성능검증**을 위한 실환경 기반의 **국가 첨단인프라 종합실증단지** 구축



[그림 요약-1] 국토교통 R&D의 기술실용화사업화 및 정책 연계 체계

요약

주요 사업내용 (3대 중점분야, 5개 세부과제)

국토교통 종합실증단지 구축사업

– 【중점분야 1】 도시·생활인프라 실현형 실증시설 구축
  • 제로에너지 빌딩 종합실증시설 구축
  • 스마트 도시물순환 종합실증시설 구축

– 【중점분야 2】 SOC안전 대응형 실증시설 구축
  • 실규모 구조물 내진성능평가 실증시설 구축
  • 분산형 SOC 실증 지원인프라 조성

– 【중점분야 3】 현장 기반형 실증환경·부지 조성
  • R&D성과 및 신기술 실증테스트베드 환경·부지 조성

[표 요약-1] 중점분야별 사업의 정의 및 개념

중점 분야	정의 및 개념	
도시·생활인프라 실현형 실증시설	▪ (정의) 편리한 주거, 안전한 도시생활, 지능형 인프라 복지 구현을 통해 국민의 행복 및 도시의 활력 증진을 위한 실증인프라 ▪ (목표) 지속 가능한 미래 도시·생활 인프라 기술의 종합실증을 통한 편리하고 안전한 생활복지 실현	
	제로에너지 빌딩 종합실증시설	· 에너지소비를 최소화(패시브)함은 물론 에너지를 생산(액티브)하여 건물의 에너지 소요량을 제로로 하는 제로에너지 빌딩 기술을 종합적으로 평가할 수 있는 실증시설
	스마트 도시물순환 종합실증시설	· 도시물순환 요소기술의 통합관리 시스템을 구축하여 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영 · 유지 관리 효율성 등을 실증할 수 있는 실험시설
SOC안전 대응형 실증시설	▪ (정의) 지진·재해에 대한 사회기반시설물의 안전성 확보 및 체계적 유지관리 고도화 관련 기술의 실증인프라 ▪ (목표) SOC시설물 안전 및 유지관리 기술의 종합실증을 통한 대국민 안전성 확보	
	실규모 구조물 내진성능평가 실증시설	· 실규모 건축물(SOC시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설
	분산형 SOC 실증 지원인프라	· 전국에 분산된 미사용(폐기) SOC 시설물을 R&D · 신기술 개발 및 실증에 활용하기 위한 분산형 Test-bed 인프라
현장 기반형 실증환경·부지 조성	▪ (정의) 건설·교통신기술의 현장 시험시공 및 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공 ▪ (목표) 현장 기반형 실증환경 조성으로 기술 실용화 기간단축 및 사업화 촉진	
	R&D성과 및 신기술 실증테스트베드 환경·부지	· 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축 및 건설 · 교통신기술의 현장 시험시공을 위한 다양한 조건의 부지 · 환경 제공



제 2 절 사업추진 배경 및 필요성

1. 사업추진 배경

■ 국토교통 R&D는 다양한 기술이 융복합된 시스템 R&D로서, 현장중심의 실증을 포함하는 전주기적 연구의 특성을 지님

○ **(국토교통산업) 국민의 삶의 질 향상과 쾌적하고 안전한 공간 창출**을 위해 **기반인프라***를 제공하는 국가기간 산업으로서, 민간 건축을 제외한 대부분이 **"공공 발주 - 민간 수주"의 시장구조 특성**을 가짐

* 건설(도시·건축·주거, 토목, 수자원), 교통(도로·운송), 철도, 항공, 물류, 플랜트 등

– 국토교통산업은 **GDP 대비 9.2%**의 높은 비중을 차지하며, 취업자 수 또한 전체 **경제활동인구의 12.6%**로서 **국민 편익 및 국가경제에 있어 매우 중요한 산업**임

○ **(국토교통 R&D·기술) 국가 및 국민을 수혜자로 하는 공공·공익적 성격의 인프라 기술**로서, 시장진입 이전에 **기술개발 단계에서 시공성, 안전성, 경제성 등이 충분히 검증**되어야 함

– 국토교통 R&D는 일반 산업제품과 달리 시장구조 특성상 수요자 중심 R&D보다는 **공급자(정부) 중심 R&D** 특성을 가짐

* 정부주도의 하향식 국토교통 R&D 규모 : `13년 3,415억원(86.4%), `15년 3,899억원(87.5%), `17년 4,078억원(87.1%)

– 국토교통기술은 **복잡한 건설환경과 다양한 요구성능을 만족**시키기 위해 첨단 융복합기술이 결합된 **시스템·패키지형 기술의 특성**을 보임

* SOC 인프라는 메가스트럭쳐로 거대해지고 도시·생활인프라는 건설환경이 더욱 복잡해짐



(a) SOC 인프라 (b) 도시생활 인프라

[그림 요약-2] 국토교통기술의 특성(융복합 시스템 R&D)

– 공공·공익적 산업 특성상 개발된 기술이 시장에 적용되기 위해서는 **반드시 유사 환경조건에서의 실증***이 필요하며, **신기술 인증의 경우 현장시험시공 실적을 요구**

* 시공성, 안전성, 사용성, 경제성 및 지속성에 대한 유사 환경조건에서의 검증 목적

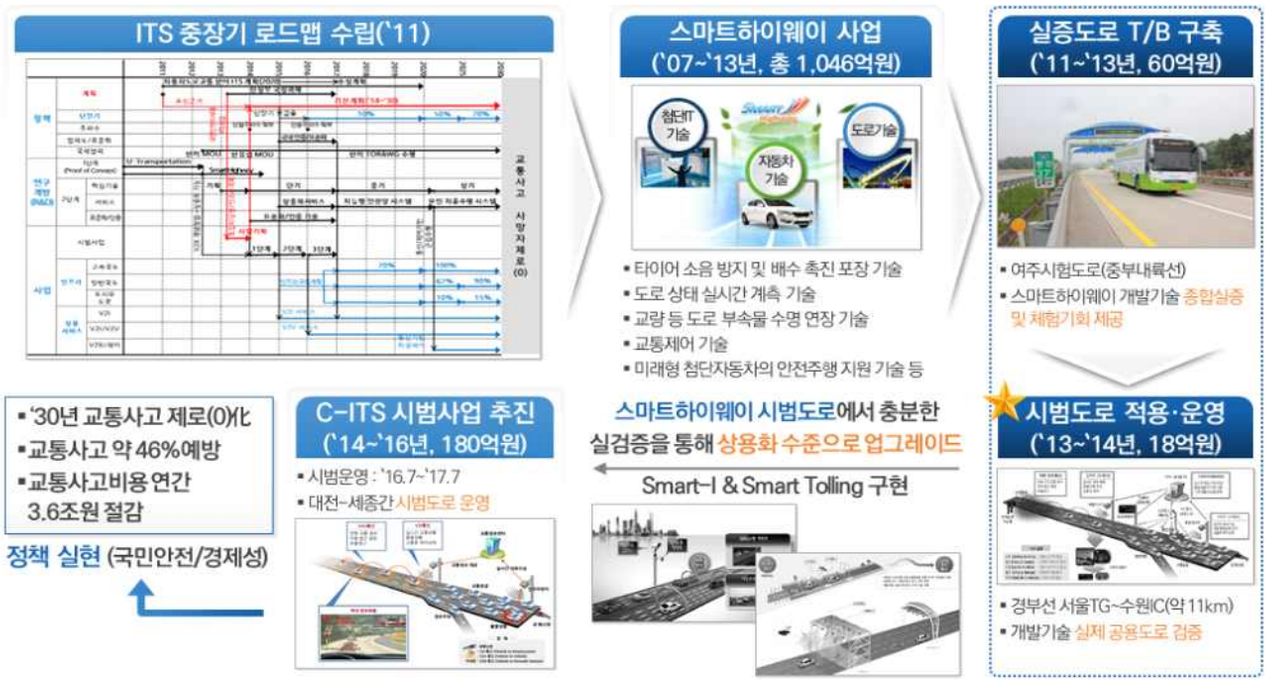
– 또한 대부분 국민의 안전과 직결되므로 **실증실험***과 **시범사업**을 거치게 되어 **개발기술이 시장에 적용되기까지는 오랜 기간이 소요**되며, **정책(법·제도)에 반영**되어야만 가능함

* 실증실험 : 유사 환경조건에서 실규모 실험을 통해 연구개발 기술의 다양한 성능을 검증하는 단계

* 시범사업 : 기술개발 결과를 실제 현장에 소규모로 적용하여 대단위 사업으로 확장하기 위한 적용·효율성 검증 단계

– **국민 체감형 기술**의 경우, 다양한 **유사환경 실증과 실환경 시범사업을 거쳐 시장에 적용**

요약



[그림 요약-3] 국토교통 R&D성과 실증실험시범사업의 중요성 및 사례

■ 국토교통 R&D 실용화 제고 및 민간 기술시장 활성화를 위한 '기술-시장' 생태계 조성 필요

- 국토교통기술에 대한 실증환경 부족으로 실용화사업화가 매우 어려운 실정
- R&D성과의 시장 적용 및 기업의 기술실용화 어려움을 해결하기 위한 정부주도 해결책 마련 필요
- 중장기 R&D전략 연계를 통한 연구인프라 투자 효율성 제고 및 사회적·산업적 이슈를 해결할 수 있는 미래지향적 실증연구기반 마련 시급



[그림 요약-4] 사업 기획의 목적

2. 사업 추진의 시급성

■ 융복합·시스템기술 특성을 갖는 국토교통 R&D성과의 실용화 촉진을 위해서는 실환경 기반의 검증을 통해 개발기술이 빠르게 시장에 진입할 수 있는 '기술-시장' 생태계 조성이 시급

○ 국토교통 R&D 규모의 지속적 증가에도 불구하고, **R&D성과의 실용화·사업화 실적이 매우 저조**

* 국토교통R&D 성과의 실용화 추진역량과 환경이 부족(국정감사, `15년)

* 부처별 R&D 사업화 성과에서 국토부 최하위(`13년 103건 → `14년 97건)

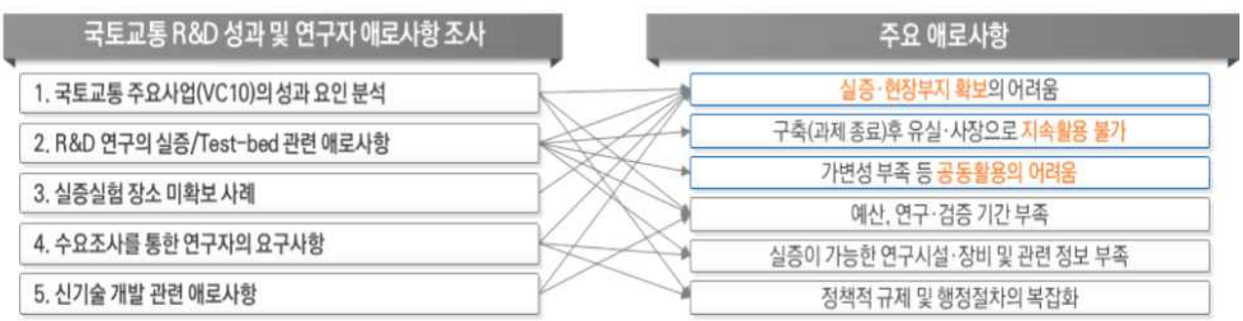
* 과학기술적·경제적 성과는 개선되었으나, 우수성과의 사업화 연계 및 사전 검증을 통한 핵심사업 발굴 부진을 지적(2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(국토교통분야), 과학기술정보통신부)

○ 국민의 생활안전과 밀접한 **공공기술의 실용화를 위해서는 다양한 환경조건에서 실증이 필수적**이나 기술개발 주체인 **기업 및 연구자들은 연구개발 과정에서 직접 실증현장을 확보해야하는 현실에 많은 어려움**을 토로

* 발주기관(정부·지자체)은 위험부담 문제로 안전성 · 신뢰성 확보를 위한 현장시험 검증을 요구 (신기술: 현장시험시공 필수)

– R&D 및 신기술 개발 이후, **실증환경 확보가 어려워 실용화가 지연되거나 사장**되는 경우가 많아, 공공기술의 현장 시험시공 및 R&D 성과의 실증을 위한 **국가차원의 유사환경·부지 제공 등에 대한 요구 크게 증가**

– 또한 **R&D 성과 테스트베드**의 경우, 과제 종료 후 **유지관리가 안되고 공동활용의 어려움을 지적**



[그림 요약-5] 실용화사업화 주요 장애요인(연구자 애로사항)

– 실증환경이 시급히 마련되지 못할 경우, **국가 R&D 성과의 실용화 지연**은 물론 자금사정이 어려운 많은 중소기업들은 개발기술의 사장·사업화 지연으로 **기술개발투자 위축 및 도산 우려가 커짐**

* 최근 5년(`11~`15년)간 사업화·제품화 실적 및 현장적용 비용절감 효과가 각각 9.6%, 5.1%씩 감소

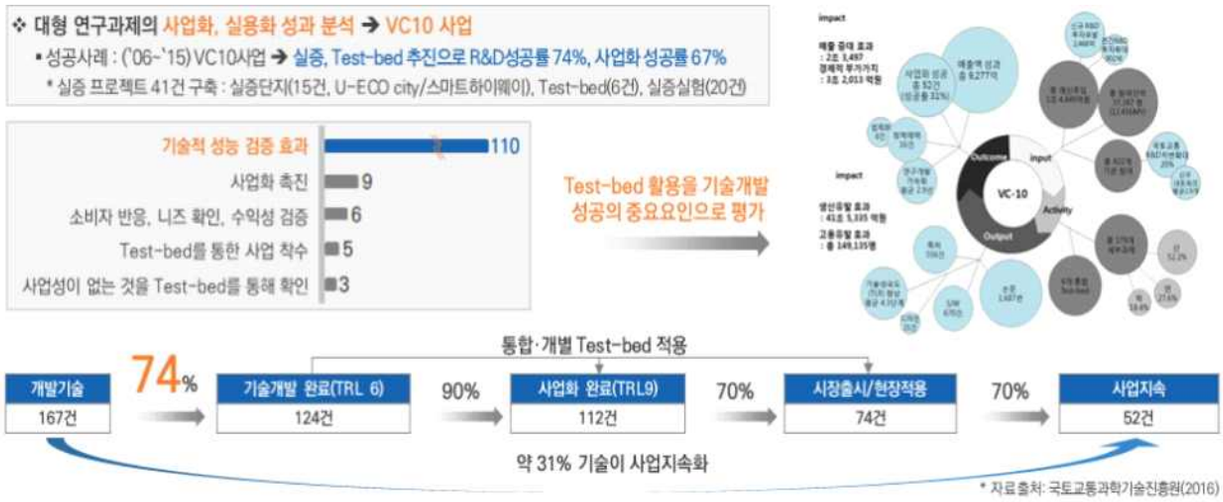
* 신기술 인증까지(현장시험시공 포함)는 평균 2.7년, 6.2억원 소요(건설신기술 파급효과 분석 연구, `16.04, 한국건설기술연구원)

○ 융복합 시스템·패키지 기술에 대한 **국토교통 인프라 기반의 실증환경 조성**을 통해 **R&D 실용화 성공률을 제고**하고, R&D 성과를 reference로 제공하여 **기업의 사업화를 촉진**시킬 수 있는 체계 마련이 절실

– 국토교통 R&D 10대 브랜드사업(VC-10; Value Creator-10, `06~`16년)의 경우, **종합실증 테스트베드를 통해** 국가와 국민을 위한 **다양한 편익 창출, 국가 기술경쟁력 제고 및 해외시장 진출 등에 크게 기여**하였으며, 기술실용화 및 사업화에 있어 **실증 T/B가 성공의 가장 중요요인으로 평가**됨

* VC10 성과: 실증T/B 추진으로 R&D 성공률 74%, 사업화율 67%, 연구기간 단축효과 평균 2.9년 등

요약



[그림 요약-6] 실증연구기반의 실용화사업화 가속화(VC-10)

– 실증 T/B는 **시공단계에서부터 운영단계까지 실규모의 종합적인 성능검증이 가능**하기 때문에 국내뿐만 아니라 기업의 **해외시장 진출을 위한 reference로도 매우 활용도가 큼**

* (해수담수화플랜트) 통합실증 및 운영 reference 확보로 해외프로젝트 수주 기여 → 두산중공업 : 쿠웨이트 도하 1단계 해수담수화 플랜트 등 7,978억원 수주

– 정부가 실증연구기반을 선제적으로 조성·제공함으로써 R&D 성과의 실용화·사업화를 촉진시키고 **연구자들이 기술개발에 전념할 수 있는 연구환경 개선이 필요**

* 【국외】 국가대형연구인프라 기반의 기술실현 및 미래이슈 대응을 위한 실증단지 · 클러스터 적극 추진 : (영국) 베딩톤 제로에너지 생태주거단지, (미국) M-city, Smart City Challenge, (일본) 드론 실증 테스트베드, (벨기에) EnergyVille, (덴마크) EcoGrid 등

* 【국내】 과기부, 환경부, 산업부 위주로 '기술-시장' 시너지 창출을 위해 정부주도의 실증클러스터 기반 구축사업 추진 중 : 동해안 원자력 클러스터, 환경산업 실증화 단지, 물산업 클러스터, 친환경 전지융합 실용화 단지, 제주 스마트그리드 실증단지 등

○ **건설·교통신기술**의 경우, 신기술 인증시 현장시험시공 결과를 필수적으로 요구하고 있으나 기업은 현장 확보에 많은 어려움이 있고 발주처는 기업이 제시한 현장시공 결과를 신뢰하지 않는 경우가 많아 이를 해결할 수 있는 **win-win 전략 마련 시급**

* 건설·교통신기술 제도 : 정부는 건설기술 고도화 및 중소기업 등의 시장진입 경쟁력 제고를 위해 신기술 제도를 운영 중

* 현황 : `09~`16년까지 신기술 지정건수는 총 241건(신청건수 487건의 49.5%), 중소기업 비중 약 80%

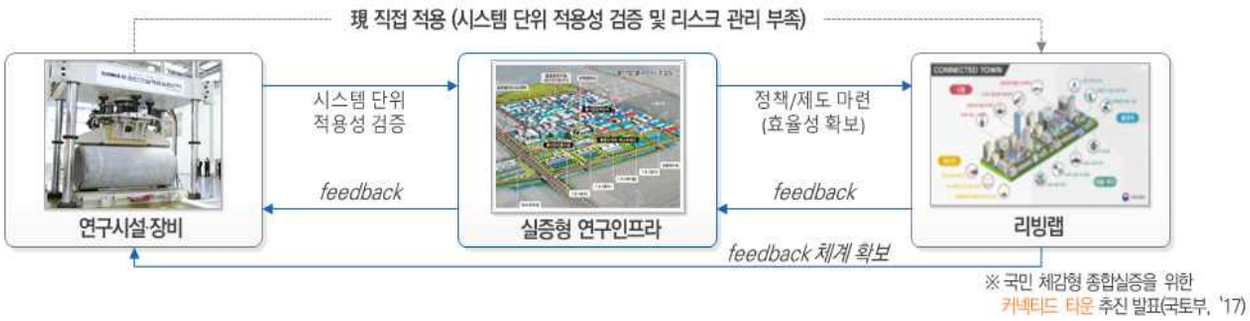
* 주요 애로사항 : 시험·실험 방법 및 절차에 대한 정보 부족, 시험시공 현장부지 확보 어려움(예산 증가, 인허가 등)

– 신기술의 신뢰성 및 지정률을 높여 중소기업의 시장 경쟁력을 향상시킬 수 있도록 **정부 주도의 객관적이고 체계적인 현장검증이 가능한 부자·환경 제공** 필요

○ 따라서 기술개발 주체인 **기업 및 연구자의 애로사항을 해결하고 연구에 전념**할 수 있도록 **정부 차원의 실증환경을 조성**해줌으로써 **R&D Death valley를 극복하고 기술실용화·사업화를 가속**화할 수 있는 여건 마련이 시급함

국토교통 R&D 정책 실현 및 국민체감형 사회문제 해결분야에 대한 우선적인 실증연구 환류체계 마련이 필요

- 국토교통 R&D는 삶의 질 등 국민의 다양한 욕구해결을 위한 **국민체감형 기술** 및 국가 산업경쟁력 향상을 위한 **시장선도형 기술**에 대한 투자 강화
- 최근에 국민 생활과 밀접한 **국민체험형 시범사업(리빙랩)을 적극 추진 중**으로 R&D성과를 시범사업에 적용함에 있어서 **리스크 관리** 및 시범사업을 통한 국민체감 패턴을 다시 기술개발에 **feedback(환류)시킬 수 있는 연계체계를 마련**하여 **수혜자(국민) 중심의 기술개발로 전환 필요**
  - 국민체감형 국토교통기술의 **융복합·시스템 단위** 실증을 통해 안전성, 적용성 검증 및 리스크 관리가 가능한 **실증인프라 기반의 환류체계 부재**



[그림 요약-7] 종합실증단지의 기능

- 국토교통 R&D는 미래 신산업 창출, 4차 산업혁명 대응 기술 등 **미래사회 이슈해결과 고부가가치 해외시장 선점분야에 대한 투자를 강화**하고 있어, 기술·환경적 변화에 능동적으로 대처하기 위한 **현장기반형 실증연구인프라 구축이 매우 시급**

  * `17년도 국토교통 R&D 투자 규모 : 7대 신산업 창출 866억원(50.6%↑), 4차 산업혁명 대응 991억원(32%↑), 안전기술 확보 1,088억원(13.1%↑), 기후변화·자원고갈 대응 426억원(12.4%↑), 해외건설 시장개척 262억원(62.7%↑)

  - **(주거·생활환경 변화)** 도시화 및 인구집중 심화로 안전한 도시생활과 편리하고 쾌적한 주거 욕구의 지속증가

    * 2020년 우리나라 도시화율 95% 예상

  - **(SOC시설물의 노후화)** 도시·생활인프라를 포함한 노후 SOC시설물의 급격한 증가와 지진발생 증가 등으로 시설물의 유지관리 및 내진 안전성 확보가 사회적 문제로 대두

    * `13.12 기준, 30년 이상 전체교량은 10년 후 28.8% → `30년 후 75%로 급증

    * 시설물 붕괴, 지반침하, 지진 등 국민의 안전불안감 급증(`12년 21.3% → `14년 51.3% → `16년 34.9%) (사회안전에 관한 인식도, 통계청, 2016년)

  - **(기후변화 및 자원고갈)** 기후변화로 인한 가뭄·도시홍수 발생 증가 및 물·에너지 부족 문제 등으로 에너지·자원의 효율적 이용 및 관리 필요성 증가

    * UN 물부족국가 지정(`90) 및 `25년 물기근국가 예상(`20년 26억만m^3 물부족 예상)

    * AIIB 연차총회(`17.6) 및 고리1호기 영구정지 선포(`17.6)에서 문재인 대통령의 탈원전·탈석탄화 선언으로 국가에너지정책 대전환 예고

  - **(융복합기술 가속)** IoT, Big Data 등 4차 산업혁명 대응기술의 급격한 발전으로 SOC인프라 분야에서도 이들 기술들과의 융복합을 통한 미래 신산업 창출이 가속화될 것으로 전망

    * 스마트시티, 자율주행도로, 건설자동화, 지능형 SOC인프라 등

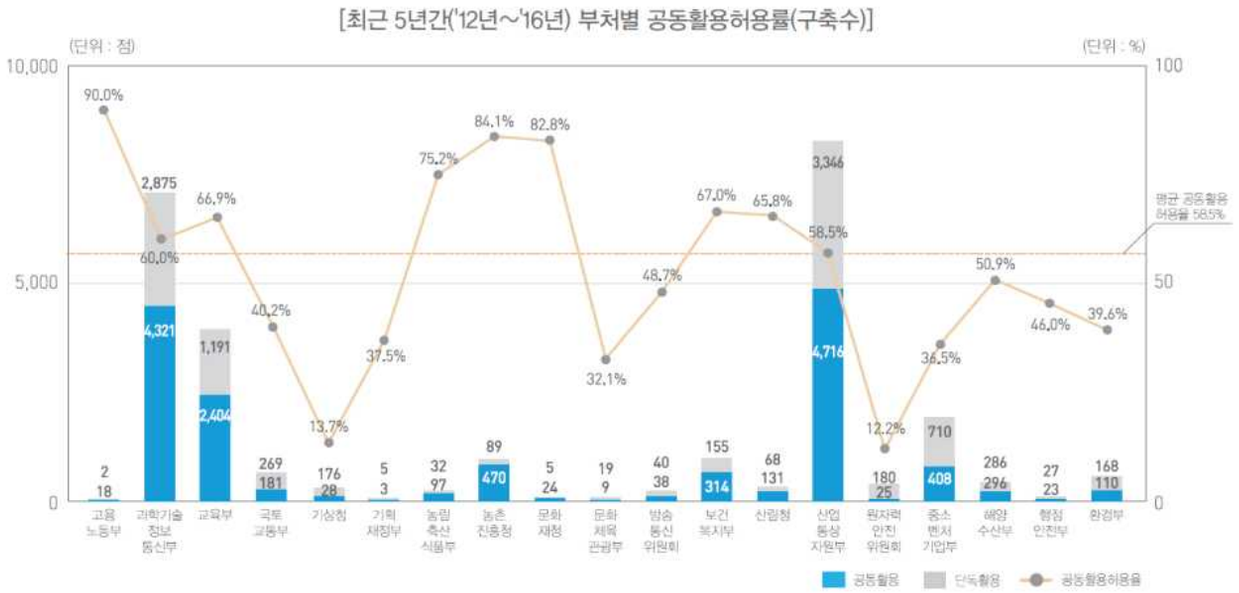
요약

■ 국토교통 R&D 투자 연구시설·장비에 대한 공동활용 촉진 및 연계·시너지 창출 강화를 위해서는 연구시설·장비 및 실증 T/B에 대한 집적화 필요

○ 연구개발에 있어 **연구시설·장비는 투입적 인프라**로서 막대한 국가예산이 투입되므로 해당 **연구개발사업 종료 이후에도 체계적인 운영·관리를 통해 중복투자를 방지하고 공동활용 촉진 필요**

* 국토교통 연구시설·장비의 공동활용허용율은 40.2%로 전체 부처 중 최하위 수준

* 최근 5년간(`12~`16년) 국방R&D사업을 제외한 국가연구개발사업의 연구시설·장비 투자규모는 총 3조 9,481억원(전체 R&D투자대비 5.2% 수준)이며, 국토부는 580억원(1.5%)



[그림 요약-8] 부처별 연구시설장비 공동활용허용율

(출처: 2016년도 국가연구시설장비 조사·분석 보고서, 과학기술정보통신부)

– (범부처) 과기부는 **범부처 차원으로 연구시설·장비의 관리·활용 효율성 제고**를 위해 "제2차 연구시설·장비 고도화계획" 을 수립 중

* 공동활용 장비 집적화율 목표 : `15년 50.4% → `16년 58.1% → `17년 62.6%(목표치)

* (시스템)구축·관리중심 → 활용·공유 중심, (소유)사유화 → 공유화, (운영방식)운영·관리자 → 활용·이용자 중심으로 전환

* "국가연구시설장비 투자효율화 및 공동활용 촉진방안" (국가과학기술심의회, `15.10)을 마련하여 집적화 추진

○ 국토교통 R&D의 **연구인프라 투자 효율성 강화 및 공동활용 촉진을 위한 집적화** 체계 마련 필요

– 국토교통 R&D는 **연구개발 성과로 다양한 T/B가 구축**되므로 정부 예산투자 및 운영 효율성 측면에서 집적화를 통해 체계적으로 관리함으로써 **타 연구과제 공동활용으로 R&D예산 절감** 가능

* 국토교통 R&D 실증규모(현장적용·T/B) : 정부출연금(9,817억원) 대비 약 30.8%(3,023억원) 수준 (`17.03 수행과제 기준)

– 국토교통 실증인프라의 **집적과 분산의 효율적 투자로 기술개발 및 활용 관점의 시너지 창출이 요구**됨

– 실증인프라의 시너지 창출을 위해서는 **기술적 종합화와 함께 복합단지화를 통해 국가 실증 HUB로서의 위상을 확보**할 필요가 있으며, 이를 통해 **해외 선진기술 및 우수인력의 유입 창구 및 기업의 해외시장 진출을 위한 reference 제공의 전초기지로서의 역할**이 가능



3. 국고 지원의 당위성

3.1 공공기술에 대한 검인증 생태계 조성

- 국토교통기술은 국가와 국민을 수혜자로 하는 공공기술로서 이들 기술이 시장에 적용되기 위해서는 사전에 안전성 및 사용성 등에 대한 **객관적 검증이 필요**하며, 이는 **정부의 역할**임
  - 정부 발주 **공공사업에 적용되는 기술의 검증은 정부의 몫**으로, 연구자들에게 실증환경(부지 등)을 확보하여 자체 검증하도록 하는 것은 책임을 회피하는 것임
    * R&D T/B : 국토교통 R&D 특성상 대부분 연구개발 기간 중에 T/B 적용을 통한 실증까지 요구
    * 신기술 : 신기술 인증을 위해서는 기술개발 이후에 현장 시험시공을 추가로 요구(의무사항)
  - 특히 **현장기반형 실증인프라는 막대한 예산이 소요**되며 아직 시장이 활성화되지 못한 분야에 대한 **민간의 선투자는 더더욱 불가능**하므로, 관련 **산업 활성화를 위한 마중물로서 정부의 선제적 투자가 필요**함
    * 개발된 기술이 현장실증을 통해 시장에 적용되기 위해서는 설계기준 등에 반영되어야 하므로 정부 정책적 활용도 또한 매우 높음
- 특히 **본 사업으로 추진하는 실증인프라시설들은 국가와 국민의 편익 창출 및 사회적 이슈해결을 위해 가장 시급한 분야**로서 국고 지원 대상에 해당됨
  * **(제로에너지 빌딩)** 국토교통 7대 신산업분야로서, '제로에너지건축물인증제도' 대응, 미세먼지 저감, 국가온실가스 감축목표 달성 및 고부가가치 엔지니어링분야 양질의 일자리 창출 등 정부정책 실현에 기여
  * **(스마트 도시물순환)** 국토교통 R&D 4대 전략분야로서, IoT, Big Data기술 융복합을 통한 도시 물순환 및 재이용 최적화 기술 확보로 도시재생, 미세먼지 저감, 도심침수 방지, 물부족 대응 등 편리하고 쾌적한 도시 생활환경 구현 가능
    - 기술융복합의 목적 : IoT, Big Data 기술이 서로 융화되고 결합되어 시설의 최적운영과 함께 물관리 최적방안 도출 가능
    - 기술융복합의 정의 : IoT 및 센서 기술을 이용한 계측 data(수량 · 수질) 생성 · 수집 · 공유 및 모니터링과 수집된 자료의 Big Data 기반의 통합 물관리 자료분석이 하나의 시스템으로 연결됨
  * **(실대형 내진성능 실증)** 국토교통 R&D 4대 전략분야로서, 비내진 건축물 및 노후 SOC시설물에 대한 내진설계·보수보강 기술 확보로 지진발생 증가에 따른 국민의 생명 보호 및 안전한 국토 실현을 위한 정부차원의 선제적 대응 가능
- 따라서 다양한 기술변화에 능동적으로 대처하고 **수혜자(국가국민) 중심의 기술·산업 생태계 조성을 위해서는 국가차원의 기반마련이 시급**함
  * (해외) 미국, 일본, EU 등 주요 선진국들은 중·장기적 대형연구시설 구축에 대한 로드맵을 수립하고 이들 시설에 대한 지속적인 투자를 통해 연구인프라 기반의 기술선도에 집중
- 세계적 수준의 첨단융복합 기반의 미래 신성장분야에 대한 실증연구인프라 구축을 통해, 우리나라 **건설분야 고부가가치 신산업에 대한 기술 선점 및 국가 기술경쟁력 제고** 필요
  - 국내외 국토교통 관련 시장은 연평균 5.0% 이상의 성장 전망
    * (해외) 24조 9,242억 달러('14) → 177,720억 달러('18)으로 6.5% 성장 전망
    * (국내) 24조 285조원('14) → 355조원('18)으로 5.8% 성장 전망
  - 첨단 융복합기술 실증이 가능한 **인프라환경의 복합실증단지 구축을 통한 국토교통분야 국가 기술경쟁력 제고** 필요
    * `15년 기준, 국토교통분야 전체는 세계최고 기술보유국(미국) 대비 기술수준은 78.8%, 기술격차 5.0년
    * **(건축물 에너지 성능 분야)** 세계최고 기술보유국(독일) 대비 75.3%, 기술격차 5.4년
    * **(우수 및 용수 재이용 분야)** 세계최고 기술보유국(독일) 대비 75.7%, 기술격차 7.4년
    * **(도시 재난·재해 대응 분야)** 세계최고 기술보유국(미국) 대비 61.9%, 기술격차 7.9년

요약

3.2 정부 정책 및 R&D 계획과의 부합성

◎ **연구인프라**는 과학기술 활동을 지지(支持)하는 자원, 연구개발 수행 주체인 연구자와 기반요소가 지속적으로 능력을 발휘할 수 있도록 지원하는 과학기술하부구조로서 **과학기술 활동의 핵심요소**임

* 연구인프라(연구시설·장비)는 연구인력, 연구과제와 함께 과학기술 활동의 3대 요소 중 하나

☞ 연구인프라의 가치와 역할

* 국가연구시설·장비[1]는 과학기술 하부구조를 지탱하는 창조적인 과학기술의 창출기반이며 R&D투자 효율성을 제고할 수 있고 산학연 협력과 국내외 공동연구의 핵심가치를 창출할 수 있는 핵심요소

* 첨단 연구시설장비는 기술개발의 성패 및 세계적 연구성과 도출을 좌우하므로, 해외의 선진 기술/인력 유입 경로는 물론 기존의 추격형 R&D에서 미래 선도형 R&D로 전환 및 정부정책 실현에 중요한 역할을 담당

* 특히 대형연구시설·장비(구축비용 50억 이상)는 과학적 진보, 융복합·다학제 연구, 네트워크 확장, 사회적 가치 창출, 인적자본 창출 등을 통한 국가 과학기술 역량 강화 및 기술·산업 경쟁력 제고 등에 크게 기여

* 공동활용 연구시설장비는 R&D성과의 검증에서 기업의 기술실용화 촉진까지 폭넓게 활용됨으로써 국가 산업발전에 기여

◎ **정부 정책 및 R&D 계획과 연계한 국민 편익 창출 및 국가 기술·산업 경쟁력 강화**를 위해서는 정부차원의 선제적 투자를 통한 **민간시장의 기술개발 여건 및 역량 강화** 필요

– 국토교통부는 신성장동력 창출 및 미래사회 변화 등을 고려하여 **산업경쟁력 강화를 위해 Target형 7대 신산업 분야***를 **선정**하고 **집중 투자**전략을 마련

* 국토교통 7대 신산업 육성 전략 : 자율주행차, 드론, 공간정보, 해수담수화, 스마트시티, 제로에너지빌딩, 리츠

◎ **국토교통 R&D의 정책 목표인 4대 전략***을 **실현**하기 위해서는 개발된 기술의 빠른 실용화를 위한 **실증연구기반이 필수적**이며, **국민체감형 실증과 연계**하여 사회적 이슈들을 빠르게 feedback하여 해결할 수 있는 **선순환 체계 마련이 시급**

* 국토교통 R&D 4대 전략 : 안전하고 편리한 국토공간, 국민 생활복지 향상, 융복합 신산업 창출, 세계시장 선도

◎ 따라서 국토교통 기술의 융복합·시스템 실증환경 조성으로 **미래사회 이슈 및 국민 요구에 선제적·능동적으로 대응**하기 위한 **전략적 투자가 필요**

– **'국토교통 R&D 사업·관리체계 개편**(`17.05)' 을 통해 대규모 사업단위 R&D 추진을 강화하고, **실증을 통한 성과 증대** 및 연구개발 기간 이후에도 **T/B에 대한 효율적인 운영관리**로 공동활용이 가능하도록 **종합대책을 마련**함

– 국토교통 R&D는 정책과 연계된 Top-down 방식의 **사업단·연구단 과제가 대부분**으로, 실용화 및 사업화 성공률 제고를 위해서는 **실증연구기반 확보가 매우 중요**

* 사업단·연구단 과제 규모(비중) : `14년 3,937억원(67.0%) → `15년 4,203억원(69.6%) → `16년 4,163억원(72.7%)

1) 국가연구시설·장비 : 자연현상의 과학적 탐구에서부터 기술개발을 통한 산업화까지 지원하기 위한 비영리목적으로 구축된 공공의 연구인프라로서, 국가재원의 성격에 따라 공공투자 또는 국가R&D투자 연구시설장비로 구분



3.3 추진 근거

■ 법적 추진 근거

- “과학기술기본법” 제16조(민간의 과학기술혁신 지원), 제16조의3(연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화), 제16조의 5(성장동력의 발굴·육성) 및 제28조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용) 등
- “국토교통과학기술 육성법” 제8조(연구개발사업의 추진), 제9조(융복합 연구개발의 추진), 제10조(국토교통 과학기술의 보급 및 활용촉진) 및 제13조(연구기반의 확충) 등
- “건설기술 진흥법” 제10조(연구시설 및 장비의 지원 등)
- “제3차 과학기술기본계획”(과기부, `13.7), 국토인프라 선진화 및 중소·벤처기업 중심 연구개발 지원체계 구축
- “문재인 정부 국정과제”중 4대 복합·혁신과제의 ‘4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가’ *, ‘국가의 고른 발전을 위한 자치분권 및 균형발전’ ** 등과 부합

  * 5G·IoT 인프라가 내재된 대규모 융복합 글로벌 테스트베드(자율주행차, 지능형로봇, 도시 등) 조성 및 융복합 신산업 기반의 고부가가치 첨단기술 산업 육성 지원

  ** 국가혁신클러스터 선정 및 신산업 테스트베드 조성 및 실증 프로젝트 추진

■ 본 사업의 세부과제별 추진 근거

상위 정책 및 계획	세부 과제 분야			
	제로에너지 빌딩	스마트 도시물순환	실대형 내진성능	신기술 지원
관계법령	「녹색건축물 조성 지원법」 제6조(녹색건축물 조성사업) 등	「수자원의 조사 · 계획 및 관리에 관한 법률」 제26조(수자원 관리기술에 관한 연구 및 실용화) 등	「지진 · 화산 재해대책법」 제22조(지진 · 화산재해경감 연구 및 기술개발) 등	「건설기술 진흥법」 제14조(신기술의 지정·활용 등)
문재인 정부 국정과제	■ 친환경 미래 에너지 발굴·육성 – `20년 공공부문 제로에너지 건축물인증 의무화 등 ■ 신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축 – 온실가스 감축 강화를 위해 `20년까지 제로에너지 건물 확대 ■ 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진 – 주거취약계층 녹색건출물 우선 적용을 위해 `18년부터 공공임대주택 등 소형 주택 에너지성능을 패시브하우스 수준으로 강화	■ 지속가능한 국토환경 조성 – `22년까지 노후 상수관망 현대화(1,717km), 물순환도시 5개소 건설, 하수 재이용(1.1억톤/년 이상) 등 상시 가뭄 극복 물순환 체계 구축	■ 자연·사회적 재해·재난 예방 전략	
	■ (공통) 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화, 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성*, 지방분권 강화 및 균형 발전 전략** * 융복합 글로벌 테스트베드 기반 구축 및 융복합 신산업 기반의 고부가가치 첨단 기술 산업 육성 ** 노후산업단지를 사람 · R&D · 산학융합 중심의 혁신 산단으로 전환하고, 산단 내 중소기업의 스마트화 추진으로 산단의 활력과 경쟁력 강화			
중장기 계획 및 전략	■ 정부 R&D 중장기 투자전략(과기부, `16.1) – (주거 · 건설) 주거환경과 ICT 융합을 강화에 부합 – (건축구조물) 건축물의 에너지 절감, 구조물 안전성 기준 등에 부합 – (협업모델) 재난 · 재해 대비 공공시설물의 안전성 · 편의성 증진에 부합			
	■ 국토교통 R&D 중장기 계획(국토부, `14.7) – 연구시설·장비인프라 및 실험표준 등 세계 5위 수준의 환경구축 (목표) `13년 21위 → `23년 5위 ■ 국토교통 R&D 사업·관리체계 개편(국토부, `17.05) – 연구기반확충을 위한 ‘연구 실험·실증 인프라 구축 사업’ 추진			
	■ 창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(과기부, `14.2) – 융합인프라 고도화 추진			

요약

■ 중장기 국가재정운영계획과의 부합성 (국가재정운영계획 `16~`20, 2015년)

○ 국가재정정책에서 국토교통 분야의 성장동력을 위해 추진하고 있는 12개 분야 65개의 주요정책 중 본 사업은 4개 분야 9개 정책과 부합함

– (R&D분야) 기초연구 및 대형 연구지속 지원*, 도전적 융합연구 활성화를 위한 지원 강화**, 안전·보건 등 국민체감형 R&D 투자확대***

* 거대과학 및 공공인프라 분야 정부지원을 통한 과학기술 기반 강화

** ICT+에너지+건설+홈+방범 등 국토교통 융합연구기반 조성

*** 재난·재해, 감염병 등에 적극적으로 대응하기 위한 범정부 차원의 기술개발 지원

– (산업·중소기업·에너지 분야) 미래 신성장동력 발굴 및 주력산업 부가가치화

* 해양플랜트·로봇·항공·임베디드 S/W 등의 분야에 IT를 융합으로 창조산업 육성

– (SOC 분야) 주요 교통시설 투자효율성 제고*, 핵심 교통인프라 적기 확충**, 예방중심의 안전관리체계 구축***, 미래 신성장동력 확충 및 지역경제 활성화****

* 기존 시설의 활용도 및 연계를 고려한 도로 및 철도 등 교통인프라 고도화

** 교통난해소 및 종합물류 자동화 등을 통한 지역경제 활성화

*** 터널 및 교량 등 SOC 노후시설의 내진보강과 수해예방 능력 강화

**** 자율자동차, 드론 등 첨단 미래 교통수단 상용화 촉진을 위한 기술개발 및 인프라 지원

– (환경 분야) 누수시설 개량·보수 사업 중심의 수질개선사업 내실화

* 노후화된 환경기초시설로 사회 안전문제가 대두됨에 따라 개량·보수 기술개발 및 관리 지원

3.4 기획 추진 경과

○ (`15.12) 국토교통 연구개발사업 대표 브랜드 과제(WISE 10) 발굴 추진

○ (`16.03) “종합실증 클러스터 구축 수요조사” 실증 수요 설문조사(국토교통과학기술진흥원)

○ (`16.04) WISE10+1 브랜드 과제 선정 (WISE 10과제의 실증지원)

○ (`16.07) “첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성” 기획연구 착수

○ (`17.05) 국토교통R&D 사업·관리체계 개편 (국토교통 실험·실증 연구인프라 구축사업 반영)

○ (`17.11) 사업 기획연구 완료

– 부처(국토부 미래전략담당관) 보고 (3회)

– 기획타당성 검토회의 (4회)

– R&D 전문기간 원내보고 (3회)

– 주관연구기관 사업기획위원회 개최(2회)

– 기술수요조사 실시(`16.08)

– 핵심 실증인프라 우선순위 도출(`17.08)

– 전문가 Working Group 구성·운영(핵심 실증인프라 상세기획보고서 작성)

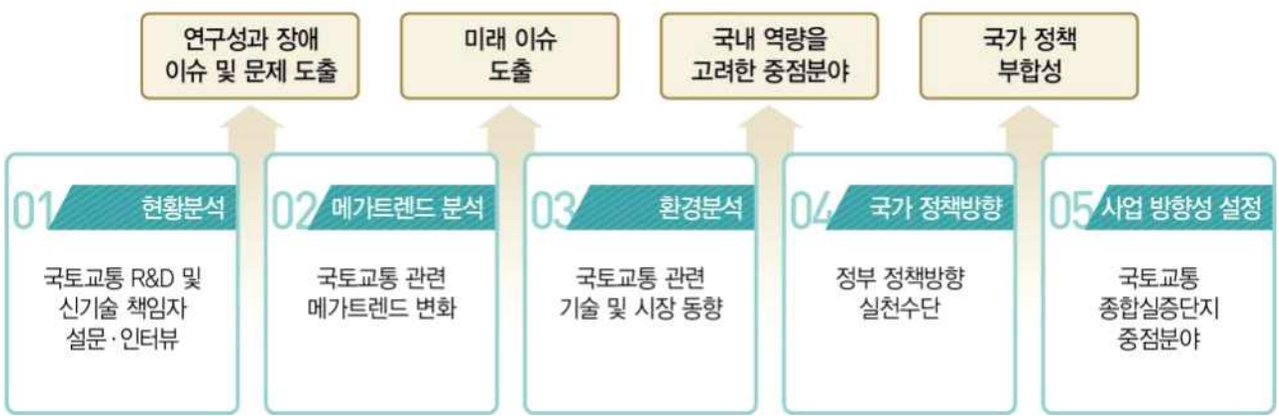
– 실증단지 부지 검토

제 3 절 사업의 기본방향 및 추진전략

1. 사업의 기본방향

1.1 사업의 기본방향 설정 과정

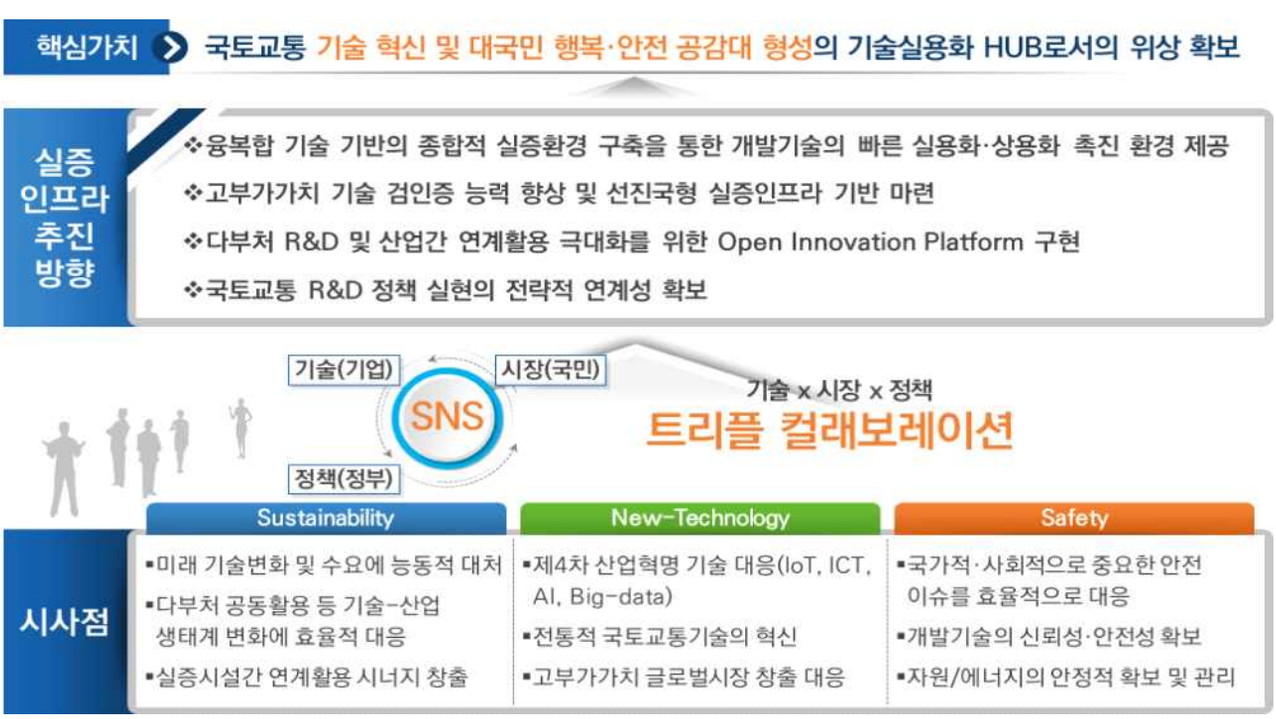
○ 국내외 환경·동향(정책, 기술, 산업) 분석 및 수혜자 대상 설문·인터뷰 등을 통해 이슈/문제를 도출하고, 메가트렌드 분석, 해외사례 벤치마킹, 국가 정책 및 R&D 전략 등을 종합 분석하여 사업의 방향성 설정



[그림 요약-9] 사업 방향성 설정 프로세스

1.2 사업의 기본방향

○ 국내외 정책기술산업 동향분석을 통해 시사점을 도출하고, 종합실증단지의 핵심 가치실현을 위한 실증인프라 추진 방향을 제시



[그림 요약-10] 본 사업의 핵심 가치 및 추진방향 설정

요약

2. 중점분야 및 세부과제 도출

2.1 개요

■ 목적형 실증인프라 및 핵심 실증시설 도출 절차

- 미래트렌드 STEEP분석, 국가 정책 및 R&D전략 분석 등을 통해 주요 이슈분야 8개를 도출하고 실증인프라 구축 범위를 3개의 목적형 중점추진분야로 설정
- 국토교통 법정계획 및 R&D정책 등에 근거한 Top-down 방식과 기술수요 조사 및 미래기술 예측을 통한 Bottom-up 방식을 병행하여 실증이 필요한 675개 기술을 도출하고, Keyword 그룹핑을 통해 이들 기술을 실현하기 위한 실증시설(안)을 작성(3개 중점분야에 총 39개 실증시설)
- 전문가 검토를 통한 평가지표 설정한 후 국토교통 전문가 온라인평가(4,315명 대상)를 통해 실증시설 우선순위 평가를 수행
- 우선순위별 국내 유사중복성 검토를 통해 최종 10개 핵심실증시설을 도출한 후, 단계별 추진전략을 수립하고 1단계 추진 실증시설에 대한 상세기획을 수행
- 최종적으로 선정된 실증시설은 실증단지 내 집적하여 기술간 시너지 효과를 창출할 수 있는 중앙 집적형과 지리적·환경적 조건을 고려한 분산형으로 구축전략을 설정



[그림 요약-11] 목적형 실증인프라 및 핵심 실증시설 도출 절차

2.2 중점분야 설정

- 중점분야는 국토교통 R&D 기반 미래사회 이슈해결을 위해 R&D 전략 및 정부 정책 연계성을 고려하여 '미래도시생활 인프라 실현형', 'SOC 안전 확보형' 및 '자원/에너지 대응형' 3개 분야로 설정하고, 추가적으로 실증환경 조성을 위한 '현장 기반형 실증환경·부지' 분야를 별도 설정함

미래도시·생활인프라 실현형

- (정의) 편리한 주거, 안전한 도시생활, 지능형 인프라 복지 구현을 통해 국민의 행복 및 도시의 활력 증진을 위한 실증인프라
- (비전) 국민 체감형 도시환경의 안전성, 쾌적성, 지능성이 확보된 미래 생활도시 구현
- (목표) 지속가능한 미래도시 대응을 위한 첨단융복합 실증인프라



[그림 요약-12] 미래도시·생활인프라 실현형 목표 및 전략

요약

SOC안전 확보형

- (정의) 지진 · 재해에 대한 사회기반시설물의 안전성 확보 및 체계적 유지관리 고도화 관련 기술의 실증인프라
- (비전) 도시 및 사회 기반인프라의 체계적인 안전 · 유지관리 고도화를 통한 사회 안전 확보
- (목표) SOC시설의 안전성 검증이 가능한 국가 실험인프라 기반 구축 및 R&D 기술개발 선순환 체계 마련



[그림 요약-13] SOC안전 확보형 목표 및 전략



자원·에너지 대응형

- (정의) 에너지/자원 고갈 및 물 부족 등의 환경에 대응하기 위한 신재생에너지, 물관리 기술 개발 실증인프라
- (비전) 에너지/자원 고갈 대응을 위한 안정적 자원 확보
- (목표) 국민 삶의 안전을 위한 에너지 통합 Platform 종합실증단지 구축

비 전	• 에너지/자원 고갈 대응을 위한 안정적 자원 확보
목 표	• 국민 삶의 안전을 위한 에너지 통합 Platform 종합실증단지 구축
기대효과	• 강/하천 생태계 환경 유지로 원활한 수원 확보에 기여 • 에너지 생산시설의 성능 및 품질 인증강화를 통한 해외시장 선점에 기여
주요 핵심 실증인프라 (아젠다)	• 체계적 수자원 관리 및 물 순환 기술 확보 • 에너지 생산시설 성능 및 품질 인증강화 기술 확보
이슈해결 주요 전략	• 에너지 생산기술 성능·품질 확보 • 재난·재해·기후변화 대응 안전기술 확보
미래사회 트렌드 (문제점)	• CO_2문제, 화석연료 고갈 등 자원/에너지 문제 심화 • 강/하천 오염에 지구온난화로 인한 물 부족 가속화

[그림 요약-14] 자원·에너지 대응형 목표 및 전략

요약

현장 기반형 실증환경·부지 조성

- (정의) 건설·교통신기술의 현장 시험시공 및 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공
- (비전) 국토교통 기술 상용화 촉진기반의 실증환경 확보로 산업 경쟁력 강화
- (목표) 현장 기반형 실증환경 조성으로 기술 실용화 기간단축 및 사업화 촉진



[그림 요약-15] 현장 기반형 실증환경·부지 조성 목표 및 전략

2.3 세부과제 도출

세부과제 도출절차

- 국토교통기술 기반의 미래사회 이슈 해결을 위해 필요한 실증기술을 조사
  - 사업기획의 충실성을 위해 예비타당성 조사 평가매뉴얼에 근거한 Top-down/Bottom-up 방식 병행
    * Top-down : 국가차원의 계획 및 전략을 반영한 핵심 기술 아이템 조사 (181개)
    * Bottom-up : 현재 및 미래에 요구되는 기술수요 조사 (494개)
- 해당 기술들을 실현할 수 있는 실증시설 후보군(39개)을 도출하고 중점분야별로 그룹핑
- 실증시설(안)에 대한 기술 현황 및 수준, 법정계획 및 정책적 근거, 논문·특허, 시장 동향 등을 분석하여 과제카드 작성



[그림 요약-16] 목적형별 실증기술 도출 과정

Top-down 분석

- 국토교통 주요 정책 및 R&D 전략
  - 국토부의 12개 분야(국토, 도시·건축, 주택, 토지·국토정보, 건설·해외건설, 수자원, 교통·자동차, 물류, 항공, 도로, 철도, 일반 등)의 정책을 상세하게 검토하여 정책 해결형 국토정책 키워드를 선정
  - 국토교통R&D 중장기 전략, R&D사업·체계 및 현재 추진 중인 R&D의 기술트렌드를 분석하여 실증기술 도출
    * 미래도시·생활인프라 실현형의 기술동향 트렌드는 제로에너지, 스마트시티, 스마트홈, 스마트 시공자동화, 자율주행, 물류자동화, 무인항공, 스마트 철도 등이 국토교통R&D 트렌드로 분석
    * SOC안전 대응형의 기술동향 트렌드는 스마트 건설소재, 대심도설계·시공, 시설물안전관리, 시설물 모니터링 등이 국토교통R&D 트렌드로 분석
    * 자원·에너지 확보형의 기술동향 트렌드는 플랜트 고도화, 스마트워터 그리드, LID 등이 국토교통R&D 트렌드로 분석

요약

Bottom-up 분석

연구자 대상 기술수요조사를 통해 각 기술을 10개 분야로 그룹핑

- 분야별 기술수요조사 실증기술/시설 · 장비에 대한 응답으로는 건축(환경에너지 포함), SOC 시설물 분야가 20% 이상, 도로교통분야의 실증필요기술에 대한 응답도 19.1%로 높은 응답율을 보임
- 철도, 항공교통분야는 기술수요조사 응답자의 기술분야가 타 분야에 비해 상대적으로 적어 낮은 응답율을 보임
- 기타로는 기술전시홍보, 안전체험, 증강현실 등 각종 지원시설에 대한 필요성 제시

미래기술 예측 보고서 분석을 통해 실증시설의 수요, 장래성, 기술변화 등 국토교통 미래사회 이슈 및 기술을 해결하기 위한 실증기술을 도출함

- 제4회 과학기술예측조사, 제5회 과학기술예측조사, 2040 국토교통 미래기술분석, 2040과학기술 미래비전 등 미래과학기술에 대한 자료를 검토하여 목적형별 실증기술을 도출

목적형별 실증기술 도출

국토교통 미래사회 및 기술변화 대응을 위한 실증기술 675개를 선정

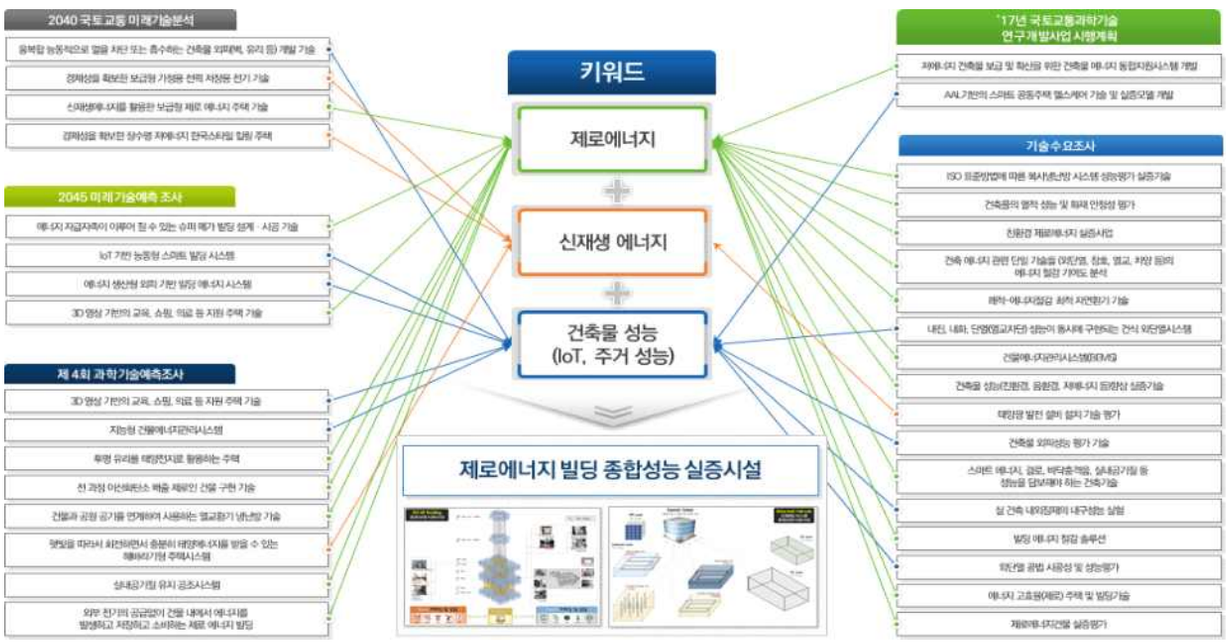
- 미래도시·생활인프라 실현형 334개, SOC안전 확보형 176개, 자원·에너지 대응형 165개

조사/분석 대상		미래 도시·생활 인프라 실현형	SOC안전 확보형	자원/에너지 대응형
Top-down	'17년 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획	20	26	7
	국토교통 R&D 기술 동향	57	39	32
Bottom-up	2040 국토교통 미래기술 분석	20	26	7
	제4회 과학기술예측조사	16	1	22
	제5회 과학기술예측조사	21	5	28
	기술수요조사	197	78	64
	2040 과학기술 미래비전	3	1	5
합 계 (675)		334	176	165

[그림 요약-17] 목적형별 실증기술 도출

핵심 실증시설(안) 도출

- Top-Down, Bottom-Up 기반으로 도출된 국토교통 실증기술을 그룹핑하여 실증시설을 도출
- 정책, 수요조사, 미래기술 예측 등에서 도출된 실증기술을 키워드 단위로 그룹핑하고, 실증실험이 가능한 키워드를 다시 그룹핑하여 종합적으로 실증할 수 있는 시설을 도출



[그림 요약-18] 실증시설 도출 사례

- 실증시설의 유사중복성을 배재한 상태에서 조사분석된 실증기술을 모두 그룹핑하여 도출된 실증시설은 총 39개이며, 도출된 실증시설을 목적형별로 분류



[그림 요약-19] 목적형별 핵심 실증시설 후보군 도출

요약

핵심 실증시설 우선순위 평가 절차

○ 핵심 실증시설 도출은 실증시설 평가지표 개발, 실증시설 평가지표 배점 산정, 실증시설 선정 평가, 핵심실증시설 도출 총 4단계로 추진

– 1단계 : 평가지표의 합리적 객관성을 확보하기 위한 실증시설에 적합한 평가지표 개발

– 2단계 : 선정된 평가지표의 객관성·신뢰성 확보를 위한 AHP방법으로 선정지표에 대한 배점 산정

– 3단계 : 국토교통 전문가를 대상으로 실증시설 우선순위 평가(온라인)

– 4단계 : 실증시설 우선순위 분석을 통한 핵심 실증시설 선정



[그림 요약-20] 핵심 실증시설 평가 절차

○ 실증시설을 도출하기 위한 우선순위 평가지표 선정기준은 종합실증단지의 목표 및 주요 기능과의 부합성을 고려하여 평가지표 수립

○ 평가지표는 기술적 적합성, 정책적 타당성, 실증수요 대응성으로 대분류를 설정하고, 이에 적합한 평가지표 및 평가 주안점을 설정



[그림 요약-21] 실증시설 우선순위 평가 지표

– AHP분석 방법을 활용한 목적형별 평가지표 가중치 산정시 가중치를 배점으로 활용함으로써 평가지표의 객관성 확보함(일관성 지수(Consistency Index)가 모두 0.1이하)

* 국토교통 전문가 14명을 대상으로 평가지표 설문조사(산 14.3%, 학 28.6%, 연 28.6%, 관 28.6%)

* 기술적 적합성 22점, 정책적 타당성 36점, 실증수요 대응성 42점으로 산정

핵심 실증시설 우선순위 평가

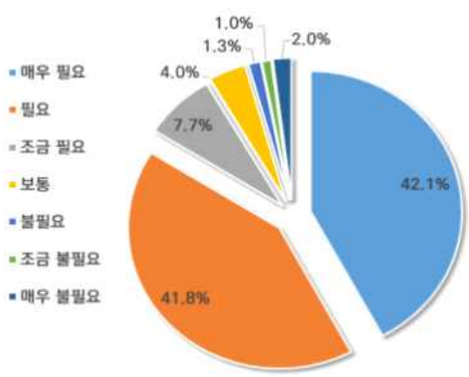
- 공공기술의 실현과 미래신산업 창출을 위한 실증 연구인프라 조성을 위해 미래사회 이슈, 국가 주요정책분석 및 기술수요조사 등을 통해 도출된 39개의 실증시설에 대한 우선순위 평가를 수행
- 실증시설 39개를 기초로 종합실증단지에 포함되어야 할 핵심실증시설을 도출하고자 국토교통전문가를 대상으로 온라인 평가를 수행함
- 조사방법은 실증시설을 국토교통R&D 분류체계로 분류하고 제1전문분야를 선택하여 해당분야만 평가 후, 추가 전문분야가 있을 경우 1개 분야 추가 평가하는 방식으로 진행
  - 국토교통전문가 총 4,315명을 대상으로 설문하였으며, 그중 617명이 응답
  - 전문가들의 경력은 86.3%가 15년 이상으로 해당분야에 대한 전문성 확보로 설문에 대한 신뢰성 높음

분야	응답 구분		분야별 평가 참여 인원(명)									계
			건축	도시	시설물	플랜트	수자원	도로교통	물류	철도교통	항공교통	
전체 설문대상			777	666	1,237	109	329	531	78	366	222	4,315
실증시설 평가	전체 참여자(1)	1차	115	25	94	39	51	152	17	94	30	617
		2차	8	20	20	3	4	0	9	20	5	89
		계	123	45	114	42	55	152	26	114	35	706
	유효 응답자(2)	1차	63	12	28	24	35	80	17	55	22	336
		2차	7	14	19	3	4	0	9	19	2	77
		계	70	26	47	27	39	80	26	74	24	413
		응답율(%)	56.9%	57.8%	41.2%	64.3%	70.9%	52.6%	100.0%	64.9%	68.6%	58.5%
부지제공 필요	R&D T/B 지원		57	8	25	21	31	71	12	53	21	299
	신기술 지원		57	8	25	21	31	71	12	53	21	299
	응답율(%)		49.6%	32.0%	26.6%	53.8%	60.8%	46.7%	70.6%	56.4%	70.0%	48.5%

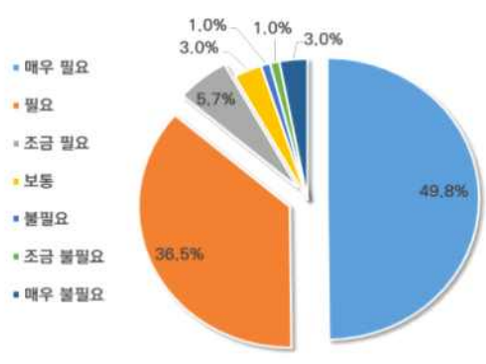
(주1) 전체 참여자 : 분야별 실증시설평가 또는 부지제공 필요성에 일부만이라도 응답한 전체 인원(내용만 확인한 미응답자 포함)
(주2) 유효 응답자 : 해당분야에 포함된 실증시설 전체에 대해 모두 평가한 인원

[그림 요약-22] 실증시설 우선순위 평가 응답결과

- R&D 테스트베드 및 신기술 시험시공 현장 부지제공의 경우, 응답참여 617명중 299명(48.5%)이 응답하였으며, 이 중 평균 91.6%가 필요하다고 응답



[그림 요약-23] 신기술 시험시공 부지제공



[그림 요약-24] R&D성과 T/B 부지제공

요약

유사중복성 검토

○ 핵심 실증시설의 유사중복성 검토를 위해 국내에 설치되어 운영 중에 있는 다양한 시설·장비를 조사분석함

– 최근 국토교통 분야에서 이슈화 되고 있는 자율주행자동차, 철도종합선로 등의 실증시설은 현재 국토교통부에서 별도 추진하고 있어 유사·중복성으로 배제

중점분야	실증시설 사례
국토교통 대형실험시설 (12종)	• 생활밀착형 주택성능품질 실험시설(LH, 구축중) • 기후변화 대응 대환경 대형 실험시설(KICT, 구축중) • 도로주행 시뮬레이터 실험시설(ex, 구축중) • 기상환경자율 도로성능평가 실험시설(건설연, 구축중)
국내 실증시설·T/B 사례	• 제로에너지 실증단지(노원) • 제로에너지하우스(에너지기술연구소) • 제로카본 그린홈실증주택(산업부) • K-스마트시티 (세종시), IoT 융복합 시범단지(고양시) • 한국형 스마트시티 해외진출단 (LH) • 글로벌스마트시티 실증단지(부산시) • 지능형 방범 실증지구 (LH부천) • 장수명주택 설계 및 구축(세종시) • 주택성능연구개발센터(세종시) • TES Innovation Center(CJ, 의왕) • 국가바람종합시험장, 헬리콥터 랜딩유시험장(고흥) • 화전익기 시험동(대전) • 실대형 통합성능시험(의왕) • 오송철도종합시험선로(오송, 구축중) • 자동차부품시험장(대구), K-City(화성, 구축중) • 기아자동차주행시험장(서산), 상용차 부품시험장(군산) • ITS시범도로, 체험도로(한국도로공사) • 종합물류경영기술지원센터(부산) • 차세대 건설기계 특화단지 (경산) • 국민안전로봇, 수중건설로봇 복합실증센터(포항)



[그림 요약-25] 미래도시·생활 인프라 실현형 실증시설 사례

중점분야	실증시설 사례
국토교통 대형실험시설 (12종)	• 하이브리드구조 실험센터(영지대) • 지진방재 연구센터(부산대) • 대형풍동 실험센터(전북대) • 해안항만 실험센터(전남대) • 극한상태 구조특성 실험시설 (서울대, 구축중) • 지오센트리퓨지 실험센터(KAIST) • 첨단건설재료 실험센터(계명대)
국내 실증시설·T/B 사례	• 화재안전연구센터(화성) • 실화재시험연구센터(삼척) • 모장기속시험기(밀산산, 안산, 동탄) • 실물차량 충돌시험장(화성, 울산, 예산) • 수중부 및 토석류 방재기술(완주) • 해수담수화(제주도), 저에너지 플랜트(UAE) • CNT RO기반 플랜트(사흥) • 드론전용 비행시험장(대구, 부산, 전주 등) • 스마트드론기술센터(대구)



[그림 요약-26] SOC안전 대응형 실증시설 사례

중점분야	실증시설 사례	실증시설(안)
국토교통 대형실험시설 (12종)	• 대형 수리모형실험시설 (농어촌공사, 구축중)	
국내 실증시설·T/B 사례	• 해양플랜트산업 연구단지(하동) • 스마트그리드 실증단지(제주) • LNG플랜트 Test-bed (인천) • 해수담수화플랜트 Test-bed (기장) • 풍력발전+MVR해수담수화(제주) • 국가 물산업 단지 조성 (대구) • GI & LID 실험시설(양산) • 수직형 정수처리 실증장(정주) • 하천실험센터(안동) • 글로벌 담수화센터(부산), 역삼투압방식(부산) • 해수담수화(제주도), 저에너지 플랜트(UAE) • CNT RO기반 플랜트(사흥)	• 해수담수화 실증시설 • 플랜트 핵심기자재 실규모 성능인증 실증시설 • 지급자원 이용 가스화 이용 실증시설 • 스마트 물순환 물공급 종합실증시설 • 스마트 하천관리 실증시설 • 대형수리 모사 실증시설 • 하천 녹조기술 실증시설



[그림 요약-27] 자원·에너지 확보형 실증시설 사례

핵심 실증시설 도출

- 핵심실증시설 평가결과를 기반으로 실증시설의 유사·중복성 검토를 통한 13개 실증시설 선정
- 국토교통R&D 사업기획 및 국토교통부의 전략적 추진 사업 등 관련 부처와의 협의를 통한 핵심 실증시설 도출
- 1단계로는 제로에너지 빌딩 종합성능실증시설, 스마트 도심물순환 종합실증시설, 실대형 구조물 내진성능 실증시설, 분산형 SOC실증인프라, 신기술·R&D 부지·환경제공



[그림 요약-28] 핵심 실증시설 도출 및 구축 계획

요약

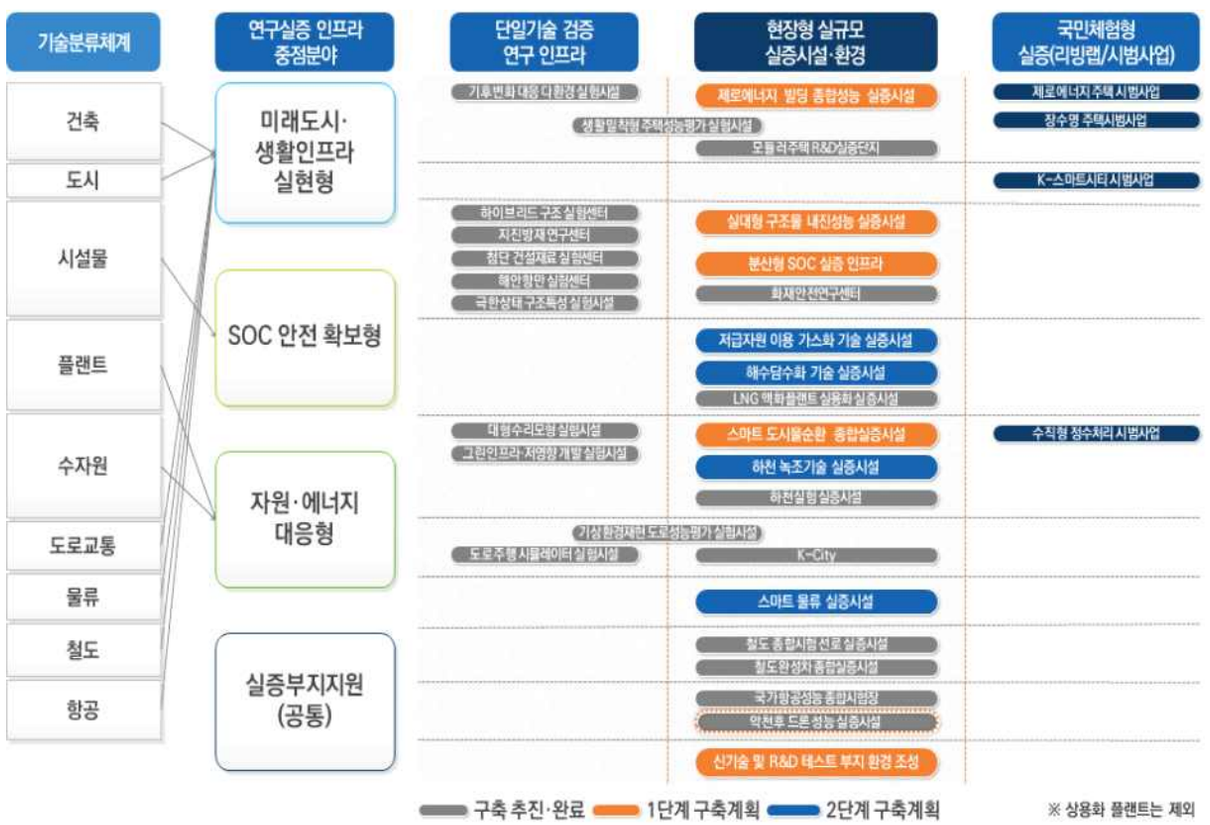
국토교통 실험·실증 연구인프라 종합로드맵 수립

○ (국토교통 실험·실증 연구인프라 구축지도) 국토교통 신기술·R&D의 실용화·사업화 등 성과확산 및 선진국 수준의 기술력 확보를 통한 국민생활 안전 실현과 기술가치 창출을 목적으로 로드맵 수립

– 국토교통 R&D로 추진된 국토교통연구촉진사업 및 기술개발사업은 부재·요소기술을 단일규모로 검증하고, 개발기술의 상용화로 지속적인 기술검증이 불가능함에 따라 현장형 실규모 실증시설·환경 구축

– 기존 인프라사업은 단일기술의 검증 위주로 대형실험시설을 구축하였지만, 최근 K-city, 철도 종합선로 종합실증시설 등 현장형 실규모 실증시설·환경을 통해 융복합·시스템 환경하에서 개발기술을 실증하는 형태로 트렌드 변화

– 국토교통 실험인프라와 실증인프라간의 연계성을 고려한 국민체감형 실증인프라 구축 로드맵을 수립하고, 구축 사업은 총 2단계로 추진하는 계획 수립



[그림 요약-29] 국토교통 실증인프라 종합로드맵 수립

3. 사업의 비전 및 목표

3.1 사업의 정의

정의

- (사업) 본 사업은 국토교통 R&D 기술*의 빠른 실용화와 미래 신산업 창출을 위해 실제 또는 유사 환경에서의 현장 검인증과 R&D 정책·제도개선 등을 지원할 수 있는 실증기반의 첨단 융복합 연구인프라 구축사업임
  * 국토교통기술은 사회안전망과 산업의 기본인프라를 제공하는 공공기술로서, 안전성과 경제성에 대한 실증이 이루어지고 법·제도적 기준을 만족하여야만 시장에 반영될 수 있음
- (국가 첨단인프라 종합실증단지) 현장·환경 기반의 융복합·시스템 기술의 실험·검증을 통해 기술실용화를 지원하는 연구인프라
  – R&D성과 검증, 신기술 개발, 기술실용화·사업화, 해외시장진출, 고부가가치 미래 신산업 및 양질의 일자리 창출, 국제협력, 정책 검증을 통한 대국민 서비스 제공 등(다양한 R&D 수요자들에 대한 공동활용 제공)



[그림 요약-30] 국토교통 종합실증단지 조감도

요약

3.2 비전 및 목표

■ **[비전]** 본 사업은 국가 R&D 및 기업이 개발한 기술의 실증을 지원하는 **연구인프라 구축사업**으로, **"실증기반의 기술 혁신을 통한 국민 체감형 사회적 이슈 해결 및 미래 신산업 창출"** 을 중장기적 비전으로 설정함



[그림 요약-31] 종합실증단지 비전 및 목표

■ **[목표]** 현장 적용이 필수적인 국토교통 R&D·신기술에 대한 체계적인 검·인증 및 실용화 지원을 위한 실증 인프라·환경 조성하여, 이종 산업간 연계·공동활용이 가능한 연구인프라·실증환경 제공을 통해 개발 기술의 빠른 상용화, 실용화 촉진

- '기술–시장' 연계 선순환형 종합실증단지 구축
- R&D 성과의 테스트베드 및 신기술 시험시공 지원을 위한 현장기반 실증환경 조성
- R&D 연구장비 집적화를 통한 관리 효율화 및 공동활용 활성화

☞ 종합실증단지를 통한 사업효과 및 기술경쟁력 변화 전망

* 국토교통R&D 기술실용화율 향상 : 27.8% → 60%(↑) (KAIA 성과현황 분석, '17.09)
* '연구개발–실용화' 기간 단축 : 7.1년 → 4.2년(41% 단축) (VC10 성과분석 결과)
* 세계적 선도기술 확보 : 3개 분야(제로에너지건축, 물순환관리, SOC안전)
* SOC·도시인프라·재해 불안감 저감 : 34.9%('15년) → 30%(↓) (사회안전에 관한 인식도, 통계청, 2016)
* 국토교통 연구시설·장비의 공동활용허용율 제고 : 32.8%('15년) → 80%(↑)

4. 사업 추진체계 및 전략

4.1 추진체계

■ "국가"를 사업수행 주체로 하며, 효율적인 구축 및 운영관리를 위해 단계별 계획 수립

○ (구축단계) 대단지 부지 확보 필요로 "국가–지자체" 공동추진

○ (운영단계) R&D연계, 연구시설 · 장비 공동활용 및 신기술 지원 관점에서 국가에서 운영 · 관리(위탁) 필요

– (사업 구성 및 운영체계) 사업추진의 일관성을 위해 "사업단"으로 추진



[그림 요약–32] 종합실증단지 구축 추진 체계

○ (추진주체 간 역할분담 및 연계방안) 사업단을 중심으로 실증시설 · 장비 구축 및 도입, 운영시스템 구축, 운영모델 · 전략수립 등의 역할별 협력연구기관을 구성하며 종합실증단지를 성공적으로 추진

4.2 추진전략

■ 국토교통 실험 · 실증 연구인프라 추진 전략

○ 연구인프라는 R&D의 기술적 성과, 경제적 성과 등의 성과활용 및 확산을 도출하기 위한 기반시설임

○ 국토교통기술의 선진화 및 미래이슈 해결을 위한 실증인프라의 사업로드맵을 마련하고, 중장기적인 투자전략 하에 2단계 추진계획을 수립

– (1단계) 실증인프라 3개 시설, 신기술 · R&D 지원 인프라 2개 총 5개 인프라 추진을 목표로함

– (2단계) 스마트 물류, 하천녹조, 해수담수화, 저급자원 이용 가스화 실증인프라 4개 시설 구축

○ 체계적인 실험 · 실증 인프라 구축을 통한 국토교통R&D의 효율적 예산투자 및 기술혁신으로 건강한 국토발전 지향

요약



[그림 요약-33] 종합실증단지 사업 로드맵

국토교통 실험·실증 연구인프라 구축 전략

- (종합실증단지) 본 사업으로 추진하는 핵심 인프라 이외에 신기술 및 국토교통R&D으로 구축하는 인프라를 종합적으로 구축하는 계획을 수립
- (분산/집적을 고려한 구축전략) 단계별 구축전략 수립시 신규시설, 기존의 시설과의 연계성 등을 고려하여 중앙 집적형 및 지역 거점형 분산방식으로 추진
- 본 사업으로 추진하는 핵심 실증인프라는 중앙 집적형으로 추진하고, 기존 시설(지역분산)과는 물리적 네트워킹을 통해 원격실험이나 관찰 등을 제공할 수 있는 Grid 시스템을 구축



[그림 요약-34] 국가 첨단인프라 종합실증단지 구축 전략

제 4 절 세부 사업계획 및 내용

1. 실증시설 상세계획

1.1 개요

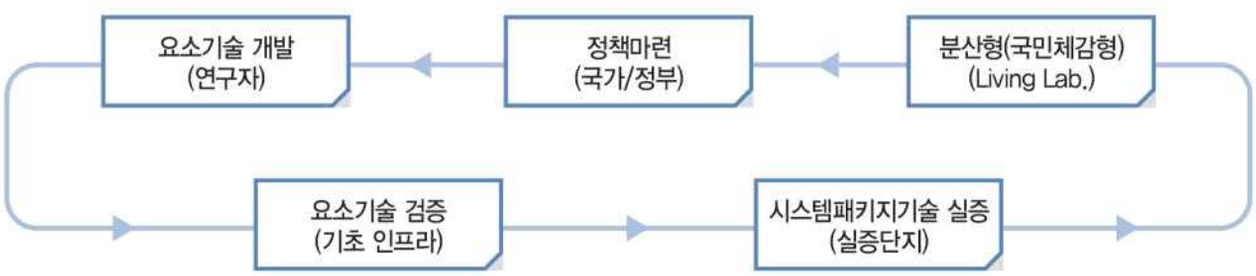
■ 종합실증단지 특성을 고려한 실증시설 추진 방향 정립

○ **(R&D 연계)** 국토교통 R&D 사업 · 관리체계* 개편, R&D종합계획의 혁신전략을 반영하여 "글로벌 수준의 실험 · 실증인프라 구축"으로 국토교통 R&D의 연구개발 생태계 조성 및 글로벌 경쟁력 강화

* 저에너지 첨단 융복합 건축기술 개발 사업, 미래형 스마트홈 기술 개발 사업, 스마트시티 기술 개발 사업(도시건축연구 분야), 스마트 수자원 확보 및 이용 기술 개발 사업(물관리연구 분야) 등

○ **(분산 · 집적)** 국토교통 R&D 기술 실증단계*를 고려하여, 기존 국토교통 대형연구인프라 및 시범사업(리빙랩) 인프라를 지역거점형으로 연계하고 신규 종합실증단지(현장 · 환경형)를 중앙집적형으로 구축 추진

* R&D · 기술 실증 단계 : 요소기술 검증 → 현장 · 환경 실증 → 국민체감형 시범사업



[그림 요약-35] R&D기술 실증 단계

○ (사업 추진) 국토교통기술의 선진화 및 미래이슈 해결을 위한 종합실증단지 조성은 2단계로 추진하되, 본 예비 타당성 조사는 1단계 5개 세부과제 우선 추진

■ 종합실증단지 세부과제는 3개 실증시설과 2개의 지원시설(환경 조성) 구축으로 구성됨

성과 목표	사회 · 경제	정 책	과학기술
	• SOC시설 국민안전 인식도 저감(현 50%→30%) • 도시 물부족 · 수재해 방지 • 국민경제 발전 및 국민 삶의 질 향상 • 현장 · 실증기반의 신뢰성 있는 기술 검인증으로 시장 진출 지원(국토교통 글로벌 경쟁력 강화	• 건축부분 국가 탄소 저감 35% 달성('30년) • Zero Energy 건축물 의무화(공공 '20, 민간 '25) 대응을 위한 관련기술의 신뢰성 제고 • 도심 물순환 → 도시재생 및 물순환 건전화 실현 • SOC시설물 복구, 유지보수 비용 절감 가능	• 세계적 Top 기술분야 3개 달성(현 69.5% 수준) • 연구개발-실용화 기간 단축(7.1 → 4.2년(41%)) • 사업화 · 실용화율 확대(현 25% → 60%) • 현장, 검인증 제공으로 건설 · 교통신기술 개발 활성화 • 미래핵심기술에 대한 검인증으로 신부가가치 창출

실험 · 실증기반의 연구인프라 환경 조성

중점 분야 1	실증시설	① Zero-Energy 빌딩 종합성능 실증시설 ② 스마트 도시물순환 종합실증시설 ③ 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설
중점 분야 2	지원시설	④ R&D 연계활용 분산형 SOC 시설물 테스트베드 조성 ⑤ R&D 및 신기술 실증 테스트베드 부지 · 환경 조성

요약

[표 요약-2] 세부과제별 개요

중점분야	정 의	구축 내용
1 제로에너지 빌딩 종합실증시설	· 에너지소비를 최소화(패시브)함은 물론 에너지를 생산(액티브)하여 건물의 에너지 소요량을 제로로 하는 제로에너지 빌딩 기술을 종합적으로 평가할 수 있는 실증시설	· 제로에너지 기술 종합실증 빌딩 – 오피스형 건축물(고층형 포함) 단위 종합실증 – 건물에너지관리시스템 종합실증(시험&에뮬레이션 연계) · 건축물 유형별(3 Type) 제로에너지(Passive/Active) 제품·기술 종합실증 – 공공시설형, 공동주택형, 단독주택형 * 대표적인 건축물 유형인 단독/공동주택(주거용) 및 공공시설(상업용) 선정(용도별 건축물 분포현황, 국토교통부, 2016)
2 스마트 도시물순환 종합실증시설	· 도시물순환 요소기술의 통합관리 시스템을 구축하여 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영·유지관리 효율성 등을 실증할 수 있는 실험시설	· 스마트그린인프라 실증시설 – 건물형 그린인프라, 도시형 그린인프라, 생태형 그린인프라 실증시험시설과 통합모니터링시스템 · 스마트워터그리드 실증시설 – 다중수원 활용 지능형 물공급 실증시설 및 관망 인프라 모니터링 실증시설
3 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	· 실규모 건축물(SOC시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설	· 1,000톤급 3자유도 초대형 진동대 · 200톤급 6자유도 대형 진동대
4 R&D 연계활용 분산형 SOC시설물 테스트베드	· 전국에 분산된 미사용(폐기) SOC 시설물을 R&D·신기술 개발 및 실증에 활용하기 위한 분산형 Test-bed 인프라	· 교량, 터널, 사면 등 미사용 SOC시설물을 R&D 실증 및 신기술(보수·보강 등) 현장적용 환경 제공 – 폐교량, 폐시설물을 확보→관련 기술 개발자에게 Open Lab 개념으로 개발기술을 적용, 실증, 시험시공 등을 실험하기 위한 실증환경 제공
5 R&D 및 신기술 실증 테스트베드 부지·환경 조성	· 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축 및 건설·교통신기술의 현장 시험시공을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공	· 종합실증단지 내에 R&D Test-bed 및 신기술 현장적용을 위한 부지·환경 제공

1.2 제로에너지 빌딩 종합실증시설

[정의] 에너지소비를 최소화(패시브)함은 물론 에너지를 생산(액티브)하여 건물의 에너지 수지(Balance)를 제로로 하는 제로에너지 빌딩 기술을 종합적으로 평가할 수 있는 실증시설

'제로에너지빌딩'은 사전적으로 사용에너지(–)와 생산에너지(+)의 합이 0이 되는 건물(Net Zero)이나 현재의 기술수준·경제성 등을 고려하여 정책적으로는 **에너지 소비를 최소화(90%감축)하는 건축물(Nearly Zero)을 제로에너지빌딩으로 추진**

- (Passive) 고단열 · 고기밀 외피 및 차양 등의 건축요소를 통해 건축물의 에너지성능 극대화
  * '09년 난방에너지 기준 기존 건축물 대비 10%수준 절감
- (Active) 태양광 · 지열발전 · 연료전지 등 신재생에너지 시스템으로부터 건축물에 필요한 에너지를 조달



[그림 요약-36] 제로에너지 빌딩 개념도

[목적] 제로에너지 건축물 관련 기술(생산 · 소비 · 관리) 개발 및 인증기준 수립을 위한 종합적인 실증환경을 제공함으로써 제로에너지 기술의 종합성능 검인증 체계 마련 및 제로에너지 건축물의 보급 · 확산에 기여

요약

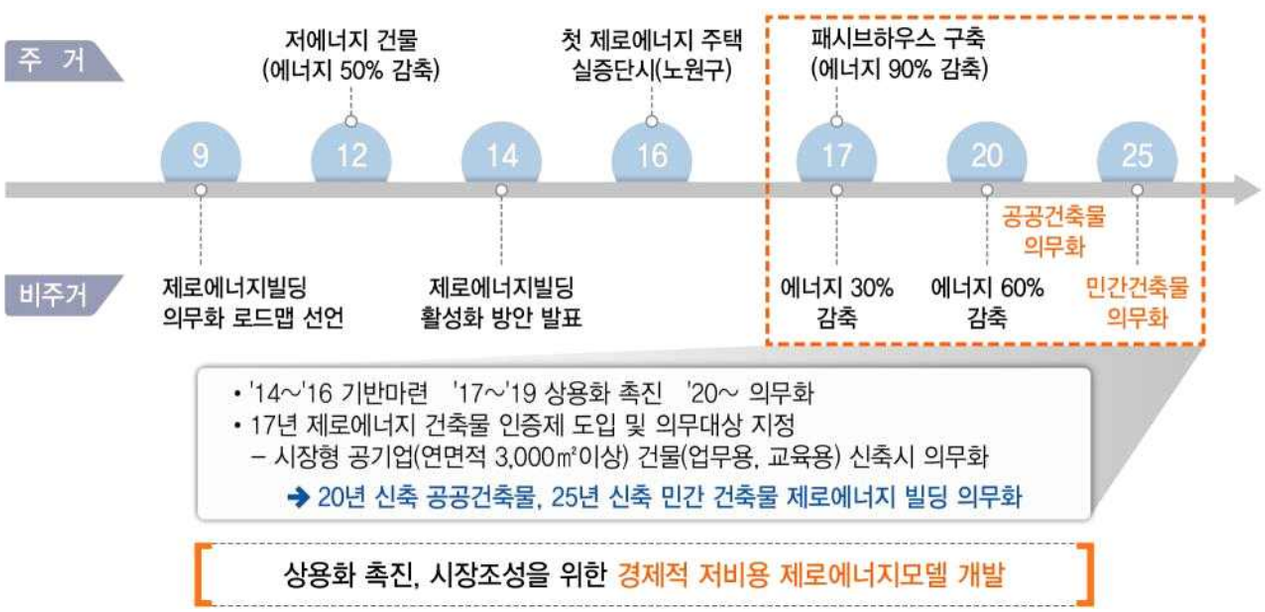


[그림 요약-37] 제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설 개념도

필요성

○ 정부의 제로에너지빌딩 의무화 정책*에도 관련 기술·제품에 대한 실증 환경(인프라) 및 시험규격 부족으로 민간시장 활성화가 매우 더뎌, 정부차원의 실증 reference 제공으로 민간의 기술개발 및 적용 촉진 필요

* 공공분야 2020년, 민간분야 2025년까지 제로에너지 건축물 의무화



[그림 요약-38] 제로에너지건축물 로드맵

○ 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지건물 의무화를 위하여 2009년 11월 제 6차 녹색성장위원회에서 제로에너지 건축물 도입 로드맵 수립, 2012년 에너지 저소비형 주택(냉난방에너지 50%절감), 2017년 패시브 하우스(냉난방에너지 90%절감), 2025년 제로에너지 하우스를 목표로 로드맵을 세웠으며, 2020년에는 공공 부문의 제로에너지 빌딩 의무화, 2025년에는 민간부문의 제로에너지 의무화를 목표로 함



[그림 요약-39] 국가 건물에너지 절감 강화 정책 현황 및 전망

실증시설 세부구성 및 내용

실증기술 세부 구성도 제로에너지 빌딩 종합실증타워, 건축물 유형별 통합 검증 T/B 및 국민 체감형(리빙랩) 통합실증 DB 시스템으로 구성



[그림 요약-40] 국가 건물에너지 절감 강화 정책 현황 및 전망

요약

적용 가능 기술의 범위 및 내용

[표 요약-3] 실증시설 세부 구성, 범위 및 내용

실증시설/분야	세부구성 및 범위	정의/내용(수혜기술)
제로에너지 빌딩 종합실증타워	Passive Building Energy 기술 실증	· 단열/기밀/열교/환기/차음/일사차단/습도조절/외피통합성능 등 건물에너지 절약을 위한 건축적인 요소기술의 설계안 및 시공방법을 실증하기 위한 시설
	Active Building Energy 기술 실증	· 환기시스템, 조명시스템, 공조시스템 등 건축물의 설비시스템에 대한 설계안의 에너지 효율 성능을 실증하기 위한 시설
	ICT·IoT 융합 센싱 및 Energy Management 기술 실증	· ICT·IoT 융합 센싱 기술 및 Energy Management 기술을 건물 단위에서 적용하기 위해 필요로 하는 센싱 기술의 정확도, 에너지 성능정보의 정확도를 실증하기 위한 시설(센싱 연동 제어/BEMS 기술 등)
	Geothermal 시스템 운영 성능 실증	· 지열시스템을 구성하는 지중열교환기, 열펌프 유닛, 축열조, 순환펌프 등 요소기술에 대한 단기, 중장기 운전 성능을 실증 평가하기 위한 시험 & 에뮬레이션 연계형 실증 시설
	BIPV 시스템 운영 성능 실증	· 실내외 환경 조건 및 BIPV시스템의 설계 조건을 반영한 시스템 발전효율과 화재안전성, 내후성 및 종합적인 발전성능을 실증하기 위한 시험 & 에뮬레이션 연계형 시설
	ESS/TES 시스템 운영 성능 실증	· ESS 또는 TES의 운영 과정에서 건물 부하 특성을 고려한 유효 충전/방전 효율, 유효 축열/방열 특성 및 시스템 종합 성능을 실증하기 위한 시설
	신재생에너지 시스템 통합 중계	· 신재생에너지시스템들(Geothermal / BIPV / ESS · TES)의 에너지 생산량 및 효율 등에 관한 실증 데이터를 종합적으로 집계 · 분석하기 위한 시설
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	단독주택형 표준 목업	· 실증기술의 건축물 유형별 목업 T/B 적용을 통한 건축물 단위 종합성능평가를 위한 실증T/B · 국민체감형(리빙랩)과 연계하여 기술적·정책적 검증을 feed-back 하고 리스크 관리가 가능하도록 환류 체계를 적용한 실증T/B ※ 기본적인 표준 목업T/B만을 우선 확보하고, 추가 필요한 유형에 대해서는 타 R&D사업의 실증T/B를 유치하여 반영
	공동주택형 표준 목업	
	공공시설(학교)형 표준 목업	
	한옥형 표준 목업	
국민체감형(리빙랩) 통합실증DB 시스템	분산형 리빙랩 통합 Grid-network 구성	· 리빙랩 연계 실증 DB 제공 / 실증단지 통합 Grid Network
	통합실증DB 구축 및 대민 서비스 체계 마련	· 통합실증 DB 대국민 서비스 제공

실증시설·장비 규모 및 범위

(제로에너지 빌딩 종합실증타워) 제로에너지 기술(Passive/Active) 실증을 위한 시설과 신재생에너지 생산 · 관리 시스템(Geothermal, BIPV, ESS/TES)에 대한 성능평가를 위한 시설로 구성됨

[표 요약-4] 상세용도, 면적 및 주요 특징

시설명	· 제로에너지 빌딩 종합실증타워
구성	· 제로에너지 빌딩 종합실증타워, 건축물 유형별 통합검증 Test-Bed, 옥외 태양광 및 지열 설비
시설용도	· 종합 실증 시험 건물 (30층, 높이100m 규모의 건물) · 건물에너지 종합 성능 실증 System (시험 & 에뮬레이션 연계형)
층수 (지하, 지상)	· 지하2층, 지상 10층(H=130m, 타워부 포함)
부지면적	40,000 ㎡
건축면적	2,400 ㎡
연면적	33,860 ㎡
주요 특징	· 건물 자가발전 설비 · 통합 모니터링실 구축(통합 모니터링장비 및 자동제어시스템 포함)



[그림 요약-41] 개념도

요약

소요예산

- (소요예산) 총 구축비 1,422.85억 원(종합실증타워: 1,232.7억 원, 건축물 유형별 T/B: 102.15억 원, 옥외 태양광 발전 설비: 8.0억 원, 통합실증 DB/네트워크 시스템: 80.0억 원)

[표 요약-5] 실증시설별 시설 및 장비 구축비 예산(단위: 백만원)

구분	부지면적	건축면적	연면적	구축비(단위: 백만원)		
				시설구축비	장비구축비	
제로에너지 빌딩 종합 실증타워	40,000	2,400	33,860	81,328	41,942	123,270
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	2,200	1,196	2,560	6,811	3,404	10,215
옥외 태양광 발전 설비	-	-	-	-	800	800
통합실증 DB/네트워크 시스템	-	-	-	-	8,000	8,000
합계	42,200	3,596	36,420	88,139	54,146	142,285

기대효과 및 파급효과

- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 건축 환경 · 에너지 분야 최고기술보유국과의 기술격차 단축
  - (現 기술수준격차) 최고국대비 68.7% / 5.3년 (그린빌딩 · 제로에너지건물 분야)

    * 출처 : 국토교통 기술수준조사, 2013; 국토교통 R&D 중장기 전략, 2014

    → (향후 중장기적(5~10년) 달성목표) 최고국대비 95% / 1년
- 건축 환경 · 에너지 분야 및 국토교통 분야 대형 실험시설인프라 강화를 통해 다양한 R&D 검증실험, 실용화 및 건설 신기술 개발지원이 가능하여 관련분야 기술경쟁력 제고
- 성능검증 및 관련분야 시험기술의 체계적 구축을 통해 국토교통 분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제 표준화 등을 통해 국제적 기술선도
- 국가 온실가스 감축 및 에너지 소비 절감 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 국가 온실가스 감축량 67만TCO2eq, 국가 에너지 절감량 : 18만TOE

    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) - '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 국가 제로에너지건물 보급 · 활성화 정책 실현 및 건물에너지 · 신재생에너지 분야 신산업창출 및 시장 활성화
- 국내기업의 기술 · 제품의 품질 경쟁력 강화 및 高 기술력 기반의 개도국 · 선진국 시장 진출 가능
- 관련 산업 생산유발효과 및 고용창출효과 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 관련 산업 생산유발 효과 : 現. 8조원 → 15조원(2030년)
  - 관련 산업 고용 효과 : 現. 2.7만명 → 5만명(2030년)

    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) - '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 건물에너지의 성능을 종합적으로 평가할 수 있어 선진국의 건설공사기준을 무분별하게 차용하는 것이 아니라 국내 실정에 맞는 '한국형 제로에너지건물 분야의 성능기준' 개발 및 보급 확산에 기여

1.3 스마트 도시물순환 종합실증시설

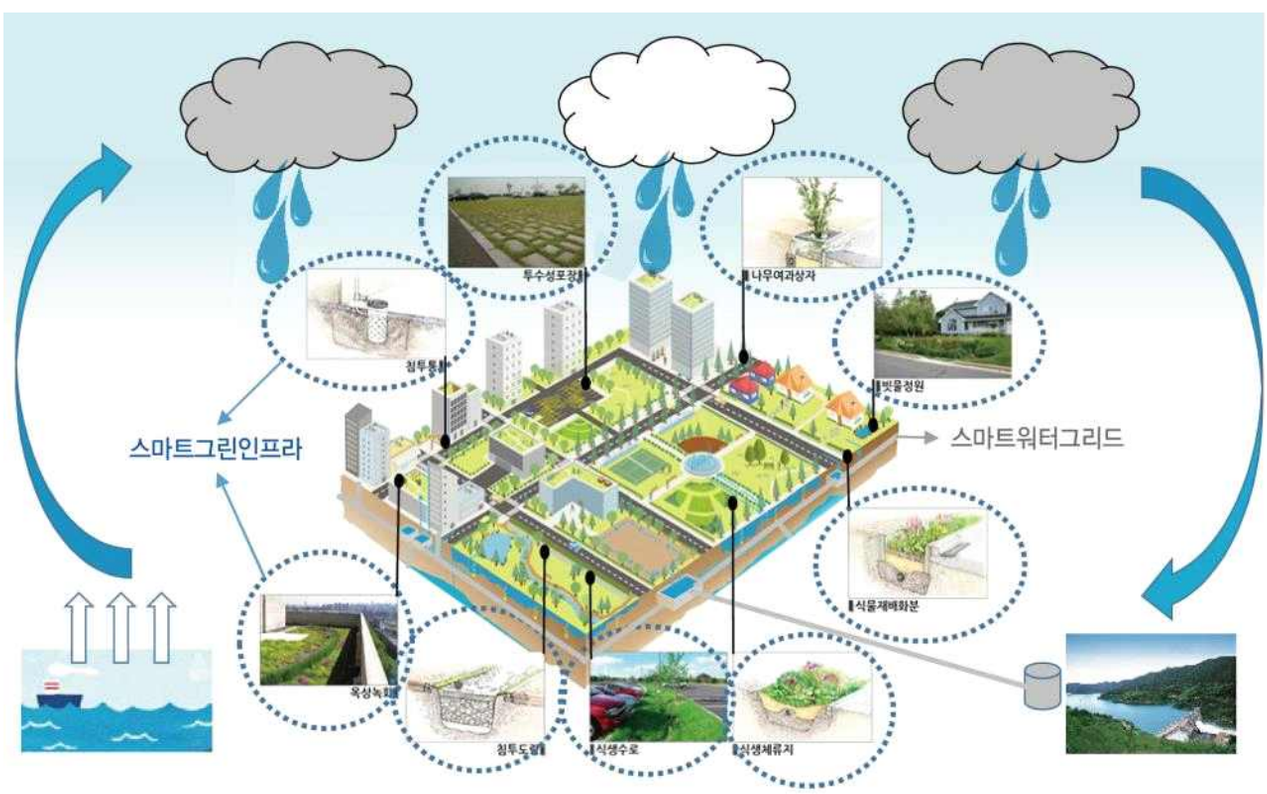
[정의] 도시물순환 요소기술의 통합관리시스템을 구축하여 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영·유지관리 등을 실증할 수 있는 실험시설

▸「스마트 도시물순환」
- 스마트그린인프라/LID 기반의 스마트워터그리드를 통한 도시물순환 설계 및 운영 최적화

▸「저영향개발(Low Impact Development)」
- 빗물 유출 발생지에서부터 침투, 저류 등을 통해 빗물의 유출을 최소화하여, 개발로 인한 자연 물순환과 물환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 토지이용 계획 및 도시개발 기법을 말함

- (스마트그린인프라, SGI) 그린인프라(GI) 및 LID와 IoT 기술을 융복합하여 유출저감, 지하수 함양, 비점오염물질 저감 등을 통한 도시내 물순환의 건전화
- (스마트워터그리드, SWG) 다중수원 수처리, 지능형 관망*, 누수저감 모니터링, 물 수요변동 대응기술 등을 통해 지속 가능한 도시내 물공급 및 스마트한 수자원 활용

*지능형 관망: ICT를 기반으로 상수관망의 용수공급 전 과정 운영데이터를 수집, 원격으로 실시간 감시제어 및 수집된 자료분석을 통한 수량, 수질 모니터링이 가능한 기술



[그림 요약-42] 도시물순환 시스템 개념도

요약

■ [목적] 건강하고 안전한 도시물순환과 물 격차 해소를 위해 물순환 최적화, 에너지 절감, 물공급 탄력성, 누수저감 효과 등을 실증하기 위함



[그림 요약-43] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 개념도

▸「기술융복합의 목적」
– IoT, Big Data 기술이 서로 융화되고 결합되어 시설의 최적운영과 함께 도시물관리 최적방안 도출
▸「기술융복합의 정의」
– IoT 및 센서 기술을 이용한 계측 data(수량 · 수질) 생성 · 수집 · 공유 및 모니터링과 수집된 자료의 Big Data 기반의 통합 물관리 자료분석이 하나의 시스템으로 연결됨

○ 정량적 목표

스마트그린인프라(SGI) 성능지표*

	As is	To be
1. 물순환·물관리	기준 없음	15mm 강우관리 (80퍼센타일)
2. 수질·환경생태	기준 없음	비점오염(TSS기준) 70~80%저감
3. 물확보·물이용	기준 없음	공급계획량 및 사용수량 10% 절감
4. 기후변화 대응	기준 없음	미기후저감(2℃), 냉난방비(10%) 절감
5. 홍수관리	20년빈도 이상	50년빈도, 90퍼센타일

스마트워터그리드(SWG) 성능지표*

	As is	To be
1. 물 자립율	기준 없음	기존도시 대비 30% 향상
2. 누수저감	기준 없음	기존대비 누수율 50% 저감
3. 비상용수 공급능력	기준 없음	비상용수 확보 (평상수량 대비 30%)
4. 기후변화 대응	기준 없음	물 공급 에너지 소비 10% 절감

* 정량적 목표는 기존 연구 및 통계자료를 기반으로 한 시뮬레이션을 통한 예상 목표치임

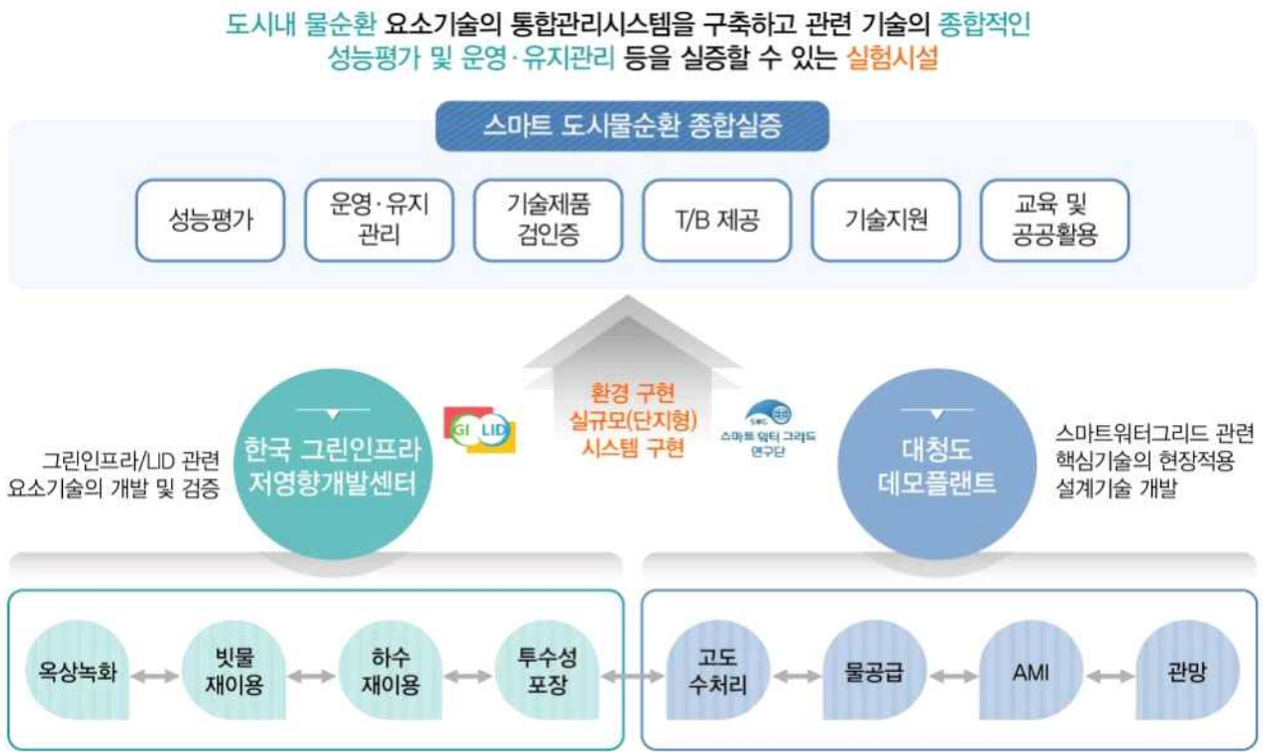


필요성

[표 요약-6] 기존 사업과의 차별성 및 연계방안

구분	건전한 도시물순환인프라의 저영향개발(LID) 및 구축 · 운영 기술(국토부)	Smart Water Grid(Water Grid 지능화)(국토부)	대구물산업클러스터 조성사업(환경부)
총사업비(억원)	193.24	304.9	2,950
사업기간	'12.11~'18.02	'12.07~'17.02	'15~'18
사업목적	한국형 스마트 GI & LID 요소기술 개발	첨단 정보통신기술(ICT)을 이용하여 고효율의 차세대 물관리 인프라 시스템 구축	물산업분야 창조경제 실현 기여 및 새로운 일자리 창출
세부내용	한국형 도시인프라에 적합한 저영향개발 요소 · 검증기술 및 물순환 도시에의 통합설계 · 적용 기술개발	수자원의 안정적확보기술 개발, 지능형 유역 물관리 플랫폼 개발, ICT 기반 물정보 관리 기술개발	물산업진흥시설(물융합 연구동, 산학캠퍼스, 글로벌 비즈니스 센터), 종합물산업실증화시설(정수분야, 하수분야, 폐수분야, 재이용수 분야), 기업집적단지
차별성 및 연계방안	· 위 과제는 연구단 목표달성을 위한 한시적 시설(작은 규모의 요소기술 검증, 다양한 시험실증이 어려움) · 본 과제는 기존 LID 센터의 확장(업그레이드 및 단지규모), 단위요소기술 및 단지측면 (프로젝트) 인증* 가능	· 위 과제는 SWG 핵심 요소기술의 현장적용 설계기술 개발 (부지부족으로 수자원관리, 물공급관리, 수처리관리 등이 별개로 시행됨) · 본 과제는 기존 단위 기술의 복합 시스템 기술화 및 시스템규모의 종합적인 성능평가	· 위 과제는 수처리 개발기술 · 제품의 실규모 실증시험, 성능시험 · 본 과제는 물순환 관련 기술/제품의 성능평가 및 실증

요약



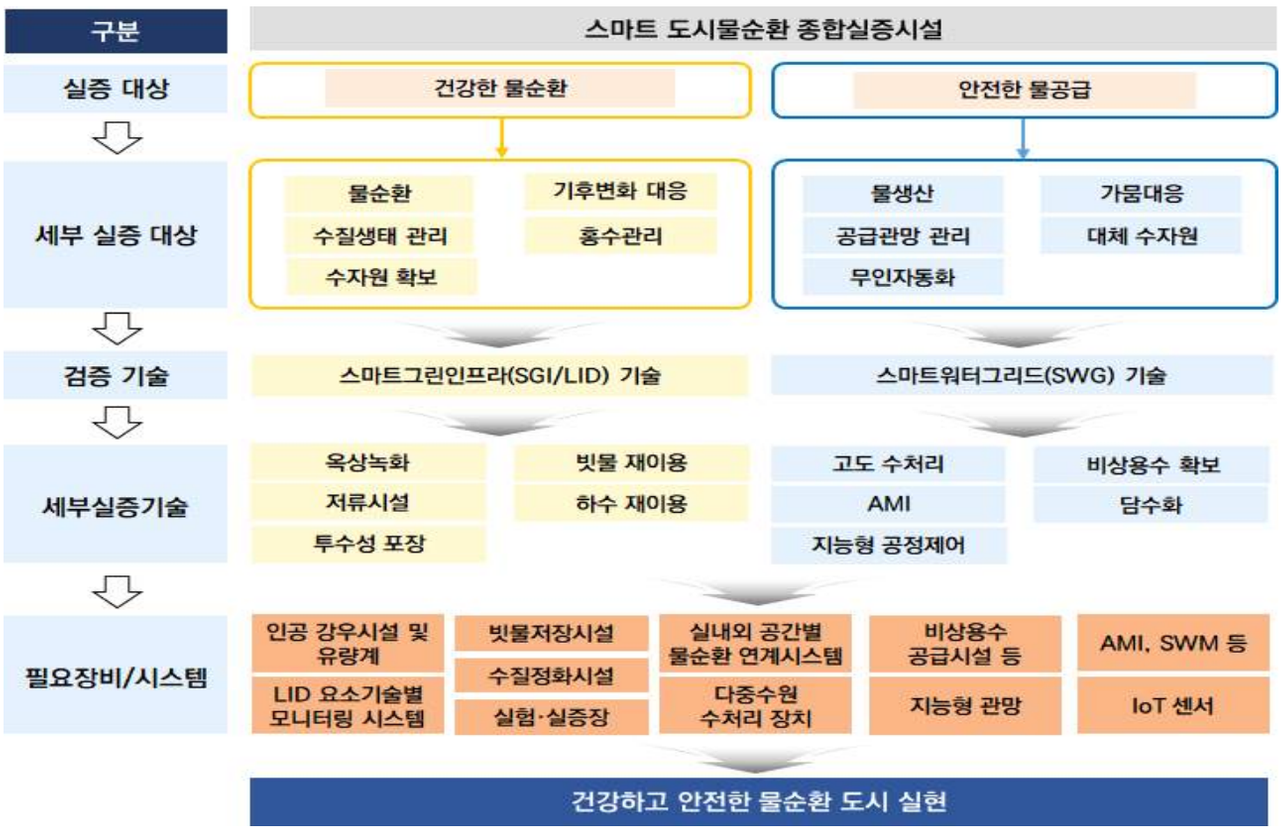
[그림 요약-44] 실증시설의 종합 개념



[그림 요약-45] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 차별성 및 연계전략

실증시설 세부구성 및 내용

○ 스마트그린인프라(SGI)실증시설, 스마트워터그리드(SWG)실증시설로 구성



[그림 요약-46] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 실증기술 및 필요장비 도출

적용 가능 기술의 범위 및 내용

[표 요약-7] 실증시설의 세부구성, 범위 및 내용

실증시설/분야	세부구성 및 범위	정의/내용(수혜기술)
스마트그린인프라 (SGI) 실증시설	건물형 그린인프라 실증시험시설	· 옥상녹화, 플랜터박스, 투수성보도, 우수저류조 등 건물의 물순환 효과를 극대화하기 위한 요소기술을 실증하기 위한 시설
	도시형 그린인프라 실증시험시설	· 도로, 주차장 등 도시에 필요한 인프라를 구축하기 위해 필요한 요소기술을 실증 평가하기 위한 시설
	생태형 그린인프라 실증시험시설	· 빗물정원, 건식형 생태저류지, 습식형 생태저류지 등 도시에 적합한 생태형 요소기술을 실증하기 위한 시설
스마트워터그리드 (SWG) 실증시설	다중수원 활용 및 이동식 수처리 실증시설	· 다중수원의 수량, 수질 모니터링 및 선택취수 실증, 이동식 수처리 장비의 성능평가를 위한 시설
	지능형 관망 및 검침인프라 실증시험 시설	· 지능형 관망 모형시설을 이용한 물 공급 기술 실증과 AMI 등을 활용한 누수저감, 에너지 저감 등을 평가할 수 있는 시설
	지능형 물공급 실증시험시설	· 실증단지 물공급 및 물안보 기술을 실증할 수 있는 시설

요약

실증시설·장비 규모 및 범위

○ 스마트 도시물순환 종합실증시설은 크게 스마트그린인프라(SGI) 및 스마트워터그리드(SWG)로 구성됨

[표 요약-8] 스마트워터그리드 실증시설의 용도, 면적 및 특징

시설명	스마트그린인프라 실증시설	스마트워터그리드 실증시설
구성	· 건물형 그린인프라 실증시험시설 · 도시형 그린인프라 실증시험시설 · 생태형 그린인프라 실증시험시설	· 다중수원 활용 및 이동식 수처리 실증시설 · 지능형 관망 및 검침인프라 실증시험 시설 · 지능형 물공급 실증시험시설
층수	· 지하 1층, 지상 2층(옥상 포함)	지하 1층, 지상 2층
부지면적	· 26,700㎡ (옥외시험장 24,000㎡ 포함)	29,500㎡ (옥외시험장 26,800㎡ 포함)
건축면적	· 2,700㎡	2,700㎡
연면적	· 4,800㎡	8,100㎡
주요 특징	· 시간당 25mm, 일강우 15mm 유출 제로화(침투 및 저류) · 비점오염 70~80% 저감 · 공급계획량 대비 상수도 사용수량 10%절감 · 50년 빈도 홍수 무재해 건물 · 물순환 실증시설의 모니터링 자료를 IoT 통신기술을 기반으로 하여 수집 및 실시간(일부 후처리) 표출하며 BigData 기반의 통합 물관리 자료분석 시스템 활용	· 지역 내 수원활용과 수자원 재생에 의한 자체적인 물 생산능력 30% 향상 · 관망누수 조기검출 및 예방에 의한 기존대비 누수율 50% 절감 · 실시간 물 사용량 측정(데이터 수집율 95% 이상)과 물 수요 예측 기능 확보 · 물 생산에너지 30% 절감 및 물 공급에너지 10% 절감

※ 1차적으로 실증단지 내에서의 물순환 · 공급 및 관리의 실증규모는 인구 1만명*(최소)

* 도시 · 군관리계획수립지침(국토교토부 훈령 제968호, 2018.01.02. 개정)의 근린주구 정의(단위 주거구역): 아동의 일상생활권 또는 도보생활권으로 초등학교 1개소가 들어가는 정도의 규모로서 인구 10,000명, 인구밀도를 100명/hr로 할 때 사방 1km정도의 크기

– 향후, 단계적으로 인근지역까지 실증대상 및 규모를 확대 계획 → 주거단지의 분산형 시범사업 추진 검토



[그림 요약-47] 스마트 도시물순환 종합실증시설 개념도



소요예산

○ (소요예산) 총 구축비는 476.22억 원(스마트그린인프라 : 95.4억 원, 스마트워터그리드 : 164.4억 원)

[표 요약-9] 실증시설별 시설구축비 및 장비구축비 예산

구 분	부지면적	건축면적	연면적	구축비(단위: 백만원)			
				시설구축비	장비구축비		계
					옥외 설비	연구장비	
스마트그린인프라 실증시설	26,700	2,700	4,800	10,757	5,934	4,784	21,475
스마트워터그리드 실증시설	29,500	2,700	8,100	18,537	1,800	5,810	26,147
합계	56,200	5,400	12,900	29,294	7,734	10,594	47,622

기대효과 및 파급효과

○ 스마트워터인프라를 통한 물순환 건전화 실현에 기여

– 물순환 건전화(5mm, 80‰)/ 홍수관리(50년 빈도, 90‰)/ 저탄소 및 도시 미기후 저감(2℃) 등

○ 스마트워터그리드를 통한 물생산 및 분배 통합관리기술 확보

– 다중수원 활용을 통한 물 자립율 제고(기존도시 대비 30% 향상, 평상시 공급수량 30%의 비상용수 2주간 확보)

– 지능형 물공급을 통한 누수저감(기존대비 누수율 50% 저감) 및 에너지 사용량 절감(물공급 펌프 에너지 10% 절감)

– AMI 네트워크 시스템, AMI 보안기술 설계자료 및 소프트웨어, SWG 모델링/시뮬레이터 기술 국산화

○ 지속가능한 수자원 관리 정책 수립의 가이드라인 제시

○ AMI 데이터 전송/관리/보안/국가 및 국제 표준화 (IOC) 정책수립(국제표준(ISO) 1개 이상 제안 – Committee Draft (CD) 수준 이상)

○ 물정보서비스와 AMI 네트워크가 접목된 Smart billing 시스템 구축과 물수요 패턴분석 정책수립 지원(차세대 물관리 개선제도(안) 및 법(안) 작성)

○ 기존 도시 수자원 관리 인프라 개보수 및 지능화 시장 진출

– 스마트 물공급 인프라(Smart Water Network) 시장은 '18년 70억 달러, '25년 120억 달러까지 성장 전망(GWI)

– 전체 시장 중 5% 점유 시 약 5.9억달러의 신규시장 창출 가능

○ 스마트시티 시장확대와 함께 창출되는 스마트 도시물관리 신규시장 진출

– 스마트시티 시장은 '16년 368억 달러에서 '25년 887억 달러까지 증가(Navigant Research)하며, 이 중 스마트 도시 물관리의 비중은 10~15%임

– '25년까지 관련기술을 확보하여 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 45억달러의 신규시장 창출 가능

○ 4차 산업혁명에 대응하는 ICT 기반 융복합 기술 확보로 고부가가치의 국내 스마트 물관리 산업 활성화 및 양질의 고용창출 가능

요약

○ 물 부족, 도시 수재해 등으로 인하여 발생하는 사회적·경제적 비용 절감

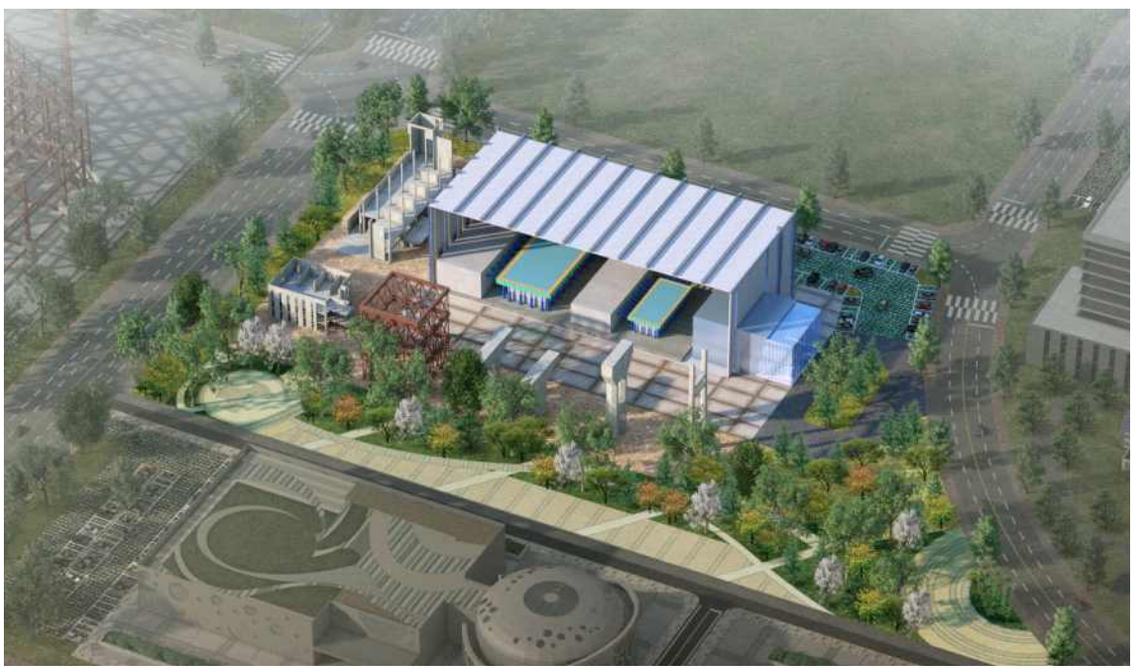
– 기후변화로 인하여 발생하는 가뭄과 홍수 등의 기상이변에 대응함으로써 물적 · 인적피해를 줄이고 안전하고 지속가능한 도시사회 구현 가능



[그림 요약-48] 스마트 도시물순환 적용효과

1.4 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설

■ [정의] 실규모 건축물(SOC시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설



[그림 요약-49] 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설 개념도

■ [목적] 강진 발생 증가로 非내진 건축물 및 노후 SOC시설물에 대한 지진 안전성 문제가 사회적 이슈화됨에 따라 초대형 진동대를 기반으로 한 국가 차원의 내진안전성 확보



요약

필요성

- 국내 지진발생 횟수 및 규모가 지속적으로 증가하고 있고, '16년 9월 경주지진(규모 5.8), '17년 11월 포항지진(규모 5.4)으로 우리나라도 대형 지진이 발생할 수 있다는 사회적 불안감이 크게 증가
  - 서울에 규모 7.0 지진 발생시 건축물 피해 추정액은 427조, 간접손실 피해 추정액은 536조원, 부산은 160조원의 피해 예상('15.04, 국민안전처 발표)
- 국민 안전을 위한 내진관련 공공기술 확보(설계·시공·제품 개발)와 국가차원의 지진재난 정책 실현을 위해서는 실규모 실증실험이 가능한 초대형 진동대 구축이 시급
  - 新정부 국정운영 5개년 계획을 통해 "국민의 안전과 생명을 지키는 안심사회 구축을 최우선 국정전략"으로 정립하면서 통합적 국가재난관리체계 구축 강조
    * (지진 안전) 내진설계·보강, 지진 조기경보체계 개선, 활성단층 조사 실시, 지진 대비 교육·훈련 확대 등 '20년까지 선진국 수준의 지진 대응체계 마련을 위한 내진설계 및 보강기술 개발 추진
  - (국민안전처) 2019년까지 공공건축물의 내진설계 비율을 49%까지 끌어올리기 위해 매년 1,300억 원을 투입(내진설계의무 대상 건축물 확대)
    * 정부에서는 공공시설물 안전확보를 위해 '11년부터 내진설계가 적용되지 않은 기존 공공시설물에 대한 내진 보강 1단계('11~'15년) 사업을 추진하여 왔으며 '16년부터 2단계('16~'20년) 사업을 추진 중



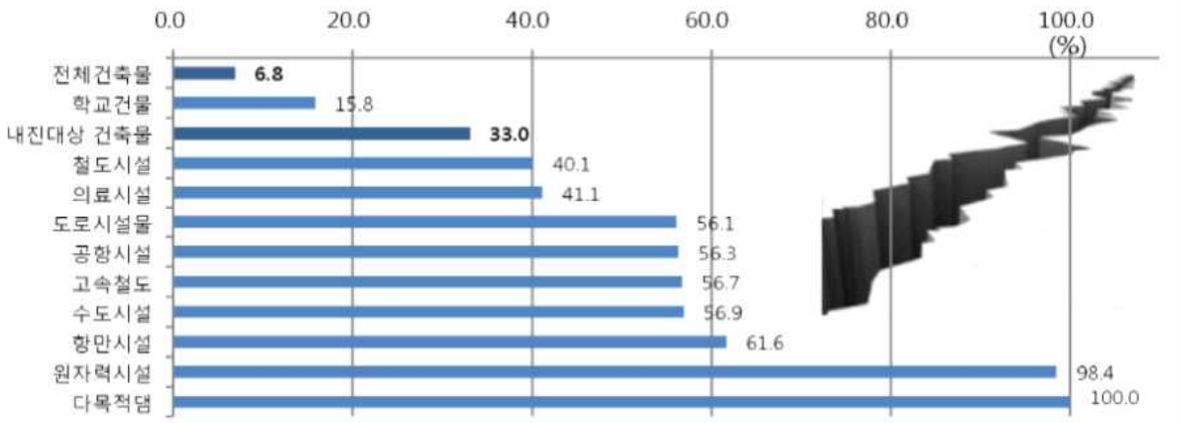
[그림 요약-50] 1,2단계 내진보강 추진 규모 및 목표

* ('15년말 기준) 내진설계 대상 공공시설물 127,306개소 중 내진성능이 확보된 시설물은 52,105개소(40.9%)이며, 2단계 사업이 종료되는 '20년에는 49.4%까지 내진율이 확보될 것으로 전망
* 2단계('16~'20) 당초계획(1조7,380억원) 대비 63% 증가한 2조 8,267억원 투자로 내진율 조기 확보 추진 예정(49.4%→54.0%로 확대)

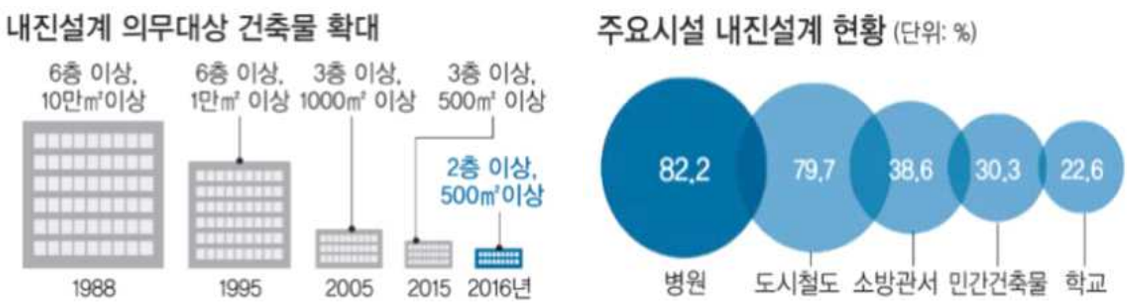


[그림 요약-51] 공공시설 조기 내진보강 및 안전관리 강화 계획

* ('15년 12월 기준) 국내 전체 건축물의 내진율은 6.8%, 공공시설인 학교건물의 내진율은 15.8%, 내진설계 대상 건축물의 내진율은 33%로 매우 낮은 수준



[그림 요약-52] 국내 건축물 내진율 현황(국토교통부 건축물 내진율('15.12), 국민안전처 시설물 내진보강현황('15.10))



[그림 요약-53] 주요 공공시설물 내진설계 현황(국민안전처, 2016)

건축·SOC시설물 및 비구조요소에 대한 내진성능 실증분야



[그림 요약-54] 건축 · 시설물의 필요 내진기술 및 실증기술 분야

요약

◎ (내진관련 기술수준) 국내 내진분야를 포함한 구조적 안전 성능 및 도시 재난 · 재해 대응 분야의 기술수준은 최고국 대비 매우 미흡한 수준임

– 국내 내진관련 인프라 기술수준은 72.3%로 매우 미흡한 수준임

* 출처 : 미래재난환경에 대비 소방방재 R&D 로드맵 기획 연구(2015, 국민안전처)

[표 요약-10] 기술수준 및 기술격차(소분류 기준), 특허기술 및 논문기술 경쟁력(중분류 기준)

주) 국토교통기술수준분석보고서(진흥원, 2015)

관련기술분야		기술수준 및 기술격차		특허기술 경쟁력		논문기술 경쟁력	
중분류	소분류	최고국	국내	최고국	국내	최고국	국내
건축물 성능향상	건축물/구조/안전/보안성능	미국	72.8% (5.8년)	미국	54.7%	미국	30.3%
도시인프라구축·관리 및 운영	도시재난·재해 대응	미국	61.9% (7.9년)	일본	33.8%	영국	23.9%

◎ 내진관련 연구인프라 수준

[표 요약-11] 국외 최대규모 진동대시설과 국내 최대규모 진동대 구축 수준 비교

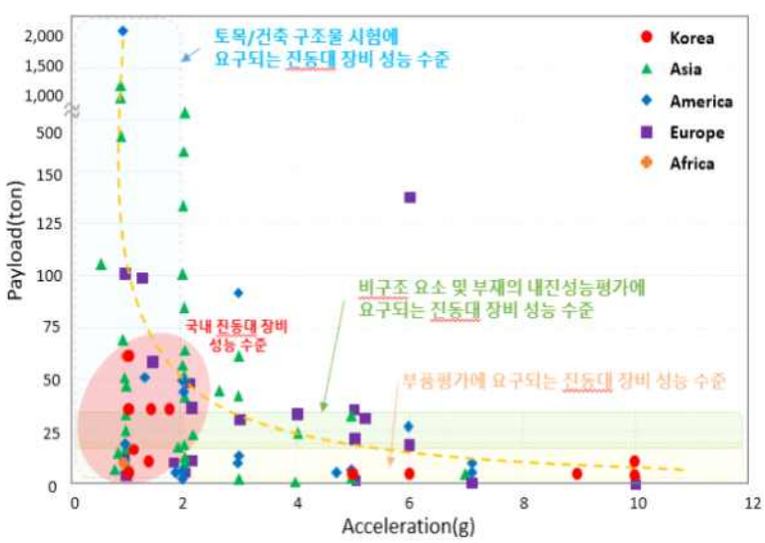
구 분	규격, 규모	적재용량	비고
미 국	12.7m x 7.6m (96.5 ㎡)	2,000ton	적재용량 최대
일 본	20.0m x 15.0m (300 ㎡)	1,200ton	규모 최대
한국 – 지진방재연구센터 기준 (성능수준)	5.0m x 5.0m (25 ㎡)	60ton	
	[미국대비] 25.9%	[미국대비] 3%	
	[일본대비] 8.3%	[일본대비] 5%	

– (국내) 적재하중 60톤(3Hz, 5×5m) 3DOF 진동대(부산대 지진방재연구센터)

– (해외) 실대형 구조물 실험을 위한 진동대는 1,000톤 이상(1~2Hz), 비구조요소 실험을 위한 진동대는 25톤(6Hz 이상) 수준

* (세계최고수준(적재면적)) 일본 NIED : 1,200톤 / 300㎡(15×12m) 6DOF 진동대

* (세계최고수준(적재용량)) 미국 UCSD : 2,000톤 / 93㎡(12.2×7.6m) 1DOF 진동대





[그림 요약-55] 국내외 주요 진동대 규모·성능 비교 및 NEID(일본), UCSD(미국) 진동대 현황

실증시설 세부구성 및 내용

○ 내진성능평가 실증시설은 실구조물용 초대형 진동대와 비구조요소용 대형 다자유도 진동대로 구성



[그림 요약-56] 내진성능 실증기술 세부 구성도

적용 가능 기술의 범위 및 내용

[표 요약-12] 실증시설별 적용 가능 기술의 범위 및 내용

분 야		세부분야	실 험 영 역
내진성능 검증 (실구조물용 초대형 진동대)	· 실규모 구조물 및 구조요소 · 기둥, 교각, 벽체 요소 · 학교, 노후시설 등 지진취약 시설	건축물 및 SOC 시설물	– 건축 구조 및 비구조 요소 시스템 레벨 내진성능 평가 – 도로, 교량, 철도, 발전설비 등 SOC 실대형 구조 성능 실증 – 각 종 내진 구조, 재료, 제품의 신기술, 연구결과 평가 – 내진구조 제품 및 설계기술과 성능검증 방법 개발
진동내구성 검증 (비구조요소용 대형 다자유도 진동대)	· 실규모 비구조요소 및 구성 시스템 · 건축비구조, 전기, 공조, 물 및 가스공급 등 비구조요소	수화력, 신재생 발전설비 및 건설해양기기	– 신재생 에너지 등 발전설비 구조물 내진성능 검증 – 수 · 화력 발전용 설비기기의 진동 내구성 검증 – 태양광(열), 풍력발전 등 신재생 발전설비 내진동 성능평가
		해양, 수송 건설기계 및 차량	– 해양플랜트, 선박, 수송기기 전력설비, 배관계통 진동내구성 – 건설기계 및 중차량 주요 부품에 대한 진동내구성 검사 – 자동차, 건설기계의 캐빈 등에 대한 승차감 조사

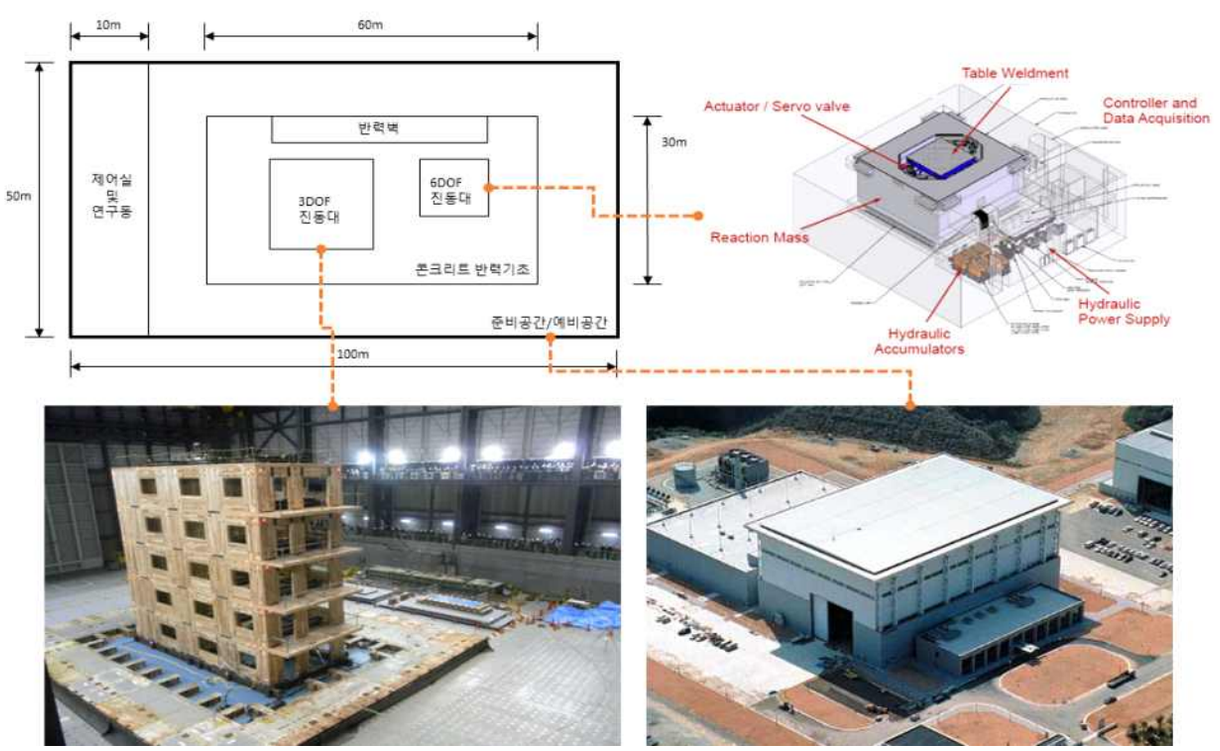
요약

실증시설·장비 규모 및 범위

- (구성) 실대형 구조물 내진성능 실증시설은 실구조물용 초대형 진동대와 비구조요소용 대형 다자유도 진동대 2기를 포함한 각종 유압설비·측정 장비 등으로 구성됨
- 일반사항(건축)

시설명	· 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설
구성	· 1,000톤급 초대형 진동대 (15x15m, 3자유도, 실규모 7층 건축물 실증) · 200톤급 대형 진동대 (7x7m, 다자유도)
시설용도	실대형 SOC시설·건축물의 구조부재, 비구조요소 및 장치 등에 대한 내진성능평가
층수(지하,지상)	연구동 : 지하1층, 지상 3층 / 실험동 : 높이 약 25m
부지면적	20,000㎡ (200m×100m) ※ 외부에서 실험체 제작 및 철거·파쇄가 가능한 필수 공간 포함
건축면적	5,000㎡ (100m×50m)
연면적	8,000㎡ (실험동: 6,500㎡ / 연구동: 1,500㎡)
주요 특징	– 국내외 발생지진 및 대부분의 기록지진 모사 가능(최대가속도 : ± 1.0g 이상 가진)

- 대형구조물 제작 및 준비가 가능한 공간, 진동대, 제어 · 연구동으로 구성
- (기초 구조) 초대형 실험체를 탑재한 진동대 운동을 위한 반력 기초 구조물과 효율적인 비구조요소 지진시 거동을 모사하기 위한 하이브리드 실험용 반력벽 및 반력바닥 구조
- (준비 공간) 진동대 실험용 계측장치, 실험체 및 각 종 지그류 보관을 위한 예비 공간 확보



[그림 요약-57] 예상 배치도 : 일본 E-defense 및 대만 NCREE의 진동대 시스템 구축 예시

소요예산

(소요예산) 총 구축비는 896.25억 원(시설구축비(건축): 251.79억 원, 장비구축비: 644.46억 원)

[표 요약-13] 실증시설별 시설 및 장비 구축비 예산

구분	부지면적	건축면적	연면적	구축비(단위: 백만원)		
				시설구축비	장비구축비	계
실대형 내진성능 평가 실증시설	20,000	5,000	8,000	25,179	64,446	89,625
합계				25,179	64,446	89,625

기대효과 및 파급효과



[그림 요약-58] 내진성능 실증시설의 기대효과

요약

1.4 노후시설물 안전·유지관리 종합실증센터

■ [정의] SOC 시설물의 안전진단 · 보수보강 · 유지관리 관련 R&D 기술, 신기술에 대한 적용성, 신뢰성, 안전성 실증 및 평가가 가능한 종합실증센터(연구자 Open Lab. 제공)

■ [목적] 분산되어 있는 노후인프라, 시설물을 연구에 활용하여 SOC인프라의 노후화를 대비한 보수보강 · 유지관리 기술 실검증

– 신기술의 시험시공을 위한 부지 제공 및 국토교통 R&D 기술 적용 가능

– 폐교량, 폐시설물을 집적하여 관련 기술 개발자에게 Open Lab. 개념으로 기술의 적용, 실증, 시험시공 기회 제공

– 기술 · 사회적 흐름에 따라 변하는 미래 안전진단 · 유지관리 기술의 변화에 대응하기 위함



[그림 요약-59] 노후시설물 안전 · 유지관리 종합실증센터 개념도

○ 인프라 시설은 사회 · 경제활동의 필수적인 요소로 국민들의 삶의 질 향상과 경제, 사회 발전을 위한 핵심적인 요소임에 따라 안전성 확보는 매우 중요함

1.5 신기술 시험시공 및 R&D 테스트베드 현장 제공

[정의] 건설·교통신기술의 현장 시험시공 및 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공

* (신기술 지정제도) 건설교통분야 민간의 자율적 기술개발을 촉진하여 국가 기술경쟁력 향상에 기여하기 위하여 도입된 기술인증제도(건설신기술: '89년, 교통신기술: '10년)
* (R&D 테스트베드) 국가 R&D 최종성과로서 사업화 前단계에서 기술성(안전·운영효율 등), 시공성 및 경제성 등을 종합적으로 검증하기 위해 구축되는 시험환경

[정의] 국가가 공공기술의 실증을 위한 현장 환경을 제공함으로써 중소기업들이 신기술 지정을 받는 과정에서 시험시공을 위한 현장 확보를 못해 사업화가 지연되거나 사장되는 애로사항을 해결하고, 나아가 R&D 연구자들이 실증 Test-bed 현장 확보를 걱정하지 않고 연구개발에 몰입할 수 있는 실증 연구환경 조성



[그림 요약-60] 신기술 시험 시공 및 R&D 성과 테스트베드 지원 개념〉

건설교통신기술 시험시공 현장 및 R&D 성과 Test-bed 지원 방안

(신기술) 법·제도 개선을 통한 신기술 시험시공 인정으로 신기술 개발자의 애로사항 해결
→ 신기술 개발 및 활용 촉진

(R&D) R&D 성과 T/B를 종합실증단지에 집적화(부지 제공)하여 과제 종료 후에도 지속적인 유지관리를 통한 공동활용 활성화
→ 실증기반 조성에 따른 R&D 예산 절감, 연구몰입 환경 개선, 실증 reference 확보로 사업화 향상

요약

2. 부지확보 방안

◪ 실증시설, 신기술 시험시공 및 R&D 성과의 T/B 현장제공까지 고려할 때 확장성 있는 대단위 부지 필요

○ (사례분석) 국내의 실증단지 및 클러스터의 경우는 대부분 정부 주도의 국가 전략적 육성에 따라 부지 역시 국비로 마련하며, 일부의 경우에는 지자체에서 매칭하여 구축됨

단지명	위치	규모	부지 확보 재원조달 방법 및 특징	
녹색환경산업복합단지	인천	12만m^2	국비(환경부) 100%	- 환경부-서울시간 수도권매립지 관련 협약으로 부지 확보
대구 물산업 클러스터	대구	65만m^2	국비(환경부) 지방비 매칭	- 「환경기술개발 및 지원에 관한 법률」제6조 및 제13조의 2에 의거 전액 국고지원 대상사업 - '13~'17년 국가재정운용계획, 2014 환경부 예산 및 기금운용계획 개요를 통해 재원조달 가능성 검토 - 총 사업비 3,519억원(국비 84%, 지방비 16%)
인천 환경산업 실증연구단지	인천	18만m^2	국비(환경부) 100%	- 총 사업비 1,580억원
새만금 풍력산업 클러스터	전북 새만금	125만m^2	국비, 지방비, 민간	- 총 사업비 3,950억원(국비 43.4%, 지방비 20.1%(부지포함), 민자 36.6%)

국내 유사기관 분석 결과, (대규모 공공기술시설) : 국공유지(간척지 포함) 100% 또는 지자체 부지(현물 대응) 활용
(중소규모 단위기술시설) : 지자체 부지(현물 대응) 활용



[그림 요약-61] 국내 실증단지의 부지 확보 재원조달 형태

○ 종합실증단지 부지 확보를 위해 4곳의 간척지 및 산업단지를 조사, 분석함

[그림 요약-62] 부지 확보를 위한 후보지 조사 및 분석

○ 본 사업의 기획에서는 부지를 특정하지 않고 향후 사업 시행 시 지자체 매칭 등을 공모하는 방안을 검토하되, 대안으로 부지 비용 등 사업예산 검토 측면에서 새만금 간척지를 대상으로 함

– 새만금 간척지는 지리적 연건, 미래 확장성, 지역 균형발전 및 투입 비용 측면에서 가장 적합



제 5 절 운영 및 활용 방안

1. 종합실증단지의 주요 기능 및 역할

■ 기능 및 역할 설정 시 핵심 고려사항

- 종합실증단지 조성의 비전 실현과 목표성과 달성에 필요한 기능과 역할 부여
- 국토교통 R&D 실용화 지원을 통해 활용도를 제고할 수 있는 실질적 기능과 역할 설정
- 종합실증단지의 실제 수요자(기업, 연구자, 정부) 관점에서 필요한 기능 설정
- 미래 확장성과 국제협력 등을 통한 대외적 위상 강화를 통한 가치창출 고려

■ 종합실증단지의 기능 및 역할 설정

- 첨단 현장실증 환경·장비를 갖춘 국토교통연구의 허브로서 R&D 성공률 제고 및 기술역량 향상에 기여

비전 실증기반 기술 혁신을 통한 국민 체감형 사회적 이슈 해결 및 미래 신산업 창출

운영 목표

- 종합실증인프라 HUB로서의 역할 강화를 통한 국토교통기술의 실용화 제고
  - 사회적 측면 : 공공·공익적 사회이슈(안전, 주거환경 등) 해결을 통해 국민의 삶의 질 개선
  - 산업적 측면 : 세계적인 실증단지 기반의 국토교통 미래 7대 新산업분야 선도
  - 기술적 측면: 국토교통 R&D 융복합 기술 실용화(상용화·홍보·보급)

주요 역할

- (실효성있는 검인증 서비스 제공) 실제상황과 동일하거나 유사한 환경에서 검인증을 실사하여 신뢰성있는 검인증 결과 제공
- (표준기술 및 시·실험 연구 통합추진기관) 민간기업이 추진하기 어려운 새로운 시·실험 표준화 방법을 국가정책적 차원에서 연구하는 핵심기관
- (신기술사업화를 위한 Test Bed) 현장시험이 가능한 시험환경을 제공하여 신기술의 실용화와 사업화에 필요한 기간을 단축하고 각종 지원체제를 구축하여 신기술 사업화와 벤처육성에 기여
- (실험설비 공동사용을 통한 경제성 확보) 사용빈도 등의 이유로 개별기업이 보유하기 어려운 실증시설, 현장부지, 연구장비를 공동활용함으로써 규모의 경제를 활용한 경제성 확보

추진 방향 및 기대 효과

종합실증단지 조성 방향	기대효과
• 실증환경을 활용한 신속한 기술실용화와 실증시설 공동·연계 활용을 통한 경제성 확보 • 융복합 기술 기반의 종합적 실증환경 구축을 통한 개발기술의 빠른 실용화·상용화 촉진 환경 제공 • 고부가가치 기술 검인증 능력 향상 및 선진국형 실증인프라 기반 마련 • 다부처 R&D 및 산업간 연계활용 극대화를 위한 Open Innovation Platform 구현	• 정부정책, 국민의 요구사항, 기업의 니즈에 부합하는 선진 연구인프라 확충 및 선도적 국토교통연구 입지 구축 • 미래 기술변화 및 수요에 능동적 대처 • 다부처 공동활용 등 기술-산업 생태계 변화에 효율적 대응 • 실증시설간 연계활용 시너지 창출 • 4차 산업혁명 및 융복합기술 대응 • 전통적 국토교통기술의 혁신 • 고부가가치 글로벌시장 창출 대응 • 국가적·사회적으로 중요한 안전이슈를 효율적으로 대응 • 개발기술의 신뢰성·안전성 확보 • 자원/에너지의 안정적 확보 및 관리

요약



[그림 요약-63] 종합실증단지의 기능 및 역할

주요 기능

- 실험·실증 및 검인증 서비스, 연구시설·장비 공동활용 지원
- 시험표준 연구개발 및 국제협력·공동연구(인력교류) 수행
- 실증성과 전시·홍보, 기업의 사업화 reference 제공, 실험컨설팅 서비스
- 전문 건설기술자(신기술, SOC 보수보강, 제로에너지, 물순환 등) 현장 실습교육 등

주요 역할

- 국토교통 R&D 실험·실증연구인프라 컨트롤타워로서의 역할 담당
  * 국토교통 연구인프라(시설·장비)의 공동활용·성과관리 등의 공적 기능을 부여하여 전담관리기관으로의 역할 수행
  * 전국에 분산 구축된 기존 12개 국토교통 대형실험시설 및 R&D 실증 Test-bed들에 대한 연계활용 추진
- 국토교통 R&D의 실증 Test-bed를 종합실증단지 내에 유치하여 R&D 성과의 실용화 제고
  * 향후 국토교통 R&D 사업으로 추진되는 다양한 실증 Test-bed의 구축을 종합실증단지로 유치·수행
- 국토교통 R&D 정책 실현의 중추적 도구로 활용될 수 있도록 실증단지 지원
  * 신산업 창출, 미래기술 대응 및 기술혁신, 고부가가치 기술 해외진출 지원, 사회적 이슈 검증을 통한 정부 정책 수립·시행 지원, 국민의 안전 및 편익 창출 등
  * 국가 정책과 연계된 선도기술 연구, 기업의 공동활용, 신기술 지원 등 기술실용화의 선도적 역할 수행
  * 제로에너지건축물인증제 시행, 물순환 재이용 및 도시재생 가이드라인 마련, SOC 시설물 내진 안전대응 정책 및 내진보강 가이드라인 마련, 신기술 활성화 제고 등
- 기술-시장을 연결해주는 산업생태계의 Bridge 역할 수행
  * R&D 성과의 성능 검인증 강화를 통해 개발기술이 곧바로 시장에 적용될 수 있는 환경 제공
  * 제도 개선을 통해 신기술의 현장시험시공 인증을 본 종합실증단지에서 수행함으로써 신기술의 신뢰성·안전성 확보로 사업화 촉진
- 국토교통분야 국가 실증HUB로서 대형연구시설 기반의 국제협력·공동연구 활성화를 통한 국가 기술력 제고

2. 운영 방안

2.1 운영 전략

■ 종합실증단지를 국토교통기술 실용화 및 신산업 창출 선도를 위한 글로벌 실증HUB로 도약

- R&D를 통해 개발된 기술·제품이 쉽고 빠르게 시장에 진출할 수 있도록 성능 검인증 등 실용화 지원환경 제공
- 정부차원의 "기술–시장" 연계가 가능한 "기술실용화 생태계" 조성



[그림 요약-64] 종합실증단지 운영방안

■ 중점 운영전략 및 세부 추진사항

중점 전략	목 적	세부 추진사항
운영관리 체계화	국토교통 연구인프라 운영역량 강화	· 시험장비 및 서비스 전문인력 양성 · 시험규격 및 분석 방법 개발 · 국토교통 연구인프라 역량 강화를 위한 제도 마련
공동활용 촉진	국토교통 연구인프라 공동활용 활성화	· 국토교통 연구인프라 공동활용 성과관리 강화 · 신기술·신공법 현장시험인증 제도 마련 · 연구인프라 활용 기술개발 컨설팅 지원
협력 네트워크 강화	대형 연구인프라 기반 협력네트워크 활성화	· 국토교통 시험서비스 산업 육성 · 미래 신산업 분야 기술선도형 국제연구 추진 · 신산업 분야 전문인력 양성 및 협력사업 추진

요약

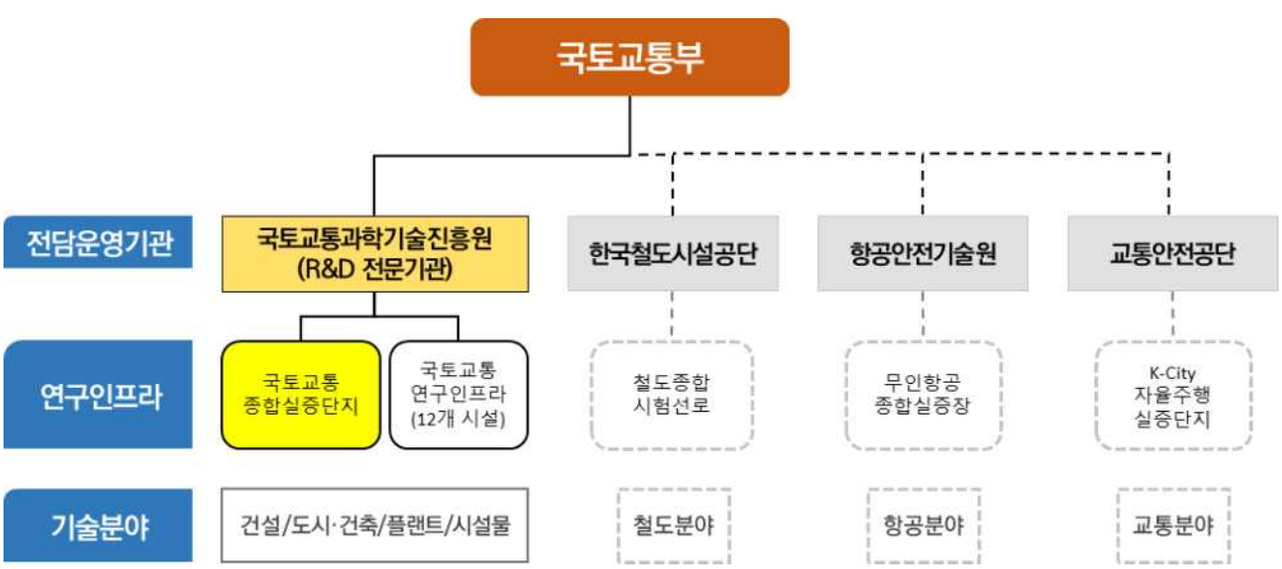
2.2 운영주체

국토교통 R&D 및 연구인프라 관리 구조

- 국토교통 관련 국가 R&D는 국토교통부가 총괄
- 국토교통부 산하 준정부 기관인 국토교통과학기술진흥원에서 R&D 사업 시행 및 성과 관리
- 분산형 국토교통 대형실험시설의 예산·구축관리 등은 국토교통과학기술진흥원에서 총괄하고 있으며, 1단계 6개 실험시설은 국토교통연구인프라운영원에서 운영중

종합실증단지의 운영주체

- (공공성 강화) 국토교통기술은 국민을 수혜자로 하는 공공 인프라 기술로서, 운영주체의 공공성이 매우 중요
- (운영역량 확보) 대규모 실증단지의 운영을 위해 연구단지운영에 대한 노하우와 역량이 필요하며, 기존 실험/실증 시설과의 연계 운영을 통한 R&D 실증 HUB 구현을 위하여 R&D연계가 가능한 R&D전문기관 운영 역량이 필요함
- (독립성 확보) 공정하고 객관적인 사·실험 및 검인증 수행을 위해 기관 운영의 독립성 확보가 중요
- 따라서 공익 목적의 공동활용·운영, 실험 서비스 지원 및 정책실현(미래 신산업 창출 등)을 위해 정부(국토부)에서 주관하되, R&D 예산의 집행 및 사업연계, 실험장비 운영관리의 전문성 등을 고려하여 관리 및 운영기관을 선정
  - 국토교통 종합실증단지의 효율적 운영을 위해서는 자원배분, 전주기적 R&D 관리를 통한 성과 향상 및 시너지 창출 관점에서 접근 필요
  - 국토교통 연구인프라의 구축 및 관리 기능은 R&D 예산의 집행 및 연계활용 측면에서 R&D 전문기관인 국토교통과학기술진흥원에서 총괄
  - 기존 국토교통 연구인프라 실험시설과의 연계 활용 측면에서 이들 실험시설의 실질적 운영부분은 실험수행 노하우가 있는 기관에 위탁 가능
  - 특히 기존 조직의 노하우를 적극 활용함으로써 운영 초기부터 안정적이고 효과적인 사·실험서비스 제공 가능



[그림 요약-65] 국토교통 기술분야별 연구·실증인프라 운영관리 주체

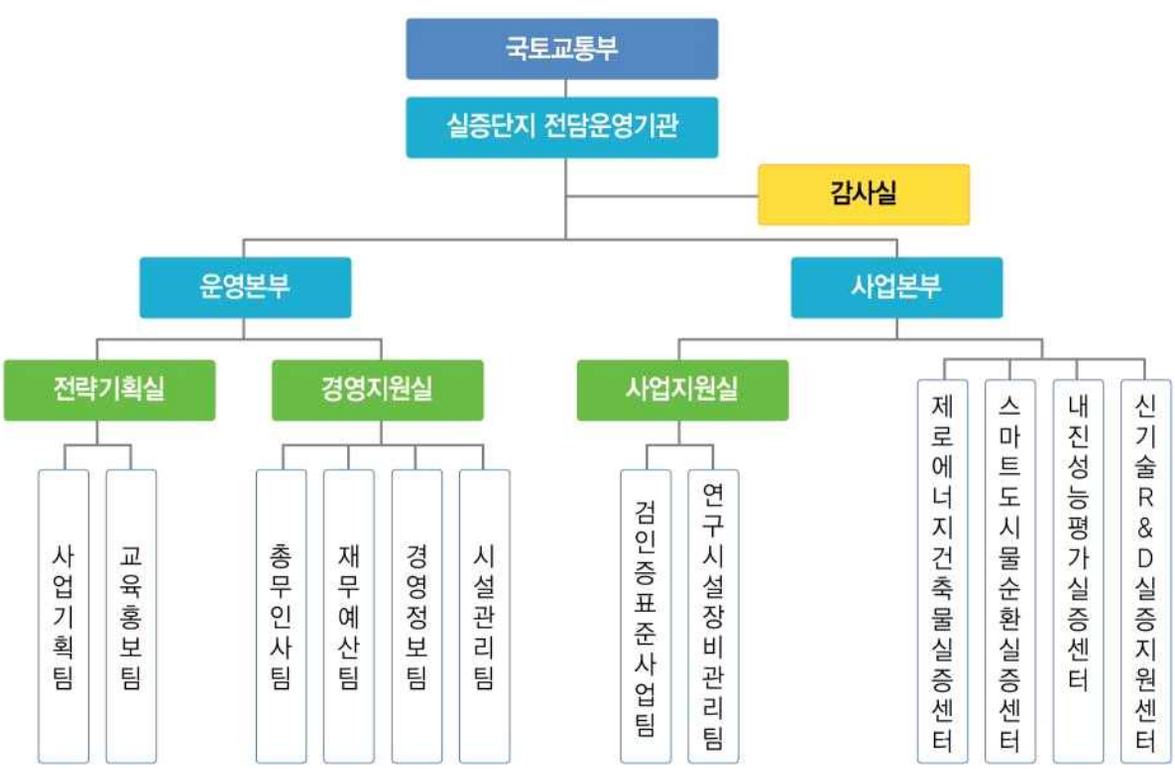
2.3 운영조직

운영조직 구성 시 고려사항

- 실증단지의 기능과 역할을 충실히 실행하고 R&D 정책과 연계한 시너지 창출이 가능한 조직
- 실증단지의 운영주체, 수혜자, R&D연구인프라 역량을 고려하여 조직체계 제시
- 타 유사 실증단지/클러스터 벤치마킹을 통해 기 운영 중인 기관의 노하우를 반영
- 미래 확정성을 고려하되 단계별 목표달성을 위한 투자전략 및 성과와 연계한 조직규모 마련

조직체계(안)

- 전담운영조직에는 운영본부와 사업본부를 두고, 운영본부에 전략기획실 및 경영지원실을 배치하고 사업본부에는 사업지원실과 각 실증시설을 센터로 배치
  - 전략기획실은 중장기 사업 전략수립, 교육 홍보 관련 업무를 전담하고 경영지원실은 재정 계획 수립, 재무회계 업무, 인사 업무, 서무 업무, 시설관리 업무, DB관리 및 IT 기술 지원 업무를 담당
  - 사업지원실은 검인증 및 표준화 사업과 연구시설장비 관리 업무를 담당
  - 사업본부의 각 4개 센터는 분야별 실증시설을 운영하며 시설·장비를 활용한 기술 검인증 서비스 등을 수행
  - 국토교통과학기술진흥원(국토교통과학기술육성법에 따른 R&D 전담기관)을 활용하여 전담조직을 구성할 경우, R&D와의 연계활용 뿐만 아니라 필요인력을 최소화하여 운영예산 절감이 가능



[그림 요약-66] 전담운영조직의 조직체계

요약

[표 요약-14] 종합실증단지 부서별 주요 업무

구 분		주요 업무내용
CEO		· 실증단지 총괄
감사실		· 감사 업무
운영본부	전략기획실	· 사업 기획팀 : 사업계획 수립 및 업무 기획 · 교육 홍보팀: 교육 및 홍보 프로그램 기획, 추진
	경영지원실	· 총무인사팀 : 물품 구매 관리 및 인사 업무 · 재무예산팀 : 자금운용 및 회계,예산 업무 · 경영정보팀 : 연구관련 DB유지 및 IT 업무 · 시설관리팀 : 시설물 유지관리
사업본부	실증센터	· 제로에너지 건축물실증센터 · 스마트도시 물순환실증센터 · 내진성능평가실증센터 · 신기술 R&D실증지원센터등 4개 센터로 구성함
	사업지원실	· 검인증 표준사업팀 : 검인증 처리 업무 및 절차 개선 업무 · 연구시설장비관리팀: 연구 설비의 유지관리

[표 요약-15] 전담운영조직의 부서별 세부 R&R(안)

구 분	부 서	주요 업무내용
운영본부	전략기획실	· 실증단지 활용 사업계획 등 전략 기획 · 주요 업무 기획 및 운영 · 재정 계획의 수립 및 집행 · 교육 프로그램 개발 및 운영(건설기술자 현장실습교육 등) · 방문 및 체험 프로그램 추진 · 교육·홍보 자료 제작 및 배포 · 사업 시행 관리 · 실증단지 운영 성과 평가 기획 및 시행 · 성과평가에 따른 개선활동 및 개선효과 측정 · 대외 기관 대응업무
	경영지원실	· 경영 전략에 따른 사업 계획 수립 · 주요 업무 기획 및 운영 · 자금의 운용·회계·예산 등에 관한 업무 · 물품 구매 및 관리 등에 관한 사항 · 인사 업무 수행 및 공문서 관리 · 연구동 시설물 유지관리 · 시스템 및 IT 관련 업무 및 실험데이터 DB 등 보안관리 · 실증단지 이용 기업 등 지원 · 국토교통 분야 시험기관 협력체계 마련
사업본부	사업지원실	· 검인증 업무 전담 : 신기술 현장시험인증에 필요한 실험 결과 처리 및 성적서 발행 · 기술 검증 및 실증에 필요한 견적, 보고서 작성 및 평가 처리 · 표준실험절차 개발 등 표준화 관련 연구 수행 · 신기술 등 사업화 지원
	실증센터	· 실증시설·장비 활용 시험·실험 검인증 서비스 · 실증시설·장비 유지보수 및 관리 · 국토교통 분야 R&D 발굴 및 수행 · 실증실험 데이터 활용



2.4 운영인력

조직별 인력규모의 산정

- (지원부문의 인력) 지원부문은 대부분 운영본부 소속으로 물산업 클러스터 사업 및 기존 국토교통 대형실험시설의 업무 및 인력규모를 고려하여 산정함
  - 실증단지의 규모, 수준을 고려하여 23명 수준으로 산정함
- (사업부문 인력) 사업부문 인력은 실제 실증시설을 활용한 실증수행 및 연구인력으로 실증시설 규모와 타 연구기관들의 연구인력 규모를 고려하였으며, 사업본부에 최소 42명이 필요
  - 물산업 클러스터, 환경산업 클러스터의 연구 지원 부문 및 한국건설기술 연구원 등의 연구기관 인력규모를 참고하였고 실증분야별 규모 적정 운영인력을 산정함

조직별 적정인력

- 종합실증단지의 총 건축연면적은 57,320m^2으로, 단위면적당 운영단계 소요인원을 계산하면 총 135명(57,320m^2×0.00235명/m^2)이 필요하나, 초기 운영단계 투입인원을 약 50%로 가정하여 68명 수준으로 구성함 (※ 제6장 운영단계 소요인력 산정 참조)
  - 기존 기관을 지정하여 운영시 최소 사업본부의 42명 필요

[표 요약-16] 종합실증단지 운영조직의 부서별 인력구성(안, 초기단계)

상위부서	부 서		합계	직급별 인원					
				임원	수석	책임	선임	연구원	원보
CEO	기관장실		1	1					
감사	감사실		2	1			1		
운영본부 (23)			1		1				
	전략기획실		1		1				
		사업기획팀	4			1	2	1	
		교육홍보팀	3			1	1	1	
	경영지원실		1		1				
		총무인사팀	3			1	1	1	
		재무예산팀	4			1	2	1	
		경영정보팀	3			1	1	1	
		시설관리팀	3			1	1	1	
사업본부 (42)			1		1				
	제로에너지 건축물 실증센터		9		1	2	2	3	1
	스마트도시 물순환 실증센터		8		1	2	2	2	1
	내진성능평가 실증센터		8		1	2	2	2	1
	신기술·R&D 실증지원센터		6		1	1	2	2	
	사업지원실		1		1				
		검·인증표준사업팀	5			1	2	2	
		연구시설장비관리팀	4			1	1	2	
합 계			68	2	9	15	20	19	3

요약

3. 활용 방안 및 사업모델

3.1 활용 방안

◪ 국토교통 실험·실증 연구인프라 활용도 제고 전략

- 종합실증단지 실험·실증 연구인프라 활용도 제고를 위해 구축 및 운영단계로 구분하여 추진전략 수립
  - (구축단계) 종합실증단지 구축사업을 통해 고도화된 실증시설을 구축하고, 전문화된 전문인력 양성
  - (운영 단계) 종합실증단지 기반의 국토교통 기술·산업 선진화로 사업성과 확산 및 글로벌 경쟁력 강화
- 신기술의 현장시험시공 활용도 제고를 위한 정책적 연계 시나리오 마련
- 공공기술 성과물 검증 및 국가기준 반영 등 비스니스 체계 확보
- 타부처 및 타산업 연계·협력 네트워크를 통한 활용도 제고
- 국제협력·공동연구 R&D 연계를 통한 국가 실증 HUB화를 통한 국제적 연구역량 강화
- 국토교통 연구·실증인프라 투자 및 운영·관리 효율화 전략
- 중소기업 등의 기술실용화·사업화 지원을 위한 활용 전략

[표 요약-17] 종합실증단지 내 실증시설별 기능 및 활용 계획

구 분	주요활용 계획	활용 기관
제로에너지 빌딩 종합실증시설	· 제로에너지 관련 개발 기술 · 제품의 성능 · 품질 시험평가 및 검인증 · 실증실험 위주의 건설자재 에너지 효율 성능평가 · 에너지 발전설비 종합평가 · 건축 환경 · 에너지 분야에서 Total Solution Provider로 활용 · 교육프로그램을 통한 관련 분야 운영 센터와 연계 활용	신재생에너지 관련 개발 기관 및 업체 국토교통 및 환경 · 에너지 연구 수행기관 정부(지자체) 등
스마트 도시물순환 종합실증시설	· 국내 연구자 및 기업에서 개발한 기술 및 장치에 대한 성능평가 및 검인증 · 개발된 기술 및 제품의 실용화/상용화를 위한 T/B 제공 · T/B와 국내 진입실적으로 track record 확보 후 해외시장 진출 지원 · 인프라시설의 운영을 통한 교육, 기술 컨설팅 등의 종합서비스 제공	국토교통부, 환경부, 국토교통과학기술진흥원, 한국수자원공사, 한국토지주택공사, 관련업체 등
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	· SOC시설물, 건축물 등 내진설계 · 보강 기술 검인증 · 제진, 면진장치의 성능 검인증 · 비구조요소 설비 · 시스템 · 제품의 시험인증 · 내진관련 신기술 시험 검증 · 내진관련 전문 인력 교육, 홍보 등	국내외 내진기술 개발 기관 내진관련 표준, 기준 제정 기관
분산형 SOC시설물 테스트베드	· 분산형 노후인프라의 연구활용 – 폐시설물, 시험체 확보를 통한 연구활용 지원 · 손상된 실험체의 안전진단, 유지관리/보수보강 기술 적용 후 성능 검증 등 · 안전진단, 유지관리 등 국토교통 R&D 기술, 신기술 검인증을 위한 부지제공 및 기술 제공 등	SOC안전진단, 보수보강 관련기관, 업체 국토교통 R&D 연구 수행자 정부(지자체) 등
R&D 및 신기술 테스트베드 부지지원	· 신기술 발굴 및 사업성 평가 · 사업화를 위한 프로토타입의 개발 및 실증실험과 검인증 · 연구개발 인프라가 부족한 중소기업 지원 · R&D 성과의 실증을 통한 실용화 및 사업화 · T/B의 공동활용 · 신기술 개발/발굴을 위한 프로그램운영 통한 인재양성 등	국토교통 R&D 연구수행기관 및 업체 신기술 개발을 하고 있는 중소기업 정부(지자체) 등

3.2 사업 모델

본 실증단지의 기능 및 역할로부터 주요 사업모델을 설정

- 국내외 타 유사기관(실증단지, 클러스터 등)의 사례를 벤치마킹하고 본 사업의 실증단지 조성 목표 달성을 위한 기능 및 역할로부터 사업모델을 도출함
- 주요 사업모델은 검·인증 시험서비스, 표준기술 및 시·실험기술 연구, 신기술 사업화 실증지원, 연구시설·장비 공동활용 지원, 기타 교육·홍보 및 부가사업으로 설정함



[그림 요약-67] 종합실증단지의 기능 설정 및 사업구분

요약

제 6 절 사업관리 방안

1. 사업의 논리모형

1.1 사업유형 구분

○ 미래부에서 발간한 '국가 연구개발 사업 표준 성과지표(4차)'에서 제시한 R&D 사업 유형을 참고하고, 종합실증단지 특성을 고려하여 사업의 유형을 연구기반조성 및 시설장비 구축사업으로 분류함

[표 요약-18] R&D 사업 유형 분류

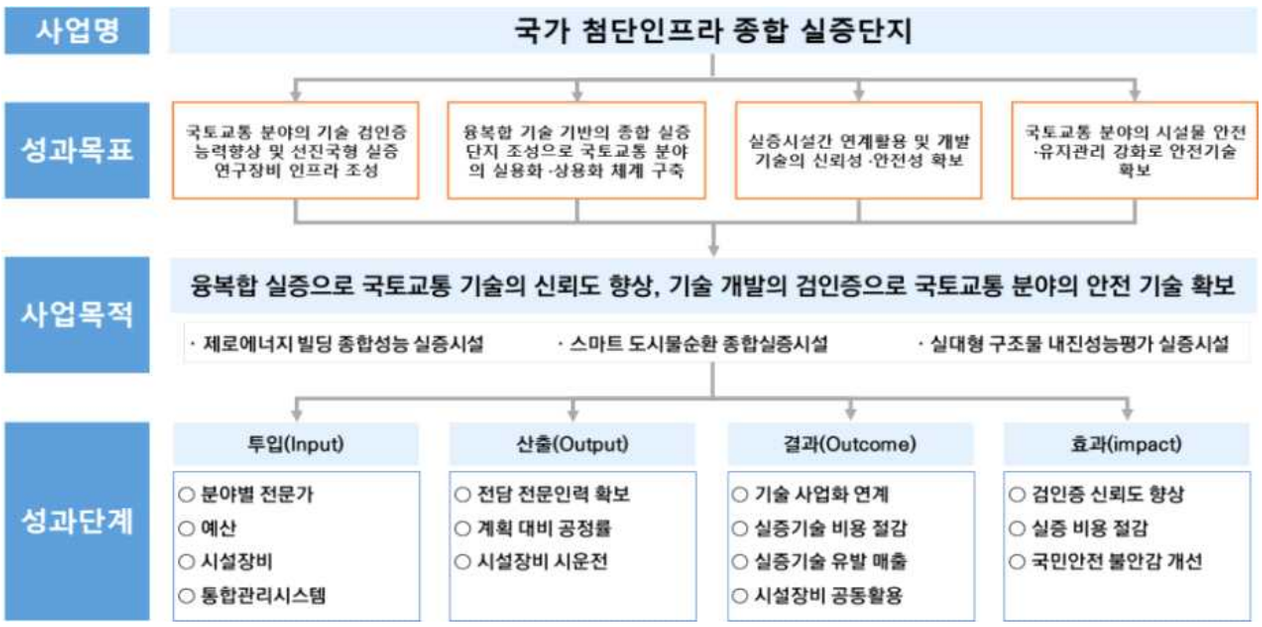
성 격	유 형	개념 및 분류 기준
1. 연구개발	1. 기초연구	· 자연현상에 원리규명, 새로운 현상의 분석 등을 통해 창조적 지식 획득 연구(순수 기초형) · 현재 또는 미래에 광범위한 응용을 목적으로 문제해결의 근본원리 및 창의적 지식창출 연구 (목적 기초형)
	2. 단기사업 기술개발	· 단기간 내(3년 이내) 상용화를 목표로 한 신기술 및 신제품 개발을 위한 응용·개발 연구사업
	3. 중장기 산업 기술개발	· 중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업
	4. 공공기술 개발	· 응용·개발단계 연구개발 사업 중 경제적 성과를 고려하지 않으나, 최종적인 성과가 국민 건강증진, 재난방지 등 국민 삶의 질에 기여하는 형태로 나타나는 사업
	5. 지역연구 개발	· 지역 대학과 연계한 산학연 협력 사업, 지역 클러스터 육성사업, 특정 지역에 특정기술 개발 기반 구축 사업
	6. 국방기술 개발	· 응용·개발단계 연구개발 사업 중 국방력 강화 및 방위산업 발전을 목적으로 하는 사업
2. 연구기반 조성	7. 인력양성	· 대학 및 전문대학 지원사업, 산업 인력양성을 위한 전문 인력양성 사업, 초중등 과정의 과학기술 교육사업 등
	8. 시설·장비 구축	· 대형 연구시설 및 장비 구축 사업 ※ 사업 예산에 단산 시설 증축 및 장비 구입 등이 일부 포함된 경우는 제외
	9. 성과확산	· 사업 목적이 각각 기술 사업화, 표준화, 인증, 성과물 관리/확산, 정책지원 등인 사업
	10. 해외협력	· 해외기관 유치, 다자 및 양자기관 협력 사업 등 ※ 연구방식이 해외와의 공동연구인 경우는 연구개발에 포함

[표 요약-19] 핵심 실증시설별 사업유형 매칭

핵심 실증사업	개 요	유 형
제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설	· 건축물 에너지소비 최소화를 위해 건축물 유형별 실제 환경 조건에서 제로에너지 기술·제품의 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 제로에너지 실증시설	시설 장비 구축 및 성과확산
스마트 도시물순환 종합실증시설	· 도시내 물순환 요소기술의 통합관리시스템을 구축하고 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영·유지관리 등을 실증할 수 있는 실험시설	
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	· 실규모 건축물(SOC 시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설	

1.2 사업 논리모형 설정

■ 종합실증단지 구축 사업의 성과단계 및 구성요소를 포함한 사업 논리모형 제시



[그림 요약-68] 국가 첨단인프라 종합실증단지 논리 모형

요약

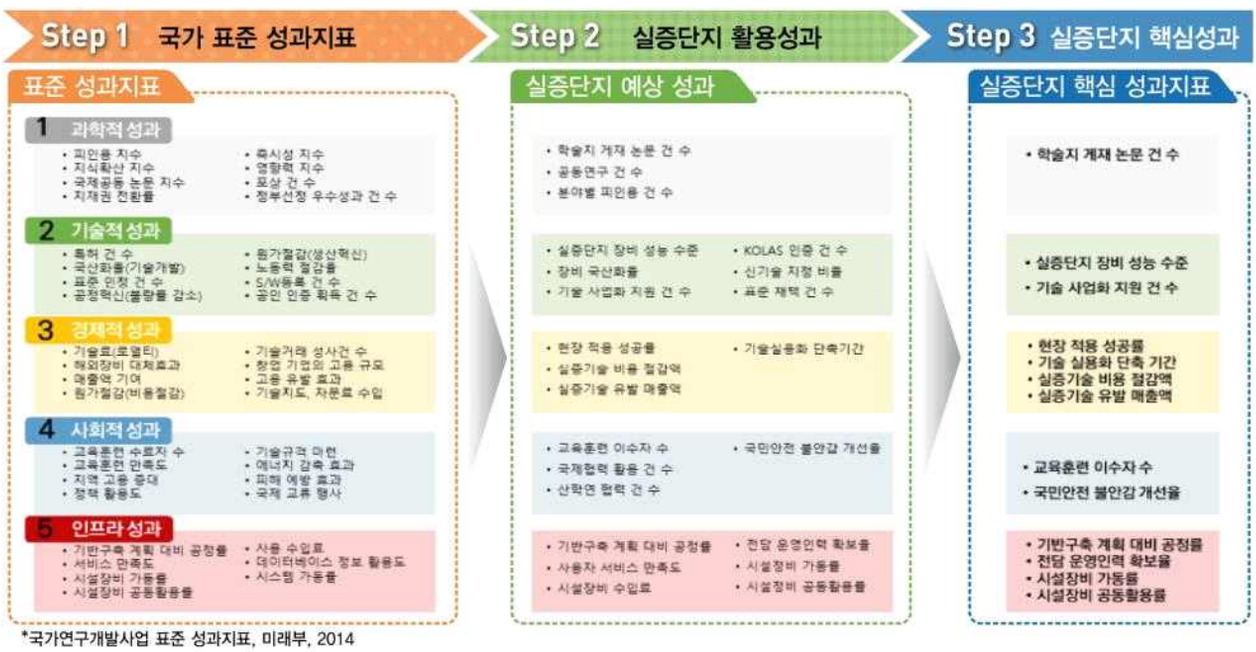
2. 성과목표 및 지표

◪ 종합실증단지 핵심 성과목표 및 지표 도출

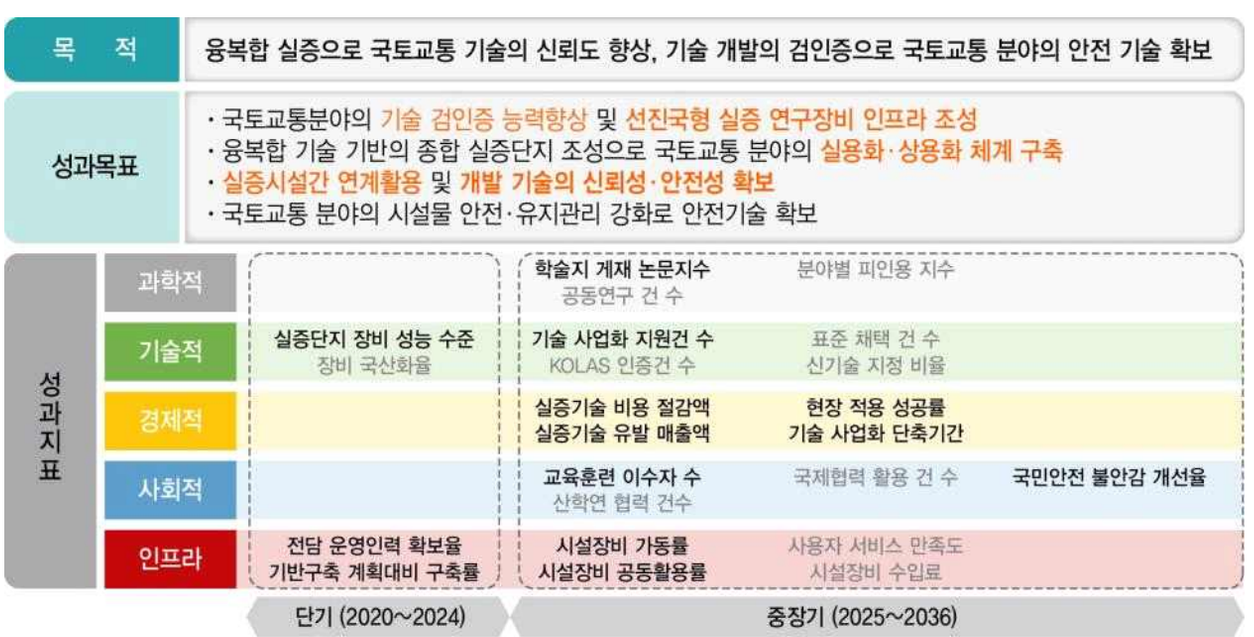
○ 국가연구개발사업 표준 성과지표(미래부, 2014)를 기준으로 실증단지의 예상 활용성과지표를 도출하고 이 중에서 핵심 성과지표를 선정함

– (단기) 핵심 성과지표 : 실증단지 장비 성능 수준, 전담 운영인력 확보율 등 3가지

– (중장기) 핵심 성과지표 : 학술지 게재 논문지수, 기술 사업화 지원건수, 실증기술 비용 절감액, 실증기술 유발 매출액, 현장 적용 성공률, 시설장비 공동활용률 등 10가지



[그림 요약-69] 종합실증단지의 핵심 성과지표 도출



[그림 요약-70] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 목적에 따른 성과지표



성과단계별 성과지표

○ 논리모형을 기반으로 단기(2020~2024, 구축단계) 및 중장기(2025~2036, 운영단계) 기간을 설정하여 단계별 성과목표 및 성과지표를 제시함

[표 요약-20] 종합 실증단지의 성과단계별 성과지표

단계	투입 (Input)	과정 (Process)	산출 (Output)	결과(Outcome)	
				단기성과 (2020~2024, 구축단계)	중장기성과 (2025~2036, 운영단계)
사업논리	· 인적자원 – 관련분야 연구자, 전문가 및 업체 등 사업 참여자 · 물적자원 – 예산 – 시설·공간·부지 – 통합관리시스템 – 연구장비 등 · 지적자원 – 기술, 지식, 정보	· 설계 및 발주 – 표준·신기술 반영 – 실증단지 인허가 · 실증단지 구축 – 건설 사업관리 – 시설장비 도입 – 통합관리시스템	· 시설장비 시운전 · 연구 인프라 구축 – 전담 운영인력 확보 – 연구장비 교육 훈련	· 종합실증단지 조성 운영 전략 수립 – 운영주체, 조직체계 (ISO 9001, 14001, KOSHA 18001 획득) – 활용단계 전략 마련 (공동활용 향상, 기술 사업화 방안 및 사회적 할인율 마련) – 법·제도적 근거 마련 – 전문 인력 교육훈련 · 실증 서비스 조성 – 상위 기술수준의 실증단지 구축 – 국가표준 및 신기술 실증 채택	· 연구 실험·실증 인프라 활용도 제고를 위한 서비스 고도화 – 시험/실증서비스 확대 (검인증 규격, KOLAS 인정 등) – 표준화 등 실증단지 역량강화 – 실험·실증 기술사업화 연계 – 전문인력 교육 연계활용 – 국제협력·공동연구 강화 – 성과관리 체계 마련 – 제도·정책 검증 지원 – 국토교통 대형연구시설 실증 연계 – 유휴 및 저활용 연구장비 활용 연계 – 활용기업의 홍보·사업화 지원
성과목표				· 세계 최고수준의 종합 실증단지 조성 · 안정적 운영체계 마련	· 실증단지 공동활용 강화 · 사용자 기술개발/실용화 제고 · 운영체계 및 서비스 강화 · 국제적 역량 강화
성과지표			· 인프라 성과 – 기반구축 계획 대비 공정률	· 인프라 성과 – 기반구축 계획대비 공정률 – 전담 운영인력 확보율	· 과학적 성과 – 학술지 게재 논문 건 수 · 기술적 성과 – 실증단지 장비 성능 수준 – 기술사업화 지원 건 수 – 기술 사업화 단축기간 · 경제적 성과 – 실증기술 비용 절감액 – 실증기술 유발 매출액 – 현장적용 성공률 · 사회적 성과 – 교육훈련 이수자 수 – 국민안전 불안감 개선율 · 인프라 성과 – 전담 운영인력 확보율 – 기반구축 계획대비 구축률 – 시설장비 가동률 – 시설장비 공동활용률

요약

제 7 절 비용추정 및 재원 조달 방안

1. 총 사업비

■ 총 사업비(부지 미포함)는 2,951.83억 원으로, 구축 후 운영비는 자체 조달하는 것으로 총 사업비에서 제외

○ 기반구축사업으로 3개 실증시설에 총 2,795.32억 원(건축비 1,426.12억 원(48.3%), 장비비 1,369.20억 원(46.4%)) 및 본 사업의 구축관리비(연구개발·사업관리)로 156.51억 원(5.3%)을 투입할 계획임

○ 순수 연구개발이나 SOC 인프라사업 등이 아니며, 공공 R&D 인프라 투자로 총 사업비를 국고 100%로 제시함

– 다만, 사업 시행 단계에서 지자체 매칭 공모가 가능할 경우 부지비용을 현물 대응하는 방안 검토

[표 요약-21] 총 사업비 (단위 : 억원)

구 분			총사업비			
형 태	대항목	소항목	합계	국고	지방비	민자
기반구축	제로에너지 빌딩 종합실증시설	시 설	881.39	1,300	–	–
		장 비	541.46	150	–	–
	스마트 도시물순환 종합실증시설	시 설	292.94	292.94	–	–
		장 비	183.28	183.28	–	–
	실대형 구조물 내진성능 실증시설	시 설	251.79	251.79	–	–
		장 비	644.46	644.46	–	–
	분산형 SOC실증 인프라 조성	시 설	–	–	–	–
		장 비	–	–	–	–
	신기술 및 R&D 테스트베드 부지·환경 제공	시 설	–	–	–	–
		장 비	–	–	–	–
연구개발·사업관리		구축단계 운영비	156.51	156.51		
합 계			2,951.83	2,951.83	–	–

■ 총 비용(명목가치)은 1,763.40억원, 구축 후 운영비는 자체 조달하는 것으로 총 비용에서 제외

○ 본 사업은 시설장비 구축 이후(사업종료) 시설·장비로 인해 편익이 발생하는 기간을 장비의 평균 내용연수 기간(5년)까지로 설정하고, 운영비용 및 시설장비 유지보수비 등은 자체 수익사업으로 조달 가능하여 제외함

– 국토교통 종합실증단지의 3개 실증시설 구축비는 총 2,951.83억 원이며, 이 중 장비구입비를 제외한 순수 시설 구축비는 1,426.12억 원

– 실증시설(건축물)의 활용 종료 이후의 잔존가치는 1,188.43억 원(건축물 내용연수 30년 적용, 25년 치)

[표 요약-22] 총 비용 추정 (부지 미고려) (단위: 억원)

연도		시설구축	장비구축	연구관리비	운영비용	합계(명목)
구축단계	'20	194.83	68.46	23.48		286.76
	'21	471.29	136.92	34.43		642.64
	'22	471.29	410.76	34.43		916.48
	'23	275.13	410.76	34.43		720.32
	'24	13.58	342.30	29.74		385.62
운영단계	'25	–1,188.43			(88.09)	–1,188.43
	'26				(89.46)	
	'27				(90.88)	
	'28				(92.34)	
	'29				(93.84)	
계		237.69	1,369.20	156.51	(454.61)	1,763.40

※ 운영단계 운영비용은 자체 수익사업을 통해 조달 가능하므로 총 비용에서 제외함



2. 사업비 재원조달 방안

2.1 재원조달 방안

- 지원형태
  - (1안) 정부출연 100%(부지 무상, 현금 100%)
  - (2안) 정부출연 100%(현금: 구축비, 연구사업비, 부지: 국공유지 장기 무상임대)
- 재원분담율 : 국고(R&D 예산)
  - 구축단계: 국고 100%(R&D 예산)
  - 운영단계: 자체조달(실증시설을 활용한 R&D 병행 추진 시 자체 수익사업으로 운영 가능)
- 시설운영비 충당방식
  - 운영단계의 인건비, 경상운영비 및 시설장비 유지관리비 등은 자체 수익사업을 통해

2.2 구축사업비 투자계획

연차별 예산 투입계획

- 연구인프라 구축사업의 특성(부지매입비, 설계비의 조기 투입 및 건설공사비의 압축 투입)을 고려하여 5년간 각 연차별 투입계획을 수립
  * “2018년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침”(기재부) 참고
  - (1안: 부지 미포함) '20년(1차년)에 설계비 50.67억원 전액을 포함한 286.76억원 투입
  - (2안: 부지 포함) '20년(1차년도)에 부지매입비 249.74억원 및 설계비 50.67억원 전액을 포함한 467.63억원 투입
  - 2021년~2023년은 건설 부대공사 및 실증시설 건축비를 위주로 투입하고, 2022~2024년은 실험설비·장비 등에 대한 제작 및 구매, 시운전 예산을 반영함
    * 1차년도 : 시설 기본조사 설계 및 실시설계 / 장비 사양 설계
    * 2차년도 : 시설공사 착공 / 주요 장비 상세설계 및 발주
    * 3차년도 : 시설공사 계속 / 장비 제작 및 2차 장비 발주
    * 4차년도 : 시설공사 준공 / 장비 도입 및 2차 장비 제작
    * 4차년도 : 2차 장비 도입 및 시험운영

[표 요약-23] 연차별 예산 투입계획

(부지 미포함, 단위: 억원)

구분		총사업비	연차별 투자계획					비율 (%)
			'20	'21	'22	'23	'24	
계		2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62	
비율(%)		100%	9.7%	21.8%	31.0%	24.4%	13.1%	
재원 구분	국 고	2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	285.62	100%
	지방비	0	0	0	0	0	0	-
	민 자	0	0	0	0	0	0	-

요약

[표 요약-24] 실증시설별 연차별 투자계획(부지 미포함)

(단위: 억원)

구 분			총사업비	연차별 투자계획				
				'20	'21	'22	'23	'24
합 계			2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62
제로에너지 빌딩 종합 실증시설		국 고	1,422.85	147.48	345.42	453.71	332.48	143.76
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
스마트 도시물순환 종합실증시설		국 고	476.22	49.18	115.14	151.79	111.50	48.61
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
실대형 구조물 내진성능 실증시설		국 고	896.25	66.62	147.65	276.55	241.91	163.51
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
분산형 SOC실증 인프라 조성		국 고	-	-	-	-	-	-
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
신기술 및 R&D 테스트베드 부자환경 제공		국 고	-	-	-	-	-	-
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
연구개발·사업관리비		국 고	156.51	23.48	34.43	34.43	34.43	29.74
		지방비						
		민 자						
계	금액	국 고	2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62
		지방비						
		민 자						
	비율	국 고	100.0%	9.7%	21.8%	31.0%	24.4%	13.1%
		지방비						
		민 자						

주1) 대항목의 부문별 사업비 비중(%)은 소수점 한자리까지 반드시 기재

주2) * 공 사 비 : 예산안편성지침의 시설비목에 해당하는 경비로서 건축공사, 토목공사, 조경공사, 설비공사, 전기공사, 통신공사비 등
* 시설부대비 : 공사비 및 용지비를 제외한 설계비, 감리비, 조사비 등 기타 부대비용
* 일반 장비 : NTIS 장비DB에 포함되어 단가분포 정보가 있는 장비
・NTIS장비 DB : 국가연구시설장비 관리 표준지침에 제시된 8개 대분류, 48개 중분류, 209개 소분류로 구분한 자료
* 특수장비 : 일반장비와 달리 고가이거나 국가과학기술종합정보시스템에 등록되어 있지 않은 장비를 의미, 세부 산출 근거 기재
* 기 타 : 연구개발, 연구시설 및 장비구축 이외의 연구관리, 인력양성 등의 부대사업



연차별 인력 투입계획

○ 동 사업에서 구축단계에 투입이 필요한 총 인원은 185명

– 박사급 인력은 65명, 석사급 인력은 80명, 학사급 인력은 40명이 소요되는 것으로 산정됨

[표 요약-25] 본 사업의 구축단계의 연차별 인원투입 계획(학위 기준)

		1단계(구축단계)					합계
		'20	'21	'22	'23	'24	
제로에너지 빌딩 종합 실증시설	박사급(명)	2	5	5	5	4	21
	석사급(명)	3	6	7	7	6	29
	학사급(명)	2	2	4	4	2	14
스마트 도시물순환 종합실증시설	박사급(명)	2	3	5	5	3	18
	석사급(명)	3	4	5	5	5	22
	학사급(명)	1	2	2	2	2	9
실대형 구조물 내진성능 실증시설	박사급(명)	2	3	4	4	3	16
	석사급(명)	3	4	4	4	4	19
	학사급(명)	0	1	2	2	2	7
분산형 SOC실증 인프라 조성	박사급(명)	1	1	1	1	1	5
	석사급(명)	1	1	1	1	1	5
	학사급(명)	1	1	1	1	1	5
신기술 및 R&D 테스트베드 부자환경 제공	박사급(명)	1	1	1	1	1	5
	석사급(명)	1	1	1	1	1	5
	학사급(명)	1	1	1	1	1	5
계	박사급(명)	8	13	16	16	12	65
	석사급(명)	11	16	18	18	17	80
	학사급(명)	5	7	10	10	8	40
합계		24	36	44	44	37	185

요약

2.3 운영비용 추정

■ **종합실증단지 구축 이후 운영기간(5년간) 중 인건비, 경상운영비 및 시설·장비 유지보수 등을 위한 총 비용은 454.60억 원이 소요될 것으로 추정됨**

○ (인건비) 유사 실증단지 및 실험시설 운영기관 등의 사례분석을 통해 적정 인건비 수준 산정

* 국토부에서 구축한 분산공유형 건설연구인프라 1단계 실험시설의 운영단계 소요인력은 0.00235명/m2

– 종합실증단지의 총 건축연면적은 57,320m^2으로, 단위면적당 운영단계 소요인원을 계산하면 총 135명(57,320m^2×0.00235명/m^2)이며, 초기 운영단계 투입인원을 약 50% 수준인 68명으로 고려

○ (경상운영비) '탄소산업 클러스터 조성사업 예비타당성조사 보고서('17.02, 한국과학기술기획평가원)'를 인용*

* 특성이 유사한 공공 연구기관 8곳의 경상운영비 자료를 통해 제시된 연구기관의 1인당 평균 경상운영비 18.97백만원(2014년 기준)를 본 사업의 경상운영비 산정 기준가격으로 활용

– 본 사업의 운영단계 1차년도에 해당하는 2020년도의 1인당 경상운영비 추정은 연평균 증가율(2.24%)을 반영하여 1인당 경상운영비는 연간 19,750천원으로 산정

○ (연구시설·장비 유지보수비)

– 연구시설·장비에 대한 유지보수비는 각 장비의 유형별 내용연수 및 평균 유지보수비 단가를 고려하여 연간 유지보수비를 산정

* NFEC의 국가연구시설장비 표준지침에 따라, 연구장비의 표준분류 및 규모별 유지보수요율을 적용함

* 「내용연수」, 조달청고시 제2016-40호, (2016.12)

* 「연구장비 유지보수비 산정기준」, 국가연구시설장비진흥센터, Manual No.16 (2014.02)

○ 첫해 소요비용은 88.09억원 수준으로, 인건비가 33.99억원(38.6%), 경상운영비가 11.79억원(13.4%), 연구장비 유지보수비가 42.31억원(48.0%)의 비중을 차지함

– 인건비와 경상운영비는 매년 3.0%씩 증가하는 것으로 고려

[표 요약-26] 국토교통 종합실증단지의 운영기간(5년간) 총 운영비용

구 분	운영단계의 연간 소요 운영비(억원)					계
	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	
인건비	33.99	35.01	36.06	37.14	38.26	180.46
경상운영비	11.79	12.14	12.51	12.88	13.27	62.59
시설장비유지보수비	42.31	42.31	42.31	42.31	42.31	211.55
계	88.09	89.46	90.88	92.34	93.84	454.60

2.4 운영비용 재원조달 방안

■ 실증단지 주요 재원조달 방법과 사업별 재원조달 방안

- (재원조달 방법) 수익사업, 신기술 사업화 투자수익, 정부/민간 출연금 및 교육사업, 시설 장비 대여 등 부가수익
- (사업별 재원조달 방안) 검인증사업을 통한 검인증 수수료, 신기술 사업화 사업을 통한 정부 R&D 투자금 및 투자수익, 공동활용을 통한 이용료 수익, 교육/컨설팅 사업 및 부대시설의 이용 수익으로 구분



[그림 요약-71] 종합실증단지의 주요 사업별 재원조달 방안

[표 요약-27] 종합실증단지의 수익구조별 재원조달 방법

구 분	재원조달 방법
수익사업 수행	· 검·인증 사업 수행 · 신기술 사업화 지원 · 공동활용 시설·장비 이용료
신기술 사업화 투자수익	· 현물지원 혹은 자금지원을 통한 지분 획득 후, 지분가치에 따라 발생하는 수익
기타 부가수익	· 교육사업 수익 · 시설·장비 대여 수익 · 부대사업 수익
정부 출연금	· 선도기술 연구를 위한 출연금 · 시설투자 출연금
민간 출연금	· 공동활용설비 도입 등을 위한 투자 · 기타 출연금

요약

제 8 절 경제성 분석

1. 운영단계 사업수익 추정

■ 종합실증단지의 5개 수익모델에 대한 연간 예상수익 규모는 총 91.39억 원으로 추정됨

- (Top-down 방식 추정) 수익모델별 국내 전체 수요를 추정한 후, 종합실증단지(실증시설별)의 점유율을 곱하는 산정하는 방식
  * 수익모델별 국내 전체 수요 추정이 불가능하여 현실적으로 적용이 곤란하여, 시험인증서비스 시장규모가 있는 제로에너지 빌딩 분야만 적용됨
- (Bottom-up 방식 추정) 종합실증단지(실증시설별)에서 각 수익모델별로 제공 가능한 지원 건수 사업 현황 등을 산출하여 연간 수익을 산정하는 방식
  * 검인증 시험서비스를 제외한 나머지 수익모델에 적용되었으며, 주로 기 운영되고 있는 국토교통 대형 실험시설의 운영성과로부터 추정함

[표 요약-28] 수익모델별 연간 예상수익 규모 산정(총괄)

수익모델 구분	추정 분야 및 내용	연간 예상 수익 (백만원)	비고	적용방식
검인증 시험서비스	· 제로에너지 빌딩 분야 국내 시험인증 규모 추정치(연역적 & 귀납적 방법)로부터 종합실증단지의 점유율을 가정하여 추정	2,500	제로에너지 빌딩 분야만 고려	Top-down
표준개발 연구	· 시험표준개발 연구 : 현재 국토부에서 진행되고 있는 시험표준개발 과제를 근거로, 실증단지에서 추진 가능한 표준개발 건수로부터 산정	1,200 (600)	3개 분야 모두 포함 ※( ): 인건비, 간접비로 50% 적용시 금액	bottom-up
	· R&D 및 민간수탁 연구개발 : 국토교통 연구인프라(1단계, 6종) 실험시설에서 수행한 연구개발 과제로부터 추정	4,260 (2,130)		
신기술 사업화 지원	· 연간 신기술 신청건수로부터 종합실증단지에서 가능한 시험시공 점유율을 가정하고 신기술별 최소 부지면적과 부지임대단가를 가정하여 추정함	1,147	건설교통 전분야	bottom-up
	· R&D Test-Bed 부지지원은 국토교통 R&D의 연간 실증비용을 기준으로 실증단지에서의 점유율과 부지 임대비용을 적용하여 추정함	818		
연구시설·장비 공동활용	· 현재 국토교통부 R&D로 진행중인 중소기업 기술시험비용 및 시험컨설팅 지원 과제 적용	800	건설교통 전분야	bottom-up
	· 국토교통 연구인프라(1단계, 6종) 실험시설의 연간 활용실적으로부터 종합실증단지에서 점유 가능한 실험건수와 평균 실험비용으로부터 산정	1,024	2개 분야 (제로에너지 빌딩분야 제외)	bottom-up
교육/홍보 등 부가사업	· 건설기술자 위탁교육으로 현재 국토교통 연구인프라를 활용하여 수행중인 건설기술인 교육 실적으로부터 추정함	120	3개 분야 모두 포함	bottom-up
계		11,869 (9,139)		

2. 편익 추정

편익 추정 개요

- 연구개발부문 예비타당성조사에서는 해당 사업의 사업목표와 부합하면서 사업의 결과로부터 직접적으로 얻어지는 직접적 편익만을 인정
- 편익추정 방법은 시장수요접근법에 기반하여 시장수요 추청을 통한 생산자 중심의 편익 계산
  - 시장수요접근법에서는 해당 연구개발사업의 시행으로 인한 미래 시장규모의 증가분과, 연구개발사업의 기여로 창출될 직접적 편익을 한정시키기 위한 다양한 변수를 고려해 편익산정

편익 = 미래 시장규모×사업기여율×R&D기여율×R&D사업화성공률×부가가치율

* 자료 : KISTEP, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 (제2-1판), 2016

편익 추정의 기본 가정

- 국토교통 종합실증단지의 3개 실증시설구축에 따른 편익유형을 부가가치창출과 비용절감으로 구분



[그림 요약-72] 국토교통종합실증시설 편익 유형 및 편익 항목

- 편익 추정의 기본 가정에서 회임기간과 편익기간을 설정
  - 회임기간 : 실증기간 1년 + 실증성과 회임기간(사업화 소요기간) 1년 = 총 2년을 적용
  - 편익기간 : 2027년~2048년, 실증시설 내 연구 장비의 내용연수, 실증기간1년, 실증기술의 기술수명 등을 고려해서 추정

    * 업종별자산의 기준내용연수 및 내용연수 범위를 기준으로 실증시설·연구장비 내구연한을 5년으로 설정

요약

[표 요약-29] 업종별자산의 기준내용연수 및 내용연수 범위표

기준내용연수 및 내용연수 범위	적용대상자산	
	대분류	중분류
5년 (4년~6년)	건설업	42. 전문직별 공사업
	전문, 과학 및 기술 서비스업	70. 연구개발업
		71. 전문 서비스업
		72. 건축기술, 엔지니어링, 기타 과학기술 서비스업
		73. 기타 전문, 과학기술 및 서비스업

* 출처 : 법인세법 시행규칙 [별표6]

* 건축환경·에너지 기술 관련분야의 인용특허수명 평균 13.74년
* 스마트 물순환·물공급 기술 관련분야의 인용특허수명 평균 13.02년

○ 사회적 할인율, 기준환율, R&D 기여율, 사업기여율, 부가가치율, 사업화 성공률을 고려해서 편익 추정 식에 적용

– 사회적 할인율 : 4.5%, 예비타당성 표준지침상의 사회적 할인율을 동일하게 적용

– 기준환율 : 1,145원/달러, 산업은행이 전망한 하반기 환율전망을 토대로 적용

– R&D 기여율 : 35.4%, 연구개발성과의 상업화를 통해 부가가치가 창출되었을 때 전체 부가가치 중 연구개발에 의한 기여분이 어느 정도인지 나타내는 지표, 국가연구개발부문 예비타당성조사의 R&D 기여율 35.4%를 동일하게 적용

– 사업기여율 : 미래시점 기준의 해당 기술분야 연구개발활동 중 사업이 차지하는 비중만 적용, 본 분석에서는 3가지 방법으로 사업기여율 산출

* (1안) 국내 국토교통분야 연구장비 인프라 투자규모 대비 본 사업의 비중 : 66.3%
* (2안) 전체 연구개발활동 중 실증단계의 비중 활용
* (3안) 2012~2016년 국가연구개발사업 투자 대비 연구시설·장비의 투자 비중 평균 5.2%

– 사업화 성공률 : 32.4%, 국토교통 대형실험시설 활용 기업의 사업화 성공률 32.4% 적용 (건설연구인프라운영원, 국토교통 대형실험시설 공동활용 성과조사 분석 보고서, 2016)

[표 요약-30] 국토교통 대형실험시설 활용기업의 사업화 성공률 현황

구분	실험계약건수 (2009~2015)	현장적용·상용화 건수	사업화 성공률
중소기업	521	206	39.5%
중견/대기업	145	10	6.9%
합계	666	216	32.4%

* 자료 : 건설연구인프라운영원, 국토교통 대형실험시설 공동활용 성과조사 · 분석 보고서, 2016



3. 경제성 분석

3.1 비용 분석

국토교통종합실증시설 1단계 구축 비용 분석 – (1안) 부지 구입비 미포함

- 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용은 총 2,951.8억원
- 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용을 2020년 현재가치로 환산하면 2,695.6억원

[표 요약-31] 소요예산의 2020년 현재가치 (단위 : 억원)

구 분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
제로에너지 빌딩 종합실증시설	147.48	330.55	415.48	291.35	120.55	1,305.40
스마트 도시물순환 종합실증시설	49.18	110.18	139.00	97.71	40.76	436.83
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	66.62	141.29	253.25	211.98	137.11	810.26
연구개발·사업관리비	23.48	32.95	31.53	30.17	24.94	143.07
합 계	286.76	614.97	839.25	631.21	323.37	2,695.55

국토교통종합실증시설 1단계 구축 비용 분석 – (2안) 부지 구입비 포함

- 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용 및 부지 구입비용은 총 3,214.06억원
- 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용 및 부지 구입비용을 2020년 현재가치로 환산하면 2,947.87억원

[표 요약-32] 소요예산의 2020년 현재가치 (단위 : 억원)

구 분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
제로에너지 빌딩 종합실증시설	211.95	331.16	416.06	291.91	121.09	1,372.17
스마트 도시물순환 종합실증시설	135.04	111.00	139.78	98.45	41.48	525.74
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	97.17	141.59	253.52	212.26	137.37	841.91
신기술 및 R&D 테스트베드	–	–	–	65.01	–	65.01
연구개발·사업관리비	23.48	32.95	31.53	30.17	24.94	143.07
합 계	467.63	616.68	840.89	697.80	324.87	2,947.87

국토교통종합실증시설 1단계 구축시설의 운영 비용 분석

- 국토교통종합실증시설 1단계 구축시설의 2025년~2029년 운영 비용은 총 454.6백만원 규모

○ 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 국토교통종합실증시설 1단계 구축시설 2025년~2029년 운영비용을 2020년 현재가치로 환산하면 312.88백만원

[표 요약-33] 국토교통종합실증 1단계 구축시설 운영비용의 2020년 현재가치 (단위 : 억원)

구분	2025	2026	2027	2028	2029	합계
인건비	26.01	25.39	24.79	24.20	23.63	124.02
경상운영비	9.02	8.80	8.60	8.39	8.20	43.01
시설장비유지보수비	32.37	30.69	29.09	27.57	26.13	145.84
합계	67.40	64.88	62.47	60.16	57.96	312.88

■ 국토교통종합실증시설 1단계 구축 사업의 비용 종합

○ 비용항목별 조합에 따른 사업비용의 2020년 현재가치는 다음과 같음

[표 요약-34] 국토교통종합실증 1단계 구축시설 운영비용의 2020년 현재가치 (단위 : 억원)

부지 비용	제외		포함	
잔존가치	포함	제외	포함	제외
운영비 제외	2,695.60	1,978.71	2,947.87	2,230.98
운영비 포함	2,698.73	1,981.84	2,951.00	2,234.11

3.2 본 사업의 B/C ratio

○ 사업화 성공률에 따른 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 편익 분석 결과는 다음과 같음

[표 요약-35] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 편익 분석 (단위 : 억원)

유형	구 분	편익 합계	2020년 현재가치
1안 (65.2%)	제로에너지 빌딩 종합실증시설	6,666.2	3,238.5
	스마트 도시물순환 종합실증시설	649.3	313.5
	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	4,829.3	2,203.6
	합 계	12,144.8	5,755.7
2안 (34.7%)	제로에너지 빌딩 종합실증시설	3,488.9	1,695.0
	스마트 도시물순환 종합실증시설	339.8	164.1
	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	2,527.5	1,153.3
	합 계	6,356.3	3,012.4
3안 (5.2%)	제로에너지 빌딩 종합실증시설	522.8	254.0
	스마트 도시물순환 종합실증시설	50.9	24.6
	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	378.8	172.8
	합 계	952.5	451.4



○ 사업화 성공률에 따른 국토교통종합실증시설 1단계 시설의 운영편익 분석 결과는 다음과 같음

[표 요약-36] 국토교통종합실증시설 1단계 시설 운영수익 (단위 : 억원)

구 분	2025	2026	2027	2028	2029	합계
운영수익 합계	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	457.0
2020년 현재가치	73.3	70.2	67.2	64.3	61.5	336.4

○ 편익항목별 조합에 따른 편익의 2020년 현재가치는 다음과 같음

[표 요약-37] 국토교통종합실증시설 1단계 시설 운영수익 (단위 : 억원)

운영편익 포함여부	제외			포함		
사업기여율	66.30%	34.70%	5.20%	66.30%	34.70%	5.20%
편익 합계	5,755.70	3,012.40	451.4	6,092.1	3,348.8	787.8

○ 비용-편익 산출 시나리오에 따른 국토교통종합실증시설 구축사업의 B/C ratio

[표 요약-38] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 B/C ratio

운영비용/수익 포함 여부		제외			포함		
사업기여율		66.30%	34.70%	5.20%	66.30%	34.70%	5.20%
부지비용 제외	잔존가치 포함	2.14	1.12	0.17	2.26	1.24	0.29
	잔존가치 제외	2.91	1.52	0.23	3.07	1.69	0.40
부지비용 포함	잔존가치 포함	1.95	1.02	0.15	2.06	1.13	0.27
	잔존가치 제외	2.58	1.35	0.20	2.73	1.50	0.35

요약

제 9 절 기대효과 및 파급효과

1. 기대효과

■ 종합실증단지 기대효과(총괄)

- '기술–정책–시장' 연계 선순환형 종합실증단지 구축을 통한 R&D·신기술의 실용화 및 사업화 향상에 기여
- 신기술·R&D 실증 부지·환경 지원을 통한 사업화 기간 단축 및 개발기술의 안전성 및 신뢰성 향상에 기여
- 국토교통 기술·산업의 경쟁력 강화를 통해 기술혁신, 산업 육성과 양질의 고부가가치 일자리 창출에 기여
- R&D 연구장비 집적화를 통한 관리 효율화 및 공동활용 활성화로 연구개발 투자의 효율성과 생산성 극대화
- 국토교통 R&D 기술 검증 등 국내외 민간시장에 100% 개방하여 공유활용의 경제적 혜택 제공
- 국가 공공시설물의 성능 및 효율적 관리 기술개발로 국민의 불안감·불편 저감 등 대국민 생활안전 서비스 제공
- 「종합실증단지」을 거점으로 지역 클러스터가 형성되어 지역의 연구능력 및 기술력 향상과 균형적 발전 기대
- 세계적 수준의 연구인프라 구축으로 국토교통 기술의 해외 의존형에서 국내 창조형으로 기술개발 패러다임 전환 및 국가 기술경쟁력 강화와 미래 선도형 신산업 기술 확보 가능
- 국제협력연구를 통해 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업의 해외 건설시장 진출 확대 기여

■ 제로에너지 빌딩 종합실증시설

- 실증인프라를 매개로 한 견인형 기술개발로 최고기술보유국과의 기술격차 단축
  * 국토교통 기술수준 68.7%(2015년) → 95%로 목표 설정(2025년)
- 건축환경·에너지 분야의 핵심기술 자체 개발로 선진국에서의 기술도입 감소 및 개발기술의 해외유출 방지
- 제로에너지 빌딩 분야 시험·인증 기술의 체계적 개발을 통한 국제적 기술선도에 기여

■ 스마트 도시물순환 종합실증시설

- 스마트워터인프라를 통한 물순환 건전화 실현에 기여
  – 물순환 건전화(5mm, 80‰)/ 홍수관리(50년 빈도, 90‰)/ 저탄소 및 도시 미기후 저감(2℃) 등
- 스마트워터그리드를 통한 물생산·물분배 통합관리기술 확보
  – 다수원 활용 물 자립율을 기존도시 대비 30% 이상 향상 / 물 누수율 50% 저감 및 에너지 사용량 10% 저감
  – 스마트워터그리드 장비 및 S/W 기술 국산화

■ 실대형 구조물 내진성능 실증시설

- 세계적 수준의 대형 실구조물 내진실험의 자체 기술력 확보로 시설물의 내진 안전성 확보에 기여
  – SOC 및 공공시설물(노후구조물, 저층, 학교, 수·화력, 원자력, 태양광, 풍력 등), 건축물 등의 내진안전성 강화
- 내진설계기준 개선 및 관련 제도 정비를 통한 재난대응 역량 강화
  – 사회기반시설의 내진설계·시공·재료 등 핵심기술 확보로 국가 기술경쟁력 제고 및 국민의 불안감 해소



2. 파급효과

제로에너지 빌딩 종합실증시설

- 국가 온실가스 감축 및 에너지 소비 절감 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 국가 온실가스 감축량 : 67만TCO2eq
  - 국가 에너지 절감량 : 18만TOE
    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) – '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 관련 산업 생산유발효과 및 고용창출효과 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 관련 산업 생산유발 효과 : 現. 8조원 → 15조원(2030년)
  - 관련 산업 고용 효과 : 現. 2.7만명 → 5만명(2030년)
    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) – '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 국가 제로에너지건물 보급·활성 정책 실현 및 건물에너지·신재생에너지 분야 기술·제품의 성능·품질의 신뢰성 향상기반 조성
- 건물에너지 및 신재생에너지 분야 국내 신산업창출 및 시장 활성화
- 건물에너지의 성능을 종합적으로 평가할 수 있어 선진국의 건설공사기준을 무분별하게 차용하는 것이 아니라 국내 실정에 맞는 '한국형 제로에너지건물 분야의 성능기준' 개발 및 보급 확산
- 국내기업의 기술·제품의 품질 경쟁력 강화 및 해외수출 지원을 위한 실증평가를 통한 개도국·선진국 시장개척 지원 및 高 기술력 확대

스마트 도시물순환 종합실증시설

- 물생산 및 분배 통합관리기술 확보를 통한 물 자립율 향상 및 누수저감
  - 다중수원 활용을 통한 물 자립율 제고(물 자립율 기존도시 대비 30% 이상 향상, 평상시 공급수량의 30% 수준의 비상용수를 2주간 확보 등)
  - 지능형 물공급 기술을 통한 누수저감(기존대비 누수율 50% 저감) 및 에너지 사용량 절감 (기존대비 물 공급 펌프 에너지 10% 절감)
  - AMI 네트워크 시스템, AMI 보안기술 설계자료 및 소프트웨어, SWG 모델링/시뮬레이터 기술 국산화
- 기존도시 수자원 관리 인프라 개보수 및 지능화 시장 진출
  - GWI에 의하면 스마트 물공급 인프라(Smart Water Network) 시장은 2018년 70억 달러까지 성장할 것으로 전망되며, 2025년에는 120억 달러까지 증가할 것으로 전망
  - 따라서 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 5.9억달러의 신규시장 창출이 가능
- 스마트시티 시장 확대와 함께 창출되는 스마트 도시물관리 신규시장 진출
  - Navigant Research에 의하면 스마트시티 시장은 2016년 368억 달러이었으며, 2025년에는 887억 달러까지 증가하며, 이 중 스마트 도시 물관리의 비중은 10~15%임
  - 따라서 2025년까지 기술을 확보하여 시장을 진출하여, 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 45억달러의 신규시장 창출이 가능

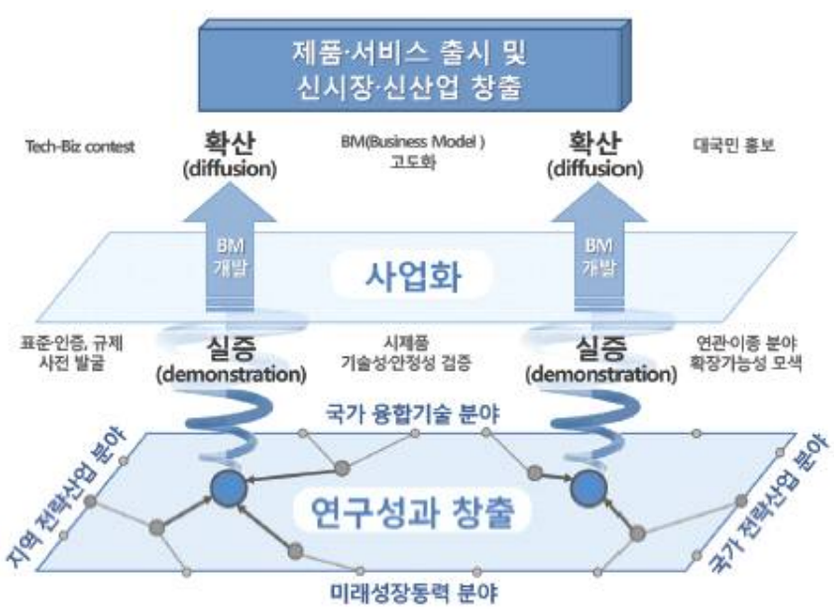
요약

실대형 구조물 내진성능 실증시설

- 내진관련 기술의 신뢰성 확보로 시설물의 지진 안전성 향상
- 공공시설 및 건축물 등에 대한 내진성능 확보로 지진에 따른 국민의 인명피해 예방 및 사회·경제적 비용 절감
  - 서울 규모 7.0 지진 발생시 건축물 피해 추정액은 427조원, 부산은 160조원, 간접손실 피해 추정액은 서울이 536조원으로 예상
  - 향후 국내 노후시설물이 급증할 것으로 예상됨에 따라 지진에 취약한 구조물의 보수보강 기술의 선제적 확보를 통해 안전성 확보는 물론 내진보강에 따른 사회적 비용 절감
- 구조·비구조요소에 대한 내진설계기준 개선 및 관련 제도 정비를 통한 지진재해대응 역량 확보
  - 내진안전성 확보가 부족한 노후, 저층, 학교 구조물 등의 내진성능 강화

신기술 및 R&D 테스트베드 부자현장 제공 / 분산형 SOC시설 실증인프라 제공

- 신기술·R&D의 실증과정을 통해 개발기술의 성공가능성 증대로 사업화를 촉진하고 신산업 창출에 기여
  - 개발기술의 안정성·내구성을 실증환경 기반으로 검증하여 기술적·사업화·불확실성 감소
  - 개발기술의 표준·인증 및 정책·제도개선 등 기술·사회 변화에 선제적으로 대응함에 따라 상용화 리스크 감소
  - 실증과정에서의 새로운 핵심기술 발굴로 신시장 및 타 산업과의 융합을 통한 신부가가치 창출
- R&D·신기술 집적화 및 실증 T/B의 연구 재활용으로 인해 정부 R&D 투자 비용 절감
- R&D·신기술 집적화로 인한 정부의 R&D투자 효율성 확보 및 연구인프라 공동활용 활성화
- 폐(철거) SOC 시설물을 기술개발에 재활용함으로써 안전진단, 보수보강 기술에 대한 정량적 평가는 물론 기술개발 실증에 소요되는 예산 절감 가능
- 연구자들에게 다양한 연구용 Test-bed를 제공함으로 산학연관 기술적 협업을 통한 시너지 창출



[그림 요약-73] 실증을 통한 연구성과 사업화 확산

Summary

☐ Purpose

○ Planning a comprehensive test foundation based on convergence to support rapid commercialization of public technology
- Promoting commercialization of technology by building environment for infrastructure & transport R&D and new technologies
- Responding actively to creating new industries and settling future social issues based on infrastructure & transport technology
- Enhancing quality of life through comprehensive demonstrations, urban architecture, SOC(Construction etc.) safety, urban water cycle and other, that are closely related to living of people
- Creating social and economic benefits by promoting commercialization of convergence based on infrastructure and environment, and responding technologies to the fourth industrial revolution

☐ Definition

○ Establishing national integrated test complex of advanced convergence technologies in Infrastructure and transport based on real-environment for overall performance verification on infrastructure and transport R&D technology

☐ Main contents

○ [Key Project 1] Establishing urban and living infrastructure testing facilities
- Zero-energy building total testing facility
- Smart urban-water cycle total testing facility

○ [Key Project 2] Establishing testing facilities dealing with SOC safety
- Seismic performance evaluation testing facility at full scale
- Dispersed supporting infrastructure demonstrating SOC

○ [Key Project 3] Creating field-based test environment and site
- Mock-up test-bed environment · site creation for Infrastructure and transport R&D technology and new technology testing environment and site based on field

CONTENTS

Chapter 1. Overview

(1) Definition and purpose 3

1. General concept 3
2. Research Infrastructure concept 4
3. Definition 6
4. Purpose 7

(2) Background and necessity 9

1. Characteristics of the infrastructure and transportation industry 9
2. Characteristics of the infrastructure and transportation industry technology & R&D 11
3. Outcome of the infrastructure and transportation R&D 14
4. Strengthening the certification system based on pilot infrastructure 17
5. Responding to the needs of future technology on infrastructure 18
6. Supporting cooperation and enhancing efficiency through integration of infrastructure 22

(3) Necessity of government aid 26

1. Strengthening the industry on public technology 26
2. Compatibility of government policy and R&D plan 27
3. Basis of promotion 28

(4) System of planning and progress 30

1. Promotion system of planning 30
2. Process of planning 32
3. Progress of planning 35

Chapter 2. Domestic and Foreign Environment of Infrastructure and Transportation and Analyzing Capability

(1) Overview 39

(2) Analyzing future issue : MEGA trend 40

1. Analyzing Global MEGA trend (STEEP) 40
2. Infrastructure and transportation R&D response according to the change of trend 47

(3) Foreign and Domestic policy trends 49

1. Foreign policy trends 49
2. Domestic policy trends 65
3. Law and system regarding infrastructure & new technology 77

(4) Analyzing market & investment trend 85

1. Analyzing market trend of infrastructure and transportation industry 85
2. Analyzing investment trend of infrastructure and transportation R&D 93
3. Investment trend of infrastructure 99
4. Conclusion 102

CONTENTS

(6) Establishing foreign and domestic infrastructure and analyzing trends 103
1. Current state of foreign and domestic infrastructure 103
2. Analyzing foreign and domestic infrastructure 123

(7) Analyzing capability of infrastructure and transportation commercialization 141
1. Environment of technology certification and commercialization 141
2. Current state of technology commercialization 146
3. Conclusion 154

(8) Analyzing implications 155
1. Implications 155
2. Analyzing SWOT 157

Chapter 3. Setting direction and strategy

(1) Basic direction 163
1. Process of setting basic direction 163
2. Basic direction 170

(2) Deducting mainly promoted fields and facilities 171
1. Progress direction 171
2. Setting of promotion fields 172
3. Deduction of unit project 184
4. Deduction of core facilities 188

(3) Vision and goal 196
1. Definition 196
2. Vision and goal 197

(4) Promotion system and strategy 198
1. Promoting system 198
2. Promoting strategy 199

Chapter 4. Detailed plan on testing facilities

(1) Overview on establishment 207
1. Progress direction of key area testing facilities 207
2. Components of key area and testing facilities 207
3. Goal and contents of detailed project 208

(2) Integrated testing facilities of zero-energy buildings 209
1. Overview 209

CONTENTS

2. Examining foreign and domestic technology and market trend 217
3. Details of testing facilities 242
4. Necessary budget 265
5. Construction plan 270
6. Expected effect 273

(3) Integrated testing facilities of smart urban water cycle 275

1. Overview 275
2. Examining foreign and domestic technology and market trend 291
3. Details of testing facilities 313
4. Necessary budget 332
5. Construction plan 341
6. Expected effect 343

(4) Testing facility of seismic performance evaluation in actual size 345

1. Overview 345
2. Examining foreign and domestic technology and market trend 359
3. Details of testing facilities 396
4. Necessary budget 411
5. Construction plan 418
6. Expected effect 420

(5) Integrated testing centers of safety and maintenance on decrepit structures 422

1. Overview 422
2. Examining foreign and domestic technology and market trend 427
3. Details of testing facilities 448
4. Expected effect 453

(6) Providing R&D test-beds and test construction of new technology 454

1. Overview 454
2. Details of testing facilities 470
3. Necessary budget 472
4. Expected effect 478

Chapter 5. Operation and application strategy

(1) Overview 481

(2) Analyzing foreign and domestic cases 483

1. Process of analyzing 483
2. Analyzing domestic cases 484
3. Analyzing foreign cases 494
4. Analyzing law and system related to infrastructure 505

CONTENTS

5. Examining and analyzing suitable sites 508
6. Implications 509

(3) Roles and functions of integrated test-bed 513

1. Main function and role 513
2. Plan of facilities operation 517

(4) Management plan and model 520

1. Operation strategy 520
2. Model 521
3. Operator 528
4. Operating organization 529
5. Operating human resources 532

(5) Setting performance goal and index 540

1. Business logic model 524
2. Performance goal and index 541

Chapter 6. Method of estimating cost and supplying funds

(1) Construction phase 551

1. Estimating cost of facility construction 551
2. Estimating cost of equipment deployment 565
3. Estimating cost of research and management cost at construction phase 571
4. Method of supplying funds and annual investment plan 574

(2) Operational phase 580

1. Estimating cost of operation 580
2. Method of supplying funds 589

(3) Total budget and expenses 595

1. Total budget 595
2. Total expenses 596

Chapter 7. Economic analysis

(1) Estimating demands (Operational phase) 599

1. Estimating profit from approval testing service 599
2. Estimating profit from standard development research 609
3. Estimating profit from projects supporting new technology development 612
4. Estimating profit from shared-use of facilities and equipment 613
5. Estimating profit from additional business 614
6. Overall revenue from operation 615

CONTENTS

(3) Analyzing benefits 616

1. Overview 616
2. Basic assumption of benefits 616
3. Examining benefits of each facility 618
4. Conclusion 626

(3) Result on economic analysis 630

1. Anaylsis on expenses 630
2. B/C ratio of establishing testing facilities 633

(4) Economic ripple effect 635

1. Ripple effect from interindustry analysis 635
2. Conclusion 637

Chapter 8. Expected effect and ripple effect

(1) Expected effect 643

(2) Ripple effect 645

CONTENTS

제1장 사업개요

제1절 사업의 정의 및 목적 3

1. 일반적 개념 3
2. 연구인프라의 개념 4
3. 사업의 정의 6
4. 사업의 목적 7

제2절 배경 및 필요성 9

1. 국토교통 산업의 특성 9
2. 국토교통 기술 및 R&D 특성 11
3. 국토교통 R&D 성과 14
4. 실증 인프라기반의 검·인증 체계 강화 17
5. 미래기술 대응 실증인프라 니즈 대응 18
6. 실증 인프라의 집적화를 통한 공동활용 지원 및 관리 효율성 제고 22

제3절 국고 지원의 당위성 26

1. 공공기술에 대한 산업생태계 강화 26
2. 정부 정책 및 R&D 계획과의 부합성 27
3. 추진 근거 28

제4절 사업기획 체계 및 추진경과 30

1. 사업기획 추진체계 30
2. 사업기획 추진 과정 32
3. 사업기획 추진 경과 35

제2장 국토교통 R&D 대내·외 환경 및 역량분석

제1절 개 요 39

제2절 미래이슈 메가트렌드 분석 40

1. 글로벌 메가트렌드(STEEP) 분석 40
2. 트렌드 변화에 따른 국토교통 R&D 대응방향 47

제3절 국내·외 정책 동향 49

1. 국외 정책 동향 49
2. 국내 정책 동향 65
3. 연구인프라 및 신기술 관련 법·제도 77

제4절 국토교통분야 시장 및 투자동향 분석 85

1. 국토교통분야 시장동향 분석 85
2. 국토교통 R&D 투자동향 분석 93
3. 연구인프라 투자동향 99
4. 소 결 102

CONTENTS

제6절 국내·외 연구인프라 구축 및 현황 분석 103
1. 국내·외 연구인프라 현황 103
2. 국내외 연구인프라 분석 123

제7절 국토교통 분야 실용화 역량 분석 141
1. 기술·제품 검인증 및 실용화 환경 141
2. 국토교통기술 실용화 현황 146
3. 소 결 154

제8절 시사점 분석 155
1. 시사점 155
2. SWOT 분석 157

제3장 사업 기본방향 및 중점전략 설정

제1절 사업의 기본방향 163
1. 사업 기본방향 설정 과정 163
2. 사업 기본방향 170

제2절 중점추진분야 및 핵심실증시설 도출 171
1. 추진방향 171
2. 중점추진분야 설정 172
3. 세부과제 도출 184
4. 핵심 실증시설 도출 188

제3절 비전 및 목표 196
1. 정의 196
2. 비전 및 목표 197

제4절 사업 추진 체계 및 전략 198
1. 사업 추진 체계 198
2. 사업 추진 전략 199

제4장 실험시설 상세계획

제1절 실증시설 구축 개요 207
1. 중점분야 실증시설 추진 방향 207
2. 중점분야 및 실증시설 구성 207
3. 세부과제 추진 목표 및 내용 208

제2절 제로에너지 빌딩 종합실증시설 209
1. 개 요 209

CONTENTS

2. 국내외 기술 및 시장동향 조사 217
3. 실증시설 상세 내용 242
4. 소요 예산 265
5. 구축계획 270
6. 기대효과 273

제3절 스마트 도시물순환 종합실증시설 275

1. 개 요 275
2. 국내외 기술개발 및 시장동향 분석 291
3. 실증시설 상세 내용 313
4. 소요 예산 332
5. 구축계획 341
6. 기대효과 343

제4절 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설 345

1. 개 요 345
2. 국내외 기술 및 시장동향 조사 359
3. 실증시설 상세 내용 396
4. 소요 예산 411
5. 구축계획 418
6. 기대효과 420

제5절 노후시설물 안전 · 유지관리 종합실증센터 422

1. 개 요 422
2. 국내외 기술 및 시장동향 조사 427
3. 실증시설 상세 내용 448
4. 기대효과 453

제6절 신기술 시험시공 및 R&D 테스트베드 현장 제공 454

1. 개 요 454
2. 추진 전략 및 내용 470
3. 소요 예산 472
4. 기대효과 478

제5장 운영 및 활용전략

제1절 개 요 481

제2절 국내외 사례분석 483

1. 사례분석 절차 483
2. 국내 사례분석 484
3. 국외 사례분석 494
4. 연구인프라 관련 법·제도 분석 505

CONTENTS

5. 부지 확보를 위한 후보지 조사 및 분석 508
6. 시사점 509

제3절 종합실증단지 기능 및 역할 513
1. 주요 기능 및 역할 513
2. 실증시설 활용 계획 517

제4절 운영 방안 및 사업모델 520
1. 운영전략 520
2. 사업모델 521
3. 운영주체 528
4. 운영조직 529
5. 인력운영 532

제5절 성과목표 및 지표 설정 540
1. 사업의 논리모형 524
2. 성과목표 및 지표 541

제6장 비용추정 및 재원 조달 방안

제1절 구축단계 551
1. 시설구축비 산정 551
2. 연구장비 구축비 산정 565
3. 구축단계 연구비·관리비 산정 571
4. 재원조달 방안 및 연차별 투자계획 574

제2절 운영단계 580
1. 운영비용 추정 580
2. 재원조달 방안 589

제3절 총 사업비 및 총 비용 595
1. 총 사업비 595
2. 총 비용 596

제7장 경제성 분석

제1절 수요 추정 (운영단계) 599
1. 검인증 시험서비스 사업 수익 추정 599
2. 표준개발 연구사업 수익추정 609
3. 신기술 사업화 지원사업 수익추정 612
4. 연구시설·장비 공동활용 사업 수익추정 613
5. 교육·홍보 등 부가사업 수익추정 614
6. 운영수익 총괄 615

CONTENTS

제2절 편익 추정 616
1. 편익 추정 개요 616
2. 편익 추정의 기본 가정 616
3. 실증시설별 편익 분석 618
4. 실증시설별 편익 분석 결과 626

제3절 경제성 분석 결과 630
1. 비용 분석 630
2. 국토교통종합실증시설 구축사업의 B/C ratio 633

제4절 종합실증 클러스터 구축사업의 경제적 파급효과 635
1. 산업연관분석을 통한 경제적 파급효과 635
2. 경제적 파급효과 분석 결과 637

제8장 기대효과 및 파급효과

제1절 기대효과 643

제2절 파급효과 645

제 1 장

사업개요





제1장 사업개요

제 1 절 사업의 정의 및 목적

1. 일반적 개념

■ **국토교통 기술·산업은 공공기술의 성격이 강한 기술로 불확실한 자연적·인위적 환경에서 국민의 생명을 보호하고, 더불어 쾌적하고 안전한 공간 창출로 국민의 삶의 질 향상을 위한 전통적인 국민복지 산업임**

○ 국토교통과학기술 육성법(2015.3.17.)에서 「국토교통과학기술」이란 미래 성장동력 창출 및 국민의 삶의 질 향상을 위하여 필요한 국토교통과학기술로 정의함

○ 국민의 생명과 재산을 확실하게 보호하는 안전중심의 사회적 패러다임 변화에 선제적으로 대응하기 위한 국토교통과학기술 육성을 추구함

– 삶의 질에 대한 만족을 중시하는 사회적 니즈가 확대되고 있지만, 2012년 행복지수(Quality of life, IMD) 평가 결과 우리나라는 59개국 중 22위로 중위권에 위치함

– 매년 자연재해로 인한 인적·물적 피해가 발생되고 있으며, SOC 복구비용(2000~2009년)은 피해액의 약 2.2배 수준으로 선제적 예방이 중요함 (국토교통 R&D 중장기 전략, 국토부, 2014.07)

■ **첨단융합형 종합실증단지 구축을 통한 국토교통 R&D·신기술의 실용화·사업화 성공률을 높이고, 나아가 연구인프라 기반의 "기술–정책–시장" 기술실용화 생태계 조성함으로써 국가 기술경쟁력 제고 및 고부가가치 신산업에 대한 기술을 선점함**

○ 대내·외 환경변화에 적극 대응하고, 미래 신산업 및 기술개발 과정의 Risk를 최소화하여 국토교통과학기술의 新성장동력을 마련할 수 있는 새로운 인큐베이터를 제공함

– 4차 산업혁명시대를 맞이하여 세계 최고 수준인 국내 ICT 기술과 융합한 국토교통산업 패러다임 변화를 견인할 수 있는 연구인프라 구축으로 미래 新성장동력을 확보함

○ 국토교통 개발기술을 사회 전반에서 공감하고, 신뢰할 수 있는 연구인프라 기반의 검·인증 체계를 구축하여 실용화사업화 지원체계를 마련함

– 국토교통과학기술이 중대형 융합연구(지능화, 거대화)로 패러다임이 변화하면서 융복합·시스템기술 R&D 성과의 신뢰성 검증을 지원할 수 있는 연구인프라 기반 조성이 필요함

○ 국토교통 융합기술의 실용화 역량 및 고부가가치 기술 경쟁력 확보 등 기술·환경 변화에 효율적으로 대응하기 위하여 기존 연구인프라와 차별화된 국토교통기술 Total Solution 기반의 연구인프라 구축이 필요함

– ICT 융복합을 통한 Global 기술경쟁력 확보로 해외 건설시장 진출을 촉진하고, 국토교통 R&D 기술에 대한 실증 및 정부의 신산업 육성 전략 등을 체계적으로 지원하기 위한 실증인프라를 구축함

– 국토교통 R&D의 실용화 제고 및 민간이 개발한 기술이 빠르게 시장에 적용될 수 있도록 연구인프라 기반의 "기술–정책–시장" 기술실용화 생태계를 조성함

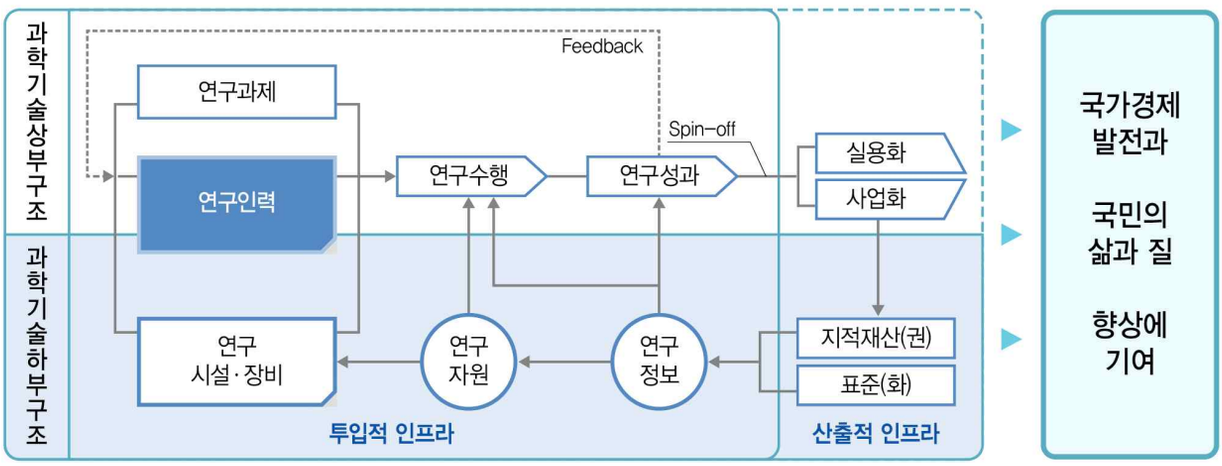
2. 연구인프라의 개념

■ **연구시설·장비는 과학기술 활동을 지지(支持)하는 자원 및 연구개발 수행 주체인 연구자와 기반 요소가 지속적으로 능력을 발휘할 수 있도록 지원하는 제반 지원체계를 총칭하는 과학기술 하부구조임**

- 과학기술인프라는 투입적 인프라(연구시설·장비, 연구자원, 연구정보)와 산출적 인프라(지식재산(권)[1], 표준(화)[2])로 나눌 수 있으며, 이중 연구자원과 연구정보를 모두 포용하는 연구시설·장비는 과학기술 인프라의 핵심요소임
- 투입적 인프라는 해당 국가연구개발사업이 종료되면 그 투입 목적을 상실하게 되므로 사업종료시점까지 해당되며, 산출적 인프라는 사업이 종료된 후 성과활용기간[3]까지 관리하는 특징을 가짐

과학기술 활동의 기본구조

과학기술 활동의 구조는 기본적으로 '과학기술 상부구조'와 '과학기술 하부구조'로 구분할 수 있음



[그림 1-1] 과학기술 활동의 기본구조

〈출처〉 연구시설장비의 정의 및 범위(NFEC, '15.05)

■ **대형연구시설은 과학기술 분야에서 뛰어난 성능을 갖추고 첨단연구 분야에 활용됨으로써 해당 분야에서 중요한 영향력을 발휘할 수 있는 대규모 연구시설(Large-scale Research Facilities)을 의미함**

- 대형연구시설은 과학기술 하부구조를 지탱하는 창조적인 과학기술의 창출기반이며, R&D투자 효율성을 제고할 수 있고 산학연 협력과 국내외 공동연구의 핵심가치를 창출할 수 있는 핵심요소임
  - 대형연구시설은 과학적 진보, 융복합·다학제적 연구, 네트워크 확장, 사회적 가치 창출, 인적자본 창출 등을 통한 국가 과학기술 역량 강화 및 기술 경쟁력 제고 등에 크게 기여함

1) 새로운 발명·고안에 대하여 그 창작자에게 일정기간 동안 독점배타적인 권리를 부여하는 대신, 이를 일반에게 공개하여야 하며 일정 존속기간이 지나면 누구나 이용·실시하도록 함으로써 기술진보와 산업발전을 추구함
2) 일반적이고 반복적인 사용을 위하여 합의에 의하여 제정되고, 인정된 기관에서 승인된 것으로서, 주어진 여건에서 최적의 질서를 확립하기 위한 활동(또는 그 결과)을 위한 규칙, 가이드 또는 특성을 제공하는 공공기준임
3) 성과활용기간이란 최종평가 후 일정 기간 동안 완료과제의 수행결과 활용현황, 파급효과 등에 대한 조사·분석 및 평가를 실시하는 기간을 말함



– 연구개발(R&D)[4]의 투자 효율성과 생산성을 극대화하기 위해서는 R&D 수행의 핵심 3대요소인 연구과제 및 연구이력의 확대뿐만 아니라, 연구시설·장비에 대한 체계적인 확충과 활용성 제고가 필요함

– 연구시설 · 장비의 특성상 과제가 종료되거나 전문인력의 부재 등의 이유로 인하여 구축 당시의 계획과는 다르게 저활용 · 유휴 상태로 방치되는 경우가 적지 않으며, 이는 국가R&D예산의 효율적인 사용과 직결되는 문제임

– 이에 국가 연구시설 · 장비를 효율적으로 구축하고 체계적으로 관리함으로써, R&D예산의 투자 효율성 확보 및 연구시설 · 장비의 활용 극대화 노력이 요구됨

○ 우리나라는 기초과학 및 산업기술 중 막대한 자본 및 인력 투입이 필요하고 대형연구시설을 요구하는 과학기술 분야에 대해 12개 거대과학기술 분야로 분류함

* (거대과학기술 분야)우주, 천문, 기상, 해양, 극지, 생명, 원자력, 핵융합, 가속기, IT, 기계, 건설교통으로 분류
* (건설교통분야) 신기술의 검·인증, 시설물 안전성 평가, 표준 제·개정을 지원하기 위한 연구시설
* 미국 NSF(1997)은 노벨상 수상 81%, 진보적 연구결과 63%가 연구시설·장비를 통한 성과 제시

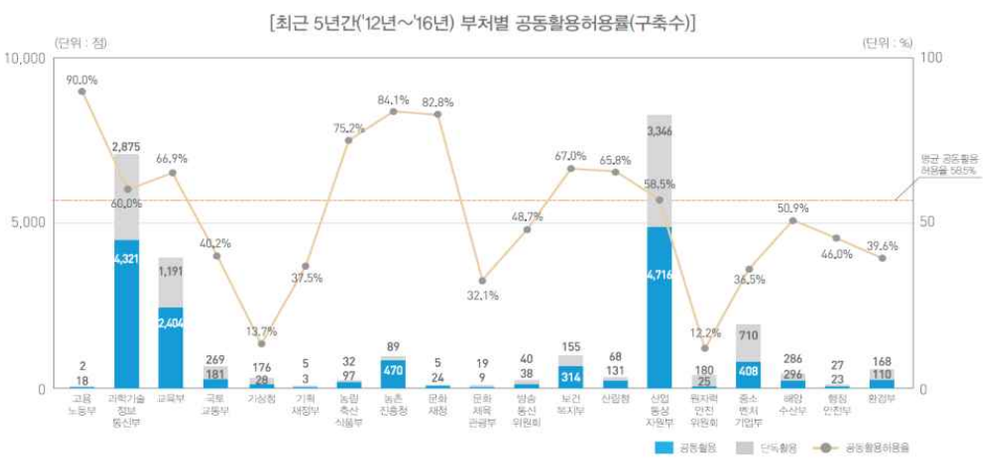
■ 투입적 인프라(연구시설·장비)는 국가의 막대한 예산이 투입됨에 따라 해당 연구개발 사업 종료 이후에도 체계적인 관리를 통해 중복투자 방지, 공동활용 촉진 및 지속적 유지관리 등 국가예산의 효율적 투자에 대한 필요성이 지속적으로 제기됨

○ 국토교통 R&D 중장기 전략(국토부, 2014)에서는 연구성과 활용 촉진 방안으로 연구성과의 검증이 객관성을 확보할 수 있도록 국제적 수준의 연구인프라를 적기 구축·운영을 강조함

○ 최근 10년간 국토교통 R&D 사업은 대형화, 복잡화 되면서 실규모 실증이 필요한 사업단, 연구단 사업의 증가로 개발기술의 사업화 실적은 확대되고 있지만, 연구인프라의 공동활용율은 32.8%로 최하위 수준임

– 국토교통 R&D성과로 다양한 T/B가 구축되므로 정부예산투자 및 운영 효율성 측면에서 집적화를 통해 체계적으로 관리하고, 나아가 타 연구과제에 공동활용함으로써 R&D예산 절감이 필요함

* 국가연구시설장비 : 자연현상의 과학적 탐구에서부터 기술개발을 통한 산업화까지 지원하기 위한 비영리 목적으로 구축된 공공의 연구인프라로서, 국가재원의 성격에 따라 공공투자 또는 국가R&D투자 연구시설장비로 구분



[그림 1–2] 부처별 연구장비 공동활용 허용율

〈출처〉 국가연구시설장비 조사분석 보고서(과기정통부, '15.05)

4) 연구개발(Research and Development)이란 '지식의 집적을 향상시키는 활동 또는 집적된 지식에 대한 새로운 응용을 고민하여 지식의 사용능력을 증가시키려는 목적으로 체계적 토대 위에서 수행하는 창조적 작업'을 말함

3. 사업의 정의

(정의) 본 사업은 국토교통 R&D · 기술*의 빠른 실용화와 미래 신산업 창출을 위해 실제 · 유사 환경에서의 현장 검 · 인증과 제도개선 등을 지원하는 실증기반의 첨단 융복합 연구인프라 구축사업임

* 국토교통기술은 사회안전망과 산업의 기반인프라를 제공하는 공공기술로서 안전성과 경제성에 대해 실증이 이루어지고 법 · 제도적 기준을 만족해야만 시장에 반영될 수 있음

- "첨단 융합형 국토교통기술 종합실증단지(이하 종합실증단지)"는 현장 · 환경기반의 융복합 · 시스템 기술의 실험 · 검증을 통해 기술실용화를 지원하는 연구인프라로 국토교통 기술 · 산업 특성을 고려한 3가지 형태로 구성됨
  - 첫째, 대형실증시설은 ICT, IoT, Big-Data와 융합한 시스템 · 패키지형 기술의 검 · 인증이 가능한 대형연구시설 · 장비로 실제 현장 · 도시에 적용되기 전 단계에서 실규모로 시스템 성능을 평가함
  - 둘째, 건설 · 교통신기술 시험장은 R&D 또는 민간에서 개발된 건설 · 교통신기술의 현장 시험시공 공법 및 요소기술을 인증할 수 있도록 유사 환경을 제공함
    * 국토교통 기술 · 산업의 특성상 신기술은 시공공법 및 SOC 시설물 보수 · 보강 등으로 시험시공 부지와 노선개량으로 인한 사용하지 않은 SOC시설(교량, 터널, 관공서 건축물 등) 제공
    * 또한, R&D를 통해 개발된 기술 · 설비 등이 R&D 종료 이후에도 지속적으로 가동되면서 O&M(operating and maintenance) 및 효율성까지 종합적으로 평가가 가능한 상용테스트베드 부지 제공
  - 셋째, 종합실증단지 센터는 첨단 ICT · IoT 기술들과 SOC인프라의 융합을 통해 미래 고부가가치를 창출할 수 있는 기술자 교육 · 연수 프로그램 등을 제공하고, 실증을 통해 인증된 기술들이 사업화될 수 있도록 국내외 발주처를 대상으로 현장 reference 제공 및 홍보 등을 지원함
    * 1차적으로 실증단지에서 검증된 기술이 실제 현장 · 도시에 분산 적용되어 지속적인 사용성을 모니터링하고 기술 업그레이드를 위해 피드백 체계를 갖춘 리빙랩 형태의 테스트베드임



[그림 1-3] 국토교통기술 종합실증단지 개념도

4. 사업의 목적

국토교통 R&D로 구축되는 연구인프라(연구시설 · 장비)에 대한 중장기 구축 로드맵을 수립하여 중복 투자를 방지하고, 공동활용 체계를 강화하여 정부 R&D예산의 투자 효율성 제고 및 기술–정책–산업 생태계 조성을 목적으로 함

- 국토교통 정부 정책 및 R&D 사업체계 개편과 연계하여 각 사업에서 구축되는 연구시설장비 및 실증 T/B에 대한 체계적 구축 및 연계활용 전략을 수립함
  - – 국토교통부는 신성장 동력 · 산업 육성 가능성 및 미래사회 이슈를 고려한 Target형 국토교통 R&D 4대 전략 및 7대 신산업 분야를 선정함
    - * 국토교통 R&D 4대 전략 : 세계시장 선도, 융복합 신산업 창출 기반조성, 안전하고 편리한 국토공간 조성, 국민생활복지 향상
    - * 7대 신산업 육성 전략 : 자율주행차, 드론, 공간정보, 해수담수화, 스마트 시티, 제로에너지빌딩, 리츠
  - – 국토교통 기술을 기술개발에서부터 기술개발 재투자 단계를 선순환체계로 연계하여 빠른 실용화 · 사업화 유도하고, 체계적 성과관리 · 활용 · 확산 기반을 마련함
- 국토교통 R&D 전략에 따라 융복합 기반의 신산업 창출을 지원하고, R&D 기반의 사회적 미래이슈를 시급히 해결하기 위한 종합실증단지를 구축함
  - – 국토교통 R&D가 점차 거대화 · 시스템화 되면서 국토교통기술의 실용화 촉진 및 성과확산 등을 지원하기 위한 다양한 유사 · 실제 환경조건을 고려한 실증기반의 연구인프라 구축이 필요함
  - – 다양한 산업의 원천기술들이 국토교통 분야의 시설물과 기술이 시스템화 되면서 종합적인 성능검증을 통해 시너지 효과를 창출할 수 있는 실제 · 유사 실증환경 기반을 제공함
  - – 개발된 기술 · 제품이 빠르게 시장에 적용될 있도록 유사·실제 환경에서의 검 · 인증과 정책 · 제도 개선까지 지원할 수 있는 기술–산업–정책 생태계를 조성함



[그림 1–4] 사업의 목적

■ 국토교통 R&D 기반의 공공기술 실현 및 미래 사회적 이슈 해결 등 기술·환경적 변화에 선제적·능동적으로 대처하기 위한 미래도시·생활인프라 실현형, SOC안전 확보형, 자원/에너지 대응형, 실증부지 제공을 본 연구의 사업범위로 설정함

- (미래도시·생활인프라 실현형) 도시화 심화 및 인구 집중으로 안전한 도시생활과 편리하고 쾌적한 주거 욕구가 지속으로 증가함 ('20년 우리나라 도시화율 95%)
  - 새로운 도시 패러다임의 공통적 이슈는 친환경적이고, 지속가능한 도시, 에너지 사용 최소화, 지역커뮤니티 활성화, 스마트 물류·교통체계를 지향함
- (SOC안전 확보형) 도시 인프라의 노후화 심화 및 지진 발생 증가에 따라 사회기반시설의 유지관리 및 내진 안전성 확보가 사회적 문제로 대두됨
  - 예방 중심의 SOC시설물 안전·유지관리 강화로 국민의 안전 확보를 지향함
    * 30년 이상된 시설물 : '10년 9.3%(철도교 28.5%, 수자원 20.5%) → '30년 도로교 75%로 급증
    * SOC시설물 붕괴, 지반침하, 지진 등 국민의 안전불안감 급증(`12년 21.3% → '14년 51.3%)
- (자원/에너지 대응형) 기후변화로 인해 가뭄·도시홍수 발생, 물자원 및 에너지 부족 문제 등으로 에너지의 효율적 이용 및 관리 필요성이 증가함
  - 자원/에너지 고갈 및 소비량 증대로 미래 사회의 안정적 에너지/자원 확보를 위한 플랜트 사업 성장을 유도함
    * UN의 물부족국가 지정(`90년) 및 `25년 물기근국가 예상(`20년 26억3,300만㎥ 물 부족 예상)
    * 아시아인프라투자은행 연차총회 축사(‘17.6), 고리 1호기 영구정지 선포식 기념사(‘17.6)에서 문재인 대통령이 탈원전·탈석탄을 통해 국가 에너지 정책 대전환 대내외에 공식 선언
- (실증부지 지원) R&D·건설교통신기술의 현장 시험시공 및 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축을 위한 부지를 제공하여 연구기간 단축 및 사업 실용화 촉진을 유도함
  - 전통적 국토교통기술과 ICT, IoT 등을 융합한 SOC시설의 유지관리 지능화 및 시공·공법 자동화 등 미래 기술을 능동적으로 대응할 수 있는 실증환경 조성이 필요함

■ 기존 실험실 규모 및 단위부재 실험에서 유사·실제 환경기반의 개발기술 검증 및 실용화를 지원하는 연계순환형 종합실증단지 구축을 통한 국가 기술경쟁력 강화

- (R&D Leader) 첨단 실증환경 기반의 사회적 이슈해결 및 국가 기술경쟁력 제고 선도
- (Global Landmark) 국가 인프라 종합실증단지 확보로 세계적인 연구실증 Hub로 도약
- (World Market) 신산업 R&D의 빠른 상용화로 고부가가치 해외시장 선점 기틀 마련



[그림 1-5] 종합실증단지 범위

제 2 절 배경 및 필요성

1. 국토교통 산업의 특성

■ **국토교통 관련 산업은 건설(도시 · 건축 · 주거, 토목), 물, 교통(도로 · 운송), 플랜트, 철도, 물류, 항공 등으로 국민의 삶의 질 향상과 더불어 쾌적하고 안전한 공간 창출에 기여하는 전통적인 국가기간산업임**

– 「건설산업기본법」 제2조에 따라 건설산업과 건설용역을 포함하며, 주택 · 도로 · 철도 등 사회간접자본시설을 담당하는 기본산업으로 정의함

* 건설업 : 건설공사를 수행하는 업으로 종합건설업과 전문건설업으로 구분

* 건설용역업 : 조사 · 설계 · 감리 · 사업관리 · 유지관리 등 건설공사와 관련된 용역을 수행하는 업

○ (기본이념) 「건설산업기본법」 제3조에 의거 설계, 감시, 시공, 사업관리, 유지관리 등 각 분야의 국제경쟁력 확보로 국민경제와 국민의 생활안전에 기여하도록 정의함

– 국민의 풍요롭고 안전한 삶뿐만 아니라 국가 경제성장을 견인하는 모든 산업의 기반인프라 제공함

○ (공공산업) 국민을 수혜자로 하는 사회기반시설을 설계, 시공, 유지 · 관리하는 산업으로 국토의 균형발전을 통한 국민의 안전 및 삶의 질 향상을 근간으로 하는 공공산업임

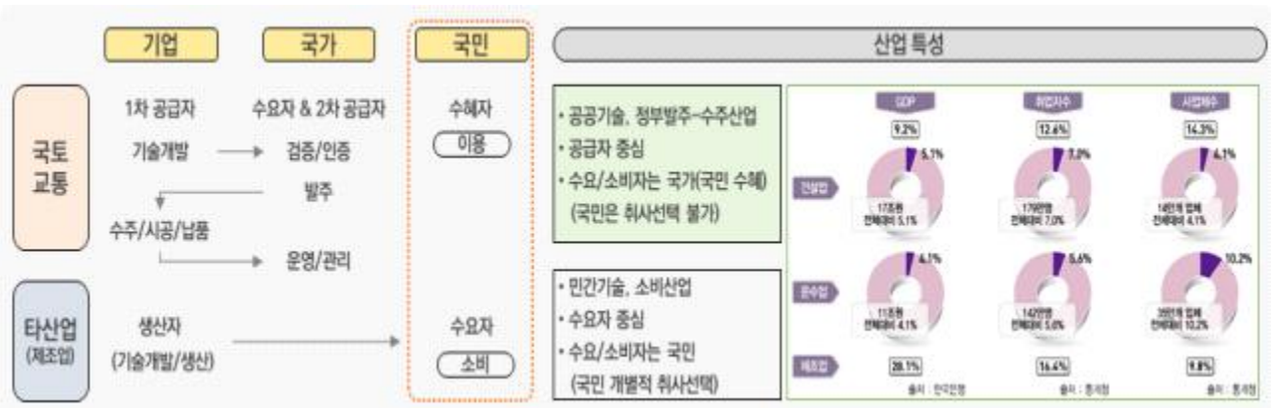
– 사회간접자본인 SOC인프라는 타 산업 제품과 달리 개인의 성향에 맞춰 선택할 수 있는 문제가 아닌, 국가적 차원에서 장기적 투자와 관리가 지속적으로 추진해야하는 필수 산업임

– 특히, 국토교통 산업은 일부 건축 · 주거 · 교통 등을 제외하고 대부분이 국가 재정이 투입되는 공공발주 및 수주산업으로 정부 주도의 공공센터에서의 안전성 및 경제성에 대한 검증이 필수적임

○ (국가경제 정책산업) 생산, 고용, 부가가치 유발효과가 큰 산업특성으로 고용효과, 경기부양 및 외화획득률 등 경제 활성화 및 사람중심 경제 실현을 위한 경기조절 정책 산업임

– 건설업 · 운수업은 우리나라 전체 GDP 대비 9.2%의 높은 비중, 취업자 수의 12.6%, 사업체 수의 14.3% 차지함

– 국내 건설산업은 경제 성장동력으로서 일자리 창출 기회를 제공하고 질적 고도화가 필요한 시점으로 4차 산업혁명 기술과의 연계를 통한 성장 잠재성이 큰 산업으로 예상함



[그림 1-6] 국토교통 산업특성

■ 공공 인프라는 막대한 국가 예산이 투입되는 국가 기반시설로 인프라의 수명이 매우 길고, 기술개발 과정에서부터 기술의 성능, 안전성, 경제성, 지속성 등에 대한 실증이 필수적임

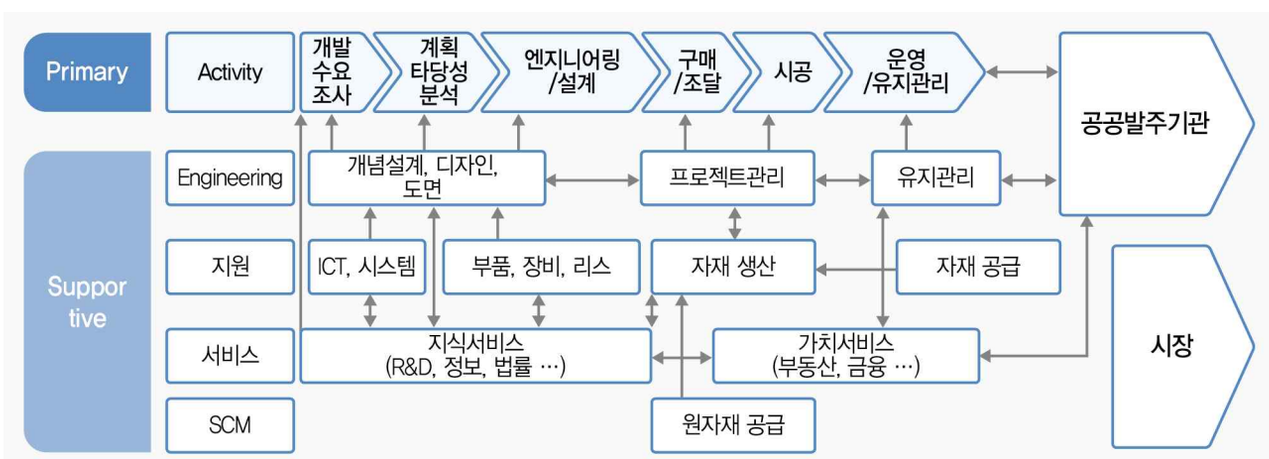
- 공공 인프라로 건설된 SOC시설물인 교량 및 건축의 수명은 약 30년 이상으로 장기간 사용하는 시설물로 건설 초기 기술의 성능 및 안전성 등을 검증하여 시설물이 안전하다는 사회적 인식이 필요함
  - 공공 인프라의 안전성, 경제성, 사용성 등을 지속적으로 검증할 수 있는 실규모의 종합실증단지 구축을 통한 개발기술의 신뢰성을 강화함
- SOC시설물의 내구연한 및 환경적 요인에 의해 시설물이 노후화되면서 안전관리 및 유지보수에 대한 중요성이 부각됨에 따라 실시간으로 관리할 수 있는 ICT·IoT기술과 접목한 혁신기술이 필요함



[그림 1-7] 공공 인프라의 특성

■ 건설 공사는 하나의 프로젝트로 다양한 공정 및 기술이 복합적으로 상호 연계하여 추진되며, 동일조건에서의 공기를 단축하거나 낮은 가격으로 동일한 성능과 기능을 발현할 수 있는 기술 확보가 국제 경쟁력을 결정함

- 건설산업은 수주산업으로 발주기관(정부 및 지자체)과 수주기관과 수주하는 계약자가 존재하게 되며, 프로젝트가 형성되는 과정에서의 「타당성분석–설계 및 엔지니어링–구매 및 조달–시공/준공–운영 및 유지관리」 프로세스로 추진됨
- 건설생산체계와 Value Chain을 고려하면, 생산성을 높이거나 효율성을 높이기 위해서는 건설 과정에서 발생하는 프로세스에 대해서 보다 효율적이고 생산적인 대체재 확보가 중요함
- 해외 건설사업에서의 경쟁력은 얼마나 월등한 Innovator를 보유하는 정도에 따라 결정됨으로, 기술혁신을 통해 재화와 양을 줄이면서 효율성을 높일 수 있는 연구개발 활동이 동반되어야 함



[그림 1-8] 건설산업의 Value Chain



2. 국토교통 기술 및 R&D 특성

■ 국토교통 기술은 기초 · 원초적 성격보다 이를 응용 · 개발하여 실생활에 적용하는 실용화 · 사업화 위주의 공공 기술임

○ 기준과 시방은 해당 시설의 비용, 성능(수명)을 결정하는 핵심요소로 사회기반시설 비용절감(성능향상)을 위해 국가 차원에서의 지속적 투자가 필요함

– ('13년 기준) '85년 이후 국가 대형연구시설 투자규모는 약 6.0조원, 국토부 677억원

– (미국) 최근 6년간 국가 R&D 총예산의 2.8%인 약 4조원을 연구시설 · 장비에 투입(NFEC, '14)

○ 국토교통 기술은 개별기술 단위가 아니라 다양한 이업종 기술 융합을 통해 하나의 기능으로 작동하는 시스템 · 패키지 기술의 특성을 가짐

– 국토교통 기술은 분업화를 기준으로 생산과정의 일관성 확보 및 비효율성 방지를 위한 시스템화된 기술임

■ 국토교통 R&D는 다양한 기술이 융복합된 시스템 · 패키지 R&D로서 현장중심의 실증을 포함하는 전주기적 연구로 국민의 안전성 확보 및 삶의 질 향상을 목표로 추진

○ 공공기술의 특성상 성능 · 안전성이 중요하여 설계, 조달, 시공, 운영의 전주기적 기술개발 및 검증을 위한 실증연구가 필요함

– 국토교통 R&D는 타 분야 연구와 달리 실용화 위주의 전주기적 종합연구로 기술개발 기간이 길어 대단위의 연구단 · 사업단 과제 비중이 높음

– 국토교통 산업은 대부분 공공조달(정부, 지자체, 공기업 등)로 이루어져 국민의 세금으로 조성되기 때문에 사업의 경제적 효율성을 고려한 기술개발이 중요함

○ 국토교통 R&D 성과물의 공공부문 적용 및 상용화를 위해서는 안전성, 경제성 및 기술 신뢰성이 최우선적으로 고려되어야 하는 시스템 · 패키지 기술임

– 4차 산업혁명*으로 인해 국토교통 R&D의 트렌드 역시, 단순히 기술, 제품이 아닌 융복합 기반의 시스템 기술들로 진화하고 있음

* 4차 산업혁명 : 인공지능, 사물 인터넷, 빅데이터, 모바일 등 첨단 정보통신기술이 경제 · 사회 전반에 융합되어 혁신적인 변화가 나타나는 차세대 산업혁명

– 실제·유사 환경 조건을 고려한 검증 체계 환경을 조성하여 국토교통 R&D의 실용화 · 사업화 능력을 향상시키고, R&D 투자의 효율성과 기업의 사업화 촉진을 유도할 필요가 있음

구 분	국토교통부	산업통상자원부	미래창조과학부
목 적	인프라 안전·편의증진 건설·운영비용 저감	산업경쟁력 확보 기업 지원	연구역량 제고 원천기술 확보
수요자	정부 · 공공기관 · 국민	기업체	대학 · 연구소
성 격	시스템 R&D	제품개발 R&D	지식창출 R&D
수행주체	공공기관 위주	기업 위주	대학 · 연구소 위주

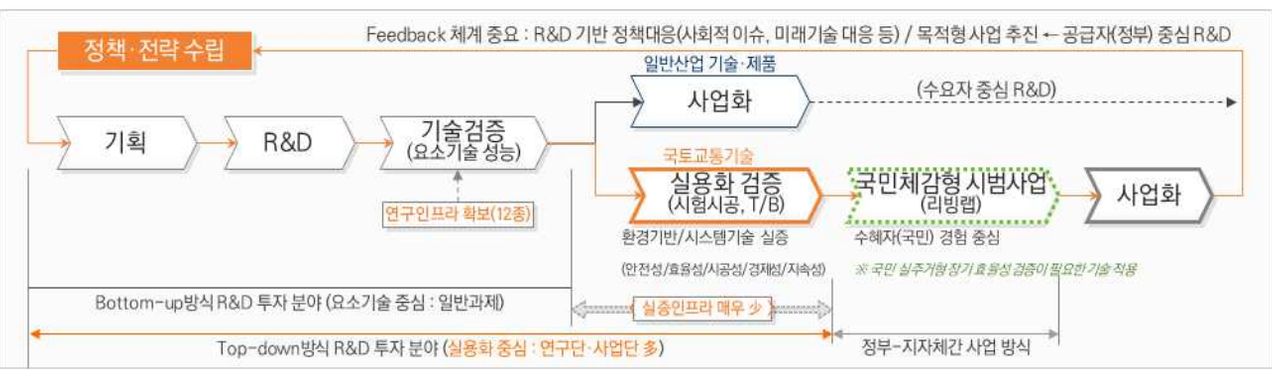
※ 국토교통 R&D는 공공기술의 특성상 직접적 성과보다는 파급효과가 중요



[그림 1-9] 국토교통 R&D와 타부처 R&D의 특성 비교

국토교통 R&D의 전주기적 사업화 관리 및 정책·전략 수립과정에서의 Feedback 체계를 확보하여 R&D 투자의 효율성과 기업의 사업화를 촉진함

- 국토교통 R&D는 일반산업과 달리 R&D의 성과물이 곧바로 상용화, 사업화로 연결되지 않고, R&D 성공 이후에도 실증환경에서 검증을 통해 시장으로 진출함
  - 일반산업의 경우 정부정책에 기반한 Bottom-Up 방식의 R&D와 기술수요 창출 기반의 Top-down방식의 R&D를 통해 기술개발 및 제품화하여 시장에 진출함
  - 하지만, 국토교통 R&D는 개발된 기술을 시스템화된 실제·유사환경에서 안전성, 효율성, 시공성, 경제성, 지속성 등을 검증하여 시장으로 진출함
- 국토교통 R&D 성과물의 실증을 위한 연구인프라 환경 부재로 개발기술의 성능평가 및 검증이 신속하게 추진되지 못하는 문제점으로 인해 실용화·사업화 실적이 저조함
  - 실증 Test-bed 부지 및 실험시설 화보의 어려움으로 인해 연구기간의 연장·지연 및 실용화 지연 발생되고 있으며, 실용화·사업화 장애(Death Valley) 극복 및 국제적 시험·분석 능력 등 노력이 부족함
    * 국토교통R&D 성과의 실용화 추진역량과 환경이 부족(국정감사, '15년)
    * 부처별 R&D 사업화 성과는 국토부 최하위('13년 103건 → '14년 97건) '14년 R&D 예산 4,110억원 대비 1건당 약 42.3억원 (중기청 0.6억원(8,860억원/14,134건), 산자부 9.35억원(31,702억원/3,387건), 환경부 4.6억원(2,926억원/633건), 미래부144.6억원(60,153억원/416건))



[그림 1-10] 국토교통 R&D와 국가 정책·전략의 Feedback 체계

전통적 국토교통기술의 안전성·시공성 관점에서 국민의 요구조건이 다양해짐에 따라 도시·생활 인프라 및 SOC 인프라는 거대화·복잡화되고, 상호 다른 기술이 융합되는 기술적 변이 현상이 발생함

- 사회·문화·제도적 충족 조건과 국민의 요구·기능이 다양화되고 건설 환경·조건이 복잡화되면서 이를 해결하기 위한 새로운 사업단·연구단 단위의 융복합 R&D가 추진됨
  - 다양한 시민·사회의 의견을 반영하고, 환경적 요구조건 및 성능·기능 다양화로 성능 만족도가 상이하여 복잡한 안전문제 및 다양한 성능확보가 필요함
  - 도시 과밀·노후화로 시공 조건이 복잡하고, 기술간 간섭이 증가함에 따라 다양한 첨단기술의 융복합 및 기술간 System Integration을 통해 해결이 필요함
- 기존 건축의 단순시공에서 환경문제(소음, 먼지), 제로에너지, 실내 공기질, 지하시설물 간섭, 공간활용, 통신 등의 융복합·시스템 R&D를 종합적으로 성능 평가 및 검·인증할 수 있는 실증환경이 필요함





(융복합 · 시스템 R&D)

다양한 요구조건(성능 · 안전성 등)에 맞춰 IT, BT, NT등
요소 · 원천 기술과 기계, 재료 등 각 분야 과학기술의 융복합을 통해
단일 목적의 기능이 아닌 시스템화된 기능 발현을 목적으로 하는 R&D

[그림 1-11] 국토교통 R&D의 기술융합 사례

국토교통 R&D는 국민을 수혜자로 하는 공공기술로 「R&D-정책-산업」 기술 생태계 조성을 통한 국민의 안전성 및 편의성 제공은 국민 안전복지 실현의 정책으로 연결됨

- 국토교통 R&D는 다른 분야와 달리 개발된 기술의 현장적용을 통한 기술의 안전성 및 신뢰성을 확보하고, 실제 환경에서 시범사업을 추진하여 효율성 검증후 사업화로 추진됨
- 사업화로 추진된 기술은 정부 정책 목표를 수립하는 근간이 되며, 정책 실현을 통해 국민의 안전성 및 삶의 질을 향상시키는 역할을 수행함
- 하지만, 국민의 안전성 및 경제성을 기반으로 추진되는 국토교통 R&D가 사업화로 추진되기까지 각 단계별 기술 성능에 대해서 Feedback과정을 걸치기 때문에 매우 긴 시간과 비용이 동반됨
- 국토교통 R&D 기술의 안전성 · 경제성이 확보된 상태에서 빠른 실용화사업화를 촉진시키기 위한 국가적 차원에서의 전략적 추진방향이 필요함



[그림 1-12] 국토교통 R&D 사업화 사례

3. 국토교통 R&D 성과

국토교통 R&D 성과 중에 과학기술적 성과(논문, 특허 등)는 꾸준히 증가하고 있으나, 산업 관점에서 시장경쟁력을 갖춘 실용화·사업화 실적은 매우 저조함

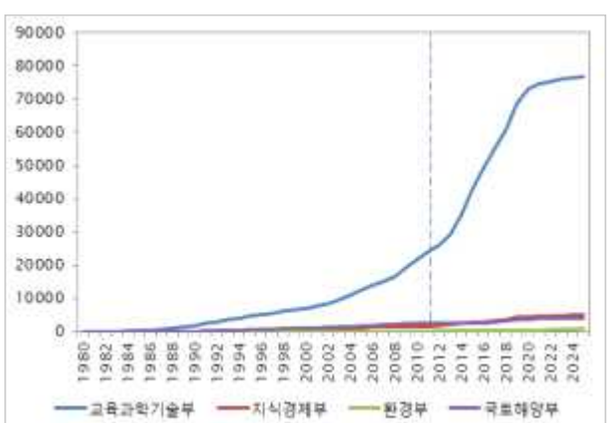
- 최근 5년('11~'15년)간 사업화·제품화(-9.6%) 및 현장적용 비용절감(-5.1%) 성과가 지속적으로 감소하는 추세로 이에 대한 해결방안 제시가 필요함
  - 국토교통 R&D는 사업화·제품화 및 현장적용을 통해 국가 정책 및 제도적 개선으로 사회 안전 및 편리성을 추구하는 기술이지만, 사업성과의 지속적 감속으로 추진역량이 부족함
  - 2015년도 국토교통위원회의 국정감사에서도, 실용화 실적 추이분석을 통해 국토교통 R&D사업의 실용화와 사업화 추진 역량의 부족을 지적함(국토교통위원회, 김경협 의원)

[표 1-1] 최근 5년('11~'15년) 성과발생 현황 (단위 : 건,%)

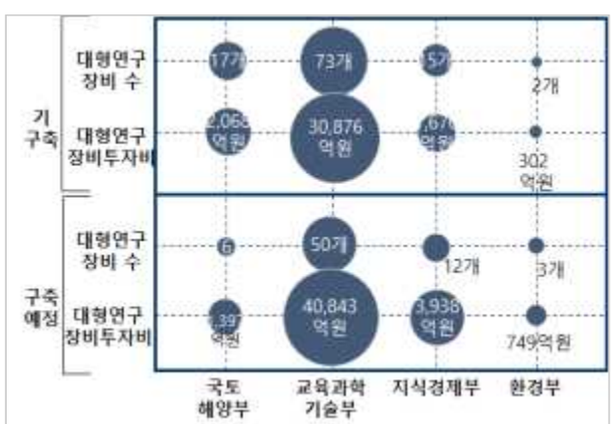
구 분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	증감률
SCI(E) 논문	143	148	191	133	338	24.0
일 반 학 술 지	618	577	634	810	935	10.9
특 허 출 원	628	631	583	596	801	6.3
특 허 등 록	237	309	562	415	402	14.1
사업화·제품화	169	178	238	152	113	△ 9.6
기 술 이 전	85	102	107	115	129	11.0
현장비용절감	58	81	58	51	47	△ 5.1

*국토교통부(2015.12), 2016년 국토교통기술연구개발 시행계획', 국토교통과학기술진흥원 내부 자료

- "국가 실험인프라 구축 및 운영전략 수립(2012, 한국건설기술연구원)" 보고서에 따르면, 국내 건설기술 수준이 충분히 향상 가능한 여력을 갖추고 있음에도 불구하고, 첨단 연구인프라의 부족으로 성장에 한계가 있음을 지적함
  * 국토부(해수부포함, 2012년 기준)의 대형연구장비 투자비로 교육부(76,719억원), 지경부(5,509억원)에 비해 3,465억원으로 각각 4.8%, 68.5% 수준, 대형연구장비 수 역시 교육부(123개), 지경부(27개)에 비해 23개로 미미



[그림 1-13] 주요 부처의 대형인프라 투자 추이(억원)

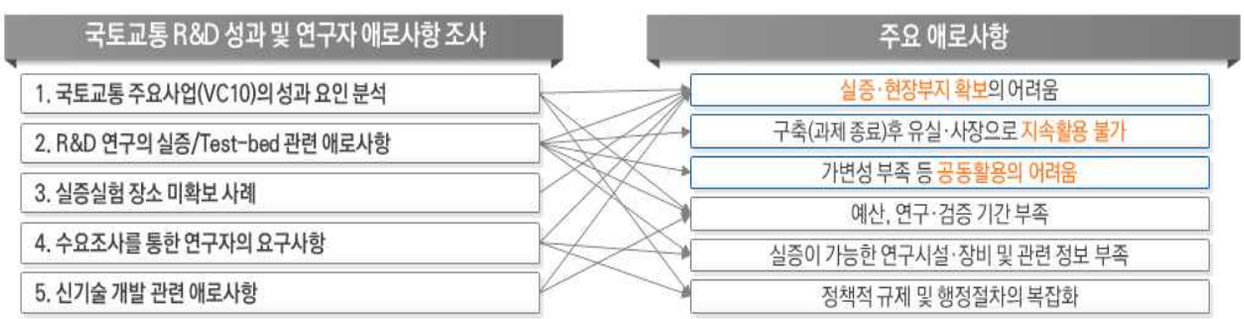


[그림 1-14] 주요 부처의 대형인프라 구축 현황(2012)



국토교통 R&D의 실용화 · 사업화 실적 저조 요인으로 연구책임자들은 개발기술을 실증할 수 있는 현장(부지) 및 연구인프라를 확보하는데 어려움을 애로사항으로 제시함

- 실용화 · 사업화의 주요 애로사항으로는 실증 · 현장부지 확보의 어려움, 구축(과제종료)후 유실 · 사장으로 지속활용 불가, 가변성 부족 등 공동활용의 어려움이며, 그 밖에 예산, 기간, 연구인프라 정보부족, 정책 규제 등을 제시함
  - 발주기관(정부, 지자체, 공기업)은 개발기술을 현장에 적용하여 안전사고가 발생할 경우, 대형 사고로 인한 인명피해 사고가 발생할 위험부담 문제로 안전성 · 신뢰성에 대한 현장시험 검증을 요구함
    * 건설·교통 신기술은 현장시험시공이 필수
  - 국토교통 R&D 기술 및 신기술 개발 민간기업 및 R&D 수행기관(연구자)이 직접 현장실증 Site를 확보해야 하는 어려움으로 인해 연구기간의 연장 · 지연 및 실용화 지연으로 연결되어 사업성과가 저조함
  - 연구기간 종료후, 실증시설 및 Test-bed의 유지관리 문제로 인해 시간이 지나면서 불용화 또는 방치 등 공동활용 저조로 사업간 연계 부족이 발생함
- 국토교통 R&D 실용화 제고 및 기술-시장 연계를 강화하여 실용화 · 사업화 연구성과 활성화를 위해서는 정부주도의 기술실용화 생태계를 조성하여 개발기술의 공익성 및 사업간 연계 강화가 필요적임

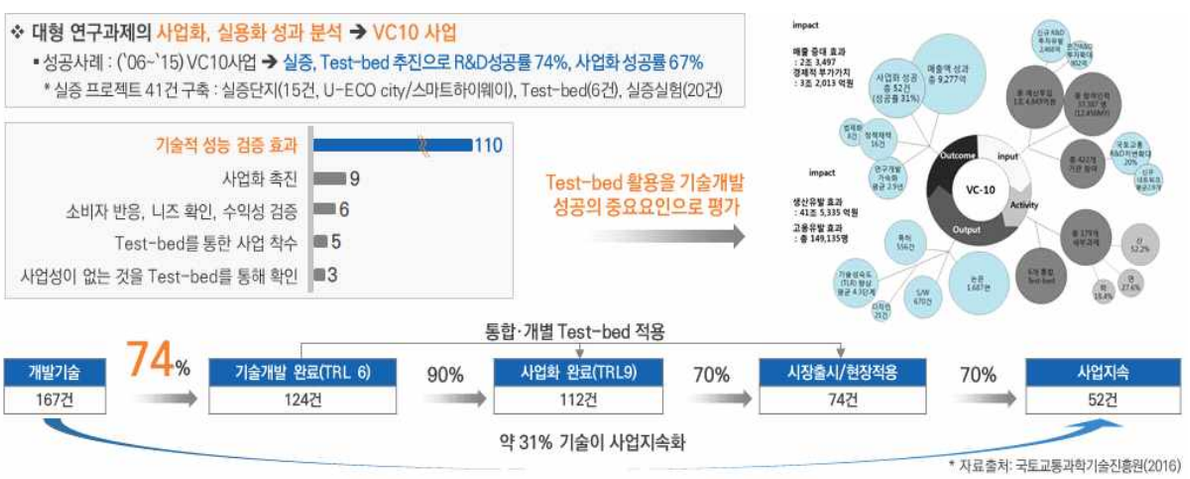


[그림 1-15] 실용화 · 사업화 주요 장애요인

국토교통 R&D의 실용화 · 사업화 성과확산 및 선진국 수준의 기술력을 확보하고, 미래사회 국민의 삶의 질 향상과 국토교통 가치창출을 목적으로 R&D 프로젝트 10개를 선정하여 추진함 (Value Creator-10, 건설교통 R&D 혁신 로드맵, '06)

- 국토교통 산업은 국가경제발전에 필요한 사회간접시설 구축 및 주택공급 등을 통해 국민 삶의 질 개선과 국가 성장동력에 기여하였으나, 선진국과 비교시 기술수준의 낙후성, 국민의 사회적 요구를 유연하게 대응하지 못하는 한계로 VC-10 사업을 추진
  - 단일 목적물 중심의 실용화, 기술력 향상 초점에서 향후 사회적 수요 및 기술의 융복합 등 미래 지향적 신산업 창출 형태로 추진함
  - 연구개발에 한정하지 않고 연구범위에 Test-bed를 포함시켜 개발기술을 검증하고, 개발된 기술을 국책사업은 물론 민간/공공 기업의 사업까지 연결되도록 추진함
    * 추진기간 : '06~'16년 / 예산 : 총 1조 4,856억원(정부 10,267억원(69%), 민간 3,602억원(24%), 기타 987억원(7%))
    * 인력투입 : 총 12,522M/Y이며 참여한 총 인원은 37,382명('06~'15년) / 비율 : 기업 44%, 대학 37%, 연구기관 16%, 기타 2%
    * 사업단 : 도시형자기부상열차, 차세대고속철도, 해수담수화 플랜트, 도시재생, 지능형국토정보기술, 항공안전 기술개발, U-Eco City, 스마트하이웨이, 초장대교량, 초고층복합빌딩

- 국토교통 R&D의 성과목표 달성을 결정하는 중요한 핵심요소는 Test-bed 구축 및 활용을 통해 기술적 성능을 검증하여 개발 기술의 실용화 성공 가능성이 중요함
  - VC-10 사업을 통해 기술 사업화를 목표로 하였던 기술 167건중 112건이 사업화 개발을 완료하였으며, 이 중 Test-bed를 통해 시제품이 시장으로 출시된 기술은 74건으로 사업화 기술의 66%에 해당함
  - 또한, 현재까지 사업화가 지속되어 매출이 발생하고 있는 기술은 52건으로 실용화·사업화 측면에서 매우 효과적 성과를 창출함
  - VC-10 사업으로 추진된 대형 연구과제의 경우, Test-bed 구축 및 활용을 통한 기술적 성능 검증으로 우리나라 국토교통 기술수준 업그레이드를 견인함
    * 총 매출액은 약 9,277억원, 부가적 효과로 신규 R&D 투자 유발 효과(2,468억), 민간 R&D 투자 확대 효과(902억), 연구개발 기간단축 효과(평균 2.9년) 등
    * 일부 사업의 경우, 실증 · Test-bed 검인증 기간 부족, 정책적 규제(지자체 협의 등), 실증 Site 확보 및 현장실증의 어려움이 많음
- VC-10 사업 성공의 주요 요인은 실증 Test-bed 구축 및 활용한 기술적 성능 검증 효과로 인해 사업을 성공적으로 추진하였다고 110명(83%)의 과제책임자들이 응답하는 등 Test-bed 중요성이 부각됨



[그림 1-16] 실증연구기반의 실용화·사업화 가속화(VC-10)

VC-10 사업으로 인해 민간 기술개발 유인, 연구개발 가속화, 기술성숙도, 기술경쟁력 향상 등 연구 성과 활성화에 기여함

- 해수담수화 플랜트 : 세계 3번째로 16인치 역삼투 분리막을 개발하여 부산 기장군에 실증시설을 구축
- 자기부상철도 : 110km/h급 무인운전 도시형 자기부상열차 시범노선 준공
- LNG 플랜트 : 세계 5번째 천연가스 액화기술 개발에 이어 국내 최초 상용 LNG 송도 인수기지 시공


해수담수화(기장군, 2014.1.)


자기부상철도 실증시설(2014.6.)


LNG플랜트(삼척, 2015.12)

[그림 1-17] VC-10 성공사례



4. 실증 인프라기반의 검 · 인증 체계 강화

■ 국토교통 R&D성과의 현장적용 장애요인으로 안전성 · 신뢰성 검증 부족으로 기술적용에 따른 위험부담이 크게 나타남에 따라 기술의 실용화 · 사업화 한계

◎ 국민을 수혜자로 하는 공공 기술의 특성상 연구가 성공적으로 수행하였음에도 불구하고, 개발 기술의 성능 안전성 및 신뢰성이 검증되지 않으면 실용화·사업화가 어려움

– 국토교통 R&D로 추진된 바이모달 트램의 경우, 트램 차량에 대한 성능 인증을 획득하지 못해 BRT 운행 차량에서 배제됨 (연구성과 실용화 제고를 위한 국토교통 R&D 관리개선방안, 국토부, 2014)

– 바이모달 트램의 기술개발과 시범사업 추진 경과

* ('13.06~'14.03) 신에너지 바이모달 수송시스템 개발
* ('12. ~'13.03) 세종시 시범운행 → 고가, 잦은 고장 등 안전성 검증 미흡으로 세종시 BRT 차량에서 제외
* ('15.08~'16.01) 바이모달 트램 안전인증 11개 항목 획득「자동차안전연구원 현장시험 및 실증 수행」
* ('15.08) 인천 청라국제도시 시범운행(2주 운행, 1회 정지 등 일부 문제점 발생)
* ('15.03) 세종시 1시범운행중

◎ 국토교통 R&D 및 신기술의 기술개발 선순환 체계에 따라 실용화·사업화를 위한 성과물의 안전성 및 신뢰성을 확보할 수 있는 사전 검인증체계가 필수적임

– 국토교통 기술 · 제품이 타 산업과의 융복합을 통해 다양해지면서 실험분야가 새로운 서비스 산업으로 부상하고 있지만, 국내 시험인증업체는 글로벌 시험인증 업체에 비해 규모, 전문성, 기술력 등 전반적으로 부족한 현실임

* 국내 시험인증 시장 60%를 글로벌 기관이 점유하고 있으며, 특히 국토교통 부문에서의 해외 시험인증기관의 점유율이 높음

– 공인인증 시험 표준이 없는 기술의 경우, 인증기관에서 자체적으로 실험방법 및 절차를 수립함에 따라 기술성능평가에 대한 객관성이 결여됨

[표 1-2] 국내외 인증기관 및 매출 현황

기관명	매출 (조원)	종업원 수 (백명)	해외지사 수 (개)
다국적 A사	5.2	590	1,000
다국적 B사	4.8	400	900
다국적 C사	3.5	320	600
국내 7대 시험인증기관	0.5	28	7
국내 1,600개 시험인증기관	1.3	370	–

* 지식경제부(2009) 국내 7대 시험인증기관 매출액 및 인력

◎ 국토교통기술의 최종 수요자는 국가, 국민으로 기술검증에 필요한 연구인프라 구축은 정부차원에서의 적극적인 추진이 필요함

– 안전성 · 신뢰성이 매우 중요한 국토교통기술은 국민에게 서비스를 제공하기 전 단계에서 반드시 실제유사 환경에서 검인증을 수행함으로써 사회기반시설에 대한 국민의 신뢰성 회복이 필요함

5. 미래기술 대응 실증인프라 니즈 대응

국토교통 미래사회 트렌드는 도시화 가속, 생산인구 감소, 삶의 질 향상, 자원고갈 및 에너지 부족, 기후변화 및 재해재난 대응, 융복합 가속 등으로 사회적 변화를 능동적으로 대처할 수 있는 국토교통 R&D 투자 확대 필요

- (인구구조변화) 세계화의 진전으로 글로벌 경제·사회가 구현되고 있으며, FTA 체결 및 지역통합 가속화로 시장 개발의 확대로 세계화는 도시의 글로벌화 및 메가시티로 변화가 가속됨
  - 2020년 세계 도시화율은 60%, 우리나라는 95%로 정망됨에 따라 초고층화·복층화 등 도심의 토지이용 극대화 및 주거·도시차원의 양극화 해소(Social Mix)가 필요함
  - 우리나라의 생산인구 감소 속도는 10년 후 지금보다 6.8%, 20년후에는 17.8% 감소할 것으로 예상되어 OECD 국가 중 동유럽 국가를 제외하고는 감소 속도가 가장 빠른 것으로 전망됨
    * 생산가능인구 감소 시대의 경제성장고 노동시장, LG경제연구원, 2007
- (에너지·자원 부족) 화석에너지의 고갈, 신흥국의 수요증가 등에 따라 유가 급등 및 공급부족은 심화로 에너지 공급과 수요의 불균형이 심화될 것으로 전망됨
  - 원자재 수급 불안에 따라 원자력, 태양열, 풍력 등 신개념 친환경 에너지자원을 이용하는 도시체계로 전환되고, 국가간 자원 확보 경쟁력이 심화될 것으로 전망됨
  - 아시아인프라투자은행 연차총회 축사('6.16), 고리 1호기 영구정지 선포식 기념사('17.6.16)에서 문재인 대통령이 탈원전·탈석탄을 통해 국가 에너지 정책 대전환을 대내외에 공식적으로 선언함
- (재난·재해 대응) 지구온난화로 인한 예상치 못한 자연재난의 발생과 피해규모의 대형화로 재해 예측 및 사전 경보 시스템 건설 등 기존 SOC의 성능 향상을 위한 안전기술 적용이 증가함
  - 1978년부터 기상청의 계기지진관측 이래 역대 가장 큰 규모의 지진 5.8이 경주에서 발생('16.9.12)함에 따라 SOC시설물 및 건축물 안전도에 대한 사회적 이슈가 증가함 (기상청 보도자료, 2016.9.13.)
  - 매년 자연재해로 인한 인적·물적 피해가 발생되고 있으며, SOC 복구비용(2000~2009년)은 피해액의 약 2.2배 수준으로 사전 예방이 중요함
- (융복합기술 가속) 4차 산업혁명 기술과의 기술 융복합 가속화로 미래사회의 다양한 기술에 대한 수요 증가로 융복합 기술 기반의 미래 신산업 창출을 위한 선제적 대응 전략이 필요함
  - 전통적 국토교통기술과 ICT, IoT, Big-data 등이 결합한 기술혁신으로 SOC인프라 지능화 및 스마트 시티 등 관련 기술을 선제적으로 대응할 수 있는 지원인프라 필요

국토교통 R&D 중장기 전략(VC-2.0), 7대 신산업, 4차 산업혁명 대응 등 정부 R&D 정책에 대응하고, 정책-기술-시장을 연계한 수용형 실증환경 필요

- 국토교통 R&D 중장기 전략의 연구성과 검증에 대한 객관성 확보를 위한 국제적 수준의 국가 연구인프라를 적기 구축하고, 운영의 중요성을 강조함
  - '13년 기준, '85년 이후 국가 대형연구시설 투자규모는 약 6.0조원, 국토부는 677억원으로 사회기반시설의 비용절감 및 성능향상을 위해 지속적 투자 필요성을 제기함
  - 미국은 최근 6년간 국가 R&D 총 예산의 2.8%인 약 4조원을 연구시설·장비에 투입하여 미래사회 이슈 및 신산업창출에 능동적으로 대처하기 위해 노력함 (NFEC, '14년)



○ '17년 국토교통 R&D는 총 4,738억원으로 투자 분야는 국토기술 분야 1,887억원, 교통기술 분야 1,904억원, 기반구축 분야 947억원로 기반 구축보다는 국토·교통 기술개발로 연구인프라에 대한 투자가 필요함

* 7대 신산업 창출 866억원(50.6%↑), 4차 산업혁명 대응 991억원(32%↑), 안전기술 확보 1,088억원(13.1%↑), 기후변화 · 자원고갈 대응 426억원(12.4%↑), 해외건설시장개척 262억원(62.7% ↑)

■ 해외 건설기술 선진국에서는 첨단 연구인프라 기반의 기술실현(실용화·사업화)과 미래이슈를 대응하기 위해서 국가대형연구인프라 로드맵을 수립하여 실증단지 및 클러스터를 추진함

○ 국내에서도 국가대형연구시설 구축지도를 '12년도에 수립하여 추진하고 있지만, 대부분 국가과학연구기반의 대형연구시설이 포함되고, 국토교통 관련 연구시설은 미포함

○ 타 부처에서는 실증단지 기반의 '기술–시장–산업' 연계를 통한 시너지 효과 창출을 위해 정부 주도의 클러스터 사업을 적극적으로 추진하고 있는 추세임

– 산업별로 미래 신성장 분야의 기술 실용화 및 해외시장 진출 등을 지원하기 위해 실제·유사환경에서 실증할 수 있는 대규모 실증화 단지를 조성함

* 대표적인 실증시설로는 동해안 원자력 클러스터, 환경산업 실증단지, 물산업 클러스터, 친환경 전자융합 실증단지, 제주 스마트 그리드 실증단지 등이 포함

– 실증화 단지는 단위·요소 기술은 물론 시스템·융복합 기술을 실제·유사환경에서 실험이 가능한 연구인프라로 개발기술에 대한 안전성 및 신뢰성 보증이 가능함



물산업 클러스터(대구, '15~'18)



스마트그리드(제주, '14.2.)



환경산업 실증화단지(인천, '16.12)

[그림 1–18] 국내 실증인프라 사례

○ 국외에서는 (영국) 베딩톤 제로에너지 생태주거단지, (미국) M–city, Smart City Challenge, (일본) 드론 실증 테스트베드, (벨기에) EnergyVille, (덴마크) Ecogrid 등 실제·유사환경하에서 실증할 수 있는 대단위의 실증 인프라를 구축하여 개발기술이 실용화·사업화에 기여할 수 있도록 지원함



물산업 클러스터(싱가포르)



Energyville(벨기에)



M–City(미국)

[그림 1–19] 해외 실증인프라 사례

■ 국토교통 분야의 미래사회 이슈 해결 및 기술·환경적 변화에 능동적으로 대처하기 위한 융복합 국토교통기술 고도화 기반의 현장실증형 종합실증단지 구축이 필요함

○ 기존 실험인프라는 R&D 결과로 도출되는 요소기술을 실험하는 단일기술 중심의 장비 기반형 인프라로 융복합· 시스템 R&D를 실증실험하기에는 한계가 있음

– 국토교통 촉진연구사업('04~'18년, 2,027억원)으로 구축된 국토교통 대형실험시설 12종은 전국에 분산 구축·운영하고 있지만, 실규모 환경 및 융합·시스템(패키지) 기술의 실증은 어려움

* 분산공유형 실험시설은 대부분 단일 기술·제품에 대한 성능검능 목적(일부 유사환경 제공, 축소모형 형식)

– 국토교통 대형실험시설 12종중 기후변화대응 다환경 실험시설, 생활밀착형 주택성능 실험시설, 기상환경 재현 도로성능평가 실험시설은 주택 및 도로 환경을 제공하여 실증수행 가능

1단계 실험시설(6종, 운영중)			2단계 실험시설(6종, 구축중)		
하이브리드 구조실험센터 (명지대학교)	• 부재단위(교량 거더, 건축물 등) 구조실험 • 5MN급 UTM, 5MN급 UTM	단일 요소기술	극한상태 구조실험시설 (서울대학교)	• 충돌, 폭발, 극한온도 및 압력 실험 • 중/고/초고속 가스건, 챔버 등	단일 요소기술
지오센트리퓨지 실험센터 (KAIST)	• 지반구조물의 응력상태 실험 • 원심모형실험장비	단일 축소모형	기후변화 대응 다환경 실험시설(KCL)	• 기후요소(온습도, 일사, 강우) 실험 • 기후환경 챔버, 에너지 효율 장비 등	요소/실증 모사실험
지진방재 연구센터 (부산대학교)	• 구조물 축소모형 지진모사실험 • 최대가속도 3G 진동대	단일 요소/축소	생활밀착형 주택성능 실험시설(LH공사)	• 소음, 진동, 결로, 실내 공기환경 등 요소기술 • 통풍시험장치, 챔버 등	요소/실증 모사실험
첨단건설재료 실험센터 (계명대학교)	• 종합건설재료실험 • 폼, 피로, 인장, 강도 등 재료실험	단일 요소기술	대형수리모형 실험시설 (한국농어촌공사)	• 강, 하천의 수자원 수리실험 • 경사수로, 순환수로 등	모사실험 축소모형
대형풍동 실험센터 (전북대학교)	• 구조물 축소모형 풍동실험 • 31m/s급 바람발생장치	모사실험 축소모형	기상환경 재현 도로성능평가 실험시설(건설기술연구원)	• 악천후 재현 도로성능실험 • 도로소음, 강우, 강설 조명 등	요소/실증 모사실험
해안항만 실험센터 (전남대학교)	• 해안파동현상 분석 실험 • 3차원 조파수조(50m×50m)	모사실험 축소모형	도로주행 시뮬레이터 실험시설(한국도로공사)	• 가상현실 기법을 통한 주행 실험 • 시뮬레이터 실험시설	요소기술 가상실험



[그림 1–20] 국토교통 대형실험시설 12종 특성분석

○ 국토교통 기술의 융복합·시스템화되는 미래기술의 이슈를 해결하고, 첨단 실증인프라를 통해 기술 및 시장을 선도할 수 있는 종합실증단지 구축을 목표로 함

– 종합실증단지를 통해 실증기술의 검인증 및 빠른 정책·제도 개선으로 기술개발이 즉시 시장에 진입(사업화)할 수 있도록 기술–정책–시장의 선순환 생태계 조성이 필요함



[그림 1–21] 종합실증단지 필요성



본 사업에서 추진하는 첨단 융복합 국토교통기술 종합실증단지는 시스템 단위의 R&D 및 정책·제도적 효율성 검증이 가능한 실증연구 기반의 환류체계 마련를 목표로 함

- 現 국토교통 R&D 연구단·사업단 사업으로 수행되고 있는 Test-bed 실증연구는 국가, 지자체, 기업에서 추진하고 있는 시범사업과 매칭하는 리빙랩 형태로 사업화를 추진함
  - 국민(수혜자) 체감형 기술의 경우, 대단위 실증을 통한 정책실현을 위해 시범사업 형태의 리빙랩 확대 추진
  - 새롭게 개발되는 기술/제품을 피드백하여 기술의 적용성이나 성능을 지속적으로 검증하거나, 선순환시킬 수 있는 연구 환경으로는 부적합함
    * 개발기술이 시범사업에 적용됨에 따라 기술의 지속적 모니터링 및 공동활용 등이 불가능



K-Smart City(세종시 등)



제로에너지주택(노원구)



스마트 그리드(제주시)

[그림 1-22] 리빙랩(Living Lab) 형태의 사업 추진 사례

- 리빙랩(Living Lab)은 특정 공간에서 사용자들이 참여하여 문제를 해결하는 개방형 혁신모델로서 국민의 안전 및 신뢰를 근간으로 하는 국토교통 기술을 시범사업 형태로 다수 추진 중임
  - 리빙랩은 생활환경에서 구현되는 랩이기 때문에 지역사회의 문제 해결력 증대와 동시에 새로운 사회·기술 시스템을 구현하기 위한 선구적 모델이라는 의미를 지님
  - 사용자 참여, 지역사회의 사회문제 해결, 테스트 베드 운영, 새로운 사회·기술 시스템을 구현하기 위한 실험으로 국토교통 R&D의 연구단·사업단 등 대형프로젝트에서 널리 사용됨
- R&D성과의 실효성 있는 결과를 리빙랩에 적용하기 위해서는 충분한 안전성, 적용성 검증 및 리스크 관리가 가능한 실증연구 기반의 환류체계 마련이 시급함
  - 연구시설·장비에서 부재·요소 단위의 기술을 검증후 리빙랩에 적용하여 기술의 성능을 평가할 경우, 시스템 단위에서의 적용성 및 리스크 관리 한계로 개발기술의 신뢰성이 저하됨
  - 본 사업은 연구시설·장비와 리빙랩 중간단계의 실증인프라로 개발기술을 실규모 단위 및 유사환경에서 검증한 후 리빙랩에 적용함으로써 개발기술의 오류 및 위험성을 최소화함



[그림 1-23] 종합실증단지의 기능

6. 실증 인프라의 집적화를 통한 공동활용 지원 및 관리 효율성 제고

국통교통 R&D의 기술적·공간적 유사 분야를 한 곳에 집적화하는 실증시설·환경을 조성하여 미래 기술 수요에 효율적으로 대응하고, 기술간 시너지를 창출함으로써 국가 기술경쟁력 확보

- 최근 국토교통기술은 개별 기술의 성능보다는 국민 편의 및 사회적 이슈를 고려한 사회·문화·산업적 관점에서 다양한 시스템적 접근이 요구됨
  - 미래사회의 다변화 및 과학기술의 혁신 등으로 국가 R&D는 융복합·시스템화 되는 추세로 실증인프라 또한 기술변화 흐름에 맞춰 변화가 필요함
  - 전통적 국토교통 기술과 제4차 산업혁명(ICT, IoT, Big Data 등)이 하나로 통합하여 새로운 고부가가치 기술로 창출되는 기술의 검·인증을 통해 국가 경쟁력 확보가 필요함

    * SOC시설물의 유지관리, 공간정보, 스마트시티 등 국토교통 인프라와 IoT·Big-data의 만남은 새로운 기술혁신을 이룰 수 있는 미래의 전략적 기술임
- 미래의 도시·생활은 거대화·복잡해짐에 따라 건설환경 또한 시공·유지관리 형태가 복잡해지고, 국민 요구의 다양화와 사회적 이슈에 대응하기 위한 종합적인 조건하에서의 기술실증이 필요함
  - 최근 건축물에 대한 이슈는 층간소음·새집증후군 등의 주거성능 문제, 문재인 정권의 탈원전화로 인한 에너지 문제, IoT기술을 융합한 주거 및 고령자 헬스/홈 케어기술 등 하나의 분야에서 다양한 기술이 파생됨에 따라 융복합·시스템 기술을 검·인증할 수 있는 실증인프라 구축이 반드시 필요함
  - 국토부는 사회적 변화 요구에 선제적으로 대응하기 위한 스마트 시티, 해수담수화, 자율주행자동차 등 대규모 융복합·시스템 R&D를 기획·추진 중임
  - 도시 과밀·노후화로 시공 조건이 복잡해지고, 기술간 간섭이 증가하면서 부재·요소기술 단위의 성능 평가로는 미래사회의 기술 대응 및 실용화·사업화를 추진하는데 한계에 봉착



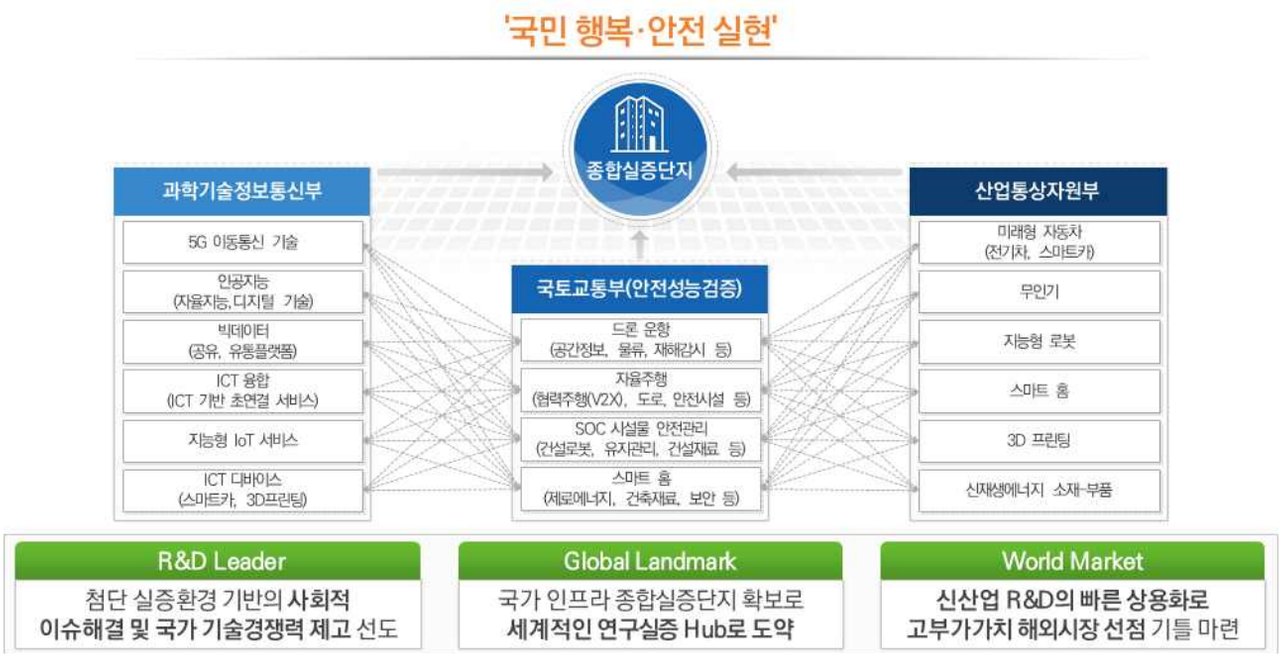
[그림 1-24] 융합복 기술의 실증인프라 사례

- 국토교통 기술간 시너지 창출이 가능한 실증분야를 집적화함으로써 상호 기술적 보완과 연계 활성화로 사회적 이슈해결 및 정책적 대안을 수립하여 국민안전 복지 실현에 기여



국토교통기술은 각 부처에서 개발한 원천기술을 전통적 국토교통 기술에 접목하여 도시환경에 적용하는 기술적 특성을 지니고 있어, 타 부처의 기술을 포괄하여 성능 평가 및 검·인증을 수행할 수 있는 실증환경이 필요함

- IoT 융복합 등 신산업분야 투자 확대로 개별 인프라의 유지관리부터 대단지 스마트시티까지 융복합 R&D가 가속화되고 있음에 따라 이를 종합적으로 검·인증할 수 있는 종합실증단지가 필요함
  - 미래사회의 국토교통 사회기반시설은 4차 산업혁명 기술인 공간정보, IoT 및 Big-data 등이 CPS 환경으로 통합되어, SOC 시설물 건설, 유지관리의 지능화·자동화로 기술혁신이 도래할 것으로 전망함
- IT기반 기술들이 다양한 인프라 환경에서 충분히 검증된 후 도시환경에 적용될 수 있도록 종합적 관점에서의 실증이(시공, 관리, 운영 등) 필요함
  - 타 분야에서 추진된 실증인프라(녹색환경산업 복합단지)는 기술개발→시제품 생산→실용화 실증→마케팅·기술전시 및 홍보→해외시장 진출까지 지원하는 One-Stop total solution 추진함



[그림 1-25] 타 산업과의 기술 융합복 실증인프라 구축

국토교통 기술의 미래 신산업 선도를 위해서는 첨단 융복합 기반의 종합실증단지 구축을 통한 세계적 Landmark 실현으로 국가 이미지 제고 및 글로벌 기술 경쟁력을 확보함

- 집적화된 첨단 융복합 실증 HUB를 통해 국제 공동연구 선도 및 해외 선진기술·고급인력 유입으로 미래 융합기술의 발전을 선도하는 기능을 추진함
- 집적화된 실증 Reference 제공으로 해외 바이어의 접근성을 향상시켜 기업의 고부가가치 해외 기술시장 진출을 위한 전초기지 역할을 수행함
  - (해수담수화 플랜트, 기장군) 통합실증 및 운영 reference 확보로 해외프로젝트 수주에 기여함
    * 두산중공업은 쿠웨이트 도하 1단계 해수담수화 플랜트 등 7,978억원 수준
  - 국내·외에서는 국가안보 및 공공이익 제고 및 산업경쟁력 강화를 목적으로 중앙정부 주도하에 실증단지 및 클러스터를 집중적으로 투자함

국토교통 연구시설·장비의 집적화로 R&D의 연구인프라 투자 효율성 강화 및 공동활용 촉진 등을 위한 통합 관리체계 마련이 필수적임

연구인프라는 기초·융용 연구 등 국가과학기술의 기반을 지지하는 중요한 핵심요소로 연구시설·장비구축 사업비는 꾸준히 증가한 반면 비효율적 운영에 대한 지속적인 우려가 제기됨

– 정부는 "과학기술기본계획('08.8)"의 7대 시스템 선진화·효율화의 일환으로 과학기술 하부구조 고도화를 추진하면서 연구시설·장비의 전략적 확충 및 활용을 중점 추진과제로 선정함

* (과학기술혁신 핵심기반) 선도적 과학기술 발전을 견인하고, 연구 경쟁력 확보의 주요 원천
* (국가 과학–산업 경쟁력) 국가 新산업 창출과 기존 산업과의 기본 토대 제공
* (일자리 창출) 과학기술계 일자리 창출 및 전문인력 양성을 촉진하는 촉매역할 수행

– 국가 연구시설·장비투자 규모('11~'15년)는 총 4조 6,733억원(25,454점), 국가 R&D사업 대비 연평균 6.5% 규모로 막대한 예산을 투입하고 있는 실정임

[표 1–3] 국가 연구개발사업 대비 연구시설·장비 투자현황 (단위 : 억원)

구 분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	합계
국가연구개발사업 투자액	128,213	135,686	144,365	153,266	163,869	725,399
연구시설장비 구축액	9,678	10,908	6,851	7,176	12,120	46,733
비중(%)	7.5	8.0	1.7	4.7	7.4	6.5

* 2015년도 국가연구시설장비 조사·분석 보고서, 과학기술정보통신부, 2016

– 연구시설·장비의 전략적 확충, 체계적 운영 및 공동활용 제고를 통한 R&D 투자 효율화 필요성이 제기되고 있으며 특히, 중복성 구매 및 공동활용 미흡에 대한 비효율화 문제에 대한 개선 필요성이 제기됨

※ 대표적 관리 문제 지적 사례

* (국회) 공동활용 미흡 및 관리 허술, 동일장비 과다지출 등
* (감사원) 부·처 및 연구기관의 관리부실, 과다·과잉 구매, 리베이트 만연 등
* (과기정통부) 고가운영비 불구하고 개방없는 단독활용, 낮은 활용도 등
  – '16 실태조사 결과 : 장비개방 및 공동활용 저조, 전체 장비 중 19.4%가 저활용·유휴 상태, 6.7% 장비확인 불가



〈국가연구시설장비 중장기발전방안 연구 설문결과, 기술과가치, 2016〉

연구인프라의 확충 및 운영관리 선진화에 대한 범부처 차원의 정책 패러다임 변화에 적극적으로 대응하기 위해서는 연구인프라의 집적을 통한 투자 효율성 및 공동활용 활성화가 필수적임

– 연구장비 단위의 집적화를 통해 연구기관 사유화를 방지하고 중복 구매에 대한 예산 절감 및 공동활용 활성화할 수 있는 통합관리체계 마련이 시급함

* 시스템 : 구축 · 관리중심 → 활용 · 공유중심 / 소유 : 사유화 → 공유화 / 운영방식 : 운영 · 관리자 → 활용 · 이용자 중심으로 전환
* "국가연구시설장비 투자효율화 및 공동활용 촉진방안"(국과심, '15.10) : 효율적 관리 및 공동활용 활성화를 위해 집적화 필요

– 과학기술정보통신부에서는 국가연구시설·장비의 공동활용 촉진을 위한 방안으로 연구장비 집적화 추진

* 공동활용 장비 집적화율 : '15년 50.4% → '16년 58.1% → '17년 62.6%(목표)



국토교통 R&D 사업 · 관리체계 개편 방향에 따라 향후 R&D성과로 다양한 Test-bed가 구축됨에 따라 집적화를 통해 정부예산 투자 및 운영 효율성을 확보하고, 나아가 타 연구과제에 공동활용함으로써 R&D예산 절감에 효과적임

- 연구자 · 기업이 R&D · 신기술 등 기술개발에 필요한 다양한 실험 및 검 · 인증 등이 장애요인 없이 지원할 수 있는 무(無)장애화 국토교통 종합실증단지 구축을 통한 연구개발 생태계 조성이 필요함
  - 국토교통 개발기술의 실증을 위한 Test-bed 부지 및 실험시설 확보의 어려움으로 인해 연구기간의 연장 · 지연 및 실용화 지연이 발생함에 따라 이를 해결하기 위한 전략적 추진방안이 필요함
  - 국토교통 R&D · 기술의 실용화 · 사업화 장애(Death Valley) 극복 및 국제 표준 시험 · 분석능력 향상을 종합적으로 지원하는 정부주도의 실증연구 인프라 구축이 필요함
- 연구단 · 사업단의 실증 Test bed 집적화로 사업 종료후 공동활용 · 재활용을 극대화하고, 기술사업화 및 해외시장진출 지원사업 등과 연계한 사업성과 확산을 유도함
  - '17.3기준 국토교통 R&D로 추진된 사업중 실규모(현장적용 · T/B) 실증이 포함된 사업예산은 총 1조 1,123억원(정부출연금)이며, 그 중 3,514억 원인 약 31.6%가 개발기술의 실증비용으로 활용됨
    * 연구과제 581건(사업단 3, 연구단 119, 일반과제 459)중 132건 실증적용(국토교통과학기술진흥원, '17.3)
- 종합실증단지는 기존 대형실험시설(12종, '18년 구축완료)과 함께 R&D 성과의 실증 및 사업화 지원을 확대할 수 있는 필수 연구인프라로 R&D 종합계획 및 사업 · 관리체계 개편과 연계하여 첨단기술개발 및 국민생활과 밀접한 안전 · 복지 실현에 기여함
  - 국가 예산투자로 구축된 연구인프라에 대한 체계적인 관리시스템 마련으로 활용성을 극대화하고, 대형연구시설 확충 · 운영 · 관리 고도화로 글로벌 이슈 대응 및 신산업 창출 등 국민의 안전과 공공복지를 실현함



[그림 1-26] 중장기 국토교통 R&D와의 연계활용

제 3 절 국고 지원의 당위성

1. 공공기술에 대한 산업생태계 강화

- 국토교통기술은 국가와 국민을 수혜자로 하는 공공기술로서 이들 기술이 시장에 적용되기 위해서는 사전에 안전성 및 사용성 등에 대한 **객관적 검증이 필요**하며, 이는 **정부의 역할**임
  - 정부 발주 **공공사업에 적용되는 기술의 검증은 정부의 몫**으로, 연구자들에게 실증환경(부지 등)을 확보하여 자체 검증하도록 하는 것은 책임을 회피하는 것임
    * R&D T/B : 국토교통 R&D 특성상 대부분 연구개발 기간 중에 T/B 적용을 통한 실증까지 요구
    * 신기술 : 신기술 인증을 위해서는 기술개발 이후에 현장 시험시공을 추가로 요구(의무사항)
  - 특히 **현장기반형 실증인프라는 막대한 예산이 소요**되며 아직 시장이 활성화되지 못한 분야에 대한 **민간의 선투자는 더더욱 불가능**하므로, 관련 **산업 활성화를 위한 마중물로서 정부의 선제적 투자가 필요**함
    * 개발된 기술이 현장실증을 통해 시장에 적용되기 위해서는 설계기준 등에 반영되어야 하므로 정부 정책적 활용도 또한 매우 높음

- 특히 **본 사업으로 추진하는 실증인프라시설들은 국가와 국민의 편익 창출 및 사회적 이슈해결을 위해 가장 시급한 분야**로서 국고 지원 대상에 해당됨
  * (제로에너지 빌딩) 국토교통 7대 신산업분야로서, '제로에너지건축물인증제도' 대응, 미세먼지 저감, 국가온실가스 감축목표 달성 및 고부가가치 엔지니어링분야 양질의 일자리 창출 등 정부정책 실현에 기여
  * (스마트 도시물순환) 국토교통 R&D 4대 전략분야로서, IoT, Big Data기술 융복합을 통한 도시 물순환 및 재이용 최적화 기술 확보로 도시재생, 미세먼지 저감, 도심침수 방지, 물부족 대응 등 편리하고 쾌적한 도시 생활환경 구현 가능
  * (실대형 내진성능 실증) 국토교통 R&D 4대 전략분야로서, 비내진 건축물 및 노후 SOC시설물에 대한 내진설계·보수보강 기술 확보로 지진발생 증가에 따른 국민의 생명 보호 및 안전한 국토 실현을 위한 정부차원의 선제적 대응 가능

- 따라서 다양한 기술변화에 능동적으로 대처하고 **수혜자(국가·국민) 중심의 기술·산업 생태계 조성을 위해서는 국가 차원의 기반마련이 시급**함
  * (해외) 미국, 일본, EU 등 주요 선진국들은 중·장기적 대형연구시설 구축에 대한 로드맵을 수립하고 이들 시설에 대한 지속적인 투자를 통해 연구인프라 기반의 기술선도에 집중

- 세계적 수준의 첨단융복합 기반의 미래 신성장분야에 대한 실증연구인프라 구축을 통해, 우리나라 **건설분야 고부가가치 신산업에 대한 기술 선점 및 국가 기술경쟁력 제고가** 필요함
  - 국내외 국토교통 관련 시장은 연평균 5.0% 이상의 성장 전망
    * (해외) 24조 9,242억 달러('14) → 177,720억 달러('18)으로 6.5% 성장 전망
    * (국내) 24조 285조원('14) → 355조원('18)으로 5.8% 성장 전망
  - 첨단 융복합기술 실증이 가능한 **인프라 환경의 복합실증단지 구축을 통한 국토교통 분야 국가 기술경쟁력 제고** 필요함
    * '15년 기준, 국토교통 분야 전체는 세계최고 기술보유국(미국) 대비 기술수준은 78.8%, 기술격차 5.0년
    * (건축물 에너지 성능 분야) 세계최고 기술보유국(독일) 대비 75.3%, 기술격차 5.4년
    * (우수 및 용수 재이용 분야) 세계최고 기술보유국(독일) 대비 75.7%, 기술격차 7.4년
    * (도시 재난·재해 대응 분야) 세계최고 기술보유국(미국) 대비 61.9%, 기술격차 7.9년



2. 정부 정책 및 R&D 계획과의 부합성

◎ **연구인프라**는 과학기술 활동을 지지(支持)하는 자원, 연구개발 수행 주체인 연구자와 기반요소가 지속적으로 능력을 발휘할 수 있도록 지원하는 과학기술하부구조로서 **과학기술 활동의 핵심요소**임

* 연구인프라(연구시설·장비)는 연구인력, 연구과제와 함께 과학기술 활동의 3대 요소 중 하나

연구인프라의 가치와 역할

- 국가연구시설·장비[5]는 과학기술 하부구조를 지탱하는 창조적인 과학기술의 창출기반이며 R&D투자 효율성을 제고할 수 있고 산학연 협력과 국내외 공동연구의 핵심가치를 창출할 수 있는 핵심요소임
- 첨단 연구시설장비는 기술개발의 성패 및 세계적 연구성과 도출을 좌우하므로, 해외의 선진 기술/인력 유입 경로는 물론 기존의 추격형 R&D에서 미래 선도형 R&D로 전환 및 정부정책 실현에 중요한 역할을 담당함
- 특히 대형연구시설·장비(구축비용 50억 이상)는 과학적 진보, 융복합·다학제 연구, 네트워크 확장, 사회적 가치 창출, 인적자본 창출 등을 통한 국가 과학기술 역량 강화 및 기술·산업 경쟁력 제고 등에 크게 기여함
- 공동활용 연구시설 · 장비는 R&D성과의 검증에서 기업의 기술실용화 촉진까지 폭넓게 활용됨으로써 국가 산업발전에 기여함

◎ **정부 정책·R&D 계획과 연계한 국민 편익 창출 및 국가 기술·산업 경쟁력 강화**를 위해서는 정부차원의 선제적 투자를 통한 **민간시장의 기술개발 여건 및 역량 강화** 필요

– 국토교통부는 신성장동력 창출 및 미래사회 변화 등을 고려하여 **산업경쟁력 강화를 위해 Target형 7대 신산업 분야***를 선정하고 **집중 투자**전략을 마련함

* 국토교통부 7대 신산업 육성 전략 : 자율주행차, 드론, 공간정보, 해수담수화, 스마트시티, 제로에너지빌딩, 리츠

◎ **국토교통 R&D의 정책 목표인 4대 전략***을 **실현**하기 위해서는 개발된 기술의 빠른 실용화를 위한 **실증연구기반이 필수적**이며, **국민체감형 실증과 연계**하여 사회적 이슈들을 빠르게 feedback하여 해결할 수 있는 **선순환 체계 마련이 시급함**

* 국토교통 R&D 4대 전략 : 안전하고 편리한 국토공간, 국민 생활복지 향상, 융복합 신산업 창출, 세계시장 선도

◎ 따라서 국토교통 기술의 융복합·시스템 실증환경 조성으로 **미래사회 이슈 및 국민 요구에 선제적·능동적으로 대응**하기 위한 **전략적 투자가 필요함**

– '**국토교통 R&D 사업·관리체계 개편**('17.05)'을 통해 대규모 사업단위 R&D 추진을 강화하고, **실증을 통한 성과 증대** 및 연구개발 기간 이후에도 **T/B에 대한 효율적인 운영관리**로 공동활용이 가능하도록 **종합대책을 마련**함

– 국토교통 R&D는 정책과 연계된 Top-down 방식의 **사업단·연구단 과제가 대부분**으로, 실용화 및 사업화 성공률 제고를 위해서는 **실증연구시설 확보가 매우 중요함**

* 사업단·연구단 과제 규모(비중) : '14년 3,937억원(67.0%) → '15년 4,203억원(69.6%) → '16년 4,163억원(72.7%)

5) 국가연구시설·장비 : 자연현상의 과학적 탐구에서부터 기술개발을 통한 산업화까지 지원하기 위한 비영리목적으로 구축된 공공의 연구인프라로서, 국가재원의 성격에 따라 공공투자 또는 국가R&D투자 연구시설장비로 구분

3. 추진 근거

3.1 법적 추진 근거

- “과학기술기본법” 제16조(민간의 과학기술혁신 지원), 제16조의3(연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화), 제16조의 5(성장동력의 발굴·육성) 및 제28조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용) 등
- “국토교통과학기술 육성법” 제8조(연구개발사업의 추진), 제9조(융복합 연구개발의 추진), 제10조(국토교통과학기술의 보급 및 활용촉진) 및 제13조(연구기반의 확충) 등
- “건설기술 진흥법” 제10조(연구시설 및 장비의 지원 등)
- “제3차 과학기술기본계획”(과기부, '13.7), 국토인프라 선진화 및 중소·벤처기업 중심 연구개발 지원체계 구축
- “문재인 정부 국정과제” 중 4대 복합·혁신과제의 ‘4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가’*, ‘국가의 고른 발전을 위한 자치분권 및 균형발전’** 등과 부합함

  * 5G·IoT 인프라가 내재된 대규모 융복합 글로벌 테스트베드(자율주행차, 지능형로봇, 도시 등) 조성 및 융복합 신산업 기반의 고부가가치 첨단기술 산업 육성 지원

  * 국가 혁신클러스터 선정 및 신산업 테스트베드 조성 및 실증 프로젝트 추진

3.2 본 사업의 세부과제별 추진 근거

상위 정책 및 계획	세부 과제 분야			
	제로에너지 빌딩	스마트 도시물순환	실대형 내진성능	신기술 지원
관계법령	「녹색건축물 조성 지원법」제6조(녹색건축물 조성사업) 등	「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제26조(수자원 관리기술에 관한 연구 및 실용화) 등	「지진·화산재해대책법」제22조(지진·화산재해경감 연구 및 기술개발) 등	「건설기술 진흥법」 제14조(신기술의 지정·활용 등)
문재인 정부 국정과제	· 친환경 미래 에너지 발굴·육성 – '20년 공공부문 제로에너지 건축물인증 의무화 등 · 신기후 체제에 대한 견실한 이행체계 구축 – 온실가스 감축 강화를 위해 '20년까지 제로에너지 건물 확대 · 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생 뉴딜 추진 – 주거취약계층 녹색건출물 우선 적용을 위해 '18년부터 공공임대주택 등 소형 주택 에너지 성능을 패시브하우스 수준으로 강화	· 지속가능한 국토환경 조성 – '22년까지 노후 상수관망 현대화(1,717km), 물순환 도시 5개소 건설, 하수 재이용(1.1억톤/년 이상) 등 상시 가뭄 극복 물순환 체계 구축	· 자연·사회적 재해·재난 예방 전략	
	· (공통) 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화, 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성*, 지방분권 강화 및 균형 발전 전략** * 융복합 글로벌 테스트베드 기반 구축 및 융복합 신산업 기반의 고부가가치 첨단 기술 산업 육성 ** 노후산업단지를 사람·R&D·산학융합 중심의 혁신 산단으로 전환하고, 산단 내 중소기업의 스마트화 추진으로 산단의 활력과 경쟁력 강화			
중장기 계획 및 전략	· 정부 R&D 중장기 투자전략(과기부, '16.1) – (주거·건설) 주거환경과 ICT 융합을 강화에 부합 – (건축구조물) 건축물의 에너지 절감, 구조물 안전성 기준 등에 부합 – (협업모델) 재난·재해 대비 공공시설물의 안전성·편의성 증진에 부합			
	· 국토교통 R&D 중장기 계획(국토부, '14.7) – 연구시설·장비인프라 및 실험표준 등 세계 5위 수준의 환경구축 (목표) '13년 21위 → '23년 5위 · 국토교통 R&D 사업·관리체계 개편(국토부, '17.05) – 연구기반확충을 위한 ‘연구 실험·실증 인프라 구축 사업’ 추진			
	· 창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(과기부, '14.2) – 융합인프라 고도화 추진			



3.3 중장기 국가재정운영계획과의 부합성 (국가재정운영계획 '16~'20, 2015년)

- 국가재정정책에서 국토교통 분야의 성장동력을 위해 추진하고 있는 12개 분야 65개의 주요정책 중 본 사업은 4개 분야 9개 정책과 부합함

– (R&D분야) 기초연구 및 대형 연구지속 지원*, 도전적 융합연구 활성화를 위한 지원 강화**, 안전·보건 등 국민체감형 R&D 투자확대***

* 거대과학 및 공공인프라 분야 정부지원을 통한 과학기술 기반 강화

** ICT+에너지+건설+홈+방범 등 국토교통 융합연구기반 조성

*** 재난·재해, 감염병 등에 적극적으로 대응하기 위한 범정부 차원의 기술개발 지원

– (산업·중소기업·에너지 분야) 미래 신성장동력 발굴 및 주력산업 부가가치화

* 해양플랜트·로봇·항공·임베디드 S/W 등의 분야에 IT를 융합으로 창조산업 육성

– (SOC 분야) 주요 교통시설 투자효율성 제고*, 핵심 교통인프라 적기 확충**, 예방중심의 안전관리체계 구축***, 미래 신성장동력 확충 및 지역경제 활성화****

* 기존 시설의 활용도 및 연계를 고려한 도로 및 철도 등 교통인프라 고도화

** 교통난해소 및 종합물류 자동화 등을 통한 지역경제 활성화

*** 터널 및 교량 등 SOC 노후시설의 내진보강과 수해예방 능력 강화

**** 자율주행차, 드론 등 첨단 미래 교통수단 상용화 촉진을 위한 기술개발 및 인프라 지원

– (환경 분야) 누수시설 개량·보수 사업 중심의 수질개선사업 내실화

* 노후화된 환경기초시설로 사회 안전문제가 대두됨에 따라 개량·보수 기술개발 및 관리 지원

제 4 절 사업기획 체계 및 추진경과

1. 사업기획 추진체계

■ **국토교통부 사업총괄, 국토교통과학기술진흥원의 사업 주관으로 진행된 기획연구는 주관연구기관(기획 연구 총괄), 위탁연구기관(경제성 분석), 용역사(실증단지 설계 및 개념도 작성)로 구성하여 체계적으로 추진함**

- 효율적 사업기획 추진을 위한 주체별 역할을 명확히 하고, 각 주체별 유기적 협력관계를 마련함
- 사업기획 과정에서 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원의 총괄하에 기획타당성 검토회, 진도보고 등을 통하여 일관된 정책적 방향성을 유지하도록 함
  – 자체 기획 · 자문위원회 뿐만 아니라 전문기관 주최 '기획타당성 검토회의' 등을 통한 기획결과의 객관성을 확보함

■ **기획연구 추진 전략, 체계 등 추진 방법에 대한 적합성 평가, 전체 중장기로드맵 수립에 대한 검토 및 자문기구로 기획 · 자문위원회를 구성하고, 세부 실증기술에 대해서는 전문가 WG을 운영하여 산학연관, 기술분야별 다수의 전문가가 참여하여 본 사업을 기획함**

- 각 기술분야별로 자문위원을 구성하여 중복성 검토, 해당기술 실증의 필요성, 실증시설 · 장비의 우선순위 선정 등에 활용함
  – 기술예측에 대한 분석결과를 검토받고, 미래예측기술과 본 기획과제에서 도출하고자 하는 실증기술분야의 연계성을 고려하여 실증기술(실증시설 · 장비)을 도출함
- 각 기술분야 전문가 WG을 구성·운영하여, 각 중점기술 분야에 대한 실증기술(시설 · 장비)을 도출함
  – 국토교통 분야 R&D 수행 연구자중 WISE10, VC–10 등 실제 연구자들이 자문 · 전문가로 참여함



[그림 1–27] 기획연구 추진체계



[표 1-4] 주체별 역할

주 체	역할 및 구성
국토교통부	· 「종합실증단지」 기획의 총괄주체
국토교통과학기술진흥원	· 기획연구 관리 · 주무부처 대응 및 기획타당성 검토회의 주관
주관연구기관 (국토교통연구인프라운영원)	· 기획연구 총괄 추진 – 국내외 기술동향 및 환경 분석 – 기술수요조사 – 핵심 실증시설 도출 – 실증단지 운영관리 및 공동활용 방안 수립 – 국토교통기술 실용화 지원 전략 및 자립화 방안 수립 등 · 다양한 산학연 전문가 및 자문위원회 구성·운영을 통해 기획결과의 타당성 검토 · (구성) 주관연구기관에서는 국토교통 대형실험시설 12종의 구축 · 운영 · 관리를 담당하고 있음에 따라 기획 및 구축 Know-How가 많은 전문가로 연구진을 구성
위탁연구기관 (전략컨설팅집현)	· 관련 기술, 실증에 대한 산업·시장 분석 · 경제적 타당성 분석(B/C) 및 사회경제·과학기술 파급효과 분석 – 투입비용 적정성 검토 – 편익 산출을 통한 B/C 분석
기획 · 자문위원회	· 실증단지 구축, 실험시설·장비 기획 및 운영 등에 대한 Know-How 공유 · 연구기획의 전체 흐름, 방향, 추진체계 구성 및 전략에 대한 자문 · (구성) 국토교통 R&D 수행 실무 연구원 및 산학연관 전문가들로 기획 · 자문위원으로 구성 – 출연연·공기업, 대학, 산업체, 지자체 등 실질적 실증기술 수요처 소속의 연구자 및 시설 기획, 설계, 구축 및 운영 경험이 풍부한 산학연관 전문가 참여
전문가 WG	· 기술분야별 기술 · 정책 · 산업 동향 및 환경 조사, 분석 · 핵심 실증시설 · 장비 도출 – 시설 · 장비 상세 규모, 성능 도출 및 소요예산 도출 – 실증시설의 핵심 실증기술, 역할, 기능 등 · (구성) 국토교통 R&D 수행 연구자, 기술수요조사를 통해 실증시설의 계획이 있는 연구자 등 해당 기술분야에 전문성이 높은 연구자로 구성
건축사 설계사무소	· 실증단지 · 시설 · 기반인프라 기획설계(개념설계) · 부지 Layout 개념도(배치도, 조감도) 작성 · 건설 공사비 소요예산(안) 산정
협력기관	· 실증단지 구축 후보지 협의 · 유사 실증단지 · 클러스터 관련 운영 및 유지관리 자문

2. 사업기획 추진 과정

2.1 사업기획 추진전략 및 수행방법

■ 기획연구는 국토교통 R&D, 기술·산업 특성에 맞추어 동향 · 환경을 분석하고 종합실증단지 구축, 운영관리 수립 및 공동활용/실용화 지원 방안으로 구분하여 계획 수립

○ 단계별 절차, 연구내용, 세부추진 계획 · 방법, 수행주체를 구분하고, 주요 Activity에 대해서는 별도로 상세 추진 방향을 수립하여 진행함

국내외 사례조사, 동향·환경 분석 및 기술수요조사

정책, 기술, 인프라, 시장 동향 조사 및 분석
실증시설 사례조사, SWOT 분석, 목표 및 Vision 수립
기술수요조사

종합실증단지 구축 및 운영관리 계획 수립

- 우선순위 평가를 통한 실증분야, 시설· 장비 및 지원시설 도출
- 후보지 조사 및 부지 Layout 설계
- 종합실증단지 구축 소요예산 산정
- 단계별 구축계획 수립 및 재원확보 방안 마련
- 중장기 운영관리 계획 수립 등

공동활용 활성화 및 실용화 지원 전략 수립

- 기존의 타 실험시설 연계 방안 수립
- 국토교통기술 검인증 방안 제시
- 기술실용화 지원 방안 제시
- 해외시장 진출 지원 방안 제시
- 실증단지 자립화 방안 검토
- 관련 정책수립 지원 방안 제시 등

사업 타당성 조사·분석

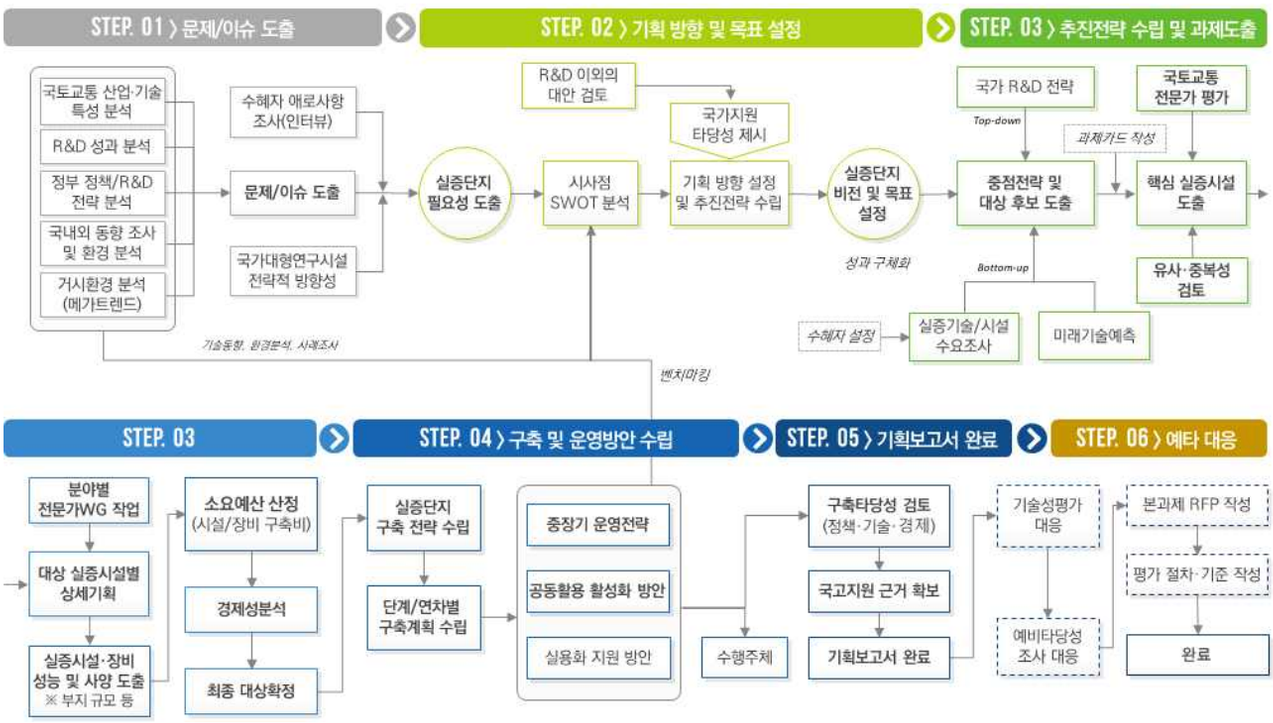
정책적, 기술적, 경제적 타당성 분석 실시 (B/C분석 포함)

핵심실증시설 구축 계획 수립

실증단지 구축 상세계획 수립 및 소요예산 도출

[그림 1-28] 기획 추진 흐름도

종합실증단지 기획연구는 총 6단계로 구분하여 기획추진의 흐름을 명확히 제시하고, 각 단계별 전문가, 자문을 활용함으로써 추진 및 결과의 신뢰성을 확보함



[그림 1-29] 기획연구 추진 절차

미래 사회의 전망 및 이슈 도출

– 각종 연구보고서, 논문, 문헌, 온라인 DB를 활용한 정책, 경제, 사회 등의 영역에서 미래 사회에 중요하게 제기될 수 있는 이슈사항을 도출함 (심층적인 내 · 외부 환경 분석 수행)

– 국토교통 과학기술분야 검토, 국토교통 분야 및 국가 정부정책 · 중점추진전략(R&D 중장기 전략 등)에 부합할 수 있는 기술을 도출함

– 선진 사례에서의 시사점 도출 및 벤치마킹

"전문가", "위원회" 활용

– 기술분야 전문가 · 자문위원을 구성하여 기술예측에 대한 분석결과를 검토받고 미래예측기술과 본 기획과제에서 도출하고자 하는 실증기술분야의 연계성을 고려하여 실증기술(실증시설 · 장비)을 도출함

기술수요조사 수행

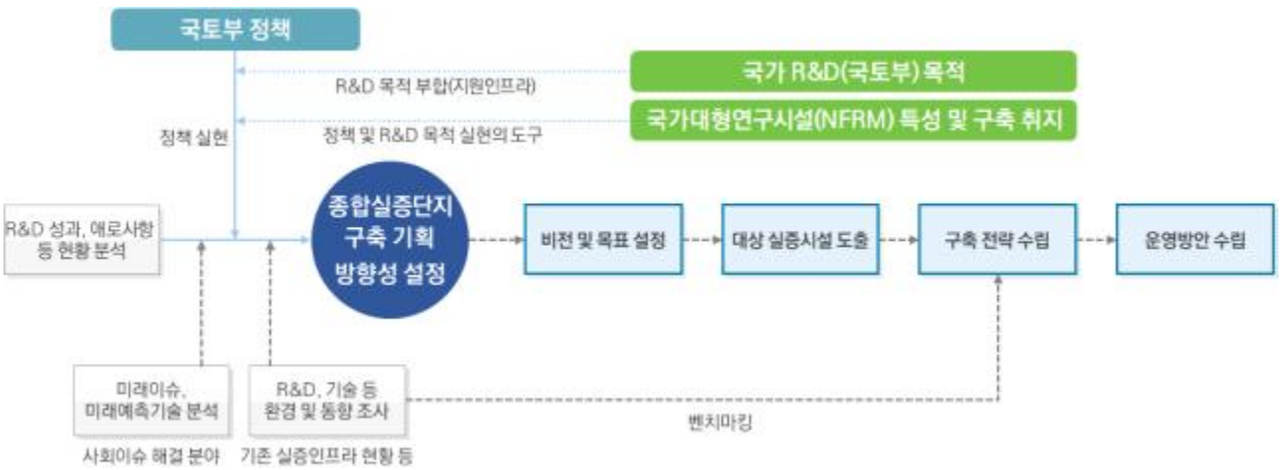
– 국토교통 분야의 전문가를 대상으로 향후 수요가 확대될 것으로 예상되는 기술분야에 대한 수요조사 수행 및 해당 기술의 기술수준에 대한 현황 조사를 수행함

※ 전문기관, 전문가 · 자문그룹과의 지속적인 보고 및 협의를 통해 의견을 반영

우선순위 과제(기술분야) 도출

– 정책 · 기술 · 사회적 중요도/시급성/파급효과 등을 고려한 평가기준을 마련하고, 수요조사를 통해 도출된 기술에 대한 전문가 · 자문회의 및 전문기관 협의를 거쳐 실증시설 도출

– 유사중복성 검토 : NFEC, RED, NTIS 등을 통한 기술분야의 시설 · 장비 유사 · 중복성 검토 등

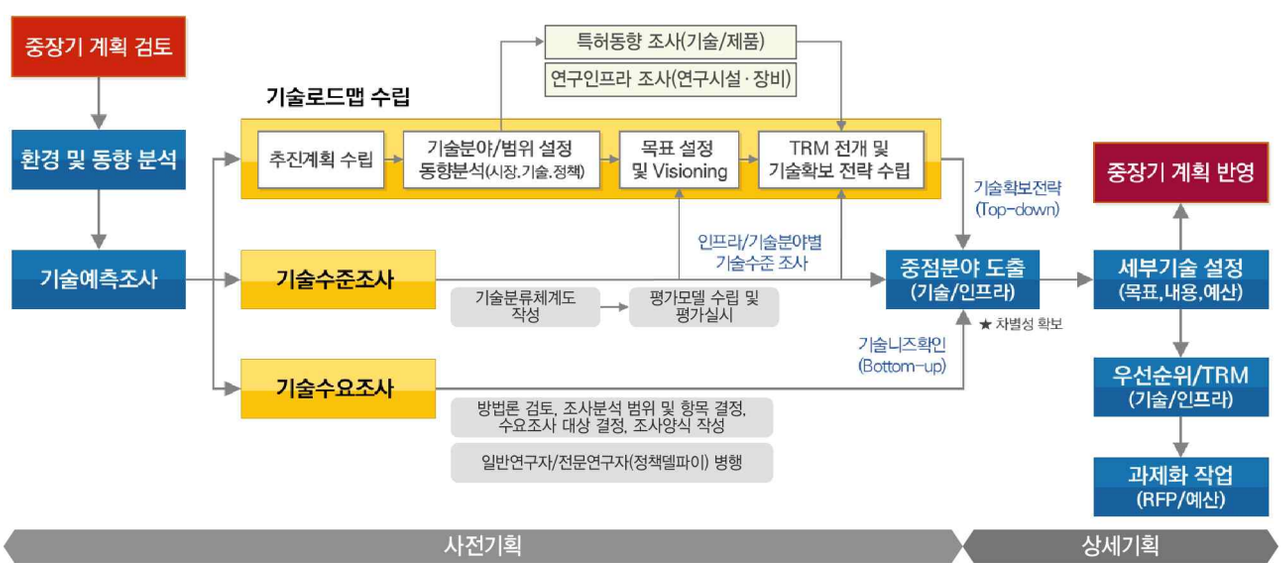


[그림 1-30] 기획연구 방향성 설정 Framework

연구기획 흐름

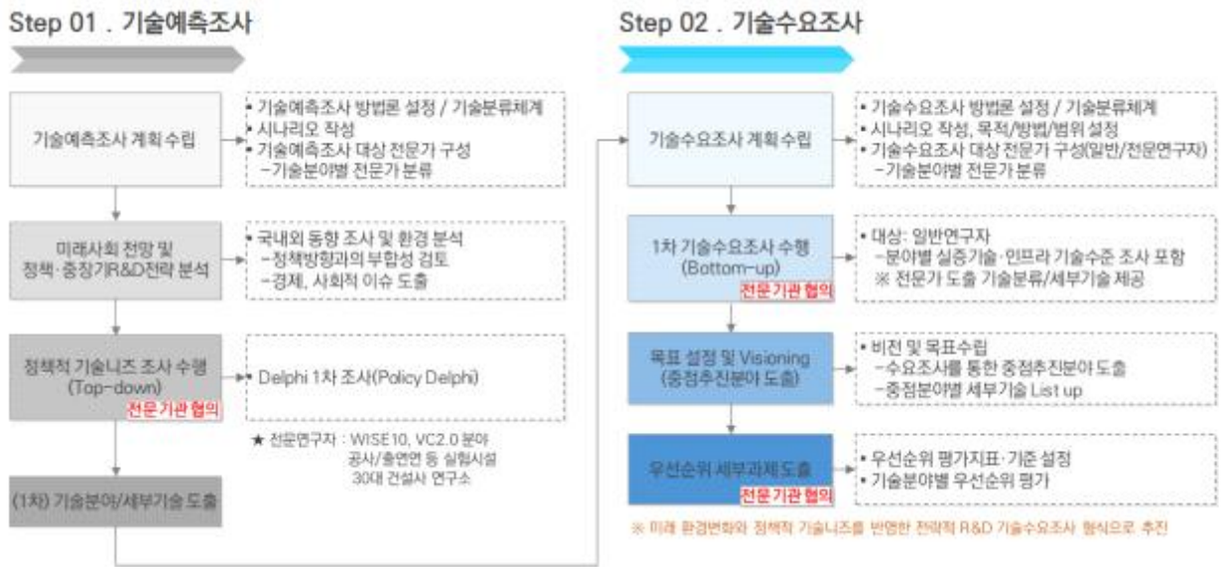
- 국토교통 분야 중장기 계획 및 정부정책 검토를 통해 환경 및 동향 분석을 수행하고, 미래기술예측조사에 반영함
- 기술로드맵 수립을 위한 Top-down 방식의 기술 도출과 기술수요조사를 통한 Bottom-up 방식을 활용한 실증시설(기술/인프라)을 도출하고, 유사·중복성 검토 및 차별성을 검토함

  * 기술수준조사는 국토교통 R&D 기술 수준으로 대체



[그림 1-31] 연구기획 흐름도

- 기술예측조사/기술수요 조사 수행
  - 기술예측조사와 기술수요조사 단계로 분류하여 기술예측조사에서는 Top-down 형태의 정책 델파이 조사를 수행하여 정책적 니즈를 도출함
  - 1차 기술수요조사(Bottom-up 형태) 결과로 나온 실증기술·인프라를 전문가 WG을 통해 대상 실증기술의 상세 분석을 수행함
  - 실증시설의 우선순위 평가를 위한 평가지표 대상 AHP분석 수행



[그림 1-32] 기술예측, 기술수요조사 절차

3. 사업기획 추진 경과

- ('15.12) 국토교통 연구개발사업 대표 브랜드 과제(WISE 10) 발굴 추진
- ('16.03) "종합실증 클러스터 구축 수요조사" 실증 수요 설문조사(국토교통과학기술진흥원)
- ('16.04) WISE10+1 브랜드 과제 선정 (WISE 10과제의 실증지원)
- ('16.07) "첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성" 기획연구 착수
- ('17.05) 국토교통R&D 사업 · 관리체계 개편 (국토교통 실험 · 실증 연구인프라 구축사업 반영)
- ('17.11) 사업 기획연구 완료
  - 부처(국토부 미래전략담당관) 보고 (3회)
  - 기획타당성 검토회의 (4회)
  - R&D 전문기간 원내보고 (3회)
  - 주관연구기관 사업기획위원회 개최(2회)
  - 기술수요조사 실시('16.08)
  - 핵심 실증인프라 우선순위 도출('17.08)
  - 전문가 Working Group 구성 · 운영(핵심 실증인프라 상세기획보고서 작성)
  - 실증단지 부지 검토
  - 공청회('17.11)

제 2 장

국토교통 R&D 대내·외 환경 및 역량분석



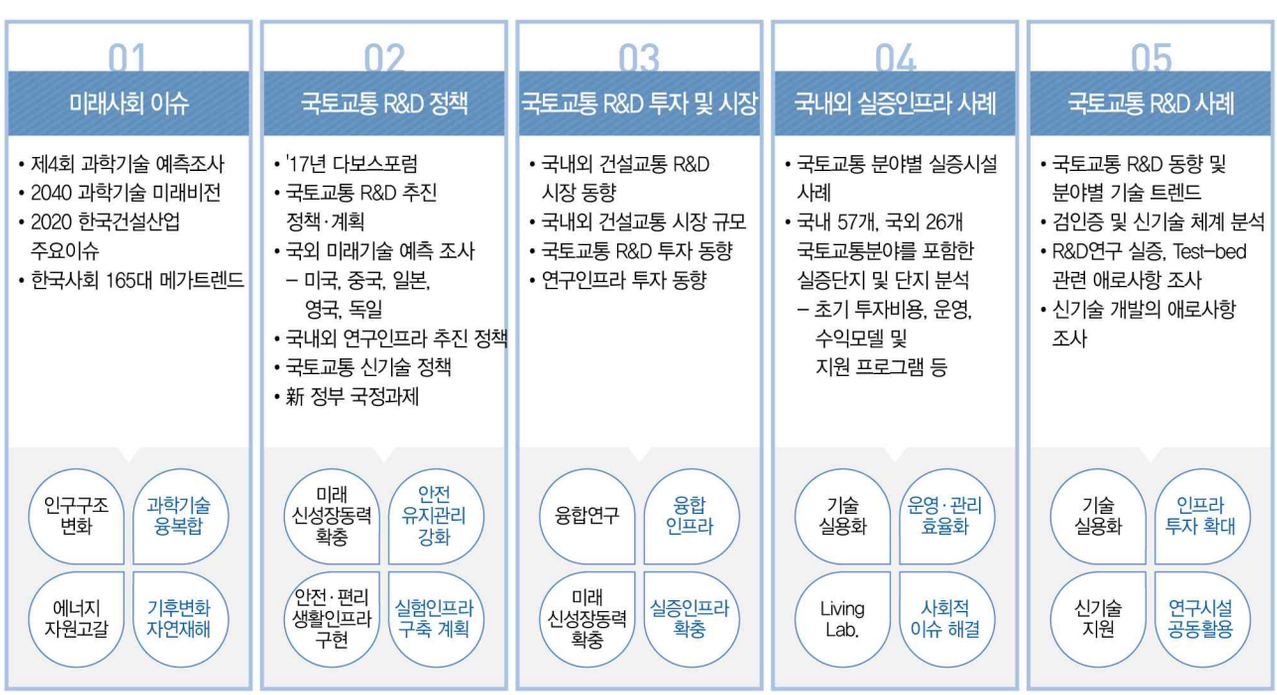


제2장 국토교통 R&D 대내·외 환경 및 역량분석

제 1 절 개 요

대내·외 환경적 분석을 통한 국토교통 기술·산업의 주요 이슈사항을 도출하여 국토교통 R&D의 수준 및 역량 분석

- 국토교통 관점에서의 미래사회 트렌드를 도출하고, 이를 능동적으로 대처하기 위한 대응방향 분석
  - 인구구조 변화, 기술변혁 가속, 자원·에너지 고갈, 기후변화 및 자연재해, 식량 안보·재난 위험
- 국내·외 국토교통 기술·산업의 정책 및 추진방향 등 정책 목표를 달성하기 위한 실천수단 분석
  - 국내 국토교통 R&D 정책, 연구 인프라 정책, 국토교통부 R&D 계획, 건설교통 신기술 정책 등
  - 국외 미국, 영국, 일본, 독일, 중국 등 미래 기술 및 연구 인프라 추진 정책 등
- 국가 기반시설을 생산하는 국토교통 분야의 시장 및 투자 여건·환경 등을 분석
  - 기술혁신을 통한 창조경제 실현, 선제적 미래사회 대응 등을 위한 국토교통 R&D 투자 강화
  - 국내 국토교통 시장이 성숙 단계에 진입함으로써 고부가가치 기술 확보를 통한 해외시장 진출 필요
- 국내·외 연구인프라 구축·운영 사례를 비교·분석하여 벤치마킹 가능성을 검토하고, 종합실증단지의 방향성 검토
  - 국내 57개, 국외 26개 국토교통 분야를 포함한 실증시설 및 실증단지 대상으로 분석
- 국토교통 R&D의 역량 강화를 위해 실용화·사업화 추진의 애로사항을 진단하고, 국토교통 기술·산업적 측면에서의 추진방향을 검토
  - 국내 검·인증 체계 현황, 실용화 장애요인, 사업화 성공요인 분석 등을 통한 국토교통 R&D 역량 분석



[그림 2-1] 대내·외 동향 분석 개요

제 2 절 미래이슈 메가트렌드 분석

1. 글로벌 메가트렌드(STEEP) 분석

■ 메가트렌드(STEEP) 분석을 활용하여 국토교통 산업의 주요 트렌드 도출

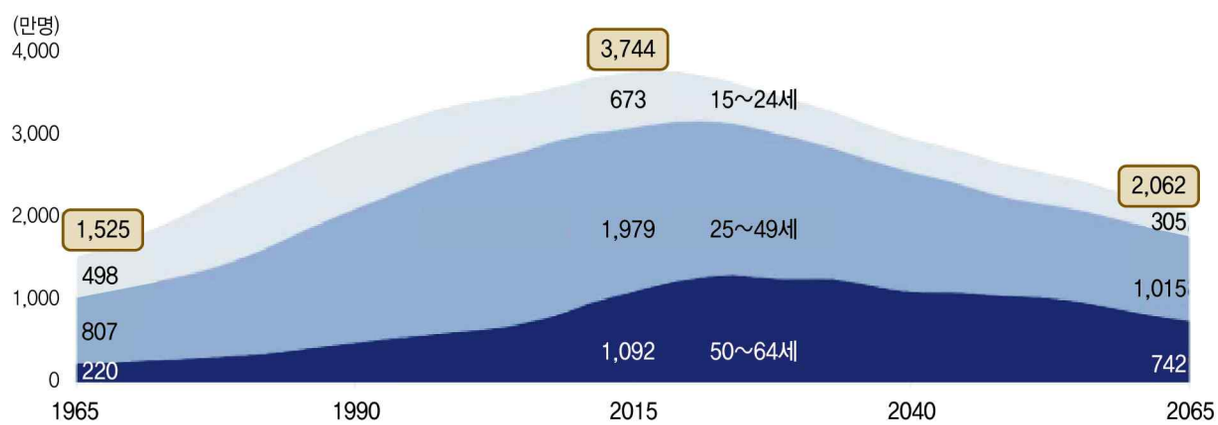
구 분	메가트렌드	주요전망	미래 이슈
사회 문화 분야 (S)	· 인구구조 변화에 따른 고령화 · 삶의 질에 대한 요구증대 및 도시화 가속	· 국토교통 기술 인력 부족에 따른 자동화 시스템 구축 확산 · 국토교통 자동화 시스템 구축으로 인한 사회 갈등 지속	· 산업생산인구 감소에 따라 자동화, 무인화, 네트워크화 등 국토교통기술의 수요 증가 · 국민생활, 생산활동의 안정성 확보를 위한 공급인프라 계획, 사회갈등 해소를 위한 국토교통 인프라 기술 수요 대응이 시급
과학 기술 분야 (T)	· 무인화/지능화 가속 · 과학기술의 발달과 융복합화 · 초연결 네트워크 가속	· 국민생활과 밀접한 국토교통기술의 해소를 위한 개발 확대 · ICT기반 융·복합기술의 국토교통 분야 확산	· 공공 SOC 위험도 평가, 재해·사고 예방기술 요구 · 첨단 센서, IoT 기반 스마트 진단 및 자기보상, 유지보수 등의 기술 수요 증가 · 자동화, 지능화, 신소재, 자율주행, 가상현실 등 4차산업 기술의 국토교통기술 융복합 접목
경제 분야 (E)	· 세계 경제의 글로벌화의 심화 · 글로벌 다각화 시대 정착	· 국토교통 산업 글로벌 경쟁심화 · 선진국과 개발도상국의 제도·기술적 격차 심화에 의한 무역장벽 증가 · 국토교통 기술의 글로벌 인증기준 및 표준화 시스템 강화	· 해외 국토교통 인프라 시장 선점 및 확대를 위한 국내 실적, 조달역량 확보가 중요 · 국토교통 인프라분야의 실증기술 확보를 통하여 무역장벽 해소노력이 필요 · 국토교통분야의 글로벌 표준화, 시험·인증 등 기술무역장벽 해소노력이 필요
생태 환경 분야 (E)	· 에너지 자원 고갈 · 기후변화 및 자원문제 심화 · 물 에너지 부족 심화	· 기후변화 및 에너지 자원 고갈 대응 국토교통 기술 개발 · 공공서비스의 공급의 안전성 및 효율성 도모 · 기후변화로 인한 미세먼지/물부족 심화	· 기후변화 및 환경오염, 에너지 고갈 대한 선제적 대응이 가능한 국토교통 기술개발 · 환경오염 저감기술, 친환경 건설기술, 신재생 에너지 사용 기술, 친환경 교통 기술 개발 등 · 미세먼지 저감기술, 물 부족 대응기술 개발 등
정치 안보 분야 (P)	· 민족·종교·국가간의 갈등 심화 · 국가간 물·에너지 갈등 증가	· 세계적 테러위험 증가에 따른 국토교통 인프라 보완·안전 기술 개발 증대	· 세계적 테러위험 증가에 따른 국토교통 인프라의 보안·안전 기술수요 증대

1.1 사회(Society)

도시화 및 고령화 등 인구구조 변화에 따른 국토공간 재편

- 우리나라 인구는 2031년 5,960만 명을 정점으로 감소 전망
  - 급속한 고령화로 인한 65세 이상 고령자는 2018년 14.3%, 2060년에는 41.0% 전망
  - 생산가능 인구는 2016년을 정점(3,763만 명)으로, 2020년부터 연평균 30만 명 이상 감소 전망
- 초고령 사회 진입으로 교통환경 및 주거복지를 고려한 도시 인프라 확대
  - 고령화가 가속되면서 고령자, 장애자 등 사회적 약자에 대한 Door to Door Transit 교통 기술 및 힐링 주택과 같은 주거 편의 확대
- 저출산과 독신가구 증가 등 사회 환경의 변화에 따라 다양한 가족구성이 등장하고, 그에 따라 개별적인 수요자의 요구에 대응하는 다품종 소량생산 방식의 다양한 주택에 대한 요구 증가
  - 주택의 일부를 공장에서 생산하고 현장에서 조립하는 모듈러 주택, 고도의 공간집적형 (좁은 면적의 부지에서도 설치가 가능한 주택) 모바일 주택 등과 같은 소형주택 확대 전망

생산가능 인구, 1965~2065년



[그림 2-2] 생산가능인구(장래인구추계, 통계청, 2017)

- 도시인구 증가와 지속적인 도시화에 대응할 수 있는 안전한 도시 보급이 가능하도록, 공간 활용 극대화를 통한 국민의 삶의 질 향상 요구 증대
  - 급속한 도시화로 인한 기존 도심지역의 비효율적 개발로 삶의 질 저하와 무분별한 지하공간 및 초고층 빌딩 개발로 인한 환경오염, 소음 등 민원발생 증가
  - 도시형태의 다변화 및 새로운 도시공간 확보로 사회갈등의 요인을 최소화할 수 있는 대심도 지하공간 및 초고층 빌딩 등과 같은 생활공간 확보형 수요 증가 예상

삶의 질 향상에 대한 국민적 요구 증대

- 과거 국토교통에 대한 국민적 요구는 SOC시설물의 안전성과 빠른 이동성에 근간을 이루고 있었지만, 경제적 발전수준에 발맞춰 현대사회에서는 편리성, 쾌적성, 안전성, 자연과의 조화성 등 감성적 느낌을 중요시하는 국민적 니즈 증대

– (안전) 주관적 사회 안전성 평가는 '13년 11.4% → '15년 9.2%로 급락(통계청, 국민 삶의 질, 2017)

* 사회기반시설인 시설물 및 건축물의 안전불안감은 '12년 21.3%불안전 → '14년 50.0%로 급등

* 도로사망률('06년 13.0명 → '15년 9.1명), 아동안전사고사망률('06년 7.0명 → '15년 3.1명), 산업재해율('06년 0.77% → '15년 0.5%) 등 객관적 지표는 꾸준한 개선 추세

– (주거) 월세 증가, 주거비 상승 등으로 인한 경제적 부담 증가로 부정적 평가

* 최저주거기준 충족가구의 상승('06년 83.4% → '15년 94.7%)과 1인당 주거면적의 증가('06년 26.2㎡ → '15년 33.5㎡)에도 불구하고, 주거비용과 통근시간 지표는 지속적으로 악화

– 제로에너지 건축, 공간정보기반 방범기술, 철도안전시스템, 스마트시티, 자율주행차 등의 기술 개발로 국민들의 삶을 보다 안전하고 편리한 삶을 영위할 수 있도록 확대 추진중

○ SOC시설물중 준공 후 30년 이상 경과한 시설물은 현재 전체시설물의 11%이나 10년 후에는 24.4%로 증가할 것으로 예상

– 국민안전 및 경제에 악영향을 미칠 수 있는 노후 SOC시설물에 대한 유지관리 투자가 시급하나, 신규 건설의 약 8% 수준으로 선진국 대비 매우 낮은 수준임

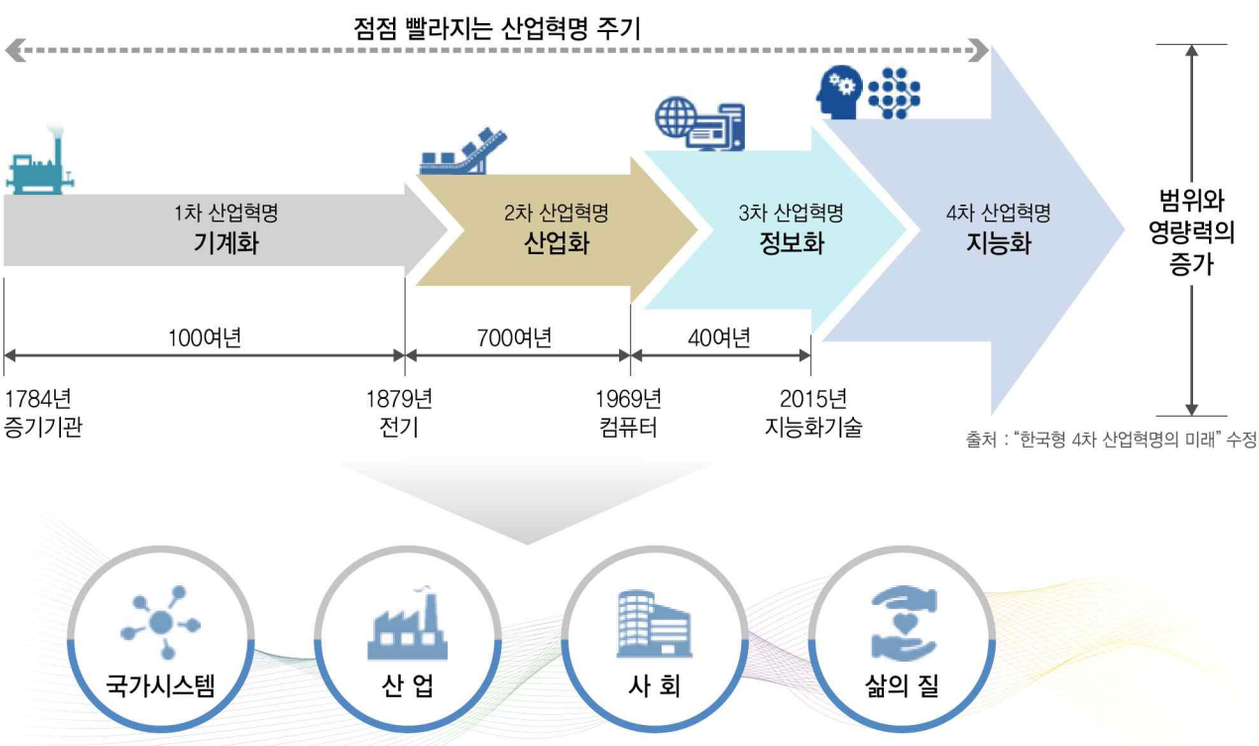
1.2 기술 (Technology)

◪ 과학기술의 발달과 융복합화로 미래산업 활성화

○ 4차 산업혁명은 디지털, 물리적, 생물학적 영역의 경계를 허물고, 기술의 융합을 통한 인류가 경험하지 못한 새로운 시대로 발전시키는 핵심 산업임

– 인류의 산업혁명은 기계화, 산업화, 정보화를 걸쳐 인공지능 (AI), 사물인터넷 (IoT), 무인자동화, 3D 프린팅 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명사회로 진입 전망

– 4차 산업혁명으로 국가시스템, 산업, 사회, 삶의 질 등 전반에 걸쳐 혁신적 변화 전망



[그림 2-3] 실증시설 도출 절차



- 최근 4차 산업 혁명을 대비하여 각 국가들은 정보통신, 자동화, 증강현실 등 과학기술을 융합한 신산업 발굴 및 지원, 산업고도화 추진
  - 가상통신 기술의 발달은 가상기능 공간을 활용한 공간이동 제약이 없는 생활을 가능케 하며, 의료·교육 등과 연계한 스마트 홈 및 헬스케어 등 관련 기술의 수요가 증대 전망
  - 인공지능 융합기술은 자동화 기술과 고령화에 따른 지원 기술로 대변되며, 국토교통 기술에서는 건설자동화, 지능형 교통체계, 유비쿼터스 및 스마트시티 구축 등 관련 기술이 확대될 전망임

전통적 국토교통 기술과 첨단 과학기술의 융·복합화

- 전통적 국토교통 분야에 IT·ICT 기술을 접목함으로서 운영·관리의 효율성, 안전성 및 편의성 향상 등의 인프라 기능 혁신, 입지 및 공간 이용 제약 완화, 지능형 국토 및 교통 관리 가능성 증대, 신산업, 서비스 확장 가능
  - 도서간, 지역간 이동이 활성화됨에 따라 더 빠르고 효율적으로 안전하게 이동할 수 있는 첨단교통시스템 등장 및 신 교통수단의 보급이 확대될 전망임
  - ICT 기술융합을 통한 지능형 교통체계, 사회기반시설, 스마트 도시물순환, 스마트 시티 및 주택 등 지능형 자동관리 기술이 확대될 전망임
  - AI 및 정보통신 기술 기반의 정밀시공, 극한조건 작업 등 건설지원 로봇, 건설 또는 유지보수 작업을 위한 기술 개발이 확대될 전망임
- 국토교통 산업은 IT, CT, BT, RT 등 다양한 과학기술 분야와의 융·복합 연구가 광범위하게 추진되어 왔으며, 최근에는 인문사회, 예술 등 전 분야에 걸쳐 확장되는 추세임

1.3 경제 (Economy)

글로벌 건설시장의 패러다임 변화

- 세계화 인식의 확산 등에 따라 경제적 장벽이 급속히 허물어지고, 최근 자유무역협정(FTA) 체결이 증가하면서 글로벌 기술 · 산업의 무한 경쟁시대로 진입함
  - 세계시장 통합은 기업 입장에서는 글로벌 단일 시장이라는 거대한 기회를 주는 동시에 무한 경쟁이라는 위협을 제기함
- 국내 기업의 해외건설 수주증가율은 연평균 12.1%('06년~'15년)로 국내 총생산(GDP) 대비 5%, 수출총액의 10% 수준으로 경제 성장의 핵심 분야로 자리매김함
  - 기존 우리나라 건설산업은 시공위주의 가격중심 경쟁전략으로 인도와 중국 등 풍부한 노동력을 지닌 국가에 비해 경쟁력이 저하될 것으로 예상됨
  - 우리나라는 해외건설시장 진출에 있어 기존의 저부가가치 노동집약형 경쟁에서 고부가가치 기술 집약형 경쟁으로의 패러다임 전환이 시급함
  - 국토교통부는 기술 · 산업의 새로운 원동력이 될 수 있는 신산업 분야(제로에너지, 해수담수화, 자율주행차, 스마트 시티 등) 지정 및 적극적 투자로 고부가가치형 해외시장 진출을 유도함

■ 신기술 중심의 산업구조 고도화

- 신기술의 발달 및 기술의 융·복합화로 부품·소재, 제조공정, 환경 등 다양한 분야에서 융합기술시대가 도래하고, 이에 기반한 신제품 및 서비스가 지속적으로 출현함
  - 우리나라의 선진기술인 ICT인프라와 역동적인 국민성, 정부의 정책적 의지는 사물인터넷 사업을 위한 최적의 기반이 조성되어, 미래 신성장 동력 확보를 위한 잠재력이 매우 우수함
  - ICT는 국토교통산업과 융합되면서 새로운 사업 기회와 부가가치를 창출함으로써 사회적으로 당면한 문제를 상당부분 완화할 수 있는 마중물 역할을 수행할 것으로 예상
- 글로벌 경제화와 이를 뒷받침하는 인프라들의 공유가 현실화되면서, 국제적으로 효과적인 운영·관리를 위한 국가 간 연계 및 협력 대두
  - 글로벌 표준, 시험인증 등 기술무역장벽 해소를 위한 기반 구축이 증가할 것으로 예상
  - 글로벌 경제 통합이 가속되면서 글로벌 아웃소싱, 금융 및 통신부분에서 국제적 지식서비스 등 새로운 국제서비스 출연 예상

1.4 생태/환경 (Environment)

■ 예측이 어려운 자연재해 피해규모 및 중요기반시설의 사고 등 재난 위험 증가

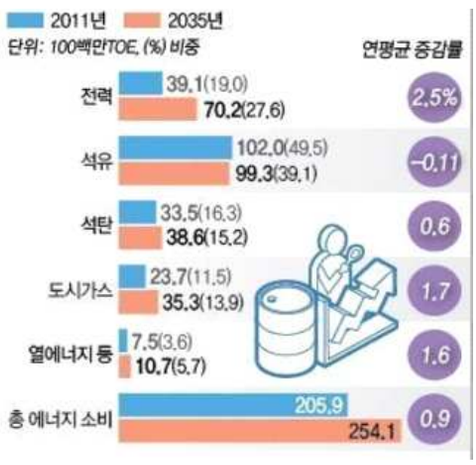
- SOC시설물 및 도로교통 관련 안전사고가 빈번히 발생하여 사회기반시설에 대한 국민의 불안감이 고조됨에 따라 체계적 안전 모니터링 및 관제 체계 구축 수요 확대 전망
  - 최근 공사현장 안전사고 및 준공 시설물의 붕괴 사고 등으로 건축물 및 시설물에 대한 사회안전 불안전 인식율은 '12년 21.3%, '14년 51.3%로 크게 증가
  - 태풍, 지진 및 해일 등 자연재해로 인한 각종 SOC시설물의 사고가 증가함에 따라 시설물의 안전성 확보를 위한 재해예측, 사전경보 시스템 등의 선제적 안전관리 대응 기술 필요
  - 도시화·인구집중 등으로 차량증가, 노후 주택 증가 등 안전 환경이 갈수록 악화되고 대형 안전사고가 빈번히 발생하여 국민의 안전 중시 의식 증가
  - 안개·강설 등과 같은 악천후에 의한 심각한 사고가 지속적으로 발생하는 상황으로 도로교통 인프라 시설에 대한 안전 모니터링 및 관제 체계 구축을 통한 국민의 안전권 확보 기술 수요 확대
- 자연재해 빈도 증가 및 불확실성, 도시·산업시설 집중 등으로 재난 위험 및 피해규모가 증가할 것으로 전망되어 방재·안전 관련 신산업 영역 창출

■ 사회기반시설의 노후화로 인한 체계적 안전관리 요구 확대

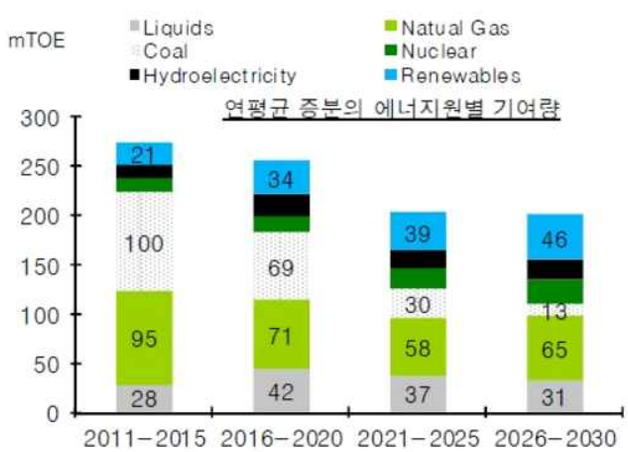
- 1970년대에 건설된 국내 SOC 시설물은 30년 이상인 노후시설물로 현재 총 1,889개(9.3%)에 달하며, 10년 후에는 8,269개로 폭증할 것으로 전망
  - 경제성장기에 건설된 SOC시설물의 노후화로 인한 시설물 성능이 저하되어 국민의 안전 및 경제에 악영향을 미침에 따라 정기 점검 및 유지·보수 기술 수요 확대 전망

지구온난화 및 기후변화 영향

- 인구 증가, 도시화·산업화 등에 따른 CO_2 배출 증가와 환경 파괴·오염으로 지구온난화와 생태계 변화 등 기후변화 가속
  - 전세계적으로 온실가스 배출량은 과거 50년에 비해 향후 50년간 2배 증가하고, 지구온난화로 기상이변, 해수면 상승 전망
    * 교토의정서('05) 발효로 온실가스규제와 CDM(청정개발체제) 본격 가동으로 '10년 CO_2 배출권 시장규모는 1,500억 달러 '20년 1조4,500억 달러로 성장 전망
  - 에너지 및 자원 부족 가속화로 인해 친환경적이고 청정한 대체에너지에 대한 수요 확대 전망



에너지별 수요전망(산업통산부)



연평균 에너지 수요 증분의 에너지별 기여율(BP2011)

- 지구온난화 가속화 (WEF, 2015; 미래준비위원회, 2015; Park & Glenn, 2015).
  - 2030년까지 해수면 상승으로 몰디브가 수몰되고 2040년 전에 시베리아 동토가 녹으면서 러시아가 식량강국으로 부상함(Park & Glenn, 2015)
  - 2040~2045년 지구 평균온도가 산업화 이전 대비 2도 상승, 한국은 해수면 상승으로 새만금/서해안/제주도 등에 수몰지역 발생, 그린란드가 용융의 티핑포인트에 도달, 멕시코만의 슈퍼태풍으로 휴스턴/뉴올리언스가 영구 파괴됨 (Park & Glenn, 2015)
- 물·식량 부족 심화
  - 기온이 상승하고 가뭄 발생기간이 평균 3.4배 증가함에 따라 전국적으로 물 부족이 0.8~2.5배 증가될 전망으로 안정적 물 공급 등 물 관리 전반에 가장 위협적인 요인으로 작용
    * 글로벌 미래연구 싱크탱크인 '밀레니엄 프로젝트'의 '2011년 미래보고서'에 따르면 2025년에 전세계 인구의 절반이 물 부족으로 고통 받게 될 것으로 전망
  - 수자원과 에너지 간에 상호 보완적인 조치를 통해 기후 변화에 따른 수자원 문제와 에너지 문제를 동시에 해결하는 방식과 수자원을 활용한 신재생에너지 생산 및 기존 물 관리 시설 고도화를 통한 에너지 저감 기술개발 등 니즈 확대 전망

1.5 정책/안보 (Politics)

국가간 기술무역 장벽 심화

- 기술무역(Technical Barriers to Trade, TBT) 장벽의 심화에 따라 기술 규정, 표준 및 적합성 평가 절차 등 기술 무역 장벽은 높아지는 추세
  - 국가간 교통에 불필요한 관세, 수량제한, 수입규제 등 장애요인을 감축 또는 철폐하였으나, 자국 국민의 안전, 건강, 환경에 대한 관심 증대로 각종 표준 및 기술규제를 통한 기술장벽 도입 확대
  - 기술발전에 따라 기술표준화의 적용범위가 확대되고, 세분화됨에 따라 제품 자체뿐 아니라 공정, 생산방식에도 기술장벽 도입 추세
- 국제교역 시 선진국의 과도한 안전·환경 규제 및 상세한 기술요건, 상품표시 등의 규제로 국제표준과 검·인증에 대한 소요시간 및 비용 상승으로 무역기술장벽 형성
  - (EU) 환경 보호, 식품 안전, 자동차 안전, 에너지 효율성 등에 관한 기술 규제
  - (일본) 무선통신기기, 연료전지 관련 기술규정 개정, 식품표준을 국제표준에 조화
  - (중국) 식품, 농약, 소화제, 가전제품 소음규제, 에너지효율성, 기기의 안전, 제조 및 판매 책임, 의료기기 등을 규제
  - (한국) 살균첨가물 명칭 및 성분표시, 식품표시, 가공 및 검사 규정, 약품고유번호 표시, 의료기긱, 의약품, 승용차 등에 대한 규제

첨단 융합형 실증연구기반 구축 정책

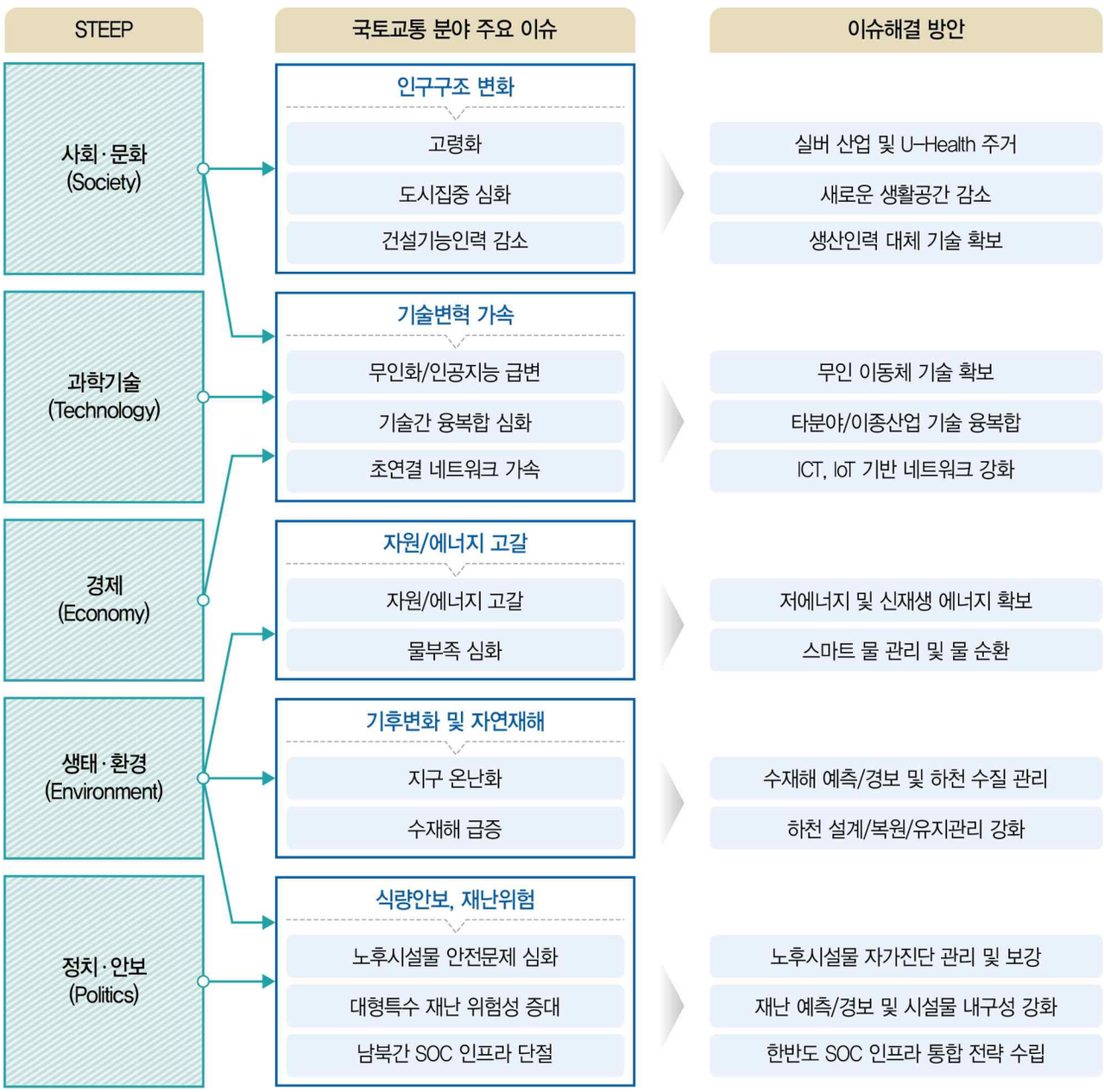
- 2014년 정부는 체계적인 융합연구 기반 구축을 통한 융합연구 활성화를 목표로 5대 국가전략 융합기술 확보 전략에 '융합 인프라 고도화' 수립
  - 각 정부부처에서는 안전하고 효율적인 기술 실용화 환경을 마련하기 위해 실증실험시설·장비 구축, 기술 검인증 표준개선, 전문인력 양성, 제도·정책 개선에 집중
  - 산·학·연·관 네트워크 형성, 지식·정보·인력 공유 등 상호협력을 통한 시너지 효과를 창출하여 지역과 산업의 경쟁력을 향상 목적으로 주요산업의 실증클러스터 조성 사업을 활발하게 추진
- 2017년 국토교통부는 新 성장 활력 확보 및 글로벌 기술선진국으로 도약하기 위한 실험·실증 연구인프라 구축 사업 추진 계획을 수립
  - 개별 원천기술 중심에서 ICT 기술과 연계하여 융·복합 실증을 기반으로 한 미래형 SOC 인프라 추진
  - 국토교통 사업별로 미래 新 성장 분야의 기술 실용화 및 해외 진출 등을 지원하기 위한 대규모 실증단지 구축 니즈 확대

통일 대비 SOC인프라 수요 및 정책

- 문재인 정부의 대북정책은 "경제공동체"로 시작하여 국제사회와 공조를 통한 비핵화, 평화체계를 구축하고, 남북한 통일 공감대 형성으로 정책 전환
  - 한반도 통일을 대비한 국토발전 종합계획을 수립하여 SOC인프라의 단절구간 설계·건설 계획, 주택 수요 등을 고려한 계획 수립

2. 트렌드 변화에 따른 국토교통 R&D 대응방향

■ 국토교통 미래사회 트렌드는 도시화 가속, 생산인구 감소, 삶의 질 향상, 자원고갈 및 에너지 부족, 기후변화 및 재해재난 대응, 융복합 가속 등으로 사회적 변화를 능동적으로 대처할 수 있는 국토교통 R&D 투자 확대 필요



[그림 2-4] 국토교통 분야 미래사회 주요 이슈

○ (인구구조 변화) 고령화 및 도시화 가속에 따른 생산인력부족으로 인해 자동화·무인화 등의 국토교통 기술 고도화가 예상

– (실버 산업 및 U-Heath 주거) 초고령 사회 진입으로 인한 고령자, 장애자 등의 이동·건강 관리를 위한 교통 및 주택 기술 확대

– (생산인력 대체 기술 확보) 고령화로 인한 건설기능인력의 감소로 인력 대체를 위한 건설공정과 이동성 확보를 위한 자동화, 무인화 등 관련 기술 확보

– (도시과밀 대응 새로운 생활공간 확보) 급속한 도시화로 인해 새로운 생활공간의 사회적·국민적 니즈 증가로 메가시티에 대비한 대심도 지하공간 및 초고층 빌딩 등 국토교통 기술 확보 필요

(기술변혁 가속) 4차 산업혁명 기술과의 융복합 가속화로 미래사회의 기술수요를 충족시키기고, 미래 신산업 창출을 위한 선제적 대응 전략 필요

– (무인 이동체 기술 확보) 미래 기술·사회 변화를 반영한 자동화·무인화·지능화 등 신개념의 고부가가치 기술 확보로 국민의 사회적 니즈를 능동적·선제적으로 대응

– (타 분야/이종산업 융복합) 정보통신, 자동차, 기계, 산업디자인 등 다양한 이종산업과의 융·복합으로 새로운 기술·산업 창출 및 국민의 생활·안전 서비스를 강화

– (ICT·IoT기반 국토교통 인프라의 네트워크 강화) 전통적 국토교통기술과 ICT, IoT, Big-data 등이 결합한 기술혁신으로 지능형 사회기반시설, 스마트 교통체계, 주거 등 국민의 안전성, 편리성을 제공하여 공공복지 실현 국가 형성

(자원/에너지 고갈) 에너지·자원 고갈로 인한 신재생에너지 분야의 니즈 확대와 관련하여 국토교통 분야 정책 추진 및 연구개발 투자 강화 필요

– (저에너지 및 신재생 에너지 확보) 세계적으로 증가하는 자원 수요에 의해 자원이 무기화되고 있음에 따라 셰일가스 등 비 전통에너지 자원 확보를 위한 플랜트 및 풍력·태양광 등 신재생 에너지 확대 필요

– (스마트 물 관리 및 순환 확보) 수자원과 에너지 간에 상호 보완적인 조치를 통해 기후 변화에 따른 수자원 확보 및 효율적 물 공급·관리를 위한 기술 확보 필요

(기후변화 및 자연재해) 예상치 못한 자연재난의 발생과 피해규모의 대형화로 재해 예측 및 사전경보 시스템 구축 등 기존 SOC의 성능 향상을 위한 안전기술 개발 필요

– (수재해 예측/경보 및 하천 수질관리) 매년 자연재해로 인한 인적·물적 피해가 발생되고 있으며, SOC 복구비용(2000~2009년)은 피해액의 약 2.2배 수준으로 사전 수재해 예방 기술개발 필요

– (하천 설계/복원/유지관리 강화) 하천유역으로 유입되는 수량을 실시간으로 관측·분석하여 수문관리를 효율화 수행하고, 하천환경 및 수리시설(댐·제방)의 안전한 유지관리 기술개발을 통해 수재해 예방

(식량 안보/재난 위험) 국토의 물리적 환경피해를 최소화하고 효율적으로 대응·복구하기 위한 국가적 차원에서의 새로운 재난안전 시스템 구축 필요

– (SOC시설물 자가진단 관리 및 보강) 센서, 무인기 등 시설물의 내구성 및 안전도를 실시간으로 진단·전송하는 지능형 SOC시설물 자가진단 관리 및 보강기술로 안전성 확보

– (자연재난 예측/경보 및 시설물 내구성 강화) 이상기후로 인해 발생하는 재난 시 SOC시설물 및 건축물의 내구성을 확보할 수 있는 신재료 및 보강 공법 등을 확보하고, 사전 예측·경보를 통해 국민의 안전권 확보

– (한반도 SOC인프라 통합전략 수립) 남북한 한반도 통일을 대비한 국토발전 종합계획을 수립하여 SOC인프라(도로, 철도 등)의 단절 구간 및 설계가 상이한 시설의 지침개발 등 SOC인프라 확보 전략 수립



제 3 절 국내·외 정책 동향

1. 국외 정책 동향

1.1 글로벌 산업·경제 정책 동향

다보스 포럼

- (개요) 최근 다보스 포럼은 세계 경제가 직면한 현안과 세계 경제가 나아가야 할 방향을 모색하는데 집중하고 있으며, '16년(46회)에 4차 산업혁명을 통한 새로운 글로벌 성장 동력 방향 제시
- (2017년 다보스 포럼) 47회 다보스 포럼의 주요 이슈는 ① 4차 산업혁명의 본격화, ② 보호무역주의 확산, ③ 성장둔화와 불확실성 증폭, ④ 포플리즘, ⑤기후변화 대응 실패와 폭력 및 충돌에 대한 경제적 손실로 사회적 통합과 인간 개발에 관한 논의
  - (4차 산업혁명의 본격화) '16년 4차 산업혁명이 시작되었고, '17년에는 4차 산업혁명이 본격적으로 진행될 것으로 전망
  - (보호무역주의 확산) 최근 무역제한 조치가 점차 증가하고 있는 가운데, 트럼프가 미국 대통령으로 당선되면서 보호무역추세가 더욱 강화될 전망
  - (성장둔화와 불확실성 증폭) '08년 금융위기 이후 세계 경제는 지속적으로 하락하고 있는 가운데, 글로벌 경제 성장 경로 예측을 불가능하게 하는 이벤트들이 지속적으로 등장
  - (포퓰리즘) 최근 EU 주요국에서는 이민자 여론 악화, 소득불균형 심화 등으로 기존 정치와 정책에 대한 불만이 표출되면서 포퓰리즘 성향의 정치 세력이 확대
  - (기후변화 대응 실패와 폭력 및 충돌에 대한 경제적 손실) '17년 글로벌 리스크로 기후변화 대응 실패, 자연재해, 난민 위기, 대량살상 무기 등이 상위권으로 발표
- (10대 글로벌 리스크) 세계경제포럼(WEF)은 올해 전 세계 정치, 경제, 사회에 가장 큰 위험이 도래 가능성이 큰 리스크로 '기상이변(Extreme Weather Events)'를 선정

[47회 다보스 포럼의 의제 및 참여인사]

구 분	의제와 참여 인사
주 요 의 제	· 소통과 책임의 리더십 (Responsive and Responsible Leadership) · 불확실성이 커져가는 시대에 나아갈 방향과 비전을 제시해줄 수 있는 리더십에 대해 논의할 예정
주 요 참 여 인 사	· 안토니우 구테헤스 신임 유엔 사무총장 · 시진핑 중국 국가 주석 · 테리사 메이 영국 총리 · 아킨우미 아데시나 아프리카 개발은행 총재 · 마윈 알리바바 회장 · 메리바라 GM CEO · 조셉 스타글리츠 컬럼비아대 교수 · 앵거스 디턴 프린스턴대 교수 · 정의선 현대자동차 부회장 · 조현상 효성 사장 · 김동관 한화큐셀 전무 등

자료 : World Economic Forum

[2017년 상위 10대 글로벌 리스크]

순 위	2017년 상위 10대 글로벌 리스크	
	가능성 측면	영향력 측면
1	기상 이변	대량살상무기
2	난민 위기	기상 이변
3	자연재해	물 위기
4	테러 공격	자연 재해
5	데이터 범죄	기후변화 대응 실패
6	사이버 공격	난민 위기
7	부정 거래	식량난
8	인공자연재해	테러 공격
9	국가간 갈등	국가간 갈등
10	국가통치구조 실패	실업/불완전 고용

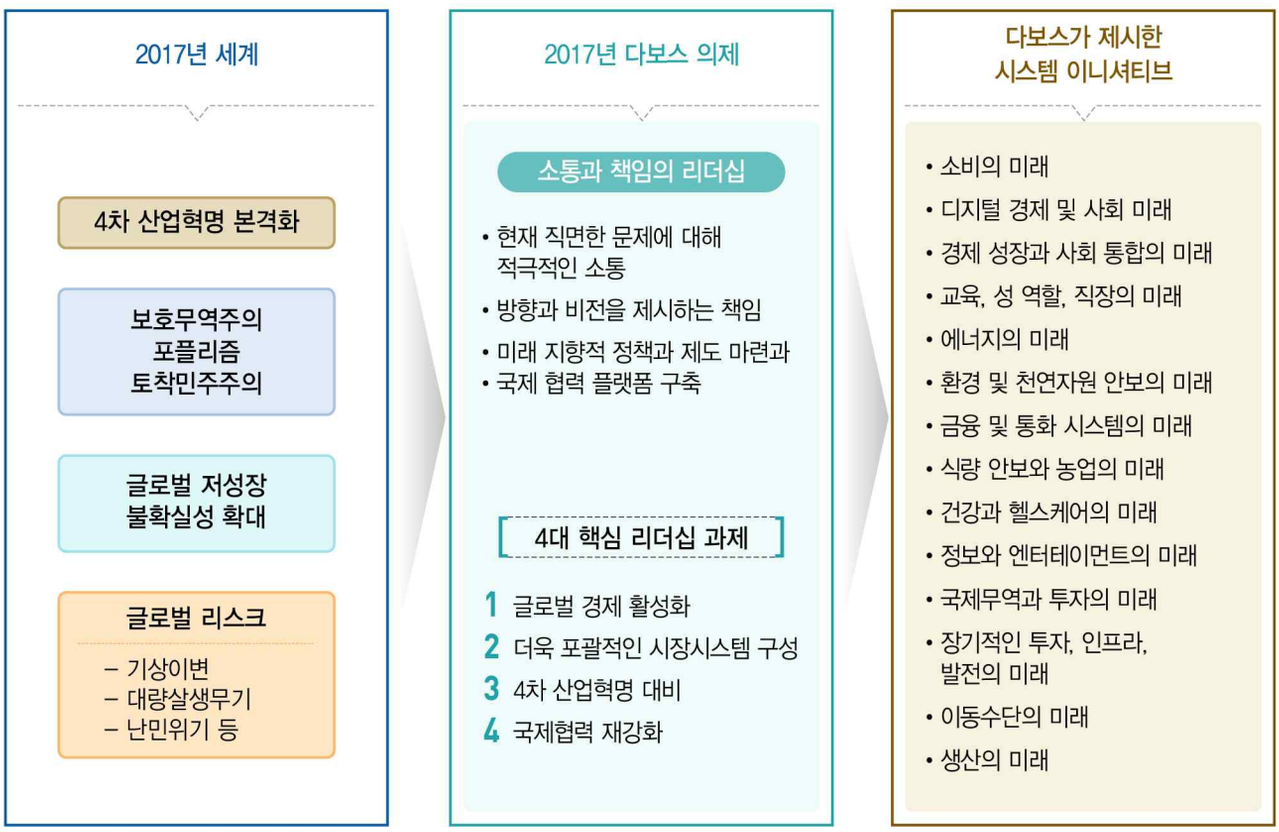
자료 : World Economic Forum, The Global Risk Report 2017

◎ (다보스 포럼의 대응 방향) 경제 구조적 문제들이 존재하는 가운데 보호무역주의 확산, 4차 산업혁명 본격화 등에 대한 대응 방안 마련뿐만 아니라 국내경제 안정화에 주력

– 4차 산업혁명이 가져올 미래 변화에 대한 예측을 통해 선제적으로 산업구조를 고도화하고, 기업환경 개선하는 등 대내외 환경 변화에 대한 대응 필요

– 보호무역주의 확산에 따른 대응 방안 마련과 불공정 사례 제소, 글로벌 스탠다드 구축 등 중장기 대응방안 필요

– 대내외 불확실성 급증에 대비하기 위한 국내 경기 안전화 및 경제 체질개선 노력에 주력



[그림 2–5] 2017년 47회 다보스 포럼의 대안 (현대경제연구원, 2017)

◎ (국토부 대응 방향) 4차 산업혁명을 통한 미래사회 변화에 선제적으로 대응하고, 국토교통 관련 고부가가치 기술을 해외시장에서 선도할 수 있는 표준화·검증체계 구축 등 중장기적 관점에서의 국토교통 R&D기술 및 산업의 체질개선이 필요

– 국토교통 종합실증단지는 ICBM'S(ICT, Cloud, Big–data, Mobil, Service) 융합한 국토교통 R&D 기술 및 산업 등 관련 주요 기술을 실험·실증 및 검·인증을 One–Stop으로 수행할 수 있는 연구인프라 기반의 생태계를 조성하여 불안정한 글로벌 사회·경제적 이슈 대응 필요



1.2 해외 연구인프라 정책 동향

· 해외 선진국에서는 미래 사회의 인구증가, 기후변화, 환경오염 등에 대비한 미래 신산업 기반의 기술 및 4차 산업을 적용한 융·복합 R&D 기술을 실증하기 위한 최첨단 연구인프라 구축 정책을 추진

■ 연구시설·장비는 연구자원과 연구정보를 모두 포괄할 수 있는 핵심인프라 자원으로서 미국, EU 등 선진국의 경우에도 과학기술의 선진화를 위해 연구시설·장비 확보·운영과 관련된 정책에 집중[1)]

◎ (미국) 세계과학기술발전의 선진국으로서 대형연구시설을 통한 새로운 발견 및 이를 활용한 신기술 창출을 지향하기 위해 인프라 구축 정책을 추진

– 대형연구시설에 대한 전략적 지원과 효율적 관리를 중요시하며, 창조적 공유와 다학제적 활용 등을 통한 국가 연구인프라의 체계적 구축 및 효율성 제고를 도모

– 최근 6년간(2007~2012년) 국가 R&D 총 예산 중 평균 2.8%에 상당하는 약 4조원의 예산을 매년 연구시설·장비 구축비용으로 투입하고 있으며, 이를 통해 안정적이고 체계적인 대형연구시설 구축 및 운영을 지원

◎ (유럽) 회원국들 간의 전략적인 협력 및 장점을 극대화하기 위해 범유럽 차원에서 필요한 대형연구시설의 우선순위에 따른 체계적 통합운영을 시행

– 유럽연구인프라 전략 포럼(European Strategy Forum on Research Infrastructures, 이하 ESFRI)에서는 '06년부터 범유럽 차원에서 필요한 전 분야의 대형 연구시설·장비의 과학기술적 수요를 제시한 연구인프라 로드맵(European Roadmap for Research Infrastructures)을 추진하고 있으며, 국가별로 각각의 로드맵을 수립

– ESFRI 로드맵 구축을 위해 EU의 회원국인 총 27개국이 참여하고 각 대표들이 수립한 구축로드맵은 2년마다 수정·보완

* '06년에는 35개 시설에 대한 로드맵을 수립하였으며 약 20조원의 투자계획을 수립

* '08년에는 '06년 로드맵에 대한 수정안으로 약 26조원을 투자하여 44개 시설을 구축하는 계획을 수립

– 대표적인 사례로는 유럽입자물리연구소(CERN) 및 반양성자연구시설(FAIR), 유럽파쇄광원(ESS) 등

◎ (일본) '특정첨단대형연구시설' 촉진 정책을 통해 연구 인프라를 확대해 왔으며, 기초과학수준 강화를 위해 대형연구시설계획 로드맵('10)을 구축하고, 연구거점 형성을 위한 대형연구시설 구축 추진

– 그린·라이프 이노베이션 추진과 국제경쟁력 강화를 위한 연구거점 형성을 위해 '특정 첨단 대형 연구시설의 공용 촉진에 관한 법률'에 기초하여 대형 연구시설 구축 촉진 및 대형연구시설 계획 로드맵의 수립

* 향후 10년간 43개 시설에 대해 2조 1,110억엔을 투자하는 계획을 수립

– 국토교통성은 '종합기술개발프로젝트', '건설기술연구개발조성제도', '국토기술연구회' 등의 주요 연구개발제도를 통해 연구개발 방향을 추진하고 관련 연구인프라 구축 유도

1) 기초연구 인프라 정의·범위 및 중요성, NFEC, 2014.08.18., No10

■ 미래 신산업 기반 산업발전과 과학기술 역량 강화를 위해 선진국에서는 연구인프라 구축을 지속적으로 투자 투자하기 위한 전략을 수립

○ (미국) 미 연방정부는 국가차원의 임무(20가지 기능 분류)에 따른 R&D 현황을 살펴보면, 2015년 대비 2016년 증가율은 국방 8.1%, 비국방 4.7%로 증가하는 추세

– 특히, 국토교통과 관련된 에너지, 환경, 교통과 관련된 R&D 증가율은 평균 18.1%로 비국방 R&D 증가율보다 약 4배 증가

[표 2-1] 연구개발 단계별 예산 (단위 : 백만 달러)

구 분			FY 2014 결산	FY 2015 추정	FY 2016 예산(안)	증감 ('16–'15)(%)	FY'16 비중(%)
R&D 수행	기초	국방	2,176	2,343	2,150	△8.2%	1.5%
		비국방	29,928	29,531	30,673	3.9%	21.1%
		소계	32,104	31,874	32,823	3.0%	22.6%
	응용	국방	7,655	7,589	7,501	△1.2%	5.2%
		비국방	24,889	25,193	26,368	4.7%	18.1%
		소계	32,543	32,782	33,869	3.3%	23.3%
	개발	국방	60,747	60,834	66,720	9.7%	45.9%
		비국방	8,018	8,750	9,422	7.7%	6.5%
		소계	68,763	69,534	76,142	9.4%	52.4%
	소재	국방	70,578	70,765	76,371	7.9%	52.6%
		비국방	62,833	63,474	66,463	4.7%	45.7%
		소계	133,410	134,239	142,835	6.4%	98.3%
R&D 시설 및 장비		국방	382	259	422	62.5%	0.3%
		비국방	2,280	2,133	2,249	5.4%	1.5%
		소계	2,661	2,393	2,670	11.6%	1.8%
국방 R&D			70,984	70,841	76,602	8.1%	52.7%
비국방 R&D			65,112	65,607	68,712	4.7%	47.3%
총 R&D 합계			136,097	136,449	145,314	6.5%	100.0%



◎ (독일) 기초연구를 위한 대형연구시설의 구축 재원을 국가차원에서 별도의 R&D 예산으로 편성하고 있으며, 투자 비중을 지속적으로 확대[2)]

– 독일 연방교육연구부(BMBF : Federal Ministry of Education and Research)는 2002년 최초로 대형연구시설 로드맵을 수립하여 전문가 평가, 정책적 고려 등 체계적인 과정을 거쳐 대형연구시설 투자계획을 수립

* 헬름홀츠·라이프니츠·막스플랑크 연구협회 등에서 요구된 세계 최초의 대형 연구시설·장비 구축 로드맵(Statement on Large-Scale Facilities for Basic Science Research)을 수립하고, 9개 시설에 대해 20년 동안 약 9조원 투입 예정

[표 2-2] 지원분야별 연방정부 R&D 예산 배분현황 (단위 : 백만 유로)

지 원 분 야	2011년	2012년	2013년
보건연구 및 제약기술	872.3	1,115.1	1,048.6
바이오기술	390.8	285.9	392.3
시민 안전연구	83.3	87.1	86.0
식품, 농업 및 소비자 보호	545.9	553.2	599.7
에너지 연구 및 에너지 기술	772.6	800.3	995.1
기후, 환경 및 지속 가능 발전	802.0	869.9	939.7
정보통신기술	600.3	643.3	668.6
자동차,교통 및 해양기술	555.4	276.2	378.4
우주항공	1,271.6	1,308.7	1,342.2
노동환경 개선 및 서비스 분야	75.1	84.9	77.0
나노 및 소재기술	213.3	232.3	258.4
광기술	108.7	117.5	112.9
생산기술	74.6	58.2	67.2
지역 도시개발 및 건설기술	54.5	69.6	67.0
교육혁신	448.3	399.0	423.5
인문, 경제 및 사회과학	660.8	651.1	662.9
중소기업 혁신지원	1,356.1	1,006.7	1,038.3
혁신 기초환경 개선	90.4	222.4	219.3
연구지원기관 및 대학지원	2,974.1	3,074.5	3,153.0
기초과학분야 대형연구시설 구축	935.0	1,058.9	1,119.9
국방과학 연구	950.7	943.9	953.1
예비비	-155.9	-169.1	-164.1
합 계	13,680.1	13,689.5	14,439.9

2) 국가연구시설장지의 효율적 활용을 위한 인식조사와 등록프로세스 개선요인도출, 기술혁신학회지 제17권 4호, 2014.12 pp.733~762

■ 미래 과학기술 변화 대응 및 국가경쟁력 제고를 위하여 해외 선진국들은 대형연구시설 구축 중장기 로드맵을 수립하여 체계적인 연구인프라 확보방안 추진

- (미국) 국립과학재단(NSF)은 나노에서 우주까지 전 영역에 걸친 대형연구시설 구축계획을 수립하고, 주기적(3년)으로 수정·보완
  - 로드맵에 수립된 대형연구시설의 안정적 구축 및 운영 활성화를 위하여 별도의 예산 계정을 확보·운영 중
  - 에너지부(DOE)는 신산업 육성에 필요한 미래 대형연구시설 로드맵을 수립하고, 주기적으로 점검(4년)
- (일본) 아시아권에서는 OECD 포럼에 참여한 일본이 일본학술회의(SCJ)를 통해 대규모 연구계획과 연계한 대형연구시설 구축로드맵 수립
  - 기초과학의 수준 강화를 위한 7대 연구 분야별(인문·사회과학, 에너지·환경·지구과학, 물질·분석과학, 생물과학·공학, 우주공간과학, 정보인프라 등 43개) 계획 수립
- (중국) 중국과학원(CAS)을 중심으로 '2050년 거대기초과학시설 로드맵' 수립
  - 과학기술 전 분야를 대상으로 체계적인 인프라 확충을 위해 중장기(40년) 계획을 수립
- (EU) EU 차원의 과학기술 수요에 능동적 대응 및 대형연구시설의 공동구축·활용을 위한 기구(ESFRI)를 설립하고 연구인프라 종합로드맵 수립
  - 향후 10~20년간 유럽차원에서 필요한 대형연구시설·장비의 우선순위에 따른 체계적인 구축과 통합·운영이 주 목적
  - 인문·사회과학, 환경과학, 에너지, 생물·의학, 재료·분석시설, 물리과학·공학, e-Infrastructure 등 7대 분야에서 44개 시설 구축
- (영국) 대형연구시설의 체계적이고 효과적인 구축을 위한 전략적 계획으로 '대형연구시설 로드맵(Large Facilities Road Map)'을 수립
  - 대형연구시설에 관한 로드맵은 RCUK(Research Councils UK)의 전략적 관리 도구로서 모든 학문 분야에 걸쳐서 현재 그리고 미래의 대형연구시설에 대한 영국의 구상을 제시
  - 대형연구시설에 대한 로드맵은 15년간의 장기 계획으로 매 2년마다 정부의 Spending Review 주기를 반영하여 보완·발전하였으며, 2005년부터 매 2년 주기로 22조원 투입
- (프랑스) 고등교육연구부(MHER)는 과학기술 전 분야의 인프라 고도화를 위하여 대형연구시설 로드맵 수립
  - 7개 분야 별로 3가지 범주로 구분하여 총 90개 대형연구시설의 구축계획을 제시



과학기술 역량 집중을 통해 연구장비 산업을 지원하고, 일자리를 창출하는 고부가가치 산업으로 추진하기 위한 실증평가 역량 강화

- (일본) 나노기술 연구거점 구축을 목표로 2009년 '츠쿠바 이노베이션 아레나(TIA: Tsukuba Innovation Arena, 이하 TIA)'를 설립하여 개별기관이 보유한 기술과 지식을 융합한 글로벌 거점으로 육성계획 수립[3)]
  - TIA는 첫째, 세계 최고 수준의 연구개발 및 실증평가 역량 확보, 둘째, 연구성과 실용화를 위한 성능 및 안전성 평가 역량 확보, 셋째, 국제표준화·인증, 인재양성 역량 확보를 설정
- (벨기에) Sirris는 다년간의 하이테크 기술 및 산업 분야의 전문성을 바탕으로 개별기업 기술과 제품의 시장성을 제고하는 솔루션을 제공하고, 기업 상용화를 위한 연구 인프라 구축 및 실증실험을 지원[4)]
  - 기업이 제품 상용화를 위한 실증실험을 진행하는 방법은 연구인프라를 활용하여 기업이 직접 실증실험을 진행하거나, Sirris 전문가와 협업하여 진행할 수 있음

과학기술 환경의 변화로 인한 신과학 및 신기술개발의 촉진·지원을 위한 기반기술의 중요성이 부각되고 있으며, 과학기술 선진국들은 기반기술 확보를 위한 전략과 투자를 강화[5)]

- (미국) 과학기술 전 분야에서 세계최고 수준을 유지 및 선도하기 위해 기초연구의 중요성 및 투자확대를 지속적으로 강조하고, 연구장비 및 시설의 인프라 투자 확대로 세계 최고 수준의 기반기술력 강화 및 과학적 현상의 근본원리와 근원적 현상을 발견하기 위한 근본연구를 국가 전략 차원에서 강화
- (유럽) 유럽단일연구지역(ERA)의 비전을 바탕으로 거대시설 및 장비의 건설과 개량에서부터 시스템 및 연구자 간 네트워크 형성 등에 이르는 연구인프라 제도를 추진하고 있으며, 이를 통해 확보된 기반기술로 다학제적 협력과 기술 융합, Jump-up 등 기술환경 변화에 효율적으로 대응

3) 공공연구기관의 기술사업화 촉진을 위한 C&BD형 사업의 모색
4) Sirris 홈페이지(http://www.sirris.be/about)와 2012년, 2013년 연차보고서 내용을 참고하여 작성
5) 국가 기반기술 확보전략 및 추진방안, 과학기술정책연구원, 2011.09

1.3 해외 미래기술 예측

· 해외 선진국들의 미래기술 동향분석을 통해 국내 R&D의 추진방향을 설정하고, 이를 대응하기 위한 연구인프라의 구축 방향을 도출

해외 미래기술예측 사례

○ 과학기술 선진국인 미국, 일본, 중국, 영국, 독일을 대상으로 미래기술을 분석

[표 2-3] 해외 미래기술예측 사례

대상 국가	예측기관	현황	주요 프로세스 및 특징	홈페이지
미국	국가정보위원회 (National Intelligence Council, NIC)	글로벌 트렌드 2030 (Global Trends 2030, 2012년) *4년 주기로 발간	· 주요 테마분석 · 4대 메가트렌드 및 6개 변화요인 도출 · 4개 대안 시나리오 제시	https://www.dni.gov/nic/NIC_home.html
	메사추세츠공대 (MIT)	테크놀러지 리뷰 (Technology Review, 2016년) *1년 주기로 발간	· 전 세계적으로 연구되는 기술(IT, BT, ET 등) 중 5년 안에 파급효과가 큰 기술을 10대 혁신기술로 선정	https://www.technologyreview.com
	TechCast	기술예측 (Technology Forecasts) *상시 업데이트	· 7대분야(IT, BT, ET, 우주 등) 70여개 기술에 대한 출현시기, 시장규모 등을 평가 · 10년 이상 장기적 관점의 기술전망	http://www.techcastglobal.com
일본	문무과학성 과학기술학술정책연구소 (National Institute of Science and Technology Policy, NISTEP)	제10회 과학기술예측조사 (2015년) *5년 주기로 실시	· 미래(향후 30년정도)의 경제사회 또는 과학기술 자체의 발전에 큰 영향을 가져올 잠재적 가능성이 높은 과학 기술 추출	http://www.nistep.go.jp/en/
중국	중국과학원 (Chinese Academy of Science, CAS)	중국 미래 20년 기술예측연구 (2003년~2008년)	· 2차에 걸친 델파이조사를 통해 전문가 의견수렴 및 핵심기술 개발, 국가 핵심기술 선정	http://english.cas.cn/
		창신2050: 과학기술과 중국의 미래(2010년)	· 2050년까지의 주요 18개 과학기술분야의 장기적 환경변화 전망과 대응전략 설정	
영국	과학기술청 (Government Office for Science, GOS)	기술과 혁신의 미래: 2020년 영국 성장기회(2010년, 2012년)	· 국가경쟁력 제고, 산업계, 과학계 및 정부 간 파트너십 형성, 10~20년 후의 유망기술 선정	https://www.gov.uk/government/organisations/government-office-for-science
독일	연방교육연구부 (Bundesministerium fur Bildung und Forschung, BMBF)	독일 예측조사 2030 미래비전 (1차:2007년~2009년, 2차:2012년~2014년)	· 미래 주제를 14개로 클러스터링 · 7개의 미래분야 도출(1차) · 독일 연구 및 혁신 정책의 새로운 미션 발굴(2차)	https://www.bmbf.de/en/index.html



미 국

국가정보위원회 '글로벌 트렌드 2030'

– 2012년 발표한 글로벌 트렌드 2030은 4대 메가트렌드(Mega Trends) 및 6개 변화요인(Game Changers), 이에 기반을 둔 4개 대안 시나리오(Alternative Worlds)로 구성

[표 2-4] 미국의 글로벌 트렌드 2030

4대 메가트렌드 (확실하게 예측이 가능한 미래변화)	6개 변화요인 (메가트렌드에 영향을 미칠 핵심 변화요인)	4개 대안 시나리오 (메가트렌드와 변화요인의 상호작용에 기반을 둔 2030년의 세계변화 모습 제시)
① 개인의 권한 확대 ② 권력의 분산 ③ 인구패턴의 변화 ④ 식량, 물, 에너지 위기	① 세계경제의 위기 ② 거버넌스 차이 ③ 분쟁 증가의 가능성 ④ 지역적 불안정성의 증가 ⑤ 신기술의 영향 ⑥ 미국의 역할	[시나리오1] 멈춰버린 엔진(Stalled Engines): 최악의 시나리오 [시나리오2] 융합(Fusion): 최상의 시나리오 [시나리오3] 램프밖으로 나온 지니(Gini out of the Bottle): 국가 간 불평등 심화 [시나리오4] 비국가적인 세계(Nonstate World): 비국가 세력들의 주도

자료: NIC(2012), Global Trends 2030: Alternative Worlds

– 또한, 6개 변화요인 중 신기술의 영향으로 정보통신기술, 자동화 및 제조기술, 자원기술, 보건의료기술이 2030년까지 전 세계의 경제·사회·군사적 발전을 형성할 것으로 예측

[표 2-5] 미국의 미래기술 변화요인

구 분	세부기술	전 망
정보통신기술 (Information Technologies)	데이터 솔루션 (Data Solutions)	· 축적할 수 있는 데이터양과 그 데이터를 유용하게 활용하는 능력사이의 격차를 최소화
	소셜네트워킹 (Social Networking)	· 사용자들이 개인정보보호와 활용성 사이의 균형을 맞추는 것이 중요
	스마트시티 (Smart City Technologies)	· 신기술과 기존 인프라의 통합 시스템 구축은 거대한 규모와 복잡성, 고비용이라는 큰 난관에 봉착
자동화 및 제조기술 (Automation and Manufacturing Technologies)	로봇공학 (Robotics)	· 로봇의 비용을 낮추고, 지능 향상과제 직면
	자율 주행 차량 (Autonomous Vehicles)	· 자율 주행 차량이 얼마나 안전하고 정확하게 주행할 수 있느냐가 관건
	첨삭가공 (Additive Manufacturing or 3D printing)	· 품질 향상 및 비용 절감 문제가 첨삭가공 기술 수용이 주요 이슈
자원기술 (Resource Technologies)	유전자 변형 작물 (Genetically Modified Crops)	· 유전자 변형 작물의 시장 진입시기 단축과 안전성 확보가 중요
	정밀농업 (Precision Agriculture)	· 농업장비 가격 절감과 소규모 농장으로의 확장성이 주된 장애물
	물 관리 (Water Management)	· 미량관개기술 도입 비용을 줄이는 것이 중요
	바이오기반 에너지 (Bio-Based Energy)	· 기술의 비용 경쟁력 해결이 주된 장애 요소
	태양에너지 (Solar Energy)	· 에너지 저장 및 하이브리드 시스템 기술 필요
보건 의료 기술 (Health Technologies)	질병 관리 (Disease Management)	· 고비용의 건강보험으로 인해 빈곤지역 주민의 이용 한계
	인체 강화 (Human Augmentation)	· 고비용 때문에 일부 사람들만의 전유물이 될 수 있음

자료: NIC(2012), Global Trends 2030: Alternative Worlds

메사추세츠공대(MIT) '테크놀러지 리뷰(Technology Review)'

– 2016년 6월, 미국 MIT에서는 테크놀러지 리뷰를 통해 2016년 10대 혁신기술(Breakthrough technologies)를 발표

[표 2-6] 미국의 테크놀러지 리뷰 10대 혁신기술

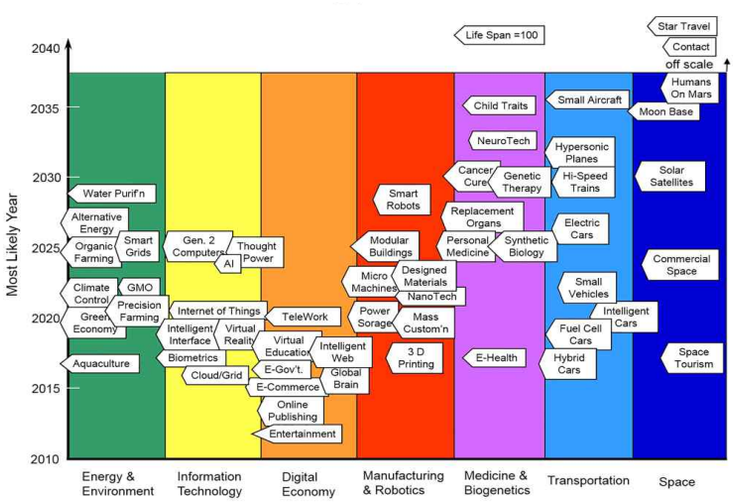
10대 기술	내 용	실용화 시기
면역공학 (Immune Engineering)	· 인간의 면역 체계에 유전자 조작을 가해 질병을 극복하고 건강 증진	1~2년 후
식물 게놈 편집 (Precise Gene Editing in Plants)	· 유전자 조작을 통해 사막과 같은 극한 환경에서도 성장할 수 있는 식물을 성장시킬 수 있는 기술	5~10년 후
대화형 인터페이스 (Conversation Interfaces)	· 음성 조작이나 생체 인식 기술 등을 통한 모바일 기기 활용도를 높이는 기술	현재
재사용 로켓 (Reusable Rockets)	· 1회용이 아니라 여러 번 발사할 수 있는 로켓	현재
로봇을 이용한 로봇 교육 (Robots That Teach Each Other)	· 프로그램대로 움직이는 로봇에서 다른 로봇에게 얻은 지식이나 경험을 공유하고 진화하는 로봇개발로 진화	3~5년 후
DNA 앱스토어 (DNA App Store)	· 유전자 정보를 온라인으로 판매하는 비즈니스 모델	현재
솔라시티 기가팩토리 (SolaCity's Gigafactory)	· 거대한 태양광 패널 제조 공장	1년 후
업무용 메신저 슬랙(Slack)	· 플리커 설립자인 스튜어트 버터필드가 만든 메시지 도구, 개인 뿐 아니라 기업 사내 커뮤니케이션 도구로 사용	현재
테슬라 자동운전장치 (Tesla Autopilot)	· 테슬라모터스의 자동운전 차량 개발	현재
공중전력공급 (Power from the Air)	· TV, 라디오, 휴대폰, 와이파이와 같은 기기 근처에서 발생하는 전자파를 에너지로 가져와 통신에 이용하는 기술	2~3년 후

자료: MIT(2016), Technology Review(https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2016/)

TechCast

– TechCast는 미국 조지워싱턴대 교수 빌 할랄(Bill Halal)가 운영하는 미국 대표적인 과학기술 예측 민간 웹사이트로 세계 각계의 전문가들(150여명)이 분야별 미래기술을 예측

– 미래유망기술(2020~2030)로 대체에너지, 스마트그리드, 사물인터넷, AI, 원거리근무, 전력저장, 스마트로봇, 암치료, 유전자치료, 연료전지, 전기차, 상업용 우주선, 태양열 인공위성 기술 등을 제시



[그림 2-6] TechCast 선정



일 본

NISTEP '제10회 과학기술예측조사'

– 향후(30년간) 중요한 과학기술에 관한 전문가들의 의견을 수집하여 미래의 경제사회 또는 과학 기술 자체의 발전에 큰 영향을 가져올 수 있는 잠재적 과학 기술을 추출

– 본 조사에서는 조사대상을 '분야–세부분야–과제'라는 계단식 구조로 과거 예측조사의 토픽이나 미래사회 비전 조사를 참고하여 총 932건의 과학기술 토픽을 제시

[표 2-7] 일본의 과학기술예측 조사(NISTEP)

분 야	세 부 분 야	과 제 수
ICT, 분석	인공 지능, 비전·언어 처리, 디지털 미디어·데이터베이스, 하드웨어·아키텍처, 상호 작용, 네트워크, 소프트웨어, HPC[1], 이론, 사이버 보안, 빅데이터, CPS[2]·IoT, ICT와 사회	114
건강, 의료, 생명과학	의약, 의료 기기·기술, 재생 의료, 공통 질병, 난치병·희귀 질환, 신경·정신 질환, 신흥·재흥 감염증, 건강·의료 정보·역학·게놈정보, 기반 기술, 기타	171
농림수산, 식품, 생명공학	(농업)고급 생산 작물 개발, 질병 방제, 바이오 매스 이용, 환경 보전 (식품) 고급 생산, 유통·가공 식품 안전, 식품 기능성 (수산) 자원 보전 육종 및 생산, 환경 보전 (산림) 고급 생산, 바이오 매스 이용, 환경 보전 (일반) 정보 서비스, 기타	132
우주, 해양, 지구, 과학기초	우주, 해양, 지구, 지구 관측·예측, 가속기·입자·원자핵, 빔 응용(방사광, 중성자·뮤온·전입자 등), 계산 과학 ·시뮬레이션, 수리과학, 빅데이터, 측정 기반	136
환경, 자원, 에너지	에너지 생산, 에너지 소비, 에너지 유통·변환·저장·운송, 자원, 재사용·재활용, 물, 지구 온난화, 환경 보전, 환경 분석·예측, 환경 번성, 위험 관리	93
재료, 디바이스, 프로세스	신물질·재료·기능, 고급·매뉴팩처링, 모델링·시뮬레이션, 첨단 소재·장치의 측정·분석 방법, 응용 장치 시스템 (ICT·나노 기술 분야, 환경·에너지 분야, 인프라 분야)	92
사회 기반	국토 개발·보전, 도시·건축·환경, 인프라 보수·유지, 교통·물류 인프라, 자동차·철도·선박·항공, 방재기술, 방재 정보	93
서비스 사회	경영·정책, 지식 관리, 제품 서비스 시스템, 사회설계·시뮬레이션, 서비스 감지, 서비스 디자인, 서비스 로봇, 서비스 이론, 분석, 인문계 기초 연구	101

자료: NISTEP(2015), 제10회 과학기술예측조사
1) HPS: high–performance computing
2) CPS: cyber physical system

– 전체분야(8개) 중 국토교통 관련 분야별 주요 키워드는 다음과 같음

[표 2-8] 일본의 국토교통 관련 분야별 주요 키워드

관련 분야	세목	개요 및 키워드
ICT, 분석	인공 지능	인간의 지능을 기계에 실현시키기 위한 연구
	비전·언어 처리	자연언어 처리 및 이해, 사진·영상 처리·이해에 관한 기술
	디지털 미디어·데이터베이스	데이터 수집, 축적, 제공
	하드웨어·아키텍처	정보시스템 실현, 요소 기술 통합 시스템, 신뢰성 복구 및 보안
	상호 작용	인간과 컴퓨터, 인간과 기계 일반 상호작용에 대한 기계 이용 기술
	네트워크	정보 전달, 처리, 가공 및 제공 기술, 전송 경로 및 장비의 구성·운용에 관한 기술
	소프트웨어	프로그램의 개발, 실행, 운영, 유지·보수 관련 기술
	HPC	HPC 실현을 위한 아키텍처, 네트워크, S/W
	이론	정보의 표현·축적·전달과 정보처리를 지원하는 기초이론 연구
	사이버 보안	사이버 보안 기술, 미래의 사이버 보안 대응 기술
우주, 해양, 지구, 과학기초	빅데이터, CPS·IoT	빅데이터 통합 분석 및 검색기술, 센서기술, 데이터 활용방법
	ICT와 사회	시스템 운용 기술, ICT 인프라 실현·운용 기술, 오픈데이터 실현기술
	우주	우주 이용·탐사, 우주물리
	해양	해양 관측·탐사, 생물자원, 광물자원
	지구	화산, 지각변동, 지진
	지구 관측·예측	대기·식물·해양 관측, 해상, 기상, 기후변화, 물순환
	가속기·소립자·원자핵, 빔 응용	설비의 에너지 절약화, 에너지 관리화, 소형화, 분석 이미징 등
	계산 과학·시뮬레이션	데이터, 시뮬레이션
	수리과학, 빅데이터	사회 수학적 모델, 대용량 데이터 저장·전송
	측정 기반	광 계측, 측정 표준
환경, 자원, 에너지	에너지 생산	수소, 태양열, 지열, 풍력, 우주, 해양 온도차, 핵융합, 원자로 발전
	에너지 소비	CO_2, 에너지 절약, 에너지 관리
	에너지 유통·변환·저장·운송	연료전지, 수소, 열병합 발전, 송전, 저장, 연료, 이차전지, 폐기물
	자원	미네랄, 탄화수소
	재사용·재활용	재사용, 재활용, 공동제작
	물	수자원, 물환경
	지구 온난화	지구 온난화 평가·대책, 환경 모니터링
	환경 보전	대기 오염, 화학 물질, 정화
	환경 분석·예측	모니터링, 시뮬레이션, 재래종, 환경경제
	환경 번성	생태, 생물 다양성, 녹화, 지역 만들기
	위험 관리	환경 위험 평가, 위험 관리, 위험 커뮤니케이션
재료, 디바이스, 프로세스	신물질·재료·기능	무기재료, 도전성 고분자 재료, 자가 치유 재료, 메타 물질 재료 등
	고급·매뉴팩처링	바이오 프린팅, 저 환경 부하 정련 기술
	모델링·시뮬레이션	멀티 스케일 시뮬레이션, 입체 조형 기능·구조 예측 시뮬레이션
	첨단 소재·장치의 측정·분석 방법	시공 분해 분석, 실시간 입체 시각화, 나노 재료
	ICT·나노 기술 분야	인간–기계 인터페이스
	환경·에너지 분야	태양전지, 스마트 그리드, 연료전지, 저 환경 부하 장치
	응용 장치 시스템 인프라 분야	자가 진단 표시 재료, 고강도 고인성 강철 건축재료, 탄소계 구조 재료
사회 기반	국토 개발·보전	토목(육지, 바다, 강)
	도시·건축·환경	건축, 스마트시티/콤팩트시티, 생활환경
	인프라 보수·유지 보수	유지보수, 인프라 센싱
	교통·물류 인프라	모바일, 모바일–도로, 모바일–물류
	자동차·철도·선박·항공	모바일–차, 모바일–철도, 모바일–선박, 모바일–항공
	방재기술	방재
	방재정보	방재정보시스템, 예측

자료: NISTEP(2015), 제10회 과학기술예측조사



중 국

CAS '중국 미래 20년 기술예측연구'

– 2003년부터 CAS를 중심으로 '중국 미래 20년 기술예측 연구' 사업을 추진하였으며, 주요 분야별로 3,000여명으로 구성된 전문가를 활용하여 약 5년에 걸쳐 미래 20년 이후의 기술 발전 방향 및 잠재적인 시장 수요를 분석

– 2006년 정보, 통신·전자, 에너지, 재료, 바이오·의약 등 5개 분야에 대한 기술예측 보고서를 발표한 후, 2008년에는 첨단생산, 자원·환경, 화학·화공, 우주공간 등 4개 분야에 대한 보고서를 발표

– 경제성장 촉진, 생활수준 향상, 국가 안전보장 등 3개 요소에 근거하여 중국의 미래발전에 중요한 분야별 10개 기술과제를 도출하고, 첨단생산, 자원·환경, 화학·화공, 우주공간 등 4개 분야를 종합적으로 분석하여 중국의 미래 발전에 중요한 10대 기술영역을 도출

[표 2-9] 중국의 미래발전에 중요한 10대 기술영역 및 주요 기술과제

순위	기술영역(해당 분야)	주요 기술과제
1	생태 (자원환경)	친환경성 지속농업 생산시스템, 인수공통질병에 유효한 생태통제 기술개발
2	우주공간 원격기술 응용 (우주공간)	높은 해상도의 지구관측기술, 높은 해상도로 지구를 도는 정지위성 원격기술, 위성탑재용 레이더를 이용한 지구관측기술
3	재해 방지 감소 (자원환경)	강 유역의 돌연성 홍수 예측 및 대응기술, 저수지·제방 홍수방지 공정안전검사 및 관리기술, 가뭄상황검사 및 평가기술
4	자원이용 및 에너지 개발의 화학화공기술 (화학화공)	합성가스로 액체연료생산, 원유채굴율을 높이는 화학석유기술, 합성가스 생산비용을 크게 낮추는 과정, 연료생산기술을 응용한 자동차
5	첨단기술 및 설비 (첨단생산)	초정밀 및 나노가공기술·설비, 해상도 32의 나노마스킹기술 및 마스킹설비 개발, 초대규모 장비생산 및 대형부품 복합형성기술 개발, 특수합금 정밀생산기술
6	환경 (자원환경)	수원과 음용수 예측 및 긴급대책기술체계
7	GPS 기술 응용 (우주공간)	중국 자체 GPS 개발, 지구환경예측 및 구조지원시스템, 증강형 및 멀티모듈 GPS 접수기, 건축물 내 및 지하위치측정에서 위성 내비게이션 시스템 응용, 전이위성 내비게이션 기술개발
8	날씨 및 기후 (자원환경)	태풍의 생성과 돌변 메커니즘 분석, 날씨정밀예측시스템
9	해양 (자원환경)	심해석유가스와 광물자원채굴기술
10	바이오의약 및 건강에 관련된 화학화공기술 (화학화공)	인공혈액 대체품의 대규모 생산기술, 바이오매스 생산기술

자료: CAS(2008), 중국 미래 20년 기술예측연구

영 국

과학기술청(Office of Science and Technology) '기술과 혁신의 미래: 2020년 영국 성장기회'

– 2012년에 업데이트된 '기술과 혁신의 미래'는 영국의 향후 20년간 지속적인 경제성장을 지원할 수 있는 기술을 분석

– 2010년에 발표한 보고서에는 중요한 기술이 53개이며, 개별 기술을 28개의 클러스터 기술로 조합

[표 2-10] 영국의 기술과 혁신의 미래

클러스터기술	개 별 기 술	내 용
생활 속의 앰비언트 인텔리전스	인간행동모형, 생물측정, 지능 센서 네트워크, 차세대 네트워크, 보안통신, 모의실험과 모형, 정보 수집	유비쿼터스 네트워크를 통해 사람이 원하는 위치, 시간에 적절하고 정확한 정보를 제공
맞춤 재료설계와 메타소재	3D 프린팅과 개인 제조, 건축 및 구축 전용재료, 메타소재, 활성포장, 스마트재료, 스마트 상호 재질	모의실험의 발달은 맞춤 재료와 메타소재뿐만 아니라 다양한 발달에 기여
핵 순환의 폐쇄	핵분열, 핵융합, 수소	원자력은 에너지와 안보를 위해 중요하지만, 새로운 원자로들은 더욱 안전하고 적은 방사성 폐기물을 배출
매력적인 지속가능석과 사용자 중심 설계	인간행동모형	지속가능성의 가치를 높이기 위해 사용자들이 진정으로 무엇을 필요로 하는지 식별
디스플레이 기술	지능형 고분자, 뇌-컴퓨터 인터페이스, 새로운 컴퓨팅 기술, 모의실험 및 모형	OLED/OLEP와 같은 저에너지스크린 기술산업에는 기회가 많음
에너지 재료 및 저장	탄소 나노튜브와 그라핀, 나노재료, 나노기술, 고급 배터리 기술, 생물에너지, 이산화탄소 포착 및 저장, 연료 전지, 수소, 자가 전력, 스마트그리드, 태양에너지, 지능 저탄소도로 자동차, 풍력, 산업용 바이오기술, 합성생물학	고급 배터리가 저탄소로부터 충전이 가능하다면, 화석연료를 대체 가능
에너지 획득 (Energy scavenging)	탄소 나노튜브와 그라핀, 나노재료, 나노기술, 스마트재료, 서비스와 스웜 로보틱스, 지능 센서 네트워크와 유비쿼터스 컴퓨팅, 생체모방 센서	에너지 획득에는 다양한 수단이 있으므로 에너지 저장이 매우 중요
컴퓨터-뇌 인터페이스 공학	뇌-컴퓨터 인터페이스, 성과 향상, 조직공학, 인간행동모형, 보안통신, 서비스와 스웜 로보틱스	사람 혹은 동물의 뇌를 컴퓨터 네트워크로 연결하면 생각만으로 소통이 가능
탄소경제	연료전지, 탄소, 자가 전력, 지능 저탄소 도로 차량	탄소가 성공적이기 위해서는 효율을 증가시키고 안전한 제품의 가격을 절감시키는 기술이 필요
경량 인프라	3D 프린팅과 개인 제조, 건축 및 구축 전용재료, 탄소 나노튜브와 그라핀, 메타소재, 스마트한 생체 모방의 재료, 차세대 네트워크, 보안통신	새로운 재료들의 조합으로 새로운 인프라를 통해 경제를 재구성
충격완화 재료	3D 프린팅과 개인 제조, 건축 및 구축 전용재료, 스마트한 생체 모방의 재료	더욱 빠르고, 좋고, 저렴한 충격완화 재료를 개발
다감지 입력과 감지	의학 화상, 인간행동 모형, 뇌-컴퓨터 인터페이스, 차세대 네트워크, 조사 및 의사결정, 모의실험 및 모형제작	홀로그램 투사로 3D 전시뿐만 아니라 촉감, 소리, 그리고 맛도 가능
새로운 컴퓨터 기술	클라우드 컴퓨팅, 지능 센서 네트워크와 유비쿼터스 컴퓨팅, 새로운 컴퓨팅 기술, 차세대 네트워크, 포토닉스, 보안통신, 슈퍼컴퓨터	클라우드 컴퓨팅의 발전을 돕고 인터넷의 건축을 변형



독 일

BMBF '독일 예측조사 2030 미래비전'

– BMBF에서는 '독일 예측조사 2030 미래비전'은 1차(2007년~2009년) 결과로, 기 수립된 14개 미래분야들 중에서 조사 및 분석을 통해서 최종적으로 7개의 미래분야를 도출

[표 2-11] 독일의 7대 미래기술 예측

미래분야	연구주제	적용 가능분야
인간-기술 협력	인간-기계 문화, 기계 에이전트	디지털 영역의 개념, 모바일 로봇 행동 훈련을 위한 모형
노화과정 해석	노화과정 측정, 다양한 단계에 맞는 제품과 서비스, 기능유지 및 질병예방	생체연령을 측정하는 바이오마커, 칼로리 감소를 모사하거나 활성산소를 제거하는 의약품의 임상개발
지속가능한 생활공간	유동적인 공급 및 처리시스템, 동적 정착 개념, 지속가능한 거주 및 서비스 개념	다기능의 인프라, 첨단 인프라 네트워크, 가상의 인프라 및 서비스, 건물 및 인프라의 전주기적 관리, 모듈식 또는 가역성 건축양식
생산소비2.0	지속가능한 재료의 흐름패턴에 대한 혁신	개인에 맞춤화된 바이오생산, 하이브리드 가치 창출, 생체공학 생산시스템, 영역간 자원공생
다영역간 모형과 다중 스케일 시뮬레이션	가상 실험실, 사회-생체-인지-정보-기술-시스템의 상호작용, 다영역간 모형	시뮬레이션 기반의 신재료 설계, 첨단이식재료 개발, 유비쿼터스 컴퓨팅, 기술시스템으로 기초 생물학적 원리의 전송
시간연구	초단시간의 매우 정밀한 측정, 시간생물학/생물학적 시계, 프로세스의 효율성(동기화 및 병렬)	의학진단 및 치료용의 초고화질 x-ray를 이용한 4D 영상, 정밀한 시간제한 관리 의약품 및 마이크로기술 기반의 시스템, 인터넷 서버 또는 에너지 시스템의 동기화
지속 가능한 에너지 솔루션	기계적 진동에너지, 장파의 방사선에너지(열), 단파의 복사에너지(태양열), 전자기 방사선에너지	심장 페이스 메이커, 신체기능의 영구적 모니터링, 차량 타이어 압력센서, 다리 또는 파이프라인의 부식 모니터링

자료: BMBF(2009), 독일 예측조사 2030 미래비전 2차 결과 보고서

1.4 소결

■ 세계 경제·산업은 4차 산업혁명의 본격화로 인한 산업구조의 고도화 및 기업환경 개선과 더불어 무역보호주의 확산으로 글로벌 스탠다드를 강화하는 등 대내외 경제·산업의 불확실성 확대

○ 선진국들은 경제 구조적 문제들이 존재하는 가운데 국민의 안전, 건강을 위해 보호무역 규제를 강화하고, 4차 산업 본격화에 따른 대응 방안 마련 및 경제 안전화를 위해 경제·산업에 주력함

– 스마트 시티, 스마트 그리드, AI와 스마트 로봇, 자율자동차, 통합 지능형 인프라 관리 등 ICT·IoT와 융합한 미래 기술 예측을 통한 경제·산업의 안전성 확대



[그림 2-7] 해외 미래기술예측 키워드

– 무역기술 선진국과 개발도상국의 제도·기술적 격차 심화에 의한 무역장벽 증가로 신기술의 해외시장 진출을 위한 기술·공법의 국제 표준화 및 검·인증을 강화할 수 있는 연구인프라 필요

■ 과학기술의 급격한 환경변화로 신과학 및 신기술 개발의 촉진 및 지원을 위한 기반시설의 중요성이 부각되면서 과학기술 선진국들은 연구인프라 확보를 위한 전략적 로드맵을 수립하여 투자 강화

○ (미국) 과학기술 전 분야에서 세계 최고 수준 유지하고 선도하기 위해 연구장비 및 시설의 투자를 지속적으로 확대하는 추세

– 국가 R&D 총 예산의 2.8%인 약 4조원을 연구시설·장비 구축

○ (유럽) 다학제적 협력과 기술 융합, Jump-up 등 기술환경 변화에 효율적으로 대응하기 위한 거대시설 및 장비의 건설과 개량에서부터 시스템 및 연구자 간 네트워크 형성을 포괄할 수 있는 연구인프라 제도를 추진

– EU는 '08년도에 약 26조원을 투자하여 44개 거대시설 및 장비를 구축하는 계획을 수립

○ (일본) 특정 첨단대형 연구시설의 공용 촉진에 관한 법률에 기초하여 대형 연구시설 구축 촉진 및 대형연구시설 계획을 수립하여 추진

– ('10년도 기준) 향후 10년간 43개 시설에 대해 약 2조 1,110억엔을 투자하는 계획을 수립



2. 국내 정책 동향

· 국내 국토교통 R&D 정책 동향은 문재인 정부의 시작과 함께, 새로운 4차 산업의 시대를 맞이하여 다양한 융복합 기술에 대한 투자와 기술 실증을 위한 인프라 구축에 대한 정책(법정계획, 시행계획)을 제시

2.1 국가 R&D 정책

[표 2-12] 국가 R&D 정책

연번	정책	주관부처	수립 연월	부합성 (중요도)
1	제19대 대통령 국정과제	관계부처합동	2017.07	★★★
2	국가재정운영 계획	대한민국정부	2015	★★★
3	과학기술미래비전 2040	교육과학기술부	2010.10.	★☆☆
4	2040 국토교통 미래기술예측조사	국토교통부	2013.07.	★★☆
5	제1차 정부 R&D 중장기 투자전략('16~'18)	미래창조과학부	2016.01.07.	★☆☆
6	제3차 연구성과관리·활용 기본계획('16~'20)	미래창조과학부	2015.10.30.	★☆☆
7	정부 R&D혁신방안 실행계획	관계부처합동	2016.06.27.	★☆☆

제19대 대통령 국정과제

- (주관부처) 국정기획자문위원회
- (주요내용) '국민의 나라 정의로운 대한민국'이라는 국정비전에 따른 5대 국정목표, 20대 국정전략, 100대 국정과제 수립 (487개 실천과제)

[표 2-13] 100대 국정과제 중 국토교통관련 과제

	국정과제명
33	소프트웨어 강국, ICT 르네상스 4차 산업혁명 선도 기반 구축
34	고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성
35	자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성
36	청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충
78	전 지역이 고르게 잘사는 국가균형발전
79	도시 경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진

○ 문재인 정부 100대 국정과제에서 33. 소프트웨어 강국, ICT 르네상스 4차 산업혁명 선도기반 구축, 34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성, 35. 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성, 36. 청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충, 78. 전 지역이 고르게 잘사는 국가균형 발전, 79. 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진 정책과 부합

국가비전	국민의 나라 정의로운 대한민국				
5대 국정목표	국민이 주인인 정부	더불어 잘 사는 경제	내 삶을 책임지는 국가	고르게 발전하는 지역	평화와 번영의 한반도
20대 국정전략	1. 국민주권의 촛불 민주주의 실현 2. 소통으로 통합하는 광화문 대통령 3. 투명하고 유능한 정부 4. 권력기관의 민주적 개혁	1. 소득 주도 성장을 위한 일자리 경제 2. 활력이 넘치는 공정경제 3. 서민과 중산층을 위한 민생경제 4. 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명 5. 중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장	1. 모두가 누리는 포용적 복지국가 2. 국가가 책임지는 보육과 교육 3. 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 4. 노동존중 · 성평등을 포함한 차별 없는 공정사회 5. 자유와 창의가 넘치는 문화국가	1. 풀뿌리 민주주의를 실현하는 자치분권 2. 골고루 잘 사는 균형 발전 3. 사람이 돌아오는 농산어촌	1. 강한 안보와 책임 국방 2. 남북 간 화해협력과 한반도 비핵화 3. 국제협력을 주도하는 당당한 외교
100대 국정과제 (487개 실천과제)	15개 과제 (71개 실천과제)	26개 과제 (129개 실천과제)	32개 과제 (163개 실천과제)	11개 과제 (53개 실천과제)	16개 과제 (71개 실천과제)

[그림 2-8] 문재인 정부 100대 국정과제



국가재정운영 계획

- (주관부처) 대한민국 정부
- (배경) 정부는 경제·재정여건을 전망하여 재정수지 및 국가채무 등 5년 단위 재정총량에 대한 관리목표를 설정하고 12대 분야별 중점 투자계획 및 재정건전성 관리 방안을 제시
- (주요내용) 국가재정정책에서 국토교통분야의 성장동력을 창출하기 위해 추진하고 있는 주요정책은 전체 12대 분야 65개의 주요 정책중 5개 분야 10개 정책이 부합

[표 2-14] 국가재정운영 정책동향

분 야	주 요 정 책	실증단지 연계방안(안)
R&D분야	· 기초연구 및 대형 연구 지속 지원	연관성 정도(★★☆) *리서치파크 형식의 실증클러스터 구축
	· 도전적 융합연구 활성화를 위한 지원 강화	연관성 정도(★★☆) *ICT+에너지+건설+홈+방범 등 국토교통 융합연구기반 조성
	· 안전·보건 등 국민체감형 R&D 투자 확대	연관성 정도(★★☆) *재난·재해 대응 SOC 실증기반시설 조성
산업·중소기업·에너지 분야	· 미래 신장동력 발굴 및 주력산업 고부가가치화	연관성 정도(★★☆) *해양플랜트, 로봇에 IT를 융합한 고부가치기술 지원
SOC분야	· 주요 교통시설 투자효율성 제고	연관성 정도(★★☆) *도로 및 철도 등 교통인프라 고도화
	· 핵심 교통인프라 적기 확충	연관성 정도(★★☆) 출퇴근 교통난해소 및 종합물류 공간 확보 등 지역경제 활성화
	· 예방중심의 안전관리체계 구축	연관성 정도(★★☆) *SOC 노후시설의 내진보강과 수해예방 능력 확보
	· 미래성장동력 확충 및 지역경제 활성화 유도	연관성 정도(★★☆) 자율주행차, 드론 등 첨단 미래 교통수단 상용화촉진 기술개발 및 인프라 강화
환경분야	· 노수시설 개량·보수 사업 중심으로 수질개선사업 내실화	연관성 정도(★★☆) 노후화된 환경기초시설의 개량·보수(지반침하, 수도관파열, 누수 등의 사회문제화)
공공질서 안전분야	· 국민안전시스템 구축 및 안전인프라 확충	연관성 정도(★★☆) 지진·원전 등 대형·특수 재난 대응능력 확보와 체험 중심의 맞춤형 안전교육 강화

과학기술 미래비전 2040

- (주관부처) 국가과학기술위원회[6], 교육과학기술부(KISTEP)
- (배경) 2040년 바람직한 미래 한국사회 전망, 과학기술적 목표·전략제시
- (주요내용) 에너지·환경, 신산업(소재, 로봇, 첨단물류 등), 건강·안전, 생활편의 분야의 미래전망과 5대 정책기조* 제시
  * 창조형·선도형 연구개발 확대, 과학기술인재 육성 및 지식시스템 강화, 글로벌 개방형 혁신체제 구축, 녹색성장형 과학기술 혁신 추구, 국민과 사회에 기여
- 미래핵심기술 25개 중 국토교통 관련 기술로서 고효율 에너지기술, 기후변화 감시·대응기술, 오염원 발생 방지·관리 및 위해성 평가 기술, 친환경 첨단 물류 기술, 실버산업 및 U-health 기술, 안전한 생활환경구축 기술, 가상현실 기술, 서비스 로봇기술, 안전하고 쾌적한 공간 개발기술, 새로운 운송수단 기술 등 제시

2040 국토교통 미래기술예측조사

- (주관부처) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
- (근거) 과학기술기본법 제13조(과학기술예측), 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제18조 (사전조사 및 기획연구)
- (주요내용) 국토교통 미래 기술수요를 기반으로 200대 미래기술과 80대 유망기술을 도출하고, 2040년 기술 분야별 미래모습을 제시
- 건설로봇, 인공지능 건설장비, 소음진동제어, 가상현실, 첨단주차, 자동수하물처리, 초고강도 건설재료, 상시 전력수급 전기차 인프라 등 200대 미래기술중 실증이 필요한 기술 다수 존재

제1차 정부 R&D 중장기 투자전략

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 과기정통부
- (근거) 과학기술기본법 제12조의2(국가연구개발사업 예산의 배분·조정 등)
  - 제1차 중장기 투자전략은 3년 간('16~'18)을 대상으로 수립되었으며, 제2차 전략부터는 과학기술기본계획과 연계하여 5년 단위로 전략 수립
- (주요내용) 정부 R&D 투자의 선택과 집중을 강화하기 위해 9대 기술 분야*별로 19개 중점투자분야와 58개 중분야 및 전략을 제시
  * ① ICT·SW, ② 생명·보건의료, ③ 에너지·자원, ④ 소재·나노, ⑤ 기계·제조, ⑥ 농림수산·식품, ⑦ 우주·항공·해양, ⑧ 건설·교통, ⑨환경·기상
- 건설·교통 기술분야의 경우 도로, 철도분야를 중점투자분야로 정하였고, 국토공간, 사회기반구조물, 건축구조물, 물류, 도로교통, 철도교통 등 6개 중분야 제시

6) 국가과학기술위원회는 국가과학기술심의회로 변경됨



제3차 연구성과관리·활용 기본계획

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 과기정통부
- (근거) 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률 제12조(연구성과 관리·활용계획의 마련)에 따라 과기정통부장관이 5년마다 수립
- (주요내용) 연구성과와 경제적 성과 간의 거리를 좁히기 위해 지속적인 연구개발 시스템의 혁신과 정보개방 확대 및 연계·협력 강화, 규제완화 방안 제시
- 중소·중견기업에 대한 연구장비 지원을 위한 출연(연) 보유장비의 공동활용 제고 강조

정부 R&D 혁신방안 실행계획

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 관계부처합동
- (배경) '정부R&D혁신방안('16.5.12, 과학기술전략회의)'의 신속한 시행
- (주요내용) 대학, 출연연, 기업의 역할 차별화* 및 정부R&D 투자의 전략성 강화
  - (대학) 한계 돌파형 기초연구·인력양성의 기지, (출연연) 미래선도 원천연구 메카, (기업)상용화 연구의 중추적 역할 수행
- 정부 R&D예산 배분조정시, 구체적인 효율화 방안에 따라 유사·중복 통폐합 등을 통해 5% 수준 이상의 절감재원* 마련 계획

  * 절감재원은 기초연구, 제4차 산업혁명 등 대내외 환경변화 대응분야(인공지능, IoT, 로봇, 청정에너지 등)에 집중 투자 계획

2.2 국내 연구인프라 R&D 정책

[표 2-15] 연구인프라 R&D 정책

연번	정책	주관부처	수립 연월	부합성 (중요도)
1	제3차 과학기술기본계획('13~'17)	관계부처합동	2013.07.08.	★★★
2	2017년도 정부연구개발 투자방향 및 기준	과기정통부	2016.04.11	★☆☆
3	국가연구시설·장비의 운영·활용 고도화계획('13~'17)	과기정통부	2013.04.24.	★★☆
4	제5차 건설기술진흥기본계획('13~'17)	국토교통부	2012.12.	★★★
5	제2차 국가 대형연구시설 구축지도	과기정통부	2013	★★★
6	제2차 건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)	국토교통부	2012.05.24.	★★★
7	국토교통 R&D 중장기 전략('14~'23)	국토교통부	2014.07.30.	★★★
8	국토교통 R&D 사업·관리 체계 개편(공통분야)	국토교통부	2017	★★★
9	2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획	국토교통부	2016.12.28	★★★

제3차 과학기술기본계획

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 관계부처합동
- (근거) 과학기술기본법 제7조(과학기술기본계획)에 따라 과기정통부장관이 5년마다 수립(국가과학기술심의회 심의, 과학기술분야 최상위 계획)
- (주요내용) 경제부흥과 국민행복을 위한 하이 파이브(High Five)전략* 추진
  * (High1) 국가 R&D 투자 확대 및 효율화, (High2) 국가 전략기술 개발, (High3) 중장기 창의역량 강화, (High4) 신산업 창출 지원, (High5) 일자리 창출
- 과학기술 인프라의 개방과 공유활성화를 위해 국가연구시설·장비의 전략적 확충과 공동활용 촉진(High1 전략), 기술 검증·실용화 사업 확대 추진(High4 전략), 국가 연구시설·장비 엔지니어 등 새로운 과학기술 일자리 창출(High5 전략) 강조

2017년도 정부연구개발 투자방향 및 기준

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 과기정통부
- (근거) 과학기술기본법 제12조의2(국가연구개발사업 예산의 배분·조정 등), 제1차 정부 R&D 중장기 투자전략('16~'18, 법정계획)을 기준으로 정함
- (주요내용) 창의·융합기반 주력산업 고부가가치화, 공공R&D인프라의 연계 및 활용, 환경변화에 따른 위험요인 선제적 대응체계 구축지원 필요성 강조
  – 연구인프라의 효율적 구축, 기존 인프라 활용도 제고



- 자율주행자동차, 철도 등 미래유망교통 시스템 구축·운영분야 투자를 강화하고, 시설물 설계·엔지니어링 및 유지관리 기술 개선에 투자 지속, 장기·대형·실증 연구중심에서 소규모·단기 목적성 연구 확대 방향* 제시
  - 장기간·대규모 재원이 수반되는 개발·실증연구는 정부 지원의 타당성과 시급성 등이 확보된 경우를 중심으로 지원
    * 기술분야별 투자전략(9대 기술)중 실증관련 사항
  - (ICT·SW) 사물인터넷(IoT)분야 융합 신서비스 시험검증·실증·테스트베드 구축을 통한 사업화 촉진
  - (에너지·자원) 에너지저장, 신재생에너지, 온실가스처리, 원자력발전, 방사선, 핵융합, 전력분야 등의 실증시설 및 기술에 중점투자

국가연구시설·장비의 운영·활용 고도화계획

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 과기정통부
- (근거) 과학기술기본법 제28조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용)
- (주요내용) 연구시설.장비의 전략적 확충, 체계적 운영 및 공동활용 제고를 위한 4대 인프라 전략* 및 14개 중점 추진과제 제시
  * 투자효율화, 운영선진화, 활용극대화, 역량고도화
- 14개 중점추진과제 중 '대형연구시설의 전략적 확충'에서 대형연구시설 로드맵기반의 투자 및 '연구시설·장비의 지역거점 기능 강화' 강조 필요

제5차 건설기술진흥기본계획

- (주관부처) 국토교통부
- (근거) 건설기술진흥법 제3조(건설기술진흥 기본계획)에 따라 국토부장관이 5년마다 수립(중앙건설기술심의위원회(국토부 內) 심의)
- (주요내용) 기술 경쟁력 기반 구축 및 계획·설계, 시공관리, 유지관리 역량강화, 건설ENG 해외진출 지원체계 구축 필요성과 추진전략 제시
- 건설기술 경쟁력 기반 구축 전략을 위한 중점추진과제로서 건설기술 실용화 촉진* 강조(R&D 또는 신기술로 개발된 기술이 사장되지 않고 현장적용 등 실용화가 촉진되도록 유도 필요)
  * 추진방안으로 건설교통기술 대형실험인프라를 구축하여 R&D, 신기술 시험분야에 공동으로 활용할 수 있도록 지원방안 제시

제2차 국가 대형연구시설 구축지도

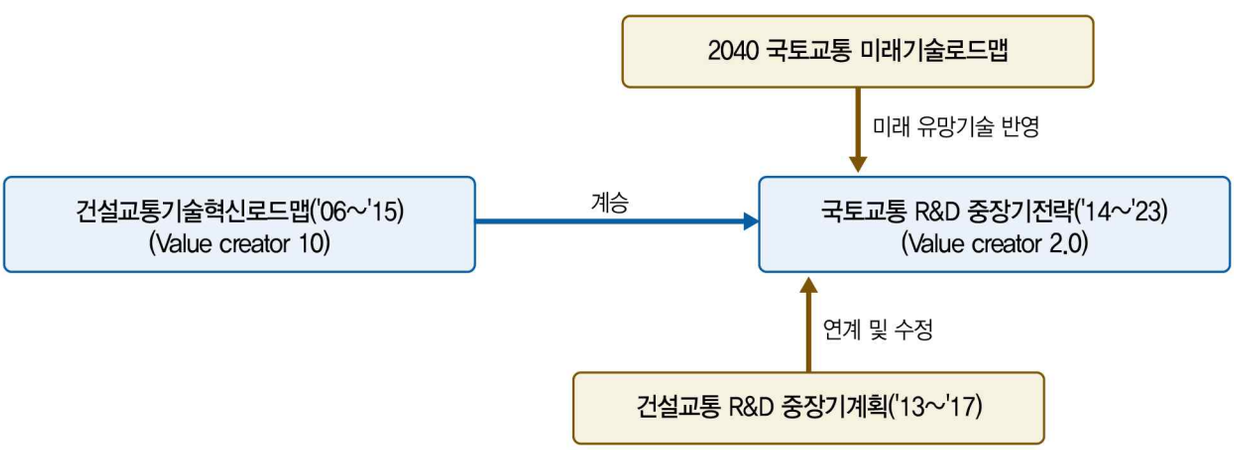
- (주관부처) 국가과학기술심의회, 과기정통부(NFEC)
- (배경) 정부 주도로 추진하는 국가대형연구시설에 대한 중장기 구축계획을 제시하는 가이드라인*(3년 주기로 보완, '10.12월 제1차 국가대형연구시설 구축지도 수립)
  * 구속력이 없으나, 재정 여건이 허락될 경우에는 예산 배정 시에 우선 지원 고려
- (주요내용) 13대 중점구축시설의 단·중·장기 구축계획 및 국가대형연구시설 발전전략 제시*
  * 전략적 확충, 공동활용 극대화, 운영역량 강화, 국제협력 활성화

제2차 건설교통 R&D 중장기계획

- (주관부처) 국토해양부
- (배경) '건설교통 R&D 혁신로드맵' 및 '1차 중장기계획('08~'12)'의 연속, 국토해양 R&D 발전전략('10), 국토해양 R&D 종합개선방안('11) 보완
- (주요내용) 건설교통 미래 메가트렌드에 따른 이슈 및 5대 목표* 실현을 위해 친환경·첨단 융복합 기술 확보 등 건설교통 32대 전략프로젝트 추진
  * 에너지 및 자원의 효율적 이용, 인간중심의 사회 및 도시 구현, 미래 경제가치 창출, 융복합 첨단기술 확보, 위험으로부터 안전한 사회 실현
- 5대 목표중 '미래 경제가치 창출'에서 건설교통 R&D 촉진 및 인프라 구축을 통한 미래 성장가능성 제고 강조 (R&D 사업화 촉진, R&D 인프라구축, R&D 정책 및 자유공모)

국토교통 R&D 중장기 전략

- (주관부처) 국가과학기술심의회, 국토교통부
- (배경) 기 수립된 중·장기 계획 및 비전 등을 바탕으로 향후 10년간 국토교통 R&D를 대표할 과제 발굴 및 R&D 사업 추진전략 수립*
  * 기존의 5년 단위 계획('13~'17)과 2040 장기로드맵을 보완·반영하고, 국토교통 R&D 대표 브랜드 발굴 및 집중 지원



[그림 2-9] 국토교통 R&D 중장기 전략

- (주요내용) 국토교통 기술을 통한 국민행복 및 글로벌 가치 창조 실현을 위한 국토교통기술 4대 전략 및 10대 중점 프로젝트(VC2.0)*를 제시
  * VC2.0 : Top 메가 스트럭처, 글로벌 Top 플랜트 건설기술, 한국형 위성항법, 자율주행도로, 미래 항공기술 인프라 조성, 인공지능 국토공간, 지능형 인프라 자동관리, 분산형 물관리, 수요자 맞춤형 주택, 스마트 철도교통시스템
- 세부사업별 추진계획 중 '연구장비 인프라사업' 분야에서 국토교통분야 연구인프라 구축 및 운영관리 지원체계가 미흡함을 지적하였고 이를 개선하기 위한 연구장비·시설인프라 기본방향* 및 발전전략* 도출



* 기본방향 : 장비·시설인프라확충, 연구인프라조성 및 투자확대, 시험 인증기반 확립 및 국제표준화 강화, 공동활용 촉진
* 발전전략 : 연구장비·실험 인프라 구축(구축), 국토교통기술 시험인증기반 확립(고도화), 공동활용 촉진 및 운영관리선진화(확산) 추진

국토교통 R&D 사업·관리체계 개편

- (주관부처) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
- (배경) 新 성장 활력 확보 및 글로벌 국토교통기술 선진국으로 도약하기 위한 국토교통 분야 연구실험·기반 구축 지원
- (주요내용) 기존 기술(신기술 포함) 및 ICT와 연계한 미래형 첨단 국토교통기술을 검증 할 수 있는 각종 기반 시설과 국토교통 중점 R&D 사업별로 적용 가능한 종합실증단지 구축
- 국토교통 공동활용 연구시설·장비·테스트베드 총괄관리 및 R&D 결과의 상용화와 기업의 해외 시장 진출 마련

2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획

- (주관부처) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
- (배경) 국토교통 과학기술을 통한 국민행복 및 글로벌 가치 창조를 목표로 신산업 육성, 공공서비스 강화, 혁신 역량강화에 초점을 맞춰 국토교통 R&D 육성 방향 추진
- (주요내용) 7대 신산업 육성, 안전기술 지속투자, 창의도전 연구 확대, 해외건설시장 개척, 기후변화 대응 투자 확대, 실험인프라 지속 확충 등을 목표로 국토교통 R&D 추진방향 설정
- 과학기술 혁신 역량 강화를 위한 연구장비, 대형 실험시설 등 연구인프라 사업 지속 지원 진행

2.3 국토교통부 주요 정책

- (주관부처) 국토교통부
- (배경) 국토교통부는 4대 주요임무 "균형있는 국토발전 및 환경과 조화되는 국토관리", "보편적 주거복지를 통한 서민 주거안정 실현", "안전하고 편리한 교통서비스 제공", "효율적인 물류체계 구축과 글로벌 항공강국 실현"을 통해 국민의 생활·안전을 실현
- (주요내용) 국토교통부 세부사업추진 정책을 기반으로 동사업과의 부합성 및 연계 가능성을 분석하여 향후 추진 방향 및 발전 전략을 도출

[표 2-16] 국토정책 주요 정책

주요 정책		내 용	실증단지 연계방안(안)
국토정책	일반	· 국민체감형 지역균형발전 추진	연관성 정도(★☆☆) *실증클러스터의 지역 성장거점내 구축고려
	행복도시 산학연 클러스터	· 행복도시 산학연 클러스터 구축	연관성 정도(★★☆) *리서치파크 형식의 실증클러스터 구축 필요
도시/건축정책	일반	· 재해로부터 안전한 도시 조성	연관성 정도(★★★) *스마트시티 및 재해 안전도시 조성 기술
		· 건축물 안전관리 및 건축투자 활성화	연관성 정도(★★☆) *건축물 안전관리 기술
		· 녹색건축 활성화 및 아름다운 국토경관 조성	연관성 정도(★★☆) *녹색건축인증, 건축물 에너지효율등급 인증, 건물에너지 통합관리시스템 구축 필요성
	도시재생 활성화 및 지원	· 도시재생에 대한 체계적인 계획·국가지원 등이 절실한 상황	연관성 정도(★★☆) *구도심 개발시 폭파·해체, 인근건물 피해없는 시공기술 및 안전도시 조성
	그린리모델링 활성화 사업	· 기존건축물의 에너지 낭비예방과 쾌적한 환경조성 지원	연관성 정도(★★☆) *공공건축물 대상 시범사업
	국가건축자산의 보전·활성화	· 다양한 정책적 지원을 통해 한옥 등 건축자산을 활용한 국가 건축문화 진흥·경쟁력 강화 도모	연관성 정도(★☆☆) *개발기술의 실증을 위한 기술전시관 및 체험교육관 구축 필요성
	제로에너지건축물 활성화	· 에너지 수요 및 온실가스 감축, 기후변화 대응 신기술 개발과 신산업 창출	연관성 정도(★★★) *제로에너지건축물 시범사업 필요성
주택정책	층간소음 저감	· 쾌적한 주거환경 조성을 위해 층간소음 방지대책 추진	연관성 정도(★☆☆) *공동주택 성능기준 강화의 필요성
	수직증축 리모델링 사업	· 수직증축 리모델링 허용에 따른 단계별 안전성 확보방안	연관성 정도(★★☆) *수직증축 리모델링 대상 주택에 대한 정밀 안전진단 필요성
	쾌적한 아파트 조성	· 쾌적한 아파트 조성을 위한 바닥충격음·건강주택·감리업무 기준, 공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준 개정	연관성 정도(★★☆) *바닥충격음·건강주택·감리업무 기준 개정 *표준시험실을 실제 주택과 동일하게 구축하여 충격음 측정 필요성
토지/국토정보 정책	공공데이터 창업경진대회	· 공공데이터 활용 창업경진대회	연관성 정도(★☆☆) *공공데이터 제공 및 활용
	정부 디지털 영상지도	· 최신의 전국 영상지도를 일반에 저렴하게 공급, 공간정보 산업 육성 지원	연관성 정도(★☆☆) *공간정보 산업 육성 지원
	스마트구조대	· 위급상황 통합신고 스마트 구조대 App 서비스	연관성 정도(★☆☆) *드론
	높이 위성측량(GPS)	· 위성측량(GPS)에서 측정된 높이를 우리나라 높이체계로 변환하여 서비스	연관성 정도(★☆☆) *GPS정보의 정확도 향상 및 활용 강화
	GNSS (글로벌항법위성시스템)	· 통합 GNSS(글로벌항법위성시스템, Global Navigation Satellite System) 데이터의 민간 활용	연관성 정도(★☆☆) *통합GNSS 데이터의 자율주행 차량관련 정밀측위 서비스와 국가시설물 안전관리 서비스 활용



주요 정책		내 용	실증단지 연계 방안(안)
건설/해외건설 정책	일반	· 해외건설 반세기, '건설한류'의 신화창조	연관성 정도(★★★) *플랜트, 해수담수화 기술 *물관리·도시개발·교통인프라·그린에너지 등 4대 건설 분야 집중 육성 필요성 *주요 발주처 초청교육
		· 경쟁력 강화를 위한 국내 건설산업 선진화 추진	연관성 정도(★★★) *기술표준 및 시험표준화 필요성
	해외건설 시장개척 지원사업	· 리스크 부담이 큰 신시장 개척비용 지원	연관성 정도(★☆☆) *해외시장진출 지원
수자원 정책	일반	· 도시홍수 방지 종합대책 추진	연관성 정도(★★☆) *도시홍수 예측시스템 기술
		· 홍수예보 고도화 추진	연관성 정도(★★☆) *맞춤형 홍수위험정보 제공기술 *재해관리 모니터링(ICT/드론)
	댐건설장기계획	· 댐 건설 정책방향 제시	연관성 정도(★★☆) *댐건설 관련, 수리모형실험 등
	광역 및 공업 수도정비기본계획	· 장래 기후변화 및 물 부족 시대에 대비한 중장기적 정책방향 제시	연관성 정도(★★☆) *합리적인 수요관리 및 운영체계 고도화 기술의 필요성
교통/자동차 정책	일반	· 편리하고 안전한 교통서비스 제공	연관성 정도(★★☆) *자율주행차 조기 상용화의 필요성
	자동차 튜닝 활성화	· 국토교통부 자동차 튜닝 활성화 방안	연관성 정도(★★☆) *튜닝관련 R&D 지원 및 상용화 기준 마련
	교통안전 선진화	· 교통사고 사상자 줄이기 종합대책	연관성 정도(★★☆) *체험형 안전교육 시설 *자율주행 관련 안전지향형 도로·차량 인프라 확충
	무선충전형 전기버스	· 무선충전형 전기버스의 상용화 추진	연관성 정도(★★☆) *무선충전 전기버스 상용화 추진 *무선충전 전기버스 시범사업 추진
	배터리 자동교환 전기버스	· 전기자동차 이용편의성 증진 · 전기자동차 인식제고	연관성 정도(★★☆) *자동 배터리 교환 시설 및 통합운영관리 시스템의 상용화 추진
물류 정책	일반	· 물류시장 선진화를 통한 국가경쟁력 강화	연관성 정도(★★☆) *물류산업과 유통·IT 등 연관산업 융합 촉진
		· 물류기업 해외진출 지원	연관성 정도(★★☆) *컨테이너 물류자동화 실증
		· 물류거점 활성화 및 물류시스템 운영개선 도모	연관성 정도(★★☆) *첨단 IT를 접목한 국가물류통합정보시스템 고도화
항공 정책	무인비행장치	· 비행전 허가, 비행중 안전규칙 준수	연관성 정도(★★☆) *드론운항기술 개발 *드론안전관련 실증
	초정밀 GPS 보정 시스템(SBAS)	· GPS 위치오차를 실시간으로 정확하게 보정하여, 정지궤도 위성을 통해 全 국토에 제공	연관성 정도(★★☆) *초정밀 GPS보정시스템의 교통 및 자동건설장비 분야 활용

2.4 소 결

정부 및 국토교통부는 인구변화, 융·복합기술 가속화, 자원/에너지 고갈, 기후변화 및 자연재해, 재난 안전과 관련된 미래사회 및 산업·경제적 이슈를 해결하기 위한 R&D 정책을 추진

- 국토 R&D 혁신방안 실행계획에서는 4차 산업혁명 등 대내외 환경변화 대응을 위한 인공지능, IoT, 로봇, 청정에너지 등에 대한 집중적 투자 계획을 수립
- 과학기술기본계획에서는 국가전략기술개발 분야로 깨끗하고 편리한 생활환경 구축, 걱정 없는 안전사회구축, ICT융합 신산업 창출, 미래성장동력 확충을 선정하였으며, 이를 위한 세부기술분야로 국토인프라 선진화, 선제적 자연재해 대응과 피해최소화, 사회적 재난 대응체계 확보를 제시
- 과학기술 미래비전 2040에서는 창조형·선도형 연구개발 확대, 과학기술인재 육성 및 지식시스템 강화, 글로벌 개방형 혁신체제 구축, 녹색성장형 과학기술 혁신 추구, 국민과 사회에 기여를 5대 정책기조로 선정하고, 에너지·환경, 신산업, 건강·안전, 생활편의 확보를 위한 미래전망 분야를 제시

정부에서는 미래사회의 기술·산업·경제 등 환경적 변화로부터 안전한 국토공간 조성 및 신성장산업 육성을 위해 다양한 정책을 추진하고 있으며, 이러한 정책목표를 달성하기 위한 실천수단으로써 국토부에서는 종합실증단지 구축과 관련된 기획연구사업을 추진

- 문재인 정부의 기술혁신을 위한 국정과제로 4차 산업혁명 선도기반 구축, 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성, 과학기술 혁신 생태계 조성 등 기술의 융·복합을 통한 국토의 안전, 도시재생 및 신산업 창출이 가능한 종합실증단지에 대한 사업추진 의지가 높을 것으로 기대
- 국토교통 산업 활성화를 통한 경제 부흥을 위해서는 4차 산업혁명과의 융·복합 기술 및 해외시장 진출 기술 등 고부가가치 기술을 지원할 수 있는 연구인프라 구축 필요
- 국토교통 R&D 사업·관리체계 개편에서는 기존 기술(신기술 포함) 및 ICT와 연계한 미래형 첨단 국토교통기술을 검증할 수 있는 각종 기반 시설과 국토교통 중점 R&D 사업별로 적용 가능한 종합실증단지 구축을 제시

범정부 차원에서의 연구인프라의 확충 및 운영관리 선진화를 위한 집적을 추진함으로써 투자 효율성 및 공동활용 활성화 유도

- 연구장비 단위의 집적화를 통한 연구기관의 사유화를 방지하고, 시설·장비의 중복 구매에 따른 예산 절감 및 공동활용 활성화를 유도할 수 있는 통합관리체계 마련 필요
  - 과학기술정보통신부에서는 국가연구시설·장비의 공동활용 촉진을 위한 방안으로 기 구축된 연구 장비·시설에 대해서 집적화 추진
- 국토교통 산업·경제의 활성화를 위해 R&D 성과물이 선진국 및 개발도상국에서 통용될 수 있는 표준화 및 검·인증 체계를 구축하고, 이를 지원할 수 있는 실험·실증 연구인프라 구축 필요
- 국토교통 기술·산업은 타 기술·산업과 달리 R&D 성과물을 실제·유사환경에서 실험·실증이 반드시 필요한 분야로 대단위의 부지 및 실증 인프라가 필요



3. 연구인프라 및 신기술 관련 법·제도

3.1 연구인프라 관련 법·제도

· 실험·실증 연구인프라 사업의 사업추진 근거 법령을 검토하여, 동 사업의 부합성 및 연관성을 제시함으로써 사업추진의 적절성 확보

국토교통과학기술 육성법

- **(목적)** 국토교통과학기술 육성을 위한 기반을 조성하여 산업의 경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 함
- **(주요내용)** 국토교통기술과 다른 분야 기술 등을 결합하여 신기술·신제품 등을 개발하고, 새로운 분야의 사업화 능력을 향상시키는 융복합 연구개발 추진
  - 국토교통 과학기술의 보급 및 활용촉진을 위한 사업 및 시책을 수립·시행
  - 국토교통기술 연구기관의 연구시설 및 장비의 확보·관리 공동사용 등을 지원

[표 2-17] 국토교통과학기술 육성법

제9조 (융·복합 연구개발의 추진)
국토교통부 장관은 전문분야가 다른 기술과 경영 등을 결합하여 신기술·신제품 등을 개발하고 새로운 분야의 사업화 능력을 높이는 **국토교통과학기술의 융·복합 연구개발**을 추진 할 수 있다.

제10조 (국토교통과학기술의 보급 및 활용촉진)
① 국토교통부장관은 연구개발사업에 따라 개발된 국토교통과학기술(이하 "연구개발성과"라 한다.)의 **보급 및 활용촉진**을 위하여 다음 각 호의 사항과 관련 사업 및 시책을 수립·시행 할 수 있다.
1. 연구개발성과의 **실용화**
2. **연구개발성과의 보급 및 활용촉진**에 관한 정보의 관리·유통
3. 산업계·학계·연구계 및 과학기술 관련 기관·단체 간의 **인력·기술·인프라 등에 관한 교류 협력**
4. 그 밖에 **국토교통과학기술의 보급 및 활용촉진**을 위하여 필요한 사항

② 제1항에 따른 사업 및 시책의 수립·시행에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

제13조 (연구기반의 확충)
국토교통부장관은 국토교통분야 산업의 **연구기반을 확충**하기 위하여 연구기관의 **연구시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원**하거나 그 밖에 필요한 시책을 강구할 수 있다.

건설기술진흥법

- **(목적)** 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고, 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질 및 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제 발전에 이바지함을 목적
- **(주요내용)** 건설기술 발전에 필요한 건설기술과 관련된 연구·개발 사업을 지원하며, 연구시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원
  - 건설공사의 자재, 설계, 시공방법에 대한 고도화 및 표준화하도록 노력해야하며, 품질 관리를 위한 시험·검사 등을 수행

[표 2-18] 건설기술진흥법

제7조 (건설기술 연구·개발 사업)
① 국토교통부장관은 건설기술을 향상시키고 기본계획을 효율적으로 추진하기 위하여 대통령령으로 정하는 기관 또는 단체와 협약을 체결하여 건설기술 발전에 필요한 **건설기술 연구·개발 사업**을 할 수 있다.
② 제1항에 따른 건설기술 연구·개발 사업에 필요한 경비는 정부 또는 정부 외의 자의 출연금 이나 그 밖에 기업의 기술개발비로 충당한다.
③ 제1항에 따른 협약의 체결방법과 제2항에 따른 출연금의 지급·사용 및 관리에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제9조 (공동연구·개발 등)
국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발과 관련된 공공기관·법인·단체·대학(이들의 부설 연구소 등을 포함한다. 이하 "건설기술연구기관"이라 한다)의 **인력·자금·시험시설 및 기술정보의 효율적 활용과 선진 건설기술 획득**을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 **공동연구를 추진**하거나 건설기술연구기관의 **건설기술 연구·개발을 지원**할 수 있다.

제10조 (연구시설 및 장비의 지원 등)
국토교통부장관은 건설기술이 연구기반을 확충하기 위하여 건설기술연구기관의 **연구시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원하거나 필요한 시책을 추진**

제43조 (설계 등의 표준화)
① 국토교통부장관은 건설공사에 드는 비용을 줄이고 시설물의 품질을 향상시키기 위하여 **건설 자재·부재의 치수 및 시공방법을 표준화**하도록 노력하여야 한다.
② 국토교통부장관은 제1항에 따른 표준화를 촉진하기 위하여 다음 각 호의 자에게 대통령령으로 정하는 바에 따라 설계·생산 또는 시공 과정에서 시험생산·시험시공 등을 하도록 권고할 수 있다.
1. 시설물의 설계자
2. 건설자재·부재의 생산업자
3. 건설업자 또는 주택건설등록업자
③ 국토교통부장관은 관계 기관의 장에게 제1항에 따른 표준화와 관련된 「산업표준화법」 제12조에 따른 한국산업표준 등 기준의 정비 및 자금 지원 등 필요한 사항을 요청할 수 있다.



제60조 (품질검사의 대행 등)

① 건설공사의 발주자, 건설업자 또는 주택건설등록업자는 대통령령으로 정하는 국립·공립 시험기관 또는 건설기술용역업자로 하여금 **건설공사의 품질관리를 위한 시험·검사**(이하 "품질검사"라 한다) **등을 대행**하게 할 수 있다.

② 제1항에 따라 품질검사의 대행을 의뢰받은 자는 발주자 또는 건설사업관리를 수행하는 건설기술용역업자의 봉인 또는 확인을 거친 재료로 품질검사를 하여야 한다.

③ 제1항에 따라 품질검사의 대행을 의뢰받은 자는 건설공사에 사용되는 재료 등에 대한 품질검사를 하여 품질검사 성적서를 발급한 경우에는 발급한 날부터 7일 이내에 품질검사 성적서 및 품질검사 내용을 열람이 가능하도록 제19조에 따른 건설공사 지원 통합정보체계에 입력하여야 한다.

④ 국토교통부장관은 품질검사를 대행하는 건설기술용역업자가 제1항에 따라 **품질검사를 정확하게 하는지 조사**하고, **필요한 경우에는 시정을 명하는 등의 조치**를 할 수 있다. 이 경우 국토교통부 장관이 필요하다고 인정하면 조사 결과를 공표할 수 있다.

⑤ 그 밖에 제1항에 따른 품질검사의 대행, 제3항에 따른 건설공사 지원 통합정보체계 입력방법, 제4항에 따른 조사 및 조사 결과의 공표 등에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

과학기술기본법

- **(목적)** 과학기술발전을 위한 연구기반을 조성하여 과학기술 혁신과 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모함과 더불어 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적
- **(주요내용)** 연구개발 시설과 장비 등의 확충 및 고도화를 추진하고, 시설·장비의 효율적 관리·운영·활용 및 처분을 지원하는 지원기관을 지정하여 경비를 지원

[표 2-19] 과학기술 기본법

제28조 (연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용)

① 정부는 효율적이고 균형 있는 연구개발을 추진하기 위하여 필요한 **연구개발 시설과 장비 등을 확충·고도화하고 관리·운영·공동활용 및 처분**하기 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.

② 정부는 제1항에 따른 연구개발 시설·장비의 확충·고도화, 관리·운영·공동활용 및 처분을 추진하기 위하여 필요한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 이를 **지원할 기관을 지정하고 그 운영에 필요한 경비를 지원**할 수 있다.

③ 과학기술정보통신부장관은 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 제1항에 따른 연구개발 시설·장비의 관리·운영·공동활용 및 처분에 대한 표준지침을 정하여 고시하여야 한다.

④ 제3항에 따른 표준지침의 적용 대상, 수립 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제29조 (과학연구단지 등의 조성 및 지원)

① 정부는 산업계·학계·연구계가 한 곳에 모여 서로 유기적으로 연계하는 데에 따른 효율을 높이고, 국내외 첨단 벤처기업을 유치하거나 육성하기 위하여 **과학연구단지를 만들거나 그 조성을 지원**할 수 있다.

② 중앙행정기관의 장은 예산의 범위에서 지방자치단체가 주관하는 과학연구단지 조성사업에 드는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률

- **(목적)** 기초연구를 지원·육성하고 핵심기술에 대한 연구개발을 촉진을 통한 창조적 연구역량의 축적을 도모하며, 우수한 과학기술인력 양성, 국가과학기술경쟁력 강화, 경제·사회 발전에 이바지하는 것을 목적
- **(주요내용)** 기초과학 또는 공학·의학 등과의 융합하여 새로운 이론과 지식을 창출하는 연구 활동을 지원하기 위해 기초연구환경 조성 및 연구시설·장비 공동활용 촉진 등의 시책 마련

[표 2-20] 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률

제10조 (연구개발 시설·장비 공동활용 촉진)
기초연구사업을 수행하는 기관 또는 단체의 장은 기초연구 관련 분야 연구자가 소속된 기관의 장으로부터 기초연구사업을 수행하는 기관 또는 단체가 소유하고 있는 연구 시설·장비의 활용 요청을 받으면 그 연구자가 연구 시설·장비를 활용할 수 있도록 적극 협조하여야 한다.

협동연구개발촉진법

- **(목적)** 대학·기업·연구소 및 외국 연구개발 관련 기관과의 협동연구개발 촉진에 관한 사항을 정하여 연구개발자원을 효율적으로 활용함으로써 연구개발의 성공가능성을 향상시키고, 과학기술의 혁신과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적
- **(주요내용)** 국가는 협동연구개발을 목적으로 연구개발 시설을 설치·운영하는 경우, 해당 기관에 경비의 일부를 지원하고, 사용료을 받는 조건으로 다른 기관이 이용할 수 있도록 허용

[표 2-21] 협동연구개발촉진법

제8조 (연구개발시설 등의 공동이용)
① 국가·지방자치단체 또는 공공기관으로부터 운영에 소요되는 경비를 지원받는 대학 또는 연구소는 당해 기관의 업무수행에 지장이 있는 경우를 제외하고는 **실비의 사용료를 받는 조건하에 당해 기관이 보유한 연구개발시설 또는 기자재를 다른 기관이 이용하는 것을 허락**하여야 한다.
② 국가는 대학 또는 연구소가 기업과의 협동연구개발을 위하여 **연구개발시설을 설치·운영하는 경우에는 당해 대학 및 연구소에 경비의 일부를 지원**할 수 있다.



3.2 건설·교통 신기술 법·제도

· '건설신기술 지정제도'는 1989년부터 운영되었으며, 2010년도에 건설·교통신기술로 확대하는 등 국토교통 신기술 개발을 장려하기 위해 다양한 혜택*을 지원
* 기술사용료 지급, 우수기술 우선반영 의무화, 고의·중대 과실 외 면책, 수의계약, 입찰 가점 등 부여

건설기술진흥법

- **(목적)** 건설기술의 연구·개발 촉진을 통해 기술수준을 향상시키고, 건설공사의 품질 및 안전성을 확보하여 건설 관련 산업의 활성화, 공공복리의 증진과 국민경제 발전에 이바지함을 목적
- **(주요내용)** 건설 신기술은 국내에서 최초로 특정 건설기술을 개발하거나, 기존 기술을 개선·개량을 통해 경제성·시공성·안전성이 우수하다고 판단될 경우 새로운 건설기술로 지정하는 제도임
  – 성능시험 및 시험시공의 결과가 우수하면 신기술의 활용·촉진을 위해 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용

[표 2-22] 건설기술진흥법

제14조 (신기술의 지정·활용 등)
① 국토교통부장관은 국내에서 최초로 특정 건설기술을 개발하거나 기존 건설기술을 개량한 자의 신청을 받아 그 기술을 평가하여 **신규성·진보성 및 현장 적용성이 있을 경우 그 기술을 새로운 건설기술(이하 "신기술"이라 한다)로 지정·고시**할 수 있다.
② 국토교통부장관은 신기술을 개발한 자(이하 "기술개발자"라 한다)를 보호하기 위하여 필요한 경우에는 **보호기간을 정하여 기술개발자가 기술사용료를 받을 수 있게 하거나 그 밖의 방법으로 보호**할 수 있다.
③ 기술개발자는 신기술의 활용실적을 첨부하여 국토교통부장관에게 제2항에 따른 보호기간의 연장을 신청할 수 있고, 국토교통부장관은 **그 신기술의 활용실적 등을 검증하여 보호기간을 연장**할 수 있다. 이 경우 신기술 활용실적의 제출, 검증 및 보호기간의 연장 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
④ 국토교통부장관은 발주청에 신기술과 관련된 신기술장비 등의 성능시험이나 시공방법 등의 시험시공을 권고할 수 있으며, **성능시험 및 시험시공의 결과가 우수하면 신기술의 활용·촉진을 위하여 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용**하게 할 수 있다.
⑤ 발주청은 신기술이 기존 건설기술에 비하여 시공성 및 경제성 등의 측면에서 우수하다고 인정되는 경우 해당 신기술을 그가 시행하는 건설공사에 우선 적용하여야 한다.
⑥ 신기술을 적용하는 건설공사의 발주청 소속 계약사무담당자 및 설계 등 신기술 적용 관련 공사업무 담당자는 고의 또는 중대한 과실이 증명되지 아니하면 신기술 적용으로 인하여 발생한 해당 기관의 손실에 대하여는 책임을 지지 아니한다.
⑦ 국토교통부장관은 제2항에 따라 보호를 받는 기술개발자에게 신기술의 성능 또는 품질의 향상을 위하여 필요한 경우에는 신기술의 개선을 권고할 수 있다.
⑧ 제1항에 따른 신기술 평가방법 및 지정절차 등과 제2항에 따른 신기술의 보호내용, 기술사용료, 보호기간 및 활용방법 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

국가통합교통체계효율화법

- **(목적)** 교통체계의 효율성·통합성 및 연계성을 향상하기 위하여 육상교통·해상교통·항공교통정책에 대한 종합적인 조정과 각종 교통시설 및 교통수단 등 국가교통체계의 효율적인 개발·운영 및 관리 등에 필요한 사항을 정함으로써 국민생활의 편의를 증진하고 국가경제 발전에 이바지함을 목적
- **(주요내용)** 국내에서 최초로 개발한 교통기술에 대해 신규성·진보성이 있다고 판단되고, 보급·활용의 필요가 있다고 인정될 경우 교통신기술로 지정

[표 2-23] 국가통합교통체계효율화법

제102조 (교통신기술의 지정·보호 등)

① 국토교통부장관은 국내에서 **최초로 개발한 교통기술 또는 외국에서 도입하여 소화·개량한 기술이 국내에서 신규성·진보성 등이 있다고 판단되고 그 기술을 국가교통체계에 보급 · 활용할 필요가 있다고 인정**되는 경우로서 그 기술을 개발한 자(이하 "기술개발자"라 한다)가 요청하는 경우에는 그 기술을 새로운 교통기술(이하 "교통신기술"이라 한다)로 지정할 수 있다. 다만, 다른 법령에 따라 신기술로 지정된 경우에는 해당 법령에서 정하는 바에 따른다.

② 국토교통부장관은 제1항에 따라 지정된 **교통신기술의 실용화 등에 필요한 재정적·행정적 지원**을 할 수 있다.

③ 국토교통부장관은 기술개발자를 보호하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 보호기간을 정하여 기술개발자에 대하여 **교통신기술에 대한 기술 사용료를 받을 수 있도록 하거나 그 밖의 방법으로 보호**할 수 있으며, 기술개발자가 보호기간의 연장을 신청하는 경우에는 해당 신기술의 활용 실적 등을 검증하여 보호기간을 연장할 수 있다.

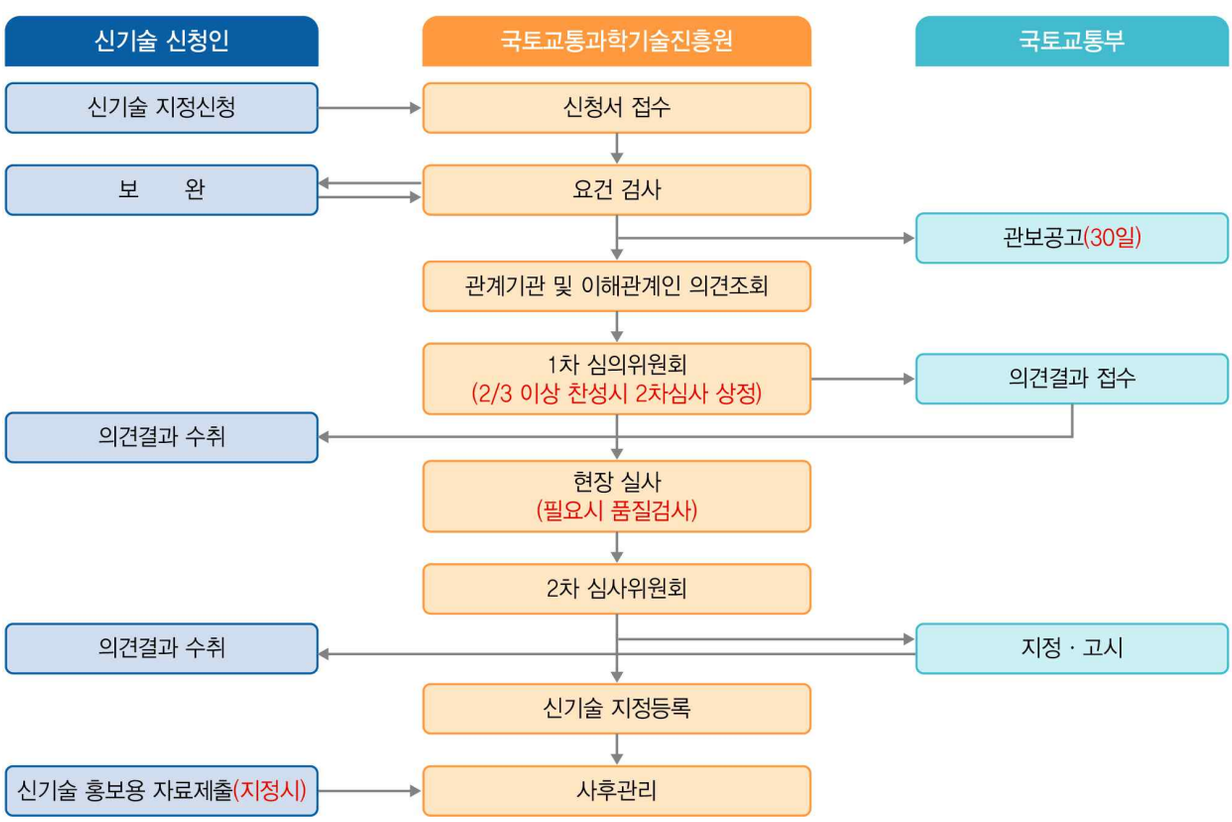
④ 교통신기술의 지정, 보호 내용, 기술 사용료, 보호기간 및 활용방법 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

건설신기술 활용·촉진에 관한 조례 (서울시, 경기도, 대전시, 부산시)

- **(목적)** 건설공사에 신기술을 활용·촉진하기 위하여 필요한 사항을 규정
  - – 일부 광역·지방자치단체에서 발주(시비 지원 또는 시비 보조금 사업 포함)하는 건설공사에 신기술 활용·촉진 규정을 고시
- **(주요내용)** 건설신기술활용심의위원회 설치 및 운영을 통하여 각 시·도에서 시행하는 건설공사 중 신기술 활용에 대한 심의를 통하여 적용 가능성 여부를 검토
  - – 신기술 활용 촉진을 장려하고, 신기술이 기존 기술보다 시공성·경제성·안전성이 우수하면 건설공사에 신기술을 우선적으로 반영

건설신기술 지정·심사 제도 (건설신기술시행령)

- 건설신기술의 활용·촉진을 위한 신기술 신청·지정 등은 건설기술진흥법 14조에 의거하여 위임된 사항을 시행령으로 규정
  - (건설신기술시행령) 31조 '신기술의 지정신청', 32조 '신기술의 지정절차', 33조 '신기술의 지정·고시', 34조 '신기술의 활용 등', 35조 '신기술의 보호기간 등', 37조 '신기술 지정의 취소 공고
- 건설신기술 심사기준 (신기술의 평가기준 및 평가절차 등에 관한 규정, 2014.12.10., 제806호)
  - 1차 심사위원회의 심사기준은 신규성, 진보성, 경제성을 기준으로 평가
    - * 신규성 : 최초로 개발된 기술 또는 기존 기술과 차별성, 개량, 독창성, 자립성 등이 인정된 기술
    - * 진보성 : 기존의 기술과 비교하여 품질 향상, 공기기간 단축, 첨단기술성 등이 인정된 기술
    - * 경제성 : 기존의 기술과 비교하여 설계·시공 공사비, 유지관리비 등 비용 절감효과가 인정되는 기술
  - 2차 심사위원회의 심사기준은 현장 적용성, 보급성을 기준으로 평가
    - * 현장 적용성 : 시공성·안전성·구조안정성·유지관리 편리성 등이 우수하여 건설현장에 적용할 가치가 있는 기술
    - * 보급성 : 시장성, 공익성 등이 우수하여 기술보급의 필요성이 인정되는 기술
- 신기술 보호기간 연장 심사기준 (신기술의 평가기준 및 평가절차 등에 관한 규정, 2014.12.10., 제806호)
  - 품질검증 : 신기술이 적용된 주요 현장 모니터링, 지정시 신기술 성능 및 효과가 검증된 기술
  - 기술의 우수성 : 국내외 동종 기술과 비교하여 우수성이 인정되는 기술
  - 활용실적 : 지정·고시 후 연장신청일 전까지 신기술의 범위에 해당되는 활용실적이 있는 기술
- 건설신기술 지정 절차



[그림 2-10] 건설신기술 지정 및 심사 절차

3.3 소 결

■ 연구인프라 기반의 국토교통 융·복합 과학기술의 육성 및 산업의 경쟁력 강화를 위해 연구개발 성과물의 보급 및 활용 촉진 등을 지원하는 정책과 부합

- 과학기술기본법(제28조)에서는 건설기술의 효율적이고 균형있는 연구개발을 추진하기 위하여 필요한 연구개발 시설과 장비 등을 확충·고도화하는 시책 추진
- 국토교통과학기술 육성법(제9조, 제10조, 제13조)에서는 국토교통 과학기술의 융·복합 연구개발을 통해 연구성과의 보급 및 활용을 촉진할 수 있는 연구 인프라 확충 시책을 추진하도록 규정
- 건설기술진흥법(제9조, 제10조)에서는 건설기술과 관련된 산·학·연·관 간의 인력·자금·실험시설 및 기술정보의 효율적 활용과 선진 건설기술 획득을 위한 공동연구를 추진하고, 연구시설 및 장비 지원 등 시책을 추진하도록 규정

■ 국가 과학기술의 기반을 지지하는 시설·장비의 공동활용 촉진, 체계적인 운영·관리 및 고도화 추진을 위한 관리기관 지정으로 산·학·연·관 유기적 연계성 강화와 R&D 예산의 효율화 등 정책적 근거와 부합

- 과학기술기본법(제28조)에서는 연구개발 시설·장비의 확충·고도화, 관리·운영·공동활용 및 처분을 추진하는 지원할 기관을 지정 및 필요한 경비를 지원할 수 있다고 규정
  - 동법(제29조)에 의거 산·학·연 유기적 연계로 효율성 증진 및 국내외 첨단 벤처기업 유치·육성을 지원하기 위한 연구단지 조성 정책과 부합
  - 과학기술정보통신부에서는 국가연구시설·장비의 공동활용 촉진을 위한 방안으로 기 구축된 연구 장비·시설에 대해서 집적화 추진
- 국토교통과학기술육성법(제13조)에서는 국토교통분야 산업의 연구기반 확충을 위해 연구시설 및 장비의 확보, 관리, 공동사용 등을 지원하거나 그 밖의 필요한 시책을 강구할 수 있다고 규정
- 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률(제10조)에서는 정부 사업으로 구축된 연구 시설·장비의 경우, 외부기관으로부터 활용 요청을 받으면 적극적으로 협조

■ 건설기술의 연구·개발 촉진을 통해 기술수준 향상으로 건설공사의 경제성·공공성·안전성·시공성 등을 확보하여, 국민의 생활·안전 및 해외시장 진출을 지원하고 건설·교통 신기술 법·제도를 마련

- 건설기술진흥법(제14조)에서는 국내에서 최초로 특정 건설기술을 개발하거나, 기존 기술을 개선·개량을 통해 경제성·시공성·안전성이 우수하다고 판단될 경우 새로운 건설기술로 지정하는 제도로 규정
- 국가통합교통체계효율화법(제102조)에서는 교통기술에 대해 신규성·진보성이 있다고 판단되고, 보급·활용의 필요가 있다고 인정될 경우 교통신기술로 지정
- 건설신기술 지정·심사시 현장 적용성 평가(2차 심의)는 시공성, 안전성, 구조 안정성, 유지관리 편리성 등이 우수하여 건설현장 적용 가능성이 높은 기술이지만, 신기술 신청 중소기업 및 연구책임자들은 신기술 적용 현장의 확보 어려움을 장애요인으로 제시

제 4 절 국토교통분야 시장 및 투자동향 분석

1. 국토교통분야 시장동향 분석

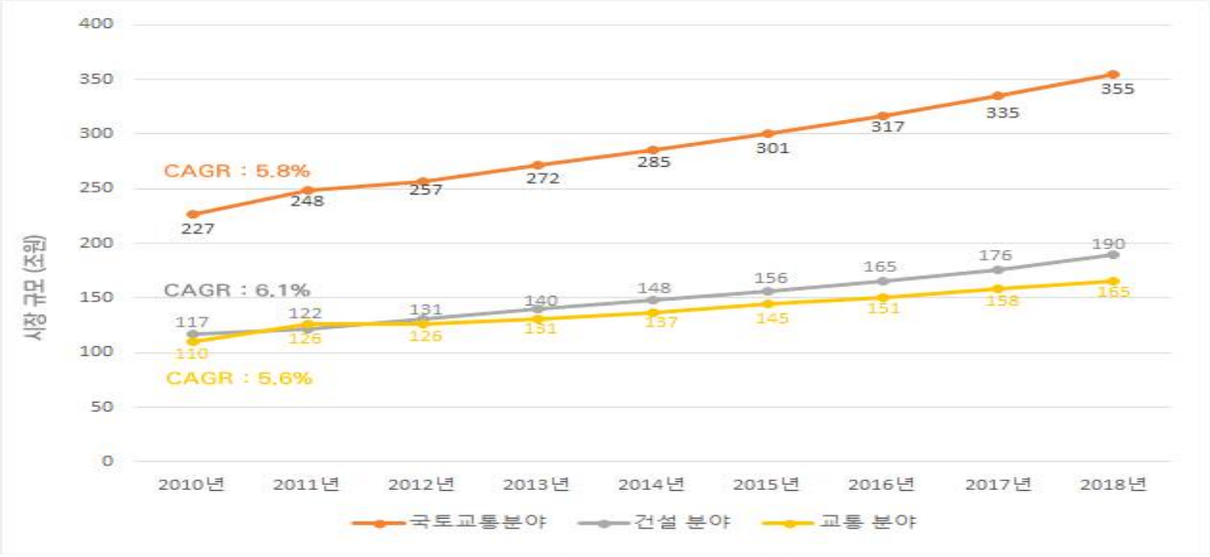
· 국토교통 산업은 인간이 편리하게 생활할 수 있는 환경을 조성하기 위해 토지, 자본, 노동 등의 생산요소를 활용하여, 국가 기반시설을 구축하는 국가경제의 기반 산업임

1.1 국내 시장동향

2014년 기준 국내 국토교통 분야 시장 규모는 285조 원 이며, 연평균 성장률 5.8%*를 적용시 2018년 시장 규모는 355조원 규모로 성장 전망

* 최근 5년간('10~'14년) 국토교통분야 시장규모 연평균 증가율은 5.8%

- 건설 및 교통 분야의 시장 규모는 2018년에 각각 190조원, 165조원으로 증가할 것으로 전망되며, 향후 4차 산업혁명의 도래로 더욱 증가할 것으로 예상

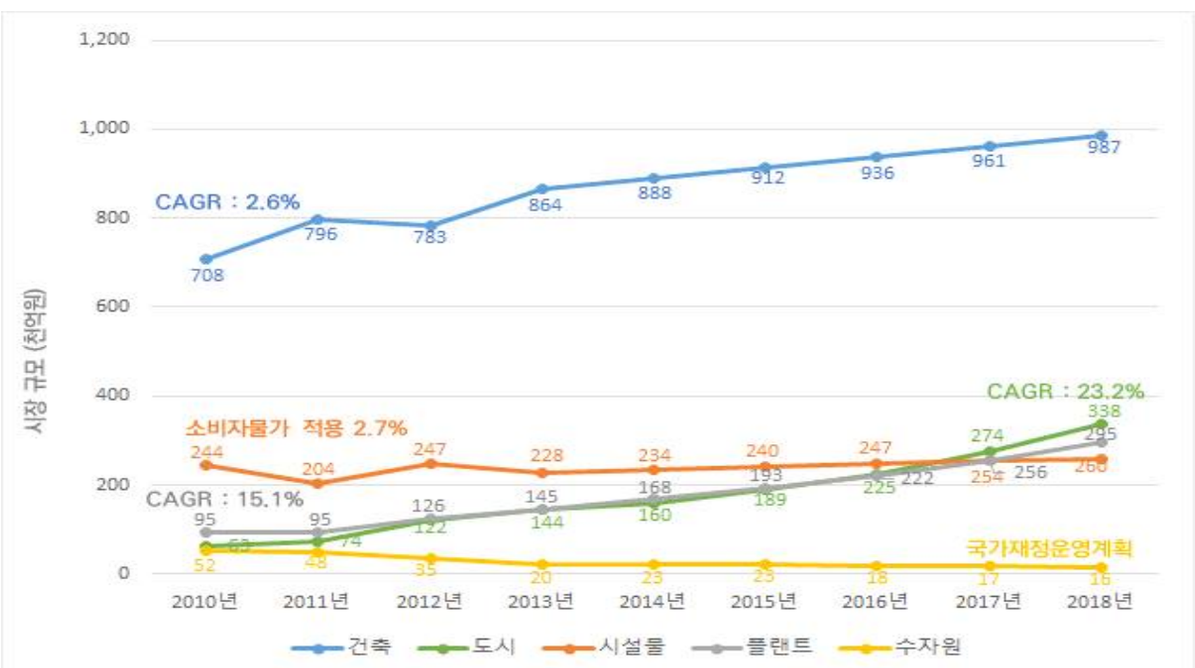


[그림 2-11] 국내 국토교통분야 시장 규모

건설시장의 규모는 2014년 148조원에서 2018년 190조원으로 약 40조원이 확대될 것으로 전망되며, 특히 플랜트, 건축, 도시, 시설물 분야의 시장 확대가 뚜렷할 것으로 예상

- (건축 분야) 2014년 기준 건축분야 시장규모는 88조 8,088억 원이며, 연평균 증가율 2.6%을 적용한 2018년 시장규모는 98조 7,956억 원으로 확대 예상
  - 해외 건축 시장 흐름에 발맞춰 전통적인 건축기술 이외에 탄소저감형 건축 환경, 환경 친화적 녹색건축물, 제로에너지 건축물 보급·육성 정책 추진으로 시장 확대
  - 최근 국내에서 경주, 포항 지진으로 인한 저층 및 고층 건축물의 파손으로 인해 사회·경제적 피해가 발생되고 있는바, 지진 보강 및 설계에 대한 시장이 확대될 것으로 전망

- **(도시 분야) 2014년 기준 시장규모는 16조 961억 원이며, 연평균 증가율 23.2%을 적용한 2018년 시장규모는 33조 8,703억 원으로 확대 예상**
  - 도시분야 시장은 도시 생태 공간 조성 및 도시재생기술 시장, GIS 시장, LBS 시장 등으로 구분 하여 국내 시장 규모를 산정
  - 급격한 도시화, 인구감소, 고령화와 같은 사회적 문제를 해결하기 위한 스마트 홈, 스마트 시티 등 ICT 기술 융합을 통한 도시 재생사업과 관련된 시장이 확대될 것으로 전망
- **(시설물 분야) 2014년 기준 시장규모는 23조 4,518억 원이며, 2018년 시장규모는 최근 10년간 평균 소비자 물가 2.7%을 적용한 26조 890억 원으로 확대 예상**
  - 시설물 분야 시장은 도로, 교량, 터널, 댐·항만, 간척, 택지, 공업용지 조성 등 사회 기반시설의 시공 및 유지관리 기성실적을 기반으로 시설물 시장을 산정
  - 교량, 항만 등 주요 기반 시설물의 유지관리·해체 시장이 활성화가 되고 있으며, 시설물 노후화에 따른 유지보수 기술에 대한 투자와 연구개발이 적극적으로 추진됨에 따라 시장 확대 예상
  - 최근 국내에서 경주, 포항 지진으로 인한 사회 기반시설에 대한 사회적 관심 증대로 지진 보강 및 설계에 대한 시장이 확대될 것으로 전망
- **(플랜트 분야) 2014년 기준 플랜트 분야의 시장 규모는 16조 8,168억 원이며, 연평균 증가율 15.1%을 적용한 2018년 시장규모는 29조 8,151억 원으로 약 13조원 이상 성장 전망**
  - 환경오염 등의 문제 해결은 위해 석탄발전의 효율성 및 석탄가스화, 원자력 플랜트 등 친환경 에너지 및 신재생 에너지(태양열, 지열 등) 관련 시장의 확대 전망
- **(수자원 분야) 2014년 기준 수자원 분야는 2조 3,830억 원이었으나, 국가재정운영계획에서 2018년 시장규모를 1조 6,630억 원으로 시장이 축소 예상**
  - 전 세계적으로 물 부족, 환경오염과 같은 기후변화 및 환경적 문제로 인해 물 재이용, 수자원 관리 등 스마트 물 관리 정책이 추진되고 있지만, 뚜렷한 성과 미흡으로 국내 시장 축소



[그림 2-12] 국내 건설 분야 시장 규모



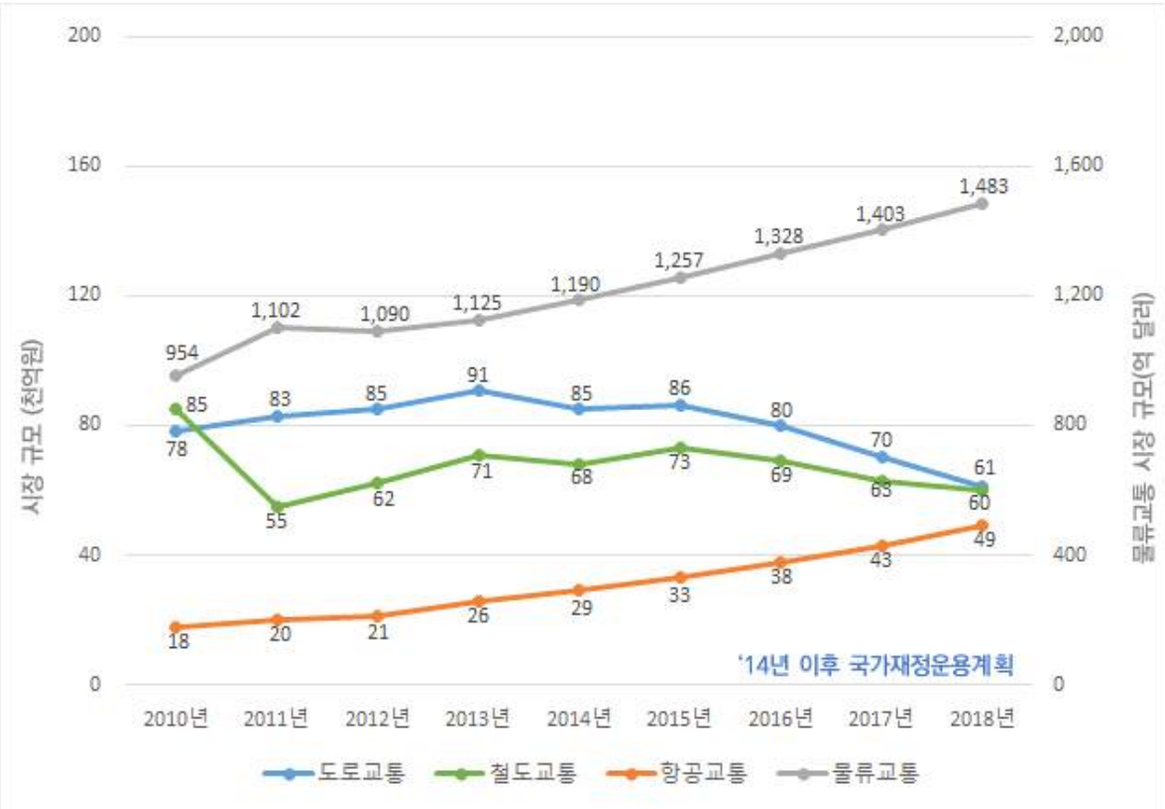
교통시장의 규모는 2014년 135조원에서 2018년 165조원으로 약 30조원이 확대될 것으로 전망되며, 특히 물류교통 분야의 시장 확대가 뚜렷할 것으로 예상

- **(도로교통 분야) 2014년 기준 도로교통 분야 시장규모는 8조 4,700억 원이며, 2018년 시장규모는 6조 1,290억 원으로 축소 예상**
  - 2015년 이후 전통적인 도로교통 분야인 자동차, 도로 및 교통관련 시장이 세계 경기 침체로 인한 국내 시장에도 영향을 미치는 것으로 예상
  - 최근 전 세계적으로 ICT와 융합된 도로교통에 대한 시장이 커지고 있으며, 관련 기술인 자율주행차, 스마트 하이웨이, 도로포장 및 유지관리 등에 대한 정책 및 연구개발 투자가 급증하고 있어 향후 시장이 확대될 것으로 예상

- **(철도교통 분야) 2014년 기준 철도교통 분야 시장규모는 6조 8,030억 원이며, 2018년 시장규모는 6조 400억 원으로 축소 예상**
  - 온실가스 배출규제 및 에너지 효율화를 추구하는 기술 선진국의 교통정책에 부합하는 철도교통은 해외 시장은 확대되나, 국내 시장은 축소 예상
  - 국내에서는 고속열차 및 부품의 국산화를 위한 기술개발을 진행 중이며, 철도시설에 대한 유지관리 시스템 개발을 통한 해외시장 진출로 시장 확보

- **(항공교통 분야) 2014년 기준 항공교통 분야 시장규모는 2조 8,813억 원이며, 2018년 시장규모는 4조 8,834억 원으로 확대 예상**
  - 국내 항공교통 분야는 항공기, 항공정비, 항행시스템 등의 시장으로 형성되어 있으며, 기술 선진국의 시장보다 매우 시장이 열악한 수준
  - 항공교통 시장은 관련 선진국보다 원천기술의 수준이 떨어지는 것으로 보고되고 있으나, 최근 항공교통 분야에서 이슈화로 무인항공기에 대한 정책 및 연구개발 투자가 활발히 이루어짐에 따라 향후 관련 시장이 커질 것으로 예상

- **(물류교통 분야) 2014년 기준 물류교통 시장규모는 119조 139억 원이며, 2018년 시장규모는 148조 3,987억 원으로 약 30조원 확대 전망**
  - 물류 분야 시장은 전통적인 화물운송 분야와 관련 된 국내 시장이 가장 확대될 것으로 전망
  - 선진국 GDP에서 물류비는 큰 비중을 차지하고 있으며, 국내 또한 비슷한 실정으로 물류비 절감을 위한 많은 정책과 기술개발 투자 추진
  - 최근 물류교통 빅데이터와 IoT기술 등을 접목한 연구개발이 활발히 이루어지고 있으며, 관련 산업의 시장이 큰 폭으로 성장할 것으로 예상



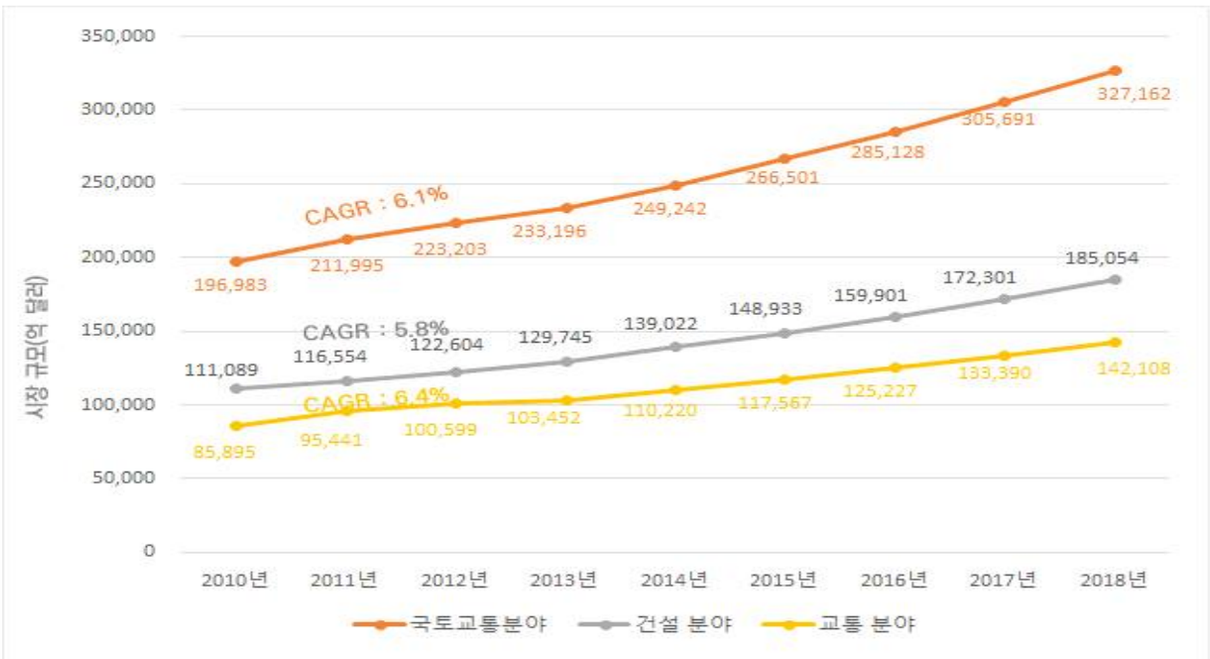
[그림 2-13] 국내 교통 분야 시장 규모

1.2 국외 시장동향

2014년 기준 국외 국토교통 분야 시장 규모는 24조 9,242억 달러이며, 연평균 성장률 6.5%*를 적용시 2018년 시장 규모는 32조 7,162억 달러 규모로 성장 전망

* 최근 5년간('10~'14년) 국토교통분야 시장규모 연평균 증가율은 6.5%

- 건설 및 교통 분야의 시장 규모는 2018년에 각각 129조 달러, 101조 달러로 증가할 것으로 전망되며, 향후 4차 산업혁명과 결합한 건설·교통 분야의 영역은 확장되어 시장규모는 증가할 것으로 예상



[그림 2-14] 해외 국토교통 분야별 시장 규모

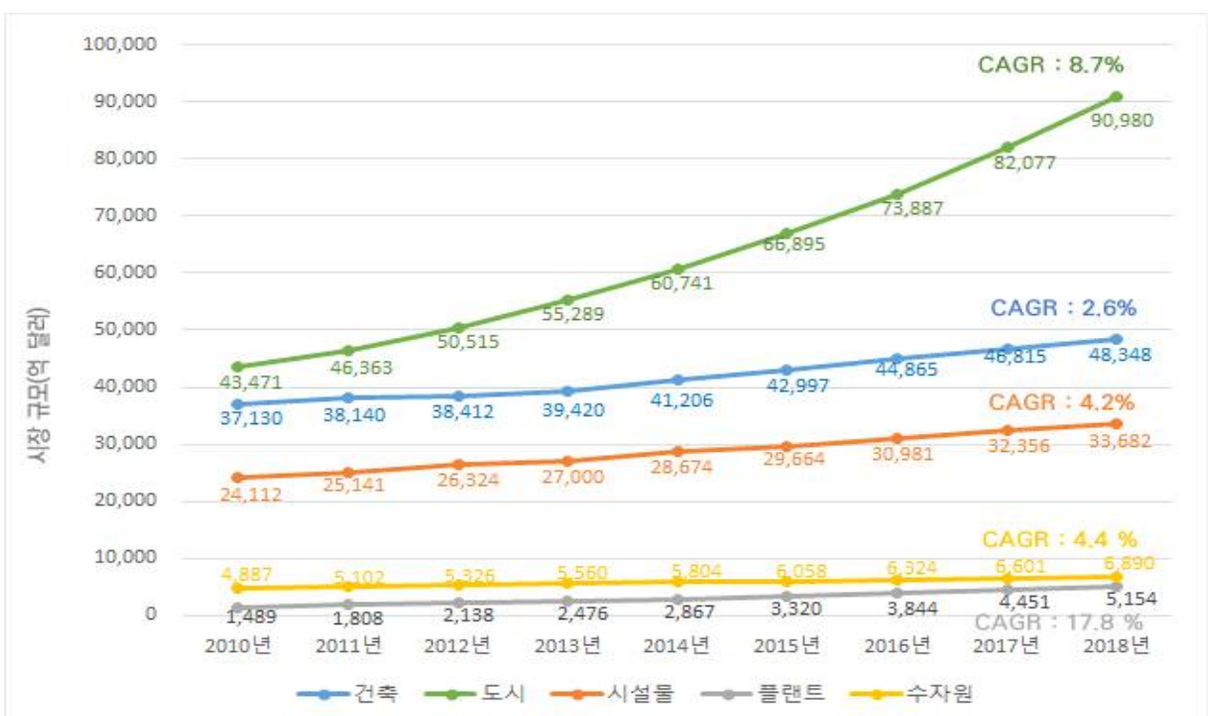
건설시장의 규모는 2014년 139,022억 달러에서 2018년 185,054억 달러로 약 45억 달러 확대될 것으로 전망되며, 특히 플랜트, 도시, 시설물 분야의 시장 확대가 뚜렷할 것으로 예상

- (건축 분야) 2014년 기준 건축 분야 시장규모는 41,206억 달러이며, 연평균 증가율 2.6%을 적용한 2018년 시장규모는 48,347억 달러로 확대 전망
  - 최근 전 세계적으로 환경오염, 에너지 고갈 등과 같은 사회·환경적 문제점에 대한 관심이 높아지면서, 해외 건설시장은 제로에너지 건축물, 건축물 성능과 관련된 정책 및 기술 투자로 시장 확대 전망
  - 건축 시장의 흐름에 맞춰 제로에너지, 스마트 홈 등 ICT·IoT 관련 4차 산업 첨단기술과의 융·복합을 통한 연구개발로 지속적인 시장 확대가 예상
- (도시 분야) 2014년 기준 도시 분야 시장규모는 60,741억 달러이며, 연평균 증가율 8.7%을 적용한 2018년 시장규모는 90,980억 달러로 확대 전망
  - 도시 분야 시장규모 도시 생태 공간 조성 및 도시재생기술 시장, GIS 시장, LBS 시장 등으로 구분 하여 시장규모를 산정
  - 도시 시장은 스마트시티, 공간정보 기술과 같은 전통적인 도시 기술과 타 분야 기술과의 융·복합을 통한 새로운 기술·산업에 대한 시장 확장 전망

- **(시설물 분야) 2014년 기준 시장규모는 28,404억 달러이며, 연평균 증가율 4.2%을 적용한 2018년 시장규모는 33,682억 달러로 확대 전망**
  - 시설물 분야 시장은 터널, 구조물, 항만, 도로, 철도 등 SOC 분야 기술과 관련된 시장으로 형성되어 있으며, 최근 시설물 노후화로 인해 유지·보수·관리 등에 대한 인식 변화
  - 도시집중, 생산인구 감소, 시설물 노후화 등에 따른 자동화 굴착기술, 자동 TBM 기술, 대심도 지하구조물 기술 등에 대한 요구 증대로 향후 이와 관련 기술 시장이 확대 될 것으로 전망

- **(플랜트 분야) 2014년 기준 시장규모는 2,867억 달러이며, 연평균 증가율 17.8%을 적용한 5,154년 시장규모는 33,682억 달러로 확대 전망**
  - 플랜트 분야 시장은 해수담수화, 석유화학플랜트, 전력 플랜트 건설, 산업플랜트 시장으로 구분하여 시장 규모를 산정하였으며, 2018년 기준 2014년도의 1.5배 정도의 시장 규모 확대 전망
  - 기후변화 및 환경오염, 에너지 고갈에 대비하여 해외 플랜트 시장은 신재생에너지에 대한 집중 투자 및 연구개발이 활발히 추진됨에 따라 건설 수요 및 시장은 확대될 것으로 예상

- **(수자원 분야) 2014년 기준 시장규모는 5,804억 달러이며, 연평균 증가율 4.4%을 적용한 2018년 시장규모는 6,890억 달러로 확대 예상**
  - 전 세계적으로 환경오염, 가뭄 등의 문제로 물 부족에 따른 많은 관심을 보이고 있으며, 이에 따른 관련 기술에 대한 정책 및 연구개발 투자 추진
  - 기후변화에 따른 수재해, 물 부족으로 사회·경제적 피해가 발생되는 문제로 인해 국민의 안전 및 깨끗한 생활용수 공급을 위한 상하수도 관리 요구로 수자원 시장 확대 전망



[그림 2-15] 해외 건설 분야 시장 규모



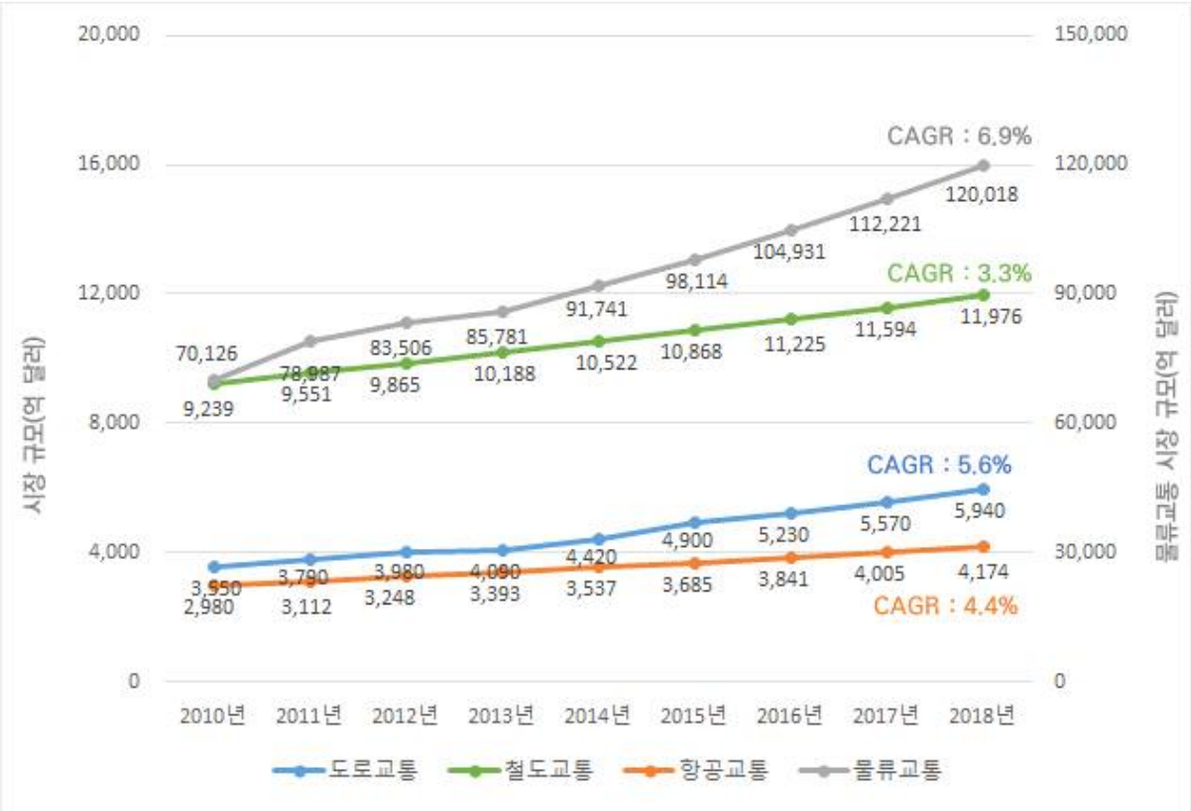
교통시장의 규모는 2014년 110,220억 달러에서 2018년 142,108억 달러로 약 3만억 달러가 확대될 것으로 전망되며, 특히 물류, 도로교통 분야의 시장 확대가 뚜렷할 것으로 예상

- **(도로교통 분야) 2014년 기준 시장규모는 4,420억 달러이며, 연평균 증가율 5.6%을 적용한 2018년 시장규모는 5,940억 달러로 확대 전망**
  - 해외 도로교통 분야 시장이 2014년 이후 연평균 6.6%로 성장할 것으로 예상되며, 자율주행차, 친환경적인 도로교통 시스템, 도로교통 노후 인프라 유지보수 등이 지속적으로 확대 전망
  - 또한, 대기오염 및 교통사고 저감을 위한 ICT 융·복합 기술, 온실가스 감축 기술, 스마트 도로포장, 보행자 안전 기술 등 새로운 도로교통 정책 및 연구개발 투자로 확대 전망

- **(철도교통 분야) 2014년 기준 시장규모는 10,520억 달러이며, 연평균 증가율 3.3%을 적용한 2018년 시장규모는 11,976억 달러로 확대 전망**
  - 철도교통 시장은 일반·고속·도시 철도 차량, 궤도 노반, 전력 계통, 신호/통신 등으로 구성되며, 국내 시장은 축소되는 반면에 해외 시장은 확대로 해외 시장 진출을 위한 역량강화 필요
  - 기술 선진국은 철도교통과 관련 중장기 로드맵을 수립하여 고속철도, 자기부상열차 등 새로운 기술에 대한 투자 및 타 교통수단과의 연계 정책 추진으로 지속적인 시장 확대 전망

- **(항공교통 분야) 2014년 기준 시장규모는 3,537억 달러이며, 연평균 증가율 4.4%을 적용한 2018년 시장규모는 4,174억 달러로 확대 전망**
  - 해외 항공교통 분야 시장은 완제기 시장, 항공기 정비·개조 시장, 항행시스템 시장 등으로 구분되며, 2018년 시장규모는 약 4,174억 달러로 추정
  - 최근 드론, 무인 항공기 등을 활용한 택배, 레져, 측량 및 진단, 방송 등 수요가 급증함에 따라 관련 정책 및 연구개발 투자가 지속적으로 추진될 것으로 예상
  - 또한, 항공관제 시스템, 항공교통 인프라 등 항공기의 안전성 및 효율적 운영을 위한 투자가 지속적으로 추진됨에 따라 향후 항공시장은 확장될 것으로 전망

- **(물류교통 분야) 2014년 기준 시장규모는 91,741억 달러이며, 연평균 증가율 6.9%을 적용한 2018년시장규모는 120,018억 달러로 확대**
  - 2013년 기분 전 세계 국가 물류 시장은 GDP의 11.6%로 국가 경제에 막대한 영향을 미침
  - 현재 물류 시장은 경제 산업의 발전과 매우 밀접한 관련성을 지니고 있으며, 전통적인 물류 운송인 육지·항공·바다 운송 시장으로 형성
  - 기술 선진국들은 4차 산업혁업을 대비한 ICT, 드론, 가상현실 등과 같은 새로운 물류기술에 대한 중요성을 인식하여 국가 및 민간 차원에서의 정책 및 막대한 연구개발사업 투자로 지속적인 시장이 확장될 것으로 전망



[그림 2-16] 해외 교통 분야 시장 규모



2. 국토교통 R&D 투자동향 분석

· 정부는 기술혁신을 통한 사람중심 경제 실현 및 선제적 미래사회 대비를 위한 연구개발의 중요성 인식으로, GDP대비 R&D 투자 비중은 OECD 국가 중 상위에 위치

2.1 국가 R&D 투자 동향

■ **최근 10년('08~'17년)간 정부 R&D투자 규모는 연평균 6.45% 증가하였으며, '17년 현재 정부 R&D 투자 규모는 19.5조원으로 정부 총지출(4.5조원)의 4.9% 수준**

○ 국가 전체 R&D 투자규모(민간+정부)는 '15년 기준 66조원, GDP 대비 4.23%로 세계 2위, 연구개발비 규모는 세계4위(약 742.2억 ppp달러)[7]로 우리나라는 전통적인 과학기술 중심의 산업·경제임

– 국가 총 연구 개발비의 재원은 정부와 민간으로 구성되며, 총 연구 개발비에서 정부와 민간이 차지하는 비중은 평균 26%와 74%로 민간이 정부보다 R&D투자 적극적

* 글로벌 시장·산업에서의 우위 선점을 위해 민간 자체적 기술개발로 글로벌 경쟁력 확보 노력

– 정부예산 증가율은 '08년 이후로 점점 감소하는 추세이며 '11년 이후로는 정부 R&D 예산 증가율이 한자리수로 R&D 투자에 대한 열악한 추세

– 정부 R&D 투자 증가율 추이는 '15년도 기획재정부에서 발표한 "'15~'19년 국가재정운용계획" 을 볼 때, 향후 2년 동안 지속될 전망

○ 글로벌 경제 통합 가속화로 개발 기술 및 제품에 대한 글로벌 표준 적용, 시험인증 등 기술에 대한 규제 고도화로 지속적인 R&D 투자 필요

[표 2-24] 연도별 R&D투자 규모

(단위 : 조원, %)

구 분		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	연평균 증가율 (%)
국가 전체 R&D	R&D 총투자규모	34.5	37.9	43.9	49.9	55.5	59.3	63.7	66.0	–	–	
	※ 정부 : 민간	27:73	29:71	28:72	26:74	25:75	24:76	24:76	25:75	–	–	
	GDP대비 투자비중(%)	3.12	3.29	3.47	3.74	4.03	4.15	4.29	4.23	–	–	
정부 R&D	R&D투자 (증가율, %) (총지출대비, %)	11.1 (13.3) (4.3)	12.3 (10.8) (4.3)	13.7 (11.4) (4.7)	14.9 (8.7) (4.8)	16.0 (7.6) (4.9)	17.1 (7.0) (4.9)	17.8 (3.7) (5.0)	18.9 (6.3) (5.0)	19.1 (1.1) (4.9)	19.5 (1.9) (4.9)	6.5
	예산 (증가율, %)	9.3 (14.8)	10.6 (13.7)	12.0 (12.5)	13.0 (9.1)	14.1 (7.8)	15.2 (7.7)	15.9 (4.5)	16.9 (6.4)	17.3 (2.6)	17.6 (2.1)	7.3
	기금 (증가율, %)	1.7 (6.7)	1.7 (△1.1)	1.7 (1.8)	1.8 (5.8)	1.9 (3.3)	1.9 (1.6)	1.9 (△2.7)	2.0 (6.8)	1.8 (△1.13)	1.8 (0.6)	0.6

※ 자료 : 연도별 연구개발활동조사보고서(2016)

7) OECD MSTI 2016-2('17.2.)

'18년도 주요정책별 투자현황을 보면 기초원천연구 강화, R&D 투자시스템 혁신을 통한 R&D 기초체력을 강화하고, 4차 산업혁명을 통한 일자리 창출과 삶의 질 향상에 주력[8)]

- (기초연구 및 기반 확대) 개인·집단 기초연구의 확대와 미래부, 교육부 간 협업을 통한 사업효율화 병행
  - 기초연구 및 기반 확대 R&D : ('17) 1.50 → ('18) 1.80조원 (15.6% 증가)

- (R&D 기반 일자리 창출) R&D 기반의 일자리 창출을 위한 일자리 효과가 높은 R&D 사업에 대한 투자 확대하고, R&D 특성을 감안하여 일자리 생태계 조성에 주력
  - 인력양성·활용 : ('17) 2,871 → ('18) 3,321억원 (15.7% 증가)
  - 기술 창업 : ('17) 2,489 → ('18) 3,392억원 (36.3% 증가)
  - 사업화 지원 : ('17) 2,414 → ('18) 2,607억원 (8.0% 증가)

- (4차 산업혁명 대응) 4차 산업혁명의 전략적 투자범위를 5대영역*으로 설정하고, 영역별 기술·시장 특성과 미래 성장동력, 국가전략프로젝트 등을 종합하여 지원 확대
  * 기초과학(뇌과학·수학 등), 핵심기술(AI·Big-data·IoT 등), 기반기술(이동통신, 반도체 등), 융합기술(자율주행 등), 법·제도
  - 핵심기술 분야 : ('17) 2,099 → ('18) 2,897억원 (38.0% 증가)
  - 기반기술 분야 : ('17) 3,541 → ('18) 3,777억원 (6.7% 증가)
  - 융합기술 분야 : ('17) 5,035 → ('18) 6,731억원 (33.7% 증가)

- (서비스 R&D 육성) AI·IoT 등을 접목한 생활편의를 높이는 미래 생활 신서비스에 대한 투자를 강화하고, 재난·안전, 기상예보, SOC 관리 등 공공서비스의 스마트화도 적극 지원
  - 미래생활형 新서비스 : ('17) 1,414 → ('18) 1,997억원 (41.3% 증가)
  - 공공서비스 스마트화 : ('17) 1,908 → ('18) 2,156억원 (13.0% 증가)

- (재난·재해 대응) 지진·산불·미세먼지 등 최근 대형화·복잡화 하는 재난·재해에 효과적으로 대응하기 위한 부처간 R&D 협업체계 강화
  - 역할분담형, 공동기획형, 현장-기술개발 소통형 3개 협업모델로 유형화하여 관리·운영
  - 재난·재해 대응 : ('17) 8116 → ('18) 8,951 (10.3% 증가)

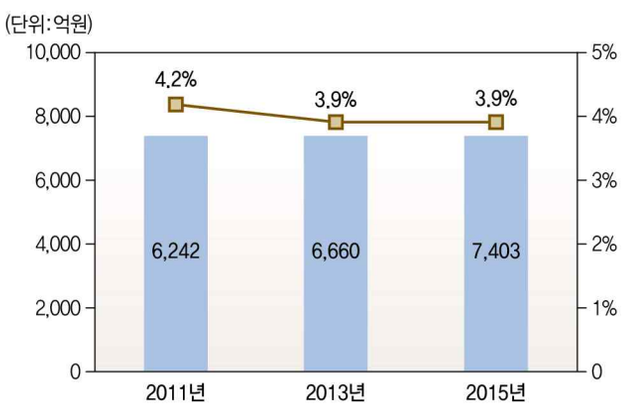
- (기후변화 대응) 온실가스 감축 대응역량을 강화하고, 에너지 신시장 선점을 지원하기 위해 청정에너지, 에너지 신산업 등 기후변화 대응 핵심기술 분야 중점 지원
  - 기후변화 대응 : ('17) 8,389 → ('18) 8,955 (6.8% 증가)

8) 2018년도 정부 주요 R&D 예산 배분·조정(안), 국가과학기술심의회, 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2017. 6

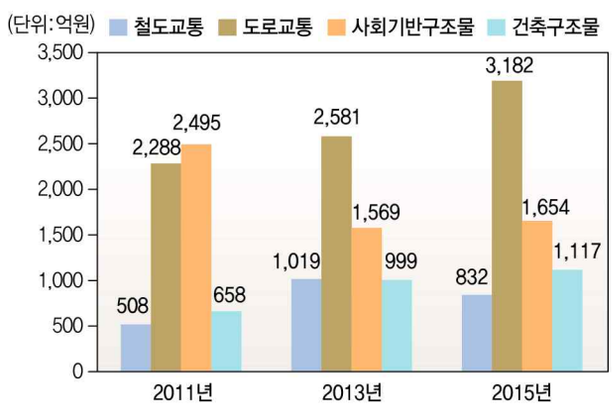
2.2 국토교통 R&D 투자 동향

국토교통 분야 정부R&D 투자규모('15년)는 4,500억원으로 전체 정부R&D 투자 대비 9.3%정도 비중을 차지하고 있으며, 최근 5년 간('11~'15년) 전체 정부R&D는 연평균 6.2% 증가 (국토교통 분야 4.4% 증가)

- 세부분야별 예산 투자 비중은 도로교통(43.0%), 사회기반구조물(22.3%), 건축구조물(15.1%), 철도교통(11.2%), 국토공간(5.9%), 물류(2.5%) 순
  - 최근 5년간('11~'15년) 세부분야별 연평균 증가율은 도로교통 8.6% 증가, 철도교통 13.1% 증가, 사회기반구조물 9.8% 감소
- 연구개발단계별로는 개발(40.9%), 기초(15.7%), 응용(13.8%)순이며, 수행주체별로는 출연(연)(49.0%), 대학(22.1%), 중소기업(8.5%) 순
  - 기초단계 비중은 9.6%('11) → 13.5%('13) → 15.7%('15)로 점점 증가하는 추세
  - 중소기업 참여율은 6.7%('11) → 6.5%('13) → 8.5%('15)로 점점 증가하는 추세



[그림 2-17] 국토교통 분야 연도별 예산



[그림 2-18] 국토교통 분야 세부분야별 예산 추이

국토교통 분야의 정부 및 민간 R&D 총 투자 규모별 세부분야를 살펴보면, 민간이 정부 투자R&D 대비 3.42배 높게 투자하고 있었으며, 주요 투자분야로는 부처 특성이 반영된 사회기반 구조물에 높게 투자되고 있는 것으로 제시

- 정부 대비 민간R&D 투자규모는 사회기반구조물, 건축구조물, 도로교통 순이며, 공공수요가 낮은 철도교통 및 물류는 정부 투자가 더 높은 것으로 제시

[표 2-25] 정부 및 민간 R&D 투자규모 (2015)

(단위 : 억원)

구 분	계	사회기반 구조물	건축구조물	국토공간	도로교통	철도교통	물류
정부투자(A)	7,405	1,654	1,117	436	3,182	832	184
민간투자(B)	25,303	9,039	7,414	895	7,101	787	67
B/A	3.42	5.47	6.64	2.05	2.23	0.95	0.36

국토교통 분야의 주요정책 및 사업은 "사회기반시설 안전성, 주거 및 교통 복지를 증진", "자율주행자동차, 스마트 공간정보기술 등 신성장 동력 창출과 국민 복지 증진"을 위한 건설·교통 기술 개발과 기반시설 확충사업을 수행[9)]

- (국토기술) 고부가가치 핵심 설계·엔지니어링 기술 고도화를 위한 스마트워터그리드 및 3차원 정밀지도 등 서비스 기술 개발을 지원하고 공간정보 전용위성 탑재체 개발 등 다부처 융합R&D 투자 확대
- (교통기술) 자율주행차 안전성 연계기술 지원 등 신산업에 집중 투자하고, 교통 안전성, 시설관리 효율 및 교통 편의를 높이기 위한 R&D 지속 확대
- (기반구축) 국토교통 분야 기초원천 기술개발 등 R&D 성과 검증을 위한 실험 인프라 구축, 중소기업의 기술 사업화 지원, 지역 현안 문제해결을 위한 지역 특성화 R&D에 투자

[표 2-26] 2017년도 국토교통부 연구개발사업

구분	세 부 사 업	사 업 내 용	예산 (억원)
국토 기술	건설기술연구사업	SOC시설물의 전주기 안전성, 첨단화, 고부가가치화 등 핵심 요소기술 개발	498
	물관리연구사업	물재해 저감, 안정적 수자원 확보, 안전한 하천환경 조성 등 기술개발	271
	플랜트연구사업	플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증 기술개발	378
	도시건축연구사업	신건축문화 창조, 도시재생 활성화, 안전한 생활환경 구축, 온실가스 저감 등 관련 기술개발	302
	주거환경연구사업	주거공간의 쾌적화, 장수명화, 안전성 확보를 지향하는 국민 체감형 주택기술 개발	180
	국토공간정보 연구사업	국토공간정보를 체계적 생산 및 가공, 다양한 국토공간정보 활용·융합 서비스 기술 구현	258
교통 기술	교통물류연구사업	교통사고·혼잡 감소, 배출가스 저감, 물류비용 최소화, 편리한 교통서비스 등을 위한 기술개발	550
	철도기술연구사업	빠르고 안전하고 경제적인 철도개발 및 철도산업을 고부가가치 신성장동력 산업으로 육성	998
	항공안전 기술개발사업	항공사고 예방 및 항공교통 수요관리 대응을 위한 항공안전기술 개발	294
	무인비행체안전지원 기술개발사업	무인기 안전운항기술, 교통관리체계기술 개발 및 통합 시범운용	52
	민수헬기인증기술 개발사업	항공기 안정성 확보 및 국가간 항공안전협정 체결을 위한 국가인증체계 구축, 수송급헬기 시범인증	10
기반 구축	국토교통기술촉진 연구사업	국토교통기술 촉진을 위한 핵심 원천기술 개발 및 연구인프라 구축	543
	국토교통기술사업화 지원사업	공공기술 중소기업 이전 및 사업화, 중소기업 보유기술 및 국토교통 안전기술 사업화 지원	212
	국토교통기술지역 특성화사업	국토교통기술 지역거점센터를 통한 지역 연구인력 양성, 지역특성화기술개발 등 국토교통 R&D 허브 구축	82
	국토교통연구 기획사업	국토교통기술 발전을 위한 미래핵심기술 발굴 및 기획	41
	국토교통연구성과 활용지원사업	국토교통 연구성과의 시장진입 지원을 위한 기술 신뢰성 검증, 국내외 발주처 연계 홍보 등 지원	13
	국가전략프로젝트	국가 전략기술 분야(스마트시티, 자율주행차) 집중 지원	4
	국토교통연구개발운영지원		34
	정책연구개발사업		18

※ 자료 : 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획

9) 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2017, 과학기술정보통신부



국토교통 분야의 '18년도 연구개발 투자방향은 4차 산업혁명 융합형 미래기술 개발을 통한 글로벌 기술 경쟁력 강화 목표로 사업추진 계획 수립

(사회기반 구조물) 대형·특수구조물의 설계·시공 기술 경쟁력 강화, 재난·재해 대비 노후 시설물의 안정성 확보 등 사회기반 시설물에 대한 투자 강화

– 대형·특수구조물 핵심 설계 기술 개발은 기 진행 중인 대규모 연구*와 매칭 지원하고, 현장 실증적용은 기술 수요처와 민간의 참여 촉진

* 고수압, 초장대, 해저터널, 대심도 복층터널, 케이블교량 등

– 지반함몰, 홍수 등 재난·재해 대비 SOC 시설물의 성능 향상과 노후시설물의 안전성 증진을 위한 유지·관리·보강 기술 등을 지속적으로 지원

* 노후 교량 장수명화 기술, IoT 기반 구조물이 안전성 진단과 관리 기술 등

– 수자원 관리, 수재해 예방 기술 등 효율적 물 관리를 위한 다부처 연관 기술은 관계부처 및 유관기관 간 협업·공동 연구에 우선 지원

(건축 구조물) 건축물의 에너지 절감, 구조물 안전성 기준 등 공공기술을 우선적으로 투자하고, 시범사업을 통한 실증 연구는 기업 주도로 점진적 전환

– 고층건물 제로에너지 설계·시공 기술, 건축물의 에너지 통합 관리기술 등 에너지 절감 및 친환경 건축물 보급 확산 기술에 투자

* 인천 송도, 서울 노원 등 중고층 제로에너지건물 시범사업과 연계하여 핵심필요 기술의 우선순위를 선정하여 추진

– 건축물의 수직증축 안전성 확보, 내진성능 향상, 층간소음 저감 등 건축물 안전과 쾌적성 향상을 위한 규제 기준 개발 연구 지속 지원

* 노후아파트 내진성능 향상을 위한 구조보강기술 등

– 공동주택의 개발기술 현장 적용성과 관련된 실증 연계 연구는 기존 대학 중심에서 유관 공공기관 및 참여 기업 주도로 전환 추진

(국토공간) 공간정보 정밀화 등 원천기술 지원을 강화하고, 공간정보 서비스산업의 생태계 활성화 촉진

– 공간정보 인프라의 성능 향상과 국가 보유 오픈 데이터의 민간 활용 촉진을 위한 개방·공유 기술 개선과 더불어 정부는 공공성이 강한 영역을 지원하고 민간은 최종기술 활용 연구에 참여하는 고부가가치 공간정보 융합서비스 기술 개발을 지원

* 실내공간정보 고도화, 3차원 입체격자지도 개발, 공간정보 서비스플랫폼 구축 등

– 교통, 물, 에너지 등 도시의 각종 데이터를 연계하여 국가 긴급재난 및 재해 상황이 발생할 경우,, 이를 효과적으로 활용·관리할 수 있도록 개방형 도시관리 모델 개발

(도로교통·물류) 미래 스마트 교통체계 도입을 위한 인프라 구축을 지원하고 부처 간 협업을 통해 물류 서비스 개선 촉진

– 자율주행차 상용화 적기 도입을 위한 안전 운행 기준 개발 및 지능형 도로 서비스·시험 인프라 구축에 지속적 투자

* 자율주행 협력 도로시스템 개발, 차량 및 운전자 제어권 전환 안전성 평가 기술 등

– 부처 간 협업을 통한 육·해·공 물류정보 통합망 개발과 표준화 및 제도정비를 추진하고 단순 시설·장비 개발은 민간 주도로 수행

- **(철도교통)** 차세대 철도차량·시스템 구축과 운행 안정성 향상 기술에 투자하고, 기술 공급자·수요처 간 협력 증진을 통한 철도기술 고도화
  - 철도 신호·통신·제어 시스템 개선, 표준화 기술 개발 및 철도 시스템의 성능·안전 평가 등을 위한 기술 개발 지원
  - 철도차량 다변화로 실증연구는 철도차량 도입 로드맵에 기반하여 사전 타당성이 확보된 경우에 한해서 신규 지원을 검토하고, 지자체 등 유치기관의 책임성 확대* 추진
    * 총 사업비의 30% 이상을 유치기관에서 분담하거나, R&D 성과물에 대하여 우선 사용을 의무화하는 등 책임성 있는 선택적 R&D 참여 지원

- **(인프라 구축·운영 효율화)** 신규 인프라는 활용 연구계획이 분명한 경우에 한해 지원을 검토하고 타 부처 관련 사업과의 연계성 강화
  - 대형 장비·시설 등 연구 인프라는 정부 R&D사업과 연계하여 활용 연구계획이 명확한 경우에 한해서 신규 지원을 검토
  - 기 구축된 인프라 활용 지원은 타 부처 유관사업과 연계 활용 및 운용하여 불필요한 공통비용을 낮추고 사업 효과 향상
    * 국토교통 분야 연구 인프라를 활용한 중소기업의 실험비용 지원 등은 중기청의 유사 사업과 연계 운영하는 방안 등을 검토

국토교통분야의 과학기술적·경제적 성과는 개선되고 있으나, 우수 연구성과의 사업화 연계 및 사전 검증을 통한 핵심사업 발굴 부진

- **(원천기술 경쟁력 부족)** 해외에서의 시공경험은 축적되고 있으나, 해외시장 선점형 고부가가치 원천기술 경쟁력 부족

- **(수요처 연계 미흡)** 출연(연)·대학 등 연구계 중심의 R&D 수행으로 인하여 우수 연구성과의 실용화·사업화를 위한 기술적용 수요처 발굴·연계 미흡

- **(핵심사업 발굴 저조)** 대부분의 R&D 사업이 대형·실증연구 중심이나, 사전 검증을 통한 핵심사업 발굴이 미흡하고 장기계속사업 구조의 고착화로 주요 이슈대응에 한계



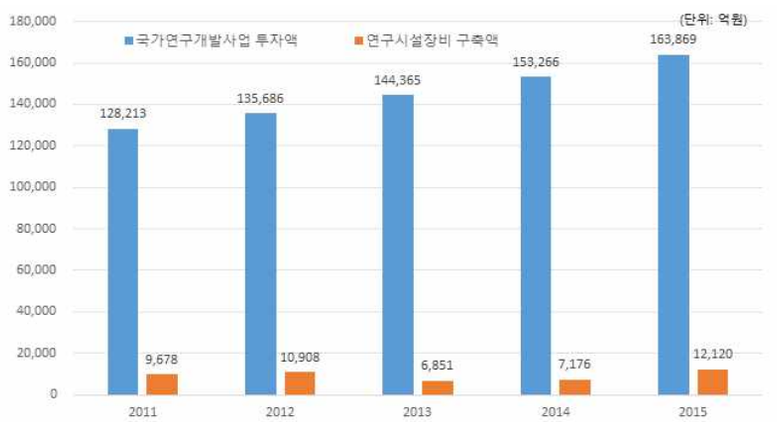
3. 연구인프라 투자동향

· 연구 시설·장비는 과학기술의 기반의 지지하는 하부구조로서 국가 R&D 수행에 필수적이며, 혁신적 연구성과 창출과 기술 실용화에 중요한 역할을 수행

◪ 최근 5년간('11~'15년) 연구 시설·장비 투자현황을 살펴보면, 정부 R&D의 높은 투자에도 불구하고, 연구 시설 및 장비에 대한 투자는 상대적으로 저조

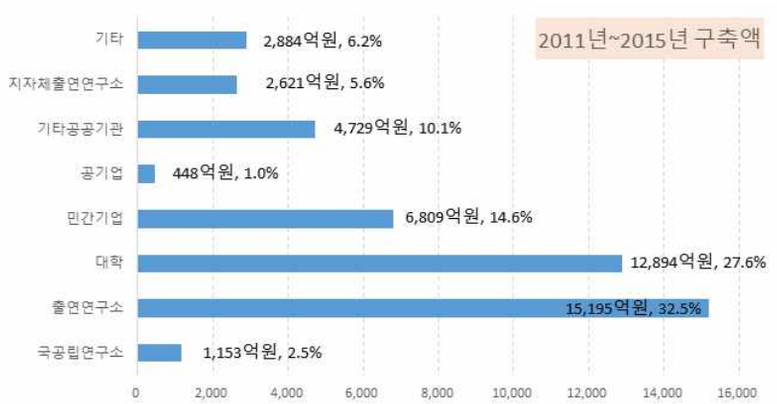
◎ 최근 5년간('11~'15년) 국방 R&D사업을 제외한 국가R&D사업 투자규모는 총 84조 1,873억원, 연평균 14조 5,080억원이고, 이 중 연구 시설·장비의 투자는 총 4조 6,733억원, 연평균 9,347억이며, 국가R&D사업 투자규모의 6.4%를 차지함

– 국가 R&D사업 투자규모는 매년 지속적으로 증가하는 반면, 연구시설·장비 구축 예산은 2013년 감소 후 증가하는 추세



[그림 2–19] 연도별 연구시설장비 투자현황

◎ 연구수행 주체별 시설·장비 투자현황을 살펴보면, 출연(연)가 32.5%로 가장 높고, 대학 27.6%, 민간기업14.6%, 기타 공공기관(의료기관, 연구조합 등 달리 분류되지 않은 기관) 10.1%, 지자체출연연구소 5.6%, 국공립연구소 2.5%, 공기업 1.0% 순

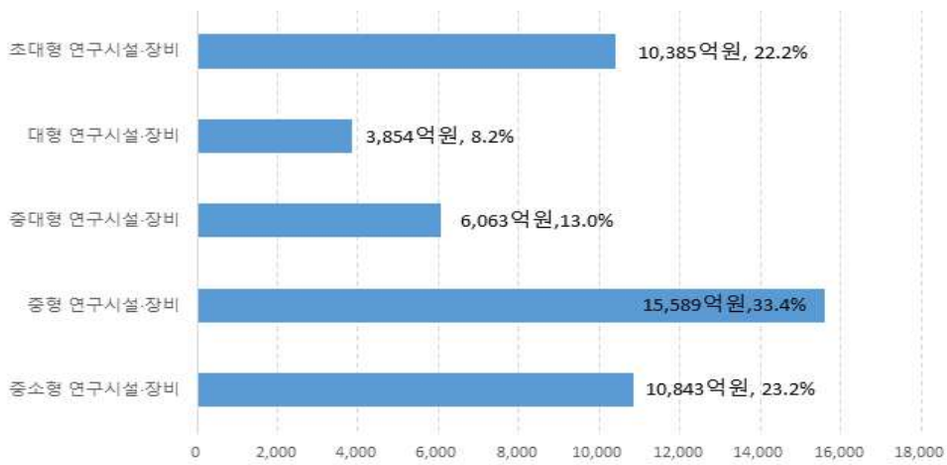


[그림 2–20] 최근 5년간(2011~2015) 연구수행주체별 투자현황

○ 연구 시설·장비 규모별 연구시설·장비 투자현황을 보면, 1억원 이상 10억원 미만의 구축비용이 소요되는 중형 연구시설·장비에 투자한 금액이 1조 5,589억원(33.4%)으로 가장 많은 부분을 차지

– 최근 5년간 10억 미만의 중소형과 중형 연구시설·장비는 전체 투자액 대비 56.6%(2조 6,432억원)로 매우 높게 나타났으며, 이는 사업 특성에 맞는 시험·분석 장비로 외부기관과의 공동활용 및 검·인증을 위한 실험장비로는 한계

* (중소형 연구시설·장비) 3천만원 이상 ~ 1억원 미만의 구축비용이 소요되는 연구시설·장비
* (중형 연구시설·장비) 1억원 이상 ~ 10억원 미만의 구축비용이 소요되는 연구시설·장비
* (중대형 연구시설·장비) 10억원 이상 ~ 50억원 미만의 구축비용이 소요되는 연구시설·장비
* (대형 연구시설·장비) 50억원 이상 ~ 500억원 미만의 구축비용이 소요되는 연구시설·장비
* (초대형 연구시설·장비) 500억원 이상의 구축비용이 소요되는 연구시설·장비

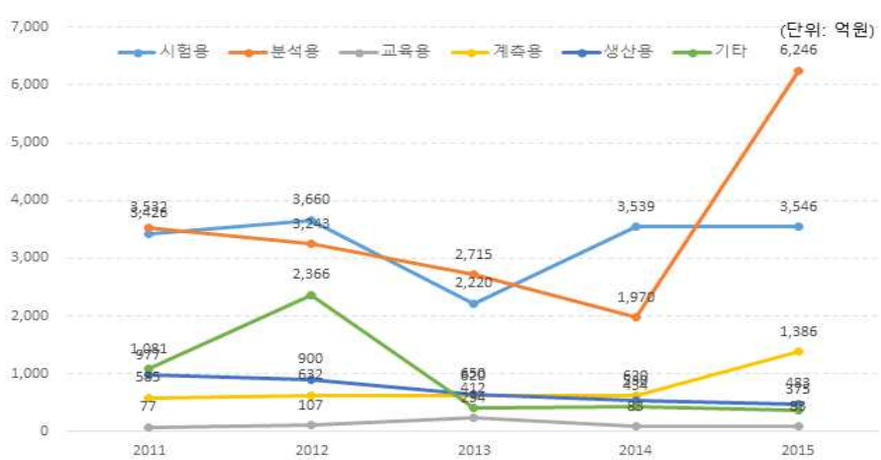


[그림 2–21] 최근 5년간(2011~2015) 규모별 투자현황

○ 최근 5년간 사용 용도별 투자현황을 살펴보면, 분석용 장비 37.9%(1조 7,707억원), 시험용 장비 35.1%(1조 6,391억원), 계측용 8.2%(3,844억원) 순이며 생산용과 교육용 장비는 낮은 것으로 제시

– 시험용과 분석용 인프라가 전체 대비 73.0%(3조 4,098억원)로 인프라의 절반 이상이 시험, 분석용으로 활용되고 있는 것으로 제시

– 특히, '15년도 분석용 장비는 전년도 대비 약 3배 이상 투자함으로써 글로벌 산업·경제 변화에 대응하고, 연구성과물에 대한 평가 및 검·인증을 통해 신기술 보호 및 시장 확보를 강화

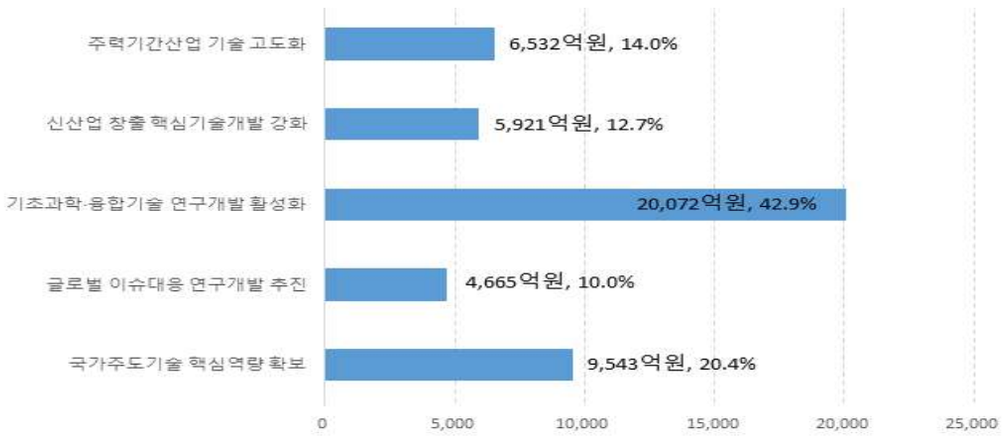


[그림 2–22] 사용용도별 연구인프라 투자현황



○ 기초과학·융합기술 연구개발 활성화 분야가 42.9%(2조 72억원)로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 국가주도 기술 핵심역량 확보 분야가 20.4%(9,543억원)로 그 다음으로 높게 투자

– 특히, '15년의 경우 '14년 대비 기초과학·융합기술 연구개발 활성화 분야의 비중이 19.3%(4,085억원)으로 비약적으로 증가



[그림 2-23] 중점투자분야별 연구인프라 투자현황

■ '15년 주요부처별의 연구인프라 비중은 과학기술정보통신부 67.9%(8,229억원), 산업통상자원부 16.9%(2,042억원) 등의 순이며, 국토교통부는 0.6%(78억원)로 타부처에 비해 매우 저조

[표 2-27] 부처별 연구인프라 투자현황 (단위 : 억원, %)

구 분	2012년		2013년		2014년		2015년		합계	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중
교육부	262	2.4	282	4.1	165	2.3	208	1.7	917	2.5
국토교통부	83	0.8	89	1.3	37	0.5	78	0.6	287	0.8
기상청	70	0.6	58	0.9	65	0.9	45	0.4	239	0.6
농림축산식품부	14	0.1	15	0.2	15	0.2	12	0.1	56	0.2
농촌진흥청	98	0.9	102	1.5	79	1.1	69	0.6	347	0.9
문화재청	7	0.1	5	0.1	6	0.1	5	0.0	24	0.1
문화체육관광부	11	0.1	4	0.1	5	0.1	0	0.0	20	0.1
과학기술정보통신부	6,971	63.9	2,839	41.4	3,965	55.3	8,229	67.9	22,005	59.4
범부처	1	0.0	13	0.2	26	0.4	14	0.1	54	0.1
보건복지부	98	0.9	88	1.3	89	1.2	79	0.7	354	1.0
산림청	27	0.2	43	0.6	29	0.4	41	0.3	139	0.4
산업통상자원부	2,727	25.0	2,864	41.8	2,270	31.6	2,042	16.9	9,903	26.7
원자력안전위원회	12	0.1	45	0.7	50	0.7	49	0.4	156	0.4
중소벤처기업부	234	2.1	150	2.2	158	2.2	132	1.1	674	1.8
해양수산부	184	1.7	154	2.3	160	2.2	983	8.1	1,482	4.0
행정안전부	11	0.1	18	0.3	9	0.1	76	0.6	111	0.3
환경부	96	0.9	81	1.2	51	0.7	57	0.5	286	0.8
합계	10,908	100.0	6,851	100.0	7,176	100.0	12,120	100.0	37,055	100.0

※ 자료 : 2015년도 국가연구시설장비 조사·분석 보고서

4. 소 결

국토교통 산업은 인간이 편리하게 생활할 수 있는 환경을 조성하기 위해 토지, 자본, 노동 등의 생산요소를 활용하여 국가 기반시설을 생산하는 국가경제의 기반산업임

- 국토교통 인프라 건설에 소요되는 기간이 길고 국가정책, 경제상황 등 외부적 요인에 민감한 특징을 가지고 있어 중장기적인 관점에서의 계획관리가 매우 중요
- 타 산업에 비해 부가가치 창출, 고용유발, 외화획득 및 경기부양 효과가 크며, 각종 산업의 생산기반시설 구축 및 사회간접자본 시설의 확충으로 타 산업의 생산 활동을 지원하는 중요한 기반산업임

국내 국토교통 시장은 사회 기반시설의 완비 및 주택 공급수요 초과 등 산업이 성숙단계에 진입함으로써, 고부가가치 기술 확보를 통한 해외시장 진출 요구 증대

- 국내 국토교통 분야 시장 규모는 2014년 기준 355조원으로 연평균 5.8% 성장 전망
  - 국토교통 시장 분야 중 국민의 편리성 및 안전성에 대응하기 위한 물류, 건축, 플랜트, 시설물 등의 성장세가 가장 높게 향상될 것으로 전망
- 국외 국토교통 분야 시장 규모는 2014년 기준 24조 9,242억 달러로 연평균 6.5%의 성장 전망
  - 국토교통 시장 분야 중 4차 산업과 연계한 국민의 편리성이 강조되는 물류, 도시, 건축, 플랜트, 철도의 성장세가 가장 높게 향상될 것으로 전망
- 최근 지진 강도 및 발생 빈도의 증가로 인해 사회적·경제적 피해를 가중시키고, 사회기반시설에 대한 불안감 형성으로 인해 시설물 분야의 성장세가 국외에 비해 높게 위치함

정부는 기술혁신을 통한 창조경제 실현 및 선제적 미래사회 대비를 위한 연구개발의 중요성 인식으로, GDP 대비 R&D 투자 비중은 OECD 국가 중 상위에 위치

- 국가 전체 R&D 투자규모는 '15년 기준 66조원, GDP 대비 4.23%로 세계 2위이며, 연구개발비 규모는 세계4위 수준이지만, 국토교통 분야는 4.4% 증가로 국가R&D 평균 성장률보다 저조함
- 글로벌 경제 통합이 가속화 되면서 개발기술 및 제품에 대한 글로벌 표준 및 시험인증 등이 강하게 적용됨에 따라 기술개발 성과물에 대한 고도화 체계 구축이 필요함

연구 시설·장비는 과학기술의 기반을 지지하는 하부구조로서 국가 R&D 수행에 필수적이며, 혁신적 연구성과 창출과 기술 실용화에 중요한 역할을 수행

- 국내 연구 시설·장비 투자는 정부R&D의 높은 투자에도 불구하고, 상대적으로 저조한 실정
  - 최근 4년간 국토교통부의 연구 시설·장비 투자는 정부 총 인프라 구축 비용의 0.8%(287억원) 수준
- 국내외 업체들간의 수주 경쟁심화 및 국외 기술 규제심화 등으로 인해 기존의 단순한 시공만으로는 경쟁력 확보가 어려워짐에 따라 친환경, ICT 등을 접목한 기술역량 및 실증환경 고도화 확보



제 6 절 국내 · 외 연구인프라 구축 및 현황 분석

1. 국내 · 외 연구인프라 현황

1.1 건축 분야

건축분야의 기술실증 및 신기술을 적용한 실증시설은 대부분 건축물의 성능을 실증하고, 검증할 수 있는 연구인프라로 국내·외에서 구축·운영

- 제로에너지 빌딩은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등에 대하여 건축적 및 설비적으로 매우 높은 에너지성능을 갖춘 건축물로 단열성능을 최대화 시키고, 태양열과 지열 등을 이용해 재생에너지를 발전시켜 사용량과 발전량을 합쳐 제로로 만드는 빌딩을 말함
- 국내 제로 에너지 건축물 기술은 한국건설기술연구원과 한국토지주택공사에서 저층형 제로 에너지 빌딩 시범사업으로 추진하고 있으며, 최신의 외단열 및 진공창호 등 건축재료 실증과 신재생에너지를 활용한 액티브하우스 기술 적용이 가능한 실증시설을 구축
- 벨기에의 경우, 효율적 에너지 사용이 가능한 건축물, 스마트 에너지 도시, 지속가능한 건물 자재 검증 및 저탄소 교통 솔루션 제공을 위한 열역학, 스마트 그리드 인프라 실험실, 태양광 발전 실험실, 스마트 에너지 시스템 실험실, 스마트홈 실험실 등 지속적인 연구개발을 위한 실증시설을 제공
- 선진국을 중심으로 효율적 에너지 활용, 신재생 에너지 등 단위기술 및 개별 건물 수준에서 더 앞서 나가 대규모 단지 조성 및 도시계획 차원으로 적극 도입하여 연구 추진

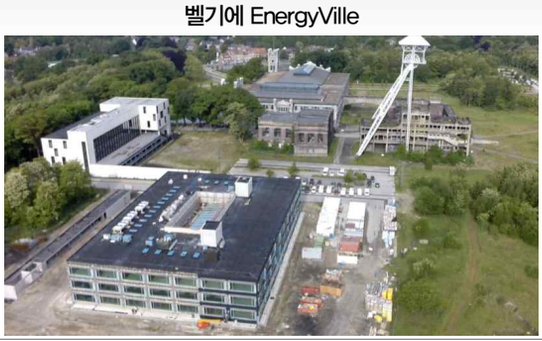
[표 2-28] 국내외 건축분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	한국토지주택공사	주택성능연구개발센터	주택성능
	한국건설기술연구원	탄소저감형 건설재료 실증하우스	건설재료 성능
	한구건설기술연구원	제로카본 그린홈 실증주택	건축재료 성능
국외	벨기에	EnergyVille	건축재료 성능
	영국	베딩톤 제로 에너지 생태주거단지	주택성능

국내 사례

	주택성능연구개발센터	탄소저감형 건설재료 실증하우스	제로카본 그린홈 실증주택
시 설 명			
개 요	· 주택의 기본성능(소음진동, 결로, 공기질 등) 평가 및 그린리모델링, 저탄소·저에너지 주택 등의 기술개발	· 탄소저감형 콘크리트 구조재료 및 에너지 절감형 건축재료·자재 개발 연구 성과물 성능검증 실증 실험시설	· 제로에너지 그린홈을 위한 단열성능 향상 건축재료 개발
구축기관	한국토지주택공사	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원
구축연도	6년(2014년 ~ 2020년)	5년(2011년 ~ 2016년)	2년(2010년 ~ 2011년)
구축면적	19,685㎡	19,685㎡	–
구축비용	535억원	148억원	40.9억원
주요시설	주택성능	건설재료 성능	건축재료 성능
주요특징	· 주택성능연구개발센터는 KS 및 국제 규격에 의해 설계돼 표준화된 시설에서 체계적인 프로세스에 따라 주택성능을 종합적으로 시험인증·연구	· 고성능 콘크리트, 에너지절감형 단열재, 친환경 내·외장재 등 탄소저감형 건축재료와 탄소배출 저감관리 기술 등 건설재료 통합관리기술 개발	· 최신의 외단열 및 진공창호 등 패시브하우스 기술과 태양광 등 신재생에너지를 활용하는 액티브 하우스 기술이 적용된 실증시설로 냉난방, 조명, 환기부문에서 특정기간 동안 소비된 에너지와 생산된 에너지가 같은 제로 에너지의 실증이 가능한 시설

국외 사례

	벨기에 EnergyVille	영국 베딩톤 제로 에너지 생태주거단지
시 설 명		
개 요	· 효율적 에너지 사용이 가능한 건축물, 스마트 에너지 도시, 지속 가능한 건물 자재 검증 및 저탄소 교통 솔루션 제공	· 현재 100여 가구의 단독·연립주택과 재택근무지를 위한 사무 및 커뮤니티 공간 조성을 통한 건물성능 평가
구축기관		
구축연도	4년(2013년 ~ 2016년)	3년(2000년 ~ 2002년)
구축면적		16,500m^2
구축비용	1,560억원(국비100%)	
주요시설		
주요특징	· EnergyVille은 지속 가능한 에너지 및 지능형 에너지 시스템에 관하여 KU Leuven, VITO, IMEC가 함께하는 벨기에 북부지역의 연구기관 협회로서 에너지 효율적인 빌딩 및 지속 가능한 도시 환경에 관한 지능형 네트워크 분야의 전문성을 바탕으로 산업체 및 공공 기관과 협력을 진행함	· 런던 남부 왈링톤(Wallington)에 조성된 베드제드(Beddington Zero Energy Development, BedZED)는 탄소제로 도시개발 추진을 시작으로 유럽에서 생태주거단지의 표본이자 친환경 건축의 가장 성공적 사례로 손꼽히며 에너지제로 개발기법을 도입하여 태양열·풍력 에너지 연구·실증 수행(리빙랩)



1.2 도시 분야

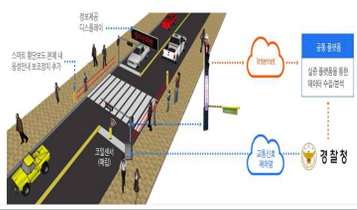
도시교통분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 사물인터넷(IoT)를 연계한 스마트 시티에 대한 연구와 도시 조성이 국·내외에서 활발하게 추진

- 스마트시티 관련하여 전 세계에서 추진중인 프로젝트는 약 170여개가 있으며, 이중 약 80%는 에너지, 교통, 정부, 서비스 분야에 집중
- 스마트 시티를 조성하기 위한 기술은 교통신호, 자율주행, 주차시스템, 방법 CCTV, 제로에너지, 스마트 LED, 전기버스 등 사물인터넷(IoT)와 생활환경 등 자립형 도시구현을 목표로 추진
- 스마트 시티는 사람들의 삶을 편안하고 안전하게 영위할 수 있도록 융복합 기술을 적용한 자립형 도시를 구현하였지만, 새로운 기술 개발시 기술에 대한 성능을 검증하는데 한계가 존재
- 미국 정부에서 추진하는 스마트 시티 챌린지 사업은 선진기술을 도입 및 시범 운용하여 도시 교통의 해결방안을 마련하기 위한 사업으로 스마트 교통, 자동차 간 무선통신(V2V), 자율주행 전기버스, 스마트 LED 등을 구현
- 일본의 스마트시티 사업은 일본 신성장 전략 중 그린 이노베이션에 의한 환경·에너지 대국전략을 통해 추진되었으며, 빌딩 및 홈 에너지, 교통데이터 관리, 가변 전력 등 미래형 도시 구상과 이를 실현할 기술을 국제 표준화해서 해외 시장 진출을 목표로 추진

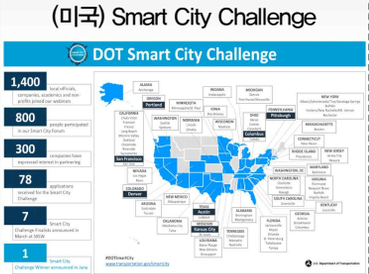
[표 2-29] 국내외 도시분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	부산시	사상 스마트시티	교통, 주차장 등 IoT 연계 도시구축
	정부(지자체)	K-스마트 시티(세종, 동탄2, 판교, 평택고덕)	에너지, 교통, 방법 등 IoT 연계 도시구축
	부산시, SKT	사물인터넷 기반 스마트시티	시민안전, 교통, 에너지, 생활편의 등 4개분야
	고양시(미래부)	고양시 사물인터넷 융복합 시범단지	안전, 교통, 환경 등 IoT 연계 도시구축
	한국건설기술연구원, 안양시	지능형 방범 실증지구	안전도시모델
국외	미국	Smart City Challenge	교통, 전기버스, 스마트 LED 등
	일본	유비쿼터스 타운	전력, 교통, 에너지 등
	스페인	스마트 시티	조명, 에너지, 물, 냉난방, 교통, 환경 등

국내 사례

	사상 스마트시티(IoT)	K-스마트시티 실증단지	사물인터넷(IoT) 기반 스마트시티
시 설 명			
개 요	• 산업시설용지와 사상 스마트밸리를 중심으로 민간주도형 개발사업을 유치해 사상공업지역의 산업구조를 고도화하고 첨단화	• 첨단 ICT기술을 도시에 접목하여 각종 도시문제를 해결하고 삶의 질 제고	• 부산 해운대 센텀시티를 중심으로 '사물인터넷(IoT) 기반 스마트시티 조성사업'추진
구축기관	부산시-KAIA-부산과학기술기획평가원	정부(지자체)	부산시, SKT
구축연도			3년(2015~2017년)
구축면적	302만 1,000m^2		-
구축비용	4,400억원	5,668억원	
주요시설	교통, 주차장 등 IOT 연계 도시구축	에너지, 교통, 방법 등 IOT 연계 도시구축	안전, 교통, 에너지, 생활편의 등 4개분야
주요특징	• 부산시의 공업지역 재생사업 일환으로 첨단스마트시티로 재정비 • 4개 도로 5.2km 확장, 교통흐름 개선, 주차장 8개소, 녹지 환경 개선 소공원 9개 분산배치 등 인프라 확충	• 세종시(풀 패키지), 동탄2(에너지), 판교(엔터테인먼트), 평택고덕(안전) • 에너지 자립섬, 태양광 발전 등 에너지 중심 스마트시티 13곳 구축 • 친환경에너지타운 19곳 구축	• 최신의 외단열 및 진공창호 등 패시브 하우스 기술과 태양광 등 신재생 에너지를 활용하는 액티브 하우스 기술이 적용된 실증시설로, 냉난방, 조명, 환기부문에서 특정기간 동안 소비된 에너지와 생산된 에너지가 같은 제로 에너지의 실증이 가능한 시설

국외 사례

	(미국) Smart City Challenge	[일본] 유비쿼터스 타운	[스페인] 스마트시티
시 설 명			
개 요	• 환경·에너지 분야 효율화를 위한 스마트 계량기/그리드 및 교통체증, 주차 문제 해결을 위한 프로젝트 중심으로 스마트 시티 추진	• 일본의 스마트시티 사업은 '일본 신성장전략('10~'20)' 중 「그린 이노베이션에 의한 환경·에너지 대국전략」을 통해 추진	• 부산 해운대 센텀시티를 중심으로 '사물인터넷(IoT) 기반 스마트시티 조성사업'추진
구축기관	미국 교통부		정부(바르셀로나 등)
구축연도		2014년	2000년~
구축면적			
구축비용	1억4천만 달러	총 1000억円(약 1조2000억원)	€1억 8,000만 (2,700억원)
주요시설			
주요특징	• 오하이오주 콜럼버스시가 선정되어 스마트 트래픽, 자동차 간 무선통신(V2V), 자율주행 전기버스, 스마트 LED 등을 도입할 예정	• 자국내 실증을 통해 스마트 커뮤니티의 실례를 만들고, 미래형 도시 구상과 이를 실현할 기술을 국제 표준화해서 해외 시장 진출하는 것이 최종 목표	• 스마트 조명, 스마트 에너지, 스마트 워터,구역 냉난방, 스마트 교통, 배출제로 모빌리티, 오픈정부



1.3 시설물 분야

국내외 시설물분야의 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 재난/재해, 화재, 지진, 시공장비 자동화 기술 등 다양한 SOC시설물에 대한 성능검증을 위한 실증시설을 구축 운영

- (화재성능실험) SOC 구조물 및 건축물 등 화재현장을 모사해 화재 전파나 피난통로의 확보 등 대형 재난상황 대처기술을 평가
- (구조실험센터) 건축물, 장대교량 등 초대형 구조모형의 구조해석 및 실험을 통해 다양한 SOC 시설물의 성능 평가 및 검증을 통한 안전성 확보에 활용
- (지진방재연구센터) 경주·포항지진으로 국민의 불안감이 극에 달하고 있는 시점에서 지진으로 인한 구조물의 안전성을 평가할 수 있는 실증시설은 부산대학교 지진방재연구센터가 존재하지만 실내 진동대 설치로 실대형 구조물을 실험하는데 한계
  - 미국의 경우 실대형 구조물을 실험할 수 있도록 야외 대형 진동대를 설치하여 건축 및 구조물에 대한 실증실험을 수행
- (건설자동화) 재해/재난지역 및 위험지역 공사와 미래 인구의 고령화로 인한 노동인력 감소 등 미래사회 변화에 대응하기 위해 무인 건설작업장비 개발이 국내외에서 활발하게 추진되고 있지만, 건설장비의 성능 검증 및 실증할 수 있는 환경조성은 국내외에서 구축되지 않은 실정

[표 2-30] 국내외 시설물 분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	한국건설기술연구원	화재안전연구센터	실물화재성능실험
	한국너설생활환경시험연구원	실화재연구센터	화재성능평가 실증
	가스안전공사	에너지안전실증연구센터	초고압 제품 가스 실험·인증
	명지대학교	하이브리드구조실험센터	초대형 구조모형 구조해석
	부산대학교	지진방재연구센터	지진방재
	두산중공업	무인굴삭기	굴삭작업 자동화
	한국해양과학기술원	수중건설로봇 복합실증센터	수중건설로봇 실증
국외	미국	지진방재연구센터	지진방재
	일본	트랙터 무인 굴삭기	건설·재해복구 무인시공시스템
	호주	자동 벽돌쌓기 로봇	건설자동화

국내 사례

시 설 명	화재안전연구센터	에너지안전실증연구센터	하이브리드구조실험센터
			
개 요	• 초고압 제품 등의 가스 시험·인증 및 실증실험	• 초고압 제품 등의 가스 시험·인증 및 실증실험	• 건축물, 장대교량 등 초대형 구조모형에 대한 실시간 구조해석이 가능한 실증실험
구축기관	한국건설기술연구원/경기 화성	가스안전공사(강원 영월)	명지대학교(경기 용인)
구축연도	4년(2002~2006년)	3년(2013~2016년)	5년(2004~2009년)
구축면적		12만 9,805m^2	10,206m^2
구축비용		289억원	126.3억원
주요시설	실물화재성능실험	화재성능평가 실증	초대형 구조모형 구조해석
주요특징	• 방화/내화시험 (수평·수직가열로, 기둥가열로 등) • 실규모 제·배연(바닥면적 150m^2, 지상 5층 규모) 및 터널 시험·평가 • 실물화재연구(실물화재 시험, Single Burning/Room Corner Tester 등) • 화재/피난 시뮬레이션 연구 등 수행	• 국내최초, 세계4번째인 에너지안전 실증연구센터는 수소·CNG 등 초고압·화재폭발 제품의 연구개발, 신뢰성평가, 시험인증이 동시에 수행됨	• 국내 유일의 하이브리드 실험 가능 • 미국 NEES 등과 실시간 하이브리드 실험을 통한 공동연구 가능 • 국내 실험시설 중 최대경간 및 최고높이 모형실험 가능 (일반 구조실험도 가능)

시 설 명	지진방재연구센터	무인 굴삭기 (건설자동화)	수중건설로봇 복합실증센터
			
개 요	• 지진이 구조물에 미치는 영향을 실험하기 위하여 모형을 대형 판 위에 고정설치하고 이 판을 지진 운동과 동일하게 움직이며 실험	• 국내 처음으로 지능형 굴삭 시스템 개발	• 해양플랜트와 해양에너지 등 해양 구조물 건설로봇 실증
구축기관	부산대학교/경남 양산	두산중공업	한국해양과학기술원
구축연도	5년(2004~2009년)	2006년	6년(2013년~2018년)
구축면적	10,200m^2		700m^2
구축비용	152.5억원	127억원	813억원
주요시설	지진방재	굴삭작업 자동화	수중건설로봇 실증
주요특징	• 국내 유일의 다지점 가진(3지점 연동)이 가능한 진동대 보유 • 최장 40m 경간의 장대교량 실험이 가능한 국제적인 수준 규모	• 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 연구단이 발족하여 건설 자동화 연구의 대규모 투자 기반이 마련되었으며, 건설, 기계, 통신, 메타트로닉스 등 대규모 전문가 집단의 활발한 기술융합이 시도	• 차원수조에는 수중 위치측정 시스템 및 실내 GPS가 설치돼 수중건설로봇 작업 성능 실험 외에도 수중·수상 위치 추적 등의 실험이 가능하며, 국내 최대 규모의 회류수조는 최대유속 3.4knots의 조류를 발생시켜 3차원 PIV(Particle Image Velocimetry) 시스템을 통해 속도장 등을 분석

국외 사례

	NHERI @ UC San Diego(Shake Table)	트랙터 무인 굴삭기 (건설자동화)
시 설 명		
개 요	· 기존 Soil pit와 대규모 laminar soil box와 연계되어 있어 세계 최대급의 지반진동 모의실험 가능	· 재해복구 공사용 무인시공시스템 개발 및 검증
구축기관	UC San Diego(NEES Project)	다이세이건설(일본)
구축연도	4년(2000년 ~ 2004년)	3년(2012년 ~ 2014년)
구축면적		
구축비용		
주요시설	지진방재	건설·재해복구 무인시공시스템
주요특징	· 대형/고층 구조물의 내진실험(실험체 높이의 제한을 해소한 세계 최대급) · 지반진동 모의 실험	· 트랙터 굴삭기에 레이더를 탑재하여 장애물을 피하면서 덤프 트럭에 정지하고 있는 곳까지 자동 주행하고, 주변의 모래산에서 모래를 퍼 올리는 무인 주행 픽업시스템 개발

	자동 벽돌쌓기 로봇 (건설자동화)	
시 설 명		
개 요	· 28m의 거대한 팔을 이용한 벽돌시공으로 노동인구감소에 대응	
구축기관	호주 패스트브릭 로보틱스	
구축연도	7년(2008년~2014년)	
구축면적		
구축비용		
주요시설	건설자동화	
주요특징	· 28m에 달하는 거대한 팔을 통해서 벽돌을 차례대로 공급하고, 벽돌을 하나 쌓을 때마다 그 사이 시멘트를 발라주는 자동화된 장치로 사람의 작업속도보다 약 20배 신속	

1.4 플랜트 분야

플랜트 분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 해수담수화에 대한 연구가 국내외에서 지속적으로 추진

- 해수담수화 플랜트 기술은 담수 생산의 가치에 취수, 전처리, 탈염, 수처리, 배수·급수로 분류되며, 담수화방식에 따라 공정이나 기술의 차이가 크므로 공법과 가치사슬에 따라 기술을 분류
- 에너지원에 따른 해수담수화 플랜트는 열에너지를 활용한 증류/증발법(MSF, ME, VC)과 기계나 전기에너지를 활용한 막여과법(RO, ED, IE, MD)으로 분류
- 기장 해수담수화플랜트는 국내 최초로 역삼투방식(RO)을 적용한 실증시설설로 취배수시설, 전처리시설(용존공기 부상설비), RO시설(16인치 역삼투막, 8MIGD + 2MIGD 트레인, 고압펌프, 에너지회수장치), 후처리시설로 담수화기술의 97%를 국산화하여 기술자립에 기여
- 제주 풍력발전 MVR 해수담수화 플랜트는 1.5MW급 풍력발전기를 출력정보를 활용한 풍력발전/MVR담수화 플랜트 구현을 통한 30~60톤/일 급 해수담수화 및 제염 고농측플랜트 실증을 통한 FEED기술을 확보
- 싱가포르의 해수답수화 플랜트는 증발법을 이용하여 기존의 RO방식을 대체하는 담수화 기술개발을 목표로 정수처리 시설(수직형, 막여과, 오존, 활성탄, UV 소독), 태양광 발전 설비, 소수력 발전 시스템, DC 배전시스템, USN, u-IT 제어관리 시스템, 통합운영유지관리 시스템, 에너지 관리 시스템을 구축하여 시범운영
- 미국의 해수담수화 실증시설의 경우, 1~10개의 수평, crossflow 중공사 막 모듈은 2,448 또는 2,652개의 중공사를 가지고 있으며 0.61~0.66 m2의 표면적을 가지고 있으며, 플랜트 성능의 연구를 위해 다양 한 형태로 조합한 실증실험이 가능

[표 2-31] 국내외 플랜트분야 실증시설 동향

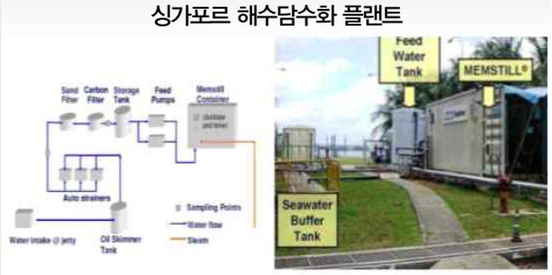
구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	정부, 지자체(기장)	해수담수화 플랜트	해수담수화
	제주글로벌신재생에너지연구센터	풍력발전 MVR 해수담수화 플랜트	중소형 해수담수화
국외	싱가포르	해수담수화 플랜트	해수담수화
	미국	해수담수화 플랜트	해수담수화



국내 사례

시 설 명	기장 해수담수화 플랜트	풍력발전 MVR 해수담수화 플랜트
		
개 요	• 증발법을 이용하여 기존 RO공정을 대체하는 담수화 기술개발을 목표	• 풍력발전과 연계한 고효율 부하변동 대응 MVR히트펌프식 해수담수화 기술확보
구축기관	정부, 지자체 (기장)	제주글로벌신재생에너지연구센터
구축연도	9년 (2006년~2014)	2012년 준공
구축면적		
구축비용	1,954억원	
주요시설	• 취·배출시설, 전처리시설(용존공기부상설비), RO시설 (16인치 역삼투막, 8MIGD + 2MIGD 트레인, 고압펌프, 에너지회수장치), 후처리시설	• 1.5MW급 풍력발전기를 출력정보를 활용한 풍력발전/ MVR담수화 플랜트 구현을 통한 30~60톤/일 급 해수 담수화 및 제염 고농축플랜트 실증을 통한 FEED기술 확보
주요특징	• 우리나라 최초의 해수담수화 시설로써 '해수담수화 플랜트 사업단'의 기술검증을 위한 T/B이자 실제 민간인을 대상으로 공급하기 위한 상용화 플랜트로 담수화 기술의 97%를 국산화로 구축	• 풍력발전에 의해 가동되는 기계적 증기압축기를 통해 가열과정에서 발생한 저온·저압의 증발 증기를 가압·승온함으로써 자체가열 열원을 재사용하여 증발 담수화에 필요한 에너지 소비를 최소화

국외 사례

시 설 명	싱가포르 해수담수화 플랜트	미국 해수담수화 플랜트
		 
개 요	• 증발법을 이용하여 기존 RO공정을 대체하는 담수화 기술개발을 목표	• 다양한 형태의 막 모듈을 활용한 플랜트의 성능 검증을 목표
구축기관	MEMSTILL® Pilot Plant	미국 East Hartford
구축연도	2006년	
구축면적		
구축비용		
주요시설	• 신개념 정수처리 시설(수직형, 막여과, 오존, 활성탄, UV 소독), 태양광 발전 설비, 소수력 발전 시스템, DC 배전 시스템, USN, u-IT 제어관리 시스템, 통합운영유지관리 시스템, 에너지 관리 시스템 등	• 1-10개의 수평, crossflow 중공사 막 모듈은 2,448 또는 2,652개의 중공사를 가지고 있으며 0.61~0.66m^2 의 표면적을 가지고 있으며, 플랜트 성능의 연구를 위해 다양한 형태로 조합 시험
주요특징	• 싱가포르 Senoko refuse incineration plant를 대상으로 3㎡의 평 막을 이용하여 2㎥/day 규모의 막 증발법 장치를 시범운영 하였으며, 막 면적으로 20배 증가시켜서 테스트를 수행	• 최대 water vapor flux는 계열 중 2개의 모듈에서 55kg/㎡/h를 보였고, 6-10 모듈 로 구성을 하였을 때 15-33 kg/㎡/h사이의 변화를 나타내었으며, 최대 처리수 생 산량은 2.35 L/min

1.5 수자원 분야

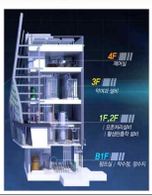
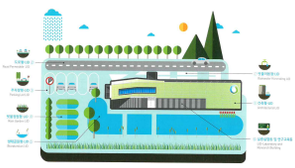
수자원분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 물 재이용 수처리, 정수/폐수처리 등 물관리에 대한 연구가 국내외에서 지속적으로 추진

- 세계적으로 수자원 분야의 혁신 기술개발 및 상용화를 주도하고 있는 지역은 대부분 클러스터에 기반하고 있으며, 클러스터 조성으로 연구 및 기술개발, 기술 검증 및 제품인증, 실증화 및 사업화, 전문인력 양성, 제품 홍보 및 국내외 시장 진출에 용이
- 국내에서는 신개념의 수직성 정수처리 기법, 옥상 및 도로상의 우수를 활용한 물 재이용 기법 등을 실증할 수 있는 시설을 구축하였으며, 환경부에서는 정수처리· 하폐수처리·물 재이용 등 6개 핵심기술을 검증할 수 있는 실증시설을 추진
- 해외의 경우, 미국, 캐나다, 일본, 싱가포르, 남호주, 이스라엘, 네덜란드, 핀란드 등 세계 8개국이 10개소의 물산업 클러스터를 운영중이며, 이중 싱가포르는 클러스터의 허브 역할을 수행
- 싱가포르는 국가 전체를 물산업 테스트베드로 활용, 대형 국책사업으로 기술력과 경쟁력 확보를 위해 70여개의 입주기업과 협업하여 멤브레인 기반 고도 수처리, 해수담수화, 재이용 수처리, 정수/폐수처리 시설을 구축
- 이스라엘의 경우, 수자원공사(Mekorot) 중심의 클러스터 전략을 추진하고, R&D 파트너로 Mekorot의 250명의 엔지니어들과 연계하여 국제적 커넥션 역할을 수행

[표 2-32] 국내외 수자원분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	한국수자원공사	수직형 정수처리 실증시설	정수처리 시설
	부산대학교	그린인프라·저영향개발 센터	LID 요소기술 실증시설
	환경부	환경산업 실증단지	종합실증시설
국외	싱가포르	재이용 수처리, 정수/폐수처리 시설	물 재이용, 정수/폐수처리
	이라스엘	농업 및 산업용 하수 재이용 시설	물 재이용, 정수/폐수처리

국내 사례

	수직형 정수처리 실증시설	그린인프라·저영향개발 센터	대구 물산업 클러스터
시 설 명	 		
개 요	• 미래도시 패러다임과 국민 요구수준에 부합하는 신개념 분산형 용수공급시스템 실증시설	• 건전한 도시물순환 개선을 위한 그린인프라 및 저영향개발 기술의 실증 및 통합 설계·적용 기술 개발	• 개발 완료 기술의 실증실험, 시제품 생산 및 시설 운전을 통한 운영실적 확보 등 사업화 필수 요소 제공
구축기관	한국수자원공사	부산대학교 산학협력단	환경부
구축연도	3년(2010.12. ~ 2013.11.)	2016년 6월 16일 개관	4년(2013년 ~ 2016년)
구축면적	연면적 677.28m^2		180,000m^2
구축비용	140.4억원(국비71.8억원)	58.5억원	1,560억원
주요시설	• 신개념 정수처리 시설(수직형, 막여과, 오존, 활성탄, UV 소독), 태양광 발전 설비, 소수력 발전 시스템, DC배전시스템, USN, u-IT 제어관리 시스템, 통합운영 유지관리 시스템, 에너지 관리 시스템 등	• 건축형-LID(옥상녹화), 도로형 및 주차장형 -LID(투수성 아스팔트 및 콘크리트), 빗물정원형-LID(빗물정원), 공원형-LID(습식 및 건식연못)	• 실증화 연구지원센터, 실증화 실험시설(비점오염, 물재이용, 하·폐수처리, 정수시설, 폐기물 재활용 및 폐기물 에너지화, 대기 및 생활환경), 생산지원시설 등
주요특징	• 신재생에너지기술과 ICT 기술(u-IT 제어)을 적용·융합한 새로운 개념의 용수공급 시스템, 부지축소를 위해 수직구조 정수처리 기법 도입, 공정간 저류조가 따로 필요 없는 Tankless system과 압력식 구조의 단위 정수처리 기술 적용, 도심 공원이나 시설물 지하에 설치 가능	• 세계 최초 저영향개발 실증실험동 및 실증단지 구축, LID 기법/인프라의 효율성 평가, 한국형 저비용, 고효율 융합형 LID 요소기술 개발	• 정수처리·하폐수처리·물 재이용·비점오염(물), 대기 및 보건(대기), 폐기물재활용 및 에너지화(폐기물) 등 6개 핵심기술 현장 규모 시설, 세계기준에 적합한 검증 기준 설정 및 기술적 검증을 통해 운영 실적을 제공할 수 있는 체계 마련

국외 사례

	싱가포르 재이용 수처리, 정수/폐수처리 시설	이스라엘 농업 및 산업용 하수 재이용 시설
시 설 명		
개 요	• R&D 단계에서부터 창업, 실증테스트, 수출 지원 등에 이르는 전주기적 사업 기회 제공과 기업 간 연구협력, 총제적인 물 사업 솔루션 제공	• Cleantech 벤처창업을 위한 Beta-test 사이트 제공
구축기관		
구축연도		
구축면적		
구축비용		
주요시설	• 멤브레인 기반 고도 수처리, 해수담수화, 재이용 수처리, 정수/폐수 처리 시설 등	• 해수담수화, 농업 및 산업용 하수 재이용 시설
주요특징	• 수자원공사(PUB)를 통해 물산업 육성사업 수행, 국가 전체를 물산업 테스트베드로 활용, 대형 국책사업(NEWater Project)으로 기술력과 경쟁력 확보, 입주 업체는 GE water, Siemens Water, Hyflux 등으로 국내·외 70개 기업 입주	• 수자원공사(Mekorot) 중심의 클러스터 전략 추진, R&D 파트너로 Mekorot의 250명의 엔지니어들과 연계, 국제적 커넥션 역할 수행, 대형 국책사업(NEWTech) 추진을 통한 기술력과 경쟁력 확보, 입주업체는 270개 중소/벤처기업, 베올리아, GE, 지멘스, 3M 등

1.6 도로교통 분야

■ 도로교통분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 국내를 비롯한 주요 선진국에서 다수 구축·운영중이거나 구축하고 있는 실정

- 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 자율주행차를 위한 실증센터는 미국에서 최초로 구축하였으며, 주요 선진국에서는 실도로·시가지의 조건을 재현하여 시험운행 및 실증이 가능한 소규모 실험도시를 구축
- 그러나, 단순 자율주행차를 위한 인증시험시설로 도로교통분야의 종합적인 평가 및 실증까지 포함하고 있지 않음
- 영국의 경우, 자율주행차를 위한 실증센터는 거의 전무하며 도로내 주행 테스트를 위한 협약 조율 및 규제 완화를 하고 있으며, 개별 국가별 고속도로 수준에서 테스트 인프라 구축중
- 일본 정부는 2016년 자율주행자동차 개발 촉진을 위한 전용 테스트베드 건설을 확정하고 2017년부터 본격적인 운용 예정
- 국내에서도 자율주행 및 자동차의 안전 성능을 검증하고, 자동차의 부품·시스템을 상용화 단계에서 테스트하기 위한 실증시설을 다수 추진중

[표 2-33] 국내외 도로교통분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	한국도로공사	스마트하이웨이 체험도로	도로-자동차 협력주행
	한국도로공사	스마트하이웨이 개발기술의 실제 공용도로 성능검증	도로-자동차 협력주행
	교통안전공단	K-City	자율주행 및 자동차 성능검증
	군산시	상용차 부품 주행시험장	상용 자동차 성능검증
국외	미국	M-City	자율주행 및 자동차 성능검증
	미국	자율주행자동차 시험도로	자율주행
	영국	자율주행 시험도로	자율주행
	일본	자율주행자동차 실증도로	자율주행 및 자동차 성능검증

국내 사례

시 설 명	스마트하이웨이 체험도로	K-City	상용차 부품 주행시험장
			
개 요	• 첨단IT통신과 자동차, 도로기술을 융복합하여 빠른고 안전한 지능형 고속도로 구현을 목표	• 자율주행자동차 레벨3 자율주행 안전성능, 자율주행 안전성능, 고장시 안전성능 및 통신보안성 확보를 위한 평가기술 실증	• 상용차의 부품·시스템 및 노면상태에 따른 자동차의 내구성 및 성능을 평가
구축기관	한국도로공사	교통안전공단 자동차안전연구원	산자부, 전북도
구축연도	7년(2007년 ~ 2013년)	3년(2016년~2018년)	2015년 착공
구축면적	중부내륙선 7.7km	11만평	435,017㎡
구축비용	1,560억원(국비100%)		
주요시설	• WAVE 기지국, SMART-1, 스마트 톨링, 도로정보검지 레이더, 주행로 이탈 예방 시스템, 로드킬 예방 시스템, 소형풍력, 태양광 패널 등	• 교외도로, 도심부, 자동차 전용도로, 커뮤니뮤티/자율주차시설	• 상용차 부품·시스템, 차량의 내구성 및 성능, 바쟐트 시험로, WET 아스팔트, Jump 시험로
주요특징	• 도로 주행중 발생 가능한 돌발상황을 배열 카메라 및 레이더를 이용하여 실시간으로 검지하고 V2V통신 시스템을 통한 운전자에게 정보를 제공하여 안전한 지능형 구속도로가 구현될 수 있도록 개발 구축	• 실험도시는 상황을 연구자가 통제하기 어려운 실제도로환경과 달리 특정한 조건을 설정하고 반복재현시험이 가능하기 때문에 각종 사고위험 상황 등 연구자가 필요한 상황을 안전하게 재현할 수 있어 자율주행차 기술개발 및 평가 시설로 유용하게 활용	• 상용차의 고하중(총중량 40ton, 축중량 10ton) 및 다양한 축배열 특성에 맞도록 노면과 지반을 설계하였고, 주행특성 및 제동 특성을 고려한 가속 및 제동구간 반영, 차량 회전반경을 고려한 노면 구성 등 상용차 시험에 최적화하여 설계

국외 사례

시 설 명	미국 M-City	영국	일본 자율주행자동차
			
개 요	• 일반도로에서 발생할 수 있는 환경적, 인위적 조건을 구성하여 외부환경과의 상호작용을 실증실험	• 영국 내 무인자동차 시범운행 승인을 통한 무인자동차관련 기술 개발에 대한 정책적 지원	• 자율주행자동차 시장 선점을 위해 2016년 'All Japan'체제 가동
구축기관	미국 연방정부	영국 정부	쓰쿠바시 일본자동차연구소
구축연도	2015년 준공	3년(2015년~2017년)	2016년 착수
구축면적	12만9,000m^2		15만m^2
구축비용	135억원	200억원	34억엔
주요시설	• 단순 연구공간이 아닌 5개 차로, 교차로, 원형교차로, 보행신호, 보행도로, 버스 등 다른 대중교통 수단, 가상 건물 그리고 로봇 보행자까지 완비된 주행 테스트베드	• 무인자동차에 대한 기술적 안전성 검증 및 법적·제도적 장치 마련	• 자율주행을 위한 맵, 통신기술, 운전자 건강관리 등 8개 분야
주요특징	• 2015년 세계 최초 자율주행차 실험 도시인 M-city를 구축하여 첨단자동차에 관한 기술 개발 및 제도화를 통해 조속한 상용화를 지원하고, 법제도 정비 및 인프라 구축 추진	• 2015년 런던 동서쪽에 위치한 그린위치, 브리스톨, 밀튼 키네스, 코벤트리 등 4개 도시가 시범운영 지역으로 선정하여 무인자동차의 차량간 통신 및 차량- 도로간 통신 기능 등을 검증할 예정	• 도요타, 닛산, 혼다 등 일본의 6개 자동차 업체는 정밀도가 높은 3차원 지도 등 자율주행에 필요한 8개 분야를 공동으로 연구하고, 2020년에 일반도로에서 자율 운전차가 주행할 수 있도록 목표를 제시

1.7 항공 분야

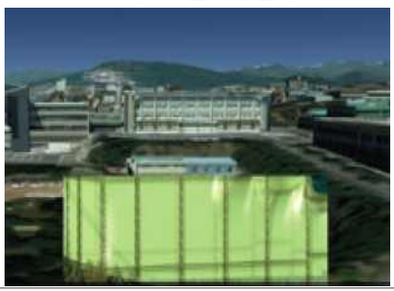
항공분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 국가적 차원에서 스마트 드론과 무인항공기의 기술개발 및 성능검증을 위한 테스트베드 지역을 지정하고, 해당기술의 지속적 발전을 위한 산업 생태계 조성사업을 추진

- 국토부는 민간항공기 시제기 개발을 통해 설계·제작·인증·시험 원천기술과 운영체계·원격통제소 등 운영관리 인프라 등을 개발 구축하고, 개발된 무인항공기는 국토 ·해양감시, 촬영, 농약살포, 산불감시·진화, 수색구조, 기상관측, 화물운송 등에 다목적으로 활용할 계획을 수립
- 국내 스마트 드론 기술센터는 소형(25kg 이하) 드론 기술과 첨단 ICT 기술을 융합하여 다양한 안전·편의서비스 분야에서 활용 가능한 스마트드론 산업 기반을 구축하여 기술개발 제품의 신뢰성 검증 및 실증 시설·장비를 지원
- 무인기의 민간활용 확대 관점에서 무선인터넷망 구축, 택배서비스, 저궤도 위성 대체 등 업무 수행을 위한 소형, 대체연료, 고고도 장기체공 성능을 가진 무인기 연구가 전 세계적으로 활발하게 연구가 진행중이며, 미국과 일본은 무인항공기의 성능을 민간에 수행할 수 있도록 국가차원에서 특구지역을 지정
- 최근 무인항공기를 지칭하는 드론 관련 산업이 미래를 이끌 신산업으로 부상하고 있으며, 드론은 20세기초에 군사용으로 처음 개발되었으나 현재 민수용으로 사진 촬영용 소형 드론으로부터 인프라 관리, 택배 및 화물수송까지 그 운용 범위를 확대

[표 2-34] 국내외 항공분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	경북대학교	스마트 드론 기술센터	드론 테스트베드
	국토교통부	국가 비행종합시험장	항공기 테스트베드
국외	미국	무인항공기 실증테스트 지역	국가전략특구 지정
	일본	드론 실증 테스트베드	국가전략특구 지정

국내 사례

시 설 명	스마트 드론 기술센터	국가 비행종합시험장
		
개 요	• 안전, 편의 서비스용 스마트 드론 활용기술 기반 구축	• 항공기의 안전성 및 성능시험을 종합적으로 시행가능 한 시험장
구축기관	경북대학교/대구	국토교통부
구축연도		2017년
구축면적	60,230m^2	
구축비용	16,800백만원	
주요시설	• 실내 테스트베드 : 환경챔버, Vicon System, Ground Control System • 실외 테스트베드 : 실외테스트베드, 6축시뮬레이터	• 활주로(1,800m), 통제실, 비행성능 계측장치 등
주요특징	• 스마트드론 산업분야 기업들의 기술경쟁력 강화, 기술 개발 활성화, 제품화 촉진을 위해 기술개발 및 신뢰성 검증 지원장비, 테스트베드, 산업 생태계조성 등을 수행	• 항공기 이·착륙시험 ,운용한계 성능시험, 체 결빙방지시험 등 종합적인 항공기 안전·성능과 관계된 각종 시험을 종합적으로 수행

국외 사례

시 설 명	미국 무인항공기 실증테스트 지역	일본 드론 실증 테스트베드
		
개 요	• 무인항공기 혼용운영을 위한 연구 및 법제화 집중	• 드론관련 국가전략특구로 지정하여 실증테스트 진행
구축기관	미국 연방항공청	센보쿠시, 치바시
구축연도		
구축면적	6개주	
구축비용		
주요시설	• 알라스카대,네바다주, 뉴욕 그리피스 공항, 노스다코타주 상무부, 텍사스 A&M대, 버지니아공대	• 드론을 활용한 낙농업과 조난자 구출, 화산감시활동 및 화물운송, 드론택배의 안전성 확인, 택배외에도 재해 발생시 드론활용방법 등 실증테스트
주요특징	• 분리 간격 수립, 통신, 휴먼 시스템 통합, 인증, 통합 시험 및 평가를 위한 국가전략특구로 지정하고, 실증테스트 진행	• 센보쿠시의 경우, 전체면적의 80%가 임야로, 드론을 활용한 낙농업과 조난자 구출, 화산감시활동 등의 실증테스트를 위한 국가전략특구로 지정

1.8 물류 분야

■ **물류분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 국가 및 민간기업 차원에서 물류 수송, 포장, 보관, 하역, 정보화 등 물류 프로세스의 고도화를 실증시설을 조성**

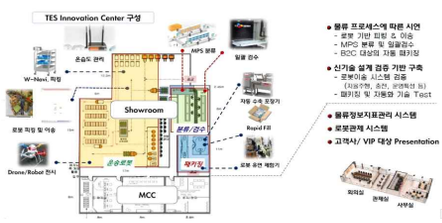
- 물류기술의 발전은 산업에서 발생되는 유통비용을 절감하고 유통시간을 단축시킬 뿐만 아니라, 소비시장에서 즉각적인 대응이 가능하도록 지원함으로써 산업 경쟁력 제고
- 국내 물류산업의 해외시장 대응을 위한 실시간 소비시장 대응이 가능하고 대규모 화물을 신속하게 안전하게 처리할 수 있는 기술과 물류과정에서 소비되는 시간을 최소화하여 물류시장의 경쟁력을 향상
- 종합물류경영기술지원센터는 국가정책 목표인 물류중심국가 구축에 부응하고, 물류산업을 지원하는 중추 거점 기관으로서 기술개발, 인력 교육, 물류 컨설팅, 물류 정책연구 등의 역할을 수행하여 물류 선진화 기반을 조성
- TES 이너베이션센터(CJ 대한통운) 화물 관리의 가시성(Visibility, 비저빌리티) 확보, 옴니채널에 대한 탄력적인 대응, 배송의 신속성과 다변화 예측정보 기반의 최적화 등 4가지 전략을 기반으로 설비 연구를 진행 중
- TOYOTA L&F COSTUMERS CENTER는 도요타 자체 개발 중인 소형·대형물류시스템 및 시뮬레이션에 대한 실증실험을 수행하며, 또한 방문자들이 첨단물류시스템을 견학·체험할 수 있도록 다양한 프로그램을 제공

[표 2-35] 국내외 물류분야 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	부산테크노파크	종합물류경영기술지원센터	물류기술 개발
	CJ 대한통운	TES 이노베이션 센터	물류 자동화
국외	일본	TOYOTA L&F COSTUMERS CENTER	물류시스템 시연



국내 사례

	종합물류경영기술지원센터	TES 이노베이션 센터
시 설 명		
개 요	• 종합물류산업의 고부가가치화를 통한 국가 및 지역 사회의 경쟁력을 확보하고 미래의 성장동력을 창출	• 로보틱스, 사물인터넷 등의 첨단 물류기술을 적용해 물류 프로세스의 최적화를 위한 시스템 및 솔루션 개발
구축기관	부산테크노파크	CJ 대한통운
구축연도		2016년
구축면적	2,650m^2 (800평)	
구축비용	9,413백만원	
주요시설	• 종합물류실습교육관, 시뮬레이터관, 기술개발실, 전시공간 등	• 자율주행운송로봇, 드론 화물운반 자동화 시스템, 첨단 이동형 피킹시스템, 디지털 분배 시스템 등
주요특징	• 국가정책 목표인 물류중심국가 구축에 부응하고, 물류산업을 지원하는 중추 거점기관으로서 기술개발, 인력교육, 물류 컨설팅, 물류 정책연구 등의 역할을 수행하여 물류 선진화 기반 조성.	• 화물 관리의 가시성(Visibility, 비저빌리티) 확보, 옴니채널에 대한 탄력적인 대응, 배송의 신속성과 다변화 예측정보 기반의 최적화 등 4가지 전략을 기반으로 설비 연구를 진행 중

국외 사례

	일본 TOYOTA L&F COSTUMERS CENTER	
시 설 명		
개 요	• 도요타의 물류자동화시스템 장비를 테스트 및 전시를 통한 물류 신기술 상용화 및 개발	
구축기관	도요타	
구축연도		
구축면적		
구축비용		
주요시설	• 물류시스템 시연장, 물류 시뮬레이션 테스트베드, 물류기기 전시장 등	
주요특징	• TOYOTA L&F COSTUMERS CENTER는 도요타 자체 개발 중인 소형·대형물류시스템 및 시뮬레이션에 대한 테스트 및 실증 진행 및 방문자들의 첨단물류시스템에 대한 체험가능	

1.9 철도 분야

철도분야 기술실증 및 신기술을 위한 실증시설은 국가적 차원에서 철도기술연구사업을 통해 철도의 수송력 향상, 안전·편의 향상, 건설·운영비 절감, 소재·부품·장치 고도화 기술을 확보하고, 현안문제를 해결하기 위한 계획을 수립함

- 철도공사의 영업선인 대불선 약 12km 길이의 선로에 무인운전 열차제어시스템의 시험을 위한 인프라를 구축하였으며, 시험선로 지상에 자동 열차보호 장치, 정보전송용 무선 AP, 열차운행 감시용 CCTV, 선로변 광케이블 등 지상 인프라 구축을 통한 무인 자동운전이 가능하도록 열차제어시스템과 차상장치, 무선용 안테나 등 차상 인프라를 개발하여 설치
- 철도종합시험선로는 총 13km 전 구간에 차량주행시험을 수행할 수 있도록 궤도·전차선·분기기·공력 등 개소를 나눠 정해진 지역에 설비를 구축하여 다양한 철도 핵심기술을 검증할 수 있도록 설치
- 철도완성차 시험시설은 철도용품 품질인증시험과 철도차량 성능시험 등 철도 관련 신교통시스템 개발과 실용화를 위한 테스트 베드 역할을 수행할 예정
- 미국에서는 장척레일(50~200m)시공에 따른 여름철 온도가열로 인한 좌굴현상으로 철도 탈선사고가 빈번하게 발생하였으며, 이를 방지하기 위해 레일의 응력수준이나 온도에 대한 정보를 실시간으로 관측하여 좌굴현상을 방지하는 기술을 개발

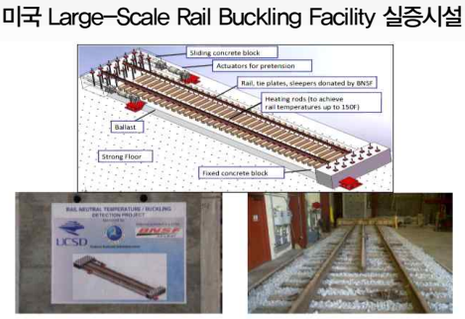
[표 2-36] 국내외 철도분야 국내외 실증시설 동향

구 분	국가/기관 명	실증시설 명	세분관련분야
국내	한국철도기술연구원	철도기술시험인증센터	철도차량 성능검증
	국토교통부	철도종합시험선로, 철도완성차실험시설	철도선로 및 완성차 성능검증
	시험인증 지원 센터	철도차량 핵심부품 시험인증 연구시설	철도차량 대차, 제동, 전장, 의장 등
국외	미국	Large-Scale Rail Buckling Facility 실증시설	선로 테스트
	체코	철도연구원 실증시설	철도차량 성능검증

국내 사례

시 설 명	철도기술시험인증센터	오송 철도종합시험선로, 철도완성차 실험시설	철도차량 핵심부품 시험인증실증시설
			
개 요	• 세계수준의 철도산업 경쟁력 및 안정성 확보	• 종합물류산업의 고부가가치화를 통한 국가 및 지역사회의 경쟁력을 확보하고 미래의 성장동력을 창출	• 철도차량산어브이 발전과 방향을 모색하고 산·학·연 협의체 네트워크 구축 및 상호교통 활성화로 철도산업 육성
구축기관	한국철도기술연구원	국토교통부	시험인증 지원센터(경북 경산)
구축연도		2018년 (준공예정)	'16 ~ '19
구축면적	60,230m^2		6,612m^2, 약 2,000평
구축비용		27,000백만원(예상)	200억
주요시설	• 제동성능 시험기, 드라이빙 기어시험기, 3차원 측정기, 원자흡광분석기, 충격 전압 발생기 등	• 철도종합시험선로 : 시험선로(12.9km) • 철도 완성차 실험시설고속주행시험동, 분석동, 충돌시험동 등	
주요특징	• 철도안전을 위해 필요한 연구개발사업의 기획과 수행은 물론, 철도와 관련된 법과 규정, 국내외 표준을 기반으로 공정한 시험 및 검사를 수행	• 철도용품 품질인증시험과 철도차량 성능시험 등 철도 관련 신교통시스템 개발과 실용화를 위한 테스트 베드(Test Bed) 역할	• 장비운용 및 실험평가기술, 기업지원 거점 마련 • 철도차량 핵심부품 및 모듈 평가 • 부품기업 기술자생력 확보를 위한 기업 애로기술 파악 • 맞춤 지원 및 기술·산업 세미나 개최 등 산업생태계 구축

국외 사례

시 설 명	미국 Large-Scale Rail Buckling Facility 실증시설	체코 철도연구원 (Czech VIC)
	 Figure 6. The Large-Scale Track Testbed at UCSD's Powell Structural Laboratories for the Development of an NT/Buckling Detection System for CWR	
개 요	• 철도 장대레일의 온도로 인한 좌굴현상 등의 테스트 진행	• 철도 시스템 및 운송에 대한 평가, 실증 및 컨설팅 분야의 전문서비스 등을 제공
구축기관	UCSD (UC San Diego)	Czech Railway Holdings
구축연도		1956년
구축면적		
구축비용		
주요시설	• 70 Feet(약 21m) 트랙	• 안전 및 주행거동 실험시설, 브레이크 테스트 실험시설, 팬터그래프 실험시설 등
주요특징	• 연결된 레일의 분리없이(비파괴적 방법), 기준 계측이 필요 없이 레일의 중립온도(제로 열응력 온도)를 계측할 수 있는 노변장치의 개발	• 자체 테스트 센터에서 테스트 수행이 가능하며, 또한 수요자가 직접 테스트를 수행 할 수 있는 환경을 제공

1.10 소결

국내외 국토교통 연구 인프라의 사례 검토를 통한 시설·장비의 현황 및 주요 특징 등을 분석하고, 향후 연구 인프라의 중복성 검토 및 연계 활용방안 추진 목적

- **(건축분야)** 선진국을 중심으로 효율적 에너지 활용, 신재생 에너지 등 단위기술 및 개별 건물에서 더 앞서 대규모의 단지 조성을 통한 **건축 환경 및 에너지 분야**의 기술 상용화를 위한 실증시설을 구축하여 활용
- **(도시분야) 스마트 시티**를 조성하기 위한 기술은 교통신호, 자율주행, 주차시스템, 방법 CCTV, 제로에너지, 스마트 LED, 전기버스 등 사물인터넷(IOT)과 생활환경 등 자립형 도시구현을 목표로 국내외에서 **활발하게 추진**
- **(시설물분야)** 기후변화로 인한 재난/재해 증가, 노령화로 인한 노동인력 감소, 미래 사회 대응을 위한 **디지털기반 시공기술, 지능형 인프라관리, 대심도, 첨단건설 재료, 스마트 로봇과 같은 IOT 연계 기술**이 추진되고 있지만, 국내에서는 첨단건설 재료를 제외한 **기술을 실증**할 수 있는 **시설은 미흡**
- **(플랜트분야)** 수자원의 오염과 고갈 심화로 물 부족현상이 확산됨에 따라 해수담수화에 대한 공정과 시공기술에 대한 지속적인 연구개발 수행되고 있며, 국내에서는 **단위 기술 및 개별 부품**을 실증할 수 있는 시설이 **부족**
- **(수자원분야)** 물 재이용 및 정수/폐수처리 등 고도의 수처리를 위한 핵심기술 실증시설은 대부분 국가적 차원에서 대형 국책사업으로 추진하고 있으며, 국내에서도 LID 정수처리 시설이 R&D 사업으로 추진
- **(도로교통분야)** 전 세계적으로 이슈화 되고 있는 자율주행차를 위한 실증센터는 미국(M-City)에서 최초로 구축하였으며, 국내에서도 자율주행 및 자동차 성능검증을 위해 C-City를 최근에 국책사업으로 추진
- **(항공분야)** 국내외에서 항공교통은 국가적 차원에서 스마트 드론과 무인항공기의 기술개발 및 성능검증을 위한 테스트베드 지역을 지정하고, 해당기술의 지속적 발전을 위한 산업 생태계 조성사업을 추진
- **(물류)** 국외에서는 소·대형 물류시스템 및 시뮬레이션에 대한 기술실증이 가능한 테스트베드 구축하여 제품 상용화를 목표로 추진하고 있지만, 국내는 아직 신제품을 지속적으로 실증할 수 있는 환경이 부족
- **(철도)** 철도 완성차 및 시험선로 총 13km 전 구간에 차량주행시험을 수행할 수 있는 궤도·전차선·분기기·공력 등을 정해진 지역에 설비를 구축하여 철도차량 및 선로의 시공기술 및 차량 핵심기술을 실험할 수 있도록 테스트베드를 구축



2. 국내 · 외 연구인프라 분석

· 국내 · 외 연구인프라의 설립주체, 설립목적, 주요 기능 및 역할 등에 대한 사례분석(국내 56개, 국외 25개)을 통해 국토교통 종합실증단지의 의미 및 역할·기능을 명확화

2.1 국내 사례 분석

[표 2-37] 국내 사례

명칭/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
고양시 사물인터넷 융복합 시범단지 2016	미래창조과학부 고양시	사물인터넷 산업 활성화	사물인터넷 비즈니스 모델 발굴 사물인터넷 관련 기업 창업 지원 사물인터넷 관련 각종 규제 및 법제도 개선
사물인터넷 기반 스마트시티 2015	부산시 SKT	스마트시티 상용화	
차세대 건설기계 부품 특화단지 ~2019	지식경제부 경상북도 경산시	건설기계부품 기술경쟁력 제고 및 글로벌 경쟁력 강화	건설기계 부품 기업을 위한 특화단지 조성
ITS 지능형 자동차부품시험장 2012	(재)자동차부품 진흥원 산업통상자원부	자동차부품업체의 권익 옹호와 ITS 기반 자동차부품 거점 밸리로 육성하기 위하여 인프라구축과 이의 효율적 관리·운영을 통해 첨단 고부가 자동차부품 산업 및 관련 산업의 국제 경쟁력 강화에 발전에 기여	자동차 부품업체의 모듈화 부품 성능 시험 및 R&D 지원 시설 건립
물산업 클러스터 조성사업 2014	환경부	물산업 기술의 시장진입 활성화 물 기업 육성	실증화 시설의 실규모 제공 기업, 연구소, 지원기관 등 핵심주체들의 집적화 및 네트워크화
모듈러주택 R&D 실증단지 2017	국토교통부 SH	세계적 수준의 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구현	
국가 비행종합시험장 2017	국토교통부		종합적인 항공기 안전성능과 관련 시험의 종합 수행
국민안전로봇 실증단지	산업통상자원부 경상북도 포항	산업경쟁력 강화, 국가안보 및 공공이익 제고	로봇기술을 활용한 복합재난/원전의 효과적인 재난 대응 시스템 구현 재난대응 작업공정 및 수요자 참여기반의 수요연계형 안전로봇 개발 극한재난 조건에서 운용이 가능한 로봇 핵심기술 및 부품확보를 통한 시장진출 개발 로봇의 현장적용 극대화를 위한 재난현장 구현 실증인프라 구축
지능형 방범 실증지구 2014	안양시 한국건설기술연구원	사회적 약자를 위한 안전망 구축	사회안전망 구축 연구성과를 지속적 실증을 위한 테스트 베드 구축

명칭/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
제로에너지주택 실증단지 2016	서울시 노원구 명지대 산학협력단	제로에너지 주택의 보급 확산을 위해 새로운 기술을 개발·발굴하여 주택단지 최적화모델 개발 및 실증단지 구축	탈핵·에너지전환 도시로서 기후변화에 따른 에너지 보전
자율주행차 실증타운 조성 2018	국토교통부 경기도	자율주행 관련 기술 개발과 산업 육성	실제의 주행 환경 기반으로 한 자율주행 테스트베드 제공
K-city 2018	국토교통과학기술진흥원 교통안전공단 민간참여	자율주행차 기술산업 육성	연구개발 사업은 자율주행차 안전성을 평가할 수 있는 기술과 기준을 개발하고 실제 도로 환경과 같은 테스트베드 제공
주행시험장 자율주행기술 검증 시험로 구축 2016	현대모비스	세계 시장에서 성장력과 부가가치가 높은 친환경차와 자율주행차 분야의 기술개발에 역량을 집중, 미래 성장 동력을 구축	무인자율주행차 실증시설 제공 및 위탁연구 관련 업체들과의 네트워크 역할
사상 스마트시티 (IOT) ~2020	부산시 국토교통과학기술진흥원 부산과학기술기획평가원	사상공업지역의 산업구조 고도화 및 첨단화	산업시설용지의 확충 민간주도형 개발사업 유치
판교제로시티 2016	국토교통부		정밀도로지도, 정밀 GPS, C-ITS(차세대 지능형교통시스템) 제공을 통한 자율주행 자동차 실증연구 인프라 및 반복재현실험 기반 구축
KCL 건물에너지기술센터 2015	한국건설생활환경시험연구원	친환경 에너지 개발사업 육성을 위한 산업지원시설 구축	건물 일체형 태양관 발전시스템(BIPV) 시험시설과 건물에너지 하베스팅 시험시설을 통합함으로써 건축물과 태양광을 이용한 융복합 건축자재의 에너지 효율에 대한 인증·평가 업무를 효과적으로 수행
종합물류경영기술지원센터 2009	부산테크노파크	종합물류산업의 고부가가치화	물류 기술개발 인력교육 물류 컨설팅 및 물류 정책연구
하이브리드구조실험센터 2009	국토교통과학기술진흥원 국토교통연구인프라운영원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	구조물 유사동적 실험 교량구조물 및 건축물 구조성능평가 지진하중에 대한 지반·파일 상호작용 검증 지진저감장치(Seismic Device)의 내진성능실험
K-ICT 사물인터넷 오픈랩 2015	미래과학부	국가 자체에서 사물인터넷 실증시설 구축을 통한 산업경쟁력 강화	중소·벤처기업에게 개방되어 가정, 자동차, 보건의료, 에너지 등 다양한 분야에서 창의적인 융합 제품과 서비스를 자유롭게 실증할 수 있는 융합산업의 허브 역할
지진방재연구센터 2004	국토교통과학기술진흥원 국토교통연구인프라운영원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	다지점 가진 실험 각종 분양의 내진성능평가
글로벌담수화센터 2013		핵심기술개발을 통한 해수담수화 산업 견인	국제공인시험센터의 역할과 해외수출 전략을 제안하는 거점센터로서의 역할 국제자문회 및 국내전문가위원회 사이의 연구협력 유도 국제담수화워크숍을 통한 상호교류를 증진하여 글로벌 네트워크 센터로 역할



명칭/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
미래그린 상용차부품 기술개발사업 (상요차부품 주차시험장) 2017	산업통상자원부 전라북도	전북지역 자동차 산업의 성장과 부품업체 집적화	상용차부품 R&D지원 인프라 제공 클러스터 구축을 통한 자동차 부품과 자동차 업체, 연구소간의 집적을 통한 시너지 효과
수중 건설로봇 복합실증센터 2018	한국해양과학기술원 해양수산부	수중건설로봇의 독자적인 기술 확보와 체계적인 성능 검증이 가능하며, 나아가 선진국과 대등한 기술 경쟁력 확보	수중로봇을 비롯한 다양한 기술 성능검증 및 사업화 촉진
중형 아음속풍동 1997	국토교통부 한국항공우주연구원	바람의 영향을 받는 모든 물체에 대해 바람의 영향을 평가하는 실증시설 구축	항공기 개발을 위해 KARI LSWT가 개발되었지만 현재는 지상품 재현 설비 등을 갖추고 있어 자동차 선박 기차 등의 지상 운송체뿐만 아니라 바람의 영향을 받는 풍력 터빈 안테나 텐드 등의 시험 수행
기상환경 재현도로성능평가 실험시설 2018	한국건설기술연구원	도로안전시설 관련 기준 정립 및 품질관리 등을 통해 안전시설의 성능을 향상시키고 해외시장 진출 확대에 기여	악천후 상황 재현시설, 충돌실험시설, 다양한 기하구조, 첨단기술 적용 및 포장 가속실험 등이 가능한 시설을 구비한 종합도로 실험시설
스마트 드론 기술센터 ~2021	대구 경북대학교	스마트 드론 활용기술 기반 구축	기술 개발 및 신뢰성 검증 지원 테스트베드 운영 산업생태계 조성
하천실험센터 2009	국토교통부 한국건설기술연구원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	하천, 생태, 환경 연구분야의 실험실증 기반 하천복원 실증시험
첨단건설재료 실험센터 2008	국토교통과학기술진흥원 국토교통연구인프라운영원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	SOC 구조 부재의 휨, 압축강도, 강재 및 복합재료의 피로, 인장강도 시험 건설재료의 내구성능, 화학성분, 미세구조 분석 실험
해양항만실험센터 2011	국토교통과학기술진흥원 국토교통연구인프라운영원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	방파제 또는 부두 등 모형을 활용하여 구조물 건설에 따른 해안 파동현상 실험
실화재시험연구센터 2016	국토교통부 KCL 삼척시	정부 소방방재산업 육성	실물화재, 화재현장 모사 등 피난통로 확보 등 대형 재난상황 대처기술 정립
기장 해수담수화플랜트 2006	정부 지자체	기존 공정 대체 담수화 기술 개발	해수담화플랜트 기술검증을 위한 T/B 민간인 대상 공급 상용화 거점
CNT RO기반 해수담수화 실증플랜트 2014	현대건설 수자원공사 도레이케미칼	카본나노튜브 역삼투막 방식을 활용한 해수담수화 공정 설계 패키지 기술 연구를 통한 해수담수화 산업 경쟁력 강화	나노 물질인 카본나노튜브(CNT)를 역삼투막에 코팅해 막을 통과하는 물의 속도를 높여 담수 생산량을 증가시키는 실증 실험 및 시운전
태안 IGCC 실증시설 (석탄가스화 복합화력 실증플랜트) 2016	한국서부발전	국가의 녹생성장정책 실현 및 온실가스감축 대응에 따른 신재생에너지 분야 개발	실즐가스화 플랜트 종합 설계 및 설계기술 개발 가스화기 Test-bed 제공
해수담수화 스마트워터 실즐플랜트사업 (해수담수화) 2018	제주도	에너지절감형 해수담수화 기술개발	물 문제 해소 및 관광객 증가 등에 대비한 상수도인프라 확충

명칭/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
화재안전연구센터 2002	경기도 화성시 한국건설기술연구원	건축물 등 시설물의 화재안전 확보	화재안전 기술 개발 (성능기반 화재안전, 방화/내화 연구, 실물화재, 화재/피난 시뮬레이션) 정책 연구
철도기술시험인증센터	한국철도기술연구원	세계수준의 철도산업 경쟁력 및 안정성 확보	철도안전을 위한 연구개발사업 기획 및 수행 철도 관련 표준 기반 시험 검사 수행
오송 철도종합시험선로, 철도완성차실험시설 ~2018	국토교통부		철도용품 품질인증시험 철도차량 성능시험 철도 관련 신교통시스템 개발 테스트베드
그린인프라 저영향개발 센터 2016	부산대학교 산학협력단	건전한 도시물순환 개선	그린인프라 및 저영향개발 기술의 실증 그린인프라 및 저영향 기술의 통합 설계 적용 기술 개발
도시형 자기부상열차 실용화 2012	국토교통과학기술진흥원 인천광역시 인천국제공항공사	국가 신성장동력 창출과 친환경 도시교통수단 확보	새로운 교통수단 발전 및 국가 신성장동력 창출
회전익기 시험동 2011	국방부 한국항공우주연구원	한국형헬기(KHP)사업을 통해 개발된 헬기 로터시스템의 핵심 구성품에 대한 시험평가 수행 헬리콥터 개발 시 정적구조 강도 및 피로수명에 대한 인증 획득	항공기 부재의 구조성능평가 및 인증
도로주행시뮬레이터 실험시설 ~2018	한국도로공사	도로설계, 교통안전 및 교통운영 전반에 걸쳐 운전자·자동차-도로 간의 복잡한 상호인과관계를 규명하고 지능형교통시스템, 자율주행자동차 등 첨단 신기술이 접목된 다양한 도로시스템을 연구하여 교통안전에 기여	교통안전과 관련된 교통운영, 도로환경, 운전자 형태, 자동차 성능실험시설 제공
LNG액화플랜트 실용화 실증시설 2013	국토교통부 한국가스공사	'LNG 플랜트기술 고도화 사업(R&D)'으로 개발한 기술을 실용화하기 위한 테스트베드	실증시설을 이용, 그동안 개발한 제품과 공정기술 등의 성능과 안전성에 대한 실증시험 실시
헬리콥터 훨타워 시험설비 2009	한국항공우주연구원	헬리콥터 로터시스템 개발 시 비행전 안전성 인증 획득을 위해 필수적으로 수행되는 주로터의 성능, 안전성 및 내구성 인증시험을 위한 기반 구축	한국형 기동헬기 주 로터의 성능, 동적 안정성 시험 주로터의 비행전 내구성 시험 주로터 동적 밸런싱 로터 인증시험 수행
원전 배관감육 실증실험설비 2016	원자력연구원	배관의 건전성 검증을 통한 안전성 제고	원전 2차냉각수가 흐르는 배관 내부의 온도, 압력, 유속, 수질 등의 환경을 구현해 냉각수에 의해 배관이 부식되어 두께가 감소하는 현상 실증
극한상태구조특성실험시설 2017	국토교통과학기술진흥원 국토교통연구인프라운영원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	총 및 폭발 모사 극한 온도·압력 등 구현하여 구조물의 성능평가



명칭/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
대형수리모형 실험시설 ~2018	국토교통부 농어촌연구원	건설분야 연구역량 강화와 건설산업의 국제경쟁력 강화	수력, 해안, 하구 등 하구역 관련 실험 특화 습지환경 테스트베드 댐, 하천, 하구역, 해안실험 등 수행
수충부 및 토석류 방재기술 연구단 2008	국토교통부 산림청 강릉원주대학교 산학협력단	건설분야 연구역량 강화와 산사태와 같은 토석류 관련 국가재해 방지	세계 최초의 토석류 실규모 실험 수행
TES 이노베이션 센터 2016	CJ대한통운	물류산업의 경쟁력 강화	물류작업 현장의 최첨단 기술뿐아니라 미래기술 개발 TES 이노베이션 센터를 거점으로 삼아 첨단기술을 물류산업과 접목
SOC 실증연구센터 ~2020	한국건설기술연구원	국가핵심시설인 도로, 하천, 건축 등의 기술을 검증해 민간에 보급	도로, 건축물에 대한 성능평가 SOC실증시험주로, 하천수리, 수질실증 등 그린빌딩 테스트베드 등
저에너지 해수담수화 플랜트 ~2020	연구단(고려대학교, 우진건설, 수자원공사)	해수담수화 기술 수출을 통한 해외경쟁력 확보	실증 플랜트 설계에 돌입하여 UAE현지 플랜트 건설
수직형 정수처리 실증시설 2010	한국수자원공사	미래도시 패러다임에 부합하는 응수공급	신개념 분산형 응수공급시스템 실증
탄소저감형 건설재료 실증하우스 2011	한국건설기술연구원	탄소저감형 구조재료 및 에너지 절감형 건축재료, 자재 연구 활성화	고성능 콘크리트, 에너지절감형 건축재료의 성능 평가 건설재료 통합관리 기술개발
스마트하이웨이 개발기술의 실제 공용도로 성능검증 2008	한국도로공사	지능형 고속도로 구현	스마트하이웨이 실증
주택성능연구개발센터 2014	한국토지주택공사	하자없는 주택 건설과, 미래주택기술개발	주택의 기본성능(소음진동, 결로, 공기질 등) 평가 그린리모델링, 저탄소, 저에너지 주택등의 기술개발
제로에너지 그린홈을 위한 단열성능 향상 건축재료 개발 2010	한국건설기술연구원	제로에너지 그린홈 상용화	패시브하우스 기술 및 액트브 하우스 기술의 실증
풍력발전 MVR 해수담수화 플랜트 2012	한국에너지기술연구원	해수담수화 기술 확보	해수담수화 및 제염 고농출플랜트 실증을 통한 FEED기술 확보

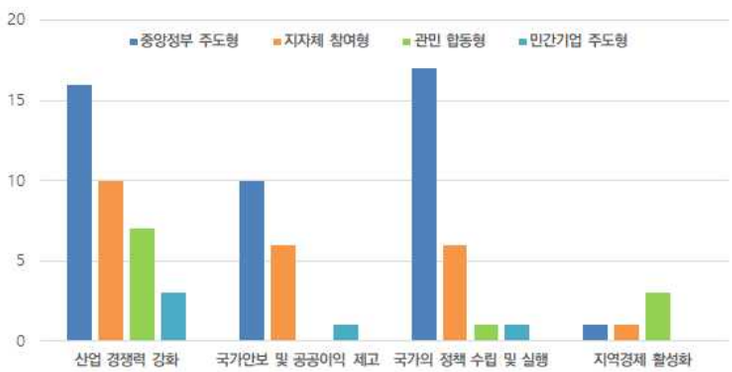
초기투자 재원조달방식

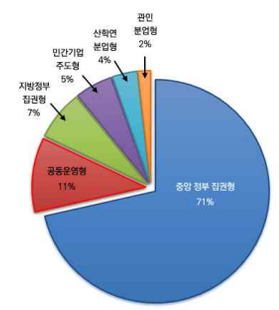
국토교통 기술·산업의 특성상 연구 인프라 구축시 초기투자 재원은 대부분 중앙정부 주도로 추진

– 지자체 참여형 또는 중앙정부주도형이 대다수이며, 민간기업/기관이 참여하는 유형(관민 합동형, 민간기업 주도형)은 산업경쟁력 강화 유형에서 27.8%로 가장 높게 투자

– 산업 경쟁력 강화를 목적으로 설립될 경우, 정부주도하에 단순히 연구 인프라를 단기간 이용하는 형태보다는 정부 이외 이해관계자들이 입주하여 실질적인 참여로 재원 투자 및 활용에 적극적

설립목적별 주요시설 및 공간 유형	시설 및 공간별 유형





[그림 2–24] 국내 초기 재원조달방식별 유형

연구인프라 유형 및 설립목적 사례 분석

국내 국토교통 분야의 연구인프라 유형 형태는 실증단지 26.8%, 시설·장비 73.2%

– 연구인프라 형태는 대부분 시설·장비의 비중이 73.2%로 건설과 관련된 기술의 연구 성과물을 축소모형으로 제작하여 성능을 검증하는 규모로 구축·운영되고 있으며, 최근 스마트시티, 자율주행과 같은 생활·안전에 대한 이슈가 증가하면서 실증단지 형태로 추진

연구 인프라의 설립목적은 산업경쟁력 강화 43.4%, 국가정책 수립 및 실행 30.1%

– 국토교통 분야에서 연구인프라를 설립하는 주요 목적은 산업경쟁력 강화와 국가정책 수립 및 실행을 위해 구축·운영 목적을 가지고 있으며, 특히 중앙정부에서 핵심 산업으로 선정된 산업을 국가차원에서 육성하기 위한 목적으로 진행되는 형태로 분석

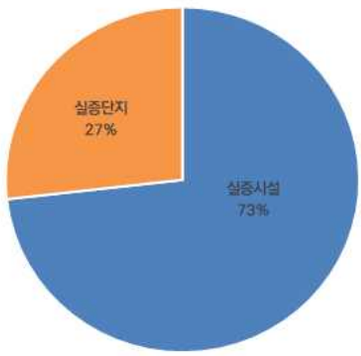
연구인프라 유형별 설립목적에 대한 교차분석을 수행한 결과, 빈도분석 결과와 유사한 형태로 분석

– 국가안보 및 공공이익 제고와 국가의 정책 수립 및 실행에 해당하는 사례에서 막대한 비용과 관리의 문제로 실증설비를 갖춘 연구소 형태로 이전부터 설립 형태로 추진

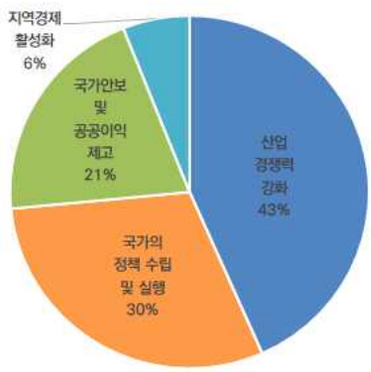
– 산업경쟁력 강화에서는 시설·장비 구축과 더불어 다양한 방법의 일환으로 산·학·연을 연계한 실증단지 형태로 추진



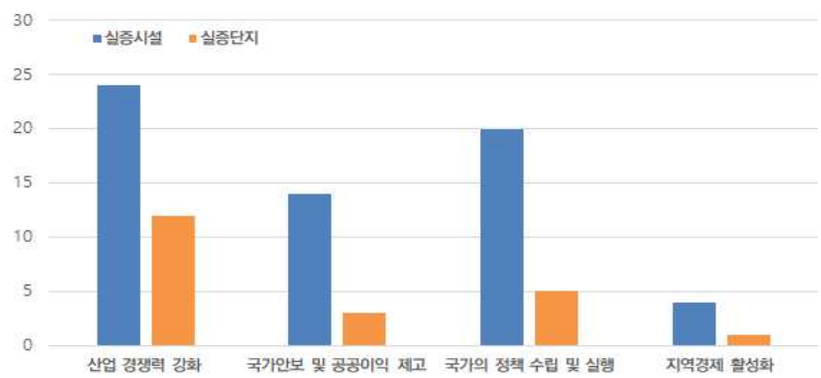
시설유형별 분포



설립목적 유형별 분포



연구인프라 유형별 설립목적

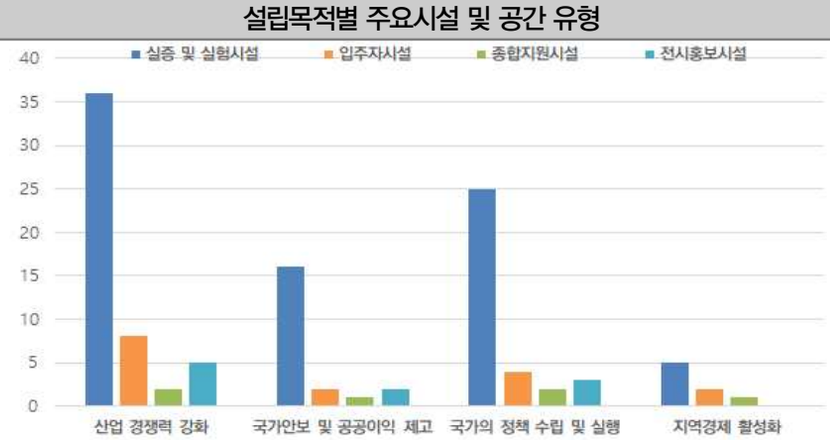


[그림 2-25] 연구인프라 시설 유형 및 설립목적 유형 분석

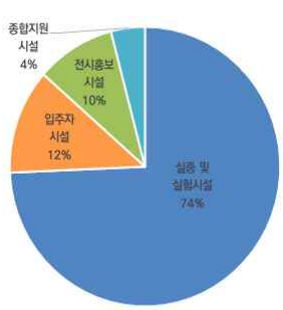
설립 목적별 주요시설의 공간 유형

- 연구 인프라의 주요 특성을 고려한 실험·실증시설 유형이 가장 높게 제시 되었으며, 산·학·연 연계를 통한 시너지 효과를 창출하기 위한 입주자 시설을 포함
  - 대단위, 대규모의 시설·장비 및 실증단지 구축사업을 추진함에 있어, 이를 총괄적으로 운영하고 지원할 수 있는 종합지원시설은 상대적으로 열악한 실정

설립목적별 주요시설 및 공간 유형



시설 및 공간별 유형



[그림 2-26] 주요시설 및 공간 유형

연구 인프라 운영 사례 분석

연구 인프라 운영은 중앙정부집권 유형 71.4%로 국가에서 대부분 운영

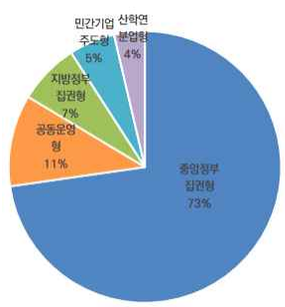
– 중앙정부에서 다양한 설립 목적으로 국토교통 분야의 실증시설 및 실증단지 설립을 장려하고, 설립 및 운영에 주도적인 역할을 수행

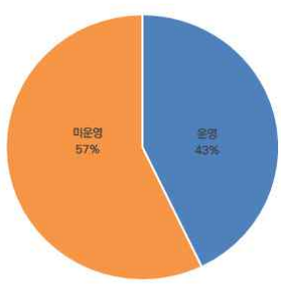
– 산업경쟁력 강화의 경우에는 해당 목적을 달성하기를 원하는 이해관계자가 정부에 국한되지 않고 다양하기 때문에 해당 목적 달성을 위해 다양한 이해관계자들이 설립 및 운영까지 참여

연구 인프라의 활용성 및 자립성 제고를 위한 수익모델 운영은 42.9%로 한계

– 연구 인프라 기반의 신산업 창출 및 산업 경쟁력 강화를 위해서는 다양한 수익모델 운영으로 공동 활용률 극대화 및 자립성을 강화해야 하지만 아직까지 미흡한 수준

운영주체	수익모델 운영 여부





[그림 2-27] 운영주체 및 수익모델 운영

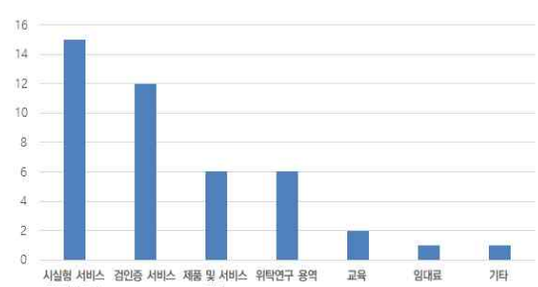
연구 인프라의 수익모델은 설립목적 특성에 맞춰 수익모델을 선정하고, 수익을 창출하는 형태로 추진

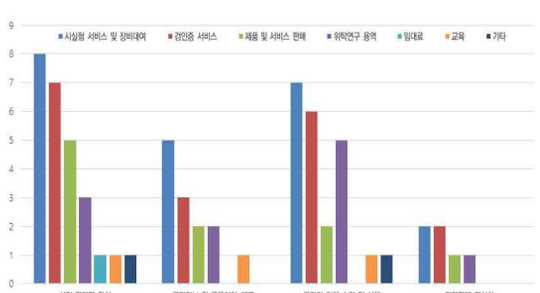
– 수익모델 활용 연구인프라 운영 시설은 총 24개 시설이며, 그 중 실험 서비스 및 장비대여, 검인증 서비스를 통해 수익을 창출하는 시설은 각각 15곳(62.5%), 12곳(50.0%)으로 분석

– 시험 서비스 및 장비대여, 검인증 서비스 수익모델 외 산업 경쟁력강화 목적의 시설은 제품 및 서비스 판매 수익모델을 선정하여 추진하고 있지만, 국가의 정책 수립 및 실행은 위탁연구 용역을 통한 수익을 얻는 구조로 분석

* 국토교통분야 사례(56개) 중 수익모델을 가지고 있는 것으로 조사된 사례는 24건(42.9%)이며, 시설당 평균 1.8개의 수익모델을 가지고 있음

수익모델 분포	설립목적별 수익모델





[그림 2-28] 수익모델 운영 현황

연구인프라 지원 프로그램 사례 분석

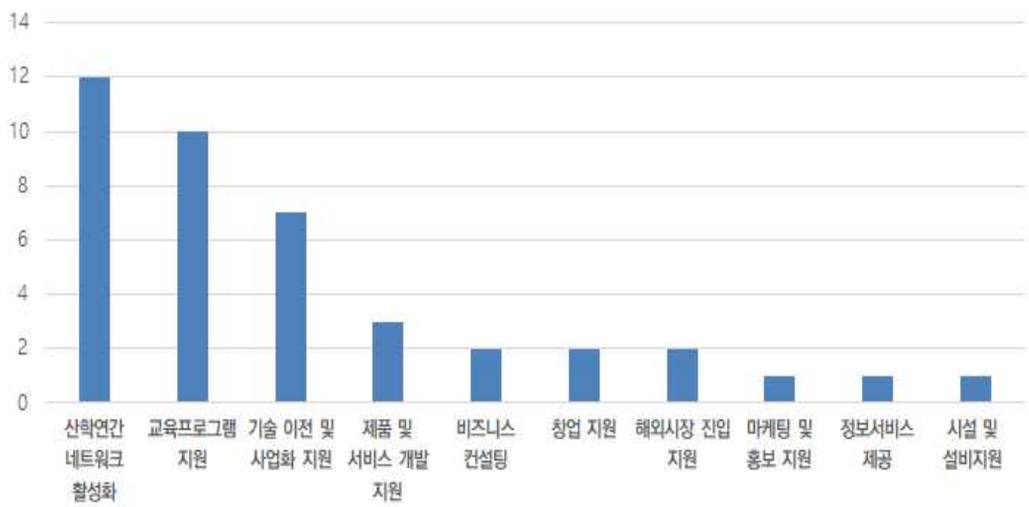
연구인프라 중 총 19개 시설이 지원프로그램을 운영

– 연구인프라를 지원하는 프로그램은 산·학·연간 네트워크 활성화(63.2%), 교육프로그램(52.6%), 기술 이전 및 사업화 지원(36.8%) 프로그램을 운영

– 교육 프로그램은 연구 인프라 방문자들을 대상으로 실험 성과물에 대한 교육 및 중소기업 재직자를 대상으로 한 전문가 육성 교육을 진행하고, 산·학·연 네트워크 활성화 프로그램은 실험 성과물 공유 및 방문 기관/기업들 간의 연계·협력 연구 수행

* 국토교통분야 사례(56개) 중 지원프로그램을 운영하는 사례는 19건(33.9%)로 낮음

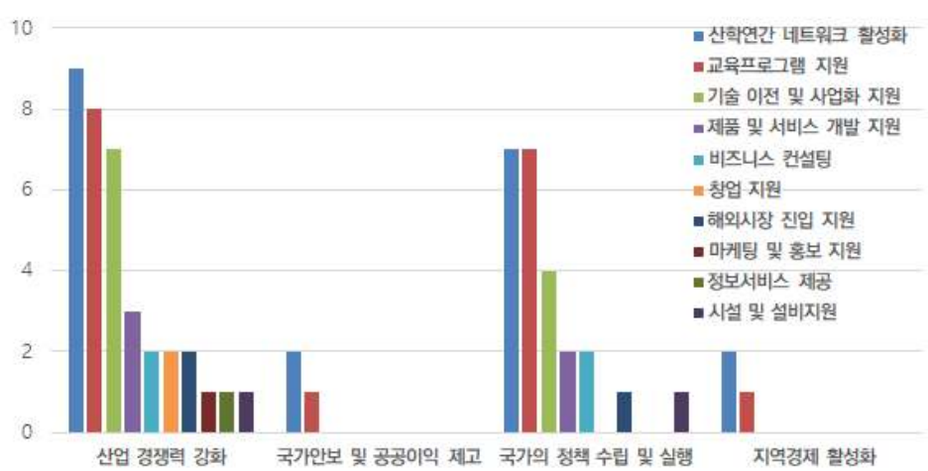
* 지원프로그램을 운영하는 19곳의 시설에서 평균 2.2개의 지원프로그램을 운영



[그림 2-29] 지원프로그램 운영 현황

산업경쟁력 강화에서 산학연간 네트워크 활성화와 교육프로그램 유형이 각각 25.0%, 22.2%로 높게 나타나며, 대체적으로 해당 유형에서 다양한 지원프로그램을 운영

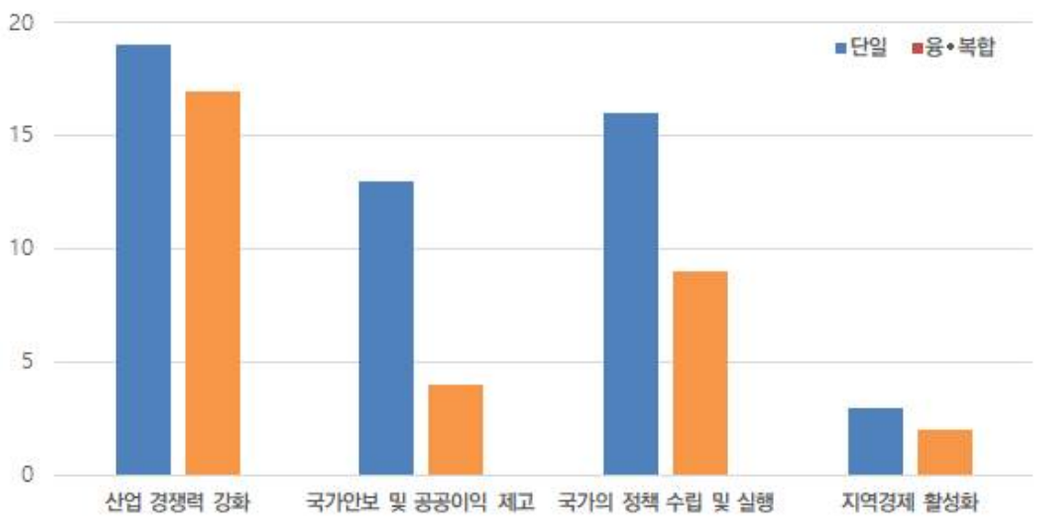
– 설립목적별 주요 지원프로그램의 유형은 산업경쟁력 강화 및 국가의 정책 수립 및 실행 유형이 상호 유사한 지원프로그램 추진



[그림 2-30] 설립목적별 주요 지원프로그램 유형

연구 인프라의 융·복합 분야 사례 분석

- 국내 국토교통분야 연구 인프라 분야의 융복합 시설은 39.3%로 저조
  - 최근 자율주행자동차, 스마트 홈, 스마트 물 관리, 건설자동화 등 정보통신 분야와 전통적 국토교통 기술의 융·복합이 가속화·보편화 되면서 연구 인프라의 급격한 변화 전망
- 설립목적 유형 중 융·복합 비중이 높은 분야는 산업경쟁력 강화(47.2%)와 지역경제 활성화(40.0%)
  - 연구 성과물의 신시장 창출 및 지역경제 활성화 등 새로운 기술이 도시·생활에 적용하기 위한 실증인프라 구축으로 기술간 융복합이 다수 포함



[그림 2-31] 설립목적별 융복합 유형



2.2 국외 사례 분석

[표 2-38] 국외 사례

명칭/국가/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
EnergyVille 벨기에 2106	벨기에 북부지역의 연구기관 협회	지속 가능한 도시 환경 조성	효율적 에너지 사용이 가능한 건축물, 스마트 에너지 도시, 지속가능한 건물 자재 검증 및 저탄소 교통솔루션 제공
베딩톤 제로에너지 생태주거단지 영국 2002	영국주택협회 Peabody Trust, 자선단체 BioRegional Development Group, 건축사무소 Bill Dunster Architecs 등의 협력을 통해 설립	탄소제로 도시개발 추진	에너지제로 개발기법을 도입하여 태양열·풍력 에너지 연구·실증 수행
EcoGrid 프로젝트 덴마크 2011	Eco Grid EU Partners (EU 국가의 대학, 연구소, 기업이 파트너쉽을 맺어 설립)	재생에너지 원활한 도입 유럽 전략적 에너지 기술(European Strategic Energy Technology, SET) 계획 및 유럽 전력망 계획(European Electricity Grid Initiative, EEG)에 기여	전력 발전, 송배전, 소비 등 전 단계에 걸쳐 전력 시스템 운영 향상
Smart City Challenge 미국 2015	미국 교통부	선진 기술 도입 및 시범 운용을 통한 도시 교통 해결 방안 마련	환격, 에너지 분야 효율화를 위한 스마트 계량기, 그리도 및 교통체증, 주차 문제 해결을 위한 프로젝트 중심으로 7개 실험도시를 선정하여 스마트 시티 추진
유비쿼터스 타운 일본 2014	일본 총무성	미래형 도시 구상과 이를 실현할 기술을 국제 표준화 및 해외시장 진출	스마트시티 조성에 필요한 연구성과의 지속적인 실증을 위한 테스트베드로 활용
스마트시티 스페인	바르셀로나 시정부	오래된 지역의 도시를 재개발하여 스마트 도시의 가능성을 모색	바르셀로나 도시 중심지 본(Born) 지구를 재개발하면서 곳곳에 사물 인터넷(IOT) 기술을 기반으로 한 '스마트시티' 솔루션을 깔고 시범 운영
Water Plaza 일본	일본 경제 산업성 산하기관 NEDO (신에너지·산업기술종합개발기구) 키타큐슈시	일본기업들의 수처리 비즈니스의 사업화 및 해외 물 시장 진출	저에너지 및 환경친화적인 다양한 물자원의 효율적인 재활용 솔루션 제공 검증된 일본 물 관련 막 제품(memgbranes)으로 구성된 물 재활용기술 시연 다양한 물 자원의 효율적인 사용기술 발전을 위한 Test-bed 제공
물산업 클러스터 싱가폴	정부기관 MTI (Ministry of Trade and Industry)	물산업 관련 핵심주체의 집적화 물산업 Hub구축을 통한 글로벌 경쟁력 확보	물산업 육성사업 수행 국가 전체를 물산업 테스트베드로 활용 대형 국책사업(NEWater Project)으로 기술력과 경쟁력 확보
NHERI@ UC San Diego 미국 2004	지진공학시뮬레이션 네트워크 (Network for Earthquake Engineering Simulation)	지진으로 인한 구조물의 안정성을 평가	대형/고층 구조물의 내진실험 지반진동 모의 실험

명칭/국가/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
트랙터 무인굴삭기 일본 2014	다이세이건설	재해복구 공사용 무인시공시스템 개발 및 검증	재해복구 공사를 가정하여 각종 센서 정보를 바탕으로 건설기계가 스스로 판단하여 작업할 수 있는 지능형 무인화 시공시스템 개발
M-City 미국 2015	미국연방정부	첨단자동차 관련 기술 개발 및 제도화	실증실험을 통해 조속한 기술 사용화 및 법제도 정비를 지원
그린위치, 브리스톨, 밀튼 키네스, 코벤트리 영국 2017	영국정부	무인자동차에 대한 기술적 안전성 검증 및 법제도적 장치 마련	무인자동차의 차량간 통신 및 차량-도로간 통신 기능 검증
무인항공기 실증테스트 지역 미국	미국 연방항공청	무인항공기 혼용운영을 위한 연구 및 법제화	분리 간격 수립, 통신, 휴먼 시스템 통합, 인증, 통합 시험 및 평가를 위한 국가전략특구로 지정하고 실증테스트 진행
드론 실증 테스트베드 일본	센보쿠시, 치바시	드론의 상용화를 위한 기술개발 및 성능검증	드론을 활용한 낙농업과 조난자 구출, 환산감시활동 및 화물운송, 드론택배의 안정성 확인, 택배외에도 재해 발생시 드론활용방법 등 실증 테스트
TOYOTA L&F COSTUMER CENTER 일본	도요타	도요타의 물류자동화시스템 장비를 테스트 및 전시를 통한 물류 신기술 상용화 및 개발	도요타 자체 개발 중인 소형·대형 물류시스템 및 시뮬레이션에 대한 테스트 및 실증 진행 방문자들의 첨단물류시스템 체험
Large-Scale Rail Buckling Facility 미국	UC San Diego		연결된 레일의 분리없이, 기준 계측이 필요없이 레일의 중립온도를 계측할 수 있는 노변장치의 개발
미국표준기술연구소 National Institute of Standards and Technology(NIST) 미국 1901	미국 의회	측정 과학, 표준 및 기술 진보를 통해 미국 혁신과 산업경쟁력을 증진	과학기술 분야의 각종 표준과 관련된 기술연구를 담당 산업현장에서 필요로 하는 각종 기술고 측정기술에 대한 국가표준을 선정, 개발 및 적용 중소 산업체의 표준기술력 증대, 상품생산의 현대화, 신뢰성 증대, 생산 확장 등을 지원 위해 미국 각 지역에 350여 개의 지역센터를 운영
아이다호 국립연구소 Idaho National Laboratory (INL) 미국 1949	미국 에너지국	국가 안보와 번영 보장	국가기반체계 보호와 핵확산을 방지하기 위해 미국 에너지국의 활을 지원 지속가능한 에너지 개발
퍼시픽 노스웨스트 국립연구소 Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) 미국 1965	미국 에너지국	세계 2차 대전 당시 맨하튼 프로젝트에 참여했던 핸포드 지역의 핵물질 처리 연구를 위해 설립	현재는 에너지, 환경, 국가안보와 관련된 중요한 사안을 해결하기 위한 기술개발 및 응용연구 실행



명칭/국가/시기	설립주체	설립목적	주요 기능 및 역할
일본국토기술정책종합연구소 National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) **일본**	일본 국토교통성	국민의 안전과 안보를 보장 지속가능하고 활기찬 국토 조성을 통해 경제활성화를 도모 공통 기초 기술 개발	국토교통기술 관련 정책의 계획 제안, 실행을 지원하기 위한 조사와 연구를 실시 국토교통기술표준 제시 재난활동지원
일본토목연구소 Public Works Research Institute (PWRI) **일본** 1921	일본 국토교통성	안전한 사회 실현 공공 인프라의 전략적 관리와 재개발 지속가능하고 활력있는 사회 실현	17개의 토목공학기술 R&D 프로그램을 진행
National Research Institute of Fire and Disaster **일본** 1948	일본 총무성의 화재 및 재난 책임기관	국민들을 화재로 및 재난으로부터 보호	화재 및 재난 보호 관련 R&D 진행 재난 및 대규모 화재 발생시 전문가 그룹으로서 진화작업 지원 소방 관련 공개 강의 및 컨퍼런스를 개최
울루 테크노폴리스 **핀란드** 1950 후반	울루대학, 노키아, 국책연구소인 핀란드기술 연구센터가 지역내 개설되면서 클러스터의 발판 마련	도시경제 활성화	통신, IT산업 등 고부가가치의 혁신적인 산업을 중점 육성 울루대학, 노키아 등 대기업과 연계하여 1984년 '테크노로지 도시화선언'을 통해 울루시의 발전기반 마련
쓰꾸바 연구학원 도시 **일본** 1950 후반	국토교통성	1958년 동경대도시권계획의 일환으로 국토교통성이 주도하여 출발되었으며, 1963년 정부기능이전 및 연구진흥의 목적하에 추진	일본 내 국제 연구교류 및 기술적 핵심지역으로 일본 기술의 향상을 선도
교통기술센터 Transportation Technology Center, Inc. (TTCI) **미국**	미국철도연합	철도안전과 철도교통기술의 발전	철도의 안전성, 내구성 등 다양한 기능을 연구 및 테스트하는 기관으로 철도산업 내 문제를 해결하기 위해 신흥 기술 솔루션을 제공
미국항공우주국 National Aeronautics and Space Administration (NASA) **미국** 1958	미국정부	우주개발 관할, 종합적인 우주계획 추진	항공우주 활동의 기획, 지도 실시 항공우주 비행체를 이용한 과학적 측정과 관측 실시 및 준비 정보의 홍보활동

초기투자 재원조달방식

○ 해외 연구인프라의 구축시 초기 재원조달방식은 중앙정부 및 민간기업 주도로 추진

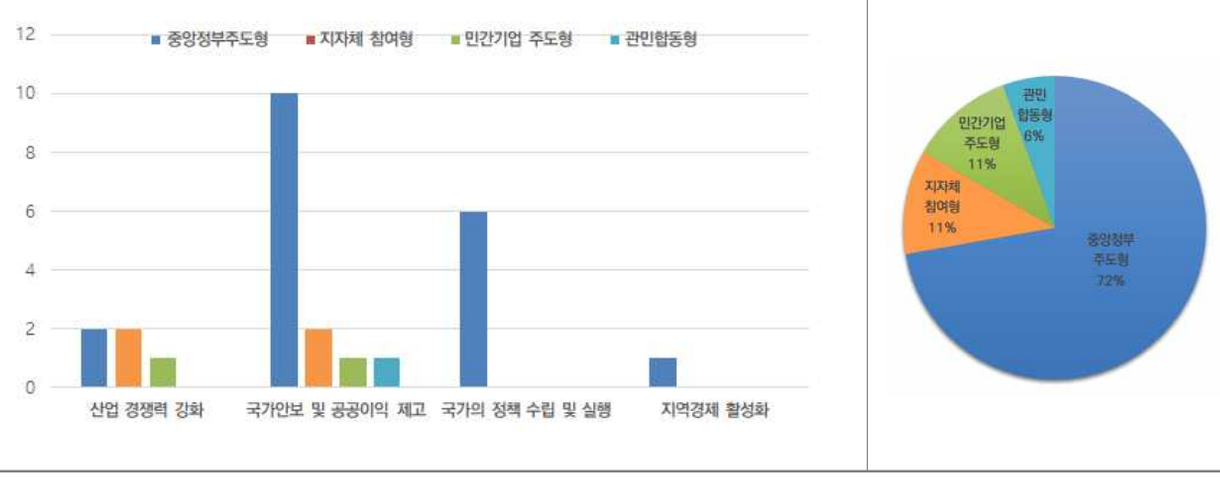
– 연구인프라의 특성상 해외에서도 국내와 같이 중앙정부 주도 추진하는 형태를 보이고 있지만, 산업 경쟁력 강화 목적의 연구 인프라는 민간 참여가 많은 특징

* 해외 기업 및 기관은 연구 인프라 구축·운영을 위한 충분한 자금조달 능력을 갖춰 중앙정부와 동등한 위치에서 설립시기부터 참여

– 민간기업의 주도로 재원을 조달하는 방식은 자금의 규모에 따라 하나의 기업이 단독으로 출자하여 조달하는 형태와 동종산업 내 기업들 간의 협회나 연합을 구성하여 공동출자하는 형태로 구축

* 국내에서는 정부 차원에서 국가핵심 산업으로 선정한 산업의 경쟁력 강화를 위해 진행하는 사례가 많지만, 해외에서는 민간기업의 필요성에 의해 주도적으로 추진하는 사례가 다수 존재

설립목적별 주요시설 및 공간 유형	시설 및 공간별 유형



[그림 2–32] 국외 초기 재원조달방식별 유형

연구인프라 유형 및 설립목적 사례 분석

○ 연구인프라의 시설형태는 시설·장비 88.5%, 실증단지 11.5%로 대부분 시설·장비 형태로 설립

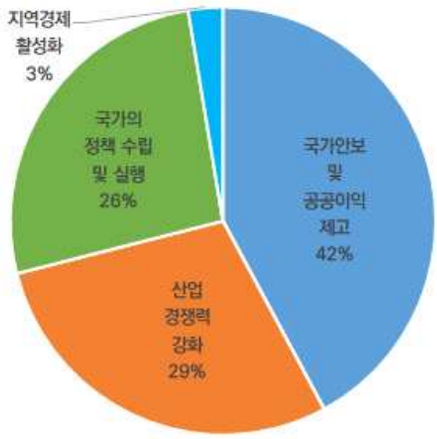
– 연구인프라 형태는 연구 성과물의 성능검증을 주 목적으로 하는 국토교통기술의 특성을 반영한 실험·장비 유형으로 대부분 구축·운영하고 있었으며, 국내와 유사한 경향을 보임

○ 연구인프라의 설립목적은 국가안보 및 공공이익 제고 42.1%, 산업경쟁력 강화 28.9%, 국가의 정책 수립 및 실행 26.3%

– 실험·시설 및 실증단지 구축은 국가안보 및 공공이익 제고 목적의 연구 인프라를 조성하고 있으며, 그 다음으로 산업 경쟁력 강화 목적의 신산업 창출 및 신기술 개발을 위해 구축

○ 국내·외 연구인프라 설립 목적을 비교하면, 국내는 산업 경쟁력 강화, 국외는 국가안보 및 공공이익 제고로 연구인프라를 바라보는 시각적 차이 발생

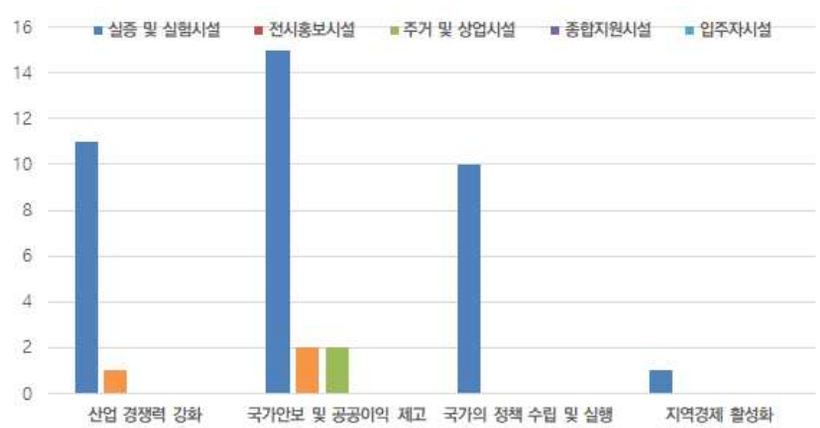
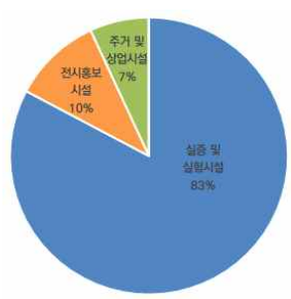
– 국토교통 기술·산업 특성은 국민의 생활안전 및 편리성을 향상시키는 공공 산업으로 국외는 국내와 달리 산업 경쟁력 보다 공공이익 기반의 인프라를 우선적으로 고려하는 경향을 보임

시설유형별 분포	설립목적 유형별 분포
	

[그림 2-33] 국외 연구인프라 시설 유형 및 설립목적 유형 분석

설립 목적별 주요시설의 공간 유형

- 연구인프라의 주요 특성을 고려한 실험·실증시설 유형이 가장 높게 제시
  - 이는 국토교통분야 국내·외 관계없이 공통적인 부분으로 실증인프라는 무엇보다 실증 및 실험시설 유형에 대한 필요도가 높음
- 국가안보 및 공공이익 제고의 사례에서는 전시홍보시설과 주거 및 상업시설의 형태 포함
  - 하나의 지역 전체를 실증실험을 진행하는 장소로 선정하여 운영하는 방식으로 지역 내에 입주민들의 생활에 필요한 기본적인 주거 및 상업시설뿐만 아니라 해당 실증 장비와 결과를 전시 홍보하는 시설을 마련
- 국외에서는 실증 및 실험시설을 단기간 동안 사용하는 방식보다는 학교, 연구소, 기업 종사자들의 협동 기반의 장기 프로젝트 추진으로 주택 및 기타 상업시설의 공간 마련

설립목적별 주요시설 및 공간 유형	시설 및 공간별 유형
	

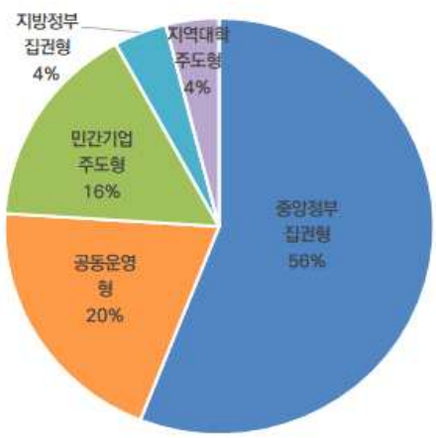
[그림 2-34] 연구인프라 시설 유형 및 설립목적 유형 분석

연구 인프라 운영 사례 분석

연구 인프라 운영은 중앙정부집권 유형 56.0%, 공동운영 20.0%, 민간기업 주도형 16.0%로 운영

– 국가안보 및 공공이익 제고 목적을 달성하기 위해 중앙정부 주도로 운영하고 있으며, 산업 경제력 강화를 위해 공동운영 및 민간기업 주도로 운영

– 운영주체별 유형을 보면 중앙정부집권형의 비중이 높으나, 공동운영형, 민간기업 주도형과 같이 다른 이해관계자들이 참여하는 유형이 국내에 비해 활성화



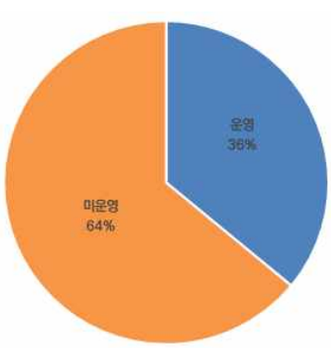
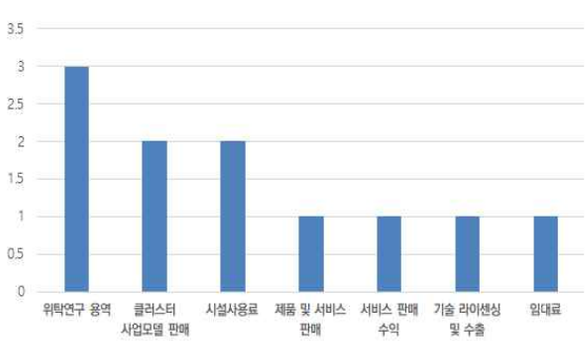
[그림 2-35] 국외 연구 인프라 운영 주체

연구인프라의 활용성 및 자립성 제고를 위한 수익모델 운영은 36.0%

– 위탁연구 용역, 클러스터 사업모델 판매, 시험 사용료, 제품 및 서비스 판매, 서비스 판매 수익, 기술 라이센싱 및 수출, 임대료 등 국내의 수익모델 보다 다양화된 수익모델을 가짐

– 국내는 대부분 시설·장비를 이용한 서비스 제공의 의해 수익창출인 반면, 국외는 시설을 이용한 연구 대행, 클러스터 사업모델 판매가 주요 수익모델임

* 연구 인프라 사례(25건) 중 수익모델을 가지고 있는 사례는 9건(36.9%)이며, 시설당 평균 1.6개의 수익모델을 가지고 있음

수익모델 운영 여부	수익모델 분포
	

[그림 2-36] 수익모델 운영 현황

연구인프라 지원 프로그램 사례 분석

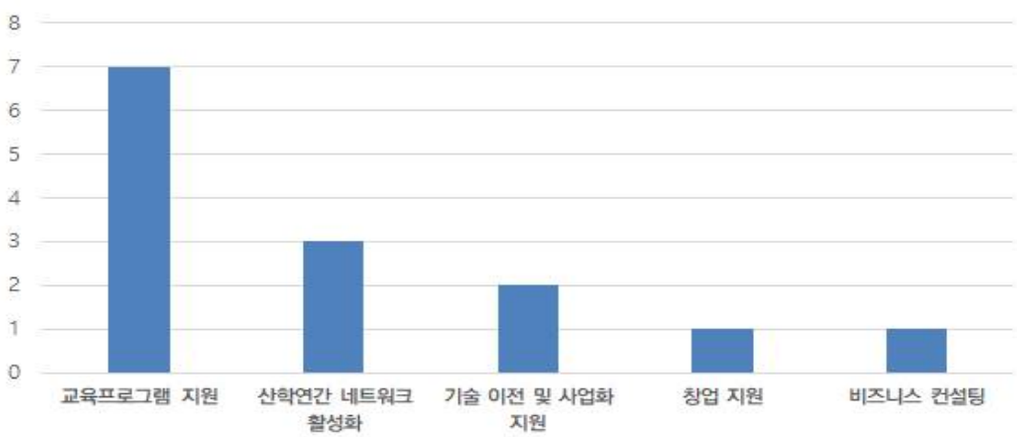
연구인프라 중 총 19개 시설이 지원프로그램을 운영

– 연구인프라를 활용한 지원프로그램은 교육 프로그램(100.0%), 산·학·연간 네트워크 활성화(42.9%), 기술 이전 및 사업화 지원(28.6%), 창업 지원(14.3%), 비즈니스 컨설팅(14.3%) 프로그램을 운영

– 교육 프로그램은 연구 인프라 기반의 견학 및 전문가 육성 교육을 추진하고, 산·학·연간 네트워크 활성화로 실험 성과물 공유 및 방문 기관·기업들 간의 연계·협력 연구 수행

* 해외 국토교통 분야 사례(25개) 중 지원프로그램을 진행하는 시설은 7곳(28.0%)으로 낮음

* 지원프로그램을 운영하는 6곳의 시설에서 평균 2개의 지원프로그램을 동시에 진행



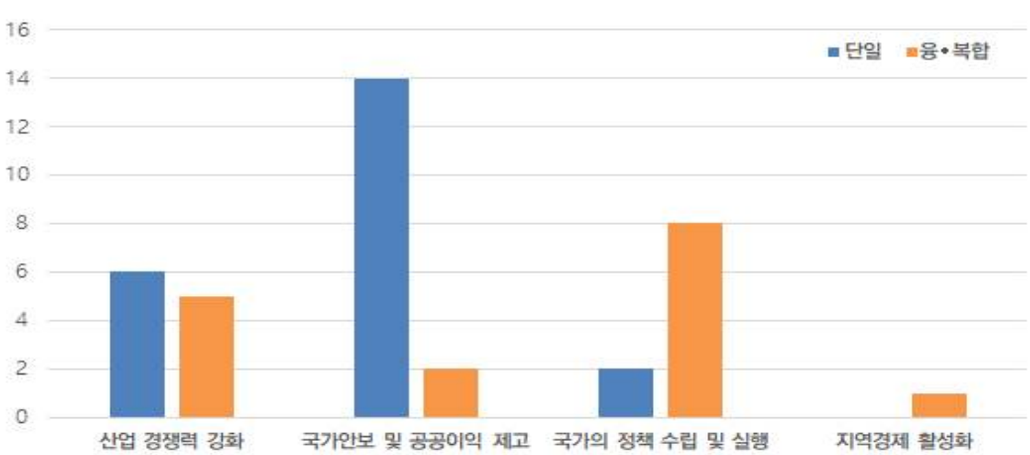
[그림 2–37] 국외 지원프로그램 운영 현황

연구인프라의 융·복합 분야 사례 분석

국외 연구인프라의 융·복합 시설은 40.0%로 국내와 유사한 경향

– 국가안보 및 공공이익 제고의 경우, 특정 장소를 기반으로 단일분야를 전문화하는 형태로 융·복합 보다 단일 시설위주로 구축

– 국가의 정책 수립 및 실행, 지역경제 활성화 기반의 연구인프라는 지역, 국가단위의 단지조성으로 융·복합 인프라 사례가 다수 존재



[그림 2–38] 국외 설립목적별 주요 지원프로그램 유형

2.3 소결

국내·외 연구인프라 구축·운영 사례 등을 비교 분석하여 동 사업의 벤치마킹 가능성을 검토하고, 종합실증단지의 방향성 제시

- 국내 연구 인프라 구축사업은 전반적으로 중앙정부 주도로 추진되고 있으며, 국외는 중앙정부 이외 민간기업 주도로 추진되는 사례가 다수 존재하여 민간R&D 참여가 적극적
  - (국내) 중앙정부의 핵심 산업으로 선정된 산업의 경쟁력 강화를 목적으로 진행되거나, 국가 안보 및 공공이익 제고와 국가의 정책과 연계하여 운영됨
  - (국외) 국민의 생활안전 및 편리성 향상을 위해 국가안보 및 공공이익 제고 목적의 인프라를 우선적으로 고려하여 구축
- 국내·외 수익모델을 가지고 있는 연구 인프라는 40.0% 미만으로 활용성 극대화 및 자립화를 위한 다양한 수익모델 및 지원프로그램 필요
  - 연구인프라 기반의 수익모델은 국내의 경우 시설·장비 사용료, 국외는 클러스터 사업모델 판매, 시설·장비 사용료, 위탁용역 등 국내에 비해 수익모델 다양화
  - 지원 프로그램은 학생 및 전문가 대상으로 교육 프로그램을 통한 인력양성이 공통적이며, 국외는 기술이전 및 사업화 지원 프로그램을 운영
- 국내·외 연구 인프라의 융·복합 시설은 40% 미만으로 단일분야를 전문화하는 형태로 추진
  - 최근 4차 산업혁명으로 자율주행자동차, 스마트 홈, 스마트 물관리, 건설자동화 등 정보통신 분야와 전통적 국토교통 기술의 융·복합이 가속화·보편화 되면서 연구 인프라의 급격한 변화 전망

[표 2-39] 설립목적별 최대빈도 유형

유 형		산업경쟁력 강화	국가안보 및 공공이익 제고	국가의 정책 수립 및 실행	지역경제 활성화
초기재원 조달방식	국내	지자체참여형	지자체참여형	중앙정부주도형	지자체참여형
	국외	중앙정부주도형, 지자체참여형	중앙정부주도형	중앙정부주도형	중앙정부주도형
설립/운영주체	국내	중앙정부집권형	중앙정부집권형	중앙정부집권형	중앙정부집권형
	국외	중앙정부집권형	중앙정부집권형	중앙정부집권형	중앙정부집권형
주요시설/공간유형	국내	실증 및 실험시설	실증 및 실험시설	실증 및 실험시설	다수
	국외	실증 및 실험시설	실증 및 실험시설	실증 및 실험시설	실증 및 실험시설
수익모델	국내	다수	해당 無	다수	해당 無
	국외	사업모델 판매	사업모델판매, 시설사용료, 위탁용역	시설사용료	해당 無
지원프로그램	국내	교육프로그램	다수	교육프로그램	해당 無
	국외	교육프로그램	교육프로그램	교육프로그램, 기술이전 및 사업화 지원	해당 無
융복합 유무	국내	융복합분야	단일분야	융복합분야	융복합분야
	국외	단일분야	단일분야	융복합분야	융복합분야

제 7 절 국토교통 분야 실용화 역량 분석

1. 기술·제품 검인증 및 실용화 환경

1.1 검·인증 평가 체계 현황

■ **국내의 검·인증 평가 체계는 인정 및 인증 분야에 따라 관·민의 여러 기관에서 적합성 평가를 나누어 담당하는 다원화된 체계로 추진**

○ 국제기준에 따라 시험인증, 제품인증, 품질·환경경영시스템인증 3개 분야별 인정제도를 각각 운영하고 있으며, 시험·제품 분야는 한국인정기구(KOLAS) 및 한국제품인정기구(KAS)가 전담하고 품질· 환경·경영시스템 분야는 민관기관인 한국인정지원센터(KAB)에서 전담

– KOLAS는 국내 시험·검사·교정기관들의 시험·측정 능력을 향상시켜 KOLAS 공인성적서의 국내·외 수용 확대로 산업체를 효과적으로 지원하고, 정부간 상호인정협정(MRA)을 원활히 이행할 수 있도록 기술 적합성 평가에 대한 국제화된 기본 체제

– KAS는 민간 제품인증업무를 수행하는 신청기관에 대하여 자격을 가진 평가사로부터 정해진 기준(KS A ISO Guide 65)과 IAF에서 정한 지침문서, 국내법 및 관련지침 등에 따라 해당 제품에 대한 관리수행 능력이 있음을 공식적으로 평가·승인

– KAB는 품질 및 환경경영시스템 인증제도에 대한 정부의 민간 운영 방침에 따라, 국제 규격에 근거해 경영시스템 인증기관 및 자격인증에 대한 인정·사후관리 인정업무와 국제적 통용성 제고를 위한 MRA 활동을 수행

[표 2-40] 국내 검인증 체계

구 분	KOLAS	KAS	KAB
도입년도	1992년	2001년	1995년
인증영역	시험, 검사, 교정, 표준품질	제품	품질 및 환경 경영시스템
인정업체	723개	17개	46개
수행주체	기술표준원	기술표준원	(재)한국인정지원센터
가입국제기구	ILAC*	IAF**	IAF



※ 자료 : 국가기술표준원, 2013 국가기술표준백서

* ILAC : International Laboratory Accreditation Cooperation

** IAF : International Accreditation Forum

○ 국내의 인증 제도는 2013년 말 기준으로 305개 인증제도가 운영 중이며, 법적근거와 인증 주체 등에 따라 법정(의무·임의)인증, 지자체 인증 및 민간인증으로 구분

– 법정의무인증은 각 부처에서 관리하는 기술 기준에 근거하여 강제성 부여

– 법정임의인증은 법으로서 인증, 형식승인, 검정 등의 사항을 정하고 있지만, 민간인증은 자율적으로 시행한다는 점에서 차별화

[표 2-41] 국내의 인증제도 현황

구 분	법정의무인증	법정임의인증	지자체인증	민간인증
인증제도	46개	90개	86개	83개
소관부처 (기관)	11개 부처	22개 부처	71개 지자체	69개 기관
인증기관	44개	71개	83개	72개
관련법률	37개 법령	68개 법령	–	–

※ 자료 : 국가기술표준원, 2013 국가기술표준백서

국내의 인정제도의 경우 적합성 평가 기준 및 절차가 국제기준에 부적합

○ 국내의 법정시험기관이나 검사기관의 지정은 개별 법령에 의해 각 부처에서 별도로 정한 기준에 따라 시행되고 있으나, 지정기준 장비, 인력보유 등 일반적인 사항만을 규정하고 기술요소 누락

– 지정행위 또한 국제기준에 따르지 않고 있어 각 기관의 시험 및 검사능력의 신뢰성을 국제적 수준으로 배양 한계

[표 2-42] 국내 시험기관지정과 국제 공인기관 인정제도의 비교

구 분	법정 시험기관 지정제도	국제 공인기관 인정제도 (KOLAS 인정제도)
목 적	규제목적을 위한 시험결과 취득 (안전, 소비자보호 등)	규제분야를 포함한 시험결과 신뢰성 향상 및 국제통용
근 거	개별법	국제기준적용 (ISO/IEC 17025, 17020 등 30여개 국제기준) 국가표준기본법
인정조건	조직, 기술인력, 시험시설, 시험장비 등 (10개 항목 이내)	품질시스템, 조직, 경영, 기술인력, 시험장비, 샘플링 절차, 측정의 소급성 유지 등 (27개 항목)
시험분야	개별규제 분야	환경, 통신, 식품, 의학, 건축 등 시험·검사 분야에 규제 및 비규제 망라
시험결과의 효력	규제부처에 통용	국내 KOLAS인정 시험기관 및 비인정기관도 시험결과 수용 MRA가입국간 국제적으로 통용

※ 자료 : 국가기술표준원, 2013 국가기술표준백서



1.2 국토교통 시험·인증 현황

■ 국토교통 기술의 고도화 방안으로 성능 중심의 설계·시공기준 개편과 건설관리 인프라 수준 향상, 신기술의 개발 및 활용의 활성화 촉진

○ 제4차 건설산업기본계획('13~'17년)에서는 건설산업의 경쟁력 제고를 위한 'Soft 기술'* 역량 강화 및 국내 건설사의 해외건설 시장 진출을 촉진시키기 위한 기술경쟁력 강화 추진

* 'Soft 기술'이란 기존 토목·건축 위주의 단순 시공영역인 'Hard 기술'과 대비되는 개념으로 건설 엔지니어링 등 첨단 기술력을 바탕으로 한 설계 분야를 통칭

– 'Soft 기술'의 경쟁력 확보를 위한 방안으로 기술력 중심의 기술 제안·입찰 활성화와 사양중심의 설계·시공기준을 성능중심으로 하는 개편 방향 제시

– 성능 중심의 설계·시공 평가 도입을 촉진하기 위한 구체적 방안으로 설계·시공기준을 코드화하고, 건설공사 기준의 취약점·미비점 도출 및 재평가 계획·실행

– 해외건설시장 개척을 위한 방법으로 핵심기술의 해외 의존도를 낮추고 법제, 금융조달기법, 해외인력 노무관리 등 건설관리를 위한 인프라 분야의 연구 확대를 추진

○ 국토교통부에서는 1989년부터 건설신기술 지정제도를 운영 중에 있으며, 2013년도부터 각 부처의 신기술과 관련된 인증제도가 정비되어 KOLAS의 신기술(NET) 인증제도로 통합

– 신기술 인증의 신청대상은 이론으로 정립된 기술을 시제품 등으로 제작하여 상용화 가능한 기술 또는 향후 기존 제품의 성능, 생산성이나 품질을 현저히 향상시킬 수 있는 기술

– 현재 국토교통부는 신기술 개발을 촉진하기 위해 신기술 품셈을 지속적으로 확충하고, R&D 연구자를 대상으로 신기술 제도 이해 증진을 위한 교육 및 신기술 지정효과에 대한 홍보 추진

– 신기술·신공법의 현장적용 활성화를 위해서 공사 규모 등에 따른 유연한 기준적용 및 실증 없이 우선 현장에 적용한 후 추후 정식기준 도입 여부를 결정하는 '잠정기준제도'를 도입

■ 국토교통 분야의 검·인증의 중요성을 강조하면서도 검인증을 위한 시험 및 인증을 위한 제도 및 인프라 부족

○ 성능 중심의 설계 및 시공 평가가 효과적으로 수행되기 위해서는 다양한 성능의 구조·부재에 대한 표준화된 시험방법, 검인증제도 및 인프라의 필요성 강조

– 현행 국가시험 기준은 대부분 산업제품에 기반하고 있어, 고도화된 건설 기술·공법·제품에 대한 성능 평가가 어려운 실정

○ 현재 국토교통부가 계획·실행 중인 '13~'17년 국토교통 R&D 중장기 계획에서는 시공 기준에 대해서만 강조하고 있으며, 건설기술 및 성과에 대한 평가는 부족한 실정

■ 국내 시험인증기관의 종합시험능력 수준이 해외 수준 대비 경쟁력 저하로, 글로벌 수준의 시험인증 강화를 위한 전문성 및 기술력 확보

○ 국내 시험인증업체의 경우 글로벌 시험인증업체에 비해 규모는 물론 전문성, 기술력 등전반적으로 열위

– SGS, BV*와 같은 다국적 시험인증기업 대비 국내 시험인증기관의 경쟁력을 4점 척도로 측정한 결과, 종합 시험인증능력 점수가 2.73으로 낮으며, 특히 외부기관 M&A능력(2.24), 해외유관기관 네트워크(2.00), R&D/혁

신 신서비스 개발능력(2.58), 연구원 보유 규모(2.42) 등이 열위

* 다양한 분야별 전문가들을 바탕으로 제품 적합성에 대한 검증, 검사, 시험 및 인증 서비스를 하는 세계적으로 공신력 있는 대표적 다국적 기업

■ 민간기업의 R&D 참여 및 국내 건설교통 시장의 활성화를 유도하기 위해 국토교통부에서는 신기술 인증제도를 정책적으로 지원

○ 신기술 개발 및 활성화 정책에도 불구하고 성능시험 및 시공방법에 대한 체계적 절차의 부재로 인해 신기술 신청·지정 건수는 지속적으로 감소

– 신기술 인증을 위해 필요한 시험검증과 현장적용에 막대한 비용과 기간이 소요되지만, 발주처의 신기술에 대한 안전·책임 등의 문제 제기로 활용 기피

○ 또한 신기술 신청 시 공식적 인증기관을 통해 수행한 시험평가 결과(시험성적서)를 요구하고 있으나 대부분의 신기술은 평가할 수 있는 인증기관이 제한적

[표 2-43] 신기술 지정 및 신청 추이

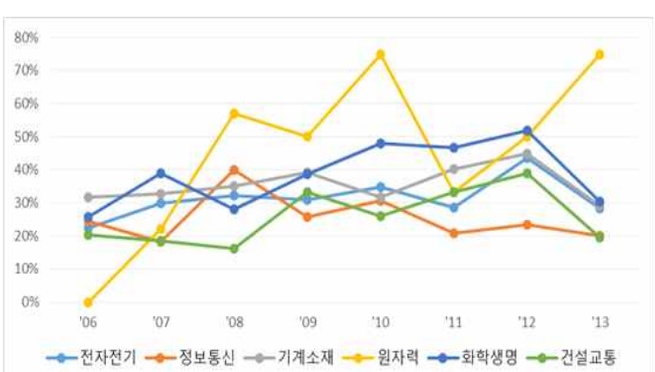
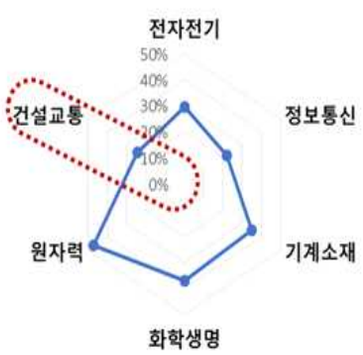
구 분	1999	2002	2008	2011	2016
신기술 신청	147	114	68	86	50
신기술 지정	77	37	19	23	28

※ 자료 : 국토교통과학기술진흥원

■ 국토교통 신기술은 도시 생활공간 내에서 사용되는 기술적 특성으로 개발기술의 안전성·시공성·경제성 등 시스템 단위의 검인증으로 통과비율 저조

○ 국토교통 기술은 실제·유사 환경에서의 검인증으로 타 분야에 비해 검인증 절차가 복잡하며, 인증 신청 대비 통과비율도 평균 24.5%로 낮음

[표 2-44] 기술 분야별 신기술 인증 통과 추이

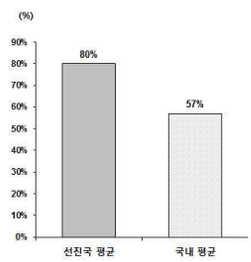
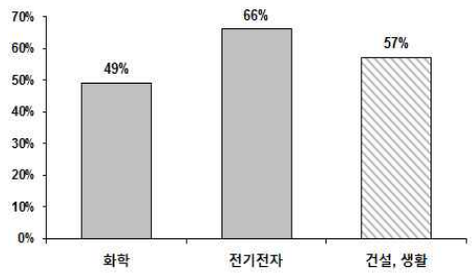
연도별 추이	기술 분야별 비교
	

※ 자료 : 신기술 인증 센터, 통계 분석 자료 2014

국토교통 분야의 국내 시험인증기관의 낮은 경쟁력으로 인해 해외 사업진출 시 해외 인증기관 의존도가 높아 국내 신기술의 해외 유출 우려

○ 국제규격(ISO, IEC) 시험 능력은 미국, 유럽 등 선진국 시험기관 수준이 80%인 반면 국내 기관은 평균 50~60%에 불과하고, 국토교통 분야는 57% 수준으로 개선이 필요

[표 2-45] 국제규격(ISO, IEC) 시험인증 수준

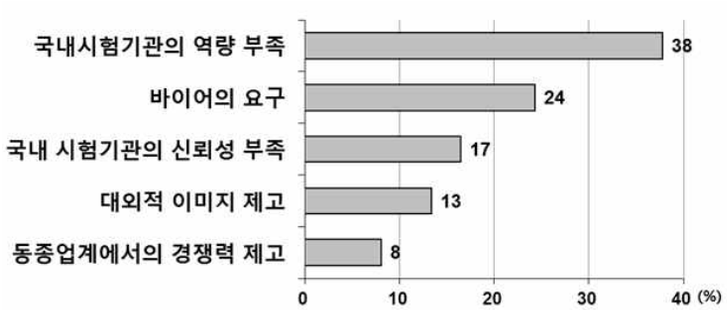
국내외 국제규격 시험능력('10)	국내 기술 분야별 국제규격 시험능력('10)
	

※ 자료 : 지식경제부 보도자료 (2010.03)

○ 글로벌 시험인증 시장에서 4.2%를 점유하고 있는 국내 인증업체의 시험성적서를 인정해주지 않아, 해외 사업진출 시 해외 인증기관에서 재인증으로 중복 인증 사례 발생

– 국내 석회석 가공업체의 중국 수출 과정에서 수입업체가 SGS(스위스 인증업체)에서 발행한 시험 성적서를 요구하여 중복 인증으로 수천만 원의 비용을 추가로 부담

[표 2-46] 국내 제조업체의 해외 시험인증기관 의뢰 이유

국내외 시험인증업체 경쟁력 분석	· 글로벌 시장에서 국내 시험인증기관의 기술력, 브랜드 가치 등의 인지도가 낮아 해외 업체에 의뢰 · 해외 시험인증 결과서는 전 세계 바이어에게 기술경쟁력과 이미지를 인정받기 때문에 중복 인증이 필요 없으며, 전 세계에서 비즈니스를 할 수 있는 장점
국내 제조업체의 해외 시험인증기관 의뢰 이유	

※ 자료 : 기술표준원, 시험인증산업 경쟁력 강화 방안(2011)

○ 미국과 유럽(스위스, 프랑스, 독일, 영국, 노르웨이 등)이 시험인증 강국으로 세계시장 점유율이 높아 기술규제로 악용하는 사례가 증가

– 국내 시험인증기관의 글로벌 공신력이 낮아 조선 분야의 경우, 세계 시장의 우위를 점하고 있으나, 시험인증 90% 이상 해외 의존으로 인증 과정 중에 핵심기술 유출 우려

※ 자료 : 헤럴드 경제, 국내 시험인증 취약–해외로 돈, 기술이 다 샌다(2013.10.17.)

2. 국토교통기술 실용화 현황

2.1 실용화 성과 분석

■ 최근 국토교통 R&D 사업성과를 보면, 논문·특허·기술료 등 과학기술적 성과가 지속적으로 증가하고 있으나, 투자규모에 비해 실용화·사업화 실적 미흡

○ 2014년 국가연구개발사업 성과분석 결과(안)에 따르면 국토교통부의 사업화 성과는 주요 부처들 중에서 최하위권에 위치

[표 2-47] 부처별 R&D 사업화 성과실적 (단위 : 건, %)

구 분	2013년	2014년	증감
	건수(비중)	건수(비중)	건수(비중)
중소기업청	9,656(63.0)	14,134(66.7)	4,478
산업통산자원부	1,626(10.6)	3,387(16.0)	1,761
농업진흥청	2,382(15.6)	1,832(8.6)	-550
환경부	428(2.8)	633(3.0)	205
과학기술정보통신부	512(3.3)	416(2.0)	-96
농림축산식품부	178(1.2)	232(1.1)	54
문화체육관광부	246(1.6)	161(0.8)	-85
보건복지부	109(0.7)	125(0.6)	16
교육부	11(0.1)	110(0.5)	99
국토교통부	103(0.7)	97(0.5)	-6
기타부처	64(0.4)	78(0.4)	14
합 계	15,315(100.0)	21,205(100.0)	5,890

※ 자료 : 과기정통부, 2015

○ 최근 5년('11~'15년)간 사업화·제품화(-9.6%) 및 현장적용 비용절감(-5.1%) 성과가 지속적으로 감소하는 추세로 이에 대한 해결방안 필요

- 국토교통 R&D는 사업화·제품화 및 현장적용을 통해 국가 정책 및 제도적 개선으로 사회 안전 및 편의성을 추고하는 기술이나 사업성과의 지속적인 감소로 추진역량 부족

[표 2-48] 최근 5년('11~'15년) 성과발생 현황 (단위 : 건, %)

구 분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	증감률
SCI(E) 논문	143	148	191	133	338	▽ 24.0
일반학술지	618	577	634	810	935	▽ 10.9
특허 출원	628	631	583	596	801	▽ 6.3
특허 등록	237	309	562	415	402	▽ 14.1
사업화·제품화	169	178	238	152	113	△ 9.6
기술이전	85	102	107	115	129	▽ 11.0
현장비용절감	58	81	58	51	47	△ 5.1

※ 자료 : 국토교통부(2015.12)'2016년 국토교통기술연구개발 시행계획', 국토교통과학기술진흥원 내부 자료



2015년도 국토교통위원회의 국정감사에서 실용화 실적 추이분석을 통해 국토교통 R&D사업의 실용화와 사업화 추진 역량의 부족을 지적

○ 2013년도와 2014년도의 국토교통 R&D사업의 성과지표를 보면 모든 성과지표가 큰 폭으로 하락

[표 2-49] 국토교통 R&D 예산과 실용화 실적추이

구 분		2013년	2014년	증감
투입예산		4,014억원	4,117억원	+103억원
실용화 지표	특허등록	562건	415건	-147건
	기술료	95억원	95억원	0
	현장적용	58건	51건	-7건
	수입대체	290건	271억원	-19억원
	사업화	103건	97건	-6건
	사업화매출	2,090억원	1,518억원	-572억원

※ 자료 : 출처 : 2015년도 국정감사-국토교통위원회(김경협 의원실 제출)

2013년 정부 전체 R&D 중 융복합 관련 R&D 규모*는 3조 2,798억원으로 매년 증가를 보이고 있으나, 타부처에 비해 국토교통부 융복합 관련 투자 미흡

[표 2-50] 융복합 R&D 사업화 실적 (단위 : 건, %)

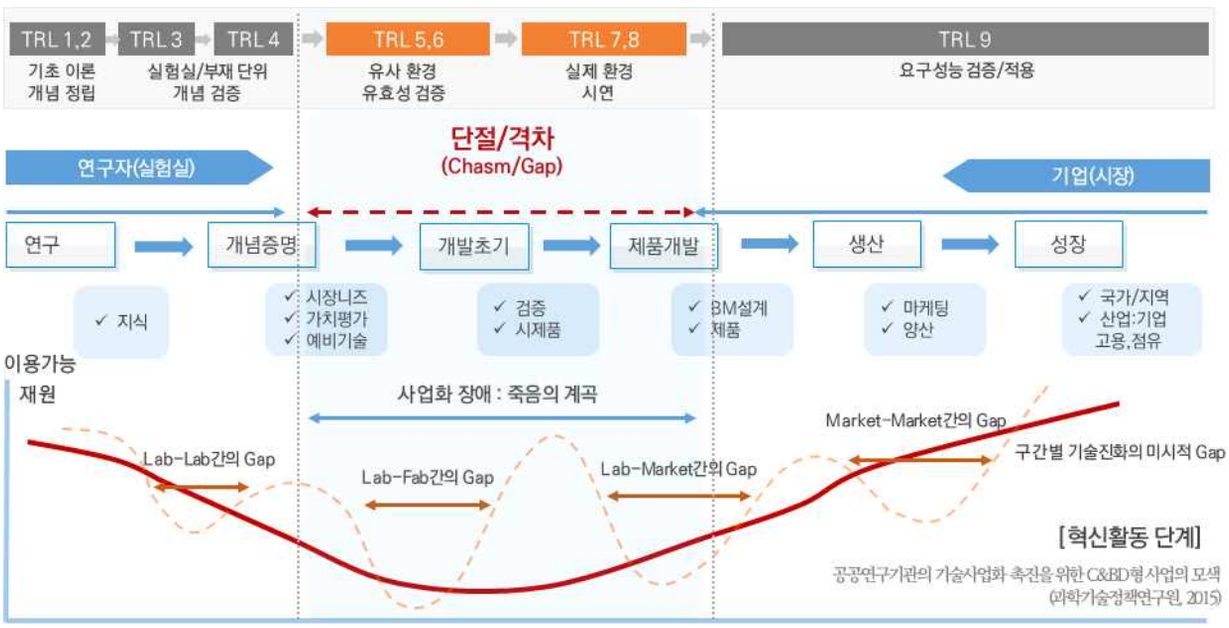
구 분		2009년	2010년	2011년	2012년
		건수(비중)	건수(비중)	건수(비중)	건수(비중)
지식경제부 (現 산업통산자원부)	전체	2,597(31.4)	2,961(31.1)	2,358(32.5)	2,517(17.4)
	융복합	396(80.2)	442(67.5)	420(66.9)	380(77.7)
농촌진흥청	전체	1,653(20.0)	2,086(21.9)	2,343(32.3)	2,664(18.4)
	융복합	0(0.0)	47(7.2)	54(8.6)	79(16.2)
농림수산식품부 (現 농림축산식품부)	전체	123(1.5)	131(1.4)	103(1.4)	111(0.8)
	융복합	28(5.7)	66(10.1)	56(8.9)	14(2.9)
교육과학기술부 (現 과기정통부)	전체	160(1.9)	154(1.6)	80(1.1)	47(0.3)
	융복합	35(7.1)	39(6.0)	33(5.3)	11(2.2)
문화체육관광부	전체	40(0.5)	48(0.5)	68(0.9)	120(0.8)
	융복합	5(1.0)	5(0.8)	5(0.8)	3(0.6)
환경부	전체	347(4.2)	322(3.4)	94(1.3)	193(1.3)
	융복합	11(2.2)	9(1.4)	34(5.4)	1(0.2)
중소기업청	전체	3,246(39.3)	3,652(38.4)	2,014(27.8)	8,589(59.3)
	융복합	19(3.8)	46(7.0)	25(4.0)	0(0.0)
국토해양부 (現 국토교통부)	전체	55(0.7)	49(0.5)	62(0.9)	155(1.1)
	융복합	0(0.0)	1(0.2)	1(0.2)	0(0.0)
기타 부처	전체	8(0.1)	3(0.0)	9(0.1)	25(0.2)
	융복합	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(0.2)
합 계	전체	8,262(100)	9,521(100)	7,253(100)	14,476(100)
	융복합	494(100)	655(100)	628(100)	489(100)

※ 자료 : 2009~2012, 한국과학기술기획평가원(2015)

2.2 실용화 장애요인 분석

■ 기술 실용화·사업화 촉진을 위해 죽음의 계곡(사업화 장애)이라 불리는 기술의 검인증 단계의 활성화가 필요하며, 정부 차원의 지원을 통해 연구개발에서 사업화까지의 격차 최소화 필요

○ 국토교통 R&D 성과의 현장 활용 장애요인으로 안전성·신뢰성이 검증되지 않은 R&D 성과의 위험부담에 따른 기피현상으로 실용화·사업화 한계



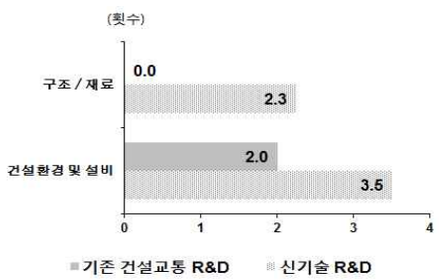
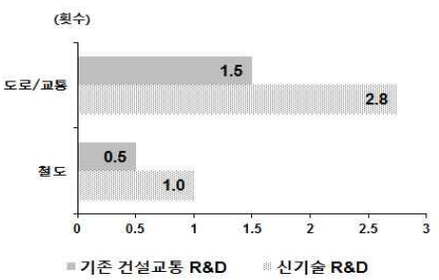
[그림 2-39] 국토교통 R&D 단계의 사업화 장애 요인

■ 국토교통 R&D 및 신기술 인증을 위한 시험 평가 시, 현장시험 및 시공실적에 대한 요구가 높아 투자 기간과 비용에 대한 부담 증대

○ 구조 및 재료 분야의 경우, 기존 R&D에서는 실내실험과 유사환경 실험 중심으로 진행된 반면, 신기술 인증을 위해서는 평균 2.3회의 현장시험 및 시공실적이 요구

○ 도로 및 교통과 철도 분야에서도 기존 R&D에서는 현장시험 및 시공 횟수가 각각 평균 1.5회, 0.5회인데 반해, 신기술 인증을 위해서는 각각 평균 2.8회, 1회 이상의 실적이 요구

[표 2-51] 시공실적을 포함한 현장시험 횟수

건설 부문	교통 부문
	



국토교통 R&D 실용화·사업화 실적 저조 요인으로 연구책임자들은 개발기술을 실증할 수 있는 현장(부지) 및 연구인프라 확보 어려움을 애로사항으로 제시

- 실용화·사업화의 주요 애로사항으로는 실증·현장부지 확보의 어려움, 구축(과제종료)후 유실·사장으로 지속활용 불가, 가변성 부족 등 공동활용의 어려움이며, 그 밖에 예산, 기간, 연구인프라 정보부족, 정책 규제 등을 제시
  - 발주기관(정부, 지자체, 공기업)은 개발기술을 현장에 적용하여 안전사고가 발생할 경우, 대형 사고로 인한 인명피해 사고가 발생할 위험부담 문제로 안전성·신뢰성에 대한 현장시험 검증을 요구
    * 건설교통 신기술은 현장시험시공이 필수
  - 국토교통 R&D 수행기관(연구자)이 직접 현장실증 Site를 확보해야 하는 어려움으로 인해 연구기간의 연장·지연 및 실용화 지연으로 연결되어 사업성과 저조
  - 연구기간 종료후, 실증시설 및 Test-bed의 유지관리 문제로 인해 시간이 지나면서 불용화 또는 방치 등 공동활용 저조로 사업간 연계 부족 발생
- 국토교통 R&D 실용화 제고 및 기술-시장 연계를 강화하여 실용화·사업화 연구성과 활성화를 위해서는 정부 주도의 기술실용화 생태계를 조성하여 개발기술의 공익성 및 사업간 연계 강화 필요

[표 2-52] 국토교통 R&D 실용화 애로사항 인터뷰

순번	과제명	실증실험, T/B 구축 수행의 애로사항		기타사항	비 고
		수행 중	완료(운영·관리)		
1	한옥마을 및 신 한옥형 공공건축물 최적화 모델 개발 및 구축	부지확보 어려움	부지확보 어려움 지자체 마찰	지자체 소유 연구 불연속성 T/B의 가변성 부족	지자체 매칭 Living Lab. 개념으로 연구개발 지속활용 불가
2	저탄소 녹색공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발	부지확보 어려움 정부관심 부족 연구기간 부족	T/B 방치 가변성 없음 모니터링, 운영·관리 불가 정부관심 부족	정부지원 필요 실증, T/B 중요성 인식	T/B 구축 및 실증을 통해 사업화 까지 완료 (김포공항 등에 기술적용)
3	첨단기술 기반하천 운영 및 관리 선진화 연구	예산 부족	정부관심 부족 타연구 적용가능(홍보의 어려움으로 쉽지 않음)	실증, T/B 중요성 인식	타 연구 적용이 가능하나 홍보가 미흡 (공공기술에 대한 실증 중요성 강조)
4	무동력 회전장치를 이용한 환적시스템 개발	부지확보 어려움 정부관심, 연구기간 부족 (부지확보, 예산조정 어려움)	T/B 해체 불가피 정부 협의 불가	실증, T/B 중요성 인식	단독활용
5	해수담수화 플랜트 사업단	-	민원 발생으로 가동 중단	실증, T/B 중요성 인식	신소재 기반 관련 기술의 사업성은 매우 높으나 현장 적용하기에는 실증화 기반 기술이 미흡함

■ 국토교통기술 실용화·사업화 시 실증·검인증 관점의 애로사항 조사를 위해 국토교통 관련 전문가를 대상으로 설문조사를 수행

○ 기술실증 및 검인증의 애로사항으로는 Test-bed 구축을 위한 국가차원의 예산지원 부족, 실험시설·장비 및 관련 연구시설·장비 정보 부족, 기술력 부족, 현장 적용시 제도 지원 미흡 등 애로점 도출

– 설문조사 기간 : '16.08.01 ~ '16.08.19 (유효표본수 : 1,018명)

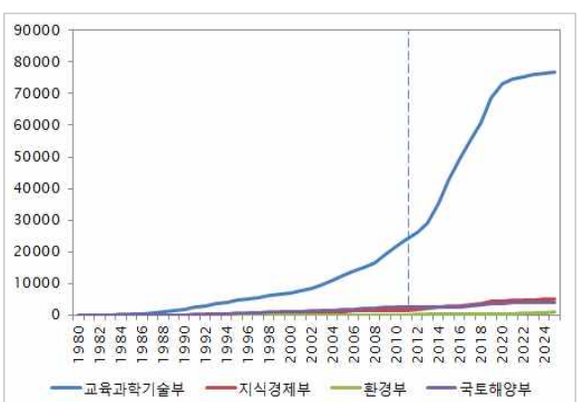
– 수요조사 대상 : 전문기관·주관연구기관 전문가 POOL, 국토교통 대형실험시설 관련 연구자·사용자, R&D 수행기관 및 전문가, 6개 학회(수자원, 도로, 교통, 철도 등), 4개 협회 (신기술, 물류 등) 등



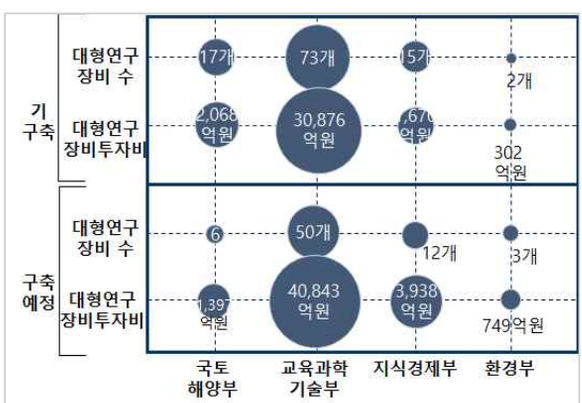
[그림 2-40] 국토교통 R&D 실증·검인증 애로사항

■ "국가 실험인프라 구축 및 운영전략 수립(2012, 한국건설기술연구원)" 보고서에 따르면, 국내 건설기술 수준이 충분히 향상 가능한 여력을 갖추고 있음에도 불구하고, 첨단 연구인프라의 부족으로 성장 한계 지적

○ 국토부(해수부포함, 2012년 기준)의 대형연구장비 투자비로 교육부(76,719억원), 지경부(5,509억원)에 비해 3,465억원으로 각각 4.8%, 68.5% 수준



[그림 2-41] 주요 부처의 대형인프라 투자 추이(억원)



[그림 2-42] 주요 부처의 대형인프라 구축 현황(2012)

자료 : NFEC 대형연구시설 구축지도 재구성

2.3 실용화 성공사례 분석

국토교통 R&D의 실용화·사업화 성과확산 및 선진국 수준의 기술력을 확보하고, 미래사회 국민의 삶의 질 향상과 국토교통 가치창출을 목적으로 R&D 프로젝트 10개를 선정하여 추진
(Value Creator-10, 건설교통 R&D 혁신 로드맵, '06)

- 국토교통 산업은 국가경제발전에 필요한 사회간접시설 구축 및 주택공급 등을 통해 국민 삶의 질 개선과 국가 성장동력에 기여하였으나, 선진국과 비교시 기술수준의 낙후성, 국민 사회적 수요에 유연하게 대응하지 못하는 한계로 VC-10 사업을 추진
  - 단일 목적물 중심의 실용화, 기술력 향상 초점에서 향후 사회적 수요 및 기술의 융복합 등 미래 지향적 신산업 창출(융합) 형태로 추진
  - 연구개발에 한정하지 않고 연구범위에 Test-bed를 포함시켜 개발기술을 검증하고, 개발된 기술을 국책사업은 물론 민간/공공 기업의 사업까지 연결되도록 추진
    * 추진기간 : '06~'16년 / 예산 : 총 1조 4,856억원(정부 10,267억원(69%), 민간 3,602억원(24%), 기타 987억원(7%))
    * 인력투입 : 총 12,522M/Y이며 참여한 총 인원은 37,382명('06~'15년) / 비율 : 기업 44%, 대학 37%, 연구기관 16%, 기타 2%
    * 사 업 단 : 도시형자기부상열차, 차세대고속철도, 해수담수화 플랜트, 도시재생, 지능형국토정보기술, 항공안전기술개발, U-Eco City, 스마트하이웨이, 초장대교량, 초고층복합빌딩

[표 2-53] VC10 사업 내용

사업단	통합실증	상세 내용	개수	평가 및 의의
도시형 자기부상열차		인천공항 교통센터에서 용유동 관광단지가지 자기부상 철도 구축 (6.1km 길이)	1	안전성 확보 및 노선 개통에 성공에 기여
차세대 고속철도		호남 고속철도 구간에 400km/h급 선로구축(28km)	1	시험 운행 중 발견되는 문제점을 보완
해수담수화 플랜트		부산시 기장군에 플랜트 구축(4.5만톤 규모)	1	통합실증과 레퍼런스 확보를 통해 해외 프로젝트 수주에 기여
도시재생		창원(547km^2), 전주(1,739km^2)에 테스트 베드를 구축	2	시범사업 추진을 통하여 시민참여형 도시재생 경험과 Best Practices 확보
지능형국토 정보기술		세종시 통합테스트 베드 구축	1	세종시 통합 T/B에서 시험 및 시범서비스 구현(시설해체로 사실상 효과 미약)
항공안전 기술개발	항공인증 실증	항공안전 기술원	1	미국항공안전인증 기관과 4인승 항공안전 인증 전과정 공동진행으로 기술전수 받음
U-Eco City	개별실증	세종시 (72.9km^2), 인천 청라지역 (17.8km^2) 실증단지 구축	2	개별 기술의 검증을 위해 소규모 Test- bed 운영됨
스마트하이웨이	개별실증	서해대교(1식) 등 13곳에 실증단지 구축	약 13	약 13개 시범도로 등에 개별 기술의 적용을 통해 상용화 가능성을 판단
초장대교량	개별실증	이순신대교 등 19곳에서 개별 실증됨	19	기술사업화 완료(일부 기술에 대해 고덕대교 적용을 통한 사업화 추진)
초고층복합빌딩	-	-	n/a	현실적인 통합실증이 어려워 개별 실증이 추진됨(pilot)

◎ 국토교통 R&D의 성과목표 달성을 결정하는 중요한 핵심요소는 Test-bed 구축 및 활용을 통해 기술적 성능을 검증하여 개발 기술의 실용화 성공 가능성이 중요

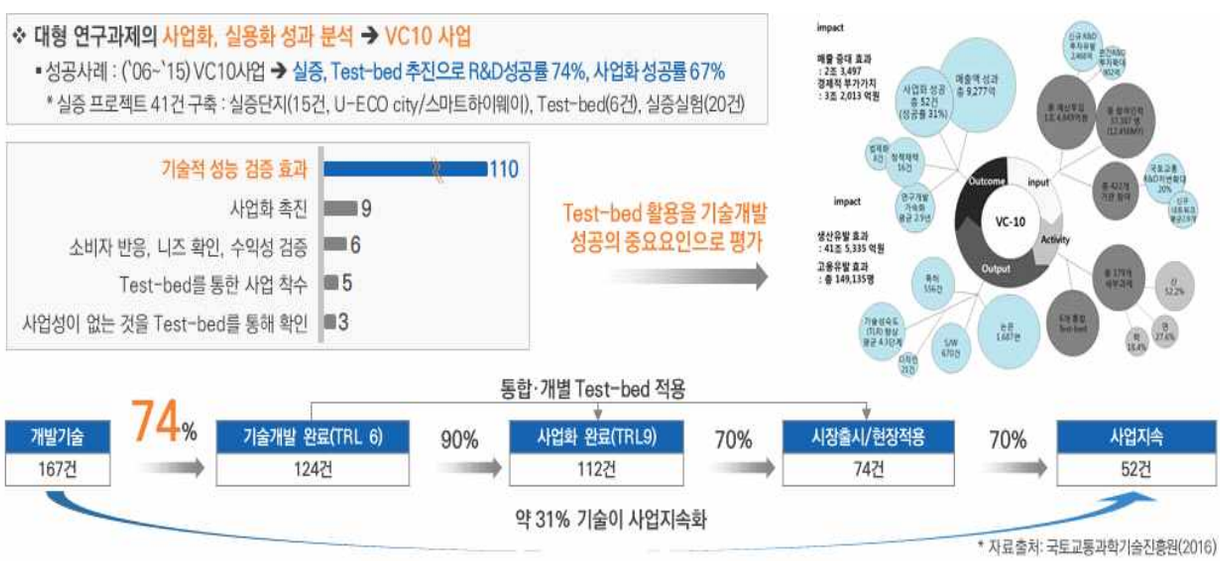
– VC-10 사업을 통해 기술 사업화를 목표로 하였던 기술 167건중 112건이 사업화 개발을 완료하였으며, 이 중 Test-bed를 통해 시제품이 시장으로 출시된 기술은 74건으로 사업화 기술의 66%에 해당

– 또한, 현재까지 사업화가 지속되어 매출이 발생하고 있는 기술은 52건으로 실용화·사업화 측면에서 매우 효과적 성과를 창출

– VC-10 사업으로 추진된 대형 연구과제의 경우, Test-bed 구축 및 활용을 통한 기술적 성능 검증으로 우리나라 국토교통 기술수준 업그레이드 견인

* 일부 사업의 경우, 실증·Test-bed 검인증 기간 부족, 정책적 규제(지자체 협의 등), 실증 Site 확보 및 현장실증의 어려움이 많음

◎ VC-10 사업 성공의 주요 요인은 실증 Test-bed 구축 및 활용한 기술적 성능 검증 효과로 인해 사업을 성공적으로 추진하였다고, 110명(83%)의 과제 책임자들이 응답하는 등 Test-bed 중요성 부각



[그림 2-43] 실증연구기반의 실용화·사업화 가속화(VC-10)

◎ VC-10 사업으로 인해 민간 기술개발 유인, 연구개발 가속화, 기술성숙도, 기술경쟁력 향상 등 연구 성과 활성화에 기여

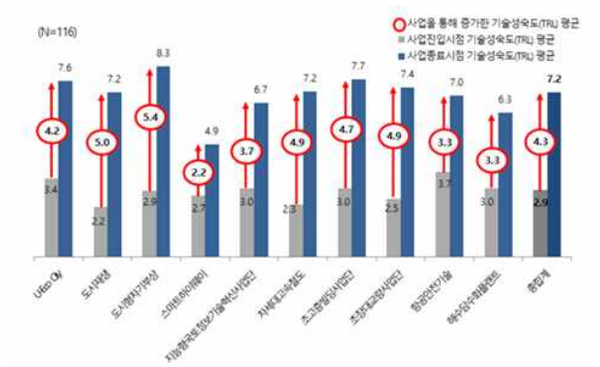
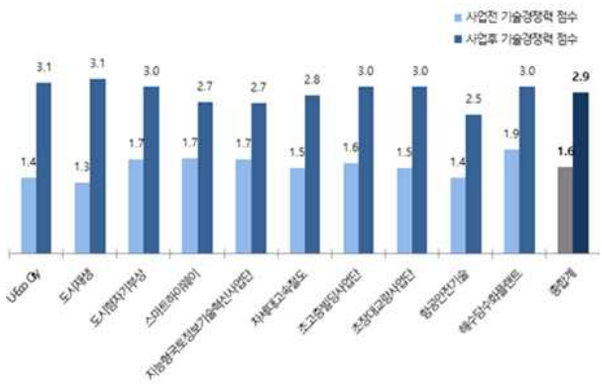
– (민간 기술개발 유인효과) 민간 기술개발 유인효과에 56% 긍정, VC10 사업이 없었다면 투자 불가능 39%, 이로 인한 추가 투자확대 17% 응답

– (연구개발 가속화 효과) VC10 사업을 통한 실제 기술개발 기간은 4.2년으로 기간 단축은 평균 2.9년 (총 예상 개발기간 7.1년의 41%)

– (기술성숙도 향상) VC10 사업 전 기술별 TRL은 평균 2.9(기본성능검증단계)에서 사업후 평균 7.2(시제품 신뢰성 평가단계)로 증가

– (기술경쟁력 확보) 사업 전 기술별 경쟁력은 평균 1.6 수준에서 사업후 평균 2.9로 증가

[표 2-54] VC10 사업성과

VC-10 사업 전후 기술성숙도(TRL) 사업단별 평균 변화	VC-10 사업 전후 기술경쟁력 변화_사업단별 평균
	

- VC10 사업은 사업단 형태 및 시스템형 프로젝트 사업으로 추진함으로써 국토교통 기술·산업 수준을 해외 선도형 기술로 성장

[표 2-55] VC10사업 매출액 성과

사 업 단 명	시장출시 / 현장적용된 기술 수	개별 사업화 건수	누적 매출액 (백만원)	매출액 비중
해수담수화	7	7	797,844	86%
스마트하이웨이	7	7	27,224	3%
항공안전기술	1	1	25,000	3%
도시형자기부상	9	13	18,303	2%
초장대교량사업단	8	22	16,286	2%
초고층복합빌딩	6	13	11,285	1%
지능형국토정보	18	46	10,921	1%
U-Eco City	2	17	9,520	1%
도시재생	5	7	9,260	1%
차세대고속철도	11	11	2,036	0%
합 계	74	144	927,679	100%

3. 소 결

검·인증 체계는정부간 상호인정협정(MRA)을 원활히 이행할 수 있도록 기술 적합성 평가에 대한 국제화된 인정 및 인증 분야로 국제적 통용성을 제고

- 국내의 인증 제도는 2013년 말 기준으로 305개 인증제도가 운영 중이며, 법적근거와 인증 주체 등에 따라 법정(의무·임의)인증, 지자체 인증 및 민간인증으로 구분
- 국내의 법정시험기관이나 검사기관의 지정은 개별 법령에 의해 각 부처에서 별도로 정한 기준에 따라 시행되고 있으나, 지정기준 장비, 인력보유 등 일반적인 사항만을 규정하고 기술요소 누락

건설교통 신기술은 '13년 각 부처의 신기술과 관련된 인증제도를 정비하는 과정에서 KOLAS의 신기술(NET) 인증제도로 통합

- 국토교통부는 신기술 개발을 촉진하기 위해 신기술 품셈을 지속적으로 확충하고, R&D 연구자를 대상으로 신기술 제도 이해 증진을 위한 교육 및 신기술 지정 효과에 대한 지속적 홍보 추진
- 성능 중심의 설계 및 시공 평가가 효과적으로 수행되기 위해서는 다양한 성능의 구조·부재에 대한 표준화된 시험방법, 검·인증 제도 및 인프라의 필요성 강조
  - 국토교통 분야의 검·인증의 중요성을 강조하면서도 검인증을 위한 시험 및 인증을 위한 제도 및 인프라 부족
  - 국토교통 신기술은 도시 생활공간 내에서 수행되어야 하는 기술적 특성으로 개발기술의 안전성·시공성·경제성 등 검·인증 절차가 복잡하여 검·인증 통과비율이 낮음
- 국내 시험 인증기관의 종합시험능력 수준이 해외 수준 대비 경쟁력 저하로 글로벌 수준의 시험인증 강화를 위한 전문성 및 기술력 확보 필요
  - 국내 시험인증 업체의 경우 글로벌 시험인증업체에 비해 규모는 물론 전문성, 기술력 등 전반적으로 열위
  - 글로벌 시험인증 시장에서 4.2%를 점유하고 있는 국내 인증업체의 시험성적서를 인정해 주지 않아, 해외 사업 진출 시 해외 인증기관에서 재인증으로 중복 인증 사례 발생

국토교통 R&D 실용화·사업화 실적 저해요인으로 연구책임자들은 개발기술을 실증할 수 있는 현장(부지) 및 연구인프라를 확보하는데 어려움을 애로사항으로 제시

- 실용화·사업화의 주요 애로사항으로는 실증·현장부지 확보의 어려움, 구축(과제종료)후 유실·사장으로 지속 활용 불가, 가변성 부족 등 공동활용의 어려움 등으로 제시
- 국토교통 R&D 실용화 제고 및 기술–시장 연계를 강화하여 실용화·사업화 연구성과 활성화를 위해서는 정부 주도의 기술실용화 생태계를 조성하여 개발기술의 공익성 및 사업간 연계 강화 필요

국토교통 R&D의 성과목표 달성을 결정하는 핵심요소는 Test-bed 구축 및 활용을 통해 기술적 성능을 검증하여 개발기술의 실용화 성공가능성 부각



제 8 절 시사점 분석

1. 시사점

■ 국토교통 관점에서의 미래사회 트렌드는 인구구조 변화, 기술변혁 가속, 자원/에너지 고갈, 기후환경 및 자연재해, 재난위험으로 국민의 생활·안전과 산업·경제 활성화에 중점

○ 메가트렌드 분석을 통한 국토교통 기술·산업의 주요 이슈 도출

– 인구구조 변화, 기술변혁 가속, 기후변화 및 재난·재해 등 미래 사회 환경변화에 대응하기 위한 기술 확보로 국민의 생활·안전과 편리성 제공

– 자원·에너지 고갈에 따른 에너지 수요 불균형 해소를 위한 친환경 에너지 및 효율적 물 관리·확보 등 안정적인 에너지 수급으로 지속가능한 생활환경 제공

– 지구 온난화로 인한 자연 재해·재난 발생 진도 및 강도가 대형화 되면서 사회·경제적 피해는 물론 국민의 불안전 심리가 높아짐에 따라 안전하고, 건강한 생활공간 제공

○ 대내외 기술·산업의 환경적 변화에 선제적·능동적으로 대응 전략 필요

– 국토교통 기술의 첨단화, 융·복합, 기술무역장벽해소 등 대내외 환경변화로 기존 시공위주의 패러다임에서 고부가가치 엔지니어링으로 전환 시급

○ 사람중심의 미래사회 실현을 위한 국토교통 기술·산업의 패러다임 전환 필요

– 최근 다보스 포럼에서 발표한 4차 산업혁명 기술이 가속화되면서 기존 국토교통 기술·산업과 연계하여 국민의 생활·안전을 향상시킬 수 있는 기술혁신 및 신산업 창출로 국가 경쟁력 강화

■ 국토교통 R&D·신기술의 실용화·사업화 사업성과 확산 및 선진국 수준의 기술력 확보를 위한 실험·실증환경 지원 및 법·제도 개선 필요

○ 국토교통 R&D의 산업관점에서의 시장경쟁력을 갖춘 실용화·사업화 실적은 저조

– 최근 5년간 사업화·제품화 및 현장적용 비용 절감 성과 등이 지속적으로 감소하는 추세로, 이를 해결하기 위한 정부차원에서의 법·제도 개선 및 사업화 환경 조성 필요

○ 국토교통 R&D·신기술의 실용화·사업화 성과 촉진을 위한 정부차원의 실험·실증환경 지원

– 국토교통 R&D·신기술은 현장적용을 통한 성과물의 실증이 필수적인 요소이지만, 연구 책임자가 현장실증 Site를 확보하지 못해 연구기간의 연장·지연 및 실용화 지연

– 국토교통 연구 책임자 및 연구자들은 성과물의 사업화·실용화 촉진을 위해서는 실증·현장 부지 지원 및 연구 인프라 확보가 중요함을 제시

○ 국토교통 R&D 연구 인프라의 효율적 운영 및 공동활용 극대화를 위한 제도적 개선 필요

– 사업완료 후 연구시설·장비의 불용화 또는 방치 및 유실 사례가 증가로 과학기술정통부에서는 공동활용 촉진을 위한 방안으로 연구 인프라 집적화 추진

– 국토교통 연구인프라의 집적화로 기술간 연계 및 운영의 효율화를 향상시키고, 성과물에 대한 사업 실용화를 지원하는 제도적 개선을 통해 사업성과 촉진 유도

국토교통 기술·산업은 국민의 삶의 질에 대한 요구 증대와 더불어 4차 산업혁명 기술과의 융합을 통해 시스템·융복합 기술로 발전하는 추세로, 미래 기술변화에 능동적으로 대응할 수 있는 기술 실용화 생태계 환경 조성 필요

국토교통부는 미래사회 이슈 및 산업·경제적 이슈 해결을 위한 R&D 정책을 추진 필요

– 전통적 국토교통 기술과 ICT·IoT 등을 연계한 미래형 첨단 기술 개발로 산업 활성화 및 해외시장 진출 등 기술 실용화 생태계 환경 조성 필요

– 선진국과의 기술무역장벽 심화로 국토교통 기술의 해외시장 진출을 위한 국제 표준화 및 검·인증을 강화할 수 있는 실험·실증 인프라 추진 필요

– 선진국은 국가차원의 중·장기적 대형연구시설 구축 로드맵을 수립하여, 연구 인프라 기반 기술선도를 위해 연구시설·장비에 지속적으로 투자하고 있지만, 아직 국내는 연구 인프라에 대한 인식 및 투자 저조

국토교통 R&D·신기술 성과물에 대한 정부차원에서의 검증 필수

– 사회기반시설 건설 주체는 국가이며, 이를 이용하는 주체는 국민으로 국토교통 기술·산업은 타 부처와 달리 실제 생활공간에 적용하는 기술로 철저한 실증 및 검증이 필수

분석 항목		자료 분석	문제 및 이슈 도출
거시 환경분석 (메가트렌드)	• 미래사회 이슈 분석 • 미래 기술변화 예측	• 자료 조사 및 분석 – 각종 미래보고서(국내외) – 각종 미래기술예측 조사	• 국토부가 시급히 해결해야 할 R&D 기반의 주요 미래이슈 도출 → 인구구조변화, 과학기술 융복합, 자원/에너지 고갈, 기후변화/자연재해, 재난위험 • 제4차 산업혁명 대응 융복합 기술 강화
국토교통 산업·기술 특성분석	• 국토교통 산업 특성 분석 • 국토교통 기술 특성 분석	• 자료 조사 및 분석	• 국토교통R&D는 공공 사회기반인프라 기술 – 국민을 수혜자로 하는 국토교통 기술의 정부차원 검증 필요 • 정책 제도적 장애요인(신기술 시험시공 등) • 시스템·융복합 기술로 진화 → 공공기술 실현을 위해 실증을 통한 기술개발 인증 및 기술 실용화 생태계 환경 조성 필요
국토교통 R&D 주요 성과 분석	• R&D 주요성과 분석 • R&D 애로사항/장애요인 조사	• 자료 조사 및 분석 – 국토부/타부처 자료 분석 • R&D 과제책임자 인터뷰 등	• 기술-산업 연계 시너지 미약 – 실증부지 확보 어려움 → 실용화율 저하 및 사업화 지연 • 제도적 장애요인/규제 완화 필요성 제시(신기술 시험시공 등) • R&D 성과확산을 위한 사업단 및 연구단 사업 증가 – 사업완료 후 연구시설·장비 불용화 또는 방치 및 유실 사례 – 연구시설·장비, Test-bed의 연구지속성 미흡, 공동활용 불가 – R&D 이후 실용화를 위한 실증 T/B 확보 어려움 토로 – 해외시장 진출을 위한 Reference T/B 필요 • 실환경에서의 적용성 검증 요구 증가
국토교통 R&D 정책 분석	• R&D 정책 동향 분석 (국토부 등) • R&D 방향성 및 이슈 분석	• 기술개발 정책 분야 • 연구인프라 확충 분야 등 • R&D 사업체계/종합계획 수립 등 추진 현황	• 고부가가치 엔지니어링 중점 투자 • 단일 기술개발이 아닌 시스템·융복합 기술 요구 • (국토부) 미래사회 이슈 대응을 위한 기술개발 확대 → 7대 신산업, 4차 산업혁명, 안전기술, 기후변화·자원고갈 대응 및 해외건설시장 개척 등 • R&D 사업체계 개편 : "연구기반 확충-연구 실험·실증인프라 구축 " 사업 추진 – 종합실증단지 구축 포함(정책적 추진 근거 마련) • (국토부) 4차 산업혁명 대응 국민 체감형 Living Lab 사업 적극 추진
국내외 사례조사 및 분석	• 해외 선진국 사례조사 • 국내 산업 분야별 사례조사	• 기술실용화 촉진 노력 • 연구인프라 현황/사례 • 미래기술 대응 방향	• 국가 정책 수립 및 공공이익 제고 목적으로 중앙정부 주도로 실증인프라 추진 • 연구인프라 중요성 인식으로 지속적 투자계획 수립

[그림 2-44] 국토교통 분야 문제 및 이슈 도출



2. SWOT 분석

· 국토교통 기술·산업의 관점에서 내·외부 환경을 분석하여 위협을 최소화하고 기회를 강점으로 활용하기 위한 전략을 수립하기 위해 SWOT 분석을 수행

SWOT 분석

[표 2-56] 종합실증단지 SWOT 분석

외부요인 / 내부요인	O (기회)	T(위협)
	· ICT 융합기술의 발달과 4차 산업 혁명의 비약적 발전 · 국토부의 7대 신산업에 대한 전략적 투자 확대 · 첨단기술과 융·복합을 통한 기술에 대한 새로운 시장의 확대	· 국내 건설경기 침체 및 지진 등 자연재해로 인한 SOC 시설에 대한 국민의 불안감 증가 · 신 정부의 SOC 투자 축소에 따른 관련 분야 기술개발 정체 가능 · 개도국의 국토교통기술 경쟁력 상승 및 해외 건설시장 수주 확대
S(강점)	**SO 전략**	**ST 전략**
· 수요 기반 다양한 국토교통 융·복합 실증시설 환경 제공 · 분산 구축된 국토교통 대형 실험시설 운영·관리 경험 및 노하우 축적 · 세계적인 ICT 기술력 보유에 따른 융복합 기술 개발에 활용 가능	· 4차 산업혁명에 대응한 국토교통기술 패러다임 전환 · 투자 효율성을 고려한 신규 실험·실증 인프라의 전략적 구축 계획 수립 · 해외 건설시장 진출 확대를 위한 수요기반 실험·실증 인프라 구축 강화 · 첨단 융복합 기술 기반 실험·실증 인프라 스마트화 구현	· 지진 등의 재난/재해로부터 국민의 불안감 해소 및 사회 문제 해결을 위한 기반 인프라 강화 · 융복합·시스템 단위 실증기반 기술 환류성 피드백 체계 확보 · 국토교통기술과 타 기술과의 융복합을 통한 국토교통기술의 신성장동력 창출
W (약점)	**WO 전략**	**WT 전략**
· 국토교통기술 검인증·표준화 체계 부족으로 해외 유출 심화 · 국토교통 분야 실증시설의 산발적 구축으로 투자 및 운영 효율성 저하 · 해외 국토교통기술 시장 선점을 위한 기술 실증에 대한 전략 부족	· 국토교통기술의 사업성과 확대를 위한 검인증 및 표준화 체계 강화 · 국토교통 분야에 대한 원천 및 융복합기술의 실용화·상용화를 위한 실증에 대한 적극적인 지원 · 국토교통 기술의 해외 시장 선점을 위한 전문인력 교육 및 양성	· 해외 진출을 위한 국토교통 기술의 질적 성장을 위한 기술 경쟁력 제고를 위한 기반 확충 · 국가 건설경쟁력 제고를 위한 국토교통 실험실증 인프라 운영 효율성 제고 · 국토교통기술의 실증 확대 및 해외 진출을 위한 홍보 강화

S-O 전략

4차 산업혁명에 대응한 국토교통기술 패러다임 전환

– 세계적으로 전통적인 국토교통기술과 ICBM'S 융·복합 기술에 대한 수요 및 시장이 확대되면서, 세계적 추세에 맞춰 국내에서도 이와 관련된 정책 및 R&D 투자를 집중

– 선도형 국토교통 R&D 투자를 통해 국토교통 산업의 패러다임을 단순 노동집약형에서 고부가가치 산업으로 전환하여, 첨단 융복합 기반(설계·시공·운영·유지관리 등)의 Total Solution 제공

투자 효율성을 고려한 신규 실험·실증 인프라의 전략적 구축 계획 수립

– 국토교통 선진국과의 경쟁에서 세계시장을 선도할 수 있는 새로운 고부가가치 기술 창출로 산업 경쟁력 강화 등 실험·실증 인프라 기반의 과학기술 강화를 위한 수요 발굴 및 구축전략 마련

해외 건설시장 진출 확대를 위한 수요 기반 실험·실증 인프라 구축 강화

– 개발된 국토교통기술의 사업화 촉진을 지원하고, 해외 건설시장에서의 경쟁 우위를 확보할 수 있도록 기술·산업 수요기반의 실증인프라 구축 강화

첨단 융·복합 기술 대응을 위한 실험·실증 인프라의 스마트화 구현

– 미래사회의 국토교통 기술은 다양한 기술이 결합된 시스템화·융합화로 발전하면서, 최첨단 융·복합 기술의 실험·실증 및 검·인증이 가능한 스마트화된 Test-bed 구현 필요

S-T 전략

지진 등의 재난·재해로부터 국민의 불안감 해소 및 사회문제 해결을 위한 건설기술의 현장적용 촉진을 위한 기반 강화

– 최근 증가하고 있는 자연재해 및 재난 등으로 인한 피해를 최소화 할 수 있는 국토교통 기술을 개발과 함께 빠른 실용화를 위한 기반시설 마련

융복합·시스템 단위 실증기반 기술 환류성 피드백 체계 확보

– 연구 시설·장비와 리빙랩 중간단계의 실증인프라로 개발기술을 실규모 단위 및 유사환경에서 검증후 리빙랩에 적용함으로써 개발기술의 오류 및 리스크 최소화를 위한 연구 인프라 기반의 환류체계 마련

국토교통기술과 타 기술과의 융복합을 통한 국토교통기술의 신성장동력 창출

– 전통적 국토교통 기술과 4차 산업혁명 기술을 연계한 새로운 융·복합 기술개발을 통해 기술·지식 중심의 산업으로 전환함으로써 국토교통 기술·산업의 新 성장동력 확보

W-O 전략

국토교통기술의 사업성과 확대를 위한 검·인증 및 표준화 체계 강화

– 재료·제품 중심의 ISO 및 KS 등 시험 표준 체계에서 국토교통 분야 시스템·융복합 기술에 대한 실험 표준 및 검·인증 체계 미흡

– 미래사회의 생활·안전 및 글로벌 산업 경쟁력 확보를 위해 융·복합 국토교통 기술에 대한 검·인증 및 표준화 체계 강화



- **국토교통 분야의 원천 기술 및 융·복합 기술의 실용화·상용화를 위한 실험·실증 적극 지원**
  - 연구 인프라 기반의 국토교통 융·복합 기술의 체계적 관리 및 운영으로 실용화·상용화 촉진을 지원하고, 해외 시장 선점을 위한 교두보 마련
- **국토교통 기술의 해외 시장 선점을 위한 전문 고급인력 교육 및 양성**
  - 전문 인력의 해외 유출을 방지하고, 기존 인력을 고부가가치 기술의 전문 인력으로 양성함으로써 해외 시장 선점을 위한 전문 인력 부족 현상을 해결

W-T 전략

- **해외건설의 질적 성장을 위한 기술 경쟁력 제고를 위한 기반 확충**
  - 노동집약형 위주의 가격경쟁력 우위 및 해외건설 수주 확대 등 양적 성장에서 고부가가치 기술·산업으로의 질적 성장으로 전환하기 위한 연구 인프라 기반 확충
- **국가 건설경쟁력 제고를 위한 국토교통 실험실증 인프라 운영 효율성 제고**
  - 분산 구축된 대형실험시설의 운영·관리 경험 및 노하우를 적극 활용하여 국토교통 관련 실험·실증인프라 대한 체계적 운영·관리 및 공동활용 극대화 추진
- **국토교통기술의 실증 확대 및 해외 진출을 위한 홍보 강화**
  - 집적화된 실증 Reference 제공으로 국내 전문가 및 해외 바이어 등을 대상으로 국토교통 개발기술 시연 및 홍보를 강화하여 해외 시장 진출의 전초기지 역할 수행

제 3 장

사업 기본방향 및 중점전략 설정



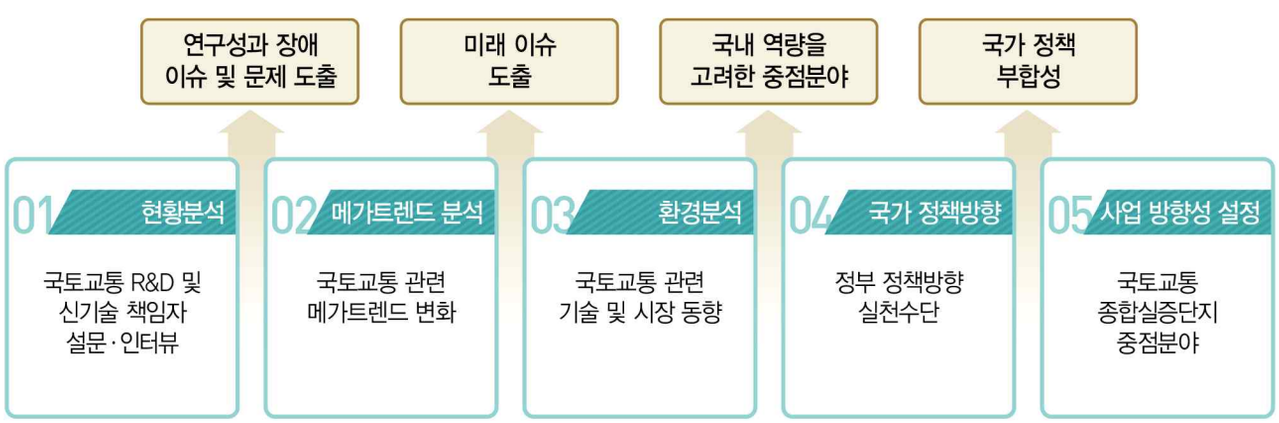
제3장 사업 기본방향 및 중점전략 설정

제 1 절 사업의 기본방향

1. 사업 기본방향 설정 과정

■ **국토교통 R&D 수혜자 대상 설문·인터뷰 등을 통해 이슈/문제를 도출하고, 메가트렌드 분석, 국내외 환경·동향(정책, 기술, 산업) 분석, 국가정책 및 R&D 전략 등을 종합 분석하여 사업의 기본방향 설정**

- 연구인프라는 연구인력, 연구과제와 함께 과학기술 활동의 3대 요소 중의 하나로, 국토교통 R&D 투자 효율성 증대, 기술·산업 경쟁력 제고, 정부정책 실현 등에 중요한 역할을 담당
  - 국내외에서는 국가 과학기술 역량 강화 및 기술·산업 경쟁력 제고를 위해 대형연구시설·장비 구축 로드맵을 구축하여 체계적으로 추진
- 국토교통 R&D 및 신기술 등 연구성과의 실용화·사업화 저해요인과 연구인프라 환경·동향분석을 통해 연구개발사업의 한계점으로 제시되고 있는 이슈 및 문제점을 도출
  - 국토교통 R&D 사업에 특화된 연구인프라 구축으로 가변성 부족 등으로 공동활용 한계로 지속적 활용이 어려워 사업 종료후 유실 또는 사장 사례 증가
- 국토교통 관련 사회·기술·경제·환경·정책 등 메가트렌드 분석을 통한 미래사회 이슈를 능동적으로 대응하기 위한 추진분야 설정
  - 우리나라의 국토교통 기술·산업분야 주요 미래사회 트렌드는 인구구조변화, 기술변혁 가속, 자원/에너지 고갈, 기후변화 및 자연재해, 재난위험 등 이슈 부각
- 국토교통 관련 정부정책 및 상위계획 검토 등을 통한 정책 실천수단으로써의 R&D 추진분야 및 종합실증단지 추진방향 설정
  - 국토교통 10대 브랜드과제(WISE 10)의 연구성과를 실증·실용화 지원을 위한 종합실증단지 구축 추진 계획(국토부, '16.5)을 수립



[그림 3-1] 사업 방향성 설정 프로세스

국토교통 R&D 및 신기술 등 이슈/문제 해결형 사업추진

- 국토교통 R&D 및 신기술은 국민의 생활·안전에 매우 밀접한 관련성을 지니고 있는 공공기술로, 개발기술의 실용화를 위해서는 다양한 환경조건에서 실증이 필수
  - 건설기술 수준에 따라 국민의 삶의 수준도 변화하므로 정부는 국민에게 편리하고 안전한 생활환경을 제공하기 위해 사회기반시설 및 교통·물류수단 등의 선진화·고도화를 지속적으로 추진
  - 하지만, 개발기술의 실증을 다른 현장에서 수행으로 기존 연구와의 연속성 및 reference로 활용할 수 있는 정보 부재로 사업화 성과가 지연되는 현상이 발생
- 국토교통 R&D 추진시 주요 애로사항으로는 다양한 의견들이 제시되었으나, 특히 실증·현장부지 확보의 어려움과 연구인프라 구축후 가변성 부족으로 인해 공동활용이 어려워 유실·사장 등 지속적 활용이 불가함을 제시
  - 국토교통 신기술 및 R&D 사업으로 개발된 기술을 현장시험시공시 부지 및 공간 확보가 어려워 실용화·사업화 실적이 저조
  - 지자체, 기업 등과 사업 매칭을 통해 추진시 사업관점의 차이로 인해 마찰이 빈번하게 발생되며, 사업기관 만료할 경우 T/B가 지자체 및 기업으로 이관됨에 따라 연구의 지속성 결여
  - 국토교통 R&D 사업 결과물을 실증하기 위한 특화된 연구인프라 구축으로 가변성이 부족하여 공동활용의 한계로 사업 종료후 유실 또는 사장되는 사례 발생
  - 사회기반시설의 노후화 및 지진·자연재해 등이 빈번하게 발생됨에 따라 국토교통R&D 기술에 대한 국민의 인식 저하로 국민안정 및 편의를 위한 국민체감형 사업추진 강화
- 국토교통R&D·신기술의 성과 촉진 및 사업 활성화를 유도하기 위해서는 정부차원의 부지제공, 통합운영·관리, 현장 및 실증기반의 검인증·실증 지원 등을 통한 사업화 촉진



[그림 3-2] 국토교통R&D 및 신기술의 사업화 저해요인



미래사회 변화 선제적·능동적 대응을 위한 사업추진

- 국토교통 관련 분야의 미래사회 변화 전망을 위한 메가트렌드 분석을 실시하고, 이에 대응하기 위한 기술니즈를 도출
  - 국토교통 R&D 및 신기술은 국민의 생활·안전에 매우 밀접한 관련성을 지니고 있는 공공기술로, 개발기술의 실용화를 위해서는 다양한 환경조건에서 실증이 필수
- (미래 사회환경 변화 대응 기술 확보) 세계화의 진전으로 글로벌 경제·사회가 구현되면서 미래형 도시는 거대화·시스템화되고, 4차 산업혁명 기술과의 융합을 통해 국민의 생활안전과 편리성을 추구하는 지능화된 도시로 변화 전망
- (안정적 자원/에너지 확보를 위한 기술 마련) 화석에너지의 고갈, 물부족 심화 등 자원/에너지 공급 및 수요의 불균형으로 안전적으로 에너지를 확보하기 위한 기술 확보
- (재난·재해·기후변화 대응 안전기술 확보) 지구온난화로 인한 지진 및 재난/재해 등의 발생 빈도 및 강도가 대형화되면서 SOC시설물에 대한 안전 관리 및 기술 확보



[그림 3-3] 미래사회 대응 이슈 및 문제

건설산업 재도약을 위한 패러다임 전환 추진

- 건설시장 규모는 1970년대부터 40여년 사이 12.6배가 증가한 반면, 건설업체수는 14.1배 증가하여 업체당 평균 계약은 10.6% 감소로 건설시장 환경은 오히려 악화 (건설시장 규모 변동추이분석, 대한건설협회, 2012)
  - 첨단융복합 기술을 적용한 건설시장 다변화와 새로운 고부가가치 기술 확보를 통해 수익창출이 필요한 시점임
    * 건설공사계약액 : '70년 8조 9,150억원 → '10년 112조 5,996억원(12.6배 증가)
    * 건설업체수 증가 : '70년 847개사 → '10년 11,956개사(14.1배 증가)
- 고부가가치 영역인 엔지니어링 분야는 선진국이 주로 독점하고 있는 상황으로 우리나라 기술인력 1인당 매출액은 선진국 대비 10~20% 수준 (Top 225/250 International Contractors, ENR, 2015)
  - 특히, 국내 건설 엔지니어링의 해외시장 점유율은 2014년 기준 1.9%(2013년 대비 0.5% 증가)로 관련분야 기술 선진국에 비해 현저히 낮은 수준
    * 미국 31.7%, 캐나다 10%, 호주 9.4%, 중국 4.1%

- **해외 건설시장 규모는 지속적으로 성장하는 반면 국내 건설투자·수주는 지속 하락세에 있어, 해외 건설시장 수주 확대를 위한 정부-민간의 공동 노력이 필요**
  - 국내 해외 진출기업의 수익성이 악화되는 주요 원인은 시공 중심의 대기업 진출, 공종·시장의 편중 및 핵심 기술 미보유 등
  - 국내 건설투자·수주 규모는 103조9,000억원('08년)에서 74조7,000억원('14년)으로 하락세이나, 세계 시장은 같은 기간 7조6,000억 달러에서 9조2,000억 달러로 급성장 (세계건설시장 추이 및 국내 건설 투자·수주 규모, 국토교통부, 2015)
- **우리나라의 경제발전에 따른 건설투자의 중장기 변화 추이 및 건설시장 변화 전망에 따른 2020년 이후, 우리나라 건설시장은 본격적으로 선진국형 시장으로 변화될 것으로 전망 (한국건설산업연구원, 2014)**
  - GDP 대비 우리나라 건설투자 비중은 '15년 13~13.5% → '20년 11.0%~11.5% → '25년 10.0~10.5% → '30년 9.2%~9.7%로 서서히 하락 전망
  - 현재 1인당 GDP가 3만 달러 이상인 OECD국가들의 GDP 대비 건설투자 비중은 평균 11% 수준
- **선도형 국토교통 R&D 투자를 통해 건설산업의 패러다임을 전환함으로써 단순 시공위주에서 ICT융복합 기반의 설계·시공·운영·유지관리 등의 Total Solution 제공형으로 유도**
  - 노동·자본 집약적 산업에서 기술·지식 중심의 신성장동력으로 전환
- **ICT융합, 제로에너지, 지진, 물순환 등 고부가가치 원천-실용화 기술을 확보할 수 있는 연구인프라를 구축하고, 글로벌 표준체계 확립 및 보급을 통해 국민의 안전성 확보**
  - 국토교통 기술의 융복합·시스템 실증환경 조성으로 미래사회 이슈 및 국민 요구에 선제적·능동적으로 대응하여 기술혁신 및 대국민 행복·안전 공감대 형성

국가 상위계획·정책과의 연계성

- **국토교통R&D 전 분야의 성과에 대한 검증실험을 지원하는 대형실험시설구축 사업의 후속사업으로 추진함으로써 대표성과로 브랜드화 가능**
  - 융·복합 첨단기술 개발과 해외 기술시장을 선도하는 세계적인 국토교통R&D 산실로 Land Mark화
- **종합실증단지는 기존 대형실험시설(12종)과 함께 R&D성과의 실증 및 사업화지원을 확대할 수 있는 필수 연구인프라로서, VC 2.0, 국토교통R&D 사업·관리 체계 개편과 연계하여 첨단기술개발 및 국민생활과 밀접한 안전·복지 실현 가능**
  - 연구장비인프라 분야의 '15년도 예산이 270억원(국토교통 R&D 전체 예산의 6%, 기술촉진 사업의 50%)수준으로 2단계 대형실험시설구축 종료 이후 대형 후속사업 필요
- **기술사업화 관점에서의 실증은 "보유기술의 잠재적 가치 실현을 위해 기술을 이전하거나 생산과정에 적용함으로써 제품 및 서비스를 생산·판매하는 절차"로 실증의 역할이 강조**
  - 「기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률 제2조」 사업화란 기술을 이용하여 제품을 개발·생산 또는 판매하거나 그 과정의 관련기술을 향상시키는 것으로 규정
- **정부 상위정책에서는 동 사업의 목적과 부합하는 연구장비 인프라 구축을 주요 목표로 제시**
  - "과학기술기본법" 제16조(민간의 과학기술혁신 지원), 제16조의3(연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화), 제16조의 5(성장동력의 발굴·육성) 및 제28조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용) 등과 부합



– 「국토교통과학기술 육성법 제8조」에 의거하여 산업의 경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지

– 「건설기술 진흥법 제7조」, 「건설기술 진흥법 제9조」에 의거하여 건설기술을 통한 공공복지 증진, 사회문제 및 기본계획 추진을 위한 기술개발 등의 주요 내용으로 동 사업의 추진근거를 제시

– 「건설기술 진흥법 제43조」, 「건설기술 진흥법 제60조」에 의거 건설기술 설계 · 시공방법 등의 표준화 및 품질관리를 위한 시험 · 검사 대행 등 신기술의 성과 촉진을 위한 실증인프라 구축 필요성에 부합

– 「건설기술 진흥법시행령 제23조」에 의거 협약 체결 대상기관 규정

◎ 新정부 국정운영 5개년 계획 100대 국정과제중 4대 복합 · 혁신과제의 '4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가'*, '국가의 고른 발전을 위한 자치분권 및 균형발전'** 등과 부합

* 5G · IoT 인프라가 내재된 대규모 융복합 글로벌 테스트베드(자율주행차, 지능형로봇, 도시 등) 조성 및 융복합 신산업 기반의 고부가가치 첨단기술 산업 육성 지원

** 국가혁신클러스터 선정 및 신산업 테스트베드 조성 및 실증 프로젝트 추진

◎ "창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(국과심, 2014)"에서는 체계적인 융합연구 기반 구축을 통한 융합연구 활성화를 목표로 5대 국가전략 융합기술 확보전략을 확보하고, "융합 인프라 고도화" 분야를 5대 국가전략 중 하나로 선정하여 연구인프라에 대한 지속적인 개선 · 확충되어야함을 강조

◎ "제3차 과학기술기본계획(과기정통부, 2013.7)에서는 연구인프라의 선진화 목표로 R&D 및 중소 · 벤처기업의 연구개발지원 등 융복합 기술개발 활성화 및 연구 성과 촉진으로 미래사회 이슈 해결 및 미래 신산업 창출 지원

국내 R&D 역량을 고려한 사업 추진

◎ (정책적 측면) 국가 및 국민을 수혜자로 하는 공공 산업 · 기술로 시장 진입 이전에 기술개발 단계에서 시공성, 안전성, 경제성 등을 검증할 수 있는 실증환경 조성 정책을 마련하여 "기술–정책–시장" 생태계를 구축하고 산업 활성화 유도

– 국토교통 실증환경 조성으로 개발기술에 대한 빠른 실용화 · 사업화로 연구성과 확대

– 국토교통 R&D 정책실현 및 국민체감형 사회문제 해결형 실증연구 환류체계를 마련하여 건설 산업의 리스크 최소화 유도

◎ (경제적 측면) 국토교통 R&D 및 신기술의 사업화 촉진을 유도하여 건설 산업의 효율을 극대화하고, 건설 산업의 체질개선 및 수익성 확대

– 중장기 R&D전략 연계를 통한 연구인프라의 투자 효율성 제고 및 사회적 · 산업적 이슈 해결

– 사업화 Death Valley, 해외 검 · 인증 로열티 지급, 개발기술의 사회적 인식 등 건설 산업 전반에 미치는 영향력 감소 유도

– 기술개발의 기간 단축 및 빠른 사업화로 국가 기술경쟁력 제고 및 해외시장 진출 강화

◎ (사회적 측면) 다양한 미래사회 이슈 및 삶의 질에 대한 국민의 요구에 선제적 · 능동적으로 대응할 수 있는 연구인프라 구축으로 사회기반시설의 안전의식 제고 및 대국민 행복 · 안전 공감대 형성

– 도시 · 생활인프라를 포함한 사회기반시설의 유지관리 및 내진 안전성 확보로 사회적 문제 해결

– 청년실업 및 고급 인력 문제를 해결할 수 있는 고품질의 일자리 창출

◎ (기술적 측면) ICT, IoT, Big-Data 등 4차 산업혁명과 전통적 국토교통기술의 융복합을 통한 미래 신산업 창출과 성장의 견인차 역할 수행

– 국토교통 산업·기술의 지속가능성을 위한 기술간 융복합 가속화

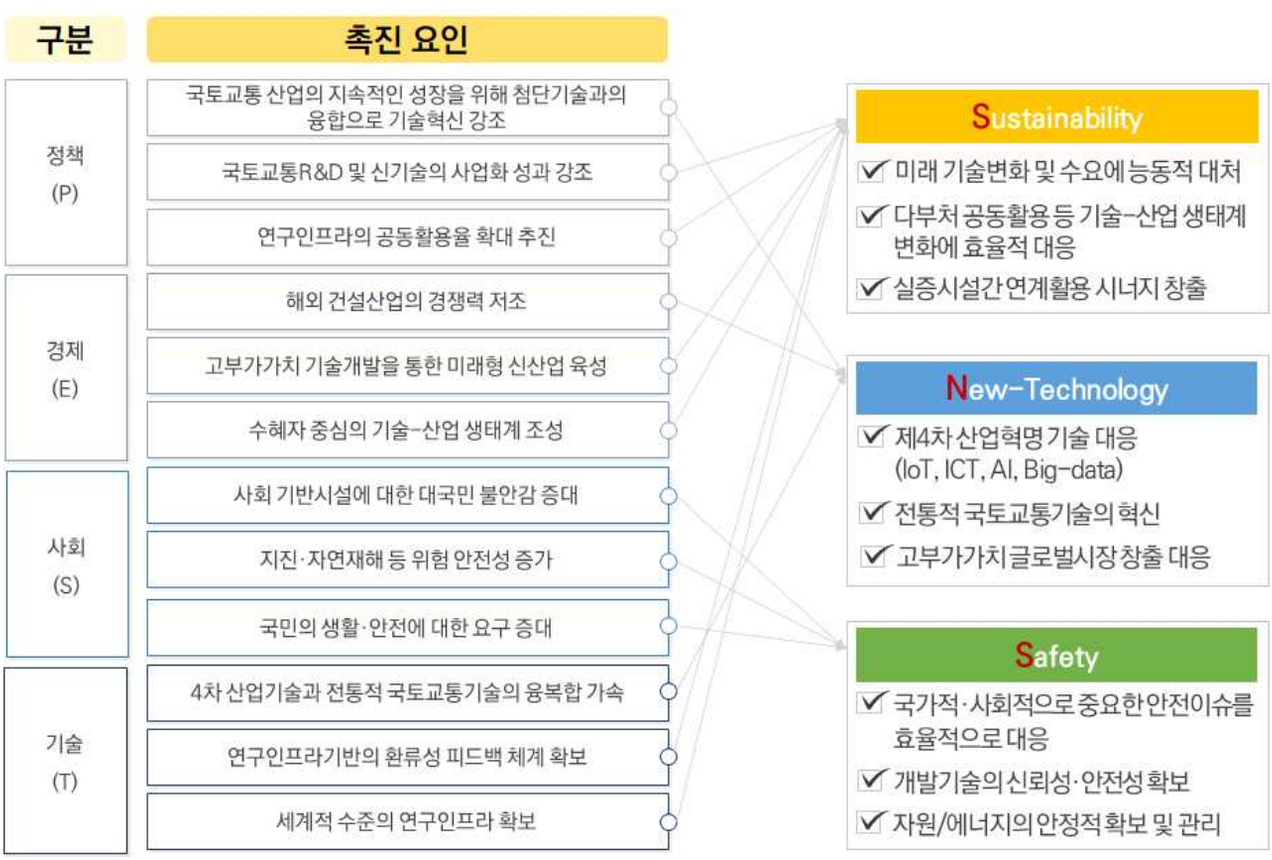
– 공공기술의 융복합·시스템 단위의 실증을 통해 안전성, 적용성 검증 및 관리로 리스크 최소화

[표 3-1] PEST 분석 결과

구분	촉진요인	저해 요인
정책 (P)	· 국토교통 산업·기술의 지속적인 성장을 위해 4차 산업과의 융합으로 기술혁신 강조 · 지식정보 공유 기반의 reference 중요성 강조 · 국토교통 R&D 및 신기술의 사업화 성공률 강화 · 연구인프라 실험표준 및 검인증 지원 확대 · 연구인프라의 공동활용율 확대 강화 · 시설물 유지관리 및 건설안전 기술개발 지원 확대 · 지속가능한 자원/에너지 기술개발 지원 확대 · 대형실험연구장비의 중장기 로드맵 수립	· 신규 SOC 투자 지속 감소 · 선진국의 4차 산업혁명과 연계한 기술개발 정책 확대 · 유럽, 미국 등 선진국의 시설물 유지관리 및 자원/에너지 분야 시장 지원 확대 · 사업에 특화된 연구인프라 구축으로 지속성·연계성 부족 · 연구성과 저조 및 연구인프라 실험절차·표준화 부재
경제 (E)	· 해외 건설시장 규모의 지속적 성장 가능성 · R&D 개발기술의 안전성, 적용성 등 산업현장의 신뢰성 저하 · 고부가가치 기술 창출로 생산성 및 경제적 이득 · 지진 및 자연재해로 인한 사회기반시설 복구비용 부담 · 자원/에너지의 안전적 확보로 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선	· 국내 건설시장의 장기적 정체 · 단순시공위주의 저가수주로 인한 적가경영으로 기업차원의 기술개발 축소 · 해외 건설산업 경쟁력 저하 – 공종·시장의 편중 및 핵심기술 미보유 등 – 국내 검·인증체계 역량 부족으로 지속적인 해외 유출 · 건설 산업의 생산, 고용, 부가가치 유발효과 등 산업·경제적 기여도 감소
사회 (S)	· 사회기반시설에 대한 대국민 불안감 증대 · 건설 산업의 연구인프라 전문기술인력 부족 · 지진 및 자연재해로 인한 사회적 분위기 증대 · 생활의 편리성 및 안전 등 삶의 질 향상에 대한 국민의 요구 증대 · 친환경 생활에너지의 안전적 생산 및 관리 요구 증대 · 국토교통 R&D 및 신기술의 시험시공 부지 확보 어려움 호소	· 국내 건설산업 위축으로 고급전문인력 해외 유출 심화 · 글로벌 장벽 해소로 국내 건설산업 악화 우려 · 협소한 국내 건설시장 및 해외 높은 글로벌 시장 진입 장벽 · 신기술 개발 및 현장 적용에 대한 보수적인 사회인식 강화 · 건설 산업에 대한 부정적(3D 직업군) 이미지 · 국토교통 실증환경에서 발생하는 소음, 먼지 등으로 님비현상 심화 · 국토교통기술에 대한 대국민 인식 불만족
기술 (T)	· 제4차 산업혁명과 전통적 국토교통기술의 융복합화 – 스마트 시티, 지능형 교통체계, 스마트 홈, 자율주행, 스마트 워터그리드, 시설물 관리, 재난/재해 예방 등 · 미국, 유럽 등 실증 연구인프라 조성으로 개발기술의 사업화 촉진 · 융복합·시스템 단위 실증기반의 기술 환류성 피드백체계 부재	· 실증·연구인프라 투자 저조로 인한 검·인증 및 핵심기술 수준 미흡 · 국토교통 기술 및 ICT연계 기술은 선진국 대비 낮은 수준 · 국토교통 핵심기술의 높은 해외기술 의존도 심화 · 해외 기술 로열티 증가

국토교통 산업 · 기술의 시사점

- (지속성) 실증기반의 국토교통 연구인프라 구축을 통해 지속가능한 연구개발 및 기술–산업 생태계를 조성하여 다양한 기술 · 산업 · 정책의 시너지 효과 창출
  - 미래 기술변화 및 수요에 능동적으로 대처하여 건설산업의 경제적 이익 창출
  - 다부처 공동활용 등 기술–산업 생태계 변화에 효율적으로 대응
  - 실증시설간 연계활용하여 기술 및 운영관리의 시너지 효과 창출
- (신기술) 국토교통 연구인프라 구축으로 시스템 · 융복합 기술의 검 · 인증 및 새로운 기술 창출로 글로벌 시장 선점과 고품질 일자리 창출
  - ICT, IoT, AI, Big–data 등 4차 산업혁명 기술과 융합으로 글로벌 경쟁력 강화
  - 전통적 국토교통기술의 혁신을 통해 국민의 생활 · 안전 확보
  - 연구인프라 중심의 고부가가치 신산업 창출 및 기술 혁신으로 글로벌 시장 확대
- (안전성) 국토교통 연구인프라를 통해 도시 · 생활 인프라를 포함한 SOC 기반시설 및 재난/재해 등으로 부터 위험요소를 사전에 차단하고 국민의 생활 · 안전을 증대
  - 국가적 · 사회적으로 중요한 안전이슈를 사전에 효율적으로 대응하여 국민의 삶의 질 향상
  - 개발기술의 지속적인 모니터링을 통한 신뢰성 · 안전성 확보로 사회적 불안감 인식 전환 유도
  - 재난·재해 안전성 및 자원/에너지의 안전적 확보 등 효율적 관리를 통해 쾌적한 도시환경와 국민의 편리성 제공



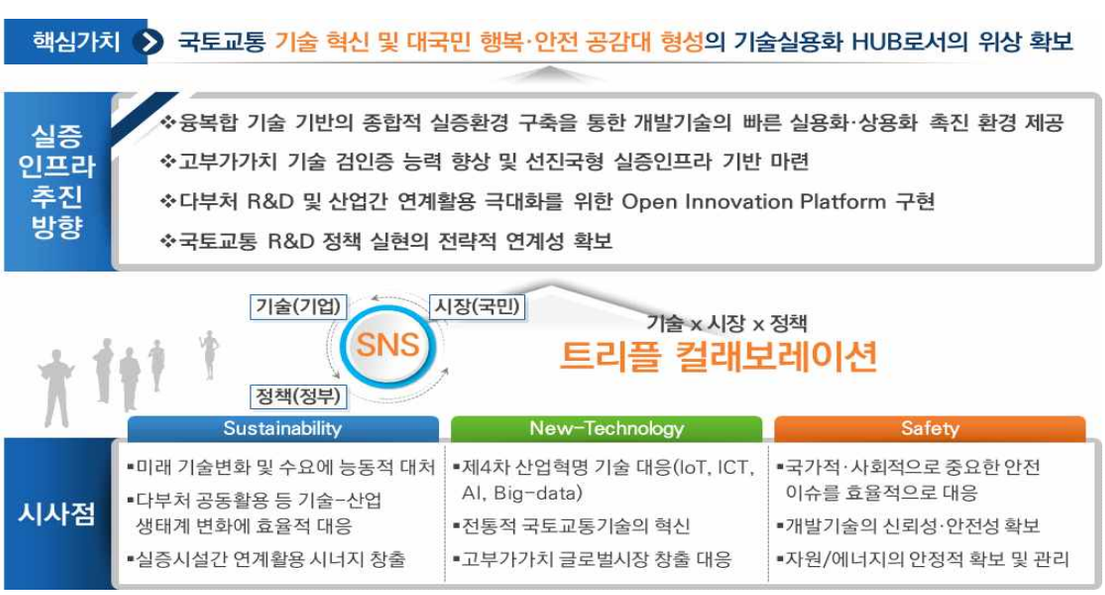
[그림 3–4] 국토교통 산업 · 기술의 시사점

2. 사업 기본방향

■ 실증인프라 추진 방향 설정

국내외 정책 · 기술 · 산업 동향 분석을 통해 시사점을 도출하고, 실증인프라 추진방향 수립하여 "국토교통 기술 혁신 및 대국민 행복 · 안전 공감대 형성의 기술실용화 HUB로서의 위상 확보"를 핵심 가치로 설정

- 융복합기술 기반의 종합적 실증환경 구축을 통한 개발기술의 빠른 실용화·상용화 촉진 환경 제공
  - 기술간 연결과 융합 등 시스템화된 융합산업구조로 빠른 변화에 대응하기 위한 연구인프라 지원
  - 개발된 기술에 내재하는 위험 및 불확실성을 실증을 통해 사전에 차단함으로써 사업화 촉진 지원
  - 기술혁신의 관점에서 개발된 기술의 이전, 거래, 확산과 적용을 통해 부가가치 및 신시장 창출 지원
- 고부가가치 기술 검·인증 능력 향상 및 선진국형 실증인프라 기반 마련
  - 해외 선진국은 시스템·융복합 기술을 실제·유사환경에서 검·인증이 가능한 체계 구축으로 개발기술의 안전성 및 신뢰성 보증
  - 국내 국토교통R&D 및 건설산업의 적극적인 기술혁신을 지원하고 선도할 수 있는 실증인프라 기반의 시스템형 검·인증 체계 확보
- 타부처 R&D 및 이종 산업간 연계활용 극대화를 위한 Open Innovation Platform 구현
  - 산업간 경제가 허물어지고 연결과 융합을 통해 새로운 산업과 시장이 창출되는 등 개방형 혁신이 경쟁력의 핵심으로 대두
  - 4차 산업혁명과 국토교통 전통적 기술을 시스템적으로 실증할 수 있는 오픈형 실증인프라 지원
  - 국가적 차원에서 기술 공유 및 협력을 적극적으로 추진함으로써 글로벌 융합 신시장 확보
- 국토교통 R&D 정책 실현의 전략적 연계성 확보
  - 국토교통 7대 신산업 및 R&D 4대 전략분야 등 국민의 생명 보호 및 안전한 국토 실현을 위한 정부정책과의 연계성 확보
  - 국토교통 인프라의 고도화 및 선진화를 통해 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선 등 현정부 정책실현



[그림 3-5] 본 사업의 핵심 가치 및 추진방향 설정

제 2 절 중점추진분야 및 핵심실증시설 도출

1. 추진방향

국토교통 중점추진 분야 설정 및 핵심실증시설의 합리적·객관적 도출을 위해 6단계의 Process를 수립하고, 각 단계별로 추진내용을 제시

- 미래트렌드 STEEP분석, 국가 정책 및 R&D전략 분석 등을 통해 주요 이슈분야 8개를 도출하고 실증인프라 구축 범위를 3개의 목적형 중점추진분야로 설정
- 국토교통 법정계획 및 R&D정책 등에 근거한 Top-down 방식과 기술수요 조사 및 미래기술 예측을 통한 Bottom-up 방식을 병행하여 실증이 필요한 675개 기술을 도출하고, Keyword 그룹핑을 통해 이들 기술을 실현하기 위한 실증시설(안)을 작성(3개 중점분야에 총 39개 실증시설)
  - Top-down : 국가차원의 계획 및 전략을 반영한 핵심 기술 아이템 조사 (181개)
  - Bottom-up : 현재 및 미래에 요구되는 기술수요 조사 (494개)
- 전문가 검토를 통한 평가지표 설정한 후 국토교통 전문가 온라인평가(4,315명 대상)를 통해 실증시설 우선순위 평가를 수행
- 우선순위별 국내 유사중복성 검토를 통해 최종 10개 핵심실증시설을 도출한 후, 단계별 추진전략을 수립하고 1단계 추진 실증시설에 대한 상세기획을 수행
- 최종적으로 선정된 실증시설은 실증단지 내 집적하여 기술간 시너지 효과를 창출할 수 있는 중앙 집적형과 지리적·환경적 조건을 고려한 분산형으로 구축전략을 설정



[그림 3-6] 실증시설 도출 절차

2. 중점추진분야 설정

국토교통 관련 미래사회 변화, R&D 전략, 정책 등 핵심 이슈 및 해결방안을 분석하여 중점추진분야를 설정

○ 국내외 국토교통 관련 미래사회 이슈 분석을 통한 주요 트렌드 도출

– 국내외 미래사회 예측 및 이슈를 분석하여 국내 실정에 적합한 5가지의 주요 트렌드를 도출하고, 세부 이슈를 해결하기 위한 해결방안을 제시

* 인구구조 변화, 과학기술 융복합 가속, 에너지 및 자원 고갈, 기후변화 및 자연재해, 식량안보 · 재난위험

– 미래사회의 주요 이슈는 제4차 산업혁명과 전통적인 국토교통 기술의 융·복합을 통한 새로운 기술을 확보하여 국민 생활의 안전·편리 중점

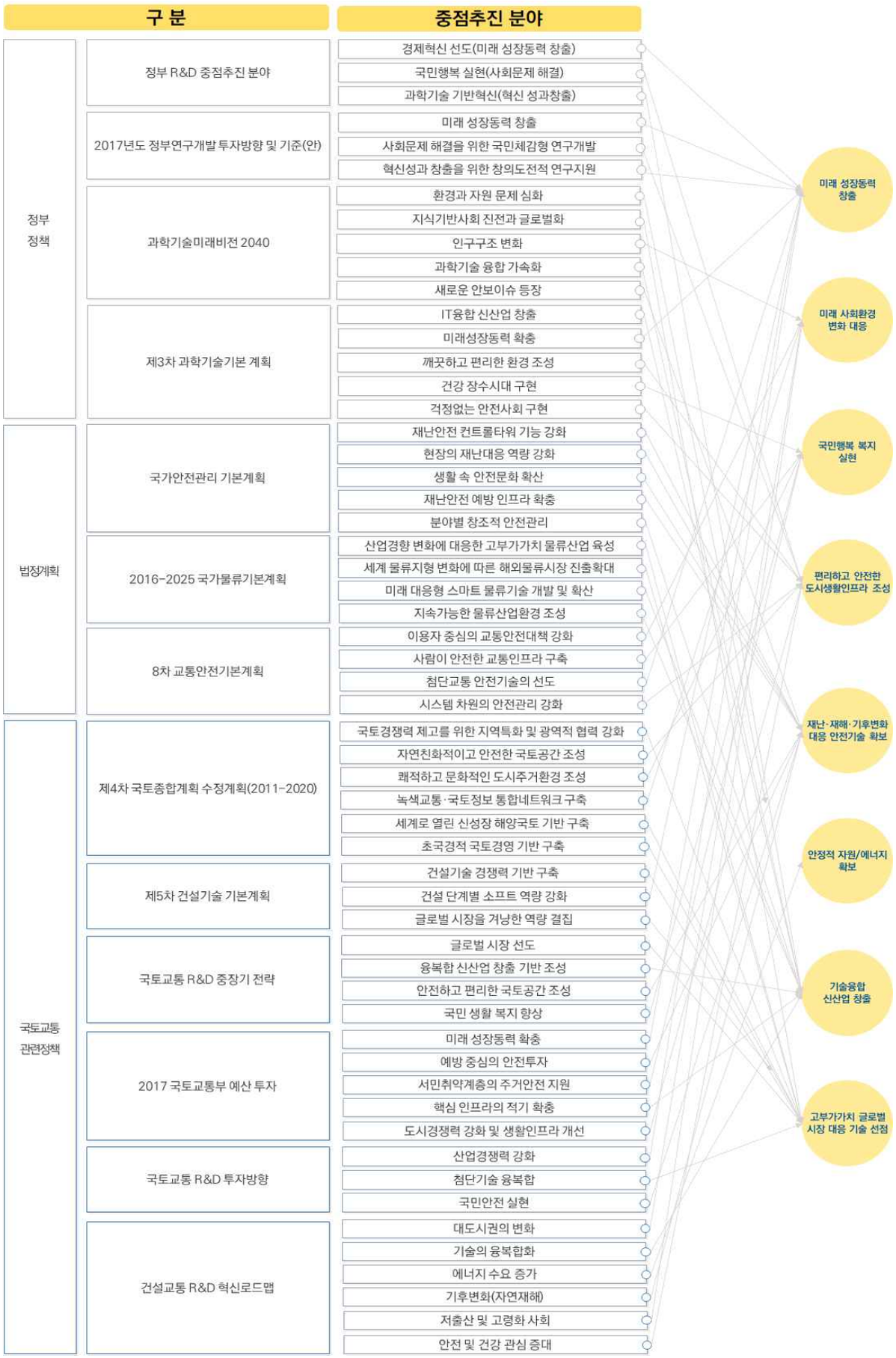
[표 3-2] 미래이슈 메가트렌드 분석 결과

미래사회 트렌드	세부 이슈	해결 방안
인구구조 변화	· 고령화 · 도시집중 심화 · 1인가구 증대	· 실버 산업 및 U-Health 주거 · 3차원 도시공간 창출 · 맞춤형 주거 및 개인교통수단
과학기술 융복합 가속	· 무인화/지능화 급변 · 기술간 융복합 심화 · 초연결 네트워크 가속	· 스마트 교통체계 및 건설 자동화 · 타분야/이동산업 기술 융복합 · ICT, IoT기반 네트워크 강화
에너지 및 자원고갈	· 자원/에너지 고갈 · 물부족 심화	· 저에너지 및 신재생 에너지 확보 · 스마트 물 관리 및 물 순환
기후변화 및 자연재해	· 지구 온난화 · 수재해 급증	· 수재해 예측/경보 및 하천 수질 관리 · 하천 설계/복원/유지관리 강화
식량안보 및 재난위험	· 노후시설물 안전문제 심화 · 대형특수 재난 위험성 증대	· 노후시설물 자가진단 관리 및 보강 · 재난 예측/경보 및 시설물 내구성 강화

○ 국가 정책, 법정계획, 국토교통 R&D 정책/비전 등 주요 정책 키워드를 분석하여 기존 사업과의 연계성 확보로 사업의 효율성 증대

– 미래성장동력, 미래 사회환경 변화 대응 기술, 국민 행복 · 복지 향상, 편리하고 안전한 도시 · 생활인프라 조성, 재난 · 재해 · 기후변화 대응 안전기술 확보, 안정적 자원/에너지 확보, 기술융합 신산업 창출, 글로벌 시장 선점





[그림 3-7] 국토교통 R&D 추진방향

○ 국토부는 “창조경제 실현을 위한 국토교통 연구개발 중장기 전략”을 수립하고, 국토교통 R&D 4대전략 및 7대 新국산업 분야에 대한 Target형 집중투자를 제시

– 실험·실증연구인프라 사업은 융합을 통해 새로운 산업을 창출하여 새로운 기업을 육성하고 해외시장 진출을 지원하는 등 국토교통 전반에 걸쳐 적절한 사업 분야임

– 국토교통 R&D 정책은 미래 新성장동력 확충, 예방 중심 안전·유지관리 강화, 안전하고 편리한 생활인프라(도시) 환경 조성으로 제시

* 미래 新성장동력 확충은 ①자율주행차, 드론 등 7대 신산업 개발, ②제로에너지 건출물, 공간정보 활성화, ③해외시장 개척 보부가치 건설기술개발 등으로 구분

* 예방 중심의 안전·유지관리 강화는 ①노후 시설물의 안전·유지관리 기술 및 시설 개량·개선, ②기후변화 및 도심 지반침하 등 재난·재해 대응 기술개발, ③ 기후변화 대응 수자원·에너지 확보, ④기술 융합형 시설물 유지관리 체계 기반 마련 등으로 구분

* 안전하고 편리한 생활인프라(도시) 개선은 ①이용자 중심의 편리한 교통·물류인프라 구현, ②효율적인 토지, 생활공간 활용으로 두시 집중화 현상 완화, ③ 결로, 층간소음, 공기질 등 쾌적한 주거환경을 위한 주택 품질 향상 등으로 구분

[표 3-3] 국토교통 주요 추진 정책

7대신산업	· 7대 新산업 육성을 통한 경제 활성화 전략 발표 – 자율주행차, 드론, 공간정보, 해수담수화, 제로에너지빌딩, 스마트시티, 리츠
제4차 산업혁명 대응	· ICT·IoT 융복합 기반의 건설산업 발전전략 제시 – I기술 융합형 시설물 유지관리 체계 기반 마련 – 이용자 중심의 편리한 교통·물류인프라 구현
안전기술 확보	· 예방 중심의 안전·유지관리 강화로 국민의 생활안전 확보 – 화재·지진 등으로부터 생활공간, 인프라 안전 강화 – 효율적인 토지, 생활공간 활용으로 도시 집중화 현상 완화 – 결로, 층간소음, 고기질 등 쾌적한 주거환경을 위한 주택품질 향상 – 노후 시설물의 안전·유지관리 기술 및 시설 개량·개선
기후변화·자원 고갈 대응	· 지진·수재해 및 자원·에너지 대응기술 개발 – 기후변화 및 도심 지반침하 등 재난·재해 대응 기술 개발 – 기후변화 대응 수자원 확보
해외건설시장 개척	· ICT 융복합 고부가가치 기술개발로 해외 건설시장 진출 – 해외시장 개척 고부가가치 건설기술 개발, 기후변화 대응 재해예방, 지능형 유지관리 시스템 개발 등



○ 미래사회 트렌드, R&D 정책/비전, 국토교통 정책 분석을 통해 국토교통기술 실증 지원 및 정책 실현을 위한 종합실증단지 중점추진 전략을 수립

– 국토교통 이슈 및 정책의 연계를 통해 각 분야간 융합을 확대하여 기술 · 정책의 시너지 효과를 창출할 수 있는 목적형 중점추진방향 제시

* 종합실증단지 추진 전략은 ①미래 도시 · 생활 인프라 실현 ②자원/에너지 대응형, ③SOC안전 대응형으로 설정

– 종합실증단지 추진 전략방향을 기반으로 정부의 기술혁신으로 혁신경제를 선도할 수 있는 융합형 "기술–정책–시장" 생태계를 조성하는 방식으로 추진

* 미래사회 및 현안 이슈 해결을 위한 고부가가치 기술의 검인증 및 실용화 지원으로 국가 차원의 제도적 뒷받침으로 건설경제 활성화 유도



[그림 3–8] 종합실증단지 중점추진분야 설정

2.1 미래도시·생활인프라 실현형

■ **(정의) 편리한 주거, 안전한 도시생활, 지능형 인프라 복지 구현을 통해 국민의 행복 및 도시의 활력 증진을 위한 실증인프라**

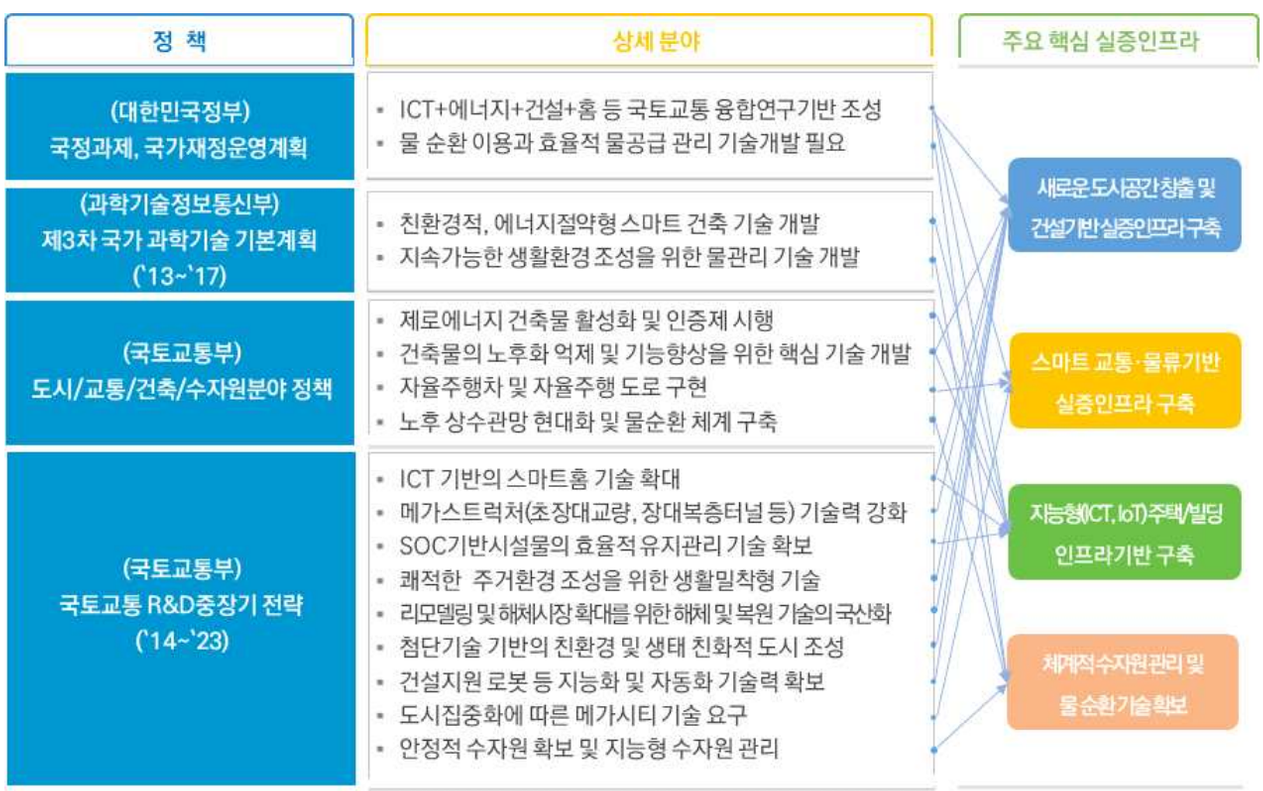
- 새로운 도시 패러다임은 공통적으로 친환경적이고, 지속가능한 도시를 지향하며, 에너지와 자원의 저감, 지역 커뮤니티 활성화, 스마트 교통체계를 지향
  - 제4차 산업혁명(AI, IOT, ICT, Big-data)으로 대변되는 지식기반산업을 미래도시에 접목함으로써 미래도시의 새로운 요구를 충족
- (비전) 국민 체감형 도시환경의 안전성, 쾌적성, 지능성이 확보된 미래 생활도시 구현
- (목표) 지속가능한 미래도시 대응을 위한 첨단융복합 실증인프라
  - (전략 1) 효율적 물 공급을 위한 물순환 기술 개발을 통해 국민의 삶에 대한 질 향상
  - (전략 2) 기반시설 수요의 충족과 도시기능의 고도화를 위한 도시인프라 시공기술 확보
  - (전략 3) 첨단산업과의 융복합을 통한 새로운 교통·물류기술을 선제적으로 대응하기 위한 실증인프라 구축
  - (전략 4) 제로에너지 건축을 통한 온실가스와 환경오염 감소유도와 더불어 고령화 사회 대응을 위한 스마트 주택 건설로 쾌적한 도시공간 조성



[그림 3-9] 미래도시·생활인프라 실현형 목표 및 전략

(국가정책 및 상위 계획과의 연계성 강화) 지속가능한 미래도시 실현을 위한 국토교통 R&D 정책 및 법정 계획의 전략적 연계성 분석

- 지속가능한 미래형 도시를 구성하는 생활공간 창출, 도시인프라 건설, 스마트 교통체계, 편리하고 쾌적한 주거기술 등의 정부 정책과의 연관성 높음
  - – 미래도시·생활 실현을 위한 정부 및 국토교통부 관련 정책 분석을 통한 주요이슈 도출
    - * 도시 집중화로 발생되는 문제점을 해결하기 위해 기존 도시공간 재생 및 새로운 공간 창출에 필요한 메가시티 기술 개발 요구
    - * 도시를 구성하는 물리적인 재창출을 위해 건설현장에서 필요로 하는 안전사고 예방, 품질향상 등을 목적으로 장비 및 건설 프로세스를 자동화하는 기술 요구
    - * 1인 가구 확대 및 고령화 등으로 새로운 교통수단에 대한 요구증대와 교통안전 향상을 위한 능동형 교통안전시스템 확립
    - * 고령화 사회에 대비한 첨단화된 주거관리 기술로 고령자 및 주거공간을 실시간으로 모니터링하여 안전하고 편리한 생활공간을 마련
    - * 지구온난화 및 생활의 질 향상으로 주거에서 활용되는 에너지가 증가하고 있어, 신재생에너지, 에너지 효율화 기술 등 지속가능한 에너지 체제로의 전환이 시급
- 정부정책 실현을 위한 주요핵심 키워드는 새로운 도시공간 창출 및 건설기반 실증인프라, 스마트 교통·물류기반 실증인프라, 지능형(ICT·IoT) 주택/빌딩인프라 기반 구축으로 설정



[그림 3-10] 미래도시·생활인프라 실현형 정책 및 R&D전략 연계성

2.2 SOC안전 확보형

(정의) 지진 · 방재 및 이상기후 등 재해/재난에 대한 사회기반시설물*의 안전성 확보 및 체계적 유지관리 고도화 관련 기술의 실증인프라

- 예방 중심의 SOC시설물 안전·유지관리 강화를 목적으로 하는 재난재해 선제적 대응 및 국민 안전을 보장하기 위한 기술 지향
  - 도로, 교량, 터널, 지하차도, 철도, 공항, 항만 및 해양구조물, 댐, 특수 구조물, 하천, 상하수도, 사면 등
    * 사회기반시설물을 안정적으로 설계 · 시공하고 유지관리를 통해 성능 유지를 위한 제반기술의 실증 및 T/B 포함
    * 교량, 터널, 항만, 건축물, 도로시설물 등 사회기반시설물의 건설에 필요한 신소재 및 고성능 건설재료, 도로포장재료에 대한 다양한 목적(내구성, 수화열, 시공편의성, 장수명 등) 만족을 위한 기술의 실증
    * 초장대교량, 해저터널, 지하구조물, 극한환경 구조물 등 새로운 환경에서의 시설물 건설관련 기술과 특수 인프라 시설의 건설기술
    * 가뭄, 홍수 대응을 위한 수처리 · 확보 · 관리를 위한 친환경적 하천관리기술
- (비전) 도시 및 사회 기반인프라의 체계적인 안전 · 유지관리 고도화를 통한 사회 안전 확보
- (목표) SOC시설의 안전성 검증이 가능한 국가 실험인프라 기반 구축 및 R&D 기술개발 선순화 체계 마련
  - (전략 1) 노후 인프라 시설이 재난재해 상황에서도 안전성이 확보 될 수 있도록 안전 · 유지관리 기술의 실증
  - (전략 2) 지속적으로 증가하는 특수 시설물 물 지능형 인프라의 성능 · 품질 향상을 위한 기술의 실증
  - (전략 3) 대형 재난재해 및 기후변화에 따른 사회기반인프라 대응 기술의 실증



[그림 3-11] SOC안전 확보형 목표 및 전략

(국가정책 및 상위 계획과의 연계성 강화) 예방 중심의 SOC시설물 안전 · 유지관리 강화 목적으로 재난/재해를 선제적 대응하고, 국민안전을 위한 SOC안전 확보형 관련 국토교통 R&D 정책 및 법정계획의 전략적 연계성 분석

- ICT · IoT 기반의 예방중심의 SOC안전 · 유지관리 관련 기술 및 재해 · 재난 기술 개발 등 사회기반시설의 안전성 강화로 국민의 생활 · 안전을 확보하기 위한 정부 정책과 연관성이 높음
  - SOC안전 확보를 위한 정부 및 국토교통부 관련 정책 분석을 통한 주요이슈 도출
    * 기후변화 및 재난 · 재해에 선제적 대응을 위한 사회기반시설의 잠재위험성을 모니터링하고 예방 · 보호할 수 있는 안전기술 개발 요구 증대
    * SOC시설물의 노후화 증가로 시설물의 성능평가 및 스마트 유지관리 · 장수명화 등 ICT 기반의 시설물 점검 · 진단, 유지관리 기술 개발 요구 확대
    * 도시하천 침수피해 방지 및 대체수자원 확보를 위한 수자원 시설 마련과 기존 시설들의 효율적 유지관리를 통해서 돌발적인 이상기변에 대응할 수 있는 기술 요구
    * 안전사고와 재난재해로 인해 국민이 체감하는 안전인식도가 매우 낮아 국가 차원에서의 SOC시설에 대한 총체적인 국가 재난관리 체계 강화로 인식 전환 요구 증대
- 정부정책 실현을 위한 주요핵심 키워드는 SOC인프라 안전 · 유지관리 실증인프라, 재해 · 재난 예방 및 대응 기술 기반의 인프라 구축 방향으로 설정



[그림 3-12] SOC안전 확보형 정책 및 R&D전략 연계성

2.3 자원 · 에너지 대응형

(정의) 에너지/자원 고갈 및 물 부족 등의 환경에 대응하기 위한 신재생에너지, 물관리 기술 개발 실증인프라

- 미래 사회의 자원/에너지 고갈에 따른 국민의 삶 안전 강화를 목적으로 하는 스마트 물 관리 및 신재생에너지 기술을 지향
  - CO_2 문제, 화석연료 고갈 등 자원/에너지의 심화로 에너지 공급 및 수요 불균형 심화
  - 강·하천 오염 및 지구 온난화로 인한 물 부족 가속화로 안정적 수자원 확보
- (비전) 에너지/자원 고갈 대응을 위한 안정적 자원 확보
- (목표) 국민 삶의 안전을 위한 에너지 통합 Platform 종합실증단지 구축
  - (전략 1) 이상기후 대응 하천관리 기술개발을 통해 기후변화에 대한 선제적 대응
  - (전략 2) 화석 에너지 등 자원 고갈의 문제점을 태양열, 풍력 에너지와 같은 신재생 에너지 기술 개발을 통한 청정한 환경 조성
  - (전략 3) 에너지 생산시설의 성능 및 품질 인증강화를 통한 해당 기술 시장 선점



[그림 3-13] 자원·에너지 대응형 목표 및 전략

(국가정책 및 상위 계획과의 연계성 강화) 미래 사회의 자원/에너지 고갈에 따른 국민 삶의 안전을 위한 자원·에너지 선제적으로 대응하기 위한 국토교통 R&D 정책 및 법정계획의 전략적 연계성 분석

- 에너지 및 자원고갈, 기후변화 등과 같은 국제적 이슈화로 인해 청정한 환경 구현을 위한 신재생에너지 확보와 관련한 정부 정책과의 연관성이 높음
  - – 자원/에너지 대응을 위한 정부 및 국토교통부 관련 정책 분석을 통한 주요이슈 도출
    - * 에너지의 효율적 배분을 통한 수요 중심의 에너지 정책 추진
    - * ICT를 적용한 자원활용의 효율화를 통한 에너지 공급/수요의 최적화 기술 개발 정책 추진
    - * 에너지 생산시설의 성능 및 품질 강화로 기술혁신을 통한 해외시장에서의 경쟁력 강화 및 신시장 확보로 에너지 산업의 활성화 정책과 부합
    - * 탈원전 정책으로 인한 저급자원 가스화 플랜트 및 신재생 에너지 기술개발 등 범부처 차원의 에너지/자원 기술개발 강화 정책과 부합
- 정부정책 실현을 위한 주요핵심 키워드는 체계적 수자원 관리 및 해수담수화 플랜트 고도화, 에너지 생산시설 성능 및 품질 인증강화 기반의 인프라 구축 방향으로 설정



[그림 3-14] 자원·에너지 대응형 정책 및 R&D전략 연계성

2.4 현장 기반형 실증환경·부지 조성

■ **(정의) 건설·교통신기술의 현장 시험시공 및 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공**

- 기업의 실증 Test-bed 부지 확보의 어려움을 정부 주도로 해결해 줌으로써 기술실용화 기간단축 및 기술사업화 촉진
  - 신기술에 대한 현장시험 검증 요구로 실증현장 확보를 위한 연구자 애로사항 지속적 제기
  - 시험시공 현장 미확보로 개발기술의 사업화 지연 및 사장 등 사례 발생
- **(비전) 국토교통 기술 상용화 촉진기반의 실증환경 확보로 산업 경쟁력 강화**
- **(목표) 현장 기반형 실증환경 조성으로 기술 실용화 기간단축 및 사업화 촉진**
  - (전략 1) 민간의 자율적 기술개발 활성화를 위한 정부 주도의 실증환경 지원
  - (전략 2) 국토교통 신기술의 성능 및 품질 인증 강화를 통해 산업 경쟁력 강화
  - (전략 3) 개발 기술의 빠른 실용화 및 상용화를 통한 미래 기술의 선제적 확보
  - (전략 4) 정부 주도의 실증기반 신기술 지정으로 성과물의 신뢰성 확보



[그림 3-15] 현장 기반형 실증환경·부지 조성 목표 및 전략

(국가정책 및 상위 계획과의 연계성 강화) 국토교통 R&D · 신기술 성과의 빠른 실용화로 산업 경쟁력 확보를 위한 국토교통 R&D 정책 및 법정계획의 전략적 연계성 분석

- R&D · 신기술의 현장 · 실증기반의 검 · 인증체계로 전환함으로써 시장에서의 기피현상 감소 및 국토교통 민간 산업의 활성화 유도 등 정부 정책과의 연관성이 높음
  - 국토교통 R&D · 신기술의 원활한 현장적용 통한 사업화 · 실용화 촉진 등 정부 및 국토교통부 관련 정책 분석을 통한 주요이슈 도출
    * 국가기간 교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화를 위한 국토교통 기술의 전주기적 실증기반의 연구 활성화 정책 추진
    * 정부차원의 환경적 · 제도적 지원으로 중소 · 벤처 기업의 기술혁신 추진 정책과 부합
    * R&D · 신기술의 기술이전 및 사업화 지원 확대 추진 정책과 부합
    * 노후 시설물의 능동형 안전관리 및 시설물의 정보 고도화 등 국민 체감형 R&D 추진 정책과 부합
- 정부정책 실현을 위한 주요핵심 키워드는 R&D · 신기술 실증기반의 실용화 · 사업화 촉진, 노후 시설물의 안전 · 유지관리 기술 확보 등 국토교통 기술의 전주기적 기술개발 및 검증을 위한 현장 기반형 실증환경 · 부지 조성 방향으로 설정



[그림 3-16] 현장 기반형 실증환경 · 부지 조성 정책 및 R&D전략 연계성

3. 세부과제 도출

3.1 세부과제 도출절차

국토교통기술 기반의 미래사회 이슈 및 현안 해결을 위한 필요한 기술조사 수행

- 사업기획의 충실성을 기하기 위해 예비타당성 조사 평가 매뉴얼에 근거하여 Top-down/ Bottom-up 방식을 병행 추진
  - Top-down 기술 기획 : 국가차원의 핵심 중점 지원 아이템 발굴 (181개)
    * 국토교통 관련 정책, 국내외 동향 및 환경 분석, 국내 R&D 역량 분석 등을 바탕으로 실증기술을 선정
  - Bottom-up 기술 기획 : 현재 및 미래에 요구되는 기술수요 발굴 (494개)
    * 산·학·연·관 국토교통 관련 전문가를 대상으로 기술니즈를 조사하여 실증기술을 선정
- 해당 기술들을 실현할 수 있는 실증기술 키워드를 그룹핑하여 실증시설 후보군(39개) 도출
- 실증시설(안)에 대한 기술 현황 및 수준, 법정계획 및 정책적 근거, 기술 수요, 논문·특허, 시장 동향 등을 분석하여 과제카드* 작성

  * 실증시설 우선순위 평가 시 판단자료로 활용



[그림 3-17] 목적형별 실증기술 도출 과정



3.2 Top-down 분석

국토교통 주요 정책 및 R&D 전략

- 국토, 도시 · 건축, 주택, 토지 · 국토정보, 건설 · 해외건설, 수자원, 교통 · 자동차, 물류, 항공, 도로, 철도, 일반 등의 정책을 상세하게 검토하여 정책 해결형 국토정책 키워드를 선정
  - (미래도시 · 생활인프라 실현형) 융복합 리서치파크, 지역균형발전, 도시재생, 건축에너지 효율, 쾌적 · 편리한 주거환경, 초정밀 국토 · 공간정보, 초고층 빌딩, 스마트시티, 자율주행차, 안전한 도로교통인프라, 전기자동차, IT융합 물류, 무인비행장치, 첨단철도기술, 신산업 · 신성장동력 등이 국토교통 현안 트렌드로 선정
  - (SOC안전 확보형) 스마트 방재 · 안전, 시설물 안전관리, 첨단도로안전 · 재난관리, 터널안전, 노후인프라 개선 · 유지관리 등이 국토교통 현안 트렌드로 선정
  - (자원 · 에너지 대응형) 플랜트, 해수담수화, 수자원 · 물관리, 그린에너지, 수재해 예방 등이 국토교통 현안 트렌드로 선정
- 국토교통R&D 중장기 전략, 국토교통R&D사업 · 체계 개편, 현재 추진하고 있는 R&D 등을 검토하여 기술트렌드를 분석하고, 실증기술을 도출
  - (미래도시 · 생활인프라 실현형) 제로에너지, 스마트시티, 스마트홈, 스마트 시공자동화, 자율주행, 물류자동화, 무인항공, 스마트 철도 등이 국토교통R&D 트렌드로 선정
  - (SOC안전 확보형) 스마트 건설소재, 대심도설계 · 시공, 시설물안전관리, 시설물 모니터링 등이 국토교통R&D 트렌드로 선정
  - (자원 · 에너지 확보형) 플랜트 고도화, 스마트워터 그리드, 물재이용(LID), 수재해 예방 등이 국토교통R&D 트렌드로 선정

[표 3-4] 국토교통 정책 핵심 키워드

중점추진 분야	실증기술 핵심키워드
미래도시 · 생활인프라 실현형	· 제로에너지, 주거환경, 스마트홈, 공간정보, 초고층 빌딩, 스마트시티, 자율주행, 전기자동차, 스마트물류, 드론, 첨단철도, 스마트 시공자동화
SOC 안전 확보형	· 스마트 건설소재, 대심도설계 · 시공, 시설물안전관리, 스마트 방재 · 안첨단도로안전 · 재난 관리, 터널안전, 노후인프라 개선 · 유지관리
자원 · 에너지 대응형	· 해수담수화, 스마트 워터 그리드, 수자원 · 물관리, 물재이용, 그린에너지, 수재해 예방

3.3 Bottom-up 분석

기술수요조사

- 국토교통 분야에 필요한 실증기술 니즈를 도출하기 위해 산·학·연·관 전문가를 대상으로 수요조사를 수행함
  - 수요조사 제안기술을 종합실증단지 중점추진 분야로 분류
  - 미래도시·생활인프라 실현형(197건), SOC안전 확보형(78건), 자원/에너지 대응형(64건)

미래기술 예측조사

- 미래기술 예측을 통한 실증시설의 수요, 장래성, 기술변화 등 국토교통 미래사회 이슈 및 기술을 해결하기 위한 실증기술을 도출함
  - 제4회 과학기술예측조사, 제5회 과학기술예측조사, 2040 국토교통 미래기술분석, 2040과학기술 미래비전 등 미래과학기술에 대한 자료를 검토하여 실증기술을 도출
  - 미래도시·생활인프라 실현형(60건), SOC안전 확보형(33건), 자원/에너지 대응형(62건)

목적형별 실증기술 도출

- 국토교통 현안 및 미래사회의 기술변화를 대응하기 위해 Top-down/Bottom-up 방식을 적용하여 실증기술을 도출하였으며, 도출된 실증기술은 총 675건임
  - 미래도시·생활인프라 실현형(334건), SOC안전 확보형(176건), 자원/에너지 대응형(165건)

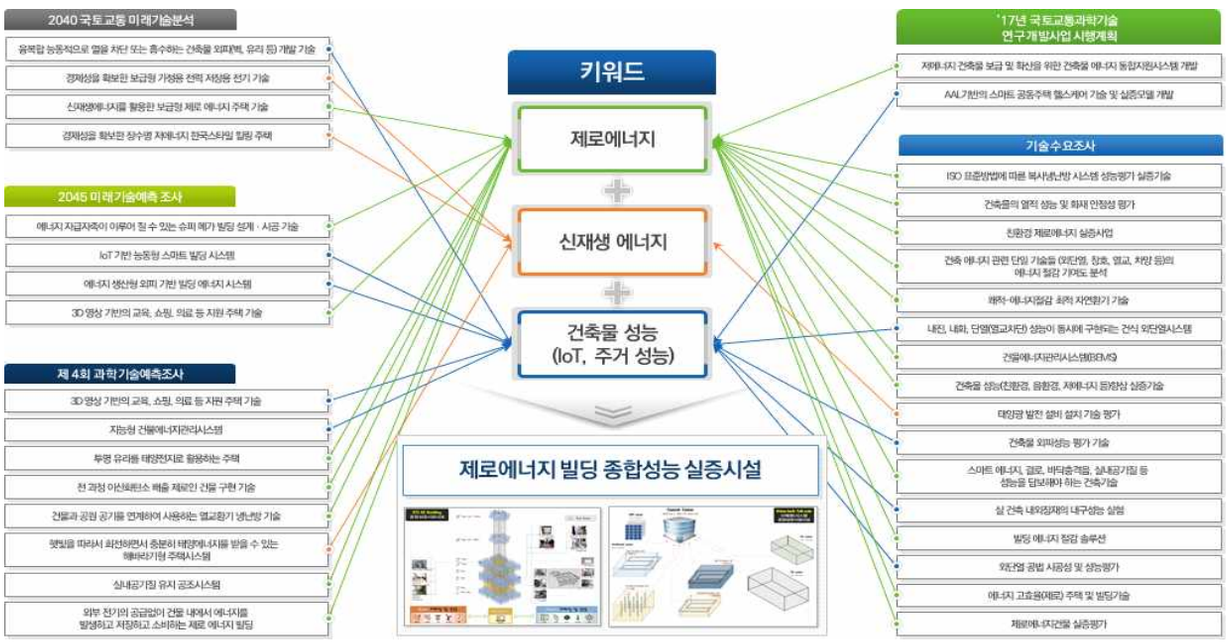
조사/분석 대상		미래 도시·생활 인프라 실현형	SOC안전 확보형	자원/에너지 대응형
Top-down	'17년 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획	20	26	7
	국토교통 R&D 기술 동향	57	39	32
Bottom-up	2040 국토교통 미래기술 분석	20	26	7
	제4회 과학기술예측조사	16	1	22
	제5회 과학기술예측조사	21	5	28
	기술수요조사	197	78	64
	2040 과학기술 미래비전	3	1	5
합 계 (675)		334	176	165

[그림 3-18] 목적형별 실증기술 도출

3.4 실증시설(안) 도출

Top-Down/Bottom-Up 기반으로 도출된 국토교통 실증기술을 통합하고, 실증기술간 유사성 및 연관성이 높은 분야별로 그룹핑하여 실증시설 후보군을 도출

- 정책, 수요조사, 미래기술 예측 등에서 도출된 실증기술을 키워드 단위로 매칭하고, 실증실험이 가능한 키워드를 다시 그룹핑하여 종합적으로 실증할 수 있는 실증시설을 도출



[그림 3-19] 실증시설 도출 사례

- 실증시설의 유사·중복성을 배재한 상태에서 조사·분석된 실증기술을 모두 그룹핑하여 도출된 실증시설은 총 39개이며, 도출된 실증시설을 목적형별로 분류함



[그림 3-20] 목적형별 실증시설 도출

4. 핵심 실증시설 도출

■ 핵심 실증시설 도출은 실증시설 평가지표 개발, 신증시설 평가지표 배점 산정, 실증시설 선정 평가, 핵심실증시설 도출 총 4단계로 추진

- 1단계 : 평가지표의 합리적 객관성을 확보하기 위한 실증시설에 적합한 평가지표 개발
  - 장비·시설 평가지표와 관련된 자료를 상세하게 검토하여 실증시설 평가지표 개발
- 2단계 : 선정된 평가지표의 객관성·신뢰성 확보를 위한 AHP방법으로 선정지표에 대한 배점 산정
  - 국토교통 전문가를 대상으로 AHP설문조사를 수행하고, 배점 산정
- 3단계 : 국토교통 전문가를 대상으로 실증시설 우선순위 평가(온라인)
  - 실증시설(안)의 기술적 적합성, 정책적 타당성, 실증수요 대응성 등을 종합적으로 평가하여 실증시설의 우선순위 평가
- 4단계 : 실증시설 우선순위 분석을 통한 핵심 실증시설 선정
  - 기존 시설과의 유사·중복성 및 독자적 추진 방향성 등을 고려한 핵심 실증시설 선정



[그림 3-21] 핵심 실증시설 평가 절차



[1단계] 실증시설 평가지표 개발

- 실증시설을 도출하기 위한 우선순위 평가지표 선정기준은 종합실증단지의 목표 및 주요 기능과의 부합성을 고려하여 평가지표 수립
  - 평가지표에 대한 벤치마킹을 위해 국내의 기술평가지표 및 국내외 연구시설의 사전 타당성 분석 평가지표* 등 조사
    * 기술성평가 가이드라인(미래창조과학부 2017), 대형연구시설 사전타당성조사 방법론(NFEC 2015), 기술가치평가 실무가이드(산업통상자원부 2014), 10대 미래유망기술 선정(KISTEP 2015), 미국의 대형연구시설 구축 관리체계(NFEC 2015), 기술개발사업 평가(한국산업기술평가관리원 2016)
- 평가지표는 기술적 적합성, 정책적 타당성, 실증수요 대응성으로 대분류를 설정하고, 이게 적합한 평가지표 및 평가 주안점을 설정
  - (기술 적합성) 미래 기술변화 대응 및 기술혁신을 통해 미래 新성장 동력을 창출할 수 있는 실증시설
  - (정책 타당성) 미래사회 이슈 해결 및 R&D 기술역량 강화 등 정부 정책을 실현하기 위한 실증시설
  - (실증수요 대응성) : 현재 또는 미래 기술특성에 따라 충분한 실증수요 및 시설 연계·확장이 가능한 실증시설

[표 3-5] 실증시설 우선순위 평가지표 개발

평가항목	평가지표	평가 주안점
기 술 적합성	목적 부합성	· 종합실증단지의 비전 및 구축 목적과 얼마나 부합하는가? *실증시설을 통한 사회이슈해결 및 국토교통 미래기술 실현(융복합 신산업 창출 등)
	기술 혁신성	· 국토교통 분야중 미래 기술혁신 및 기술 잠재성을 가진 분야인가?
	구축 가능성	· 목표한 성과달성을 위해 실증시설 · 장비의 규모 · 성능 등을 기술적으로 구현할 수 있는가?
정 책 타당성	정부정책 연계성	· 관련 정부 정책 실현을 위한 필요한 실증시설이며, R&D전략 등과 연계성을 충분히 갖고 있는가? *국토교통 R&D 사업체계 개편 및 종합계획과의 연계
	국고지원의 타당성	· 정부주도의 전략적 투자 방향에 적합하고, 과학기술 분야 중장기계획 등 법적 · 정책적 근거를 확보하고 있는가?
	구축 적시성	· 국내 기술수준, 기술발전 단계, 시장전망 및 국내 산업의 성숙도 등을 고려할 때, 해당 실증시설에 대한 대규모 투자가 필요한 시점인가?
실증수요 대 응 성	실증수요 및 공동활용 가능성	· 현재 및 미래에 관련분야와 관련하여 충분한 실증수요 및 공동 활용이 가능한 실증시설인가?
	미래 확장 가능성	· 미래 기술변화 및 수요에 따라 충분히 확장이 가능한 실증시설인가?
	사회·경제적 파급효과	· 실증시설이 국민의 삶의 질 향상 및 기술발전에 있어 사회 · 경제적으로 얼마나 파급효과가 있는가?

[2단계] 평가지표 배점 산정

- AHP분석 방법을 활용한 목적형별 평가지표 가중치 산정시 가중치를 배점으로 활용함으로써 평가지표의 객관성 확보
  - AHP분석 방법은 대단히 복잡한 다기준의 문제를 효과적으로 구조화시킴으로써, 직관적·주관적 판단의 합성에 따른 융통적 평가체계의 사용가치를 제공
- 국토교통 전문가를 대상으로 평가지표에 대한 설문조사를 수행하여 평가지표별 가중치 산정

전문가 및 연구자를 대상으로 AHP평가 설문지 조사

○ 설문조사
- 대　　상 : 국토교통 전문가 14명을 대상으로 평가지표 설문조사(산 14.3%, 학 28.6%, 연 28.6%, 관 28.6%)
- 조사기간 : 2017년 6월 26일 ~ 7월 7일(약 2주간)
- 조사방법 : E-mail 설문조사

○ 설문조사 결과
- 기술적 적합성 22점, 정책적 타당성 36점, 실증수요 대응성 42점으로 산정
  ※ 일관성 지수(Consistency Index)가 모두 0.1이하로 신뢰성이 있는 것으로 분석됨



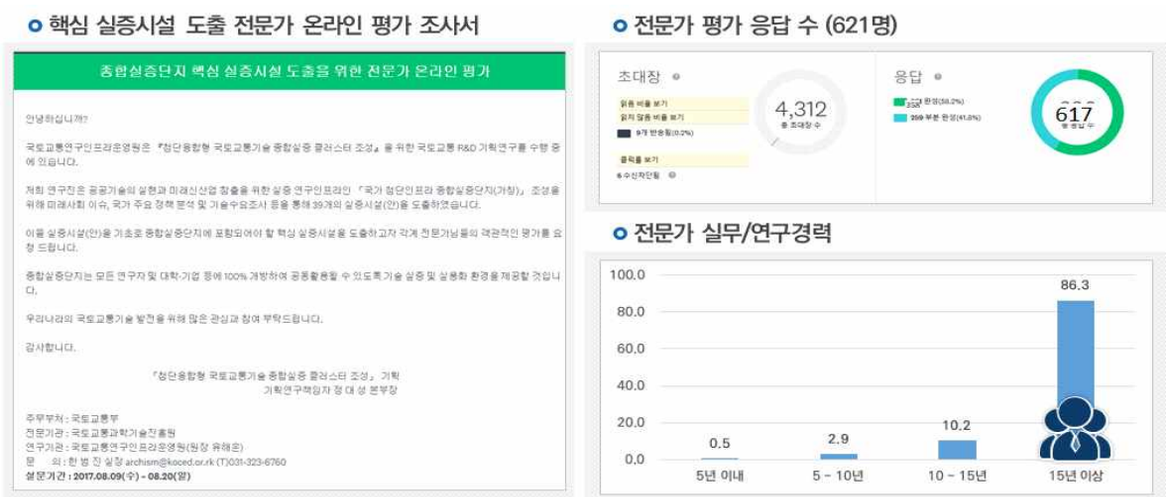
[그림 3-22] 평가지표 배점 산정

[3단계] 핵심 실증시설 우선순위 평가

○ 공공기술의 실현과 미래신산업 창출을 위한 실증 연구인프라 조성을 위해 미래사회 이슈, 국가 주요정책분석 및 기술수요조사 등을 통해 도출된 39개의 실증시설에 대한 우선순위 평가를 수행

국토교통 전문가를 대상으로 실증시설 우선순위 평가

○ 우선순위 평가
- 대　　상 : 국토교통 전문가 4,315명을 대상으로 우선순위 평가 (유효표본수 617명)
- 조사기간 : 2017년 6월 26일 ~ 7월 7일(약 2주간)
- 조사방법 : 온라인 설문조사



[그림 3-23] 실증시설 우선순위 설문 개요

○ 해당 전문가가 제1전문분야를 선택하여 해당분야의 실증시설(안)을 평가후, 제2전문분야를 평가할 수 있을 경우에 평가하는 방식으로 설문을 구성

– 해당분야에 포함된 실증시설 우선순위 평가 참여자 중 유효 응답률은 58.5%

분야	응답 구분		분야별 평가 참여 인원(명) 건축	도시	시설물	플랜트	수자원	도로교통	물류	철도교통	항공교통	계
전체 설문대상			777	666	1,237	109	329	531	78	366	222	4,315
실증시설 평가	전체 참여자(1)	1차	115	25	94	39	51	152	17	94	30	617
		2차	8	20	20	3	4	0	9	20	5	89
		계	123	45	114	42	55	152	26	114	35	706
	유효 응답자(2)	1차	63	12	28	24	35	80	17	55	22	336
		2차	7	14	19	3	4	0	9	19	2	77
		계	70	26	47	27	39	80	26	74	24	413
		응답율(%)	56.9%	57.8%	41.2%	64.3%	70.9%	52.6%	100.0%	64.9%	68.6%	58.5%
부지제공 필요	R&D T/B 지원		57	8	25	21	31	71	12	53	21	299
	신기술 지원		57	8	25	21	31	71	12	53	21	299
	응답율(%)		49.6%	32.0%	26.6%	53.8%	60.8%	46.7%	70.6%	56.4%	70.0%	48.5%

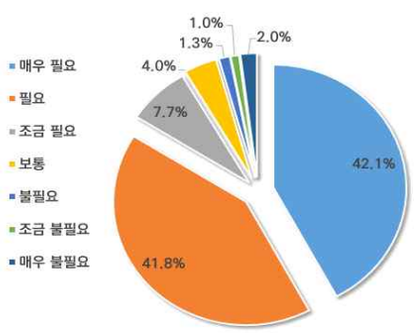
(주1) 전체 참여자 : 분야별 실증시설평가 또는 부지제공 필요성에 일부만이라도 응답한 전체 인원(내용만 확인한 미응답자 포함)
(주2) 유효 응답자 : 해당분야에 포함된 실증시설 전체에 대해 모두 평가한 인원

[그림 3-24] 실증시설 우선순위 평가 응답결과

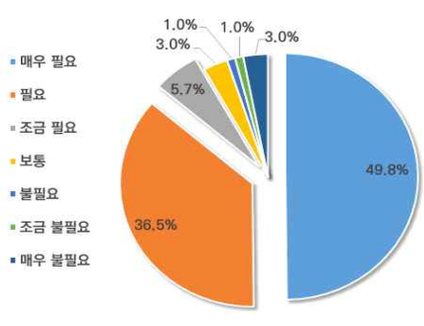
[표 3-6] 실증시설 우선순위 평가 결과

분야	구분	실증시설명	통합	통합 순위
건축	1	제로에너지 건축물 종합실증시설	83.6	1
	2	스마트 홈/케어 실증시설	71.6	32
	3	모듈러 주택기술 실증시설	68.2	36
	4	주택성능 실증시설	75.7	24
	5	건축 리모델링 실증시설	71.4	33
	6	초고층빌딩 설계 및 시공기술 실증시설	70.29	35
	7	기후환경 모사 건축물 성능 실증시설	75.3	25
도로교통	8	자율주행 실증시설	83.3	2
	9	악천후 모사 도로성능 실증시설	76.3	23
	10	개인형 차량 실증시설(Personal Mobility)	71.9	31
	11	가상환경 재현 도로주행 시뮬레이터	73.5	29
도시	12	스마트 시티 실증시설	77.0	19
	13	도시 공간정보 실증시설	77.9	15
물류	14	스마트 물류 종합실증시설	80.5	7
수자원	15	수해방지 실증시설	76.9	21
	16	스마트 물순환 · 물공급 종합실증시설	81.5	3
	17	하천 녹조기술 실증시설	78.8	10
	18	대형수리 모사 실증시설	66.5	39
	19	스마트 하천관리 실증시설	77.7	17
시설물	20	지능형 건설자동화 종합실증시설	78.1	12
	21	지하 라이프라인 종합실증시설	77.9	16
	22	SOC구조물 자원 재활용 해체기술 실증시설	77.3	18
	23	복합 지하공간 설계 및 개발 실증시설	76.7	22
	24	지하공간 시공 및 유지관리 실증시설	74.5	27
	25	대심도 터널안전 실증시설	74.7	26
	26	실대형 구조물 내진성능 실증시설	81.2	4
	27	SOC시설 안전유지관리 실증시설	81.0	5
	28	첨단 건설재료 종합실증시설	73.7	28
	29	실규모 방재 실증장	70.4	34
	30	극한환경 모사 구조물 실증시설	67.5	37
	31	특수 구조물 설계 및 시공기술 실증시설	72.3	30
	32	실규모 지반 종합실증 실험장	66.8	38
철도교통	33	스마트 철도 실증시설	78.3	11
	34	철도 인프라 성능평가 실증시설	79.1	8
	35	철도차량부품 성능 실증시설	78.0	14
플랜트	36	해수담수화 플랜트 종합실증시설	79.1	9
	37	합성가스 플랜트 종합실증시설	78.0	13
	38	플랜트 핵심기자재 실규모 성능인증 실증시설	76.9	20
항공교통	39	악천후 드론 성능 실증시설	80.7	6

◎ R&D 테스트베드 및 신기술 시험시공 현장 부지제공의 경우, 응답참여 617명중 299명(48.5%)이 응답하였으며, 이 중 평균 91.6%가 필요하다고 응답



[그림 3-25] 신기술 시험시공 부지제공



[그림 3-26] R&D성과 T/B 부지제공



유사 · 중복성 검토

○ 핵심 실증시설의 유사 · 중복성 검토를 위해 국내에 설치 · 운영중인 시설 · 장비를 조사 · 분석함

– 최근 국토교통 분야에서 이슈화 되고 있는 자율주행자동차, 철도종합선로 등의 실증시설은 현재 국토교통부에서 추진하고 있어 유사 · 중복성으로 배제

중점분야	실증시설 사례
국토교통 대형실험시설 (12종)	• 생활밀착형 주택성능품질 실험시설(LH, 구축중) • 기후변화 대응 다환경 대형 실험시설(KCL, 구축중) • 도로주행 시뮬레이터 실험시설(ex, 구축중) • 가상환경재현 도로성능평가 실험시설(건설연, 구축중)
국내 실증시설 · T/B 사례	• 제로에너지 실증단지(노원) • 제로에너지하우스(에너지기술연구소) • 제로카본 그린홈실증주택(산업부) • K-스마트시티 (세종시), IoT융복합 시범단지(고양시) • 한국형 스마트시티 해외진출단 (LH) • 글로벌스마트시티 실증단지(부산시) • 지능형 방범 실증지구 (대부처) • 장수명주택 설계 및 구축(세종시) • 주택성능연구개발센터(세종시) • TES Innovation Center(CJ, 의왕) • 국가비행종합시험장, 헬리콥터 휠타워시험장(고흥) • 회전익기 시험동(대전) • 실대형 통합성능시험(의왕) • 오송철도종합시험선로(오송, 구축중) • 자동차부품시험장(대구), K-City(화성, 구축중) • 기아자동차주행시험장(서산), 상용차 부품시험장(군산) • ITS시범도로, 체험도로(한국도로공사) • 종합물류경영기술지원센터(부산) • 차세대 건설기계 특화단지 (경산) • 국민안전로봇, 수중건설로봇 복합실증센터(포항)



[그림 3–27] 미래도시 · 생활 인프라 실현형 실증시설 사례

중점분야	실증시설 사례
국토교통 대형실험시설 (12종)	• 하이브리드구조 실험센터 (명지대) • 지진방재 연구센터 (부산대) • 대형풍동 실험센터 (전북대) • 해안항만 실험센터 (전남대) • 극한상태 구조특성 실험시설 (서울대, 구축중) • 지오센트리퓨지 실험센터 (KAIST) • 첨단건설재료 실험센터 (계명대)
국내 실증시설 · T/B 사례	• 화재안전연구센터(화성) • 실화재시험연구센터(삼척) • 포장가속시험기(일산, 안산, 동탄) • 실물차량 충돌시험장(화성, 울산, 예산) • 수중부 및 토석류 방재기술(원주) • 해수담수화(제주도), 저에너지 플랜트(UAE) • CNT RO기반 플랜트(시흥) • 드론전용 비행시험장(대구, 부산, 전주 등) • 스마트드론기술센터(대구)



[그림 3–28] SOC안전 대응형 실증시설 사례

중점분야	실증시설 사례	실증시설(안)
국토교통 대형실험시설 (12종)	• 대형 수리모형 실험시설 (농어촌공사, 구축중)	• 해수담수화 실증시설 • 플랜트 핵심기자재실규모 성능인증 실증시설 • 저급자원 이용 가스화 이용 실증시설 • 스마트 물순환 물공급 종합실증시설 • 스마트 하천관리 실증시설 • 대형수리 모사실증시설 • 하천 녹조기술 실증시설
국내 실증시설 · T/B 사례	• 해양플랜트산업 연구단지 (하동) • 스마트그리드 실증단지 (제주) • LNG플랜트 Test-bed (인천) • 해수담수화플랜트 Test-bed (기장) • 풍력발전MVR해수담수화 (제주) • 국가 물산업 단지 조성 (대구) • GI & LID 실험시설 (문산) • 수직형 정수처리 실증장 (청주) • 하천실험센터 (안동) • 글로벌 담수화센터(부산), 역삼투압방식(부산) • 해수담수화(제주도), 저에너지 플랜트(UAE) • CNT RO기반 플랜트(시흥)	



[그림 3–29] 자원 · 에너지 확보형 실증시설 사례

[4단계] 핵심 실증시설 도출

- 핵심실증시설 평가결과를 기반으로 실증시설의 유사·중복성 검토를 통한 13개 실증시설 선정
  - 상위 20개 실증시설을 대상으로 유사·중복성을 검토한 결과, 자율주행 실증시설, 철도인프라성능평가, 스마트 철도 실증시설, 철도차량부품 성능 실증시설은 기존 실증인프라와 유사·중복성이 높아 제외
  - 스마트시티 실증시설은 중점추진분야로 선정된 미래 도시·생활인프라 실현형의 세부실증시설에서 제시되는 개발 기술이 스마트시티의 요소기술과 중첩으로 연계활용 방향으로 추진
- 국토교통R&D 사업기획 및 국토교통부의 전략적 추진 사업 등 관련 부처와의 협의를 통한 핵심 실증시설 도출
  - 現 예비타당성조사를 진행중인 지능형 건설자동화 종합실증시설과 지하라이프라인 종합실증시설은 별도사업으로 추진하되, 과제 종료 또는 Test-Bed 구축시 본 사업 부지에 이관 및 설치
  - 스마트 하천관리 및 도시공간정보 실증기술의 하천 안전감시·모니터링/지도제작 등은 악천후 드론 성능 실증시설과 연계 추진하며, 악천후 드론 성능 실증시설은 국토부에서 별도로 추진계획을 수립하고 있어 본 사업에서는 제외
  - SOC시설안전·유지관리 실증시설과 SOC구조물 자원 재활용 해체기술 실증시설은 실제 환경에서의 유지보수 기술 및 철거 기술을 실증하는 분야로 외부 폐시설을 활용한 분산형 SOC실증인프라로 통합·변경
  - 국토교통R&D 및 신기술을 실증할 수 있는 부지 확보의 어려움으로 사업화가 지연되는 애로사항이 제시되고 있어 신기술 및 R&D Test-Bed 환경 제공방안을 포함
- 1단계로는 제로에너지 빌딩 종합성능실증시설, 스마트 도시물순환 종합실증시설, 실대형 구조물 내진성능 실증시설, 분산형 SOC실증인프라, 신기술 및 R&D 부지·환경제공

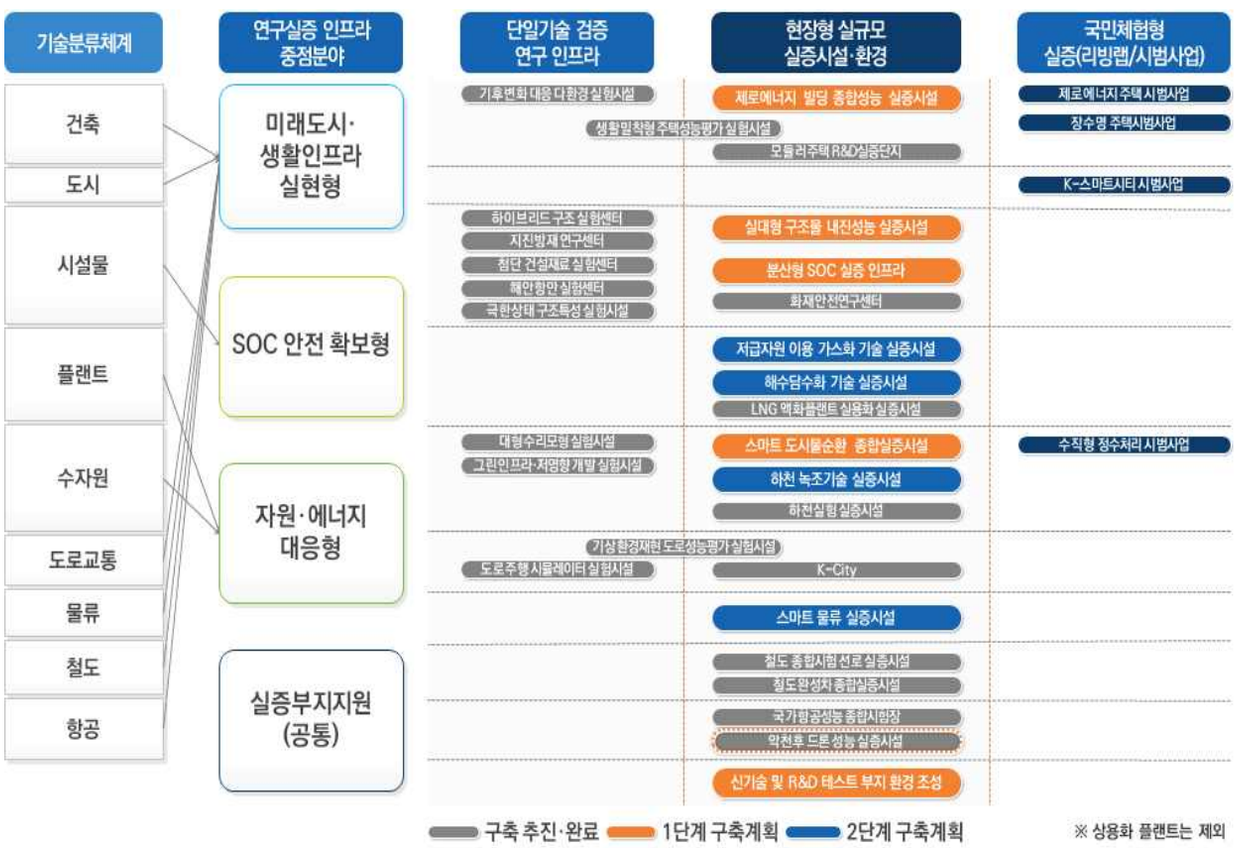


[그림 3-30] 핵심 실증시설 도출 및 구축 계획



국토교통 실험·실증 연구인프라 종합로드맵 수립

- (국토교통 실험·실증 연구인프라 구축지도) 국토교통 신기술·R&D의 실용화·사업화 등 성과확산 및 선진국 수준의 기술력 확보를 통한 국민생활 안전 실현과 기술가치 창출을 목적으로 로드맵 수립
  - 국토교통 R&D로 추진된 국토교통연구촉진사업 및 기술개발사업은 부재·요소기술을 단일규모로 검증하고, 개발기술의 상용화로 지속적인 기술검증이 불가능함에 따라 현장형 실규모 실증시설·환경 구축
  - 기존 인프라사업은 단일기술의 검증 위주로 대형실험시설을 구축하였지만, 최근 K-city, 철도 종합선로 종합실증시설 등 현장형 실규모 실증시설·환경을 통해 융복합·시스템 환경하에서 개발기술을 실증하는 형태로 트렌드 변화
  - 국토교통 실험인프라와 실증인프라간의 연계성을 고려한 국민체감형 실증인프라 구축 로드맵을 수립하고, 구축 사업은 총 2단계로 추진하는 계획 수립



[그림 3-31] 국토교통 실증인프라 종합로드맵 수립

제3절 비전 및 목표

1. 정의

- (사업 정의) 본 사업은 국토교통 R&D 기술*의 빠른 실용화와 미래 신산업 창출을 위해 실제 또는 유사 환경에서의 현장 검인증과 R&D 정책·제도개선 등을 지원할 수 있는 실증기반의 첨단 융복합 연구인프라 구축사업

  * 국토교통기술은 사회안전망과 산업의 기본인프라를 제공하는 공공기술로서, 안전성과 경제성에 대한 실증이 이루어지고 법·제도적 기준을 만족하여야만 시장에 반영될 수 있음

- (국가 첨단인프라 종합실증단지) 현장·환경 기반의 융복합·시스템 기술의 실험·검증을 통해 기술실용화를 지원하는 연구인프라



[그림 3-32] 종합실증단지 조감도

2. 비전 및 목표

◎ **[비전]** 본 사업은 국가 R&D 및 기업이 개발한 기술의 실증을 지원하는 **연구인프라 구축사업**으로, "**실증기반의 기술 혁신을 통한 국민 체감형 사회적 이슈 해결 및 미래 신산업 창출**"을 중장기적 비전으로 설정함



[그림 3-33] 종합실증단지 비전 및 목표

◎ **[목표]** 현장 적용이 필수적인 국토교통 R&D · 신기술에 대한 체계적인 검 · 인증 및 실용화 지원을 위한 실증인프라 · 환경 조성하여, 이종 산업간 연계 · 공동활용이 가능한 연구인프라 · 실증환경 제공을 통해 개발 기술의 빠른 상용화, 실용화 촉진

– '기술–시장' 연계 선순환형 종합실증단지 구축

– R&D 성과의 테스트베드 및 신기술 시험시공 지원을 위한 현장기반 실증환경 조성

– R&D 연구장비 집적화를 통한 관리 효율화 및 공동활용 활성화

☞ 종합실증단지를 통한 사업효과 및 기술경쟁력 변화 전망

* 국토교통R&D 기술실용화율 향상 : 27.8% → 60%(↑) (KAIA 성과현황 분석, '17.09)

* '연구개발–실용화' 기간 단축 : 7.1년 → 4.2년(41% 단축) (VC10 성과분석 결과)

* 세계적 선도기술 확보 : 3개 분야(제로에너지건축, 물순환관리, SOC안전)

* SOC · 도시인프라 · 재해 불안감 저감 : 34.9%('15년) → 30%(↓) (사회안전에 관한 인식도, 통계청, 2016)

* 국토교통 연구시설 · 장비의 공동활용허용율 제고 : 32.8%('15년) → 80%(↑)

제4절 사업 추진 체계 및 전략

1. 사업 추진 체계

“국가”를 사업수행 주체로 하며, 효율적인 구축 및 운영관리를 위해 단계별 계획 수립

- (구축단계) 대단지 부지 확보 필요로 “국가–지자체” 공동추진
- (운영단계) R&D연계, 연구시설·장비 공동활용 및 신기술 지원 관점에서 국가에서 운영·관리(위탁) 필요
- 사업진행절차 및 일정 : 1단계 5개 과제 우선 추진(5년)
  - (사업 구성 및 운영체계) 사업추진의 일관성을 위해 “사업단”으로 추진
    * 사업단내 ①구축 총괄 및 운영관리(운영모델 및 전략수립), ②시설 구축 및 장비 도입 등 세부 체계로 구성됨



[그림 3-34] 종합실증단지 구축 추진 체계

- (추진주체 간 역할분담 및 연계방안) 사업단을 중심으로 실증시설 · 장비 구축 및 도입, 운영시스템 구축, 운영모델 · 전략수립 등의 역할별 협력연구기관을 구성하며 종합실증단지를 성공적으로 추진

  * 협동연구기관은 실증 · 지원시설별 전문기관으로 구성하여 조직화하고, 사업단에서 중장기전략 로드맵을 수립하여 총괄 · 운영관리 할 수 있도록 유기적인 협력 관계 필요

  – (국토교통부) 사업 기본계획 수립, 사업관리, 법·제도 근거마련 등 사업 추진주체로서의 역할

  – (국토교통과학기술진흥원) 사업 시행계획수립, 사업단 선정, 사업 진도 및 성과 관리 등 역할

  – (주관연구기관) 사업단 총괄담당자의 역할로 협력연구기관 관리, 구축 총괄 및 운영계획 수립, 홍보 등

  – (협동연구기관) 장비 도입, 기존 시설 연계, 운영관리 시스템 구축 등 실증시설·장비 설계 및 구축

  – (전문가 협의체) 산·학·연·관 기술수요를 효율적으로 반영하고, 성공적으로 구축할 수 있도록 분야별 전문가 협의체 및 총괄 자문위원단(기술·정책·경영·회계·법률·조달 등)을 구성

  – (협력기관 및 지자체) 장비도입심의 지원 및 사업부지 인허가 추진전략 등 협력

2. 사업 추진 전략

국토교통 실험 · 실증 연구인프라 추진 전략

- 연구인프라는 R&D의 기술적 성과, 경제적 성과 등의 성과활용 및 확산을 도출하기 위한 기반시설임
  - 새로운 기술발전 및 핵심가치를 창출하고, 기술의 불확실성을 감소 유도로 기술의 경제성, 내구성 등 기술적 가치를 확산
  - 기술 실용화 전 과정의 핵심 요소로 R&D 투자 생산성 향상 및 잠재기술의 상업화 유도
  - 연구인프라의 실질적인 운용주체인 장비전문기술인력 부족 및 연구종료 후 실험시설 방치 등의 사유로 고가 연구장비의 안전적인 운영 및 활성화 저해
  - 국토교통 차원의 실험 · 실증 연구인프라 로드맵 부재로 투자 우선순위에 따른 전략적 투자 곤란
- 국토교통기술의 선진화 및 미래이슈 해결을 위한 실증인프라의 사업로드맵을 마련하고, 중장기적인 투자전략 하에 2단계 추진계획을 수립
  - (1단계) 실증인프라 3개 시설, 신기술 · R&D 지원 인프라 2개 총 5개 인프라 추진을 목표로함
  - (2단계) 스마트 물류, 하천녹조, 해수담수화, 저급자원 이용 가스화 실증인프라 4개 시설 구축
- 체계적인 실험 · 실증 인프라 구축을 통한 국토교통R&D의 효율적 예산투자 및 기술혁신으로 건강한 국토발전 지향
  - 미래사회 및 현안 이슈에 근거한 사업로드맵 구축으로 국토교통기술 발전의 저해요인 해소
  - 국가–기업–국민 모두가 안정적 · 경제적 효과를 창출할 수 있는 기반 조성으로 국가경쟁력 증대

중점분야	1단계 구축 ('20~'24)	2단계 구축 (미정)
미래도시 · 생활 인프라 실현형	제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설	스마트 물류 실증시설
	스마트 도시물순환 종합실증시설	
SOC안전 확보형	실대형 구조물 내진성능 실증시설	하천 녹조기술 실증시설
자원 · 에너지 대응형		해수담수화 기술 실증시설
		저급자원 이용 가스화 기술 실증시설
실증부지지원 (공통)	분산형 SOC 실증 인프라 (폐시설 이용)	
	신기술 R&D 테스트 부지 환경 조성	

→ 국토교통연구 실증인프라 구축 완성

[그림 3-35] 종합실증단지 사업 로드맵

국토교통 실험·실증 연구인프라 구축 전략

- (종합실증단지) 본 사업으로 추진하는 핵심 인프라 이외에 신기술 및 국토교통 R&D로 구축하는 인프라를 종합적으로 구축하는 계획 수립
  - (기 구축·구축중인 연구 인프라) 대형실험인프라(12종)와 현재 구축하고 있는 인프라(K-City, 철도 종합선로, 국가항공성능 종합시험장 등)와의 연계성, 활용방안 등을 고려하여 추진
  - (구축 예정 연구 인프라) 국토교통R&D의 약 6%를 연구인프라 구축 예산으로 투입하고 있어 인프라의 공동활용 및 연구의 지속성 등을 고려하여 집적화 단지내 구축 추진
- (분산/집적을 고려한 구축전략) 단계별 구축전략 수립시 신규시설, 기존의 시설과의 연계성 등을 고려하여 중앙 집적형 및 지역 거점형 분산방식으로 추진
  - (중앙 집적형) 국토교통 산업과 관련 기술개발 및 사업화 지원시설 등 개발기술의 실증화를 지원하기 위한 대규모 실증화 집적단지로 추진
    * 종합실증단지는 국토교통R&D 실험·실증 연구인프라를 총괄하는 컨트롤 타워 역할
  - (거점 집적형) 국토교통 실험·실증 인프라를 기반으로 산업·기술 등이 타 지역에 비해 활발하게 이루어지고 있는 특성을 고려하여 지역 거점화 단지로 추진
- 본 사업으로 추진하는 핵심 실증인프라는 중앙 집적형으로 추진하고, 기존 시설(지역분산)과는 물리적 네트워킹을 통해 원격실험이나 관찰 등을 제공할 수 있는 Grid 시스템을 구축
  - 국토교통 연구 인프라에서 생성되는 실험데이터를 DB화하여 연구의 지속성 및 Reference로 활용



[그림 3-36] 국가 첨단인프라 종합실증단지 구축 전략



종합실증단지 부지선정 전략

단 계	추진 방안	고려 사항
1안	(대단위 부지 선 확보) 단지형 추진	미래확장성 고려, 공동활용 강화, 운영효율화
2안	(대단위 부지 미 확보) 분산 · 분리 구축 추진	기존 국토교통 대형실험시설 분산 공유 연계

- **종합실증단지는 국토교통 전반의 기술 · 산업 성과물의 실증 · 검인증을 수행하는 단지구축을 목표로, 국토교통 종합실증단지 역할 및 기술 특성을 고려한 적합한 부지 선정**
  - (역할) 종합실증단지는 국토교통 신기술 · R&D 성과물에 대한 검 · 인증 및 실증환경 부지 제공, 대국민 및 해외 바이어 대상 홍보/교육 등 실험 · 실증 연구인프라 기반의 서비스 제공
    * (공동활용) 국토부/타부처, 민간 100% 개방으로 융복합 · 신산업 등 혁신기술 창출
    * (기술 · 제품 표준 지원) 국토교통기술 시험정보 및 기술 · 제품 표준화 지원
    * (제도적 지원) 개발기술의 상용화 촉진 및 시험산업의 육성 지원
  - (기술 특성) 국토교통 분야의 기술적 특성은 SOC 인프라 건설 및 해체 · 철거, 첨단 교통시스템 운영 · 관리로 대규모의 부지 및 소음 등 다양한 환경적 조건을 동반함
    * SOC 시설(교량, 터널, 도로 등) 시공위주의 기술로 실증실험시 대규모의 부지가 소요 및 주변 환경(소음, 진동, 미세먼지 등)에 영향을 미치는 특성을 지님

- **국토교통 대형실험시설, 국토교통 R&D 연구시설 및 Test-bed 등을 포함하는 종합실증단지의 부지여건은 기술적 조건, 입지적 조건, 사회적 여건 요인을 고려한 선정 필요**
  - (기술적 조건) 동 사업에서 계획한 실증인프라 이외 국토교통 R&D · 신기술로 개발되는 성과물의 Test-bed 구축 및 실증기간 등 확장가능성을 고려한 대단위의 부지 확보
    * 종합실증단지 구축 후 국토교통 R&D · 신기술 성과의 reference로 활용하고, 새로운 미래 신기술을 충분히 실증할 수 있는 확장성이 가능한 부지 확보
  - (입지적 조건) 국토교통 R&D · 신기술 수요자의 실증시험 및 해외 바이어의 시연 · 견학을 위해 접근이 용이한 부지 확보
    * 산 · 학 · 연 · 관 국토교통 관계자들과 해외 바이어의 접근성 향상을 통한 홍보 강화 및 연구인프라 기반의 전문인력 양성 등 다양한 서비스 제공 활성화
  - (사회적 여건) 국토교통 기술의 특성상 성과물의 실험 · 실증시 소음, 진동, 분진, 낙하물 등 인근 주거지역에 영향을 최소화 할 수 있는 부지를 선정
    * 진동, 소음 등 환경적 민원 발생, 물리적 위험성 등을 고려한 주거시설과의 일정 간격 필요

- **종합실증단지는 해당 실증시설뿐만 아니라, 신기술 시험시공 및 R&D 성과의 T/B 현장제공까지 고려할 때 대단위 부지(약 25만평) 필요**
  - 지자체의 다양한 클러스터 및 실증단지 조성사업을 계획하고 있고, 새만금 개발사업*을 적극 추진하고 있어 이와 연계한 중앙정부-지자체 공동추진 가능성 검토
    * '산업연구용지', '국제협력용지' 조성과 연계한 국토부 차원의 전략적 추진계획 수립
    * 국가 주력산업 및 신성장동력 산업과 관련된 연구시설 집적화로 연계활용 가능

국토교통 실험·실증 연구인프라 활용도 제고 전략

종합실증단지 실험·실증 연구인프라 활용도 제고를 위한 구축 및 중장기 운영·활용 단계로 구분하여 추진전략 및 계획을 수립

– (구축단계) 종합실증단지 구축사업을 통해 고도화된 실증시설을 구축하고, 전문화된 전문인력 양성

– (중장기 활용 단계) 종합실증단지 인프라 기반의 국토교통 기술·산업 선진화로 사업성과 확산 및 글로벌 경쟁력 강화 위한 활용전략 수립

단 계		주 요 계 획
1단계 (구축단계, 5년)		· 종합실증단지 기본인프라 구축 · 핵심 실증시설 설계 → 구축 → 시험운영 · 운영·관리 전략 수립
2단계 (운영·활용 단계)	중기활용 (성장기, 5년)	· 실용화, 해외시장 진출을 위한 프로그램 개발 · 실증시설을 통한 주요 성과 활용 전략 수립 · 건설교통 신기술 검인증 지원 프로그램 개발 · 국토교통 R&D–표준화 연계, 인증 프로그램 개발 · 정책수립 지원, 기업 지원을 위한 DB 구축 · 실증실험 DB 구축 및 활용 방안을 수립하여 국토교통 R&D의 성과 제고를 위한 기반 구축
	장기활용 (안정기, 5년)	· 대국민 인지도 제고를 위한 홍보 프로그램 운영

신기술의 현장시험시공 활용도 제고를 위한 정책적 연계 시나리오 마련

– 국토교통 신기술 현장적용 및 평가 등 일련의 체계를 국가 주도로 일원화함으로써 기술의 안전성 및 신뢰성 확보

– 국가 주도로 신기술을 전담함으로써 신기술 현장 확보가 용이하고, 기업의 비용 부담 축소로 사업화 기간 단축 및 산업 경제 활성화 유도

– 신기술의 현장시험시공 활용도 제고를 위해 건설·교통 신기술 시험항목을 조사하여 다양한 현장을 조성하고, 외부 시설 확보로 국가 주도로 실험·평가할 수 있는 기반 마련

공공기술 성과물 검증 및 국가기준 반영 등 비스니스 체계 확보

– R&D 성과물을 SOC시설물에 적용하기 위해서는 실규모의 실증 검증 및 평가는 필수적으로 전문성과 책임성 기반의 검증기관 확보

– 종합실증단지는 R&D·신기술 성과물의 국가기준 반영 및 사업 적용을 위한 가교* 역할 수행

* 실제상황과 유사 동일한 실증환경에서 검인증 제도를 체계화하여 불필요한 절차 및 신기술 도입시기 단축 등 신뢰성이 답보된 검증체계로의 체계 개편으로 산업 현장에서의 활용 촉진

– 본 사업으로 구축하는 인프라를 이용하여 R&D 성과의 검증 평가의 역할과 기능을 수행하고, 성능기준 시방 및 설계기준의 국산화를 유도하는 등 고부가가치 기술 창출



타부처 및 타산업 연계 · 협력 네트워크를 통한 활용도 제고

- 국토교통 기술 · 산업 특성상 국민의 생활과 매우 밀접한 관계를 지니고 있어, ICT · IoT · Big-data 등 4차 산업 혁명과 관련된 산업과의 연계 · 활용 전략 수립
- 1단계 실증시설 구축사업과 관련된 타 부처 · 산업간의 연계 · 협력 네트워크 구축을 통해 Innovation Open Platform 형태로 운영함으로써 융 · 복합 혁신기술 창출
- 타 산업과의 공동활용을 위한 프로그램을 기획/운영하여 실증시설 활용율을 강화하고, 기술간 연계로 새로운 기술을 창출하는 등 융 · 복합 연구 활성화

국제협력 · 공동연구 R&D 연계를 통한 국가 실증 HUB화를 통한 국제적 연구역량 강화

- 국토교통연구개발촉진사업 내 '글로벌 협력연구' 분야와 연계 추진
- 선진국 및 개도국/후진국과의 맞춤형 실험 · 연구 인프라기반의 협력모델 개발
- 국토교통 종합실증단지 조성과 연계해 국가 차원의 관련산업의 협의체를 구성하여 국가의 국토교통산업의 역량을 결집하는 체계 마련
- 해외 기업 · 연구기관을 대상으로 국내 우수기술을 시연 · 홍보하여 국내 기업과의 MOU 체결 등 지원 프로그램 추진
- 해외 바이어 연수 프로그램을 통해 국토교통 신기술에 대한 글로벌 입지 확보 및 해외 진출 기반조성

국토교통 연구 · 실증인프라 투자 및 운영 · 관리 효율화 전략

- 국토교통 R&D 사업체계와의 연계로 실증T/B의 공동 활용도 제고
- 과제 종료이후 T/B를 지속적으로 공동 활용할 수 있는 제도 마련으로 R&D 예산 절감
- 종합실증단지의 체계적인 운영 · 관리를 위해 R&D 전문기관이 총괄 운영 · 관리하며, 기술적 전문성을 고려한 실증인프라는 위탁관리 형태로 추진하여 효율성 제고

  * 효율적 운영 · 관리를 위한 전담조직 구성하고, 관련 법 · 제도 마련

중소기업 등의 기술실용화 · 사업화 지원을 위한 활용 전략

- 국내 중소기업의 영세화로 글로벌 시장 진출에 필요한 기술적 · 인적 능력이 부족하고, 이를 극복할 수 있는 기술이전이나 기술지원 체계 마련
- 국토교통 관련 중소기업 창업 및 비즈니스 지원 사업 등과 연계한 실증 지원 강화
- 시험시공 현장을 성과물의 사업화를 위한 reference로 제공하고 신기술 홍보가 가능하도록 지원

제 4 장

실험시설 상세계획

제4장 실험시설 상세계획

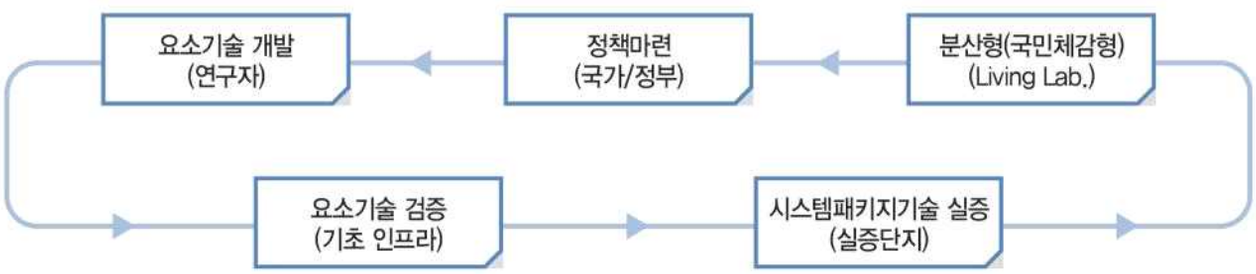
제 1 절 실증시설 구축 개요

1. 중점분야 실증시설 추진 방향

■ 국토교통 첨단융합형 종합실증단지 특성을 고려한 실증시설 추진 방향 정립

- **(R&D 연계)** 국토교통 R&D 사업 · 관리체계 개편, R&D종합계획의 혁신전략을 반영하여 "글로벌 수준의 실험 · 실증인프라 구축"으로 국토교통 R&D의 연구개발 생태계 및 글로벌 기술경쟁력 강화 기반 조성
- **(분산 · 집적)** 국토교통 R&D 기술 실증단계*를 고려하여, 기존 국토교통 대형연구인프라(12종) 및 시범사업(리빙랩) 인프라를 지역거점형으로 연계하고 신규 종합실증단지(현장 · 환경형)를 중앙집적형으로 구축 추진

* R&D · 기술 실증 단계 : 요소기술 검증 → 현장 · 환경 실증 → 국민체감형 시범사업



[그림 4-1] R&D·기술 실증 전략

- (사업 추진) 국토교통기술의 선진화 및 미래이슈 해결을 위한 종합실증단지 조성은 2단계로 추진하되, 본 예비타당성 조사는 1단계 5개 중점분야 우선 추진

2. 중점분야 및 실증시설 구성

■ 종합실증단지 세부과제는 3개 실증시설 구축과 2개의 실증환경조성 과제로 구성됨

성과 목표	사회 · 경제	정 책	과학기술
	• SOC시설 국민안전 인식도 저감(현 50%→30%) • 도시 물부족 · 수재해 방지 • 국민경제 발전 및 국민 삶의 질 향상 • 현장 · 실증기반의 신뢰성 있는 기술 검인증으로 시장 진출 지원(국토교통 글로벌 경쟁력 강화	• 건축부분 국가 탄소 저감 35% 달성('30년) • Zero Energy 건축물 의무화(공공 '20, 민간 '25) 대응을 위한 관련기술의 신뢰성 제고 • 도심 물순환 → 도시재생 및 물순환 건전화 실현 • SOC시설물 복구, 유지보수 비용 절감 가능	• 세계적 Top 기술분야 3개 달성(현 69.5% 수준) • 연구개발-실용화 기간 단축(7.1 → 4.2년(41%)) • 사업화 · 실용화율 확대(현 25% → 60%) • 현장, 검인증 제공으로 건설 · 교통신기술 개발 활성화 • 미래핵심기술에 대한 검인증으로 신부가가치 창출

실험 · 실증기반의 연구인프라 환경 조성

중점 분야 1	실증시설 ① Zero-Energy 빌딩 종합성능 실증시설 ② 스마트 도시물순환 종합실증시설 ③ 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설
중점 분야 2	지원시설 ④ R&D 연계활용 분산형 SOC 시설물 테스트베드 조성 ⑤ R&D 및 신기술 실증 테스트베드 부지·환경 조성

3. 세부과제 추진 목표 및 내용

[표 4-1] 세부과제별 개요

중점분야	정 의	구축 내용
1 제로에너지 빌딩 종합실증시설	· 에너지소비를 최소화(패시브)함은 물론 에너지를 생산(액티브)하여 건물의 에너지 소요량을 제로로 하는 제로에너지 빌딩 기술을 종합적으로 평가할 수 있는 실증시설	· 제로에너지 기술 종합실증 빌딩 – 오피스형 건축물(고층형 포함) 단위 종합실증 – 건물에너지관리시스템 종합실증(시험&에뮬레이션 연계) · 건축물 유형별(3 Type/3개 건축물) 제로에너지(Passive/Active) 제품·기술 종합실증 – 공공시설형(1), 공동주택형(1), 단독주택형(1) * 대표적인 건축물 유형인 단독/공동주택(주거용) 및 공공시설(상업용) 선정(용도별 건축물 분포현황, 국토교통부, 2016)
2 스마트 도시물순환 종합실증시설	· 도시물순환 요소기술의 통합관리 시스템을 구축하여 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영·유지관리 효율성 등을 실증할 수 있는 실험시설	· 스마트그린인프라 실증시설 – 건물형 그린인프라, 도시형 그린인프라, 생태형 그린인프라 실증시험시설과 통합모니터링시스템 · 스마트워터그리드 실증시설 – 다중수원 활용 지능형 물공급 실증시설 및 관망 인프라 모니터링 실증시설
3 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	· 실규모 건축물(SOC시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설	· 1,000톤급 3자유도 초대형 진동대 · 200톤급 6자유도 대형 진동대
4 R&D 연계활용 분산형 SOC시설물 테스트베드	· 전국에 분산된 미사용(폐기) SOC 시설물을 R&D·신기술 개발 및 실증에 활용하기 위한 분산형 Test-bed 인프라	· 교량, 터널, 사면 등 미사용 SOC시설물을 R&D 실증 및 신기술(보수·보강 등) 현장적용 환경 제공 – 폐교량, 폐시설물을 확보→관련 기술 개발자에게 Open Lab 개념으로 개발기술을 적용, 실증, 시험시공 등을 실험하기 위한 실증환경 제공
5 R&D 및 신기술 실증 테스트베드 부지·환경 조성	· 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축 및 건설·교통신기술의 현장 시험시공을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공	· 종합실증단지 내에 R&D Test-bed 및 신기술 현장적용을 위한 부지·환경 제공

제 2 절 제로에너지 빌딩 종합실증시설

1. 개 요

1.1 정의 및 목적

■ **[정의] 에너지소비를 최소화(패시브)함은 물론 에너지를 생산(액티브)하여 건물의 에너지 수지(Balance)를 제로로 하는 제로에너지 빌딩 기술을 종합적으로 평가할 수 있는 실증시설**

'제로에너지빌딩'은 사전적으로 사용에너지(–)와 생산에너지(+)의 합이 0이 되는 건물(Net Zero)이나 현재의 기술수준·경제성 등을 고려하여 정책적으로는 **에너지 소비를 최소화(90%감축)하는 건축물(Nearly Zero)을 제로에너지빌딩으로 추진**

- (Passive) 고단열 · 고기밀 외피 및 차양 등의 건축요소를 통해 건축물의 에너지성능 극대화
  * '09년 난방에너지 기준 기존 건축물 대비 10%수준 절감
- (Active) 태양광 · 지열발전 · 연료전지 등 신재생에너지 시스템으로부터 건축물에 필요한 에너지를 조달



[그림 4–2] 제로에너지 빌딩 개념도

■ **[목적] 제로에너지 건축물 관련 기술(생산 · 소비 · 관리) 개발 및 인증기준 수립을 위한 종합적인 실증환경을 제공함으로써 제로에너지 기술의 종합성능 검인증 체계 마련 및 제로에너지 건축물의 보급 · 확산에 기여**



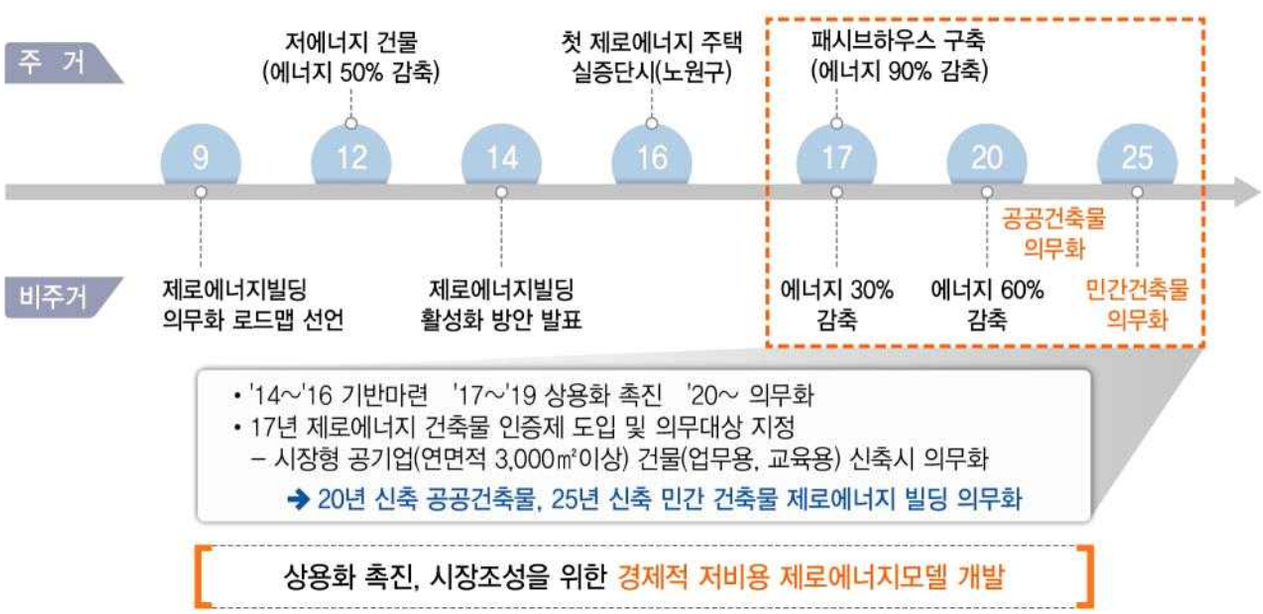
[그림 4-3] 제로에너지 빌딩 종합실증시설 개념도

1.2 배경 및 필요성

1.2.1 정책적 필요성

○ 정부의 제로에너지빌딩 의무화 정책*에도 불구하고 관련 기술·제품에 대한 실증 환경(인프라) 및 시험규격 부족으로 민간시장 활성화가 매우 더뎌, 정부차원의 실증 reference 제공으로 민간의 기술개발 및 적용 촉진 필요

* 공공분야 2020년, 민간분야 2025년까지 제로에너지 건축물 의무화



[그림 4-4] 제로에너지건축물 로드맵

○ 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지건물 의무화를 위하여 2009년 11월 제 6차 녹색성장위원회에서 제로에너지 건축물 도입 로드맵 수립, 2012년 에너지 저소비형 주택(냉난방에너지 50%절감), 2017년 패시브

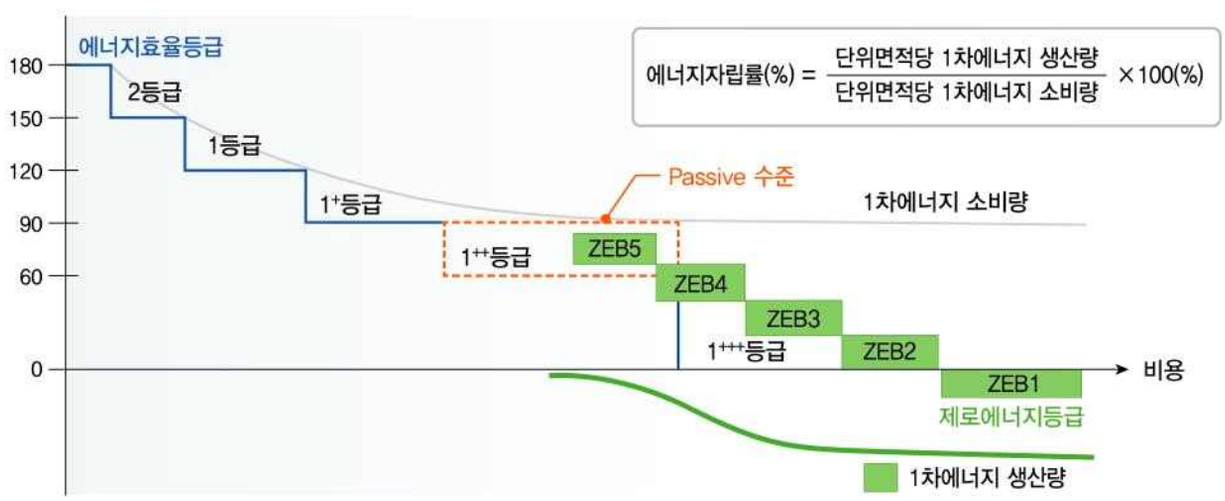
하우스(냉난방에너지 90%절감), 2025년 제로에너지 하우스를 목표로 로드맵을 세웠으며, 2020년에는 공공부문의 제로에너지 빌딩 의무화, 2025년에는 민간부문의 제로에너지 의무화를 목표로 함



[그림 4-5] 국가 건물에너지 절감 강화 정책 현황 및 전망

○ 현재는 설계에 기준한 제로에너지건축물 인증으로 인센티브(용적률 등) 제공을 통해 민간의 자발적 확대를 추진하고 있으나 초기 공사비 상승(23.9%) 및 투자비용 회수기간(10.6년)이 매우 길어, 경제성·효율성 향상을 위한 지속가능한 실증 R&D 투자가 절실

* 제로에너지건축물 인증제 시행('17년) : 건축물 에너지소요량과 모니터링시스템(BEMS 등)이 설치된 건축물 대상으로 신재생에너지를 통한 에너지 자립률을 기준으로 5개 등급으로 평가 → 운영·인증기관 추진



[그림 4-6] 제로에너지건축물 등급 수준

– 또한, 국토부는 주거복지 실현을 위해 국민체감형 제로에너지 주택단지를 조성(서울시 노원구*, 임대주택 121세대 등)하는 등 시범사업을 지속 확대하고 있으나, 새로운 기술개발에 대한 피드백이 불가능해 많은 연구자들이 연구·환류형 실증단지의 필요성을 강조

* 노원구 제로에너지주택 실증단지는 실거주자가 입주하여 생활하는 실증단지로 구축시 신기술 적용이 불가능하였으며, 축적되는 실증DB에 대한 연구자들간 피드백 체계 전무('17.08, 노원 책임자 인터뷰)

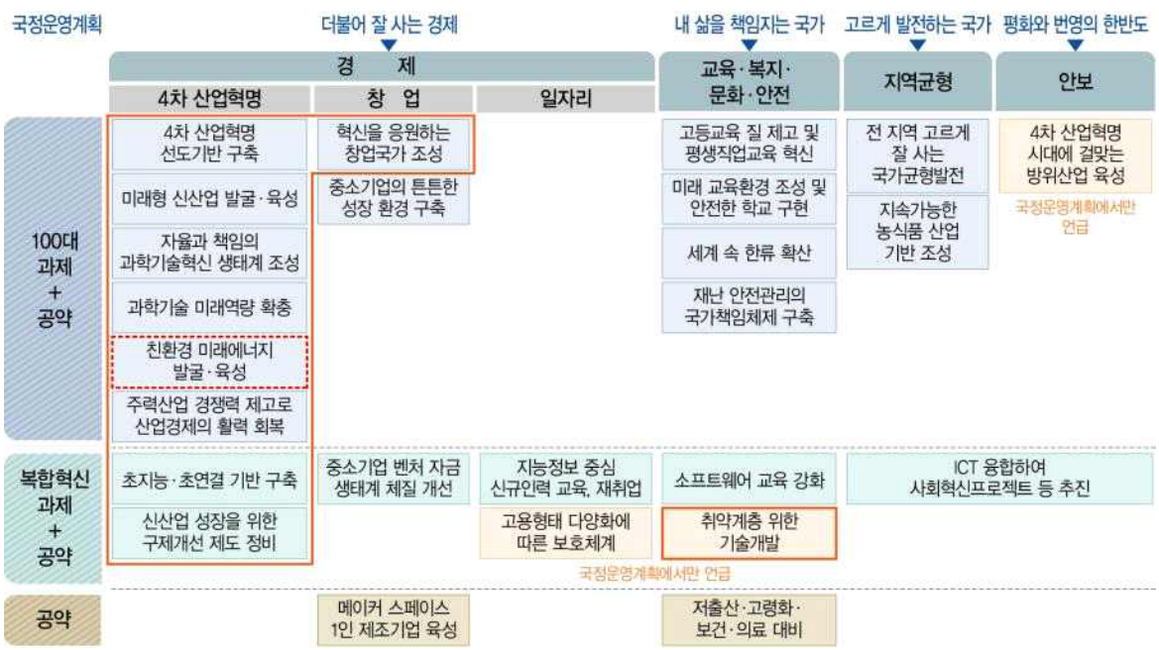
○ 정부는 미래 먹거리 창출을 위해 부처별 핵심사업을 신사업으로 지정하여 운영중이며, 그 중 제로에너지빌딩 분야는 부처간 융합을 통해 제로에너지빌딩의 보급 및 활성화라는 공동목표 달성을 위해 추진중



[그림 4-7] 제로에너지빌딩 다부처 공동 사업

○ 현 정부의 에너지 정책에 부응하고 에너지 비용 절감을 통한 국민 복지향상 및 쾌적한 공간 구현에 기여

* 문재인 정부 100대 국정전략 중 “친환경 미래 에너지 발굴 · 육성” 등 7개 전략과 부합
* 쾌적한 低에너지비용 생활환경에 대한 사회적요구 증가: 에너지효율 인증건물 만족도 83%('14.11, 감정원)



[그림 4-8] 문재인 정부의 과학기술 혁신정책 관련 주요 국정과제

○ 대부분의 선진국*은 '20년 Nearly Zero Energy Building 수준의 의무화 추진

* (영국) '16년부터 모든 신축 주거용 건물에 Toward Zero Carbon 기준 적용('18년부터 Net Zero Carbon 기준 적용), '19년부터 주거용 건물을 제외한 모든 신축 건물에 Net Zero Carbon 기준 적용
* (독일) '16년부터 공공건물 대상 Nearly Zero Energy Building 규모에 따라 단계적 권고('18년부터 일반건물 단계적 권고)
* (스위스) '18년부터 모든 신축건물을 Nearly Zero Energy Building으로 건축

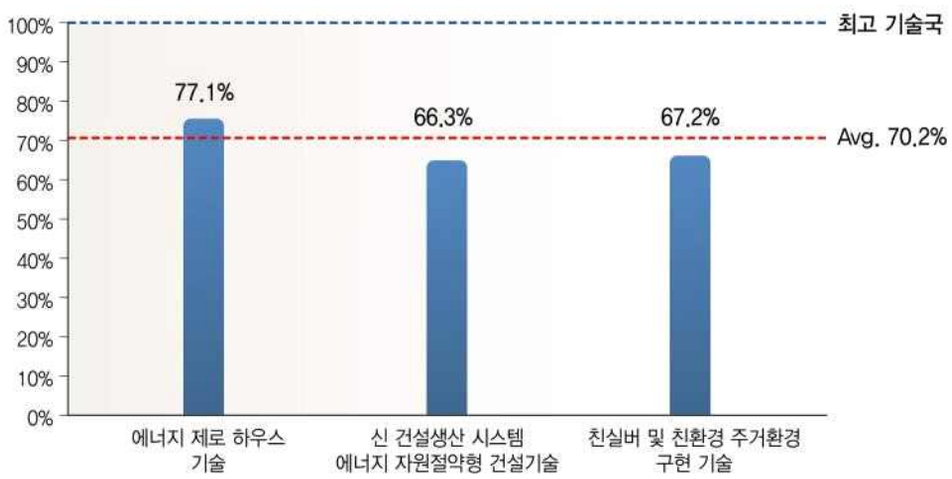
* (스페인) 모든 신축건물을 '21년부터 '06년 대비 에너지 소비량 85%감축하고, '20년까지 20% 신재생 에너지 보급
* (네덜란드) '19년부터 모든 공공 신축 건물 대상 Nearly Zero Energy 적용
* (미국) '30년부터 모든 신축 상업 및 연방 건물 대상 Net Zero Energy building으로 건축

1.2.2 기술적 필요성

◎ 제로에너지 건축 관련 고부가가치 기술의 설계엔지니어링 전문가, 시공 및 제로에너지빌딩 시스템 관리자 등 미래 세대를 위한 다양한 양질의 일자리 창출을 통해 도시·건축분야 국가 기술경쟁력 강화 필요

– 건축 환경·에너지분야 기술수준은 최고기술국 대비 평균 70.2% 수준*

* '에너지 제로하우스 기술'분야 기술수준 77.1%(최고기술국 EU)
* '신 건설생산 시스템 및 에너지·자원 절약형 건설기술'분야 66.3%(최고기술국 미국)
* '친환경 주거환경 구현기술'분야 67.2%(최고기술국 EU)



[그림 4-9] 제로에너지 관련 기술수준

※출처: 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

◎ 전세계 제로에너지건물 연 매출은 2014년 6.29억 달러에서 2035년 1.4조 달러로(Navigant Research, 2014) 확대될 것으로 전망됨에 따라, 기술·제품에 대한 성능 검·인증, 표준화 및 건물단위 종합 에너지성능 평가가 가능한 세계 최고수준의 제로에너지 종합실증단지 조성을 통해 고부가가치 新산업 선도 연구기반 마련 필요

◎ 강화된 국가 온실가스 감축목표*(COP21, '15.12) 달성을 위해서는 건물분야의 에너지 성능 개선이 매우 중요**

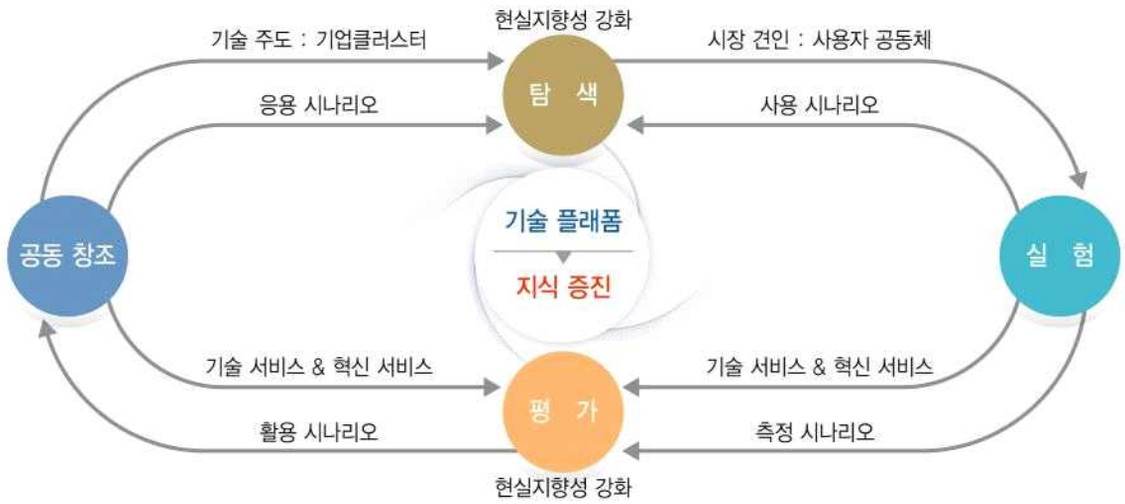
* Post2020: '20년 BAU 대비 30% 감축 → '30년 국가 BAU 대비 37% 감축(건물부문 목표: 18.1%)
** 건물분야는 국가 온실가스 배출의 25%, 에너지 소비의 20%를 차지→'30년까지 신축건물의 70%를 제로에너지화할 경우 13백만 톤의 온실가스 감축 및 연간 10만 명의 일자리 창출 가능
*** 국가의 온실가스 감축 목표 및 에너지 정책에 부응하기 위해서는 기 구축된 건축물(약 700만동(신축 비율 3%/년))의 제로 에너지빌딩으로의 경제적·효율적 전환을 위한 기술이 절실한 상황임

[표 4-2] '30년 제로에너지건축을 통한 온실가스 예상 감축량

주거용		비주거용		합계	
건물부문 BAU ($백만tCO_2$)	온실가스 감축량 ($백만tCO_2$)	건물부문 BAU ($백만tCO_2$)	온실가스 감축량 ($백만tCO_2$)	건물부문 BAU ($백만tCO_2$)	온실가스 감축량 ($백만tCO_2$)
86	5.43	111	7.54	197	12.97

◎ 정부는 공공주택, 공공건축 분야에 대한 제로에너지건축물 시범사업(리빙랩)*을 확대하고 있어, 이들 시범사업의 실증Data를 연구형 실증단지와 연계하여 기술이 빠르게 환류되고 리스크 관리가 가능하도록 실증 모니터링·DB 구축 및 서비스가 필요

* 서울노원 실증단지 임대주택('17.下,) 평택고덕 행복주택('20), 김포·오산 패시브 임대주택('18.下)
* 세종 선관위·경찰서 청사('19), 에너지자립학교(2개교, '18), 판교 창조밸리 기업지원허브('17.8) 등
* 리빙랩은 기술혁신과정에서 사용자의 적극적 참여가 이루어지는 사용자 주도 개방형 혁신 생태계로 혁신 주체간 활발한 상호작용이 전개됨



[그림 4-10] 기술융합 플랫폼으로서의 리빙랩과 그 구성요소

※ 출처: Pallot, M.(2009), Alcotra(2011)

◎ 2015년 기준, 에너지·자원 분야 정부 R&D 투자규모는 17,534억원으로 전체 R&D대비 9.3%수준으로 신재생에너지 및 에너지저장 등의 핵심기술 분야에 대한 투자는 활발하게 진행됨

– 정부 R&D 투자규모는 신재생 에너지(34.2%), 원자력발전(25.6%), 전력(13.7%) 등의 순

[표 4-3] 정부 R&D 투자규모

구 분	신재생 에너지	에너지 저장	전 력	온실가스 처리	자원개발	원자력 발전
정부투자(억원) (A)	5,992	875	2,396	584	834	4,495
민간투자(억원) (B)	10,115	2,678	10,960	566	1,069	10,271
B/A	1.7	3.1	4.6	1.0	1.3	2.3

◎ 최근까지는 「주택(단독/공동)」을 중점 대상으로 건물 에너지 기술 실증 지원 시험시설 인프라 구축 사업이 진행되었으며, 「업무용 건물」등 중·대규모 건축물에서의 Zero · Plus 에너지 건축물을 목표하는 Passsive/Active/ Renew Energy 요소 기술의 에너지 성능 및 건물 종합 에너지 성능의 검인증/실용화 지원을 위한 종합시험시설 기반은 전무한 상황으로, 이는 건축 환경·에너지 분야의 연구·산업 진흥 및 해외시장 진출의 약점으로 작용

– 현존하는 국내외 주요 실험시설은 요소기술 또는 소규모(주택) 단위에서의 건물 에너지 성능평가만 가능하거나 시범사업으로 한정되어 있음

– 실제로 구현되는 건축물의 종합성능 평가 및 전주기적 환경부하 절감을 위한 성능검증은 불가능하며, 시범사업인 경우 신기술의 적용이 불가능한 실정임

◎ 현재 패시브 제로에너지 성능실험은 단열재, 창호 등의 열관류율을 측정하는 수준의 부재단위로 시행중

– 제로에너지 건축물 시공 후 성능 기준을 만족하기 위해서는 단열재, 창호 등을 설치하기 위한 부자재(철골, 앵커 등)를 결합한 시스템 차원의 성능 검증이 반드시 필요



* 실제 부재단위의 성능 만족 후 시공된 건축물의 패시브 성능 측정결과 기준성능보다 미달되는 사례 多
* 국외 건물에너지성능 평가기준은 건물에너지소비에 대한 최소 충족조건 즉 부위별 사양기준과 건물 전체 에너지 소비의 상한에 대한 기준 즉 성능기준의 두 가지 기준을 설정하여 규정준수를 의무화 혹은 권장하는 방향으로 추진

– 시스템 차원의 성능 검증을 요구하는 발주처는 증가하는 추세이나, 시스템 차원의 종합적 실험이 가능한 시설은 전무한 실정임

* "노원구 제로에너지 시범단지"는 시스템 성능 검증을 위해 독일의 제로에너지 시험기관 의뢰 후 인증(PHI) 획득

◎ 정부는 모든 건축물에 대한 에너지 절약 설계기준 상향 조정 및 제로에너지 빌딩 의무화 예정으로 제로에너지분야 실증실험 수요는 급증할 것으로 예상됨

– 단열재 두께(125mm→190mm) 및 열관류율 기준(0.24→0.15w/㎡k)을 상향 조정 예정(2018.09)이며, 이에 따른 실증실험 수요 증가 예상

* "에너지 절약 설계기준 상향 조정으로 단열재 및 창호 등 건축자재의 하중 증가가 발생되며, 이를 지지하는 부자재 또한 바뀌어야 하는 상황으로 종합적인 시스템 성능을 검증하는 수요가 증가할 것으로 예상됨
* 현재 시스템 차원의 종합적인 실험이 가능한 시설의 부재로, 시공사에서 자체적으로 실검증을 해야 하는 상황이며, 이는 안전성에 대한 신뢰도 저하 및 시공비용 상승을 초래할 수 있음

– 2020년까지 신축 공공건축물, 2025년까지 신축 민간 건축물의 제로에너지 빌딩 의무화 예정으로, 기존 건축물의 리모델링을 통한 제로에너지 빌딩화가 예상되며, 이에 따라 대표적인 유형의 건축물(용도별 건축물 분포현황, 국토부, 2016)에 대한 제로에너지 실증수요도 급증할 것으로 판단됨("건축물 유형별 통합검증 Test-Bed" 설정 근거)

◎ 전 세계적으로 건축기술과 ICT기술의 융합을 통한 BEMS, BIM 관련 연구 지속 추진중

– 해외 BEMS 기술의 경우 OECD 산하 국제에너지기구(IEA)의 주요국을 중심으로 최적화 설계 및 제어기술, 고장 진단기술, 사후처리 기술 통합화 관련 연구가 진행 중이며, 일본에서는 이를 중소형 건물에 적용하기 위한 연구가 진행 중

– 건설업계에서는 BIM을 구현할 수 있는 소프트웨어 개발과 각 기업별로 특성화된 기능을 포함한 소프트웨어가 개발되었으며, BIM 기술에 시간과 비용의 개념을 고려한 연구가 진행 중

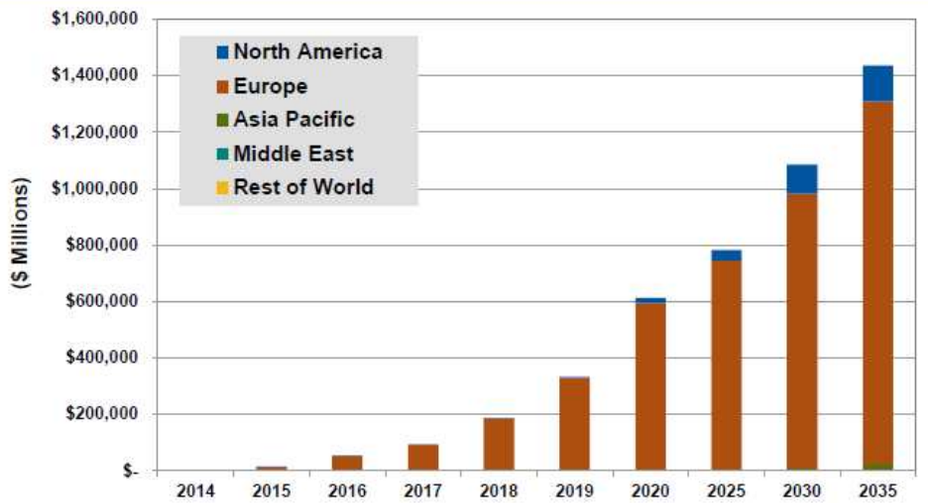
1.2.3 경제 · 산업적 필요성

◎ 전세계 제로에너지 건물 시장은 2018년 22조원에서 2035년에는 150조원의 시장 형성 예상(CAGR : 43%, Pike Research)[1)]

◎ 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 '11년 890억 달러에서' 18년 2,220억 달러 규모로 성장 예상

◎ 유럽의 녹색건축물 시장은 2015년까지 세계 녹색건축물 시장의 44.4%를 기여하는 것으로 예상되며, EU 집행위원회에서 2006~2020년 기간 대상의 Lead Market Initiative로 제시한 6개 선도시장 중 '지속가능한 건설 시장'과 '재생에너지 시장'이 2020년 가장 큰 시장규모를 가질 것으로 전망하고 있으며, 2020년 '지속가능한 건설 시장' 규모는 2006년보다 3배 이상 증가한 790억 유로로 전망

1) 국토교통과학기술진흥원, (2014), "창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략", 국토교통과학기술진흥원.



[그림 4-11] 글로벌시장에서 제로에너지 건물 매출액 전망(2014-2035)

※ 출처: Navigant Research, Zero Energy Buildings, 2014

- 유럽의 건축물 에너지관리 시장 규모는 '11년 81억 달러에서 '18년 196억 3,000만 달러 수준으로 증가 예상
  - Energy Saving Contract and Performance Contracting 시장은 전체 건축물 에너지관리시장에서 가장 높은 비중을 차지하며, 연평균 성장률 약 8.3%의 비율로 성장
  - Smart Grid 핵심기술인 AMI 시장은 연평균 성장률 26.9%로 급격한 성장이 예상
  - Building Automation Systems 시장은 연평균 성장률 3%로 비교적 꾸준한 성장이 예상
- 중국과 인도, 아시아 태평양 지역의 경우 녹색건축물 산업에서는 아직 초기 단계에 있으나, 녹색 건축물 시장이 급속도로 성장함에 따라 향후 관련 기술의 신흥 시장이 될 것으로 예측
- 도시로의 인구이동률 상승 및 정부의 에너지관리 강화, 전 세계적인 친환경 및 에너지효율 건물시장 가속화로 인해 국내 시장도 성장 예상
- 세계 BEMS 시장은 2015년 24억 달러에서 2024년 108억 달러로 연평균 18.2%씩 성장할 전망
  - BEMS(Building Energy Management System) 시장은 기술의 발전과 더불어 정부의 건물에 대한 에너지 규제와 에너지 공급사의 수요관리 의무화 등의 정책적 요인에 따라 시장 환경이 조성
  - 단기적으로는 현재와 같이 북미와 유럽을 중심으로 BEMS 시장이 성장할 전망이나 중장기적으로는 아시아 태평양 지역이 시장 성장을 주도할 전망
- 국내 에너지 효율화 빌딩 시장규모는 '11년 3.8조원에서 '20년 5조원 수준으로 성장 전망
  - '15년까지는 유가와 건물효율 원재료 부문의 가격 하락, 건설시장 성장의 둔화로 인해, 에너지 효율 건물 시장 성장률도 0.4%~2.8% 수준으로 분석
  - 건물 효율 향상을 위한 기술개발, 세금 및 보조금 지원, 건물효율 기준 강화 등 정부의 에너지관리 강화 정책은 에너지 효율 건물 시장의 성장을 촉진할 것으로 전망
- 제로에너지건축, 고성능 건축자재 등 건축분야 新시장 및 양질의 일자리 창출*을 통해 건축분야 국가 경쟁력 강화 필요

* 미국, 유럽에서는 녹색건축물 관련투자를 통해 350만명의 추가고용 창출('09, UNEP)



2. 국내외 기술 및 시장동향 조사

2.1 국내외 기술동향 조사

2.1.1 국내 기술동향

- 기존의 부분적 기술 또는 소규모(주택) 단위에서의 건물 에너지 성능평가 및 성능개선(Energy Retrofit) 평가 프로세스의 표준화 구축, 건물 에너지 성능평가, 에너지 성능 설계변수의 정량화, 에너지성능개선 의사결정 수단의 표준모델 구축 등 구조물 종합 열 및 에너지성능의 관점에서 연구개발은 다수 진행되어 왔으나, 「업무용 건물」등 중 · 대규모 건축물에서의 Zero · Plus 에너지 건축물을 목표하는 Passsive/Active/Renew Energy 요소 기술의 에너지 성능 및 건물 종합 에너지 성능의 검인증/실용화 지원을 위한 실제 규모 종합시험시설 기반은 전무함
- (시범사업) 제로에너지 주택(단독주택/공동주택) 및 단지 규모 차원의 시범사업들 추진(국토교통부)
  - 현존하는 국내외 주요 실험시설은 요소기술 또는 소규모(주택) 단위에서의 건물 에너지 성능평가만 가능하거나 시범사업으로 한정되어 있음
  - 실제로 구현되는 건축물의 종합성능 평가 및 전주기적 환경부하 절감을 위한 성능검증은 불가능하며, 시범사업인 경우 신기술의 적용이 불가능한 실정임

[표 4-4] 건축 환경 · 에너지 분야 주요 시험시설 구축 및 실증 사업 현황

추진 분야	국내 (국가 사업)		국 외
	연구인프라 구축 사업	Test-bed 구축 사업	
건축 환경 · 에너지	▸ 생활밀착형 주택성능품질 실험시설 (LH) ▸ 기후변화 대응 다환경 실험시설 (KCL)	▸ 제로에너지주택 실증단지(노원, 사업) ▸ 제로에너지하우스 시범사업 (한국에너지기술연구원) ▸ 서울에너지 드림 센터 ▸ 제로 카본 그린홈 공동주택 ▸ 과천 국립 과학관 에너지 플러스 하우스 ▸ 송도 힐스테이트 제로에너지 공동주택 시범사업 ▸ 사물인터넷 융복합 시범단지(노원, 사업)	▸ 에코타운 (일본) ▸ EnergyVille (벨기에) ▸ 환경파크 (이탈리아) ▸ 베링톤 제로에너지 생태주거단지 (영국) ▸ 라브리온 테크파크 (그리스) ▸ 스마트 시티 (스페인, 네덜란드, 오스트리아)
한계점	대상이 「주택」으로 한정됨 챔버 이용 축소모형 실험	주택 및 시범사업에 국한	시범사업에 국한

- 성능기반 설계를 구현하기 위해 사용자 삶의 질을 확보할 수 있는 구조물의 부위별 요구 성능 기준에 대한 많은 노력이 이루어지고 있음
  - 특히 건축물에 각 부처별로 주택성능등급제도, 친환경건축물인증제도, 건물에너지효율, 등급 인증제도, 지능형 건축물인증제도, 초고속 정보통신 건물인증제도 등이 시행
- 사회적 수요에 발맞춰 친환경/고성능 자재에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나, 사업화/상용화를 위한 성능 평가기술 및 공공성, 신뢰성 확보를 위한 평가방법/검인증체계 확립 및 인프라 구축 등에 대한 연구 미진
- 현재, 정부의 친환경정책에 의해 새로운 환경관련 산업 창출이 크게 증가하는 추세로 건축물에 대한 전생애 환경부하 절감 원천기술과 평가기술의 개발이 진행되고 있음
- 건물이나 건조물이 시방서에 따른 설계에 그치는 것이 아니라, 실제로 구현되는 종합성능을 평가하는 것이 중요시되고 있으나, 현재로서는 기술 단위의 개별 성능을 평가한 후 전체를 가늠하는 방식위주로 진행되고 있음
  - 미래 성능기반 건설시장을 확보하기 위해서는 각 요소가 결합한 상태에서의 종합성능평가가 필수적임



[그림 4-12] 제로에너지 관련 기술단위 설계항목

- 친환경 저에너지 건축에 사용하는 기술로 자연형 태양열 축열벽시스템, 슈퍼단열 외피시스템, 고효율 창호시스템, 태양광 발전시스템 등의 연구가 진행중이나 부재단위별 시험평가로 전체 시스템 단위 기술개발의 한계를 내포

2.1.2 국외 기술동향

- 건축설계, 엔지니어링 분야 중 '건축환경설비'와 관련된 산업은 미국, 서유럽, 일본 지역에서 84%를 차지하고 있으며 최근에는 아시아와 남미 지역의 환경 시장이 급격히 성장하고 있음 (건축도시공간연구소, "건축설계 · 엔지니어링 산업동향 조사 및 활성화방안 연구",2009)
- '건축 환경 · 에너지 분야'에서 외피시스템의 경우, 10년 후 48조, 15년 후 77조의 시장이 형성될 것으로 예측
  - 건물 에너지 분야의 대체에너지의 경우, 전 세계적으로 미국의 시장규모가 가장 크며, 일본도 국내규모와 비교하여 70~80배의 시장규모를 갖고 있으며, 앞으로도 꾸준히 증가할 추세
  - EU Energy Policies에 의하면 건축 설비 분야*는 향후 20년간 한해 평균 17%이상의 성장률의 보일 것으로 예상됨

  * 건축 설비 분야의 저에너지형 내부환경 조절설비 중 TABS는 10년 후 2.2조, 15년 후 3.5조의 시장이 형성될 것으로 예상되며 주거용 HVAC시스템은 15년 후 6.6조에 달하는 시장규모가 예측됨(Tech Canada, New Approaches to Economical Energy Efficient Buildings 및 Freedonia, World HVAC Equipment, 2006)
- 건물에너지성능 평가기준의 국외 추세를 살펴보면 건물에너지소비에 대한 최소 충족조건 즉 부위별 사양기준(Component standard)과 건물 전체 에너지소비의 상한에 대한 기준 즉 성능기준(Performance standard)의 두 가지 기준을 설정하여 규정준수를 의무화 혹은 권장하는 방향으로 추진되고 있음(공동주택의 세대위치별 열부하 특성분석, 대한건축학회 논문집)
- 미국, 유럽연합, 일본의 경우 범정부 차원에서 건축물 친환경/고성능/에너지절감 분야에 대한 다양한 기술개발을 진행하고 있음



– 건축재료 생산기술이 다양한 친환경성·고기능성 부여기술이 융합 플랫폼(Platform) 기술을 통해 건설산업 경쟁력의 핵심으로 등장

– 일본은 정부 프로젝트로 환경부하 저감형 건축구조물 기술, 에너지 자립 순환형 건축·도시 시스템기술 개발 추진

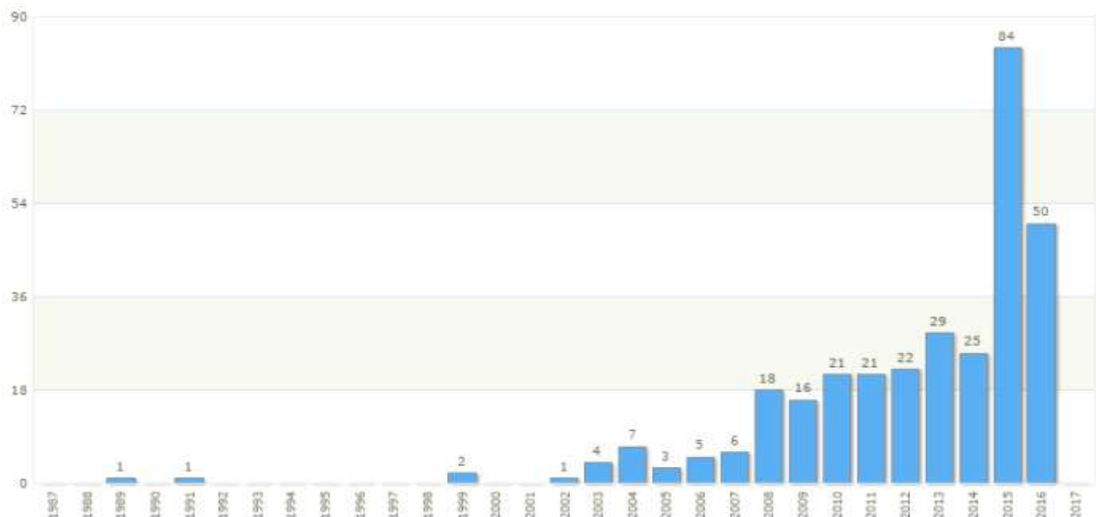
– 일부 선진국과 주요업체들을 중심으로 지속적인 성장세를 보이고 있는 친환경·고성능 건설재료 시장을 선점하기 위한 연구개발 투자 확대중

2.1.3 국내외 특허 및 논문 동향

◎ 국내외 제로에너지 관련 특허는 1997년부터 2017년까지 316건으로 2002년부터 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있음

* 검색식: (zero energy, renewable energy, IoT, building)

* 검색결과: 316건



[그림 4-13] 제로에지 관련 특허 동향

◎ 국내외 제로에너지 관련 논문은 2008년부터 2017년까지 2,288건으로 지속적으로 증가하고 있음

* 검색식: (zero energy, renewable energy, IoT, building)

* 검색결과: 2,288건

[표 4-5] 제로에너지 관련 논문동향

출판연도 (년)	논문 수	비율 (2,288개 중, %)
2008	50	2.185
2009	55	2.404
2010	102	4.458
2011	150	6.556
2012	174	7.605
2013	257	11.233
2014	300	13.112
2015	424	18.531
2016	577	25.219
2017	199	8.698

2.1.4 국내외 유사 연구시설장비 사례조사 및 분석

■ 기존 유사연구시설장비 구축 현황

◎ 국내 실험시설 종합분석

– 국내 3개 국립 연구기관과 4개의 민간연구소, 1개의 대학 실험시설을 분석한 결과, 대부분의 연구기관은 건물 환경 · 에너지 분야 성능 · 품질 시험평가 · 검인증과 관련해, 개별적인 성능 실험시설 및 장비를 목적으로 해당 시설을 구축

– 각 기관별 성격에 따라 건물에너지, 단열, 기밀, 열교, 차양조절, 일사, 실내공기질, 음향, 결로, 방수, 구조 등 주로 연구개발 활용 목적으로 시설·장비를 구축하였으며, 일반 업체의 경우 해당업체의 건설현장에 적용 하기 위한 기술개발 위주로 실험실이 운영되고 있음

– 민간 건설업체에서 보유한 실증실험시설의 경우 해당업체의 공동주택의 냉난방 에너지절감 등의 연구와 하자 저감을 위한 기술개발을 위한 연구개발을 목적으로 구축

– 최근까지는 「주택(단독/공동)」을 중점 대상으로 한 건물 에너지 요소기술 실증 지원 시험시설·장비 구축 사업 진행

– 반면, 「업무용 건물」 및 「대공간 건축물」등 중·대규모 건축물의 Zero · Plus 에너지화 기술의 검인증·실용화 지원을 위한 종합시험시설 기반은 전무한 상황임. 이는 건축 환경·에너지 분야의 연구·산업 발전 · 진흥 및 해외시장 진출의 약점으로 작용

[표 4-6] 국내 유사 실험시설 분석

구 분	세부 연구시설 현황
한국건설 생활환경 시험연구원	· 안전환경평가센터 (IAQ, 미생물 실험실) · 1㎥ 대형챔버, 5㎥ 대형챔버, 24㎥ 대형챔버, 26㎥ 대형챔버
	· 바닥충격음실험실, 벽체/창호 차음실험실, 건축재료 흡음실험실
	· 기존 바닥충격음 표준실증시험동, 커튼월 시험장
한국건설기술연구원	· IAQ 실물 실험동, 정밀분석실, 자연환기성능실험실 · 대형챔버(24㎡), 중형챔버(1㎡), 소형챔버(20L)
	· 벽식구조 3층 규모, 슬래브 두께 150mm, 2개실 · 180mm 3개실, 240mm 2개실
국립환경과학원	· 실험실, 세미나실, 실내공기질 연구실, 실내오염원 연구실, 시료보관실, 시약보관실, 전처리시설, 생물실험실, 가스저장실, 이화학 실험실, 기기분석실 등
	· 음향시험동에 잔향실과 무향실 보유
삼성주거성능연구소	· 결로 목업 실험실, 방수성능평가 실험실
	· 바닥충격음 슬래브시편 실험실(벽식,무량판,라멘) · 4.7m × 5.2m × 3.06m 슬래브시편 · 계측실, 시편적재실 및 겐츄리크레인(20Ton)
	· 목업 세대 바닥충격음 실험실(100㎡) · 통합실증 연구시설 총 4개 실험세대
대림산업기술개발원	· Test Cell, 항온항습실, 자연채광/인공조명 시설, 정밀 분석 실험실, 챔버실험실
	· 실내음향시스템, 바닥충격음 성능평가 실험실, 벽체 차음 성능평가 실험실
	· 40평 단위세대(기둥식 3세대 벽식구조 4세대) · 열에너지, 음환경, 실내공기환경, 설비 실험세대



구 분	세부 연구시설 현황
대우건설기술연구소	· 인공기후 실험실, IAQ 분석실, 크린룸
	· 잔향실, 무향실, 측로전파실, 모델실험실, 측정실, 자동이송장치 및 작업장
	· 모멘형식 회류형 경계층 풍동(3m × 2m × 20m) · 전장 78.5m 측정부풍속 (0.5~30) m/s
현대건설기술연구소	· 환경실험실, 건축설비실험실, IAQ 실험실
	· 무향실험실, 잔향실험실 급배수설비 소음실험실, 바닥충격음 목업실험실
	· 대형풍동풍속 (0.3~17.5m/s) · 소형풍동풍속 (0.3~22m/s)
전북대풍동실험센터	· 지상 1층 지상 2층 연면적 3499㎡ · 수직순환형 폐회로 방식 경계층 풍동(세계 4위 규모) · 대형풍동, 조정실, 소형풍동실, 작업실, 회의실, 자료실, 연구실, 모형 전시실

국외 실험시설 종합분석

– 국외의 실험시설은 다양하게 존재하지만 그중에서 본 연구과제의 목적과 가장 유사한 실험시설로는, 일본의 BRI와 캐나다의 NRC-IRC가 있음. 독일, 프랑스, 스위스, 미국, 일본, 캐나다의 연구기관은 건축 분야의 개별 주택성능에 대한 실험시설이 구축되었으며, 일본, 캐나다, 독일과 프랑스, 미국 등은 통합적인 성능평가 실험시설도 보유함

– 주로 주택 및 건설 정책 지원을 위한 연구수행을 전담하고 있었으며, 독일, 프랑스, 스위스 미국의 경우 약 50% 이상의 비율로 민간기업의 연구과제 및 자체적인 인증제도 운영을 통해 연구비를 조달하고 있음. 일본 BRI와 캐나다 NRC의 경우 국가정책 지원을 위한 연구를 중점적으로 수행하며, 건축분야의 다양한 기술 검증과 개별기술에 대한 복합적인 성능평가를 위한 실증실험주택을 보유하고 있음

– 일본 BRI의 통풍실험시설은 단위세대 실제 건물을 대상으로 환기, 에너지에 대한 실험이 가능한 실험시설을 보유하고 있었으며, 캐나다의 경우 다양한 형태의 풍동실험시설과 실내환경에 영향을 미치는 요소들에 대한 개별적인 실험시설을 구축하고 있음. 또한 미국의 FLEXLAB은 가변형 구조를 통해 다양한 평면 형태별 실내 환경실험이 가능한 실험시설 임

[표 4-7] 국외 유사 실험시설 분석

구 분	세부 연구시설 현황
일본 (BRI)	· 복합환경 세뮬레이터, 환기시스템 성능실험실, 인체환경 실험실, 시환경 실험실, 챔버실험실, 정밀분석 실험실, 열 · 습기 상수 실험실
	· 2개의 무향실, 4개의 잔향실, 각 1개의 실험준비실과 계측실, 벽식구조 시험시설
	· 회류식 풍동(길이 82m 측정부: 높이 9m, 폭 15.5m) 지름 8m 턴테이블 위에 목업 건축물(0~345℃)
	· 일본식 단독주택 실증시설 1채, 공동주택 실증시설 1채, LCCM(Life Cycle Carbon Minus)
미국 (LBNL)	· 휘발성 유기화합물 분석 연구실, Lighting 실험실, 실내공기질 실험실, 듀얼 챔버 시설, 실내공기환경 목업실험실, 대형 및 소형 챔버 실험실
	· FLEXLAB(Facility for Low Energy experiments in Buildings) [총 연면적 7000ft^2 규모] · 600ft^2 2개의 실험시설, 1개의 회전 가능한 시설 및 1개의 천장높이 두 배인 시설 총 4개의 시설로 구축
미국 UL-Air Quality Science, inc	· Furniture and bedding, 페인트 및 기타 건축자재 방출량 평가 연구
미국 Berkeley Analytical	· 67L Small chamber : 26개 · 6㎥, 14㎥ 챔버

구 분	세부 연구시설 현황
덴마크 Danish Technological institute	· 30~1,000L 챔버 · CLIMPAG Chamber – 건축자재 냄새 평가
캐나다 (NRC-IRC)	· 휘발성 유기화합물 분석 연구실, Daylighting 실험실, 건물외피 외부환경 실험실, 건축자재의 결로방지 성능 및 방수성능 실험실, 실내환경 연구시설 등
	· 무향실, 실소음 측정시설, 층간소음 실험시설, 측벽사이 소음 실험시설, 벽 · 창호사이 소음 실험시설
	· 6가지 형태의 풍동 연구시설, 항공분야 및 비항공분 야[차량표면, 지반구조물, 건축물, 풍력터빈 등]을 연구
	· 환기 및 벽에 대한 실증연구시설 및 실내환경 통합 실증연구시설, Canadian Centre for Housing Technology(CCHT)의 트윈하우스
프랑스 (CSTB)	· ASTERIA(실내공기질 연구실), 미생물실험실, 기기분석실, 방열·방습 실험실 등 보유
	· 차음성능 평가 실험 컨테이너 (Epsilon), 바닥충격음실험실, 무향실, 잔향실, 계측실, 실내음향시스템, 음향 분석 소프트웨어, 흡음률 측정 실험실 등 보유
	· 회류형 풍동 실험시설, 취출식 풍동 실험시설, 강수, 강풍, 폭설 시뮬레이터·챔버
	· ARIA에 위치한 실증 Mock-up 실험주택 보유
독일 (IBP)	· 오염물질 방출 성능실험 설비, 미생물실험실 열습기 측정 실험시설, 방사능 측정 실험시설, 복합환경 시뮬레이터 챔버 시설 및 에너지성능평가를 위한 Mock-up 실험실(학교, Twin House) 보유
	· Facades 성능실험 설비(1.55m × 4.45m × 3.67m), 벽·창호 등 음향투과손실 실험시설, 차음 성능평가 실험시설, 무향실, 잔향실, 급배수 소음 실험시설 등
	· Mock-up Test Building(School, Twin House, VERU)을 통해 에너지 및 채광 등의 연구에 활용
스위스 (EMPA)	· 잔향실, 무반향실, Airborne/Impact noise facilities, Sound transmission of lightweight structures 보유
	· 물사용 제로 모듈러 주택을 건설 중

제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설의 주요 특징

- 건축 환경 · 에너지 분야의 기술 선도, 산업 진흥 및 해외시장 진출 확대를 위한, Zero · Plus Energy Building 관련 기술 · 제품의 검인증 · 실용화 지원을 위한 중 · 대규모 건물 에너지 종합 실증시설
- 건축 환경 · 에너지 분야, 중 · 대형 건물의 Zero · Plus Energy Building 기술 실증 지원을 위한, Passive/Active/신재생E시스템/Energy Management 기술 · 제품의 개별 성능 및 건물 종합 성능 평가 및 실증을 위한 시설
  - · 주요 Passive 및 Active 기술 · 제품 성능 평가 · 검인증 시험시설
  - · 주요 신재생E시스템 기술 · 제품 성능 평가 · 검인증 시험시설
  - · 건물 종합 성능 평가 · 검인증 시험시설

  – 글로벌 시장 진출 지원을 위해, 「글로벌 다중 실기후 환경」 조건의 모사가 가능하고, 이에 대한 성능 평가 · 실증 수행
- 건물에 주어지는 다양한 실제 외부환경 조건을 고려 · 모사 가능. 특히, 건물 내외부에 작용하는 실제 압력 모사 가능
- ICT · IoT 융합 센싱 및 Energy Management 기술 실증 가능
- 통합실증 DB(Big Data)의 연구분야 활용 및 대국민 서비스 제공
- 건축 환경 · 에너지분야 뿐만 아니라, 건설 및 그 외 융복합 연구 가능
- 본 시설 의 운영 · 관리 시, 에너지 절약을 위한 자가발전 및 설비 설계의 최적화가 필요

제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설의 차별성

- (강점 : 중 · 대규모 건물 에너지 검인증 · 실용화 지원 종합 시험인프라) 건축 환경 · 에너지 분야의 기술 선도, 산업 진흥 및 해외시장 진출 확대를 위한, Zero · Plus Energy Building 관련 기술 · 제품의 검인증 · 실용화 지원이 가능한 중 · 대규모 건물 에너지 종합실증시험시설
  * 중·대형 업무용 시설 및 주택시설의 제로에너지 종합성능평가 및 전주기적 성능검증 가능
- (Total Solution) Zero · Plus Energy 건물 에너지 기술 실증 지원을 위한 건물에서 에너지 소비와 관련한 Passive 요소 기술 · 제품, Active 요소 기술 · 제품, 신재생에너지 기술 · 제품, Energy Management 기술 · 제품들에 대한 개별적인 성능뿐만 아니라, 전체 건물에 대한 종합적인 성능 평가 및 실증을 위한 체계 및 설비 구축
  * 실제로 구현되는 건축물의 종합성능 평가 및 전주기적 환경부하 절감을 위한 성능검증 가능
- 세계시장 진출 확대를 위한 글로벌 다중 실기후 환경 조건에서의 기술 · 제품에 대한 사전 성능 평가 · 검인증이 가능하고 동시에 국내기업 및 국가의 산업경쟁력 강화 기반 인프라로 활용
- 현재까지는 대부분 특정 실험 수행에 목적을 둔 단일 실험시설이 구축되었다면, 점차 시험 및 검증의 수요가 높아짐에 따라 복수 및 융합 · 종합적 시험 수행이 가능한 시험 인프라 확대 요구가 증대됨
  ※ 단열(열관류율), 결로방지성능, 기밀/수밀성능 등 특정성능에 대한 평가만이 가능한 단일 목적 미시 특정 환경 모사 실험시설이 대부분임. 반면, 고효율 기자재 인증제도, 창호 에너지효율등급제도 등이 시행됨에 따라, 기존 실험시설의 수용능력이 포화상태로 장시간 대기해야 할 뿐 아니라 복합적 성능 시험이 요구가 늘어가는 현상황은 본연의 목적 달성이 이용이 어려운 실정임
  ※ 정부는 모든 건축물에 대한 에너지 절약 설계기준 상향 조정* 및 제로에너지 빌딩 의무화 예정으로 제로에너지분야 실증실험 수요는 급증할 것으로 예상됨
  * 단열재 두께(125mm→190mm) 및 열관류율 기준(0.24→0.15w/㎡k)을 상향 조정 예정(2018.09)
  ※ 현재 시스템 차원의 종합적인 실험이 가능한 시설의 부재로, 시공사에서 자체적으로 실검증을 해야 하는 상황이며, 이는 안전성에 대한 신뢰도 저하 및 시공비용 상승을 초래할 수 있음
  ※ 다양한 비교실험이 요구되는 경우, 다른 실험시설·조건 하에 실험을 진행하게 되어 그 신뢰성은 낮아지게 됨. 따라서 관련되는 다양한 연구를 한 실험시설에서 수행할 수 있으면, 실시간으로 비교/모니터링이 가능
- 국내의 건물에너지성능 평가기준을 현재의 사양중심의 평가방법에서 선진국수준의 성능평가기준으로 발전하기 위해서는 지역별 기후 특성을 고려한 성능중심의 건물에너지 평가지표에 관한 연구가 반드시 서행되어야 하므로, 본 제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설은 국내건설기술력을 선진국수준으로 향상시키는데 크게 기여할 수 있음
- 최근까지의 관련 실증은 주로 시범사업 위주의 제로에너지 주택(단독주택/공동주택) 및 단지 구축 등의 시범 사업과, 주택 단위의 성능 시험시설 구축 형태로 추진(국토교통부)되어 새로운 기술개발에 새로운 기술개발의 피드백 결여



[그림 4-14] 국내 ZEB 시범사업 수행 및 추진 현황

[표 4-8] 국내외 건물에너지 절약설계 기준

구 분	1단계 : 부위별 기준	2단계 : 총체적 외피기준	3단계 : 성능기준
한 국	부위별 열관류율	평균 열관류율(EPI기준)	-
미 국	용도별, 부위별 기준제시	창면적비 결정	Annual energy cost method
영 국	SAP2005 건물에너지 평가기준에 의한 등급	창면적비, 부위별 열관류율 조정	SAP2005 건물에너지 평가기준에 의한 등급(열손실계수개념 이용)
일 본	주택 부위별 열관류율, 단열재 두께기준	열손실계수	주택의 형태 및 지역 구분에 따른 열손실계수
독 일	DIN4108 부위별 기준	평균 열관류율	단위면적당 전도열손실계수, 1차 에너지 부하

- 앞으로 요구되는 건축자재는 부재단위(Unit Prescriptive Design)의 고단열성, 흡음성, 불연성 등의 고성능과 종합성능(Overall Performance)의 확보를 함께 보유해야만 미래시장을 선도할 수 있으며, 본 실증시설을 활용하여 업무용 건물 등의 중규모 이상 건물에서 Zero · Plus 에너지 건물 지원을 위한 종합성능시험평가가 가능함

- 건축물 Zone(저/중/고층)에 따른 타입별 실증실험 가능

※ 국내의 경우 초고층 건물의 증가에 따른 성능검증 수요가 증가하는 추세로 고층건물에 대한 실증실험시설은 반드시 필요함

※ 고층의 경우 건물의 외부 압력(풍압), 기계설비 성능 및 환기 조건 등이 확연히 달라지나, 이에 대한 실증시설은 전무한 상황임

2.1.5 기술수준 비교

- 「건축 (전체)」 분야의 세계최고 기술국 미국 대비 우리나라의 기술수준은 70.5%, 기술격차 5.5년이며, 분야별 기술수준/격차는 「그린빌딩(제로에너지건물)」 및 「지능형건축물」 분야가 68.7%/5.3년, 「건축물 성능향상」 분야가 69.3%/5.6년, 「초대형 건축」 분야가 71.8%/5.8년으로 분석됨

[표 4-9] 건축 분야별 기술 수준 분석(요약)

분야	최고국	대한민국 기술 수준 (최고국 대비) [%]	격차[years]
그린빌딩 및 지능형건축물	독일	68.7	5.3
건축물 성능 향상	일본	69.3	5.6
초대형 건축	미국	71.8	5.8
건축 (전체)	미국	70.5	65.5

[표 4-10] 건축 분야별 기술 수준 분석(세부)

중분류	소분류	분 석 결 과		
		최고국	대한민국 기술수준 /격차	국내 기술수준 분석
첨단 건축	그린빌딩 (제로에너지건물)	독일	68.7 / 5.3	· 한국의 그린빌딩(제로에너지 건물) 분야는 녹색건축물인증제도와 더불어 발전하고 있으나, 일반 빌딩에 비해 많은 비용과 공기 소요로 기술발전이 더딘 것으로 판단 ※ 현재 그린빌딩 분야는 중소기업 중심의 기술개발로 인한 한계 노출 · 특히, 개발된 기술 · 제품의 성능 검증과 관련하여, 국가적인 검인증 체계

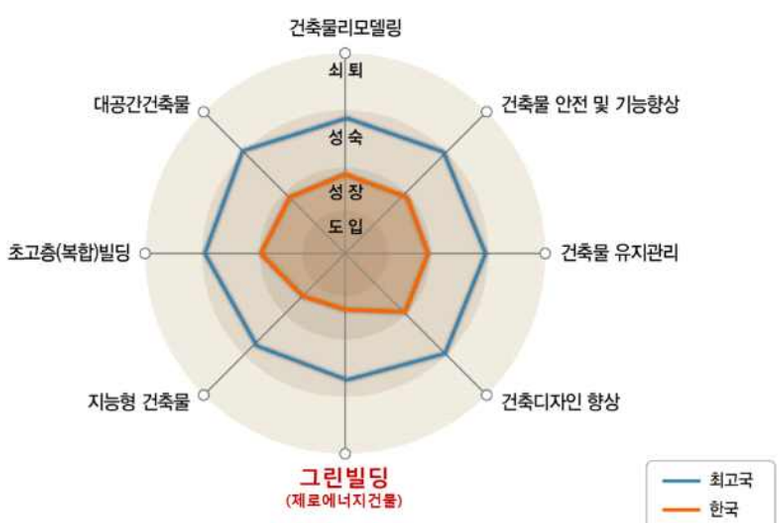


중분류	소분류	분 석 결 과		
		최고국	대한민국 기술수준 /격차	국내 기술수준 분석
				및 시험시설 등의 부재와 같은 열악한 인프라는 국가 기술력 향상 및 해외시장 진출의 장해요인으로 작용 **· 미국은 LEED(친환경 건축물 인증제도)를 통해 다양한 기술제안을 할 수 있는 대안을 제시토록하고 다양한 에너지 모델링 기술을 활용하여 성능평가**
	지능형 건축물			· 한국의 지능형 건축물 분야는 기술개발 및 활용에 대한 니즈는 있으나 그린빌딩과 같이 건축비 상승의 문제로 기술수준에 끼치는 직접적인 영향은 작음 · 지능형건축물 인증제도, 초고속 정보통신건물 인증제도와 인센티브제도 운용, 인증대상 건축물의 범위 확대 등을 통해 제도적 기반은 마련되어 있으나, 적용 미흡 · 선진국은 건축물에 대한 총 생애주기 비용에 대한 평가가 가격과 함께 입찰자 선정에 있어서 핵심적인 평가요소로 운영 ※ 건축물유지관리 비용절감 등이 운영의 효율성과 전문성 확보의 기반으로 인식
건축물 성능 향상	건축물 리모델링	일본	69.3 / 5.6	· 국내 건축리모델링은 골조만 남기고 거의 대부분을 교체하는 신축방식 위주 ※ 선진국의 경우 전체 건설시장에서 리모델링 시장의 비중이 유럽 35.7%, 미국 31.7% 등으로 건설산업의 주력시장으로 자리매김 · 일본은 세계 최고의 고령화와 경기후퇴로 인해 리모델링 수요와 재고주택의 유효한 활용을 위한 증 · 개축, 개량 등을 추진
	건축물 안전 및 성능향상			**· 국내 단열 및 에너지 성능, 내진성능, 층간 차음성능 등 건축물의 안전 및 성능 향상에 대한 관심은 증대되고 있으나, 비용 등 현실적인 문제로 부수적인 기능으로 전락** **· 국가적으로 성능 향상을 위한 기술 · 제품 개발뿐만 아니라, 성능 검인증 체계 및 시험시설 인프라 확충을 통한 전반적인 성장 기반 구축 필요** · 일본은 지진의 빈번한 발생으로 기존 건축물의 내진화를 위해 관련기준을 강화하고, 내진개수를 위한 촉진계획을 수립하고 다양한 지원방안을 마련 중
	건축물 유지관리			· 한국의 건축물 유지관리 분야는 주로 중소기업이 참여하는 시장으로 기술개발 니즈와 역량 부족이 기술수준에 반영된 것으로 판단 · 일본, 미국, 영국 등은 건축물의 유지관리 기술 향상을 위한 다양한 성능평가기술을 개발하고 주거수준의 질적 향상을 위한 다양한 규정을 운영 · 최근 유지관리에 대한 중요성이 증가되는 추세와 IT기술 등 융복합 기술개발이 증가됨에 따라 빠른 기술향상이 예상됨
	건축물 디자인향상			· 건축디자인은 중요성에 비해 관심이 부족하여 타 분야 대비 기술수준이 많이 떨어지는 것으로 나타남 · 프랑스, 영국 등은 건축디자인 향상을 위한 다양한 노력을 전개 ※ 영국은 디자인품질지수(Design Quality Index)를 활용하여 건축디자인 향상 추진 · 최근 '건축서비스산업 진흥법'의 국회 통과(2013.4)를 계기로 건축디자인에 대한 지식재산권 보호 등 법적 기반이 마련되어 성장기반 확충 기대

중분류	소분류	분 석 결 과		
		최고국	대한민국 기술수준/격차	국내 기술수준 분석
초대형 건축	초고층 빌딩	미국	71.8 / 5.8	· 한국의 삼성건설에 의해 시공된 두바이 Buri Khalifa빌딩에 대한 성과로 인한 기술적 자심감이 다른 건축분야에 비해 상대적으로 높게 평가된 요인으로 판단 ※ 최근 초고층 빌딩 설계·시공기술 개발 사업단(2009~2011) 연구를 통해 고강도 콘크리트, 고강도강, 고속시공법, 안전 및 재해방지 등에 대한 다양한 기반기술 확보 노력 · 국내의 다양한 초고층 빌딩 시공성과에도 불구하고 초고층 건축물의 설계 및 시공관련 분야별 기술은 선진외국 업체들에 의존하는 것이 현실 ※ 설계 및 엔지니어링(영국 ARUP, 미국 SOM 등), 시공 및 재료(독일 Putzmeister, 일본 KAJIMA 등), 유지관리 및 방재안전(미국 ArchiBus, Siemens 등) · 미국, 영국 등 선진외국은 월등한 사업관리 역량과 설계 · 엔지니어링 기술, 일본은 재료, 제진 및 풍동기술 등 전문화된 요소기술을 바탕으로 시장 확보 · 중국은 초고속 경제성장을 기반으로 많은 수의 초고층 건축물을 건립하고 있어 국내에서 앞선 시공분야조차 빠르게 잠식될 것으로 예상 ※ 중국은 매년 200 m 이상의 초고층 빌딩 20개동 이상을 건립
	대공간 건축물			· 국토교통과학기술진흥원 첨단도시개발사업으로 진행된 '대공간건축물 건설기술개발(2006~2011)'을 통해 해외수주 성과까지 도출 ※ CS 구조엔지니어링 및 한화건설은 국가R&D성과를 기반으로 2011년 필리핀 아레나 돔구장 (5만석 규모) 수주 · 해외수주 성과에도 불구하고 대공간 건축물 분야는 외국의 독점적인 시장 영역으로 평가되고 아직까지는 추격형 기술영역이므로 기술수준이 낮게 평가됨

◎ 기술발전단계 상으로 최고기술국은 대부분의 분야에서 성숙기에 있는 반면, 대한민국은 대부분성장기에 머무르고 있음. 특히, 「그린빌딩」, 「지능형 건축물」, 「건축물 성능향상」 분야의 경우, 대한민국은 도입기로 발전단계 차이가 큼

※ 출처 : 국토교통 기술수준조사, 2013; 국토교통 R&D 중장기 전략, 2014



[그림 4-15] 건축 분야 기술발전 단계



2.2 국내외 시장동향 조사

2.2.1 국내 시장동향

- **국내 에너지 효율화 빌딩 시장규모는 '11년 3.8조원에서 '20년 5조원 수준으로 성장이 전망됨**
  - '15년까지는 유가와 건물효율 원재료 부문의 가격 하락, 건설시장 성장의 둔화로 인해, 에너지 효율 건물 시장 성장률도 0.4%~2.8% 수준으로 분석
  - 건물'효율 향상을 위한 기술개발, 세금 및 보조금 지원, 건물효율 기준 강화 등 정부의 에너지관리 강화 정책은 에너지 효율 건물 시장의 성장을 촉진할 것으로 전망
- **국내 에너지 효율 건물 시장을 건물재료, 에너지 관리시스템(EMS), 냉난방공조(HVAC)로 구분하면 HAVC 난방 부문이 가장 높은 성장률을 보일 것으로 예상됨**
  - 국내 에너지 효율 건물 시장은 건물재료, 에너지 관리시스템(EMS), 냉난방공조(HVAC)로 구분되며 '12년 기준 HVAC 부문은 에너지 효율 건물 전체 시장의 약 49.3%를 차지
  - HVAC 49.3% 중 냉방 부분이 42.1%를 차지하며, 건물재료 42.7% 중 창호와 외피 부분이 각각 19.4%, 18.9%를 차지
- **에너지 효율 건물 분야별 시장의 '11년~'20년 연평균 성장률을 비교하면 HVAC 난방 부분이 가장 높을 것으로 예상되며, 다음으로 외피, 창호, 내피 순으로 예상됨**
  - (건물재료) 외피와 창호를 중심으로 시장규모를 형성하고 있으며 전망기간 동안 외피 6.3%, 창호 3.1%, 내피 3.1% 연평균 성장률을 보일 것으로 예상됨
  - (EMS) 에너지효율건물 시장에서 EMS가 차지하는 규모는 전망기간 동안은 미미한 수준이나 BEMS를 중심으로 연평균 성장률 1.0~2.0% 수준으로 지속적인 성장이 예상됨
  - (HVAC) 국내 HVAC 시장은 냉방이 40% 이상을 차지하는 특성을 보이고 있으나, 시장 성장률로 보면 HVAC 난방이 '20년까지 연평균 성장률 23.9%로 높은 수준으로 분석

2.2.2 국외 시장동향

- **'18년 해외 건축분야 시장은 약 4조 8,348억 달러 규모로 추정 됨**
  - IHS Global Insight('14년)에서 전망한 건축(토목구조물 등 인프라시설물 제외) 시장에 증가율을 적용하면, '18년 해외건축분야 시장규모는 4조 8,347억 달러 규모로 추정

[표 4-11] 해외 건축분야 시장

(단위 : 백만 달러)

구 분	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
해외 건축분야 시장	4,120,611	4,299,651	4,486,511	4,681,537	4,834,762

- **'18년 해외 제로에너지 건물 시장은 22조원에서 2035년에는 150조원의 시장이 형성될 것으로 예상됨(CAGR : 43%, Pike Research)[2)]**
- **유럽의 건축물 에너지관리 시장 규모는 '11년 81억 달러에서 '18년 196억 3,000만 달러 수준으로 증가가 예상**
  - Energy Saving Contract and Performance Contracting 시장은 전체 건축물 에너지관리시장에서 가장 높은 비중을 차지하며, 연평균 성장률 약 8.3%의 비율로 성장

2) 국토교통과학기술진흥원, (2014), "창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략", 국토교통과학기술진흥원.

- Smart Grid 핵심기술인 AMI 시장은 연평균 성장률 26.9%로 급격한 성장이 예상됨
- Building Automation Systems 시장은 연평균 성장률 3%로 비교적 꾸준한 성장이 예상됨
- BEM 시장과 HEMS 시장은 연평균 성장률이 각각 15.3%, 175%로 빠른 성장이 예상됨
- Home Automation 시장은 연평균 성장률 7.7%로 성장이 예상됨

◎ **세계 그린빌딩 건축재료 시장은 '11년 890억 달러에서 '18년 2,220억 달러 규모로 성장이 예상됨**

- 그린빌딩 건축재료는 전통적인 건축재료부터 빌딩의 성능향상을 위한 신소재 건축 재료에 이르기 까지 다양한 재료가 포함됨

◎ **'14년도 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 유럽권역이 49.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, '15년 ~'18년 연평균 성장률은 아시아-태평양 권역이 11.2%로 가장 높은 증가 추세를 보임**

- '15년 ~ '18년 세계 그린 빌딩 건축재료 시장 연평균 성장률은 6.8%이며, 아시아, 북미 권역이 세계 평균 이상의 증가추세를 보일 것으로 예상됨

◎ **유럽의 그린빌딩 시장은 2015년까지 세계 녹색건축물 시장의 44.4%를 차지하고 있으며, EU 집행위원회에서 2006~2020년 기간 대상의 Lead Market Initiative로 제시한 6개 선도시장 중 '지속가능한 건설 시장'과 '재생에너지 시장'이 2020년 가장 큰 시장규모를 가질 것으로 전망하고 있으며, 2020년 '지속가능한 건설 시장' 규모는 2006년보다 3배 이상 증가한 790억 유로로 전망**

◎ **건축물의 에너지 절감 및 탄소배출 저감을 위한 투자가 지속되고 있으며, 온실가스배출 저감 정책 기조에 따라 녹색건축을 장려하기 위한 정책을 시행**

- 미국, 유럽, 일본 등은 녹색건축물 인증제도 시행을 통해 녹색건축물의 등급에 따라 각종 인센티브를 부여하여 녹색건축을 장려
- 유럽은 '20년까지 온실가스 배출 40% 감소, 에너지소비 20% 절감 및 저탄소기술 확보를 위한 로드맵을 구축하고, 에너지효율지침 법안을 제정
- 미국은 주택에너지 효율이 높은 주택에 대해 더 많은 융자를 지원하는 장기 저리 융자제도를 시행 중
- 일본은 '20년까지 모든 신축 건축물을 차세대 에너지 절약 기준에 적합하도록 의무화할 계획

◎ **전 세계적으로 건축기술과 ICT기술의 융합을 통한 BEMS, BIM 관련 연구가 지속**

- 해외 BEMS 기술의 경우 OECD 산하 국제에너지기구(IEA)의 주요국을 중심으로 최적화 설계 및 제어기술, 고장진단기술, 사후처리 기술 통합화 관련 연구가 진행 중이며, 일본에서는 이를 중소형 건물에 적용하기 위한 연구가 진행 중
- 건설업계에서는 BIM을 구현할 수 있는 소프트웨어 개발과 각 기업별로 특성화된 기능을 포함한 소프트웨어가 개발되었으며, BIM 기술에 시간과 비용의 개념을 고려한 연구가 진행 중



2.2.3 수요자 요구 사항

국토교통 관련 연구자들에게 필요한 실증기술, 시설 · 인프라를 조사하고 향후 필요한 실증, 연구인프라 조사

– 국토교통 기술분야별 실증이 필요한 기술에 대한 수요조사를 통해 수요자 의견을 수렴

◦ 기간 : 2016년 8월 1일 ~ 19일(약 3주간)
◦ 방법 : 주관연구기관, 각종 학회 · 협회 회원사 E-mail 설문조사
◦ 대상 : 전문기관 · 주관연구기관 전문가 POOL, 국토교통 대형실험시설 관련 연구자 · 사용자, R&D 수행기관 및 전문가(WISE10포함), 국토교통 관련 학회, 협회 등

수요조사 결과

- 건축분야의 세부실증기술 중 고층건축물에 대한 제로에너지 성능, 건축재료(외단열 및 커튼월 등) 에너지 성능, 태양광 발전설비 성능에 대한 실증 및 빌딩에너지 저감 기술에 대한 실증 등 제로에너지 관련 기술 실증의 필요도가 다수 조사됨
- 건축환경분야의 전문가 그룹에서는 기존에 주택만을 대상으로 해왔던 제로에너지 관련 기술 분야를 넓혀 건축물 수요가 가장 많은 사무실형 건축물 및 고층 건물에 대한 제로어너지 기술의 실증의 필요성에 대해 강조하였음
- IoT, ICT 기반의 미래기술과 융복합된 성능 검증에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있으며, 제로에너지 관련 재료 및 요소기술에 대한 실검증과 더 나아가 건물 전체에 대한 제로에너지 성능에 대한 실검증의 필요성이 대두되고 있음

[표 4-12] 기술수요조사를 통한 제로에너지 관련 필요 기술, 실증

번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
1	Open-Flexible(가변-확장형)구조 건축 자재및요소부품/시스템/신기술/건물에너지 통합 시험/평가/검증 인프라 구축 및 품질검인증 표준화 체계 개발	· 요소부품시스템 단위 시험을 통한 건물에너지 성능평가	· Zero-Plus Energy Building 품질검인증 표준화 체계 개발	제로에너지
2	ISO 표준방법에 따른 복사냉난방 시스템 성능평가 실증기술	· 국내 주거건물에서는 온수온돌 복사난방이 일반적으로 적용되고 있음. 현재는 습식의 온수온돌 패널이 시공되고 있으나, 최근 패시브 제로에너지 건축물에 대한 관심이 늘어나면서 경량의 건식 온돌패널이 늘어나고 있음. · 해외에서는 다양한 유형의 복사냉난방 시스템이 적용되고 있음. 특히 최근에는 바닥이나 벽체, 천장에 난방은 물론 냉방 목적에서 경량 패널 형식으로 제품이 개발되어 적용되고 있음. · 복사냉난방시스템을 건물에 적용하기 위해서는 일반적인 냉난방 설계방법은 물론, 패널의 방열 성능에 대한 객관적인 평가가 필요함.	KS 및 ISO 기준 조사	제로에너지

번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
		· 현재 국내에서도 다양한 유형의 복사 냉난방 패널이 개발되고 있으며, 실증을 통한 개발 기술에 대한 정량적인 평가를 위해서 ISO 표준 방법을 이용한 실증 시설이 필요함. 이를 통해 개발된 제품의 세계 시장 진출이 가능할 것임.		
3	건축물의 열적 성능 및 화재 안정성 평가	· 신규 개발 제품에 대한 소재 적용을 통한 통합 융합 구조의 건축물에 대한 종합적 성능 검증 필요	· 열적 성능 검증	재료
4	친환경 제로에너지 실증사업	· 사회적 관심 부응	· 개별 기업이 개발하기 어려운 제로에너지 도시 건설 등의 계획에 대한 실증연구 수행	제로에너지
5	건축 에너지 관련 단일 기술들(외단열, 창호, 열교, 차양 등)의 에너지 절감 기여도 분석	· 각 기술들의 정량화된 에너지 절감 효과를 분석하는데 많은 시간과 비용이 소요되고 기업에서 이를 부담하기에 위험요소가 높으므로 국가에서 실증 시설 및 장비를 구축해 이를 지원해 기술의 발전을 견인해야 할 것임. · 미래 제로에너지 건물 구현을 위한 DB 구축이 가능	· 표준 모델 건물(주거 및 비주거)을 구축해 표준 에너지 사용량을 도출 · 그런 다음 각 단일 기술들을 교체했을 때 에너지 사용량을 분석해 절감 기여도 산정 · LBNL의 플렉스랩 기술들의 응용	제로에너지 · (시설) 인공 기후동 / 표준 모델 건물 · (장비) 에너지 사용량 분석 장비
6	쾌적-에너지절감 최적 자연환기 기술	· 냉방에너지 수요의 급증으로 인한 에너지 절감 전략 고도화를 위하여 자연환기를 도입하고, 이를 실내 쾌적 지표와 연계하여 실증 분석하여 동아시아시장 진출을 위한 기술 표준 정립의 필요	· 자연환기 자동 운전에 따른 효용 검증	제로에너지
7	제로에너지 고층 공동주택 실증단지	· 2025년 제로에너지 주택 의무화에 대비한 실증단지 구축 필요	· 제로에너지 공동주택 실증단지 건설	재로에너지
8	제로에너지, 조립식 건축물			재로에너지
9	건물 에너지 및 화재안전 등	· 건축물의 에너지 평가를 위한 실증 실험 및 화재안전을 실 대형 실험	· 건축물의 실 규모의 에너지 평가 및 화재안전 실험.연구	제로에너지
10	건물에너지관리시스템(BEMS)	· 건물 단위의 에너지절감 실증이 필요하나 다양한 규모의 용도에 따른 실증 사이트 확보가 어려움	· 동일 용도 및 규모에서 베이스라인 대비 절감량 실증	· (시설) – 건물, 건물 기계, 전기. 통신 설비 등 · (장비) – 계측 및 BEMS
11	신재생에너지	· 기업이 개발한 신재생 에너지의 적용가능성 검토		제로에너지
12	건축 시스템의 종합 실증 실험을 위한 시설구축	· 건축요소 중 각종 부재는 물론이고, 부재의 접합시스템, 건축재료에 따른 각종 성능시험, 마감재, 천장재, 외벽재 등의 각종 부재의 하중에 따른 성능평가시스템 등 융, 복합적인 건축구성 요소에 대한 실증실험을 수행할 수 있는 시설이 필요함.	· 건축의 주요소의 실규모 실험 : 각종 주요구조부재 · 건축의 부요소(2차부재)에 대한 실증실험 : 천장재, 마감재, 외장재 등 · 내진, 내풍, 적설 등 작용하중에 따른 실규모의 대형 실험을 통해 구조성능평가 · 배관(소방, 도시가스 등을 포함한) 등 각종 건축설비에 대한 성능인증	· (시설) – 4~5층 이상 규모의 실구조물 데스트배드 – 각종 건축구조, 설비 등의 요소들을 설치하고 실험하여 성능인증을 수행 – 접합부 요소를 모사하여 설치하고 실증실험 수행 – 창호, 마감재, 외장재, 설비시스템, 냉난방 시스템, 오폐수 처리 시스템 등 각종 건축요소를 종합적으로 평가하고 성능



번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
				검증을 진행할 수 있는 데스트배드 필요 – 실 규모의 기둥, 보, 벽체, 슬래브 등 실 시공단계별 기술, 제품의 성능인증을 수행하고 평가할 수 있는 시스템 · (장비) – 실규모 구조물의 횡력을 가력할 수 있는 가력장비 (대용량, 대변위 가력가능 장비) – 기본적인 재료시험, 부재 시험을 수행할 수 있는 장비 들도 구축되어야 하며, 여기에 더하여 대형실험(실스케일)을 수행할 수 있는 장비가 필요 (고용량, 대형장비)
13	건축물 성능(친환경, 음환경, 저에너지 등)향상 실증기술	· 상기 성능에 관한 실질적 검증이 어려움	· 친환경 녹색기술, 층간차음 성능, 에너지효율	
14	태양광 발전 설비 설치 기술 평가	· 태양광 발전 설비 설치 기술을 체계적으로 분류하여 다양한 건축적 적용에 기반한 실질적 장단점을 명확히 규정하여, 설계초기 단계부터 설비 설치 계획을 효율적으로 수립할 수 있는 가이드를 제공하는 것을 목적으로 함.	· 기존 태양광 발전 설비 설치 기술의 분류체계화 · 각 설치 기술의 다양한 적용 실증사례 구축 · 각 실증사례별 실질적 장단점 분석(구축비용, 운영비용 및 수익, LCC 분석 등) · 다양한 기준사례에 대한 설치 계획 수립 가이드 작성	· (시설) – 설치 기술을 접목할 시설 – 테스트 베드가 될 건축물 – 다양한 설치 기술을 구현하는 시설물 · (장비) – 태양광 발전 장비 – 환경센서 및 발전 모니터링 시스템
15	대형 커튼월 열성능 (열관류율–G value 등) 측정 장비/프로세스 구축	· 대형 커튼월의 경우 초고층 건축물/일반 상업용 건축물에 다수 적용되고 있으나 현재 측정방식(야외 현장에서 실시하는 결로 테스트)으로는 커튼월의 열성능을 정량적으로 파악하기 어려움. 2미터 이하의 창에 대해서는 열관류율 챔버가 일반화 되어 있으나 대형 커튼월의 경우 커튼월 시료를 설치/지지하기 위한 별도 장비와 프로세스가 개발되어야 함	· 대형 커튼월 시료의 챔버내 지지를 위한 챔버 개발 · 커튼월 열성능 측정 프로세스 개발과 실증	· (시설) – 대형 커튼월 지지대, Hot/Cold Chamber · (장비) – 대형 항온항습기, 팬, 풍속/다측점 온도/열량 측정기기
16	에너지 고효율(제로) 주택 및 빌딩기술	· 에너지 제로화를 위한 요소 기술들은 상당한 수준으로 개발되어 있으나, · 실제 Test-bed를 통한 실증이 요구되며, 상용화를 위한 다양한 문제점을 발견할 수 있음	· 에너지 고효율 기술(태양열, 지열, 강수 등) · IoT 연계한 스마트 모니터링 기술(스마트 미터링 등)	· (시설) – 시범구축 단지 · (장비) – 모니터링 시스템, 스마트 디바이스(센서)
17	건축물 외피성능 평가 기술	· 건물에서 외피는 에너지 및 실내환경 성능을 결정하는 가장 주요한 요소임. · 건물의 수명을 결정하는 중요한 분야임 · 국외에서도 외피성능 규정에 대한 분야를 구체화함	· 다수의 외피성능을 통합하여 평가하고 인증 · 외피 자체의 에너지 및 기능 관점에서의 평가	· (장비) – 단열, 기밀, 차폐성능의 일괄적 측정 장비
18	Building Integrated Photovoltaic and Wind Turbine System	· 신재생에너지를 건물에 적용하는 여러가지 기술들을 개발되어 있으나,	· 본 시스템은 건물의 외피에 적용하는 통합시스템(풍력+	· (시설) – 본 시스템을 적용할 수

번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
		실제 건물에 적용되는 것은 은 아직까지 한계가 많다. 건물에 적극적으로 적용되기 위해서는 디자인과 기술이 통합적으로 적용 검토될 필요가 있음	태양광). 시뮬레이션, 목업모형, 가상환경 등을 만들어서 실험을 실시하였으나, 실제 건물외피에 적용해보는 것은 제약이 많아서, 실현이 어려움	있는 건물외피 – 본 연구외에 많은 연구자들이 같이 사용할 수 있을듯하다.
19	빌딩 에너지 절감 솔루션	· ICT 기술이 접목된 빌딩 에너지 절감 솔루션의 에너지 절감률에 대한 실증이 사업 확산을 위해 필요	· Occupancy Level 측정 · HVAC 자동 제어에 의한 에너지 절감률 분석 · Light Saving에 대한 에너지 절감률 분석	· (시설) – Mock-up 빌딩, Office · (장비) – 센서, HVAC 및 Lighting 시스템
20	에너지, 결로, 바닥충격음, 실내공기질 등 성능을 담보해야 하는 건축기술	· 단순히 적용 자재별 성능만으로는 복합적으로 작용하는 실제 성능을 담보할 수 있는 방법이 명확하지 않음. 국민들의 건강과 원활한 관계 유지를 위해서는 성능을 담보할 수 있는 방법이 제시되어야 할 것임.	· 최근 준공 및 분양되고 있는 사례를 조사하여 대표 평면 및 구성을 추출하여 실험주택을 건립하여 1년 정도의 기간 동안 성능 확인	· (시설) – 실험주택 · (장비) – 에너지, 결로, 바닥충격음, 실내공기질 등을 측정하기 위한 장비
21	실 건축 내외장재의 내구성능 실험	· 커튼월 및 건축 외장재 및 내장재 등의 내구성능 평가	· 초고강도 외장재, 유리커튼월 등의 장기폭로 내구성능 실험	
22	제로에너지건물 실증평가	· 2025년부터 제로에너지건물 신축이 의무화되는데 실제 건물에너지가 제로인지에 대한 실증이 필요.	· 일간 에너지사용량 합이 제로인지, 월간 에너지사용량이 합이 제로인지 아니면 연간 에너지사용량 합이 제로인지 등을 실증	
23	현장 검증을 통한 빌딩 시뮬레이션 툴의 불확실성 정량화 및 정확도 검증	· 인증과 관련된 모든 빌딩 시뮬레이션 도구의 신뢰성 확보	· 실증 건축물의 실험환경 통제 (완전히 동일한 2개의 건물에서 실험) · 건축물 모든 설계 정보의 전산화 · 건축물 모든 설비 정보의 전산화 및 운영상태 모니터링	· 소형, 중형, 대형 건물에 대해 물리적으로 완전히 동일한 2개의 건물 시공 및 운영 · 건물 상태정보 모니터링 도구 설치 – 재실센서 (실별 재실률 감지) – 세분화된 전력량 모니터링 (조명, 가전기기, 공조기, 냉동기, 냉각탑, 에어컨, 비상전원 등 구분하여 측정) – 실별 온습도 센서 – 현장 단열 성능 측정 (외피 열관류율, 창호 SHGC 값)
24	축열성능이 있는 경량건축자재의 바닥재, 벽재, 천장재 기술개발	· 중소기업의 우수한 기술을 상용화시켜 주기 위해서는 자체적으로 실험실을 보유해야하고, 제품화를 위해 수시로 국가 공인성능을 테스트하고 인증을 받아야 함. 하지만 이러한 행위를 할수있는 여건마련이 안되어있는 것이 국내실정임.	· 축열성능이 있는 경량건축 자재의 바닥재, 벽재, 천장재 기술 개발	· 보편적인 평형의 세대조합의 최소2층규모 목업 – 중소업체의 제품을 테스트할 수 있는 공간 제공
25	바닥충격음 저감기술, 결로저감기술, 스마트 홈 및 빌딩 구축 등	· 민원의 최다수를 차지하는 바닥충격음 저감기술 및 결로저감기술 · 글로벌 시장을 겨냥한 스마트 홈 및 빌딩 기술	· 바닥충격음 저감 기술 실험 · 결로저감 기술 실험 · 스마트 홈 기술 실험 · 스마트 빌딩 기술 실험 등	· (시설) – 공동주택 2개층 4세대 이상, 오피스빌딩 4층 규모 · (장비) – 중량충격음 측정장비, 온습도 센서 등
26	주택성능연구개발센터	· 주택에서 발생하는 5대하자 등을 예방하기 위한 기술개발	· 소음, 결로, 실내공기질, 환기/기밀, 누수/방수 등의 실험	· (시설) – CV 맞통풍 실험시설



번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
			시설을 건립하고 시험 또는 기술개발을 함	· (장비) – 차음성능 시험실 시험, 창호결로 시험, 결로모사 등
27	환기시 배기 재유입	· 환기를 위한 장치 검증시 오염원인 배기가 실내로 급기시 재유입되는 문제를 검토 및 기술개발이 필요하며 실험과 실증 Test-bed의 데이터를 상호비교 보완하여 실질적인 문제를 보완하고 해결해 나갈수 있을것으로 판단됨	· 환기의 방식에 따른 재유입 문제를 비교 검토하고 장치의 효율증대 및 문제 개선을 위한 실험과 실증의 상호비교실험이 필요함	· (시설) – 환기실험실, 맞통풍실험 장치 등 · (장비) – 환기팬, 보일러, 주방후드 등 배기 발생 장치 및 환기장치
28	외단열 공법 시공성 및 성능평가	· 정부의 건물 소비에너지 저감정책에 따라 외단열 공법 도입의 필요성이 증가하고 있으나, 공사비의 증대와 내구성, 방화성 등의 성능에 대한 우려 등으로 쉽게 진행되지 못하고 있음. 또한 가설공사에 있어서도 새로운 방법의 도입이 필요하나 실제 적용을 통한 평가 등이 어려우므로 이러한 사항의 실증이 필요함.	· 외단열 공법의 내구성능 실증 (동결융해, 자외선 장기노출 등으로 인한 외단열 시스템의 내구성 검증) · 외단열 공법의 방화성능 실증 (단열재의 종류, 내화 배리어의 성능 등) · 외단열 공법의 효율적 시공을 위한 가설공사 시스템의 성능 검증	

2.2.4 국토교통 R&D 사업·관리 체계 개편과의 연계성

■ 국토교통 R&D 사업·관리 체계(2017년, 국토교통부)에 따른 관련 기술개발 사업을 제시함

◎ 본 제로에너지 빌딩 종합실증시설은 개편된 R&D 서업·관리 체계 중 '도시건축연구분야' 의 ① 저에너지 첨단 융복합 건축기술 사업, ② 미래형 스마트홈 기술개발 사업, ③ 스마트시티 기술 개발 사업의 실정분야와 연관성이 높음

[표 4-13] 저에너지 첨단 융복합 건축기술 사업 (도시건축연구 분야)

구분		내용
사업개요	정의	• 자원고갈, 기후변화 대응을 위한 저에너지 건축기술과 더불어 다양한 건축 수요의 충족과 부가가치 창출을 위한 융복합 건축 기술을 개발하는 사업
	목적	• 건축물 에너지 저감 기술개발을 통한 기후변화 대응 및 첨단 융복합 기술 적용을 통한 건축수요 적시 대응 및 미래지향적 고부가가치 창출 기여
	목표	• 건물에너지 효율 개선 및 건축물 안전성 제고를 위한 첨단 융복합기술 개발
	기간 및 예산	'18~'22년 (5년) / 총 1,381억원
	사업유형	• 국내 건물의 에너지 사용량 저감 및 다양한 건축수요 대응을 위한 사회문제해결형 (R&SD)
	상위계획 연계성	• 「제1차 녹색건축물기본계획」, 「제2차 건축정책기본계획(안)」 등 – 「제1차 녹색건축물기본계획('14~'18)」에서 제시하는 '녹색건축물의 활성화를 통한 탄소 관련 국가 정책목표의 달성' – 「제2차 건축정책기본계획(안)」의 기후변화 대응 온실가스 감축 및 에너지 저감을 위한 녹색건축 산업육성

		• 「국토교통 R&D 중장기전략(2014)」에서는 첨단 융복합 건축을 통해 창조경제 실현을 위한 '융·복합 기반 신산업 창출'
주요 내용	중점분야	① 건물 에너지 저감 기술 개발 ② 첨단 융복합 건축 기술 개발 ③ 특수 건축물 설계·시공 기술 개발 ④ 건축물 안전향상 기술 개발
	추진방향	• POST-2020 대비 건물 부문 에너지 저감 목표를 달성하기 위한 건축물 설계, 시공 및 유지관리기술 개발 • IT, RT, NT, CT 등 타 산업의 기술을 융합하여 건설산업의 부가가치를 향상시키기 위한 기술 개발 • 미래 건축물 수요에 대비하여 초고층 빌딩, 개폐식 건축, 대공간 건축, 플로팅 건축 등 건축물 설계·시공 기술 개발 • 최근 발생하는 태풍, 지진 등 기후변화에 따른 자연재해와 화재, 테러 등 사회재난에 대응하는 건축물의 안전 기술 개발 • 정부 국정철학에 부합하고 국민들의 다양한 수요와 트렌드에 대응하여 고부가가치를 창출할 수 있는 건축 기술개발에 중점 투자 • 기술개발을 통한 온실가스 감축으로 기후변화에 대응하고, 첨단 기술 도입에 따른 효율화, 안전도 향상 등 건축물 분야의 문제점을 해결할 수 있는 R&D 유형에 부합 하도록 기술개발 투자 추진
	연구내용	① 건물 에너지 및 온실가스 저감 기술 – 건물 에너지 저감 기술 및 온실가스 배출량 저감 기술 개발 – 녹색건축물 유지관리 시스템 기반 구축 및 실증 – 기존 건축물 에너지효율화를 위한 비용효율적 리모델링 기술 개발 – 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발 – 건물, 시설물 통합관리시스템(FMS) – BEMS KS기반의 설계 시공 운영 관리 기술개발 및 실증 – 신축 및 기존건축물 온실가스 저감 통합 모니터링 및 성과관리 기술 개발 – 건축물 생활하수 낙차에너지를 활용한 제로에너지빌딩 요소기술 개발 – 건축물의 친환경 저에너지 외단열 시스템 개발 – 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술개발 ② 한옥 건축 기술 – 한옥 건축 설계 기술 개발, 한옥 건축물 부품의 표준화, 한옥 산업 클러스터 조성 등 – 한스타일 생태건축 핵심기술 개발 및 실증 – 한옥 종합유통단지 등 한옥산업 클러스터 조성연구 – 국내 목재산업 활성화를 위한 목조건축의 설계·시공·유지관리 기술 개발 – 10M급 대공간 한옥 기술 개발 – 한스타일 생태마을 공간구조 배치기법 개발 및 실증 – 한스타일 생태건축 자재·부재 및 평가기준 개발 – 국가표준 한국건축규정 개발 ③ 특수 건축물 기술 – 초고층 건물, 복합기능 건물과 같은 특수건축물에 필요한 설계·시공·건축재료 기술 개발 ④ 건축물 안전 기술 – 건축물 안전 기술 개발, 내진·방재에 필요한 건축물 설계 기술 및 지침, 화재 안전 가이드라인 개발



[표 4-14] 미래형 스마트홈 기술개발 사업 (도시건축연구 분야)

구분		내용
사업개요	정의	• ICT기술 적용 주거환경기술을 개발하여 국민생활의 질 향상을 도모하는 국민 체감형 주택기술 개발사업
	목적	• 미래형 스마트 주택기술을 통한 주거환경 및 품질 개선
	목표	• 거주자의 생활패턴 기반의 건강관리, 에너지관리 및 주거환경 제어 서비스 등이 가능한 ICT 기반 미래형 주택 구현
	기간 및 예산	'18~'24년 (7년) / 총 1,618억원
	사업유형	• 국민의 주거환경을 개선하기 위한 사회문제해결형(R&SD) 사업
	상위계획 연계성	• 「제2차 장기 주택종합계획(' 13년~' 22년)」, 「주택정책 R&D 기본계획('14~'18)」 – 「제2차 장기 주택종합계획(' 13년~' 22년)」에서 제시된 '친환경 주택 및 주거단지 보급', 'ICT를 활용한 스마트홈 보급 확대' 등 – 「주택정책 R&D 기본계획(' 14~' 18)」에 맞추어 기술의 융복합화를 적용하는 사회문제해결형 R&D 추진 • 「제3차 과학기술기본계획」상의 120개 중점과학기술 중 고효율에너지 빌딩 기술 개발
주요 내용	중점분야	① 주택에너지 운용 기술개발 ② 스마트 건강관리 기술개발 ③ ICT 기반 주거환경개선 기술개발
	추진방향	• 주거용 공동주택의 주거환경 개선, 지속가능성 향상, 보편적 주거 복지 등 사회문제 해결에 초점을 맞추되, 시장전망이 밝고 경쟁력을 갖춘 분야에서는 해외 진출을 위한 기술개발을 적극 지원 • 실증단지 구축과 관리매뉴얼 개발, 비즈니스 모델 개발 등 비용절약과 실제 적용을 앞당기기 위한 통합적 접근으로 연구개발을 추진(HW와 SW의 통합 개발) • 국가의 온실가스 감축 정책목표 달성을 위한 주택 에너지 제로화 기술, 거주자의 쾌적도 증진을 위한 바이오 주택 구현 기술 등에 집중투자 – (중기) 제로에너지 주택 설계도서, 표준디테일 및 시방서 등 개발을 통해 단독 및 7층 이하 공동주택의 에너지 사용 제로화 기반 구축을 위한 투자 – (장기) 중고층 이상 공동 주택으로 에너지 사용 제로화 확산을 통해 2025년 제로에너지 주택보급 실현을 위한 투자 • 주거공간에서 전천후 생활보조 환경기반의 헬스케어 스마트 홈 구현 및 확산을 위한 시스템 구축 및 실증추진, 확산을 위한 연구개발에 투자확대 – (중기) 생애주기에 따른 개호별 스마트 홈 헬스케어 시스템 및 단지-지역과 연계한 다중이용 헬스케어 시스템 구축 및 실증투자 – (장기) 주거공간에서의 헬스케어 인프라 및 서비스에 대한 표준화 및 확산을 위한 인정시스템 구축과 시범단지 운영을 위한 투자
	연구내용	① 제로에너지 공동주택 활성화를 위한 보급형 주택기술 개발 – 통합배관과 세대 열교환 장치, 중앙형 열회수형 환기장치, 부위별 열교차단재 및 부위별 기밀자재 국산화 – 통합배관 및 세대 열교환 장치 및 중앙형 열회수형 환기장치 국산화

		※ 제로에너지 주택 비용을 고려한 최적화 단계별 우선적용 기술선정 ※ 제로에너지 성능 자재 기술패키지 개발 ※ 제로에너지 공동주택 유지관리 비용최소화 및 교체부품 기술 개발 ※ 제로에너지 자재기술 패키지 테스트베드 적용 – 부위별 열교차단재 및 부위별 기밀자재 국산화 ※ 플러스에너지 성능 자재기술패키지 개발 ※ 플러스에너지 공동주택 유지관리 비용최소화 및 교체부품 기술 개발 ※ 플러스에너지 자재기술 패키지 테스트베드 적용 ② 플러스에너지 및 저층/고층 제로에너지주택 핵심기술 – 플러스에너지 및 저층/고층 제로에너지주택 핵심기술 개발 및 실증 – 플러스 에너지주거단지 및 기반시설 실증연구 ※ 플러스에너지 주거단지 구현 IT기술 및 제로에너지 고층주거모델 개발 및 실증연구 – 고층 공동주택 외피 시스템 구현기술 ※ 고층 제로에너지 공동주택 고효율 설비 및 신재생에너지 설비 기술 ※ 고층 제로에너지 공동주택 품질향상 및 공기단축 기술 개발 ③ 빅데이터 기반 주택에너지 관리시스템 – 주택분야 온실가스 감축 및 에너지절감을 위해 주택에너지 통합관제 및 관리기술 개발, 실증 및 운영 ※ 신축공동주택 유형별 에너지관리시스템 개발(에너지 목적별 분리계측) ※ 광역지자체 공동주택에너지 통합관리 센터(Testbed) 구축·운영 및 확대 ※ 기존공동주택 유형별 에너지관리시스템 개발 및 실증 ④ AAL(Ambient Assisted Living)기반의 스마트 공동주택 헬스케어 기술 및 실증모델 – AAL기반 스마트 공동주택 표준모델 개발 및 플랫폼 구축 – AAL기반 스마트 공동주택 공간설계 및 적정모델 개발 ※ AAL기반 스마트 공동주택 거주자의 행태 및 공간 인지성 분석 ※ AAL기반 스마트 공동주택 구현을 위한 공간계획요소 도출 및 공간모델 설계 ※ AAL기반 스마트 공동주택 공간모델 설계 기준 및 지침 마련 – AAL기반 헬스케어 스마트 홈을 위한 Active Aging 플랫폼 구축 ※ 실시간, 양방향 서비스가 가능한 Active Aging 입출력 플랫폼 개발 ※ 빅데이터 처리 및 개방형의 Active Aging 서비스 플랫폼 개발 ※ AAL기반 Active Aging 플랫폼, 제공 서비스에 적용 가능한 디바이스 및 시스템 최적화 – AAL기반 스마트 공동주택 거주자에 적합한 헬스케어 서비스 개발 ※ 거주자(나이, 질병, 소득 등), 거주형태 분석(독거, 가족 등 가구원 수, 가구면적 등) ⑤ 주거공간에서의 고령 친화적 헬스케어 인프라 및 서비스 – 인증시스템 개발 및 레퍼런스 서비스/인프라 설계, 레퍼런스 서비스/인프라 개발 및 시범단지 적용 – 기존 헬스케어 서비스/인프라 분석 – 헬스케어 서비스의 단계별 AAL화 목표 설정 – AAL화된 헬스케어 서비스를 위한 인프라 수준 단계별 정의 – 헬스케어 서비스의 단계별 AAL화 목표 및 상응하는 인프라 수준을 바탕으로 헬스케어 서비스/인프라 인증시스템 각각 개발 – 인증시스템에서 활용할 레퍼런스 서비스 및 레퍼런스 인프라 설계 – 헬스케어 레퍼런스 서비스 개발 – 헬스케어 레퍼런스 인프라 개발 – 헬스케어 레퍼런스 서비스/인프라 시범단지 적용 – 시범단지 적용한 레퍼런스 서비스/인프라에 대한 사용자 피드백 – 피드백을 통한 인정시스템 보완 ⑥ 고령자의 건강한 노후생활을 위한 헬스케어 스마트 홈 확산 기술개발 – ICT기반 헬스케어 스마트 홈 구축 아이템 추출에서 서비스에 이르는 시스템기술 개발



		– 주거복지구현을 위해 거주자들의 의료비지출 중 최상위 질환의 생활환경 및 습관에 관련한 아이템 추출 – 「헬스케어를 위한 의료보건 서비스 개발 및 주택의 공동시설에 적용하기 위한 ICT 디바이스개발」 – ICT와 헬스케어 서비스를 실현하기 위한 맞춤형 주택설계/시공 – ICT 시제품의 인증 및 댁내와 단지 내 설치 – 헬스케어 서비스의 적용 및 운영 모니터링을 통한 시스템 정교화 ⑦ 주거복지 구현을 위한 생활밀착형 공동주택 성능향상 기술 – 소음, 실내공기질, 결로, 누수 등 국민의 일상생활과 밀착되는 각종 요소기술 개발 – 기존 공동주택(바닥슬래브 150mm 이하 아파트 대상)의 공간 맞춤형 층간소음 저감 기술개발 ※ 공간 맞춤형 바닥충격음 저감 설계(안) 및 바닥슬래브 성능 향상 기술 ※ 기존주택의 바닥구조 강성보강 공법 및 천장구조 개발 ※ 공용공간의 설비소음 평가기준 설정 및 표준설계·시공지침 마련 – 화학적·생물학적 오염물질 제거를 통한 공동주택 실내공기질 개선 및 진단 기술개발 ※ 주택 내 오염물질 발생원(VOCs, 알데하이드류, 곰팡이 등) 제어 공법 및 가이드라인 ※ 주택 내(욕실, 주방 등) 습기 및 세대간 냄새, 지하 대공간 제습·악취 제어 환기시스템 ※ 실내공기질 진단 체크리스트 및 홈오토메이션 시스템 – 결로발생 면적 저감을 위한 성능향상 기술개발 ※ 결로방지 성능기준 개정(안) 및 성능평가 표준(KS) ※ 결로방지를 위한 설계/시공, 유지보수 가이드라인 ※ 결로방지 성능향상 기술패키지 개발 및 시공법 등 DB 구축 – 공동주택 지하구조물 누수예방, 진단 및 성능복원 기술 개발 ※ 지하구조물 표준 방수설계 매뉴얼 및 시공 가이드라인 ※ 공동주택 지하구조물 부위별 최적방수공법 선정 및 평가 기술 ※ 지하구조물 누수평가 및 진단, 누수유형별 성능복원 기술 ⑧ 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발 – 모듈러 중고층화 및 생산성 향상을 위한 시뮬레이션 툴, 재도 개선, 프로세스/재활용/운송 효율 향상 기술 개발 – BIM기반 모듈설계 기술 및 제작/시공 단계별 시뮬레이션 툴 – 전용 해석 및 실대형 실험을 통한 중고층 모듈러 복합구조 및 내화시스템 기술 – 모듈러 관련 기준 제·개정 및 제도 개선 방안 수립 – IT 기술 활용 공장 제작도면(shop drawing) 표준화 및 공장프로세스 최적화 기법 – 모듈의 재사용성 향상을 위한 모듈간 접합 시스템 및 내외장 시스템 – 운송부피 절감을 위한 부피 확장형 모듈 시스템(Lift-up 모듈, Sliding 모듈) – 현장 시공프로세스 최적화를 위한 양중계획, 접합시스템, 장비 및 인력운용 기법 ⑨ 비용절감형 장수명주택 보급모델 개발 및 실증단지 구축 – 보급형 장수명 주택 모델 및 제도 개선(안) 수립 – 보급형 및 비용절감형 장수명주택 모델 개발 ※ 인증제도 등급별 설계모델 및 유지관리 용이한 설계기법 개발 ※ 2개동 60세대 실증단지 비용절감형 장수명주택 구조모델 제시 ※ 기존 인필의 비용절감화 방안 및 실용화를 위한 제품 개선 등 – 장수명주택 실증단지 설계 및 구축 – 장수명주택 보급활성화를 위한 제도 개선(안) 마련 – 저비용·고효율의 노후 공동주택 수직증축 리모델링 기술개발 및 실증 – 저비용·고효율 수직증축 리모델링 핵심기술 개발 및 실증 – 수직증축시 안전성 확보, 내력벽 철거 최소화, 사후 유지관리 용이성 확보 등 리모델링에 적합한 설계기술 개발 – 기존 건축물 설비성능 평가, 지하 주차장 계획, 배관(소방, 냉난방, 위생, 전기 통신) 개선 등 리모델링에 특화된 주거성능 향상기술 개발 – 기존 건축물 구조안전진단, 수직증축시 내진안전성 검증, 구조부 보강, 경량모듈 등 3개층 수직

		증축 허용에 따른 구조 안전성 확보 기술 개발 – 리모델링에 적합한 구조기준 및 구조보강상세 개발 – 저비용·고효율 리모델링 활성화를 위한 성능평가 기준, 가치평가 모델 등 개발 ⑩ 빅데이터를 활용한 부동산시장 분석 및 예측모형 개발 – 부동산 정보 표준화, 통합플랫폼, 시뮬레이션 기술 개발 – 부동산 통계 기초 정보 통합 및 표준화를 통한 인프라 고도화 기술 개발 – 부동산정보 품질보증 및 사용자 맞춤형 부동산 서비스 제공을 위한 통합정보플랫폼 구축 – 주택시장 변동 원인진단, 특이패턴 및 시계열 통계 분석 기법 개발 등 빅데이터 기반 부동산 시장 인사이트 기술 개발 – 부동산 정보의 공간계량, 시스템다이내믹스, 구조 방정식 모형 개발 등 기존 주택시장 분석·평가 모형 설계 및 시뮬레이션 기술 개발 ⑪ ICT 융합의 화재예방 안전주택 관리 기술 – 건축물 실사용자의 사용자경험(UX) 조사 및 BIM/ICT 기술연계 모듈개발, BIM 기반 화재안전 설계/예방 시스템의 구축, BIM 기반 실사용자(재실자,소방관련 실무자 등)를 위한 화재 안전 설계 및 유지관리 기술 개발 – 화재·피난 시뮬레이션과 BIM도구와 실시간 연동기술의 환경구축 – 화재·피난 시뮬레이션 기능과 연동 가능한 BIM기술의 시스템 검증 – 건축물 실사용자의 사용자경험의 조사를 통한 데이터베이스 구축 – 화재예방(교육/훈련) 및 유지관리를 위한 BIM/ICT 기술연계 모듈개발 – 화재·피난 시뮬레이션과 BIM도구와 실시간 연동되는 모델 개발 – 실사용자의 UX 데이터 구축을 통한 화재안전 설계/유지관리 방법 정립 – 몰입형 사용자 인터페이스를 이용한 체감형 화재상황 시뮬레이션 시스템 개발 – 화재·피난 시뮬레이션과 연계된 BIM 기반 통합 솔루션 개발 – ICT 기술 등을 활용한 지능형 경보·피난시스템 연동 기술 구축 – UX를 기반으로 한 화재상황별 정량적 위험도 및 피난 효율 평가 기술 개발 – 화재·피난 시뮬레이션과 연계된 BIM 모델 개발 – ICT/BIM 기술기반 화재예방(교육/훈련) 및 피난·소방 체계에 관한 지능형 시스템 개발 ⑫ 범죄로부터 안전한 국민안심 지능형 주거실증 기술개발 및 최적화 모델개발 – 실증기술 및 체계구축과 최적화 모델 개발 – 지능형 국민안심 기술 현황 파악 및 적용기술 선정, 기구축 성과 연계 방안 마련, 지능형 주거실증 시나리오 구축, 주거실증 기술 개발 및 체계 구축, Test site 선정 및 구축·운영 – 실증결과를 바탕으로 한 지능형 기술의 최적화 모델 개발, 상황에 따른 지능형 방범기술의 패키지 구성방안, 비용대비 효과 등 경제성 분석, 법제도 개선 및 성과확대 방안 마련

[표 4-15] 스마트시티 기술 개발 사업 (도시건축연구 분야)

구분		내용
사업개요	정의	• 한국형 스마트시티 모델 정립·실증, 도시 재생·복원 기술 및 도시기반 플랜트시설 기술 개발을 지원하는 사업
	목적	• K-스마트시티의 글로벌 경쟁력을 강화하고 친환경 도시 조성 및 에너지 선순환 구조 구축으로 국민의 삶의 질 향상
	목표	• 스마트시티 모델 구현과 해외 진출 기반 구축 및 국내 도시의 스마트화 촉진
	기간 및 예산	'18~'22년 (5년) / 총 2,022억원
	사업유형	• 도시 삶의 질 회복 및 거주성 향상을 추구하고, 에너지자원 소비와 운영비 저감을 위한 사회문제해결형(R&SD) 사업



	상위계획 연계성	• 「국토교통 R&D 중장기전략(2014)」에서는 ①도시시스템의 창조적 융·복합을 통해 기존 산업의 고부가가치화, 신산업 및 일자리 창출, ②국민행복 달성을 위한 '편리하고 안전한 국토 공간 조성'을 제시 – 생태친화적 도시 조성 및 환경변화 수용 가능한 도시 조성, 도시의 종합적인 기능 회복 기술 개발 – 7대 신산업 및 10대 브랜드과제로 "한국형 스마트시티 구축기술" 선정 • 「제3차국가과학기술기본계획」, 「신성장동력종합추진계획」, 「제4차국토종합계획」, 「국가도시재생기본방침」 등
주요 내용	중점분야	① K-스마트시티 기술 개발 ② 친환경 도시 공간 기술 개발 ③ 도시기반 자원순환 플랜트 기술 개발
	추진방향	• 스마트시티 국내 확산 및 스마트시티 기술 해외 수출을 위한 기반 구축 • 도시 열섬, 온실가스 등 도시문제 해결 및 도시 재생·복원을 위한 친환경 도시조성 • 도시 내에서 발생하는 폐자원을 에너지로 재활용하는 플랜트를 통해 에너지 자급 도시 조성 • 정부 국정철학 및 한국형 스마트시티 핵심기술 개발 및 수출을 통해 세계시장 선점에 기여할 수 있도록 스마트시티 기술개발에 중점 투자 • 기술개발 성과를 수출과 시장선점을 목적으로 하는 사업화지향형으로 신산업창출 및 일자리 창출로 직결되는 R&D 투자 실현 – 기술성숙도 6단계 이상의 기술개발에 대한 중점 지원으로 성과의 실용화 확산 가능성 제고 • 국제적인 환경규제 및 청정개발체계에 대비하여 도시기반 복합플랜트, 대심도 폐기물 무해화 기술 등에 관한 국내 및 해외 수요에 대응 – 도시 내 공급처리 경로를 고려한 복합플랜트 입지 및 공정복합화 기술 추진 – 에너지 저감 및 무해화 성능이 탁월한 대심도 폐기물 처리 공정 및 설계·시공기술 개발 추진
	연구내용	① 도시 운영 관리 시스템 – 도시의 운영 및 관리에 필요한 기초적인 시스템 및 플랫폼 개발 – 도시 관리를 위한 정보생성 및 구성인프라 효율화를 위한 인프라 고도화와 도시통합관리 시스템과의 데이터 유통체계 확보 – 스마트시티 내 상하수도, 교통, 에너지 관리 등 인프라의 효율적이고 통합적 관리를 위해 다양한 Data 표준화 선행 및 이를 기반으로 한 Open 서비스 개발 – 데이터/정보를 활용한 다양한 공공서비스를 발굴하여 개발 기술을 검증하고, 시민서비스 편의향상, 스타트업 육성 등 지역 경제 활성화 기여 ② K-스마트시티 실증 및 사업화 – 스마트 시티 확산 및 고도화를 위한 도시운영관리 및 공간계획·조성 기술 개발 – U-City 고도화를 위한 핵심 기반 기술 개발 ③ 친환경 도시 재생 기술 – 도시에 탄력성 및 재생력을 부여할 수 있는 친환경 도시 재생 기술 및 기법 개발 – 도심 폐자원(무기성 폐기물) 처리 및 활용기술 개발 – 생태문화도시 조성기술 개발 – 도시 에너지 최적화 기술 개발 – 도시기반시설 및 주변지역 활성화 기법 개발 – 기후변화 적응형 도시 열환경 설계 및 관리시스템 기술 개발 – 도시거주성 및 기능성 향상을 위한 도시재생 실증연구 – 신산업 육성 및 산업단지 활성화를 위한 미래형 산업단지 조성기술개발

		– 주거단지 내 유기성 폐자원의 활용촉진을 위한 실증연구 ④ 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 – 친환경, 고성능의 자립형 도시 라이프라인 인프라 구축을 위한 순환성 도시기반 복합플랜트 개발, 실증을 통한 고부가가치 국가 신성장산업화 – 도시유형별 복합플랜트 표준모델 확보 – 복합플랜트 설치·운영을 위한 기반 조성 – 분야별 복합·연계 핵심공정 개발 및 실증 – 복합플랜트 도입환경 및 기술기반 구축

2.2.5 시사점 분석

◎ 건물 에너지 검인증 및 실용화 지원을 위한 종합실증 시험인프라 필요

– 최근까지「주택(단독/공동)」을 중점 대상으로 건물 에너지 기술 실증 지원 시험시설 인프라 구축 사업이 진행되었음

– 반면,「업무용 건물」 및 「대공간 건축물」등 중·대규모 건축물의 Zero · Plus 에너지화 기술의 검인증·실용화 지원을 위한 종합시험시설 기반은 전무한 상황임. 이는 건축 환경·에너지 분야의 연구·산업 발전 · 진흥 및 해외시장 진출의 약점으로 작용

– (중·대규모 건물 에너지 검인증·실용화 지원 종합 시험 인프라 필요) 건축 환경·에너지 분야의 기술 선도, 산업 진흥 및 해외시장 진출 확대를 위해서는 Zero · Plus Energy Building 관련 기술 · 제품의 검인증·실용화 지원을 위한 중·대규모 건물 에너지 종합실증시험시설 필요(현존하는 관련 시험시설은 지원 범위 및 규모 등에 한계가 많음)

– (Total Solution) Zero · Plus Energy 건물 에너지 기술 실증 지원을 위해서는, 건물에서 에너지 소비와 관련한 Passive 요소 기술 · 제품, Active 요소 기술 · 제품, 신재생에너지 기술 · 제품, Energy Management 기술 · 제품들에 대한 개별적인 성능 뿐만 아니라, 전체 건물에 대한 종합적인 성능 평가 및 실증을 위한 체계 및 시설 확충이 필연적임

◎ 세계시장 진출 확대를 위해서는 글로벌 다중 실기후 환경(온대, 열대, 건조, 냉대, 한대) 조건에서의 기술 · 제품에 대한 사전 성능 평가·검인증은 필수임과 동시에 국내기업 및 국가의 산업경쟁력 강화 요인으로 작용

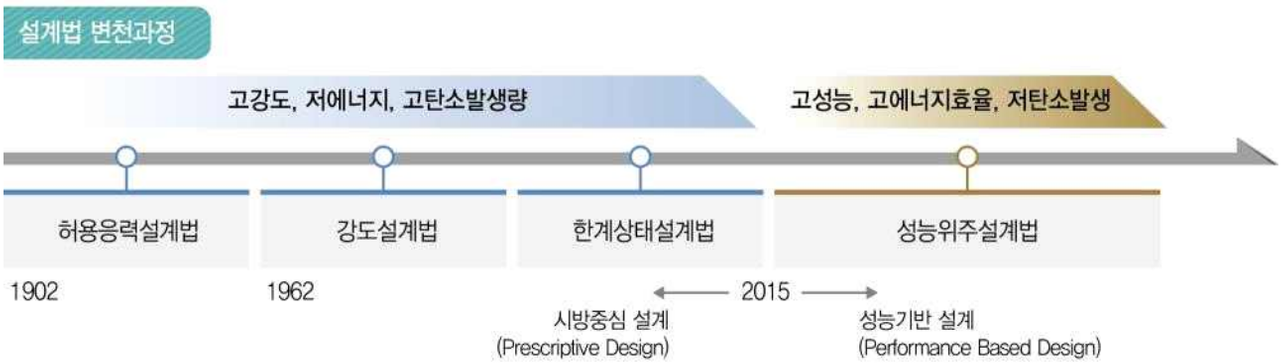
◎ 현재까지, 대부분 특정 실험 수행에 목적을 둔 단일 실험시설이 구축되었으며, 점차 시험 및 검증의 수요가 높아짐에 따라 복수 및 융합 · 종합적 시험 수행이 가능한 시험 인프라 확대 요구 증대

– 단열(열관류율), 결로방지성능, 기밀/수밀성능 등 특정성능에 대한 평가만이 가능한 단일 목적 미시 특정 환경 모사 실험시설이 대부분임. 반면, 고효율 기자재 인증제도, 창호 에너지효율등급제도 등이 시행됨에 따라, 기존 실험시설의 수용능력이 포화상태로 장시간 대기해야 할 뿐 아니라 복합적 성능 시험이 요구가 늘어가는 현상황은 본연의 목적 달성이 이용이 어려운 실정임

– 다양한 실험이 비교되거나 관련되는 경우, 다른 실험시설에서 다른 조건 하에 실험을 진행하게 되어, 그 신뢰성은 낮아지게 됨. 따라서, 관련되는 다양한 연구를 한 실험시설에서 수행할 수 있으면, 실시간으로 비교/모니터링이 가능

◎ 건축은 기존의 시방설계 (PD : Prescriptive Design)에서 성능위주설계 (PBD : Performance Based Design)로의 패러다임 변화 및 지원 수단으로 활용

– 초기 PBD에서는 부재 단위의 성능(Individual Performance)을 평가하였는데, 이는 각 요소를 평가하여 전체를 가늠하는 방식이었으나, 각 요소가 결합할 때도 다양한 오차요인이 발생하므로, 종합성능(Overall Performance) 평가 대두. 종합성능시험시설은 변화하는 패러다임에 대응 가능한 수단으로 활용 가능



[그림 4-16] 건축 설계의 변천 과정

◎ 건축 에너지분야 **종합실증시설의 구축 방향 및 주요 고려사항**

– 건축 환경·에너지 분야의 기술 선도, 산업 진흥 및 해외시장 진출 확대를 위한, Zero · Plus Energy Building 관련 기술 · 제품의 검인증·실용화 지원을 위한 중·대규모 건물 에너지 종합 실증 시험 시설 구축 계획 수립

– Zero · Plus Energy Building 기술 실증 지원을 위한, Passive/Active/신재생E시스템/Energy Management 기술 · 제품의 개별 성능 및 건물 종합 성능 평가 및 실증을 위한 시설 구축 방안 수립

· 주요 Passive 및 Active 기술 · 제품 성능 평가 · 검인증 시험시설 및 체계

· 주요 신재생 E시스템 기술 · 제품 성능 평가 · 검인증 시험시설 및 체계

· 건물 종합 성능 평가 · 검인증 시험시설 및 체계

· 사용 목적 · 용도에 따른 시험시설의 효율적 공간구성 및 배치

– 글로벌 시장 진출 지원을 위해, 글로벌 다중 실기후 환경 조건의 모사가 가능하고, 이에 대한 성능 평가 · 실증이 수행될 수 있도록 시설 계획

– 건물에 주어지는 다양한 실제 외부환경 조건을 고려 · 모사가 가능하도록 계획. 특히 건물 내외부에 작용하는 실제 압력모사 가능

– 융복합 : 건축 환경 · 에너지 분야 뿐만 아니라, 건설 및 그 외 융복합 연구가 가능한 분야와 연계되어 활용될 수 있는 시험시설의 계획 수립 필요

– 종합실증시설의 에너지 절약적 설계 : 에너지 소비가 클 것으로 예상되므로, 손실되는 에너지를 최소화할 수 있도록 계획되어야 하고, 자가발전 및 설비 설계의 최적화가 필요

– 다양한 외피 시스템들에 대하여, 탈부착 및 교체가 가능하도록 Flexible 외피 설치 시스템 구축

– Over Head Crane 설비 구축

3. 실증시설 상세 내용

3.1 핵심 기능 및 역할

- (기술개발·R&D 실증) 제로에너지 건축 및 관련 설비·시스템 개발을 위한 실증서비스 제공
- (신기술 및 실용화 T/B 제공) 제로에너지 관련 기업의 신기술(NET)·신제품(NEP) 검증 및 개발기술의 실용화/상용화를 위한 종합적인 테스트베드 환경 제공(건축물 및 부지)
- (성능 검인증) 개발된 기술·제품의 시험 검인증 및 건축물 단위의 에너지성능 진단·평가

[표 4-16] 건축 에너지 관련 요소기술별 시험인증 항목 및 기관

구분	분류	대상품목	인증기준	규격	평가지표	시험·인증 기관
패시브 요소	벽체	창세트	단열	KS F 2278 창호의 단열성 시험방법	열관류율	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
			기밀	KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법	누기량	
			열차단	KS L 9107 태양열 취득률 측정 시험방법	태양열 취득률	한국건설생활환경시험연구원 외 1개 기관
		문세트	단열	KS F 2278 창호의 단열성 시험방법	열관류율	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
			기밀	KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법	누기량	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
		유리	단열	KS L 2514 판유리의 가시광선 투과율, 반사율, 방사율, 태양열 취득률 시험 방법	열관류율	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
			열차단		방사율 태양열 취득률	
		단열재	단열	KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법	열전도율	한국건설생활환경시험연구원 외 3개 기관
	바닥	바닥재	방열	KS B 8025	온도 변화율	한국건설생활환경시험연구원 외 1개 기관
설비	환기	열회수형 환기장치	효율	KS B 6879 열회수형 환기장치	엔탈피	한국건설생활환경시험연구원 외 6개 기관
		환풍기	환기비 효율	KS C IEC 60665 가정용 환풍기 및 조절기의 성능측정방법	풍량	한국산업기술시험원 외 2개 기관
		송풍기	공칭 효율	KS B 6311 송풍기의 시험방법	풍량	한국산업기술시험원 외 1개 기관
	냉난방 급탕	보일러	열효율	KS B 6205 육용강제 보일러의 열 정산 방식	발열량	에너지관리공단 외 6개 기관
		히트펌프	냉난방 효율	KS B 8052 가스히트펌프-비덕트형 KS B 8053 가스히트펌프-덕트형 KS B ISO 15042 멀티에어컨디셔너 및 히트펌프의 성능 시험 방법	열량	한국냉동공조인증센터 외 1개 기관



구분	분류	대상품목	인증기준	규격	평가지표	시험·인증 기관
신재생		냉동기	에너지 효율	KS B 6365 냉동용 압축기의 성능 시험 방법	열량	한국산업기술시험원 외 3개 기관
		냉온수기	냉난방 능력	KS B 6271 흡수식 냉동기 KS B 6205 육상용 보일러의 열 정산 방식	온도	한국산업기술시험원 외 2개 기관
	조명	형광 램프용 등기구	광효율	KS C IEC 60598 등기구 KS C 7801 무전극 형광램프	광출력	한국기계전기전자시험연구원
		LED	광효율	KS C 7652 : 2009 컨버터 외장형 LED램프 KS C 7651 : 2009 컨버터 내장형 LED램프 KS C 7653, LED 매입형 및 고정형 LED등기구	광출력	한국산업기술시험원 외 10개 기관
	저장	전력저장장치	효율	SPS-KBIA-10104-02-1999 배터리에너지저장장치용 리튬이차전지 SPS-SGSF-04-2012-07-1972 에너지저장시스템용 전력변환장치	전력량	한국산업기술시험원 외 2개 기관
	태양열	태양열 집열기	열성능	KS B 8295 태양열 집열기	집열량	한국에너지기술연구원 외 1개 기관
		태양열 온수기	열성능	KS B 8296 태양열 온수기	집열량	한국에너지기술연구원외 2개 기관
	태양광	태양전지	발전성능	KS C 8561 결정질 실리콘 태양광발전 모듈 KS C 8562 박막 태양광발전 모듈	최대출력	한국건설생활환경시험연구원 외 5개 기관
	지열	지열원 열펌프 유닛	냉난방 성능계수	KS B 8292 물-물 지열원 열펌프 KS B 8293 물-공기 지열원 열펌프 KS B 8294 물-공기 지열원 멀티형 열펌프	냉난방 용량	한국냉동공조인증센터
	바이오	목재펠릿 온수보일러	난방효율	KS B 8901 목재 펠릿 보일러	발열량	한국에너지기술연구원 외 2개 기관
	연료전지	고분자연료 전지 시스템	발전효율	KS C 8569 고분자 연료전지 시스템	발열량	한국에너지기술연구원
	풍력	소형 풍력 발전시스템	출력계수	KS C 8570 소형 풍력터빈	순유효 출력	한국에너지기술연구원 외 1개 기관
제어	건물에너지 관리시스템		건물 에너지 이용 효율	KS F 1800 (제정 중) 건물에너지관리시스템	1차 에너지 소비량	없음
종합	제로에너지 종합성능		–	–	–	없음

- (정책·제도 및 표준화) 다양한 실증연구를 통해 정부에서 추진 중인 “제로에너지건축물 인증제”의 지속 개선 (예: 건축물 통합 에너지인증마크 등)
  - 건축물 유형별 표준 시공절차서, 건축물 에너지관리 표준매뉴얼 개발 및 관련 분야 표준개발(시험·분석 표준, 기술·제품 표준 등)
- (해외시장진출 Reference 제공) 국내 기업의 고부가가치 엔지니어링 해외시장 진출을 위한 실증 T/B의 Reference data 제공(실증단지 T/B 및 국민체감형 실증DB 서비스)
- (전문인력 교육·훈련) 제로에너지 건축 엔지니어링 설계, 전문시공기술자, 건축물 에너지관리전문가 등 현장 교육
  - 제로에너지 건축자재 DB 및 BIM 기술을 연계한 엔지니어링 설계 교육, 목업용 실증 건축물을 활용한 시공 기술자 교육 및 BEMS 등 에너지·시스템 관리자 교육 등

3.2 실증시설의 세부구성 및 범위

3.2.1 실증시설 세부구성 및 내용

제로에너지 빌딩 종합실증타워, 건축물 유형별 통합 검증 T/B 및 국민 체감형(리빙랩) 통합실증 DB 시스템으로 구성

■ 실증기술 세부 구성도



[그림 4-17] 국가 건물에너지 절감 강화 정책 현황 및 전망



실증시설별 구성내용 및 정의

[표 4-17] 실증시설 세부 구성, 범위 및 내용

실증시설/분야	세부구성 및 범위	정의/내용(수혜기술)
제로에너지 빌딩 종합실증타워	Passive Building Energy 기술 실증	· 단열/기밀/열교/환기/차음/일사차단/습도조절/외피통합성능 등 건물에너지 절약을 위한 건축적인 요소기술의 설계안 및 시공방법을 실증하기 위한 시설
	Active Building Energy 기술 실증	· 환기시스템, 조명시스템, 공조시스템 등 건축물의 설비시스템에 대한 설계안의 에너지 효율 성능을 실증하기 위한 시설
	ICT·IoT 융합 센싱 및 Energy Management 기술 실증	· ICT·IoT 융합 센싱 기술 및 Energy Management 기술을 건물 단위에서 적용하기 위해 필요로 하는 센싱 기술의 정확도, 에너지 성능정보의 정확도를 실증하기 위한 시설(센싱 연동 제어/BEMS 기술 등)
	Geothermal 시스템 운영 성능 실증	· 지열시스템을 구성하는 지중열교환기, 열펌프 유닛, 축열조, 순환펌프 등 요소기술에 대한 단기, 중장기 운전 성능을 실증 평가하기 위한 시험 & 에뮬레이션 연계형 실증 시설
	BIPV 시스템 운영 성능 실증	· 실내외 환경 조건 및 BIPV시스템의 설계 조건을 반영한 시스템 발전효율과 화재안전성, 내후성 및 종합적인 발전성능을 실증하기 위한 시험 & 에뮬레이션 연계형 시설
	ESS/TES 시스템 운영 성능 실증	· ESS 또는 TES의 운영 과정에서 건물 부하 특성을 고려한 유효 충전/방전 효율, 유효 축열/방열 특성 및 시스템 종합 성능을 실증하기 위한 시설
	신재생에너지 시스템 통합 중계	· 신재생에너지시스템들(Geothermal / BIPV / ESS · TES)의 에너지 생산량 및 효율 등에 관한 실증 데이터를 종합적으로 집계 · 분석하기 위한 시설
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	공공시설형 표준 목업	· 실증기술의 건축물 유형별 목업 T/B 적용을 통한 건축물 단위 종합성능평가를 위한 실증T/B · 국민체감형(리빙랩)과 연계하여 기술적·정책적 검증을 feed-back 하고 리스크 관리가 가능하도록 환류 체계를 적용한 실증T/B ※ 기본적인 표준 목업T/B만을 우선 확보하고, 추가 필요한 유형에 대해서는 타 R&D사업의 실증T/B를 유치하여 반영
	단독주택형 표준 목업	
	공동주택형 표준 목업	
국민체감형(리빙랩) 통합실증DB 시스템	분산형 리빙랩 통합 Grid-network 구성	· 리빙랩 연계 실증 DB 제공 / 실증단지 통합 Grid Network
	통합실증DB 구축 및 대민 서비스 체계 마련	· 통합실증 DB 대국민 서비스 제공

3.2.2 조감도/구성도



[그림 4-18] 조감도

3.3 실증기술의 정의 및 범위

3.3.1 실증기술의 정의 및 범위

- 제로에너지 기술(Passive/Active)과 신재생에너지 생산 · 관리 시스템 성능을 건축물 유형별로 실증 및 검인증 지원이 가능한 시설
  - 제로에너지 건축물 설계안 조합별로 표준적인 건물 운영조건에 따른 상세 에너지 사용량 실측을 수행함으로써 종합적인 건축물 에너지성능 실증

[표 4-18] 주요 성능 및 내용

실증기술 분야	주요 성능 항목	내 용
Passive Building Energy 기술 실증	3차원 단열 · 열교 성능 실증	· 건물 외피의 구조체 단열 설계 조건을 실물 규모 시공하여 부위별 설계 및 시공방법에 따른 국부적인 3차원 열교를 반영한 단열 성능 실증
	건물내외 압력차 변화에 따른 기밀 성능 실증	· 외부 바람, 연돌효과 및 실별 설비 압력 분포에 따른 건물 내외부 압력차 변화를 모사하여 건물 외피에서 기밀 성능 실증
	3차원 결로방지 성능	· 건물 외피(커튼월시스템, 외장 패널 시스템 등)의 설계 조건을 실물 규모 시공하여 부위별 설계 및 시공방법에 따른 국부적인 3차원 열교를 반영한 결로방지 성능 실증
	3차원 자연환기 성능	· 창호 및 자연환기구 설계안에 따른 3차원 자연환기 성능 실증. 외부 기류 조건 및 다양한 입면 설계안, 평면 설계안 조건별로 3차원 공간 상의 자연환기 효율을 평가 및 실증
	일사 조절 성능	· 태양고도, 방위각, 일사량 조건에 따라서 각 향별 건물 외피에 설치된 다양한 디자인의 차양 장치로 인한 일사 차폐 및 일사 투과 성능 실증



실증기술 분야	주요 성능 항목	내 용
	옥상녹화에 따른 냉난방에너지 저감 성능	· 옥상녹화시스템의 설계 조건(토심의 깊이, 식생의 종류 등)에 따른 종합 열저항을 정량적으로 평가할 수 있는 성능 실증
	외피시스템 통합 성능 실증	· 외피시스템 설계안을 실물 규모로 시공하여 건물에너지 소비량에 영향을 미치는 열관류율(U-value), 선형열관류율(λ) 및 기밀성능(ACH50), g-value, VT(visual transmittance) 관련 성능 실증
Active Building Energy 기술 실증	환기 시스템의 효율 실증	· 외부 풍압, 실내외 압력차 조건에 따른 전열교환 환기시스템의 동적 운전 효율 및 성능 실증
	조명 시스템 효율 실증	· 창호 및 커튼월시스템을 통한 건물의 향별 자연채광을 고려한 실내 조명시스템의 운전 효율 및 성능 실증
	고층 설비용 덕트 · 관망 성능 시험	· 고층건물에서 덕트 및 배관에서의 반송 동력 저감을 위한 설계안 평가를 위해 실제 설계 시공 조건에서 수직/수평 덕트 · 관망의 마찰저항 및 펌프 동력 송풍 동력 관련 성능 실증
	설비시스템 통합 성능 실증	· 표준 건물에서 냉난방 및 공조시스템의 설계안에 대한 설비시스템 통합 에너지 성능 실증
ICT · IoT 융합 센싱 및 Energy Management 기술 실증	IoT 기반 유무선 센싱기술 정확도 실증	· 건물에너지 소비량 정보 및 건축 환경 정보를 전송하기 위한 다양한 유무선 센싱 기술 성능 검증 및 실증
	건물에너지 성능 정보의 정확도 실증	· 건물 단위의 에너지 소비량 정보 및 각종 에너지설비의 성능 정보를 추정할 수 있는 BEMS 기술의 내부 알고리즘에 대한 검증 및 실증
Geothermal 시스템 기술 실증	지중 열교환 성능 실증	· 지중열교환기의 설계안에 대한 단기, 중장기 채열성능을 실증
	열펌프 유닛 성능 실증(용량별)	· 지중열교환기와 통합되어 다양한 열펌프 유닛의 용량별 성능을 동적으로 평가
	시스템 종합 성능 실증	· 건물에서의 다양한 열부하 특성에 따른 열펌프 유닛의 동적 운전 성능을 실증 건물에서의 다양한 열부하 특성을 고려한 지열시스템의 설계안의 종합적인 냉난방 운전 성능 실증을 수행
BIPV 시스템 기술 실증	시스템 발전효율 실증	· 외부 기후 조건 및 실내 환경 조건을 고려한 시스템 발전효율 및 성능 실증을 수행
	화재안정성 및 내후성 실증	· 건물에서 실규모 BIPV시스템의 유형별 설계, 시공 조건에 따른 화재 안정성 및 내후성을 실증
	시스템 종합 성능 실증	· 건물에서의 다양한 BIPV 설치 조건을 고려한 설계안의 종합적인 발전 성능을 실증
ESS/TES 시스템 실증	유효 충전/방전 효율 실증	· 발전소 및 다양한 신재생에너지원에서 생산된 전기에너지를 도심지에서 필요한 시기에 선택적, 효율적으로 사용하기 위해 필요한 ESS (Energy Storage System)의 유효 충전/방전 효율 및 성능을 실증
	유효 축열/방열 실증	· 건물이나 도심지에서 생산되는 다양한 열에너지를 효율적으로 사용하기 위해 필요한 TES(Thermal Energy Storage)의 유효 축열량/방열량 성능 실증
	시스템 종합 성능 실증	· 건물의 열 및 전기 수요 조건에 따른 ESS/TES 시스템의 종합적인 효율 및 성능을 실증

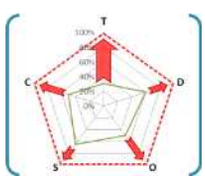
3.3.2 기술실현 목표

◎ 건물에너지 종합성능 실증

– 표준적인 건물 운영 조건에 따른 상세 에너지 사용량 실측 · 시험 및 에뮬레이션 연계형 종합 건물에너지 성능 실증 기반 및 사업화지원 체계 조성

- Full-scale Passive Building Energy 기술 실증
  - 단열 · 열교 성능, 건물내외 압력차 변화에 따른 기밀 성능, 결로방지 성능, 자연환기 성능, 일사 조절 성능, 옥상 녹화에 따른 냉난방에너지 저감 성능 등에 대한 요소 기술 실증 체계 · 기반 조성
  - 외피시스템의 통합 성능(열관류율(U-value), 선형열관류율(λ) 및 기밀성능(ACH50), g-value, VT(visual transmittance) 관련 성능 등) 실증 체계 · 기반 조성
- Active Building Energy 기술 실증
  - 환기 시스템의 효율, 조명 시스템 효율, 고층 설비용 덕트 · 관망 성능 실증 체계 · 기반 조성
  - 표준 건물에서 냉난방 및 공조시스템의 설계안에 대한 설비시스템 통합 에너지 성능 실증
- ICT · IoT 융합 센싱 및 Energy Management 기술 실증
  - IoT 기반 유무선 센싱기술 정확도, 건물에너지 성능 정보의 정확도 실증 체계 · 기반 조성
  - 기반 및 사업화지원 체계 조성

[표 4-19] As-is To-be 기술수준 비교

As-is		vs.		To-be
· 요소기술 · 자재 단위의 성능 시험 검증 · Simulation에 의존한 간접 · 이론적 종합 성능 평가		**Total verification & test Infra**	· 건물 단위의 실제 종합성능실증 및 Infra 조성	
· (국가R&D/기업 홍보용)Residential Building 시범사업에 집중 · 발전 사업 측면에서의 시범사업에 집중		**Demonstration**	· 중 · 대규모 non-Residential Building 대상으로 확대 · 도심지 건물 적용 실증 사업으로 확대	
· 적용기술 최적화 사례 부족 · 거주자측면 최적화 사례 없음 · 시스템 단위에서의 적용기술 최적화에 집중		**Optimization**	· 설계별 대안 성능/효용 분석 (Passive + Active + Energy management) · 일반화 가능한 제로에너지건물 단위 프로토타입 모델, 디테일 및 마스터플랜 지원 · 건물 단위에서의 적용 기술 최적화로 확대 필요	
· 제로에너지 건물 성능기준 미비 · 서로 다른 성능 기준 적용		**Standardization**	· 실제 성능 데이터에 근거한 제로에너지 건물 종합성능 인증 체계 구축	
· 실제 시장에서의 개발사업 사례는 극히 일부에 불과 · 제품 · 기술 개발 및 사업화 지원 시스템 열악		**Commerciali -zation & support**	· 제품 · 기술에 대한, 국가적 차원에서의 성능 검인증 기반 조성 · 지원	

3.3.3 기술실현 단기 및 중장기 목표

[표 4-20] 단기 및 중장기 목표

단기(5년)			중장기(10년 이후)		
당해 목표	기술수준	실현기간	당해 목표	기술수준	실현기간
· 품질 보증 체계 · 인프라 조성을 통한 국가 기술보급 기반 확립 및 기술 선도국 반열로의 도약	95%	5년	· 품질 확보된 제로에너지건물 보급 기반 마련	95%	10년
			· 사업화 지원 비즈니스 모델 운영을 통한 건축 산업 진흥 및 국제 경쟁력 강화	90%	15년

3.4 실증시설 · 장비 규모 및 범위

3.4.1 제로에너지 빌딩 종합실증타워

- 제로에너지 기술(Passive/Active) 실증을 위한 시설과 신재생에너지 생산 · 관리 시스템(Geothermal, BIPV, ESS/TES)에 대한 성능평가를 위한 시설로 구성됨

[표 4-21] 상세용도, 면적 및 주요 특징

시설명	제로에너지 빌딩 종합실증타워
시설용도	– 종합 실증 시험 건물 (30층, 높이100m 규모의 건물) – 건물에너지 종합 성능 실증 System (시험 & 에뮬레이션 연계형)
층수 (지하, 지상)	지하2층, 지상 10층(H=130m, 타워부 포함)
부지면적	40,000 ㎡
건축면적	2,400 ㎡
연면적	33,860 ㎡
주요 특징	– 건물 자가발전 설비 통합 모니터링실 구축(통합 모니터링장비 및 자동제어시스템 포함)



[그림 4-19] 개념도

◎ 지하 1~2층의 기계/전기/설비실, 지상 1~3층의 저/중/상층 사무형 빌딩 실증실, 지상 6~9층의 실증기술 실험실, 지상 10층의 통합 모니터링실 및 지상 20~30층의 중고층 패시브 기술 실증을 위한 타워부로 구성됨

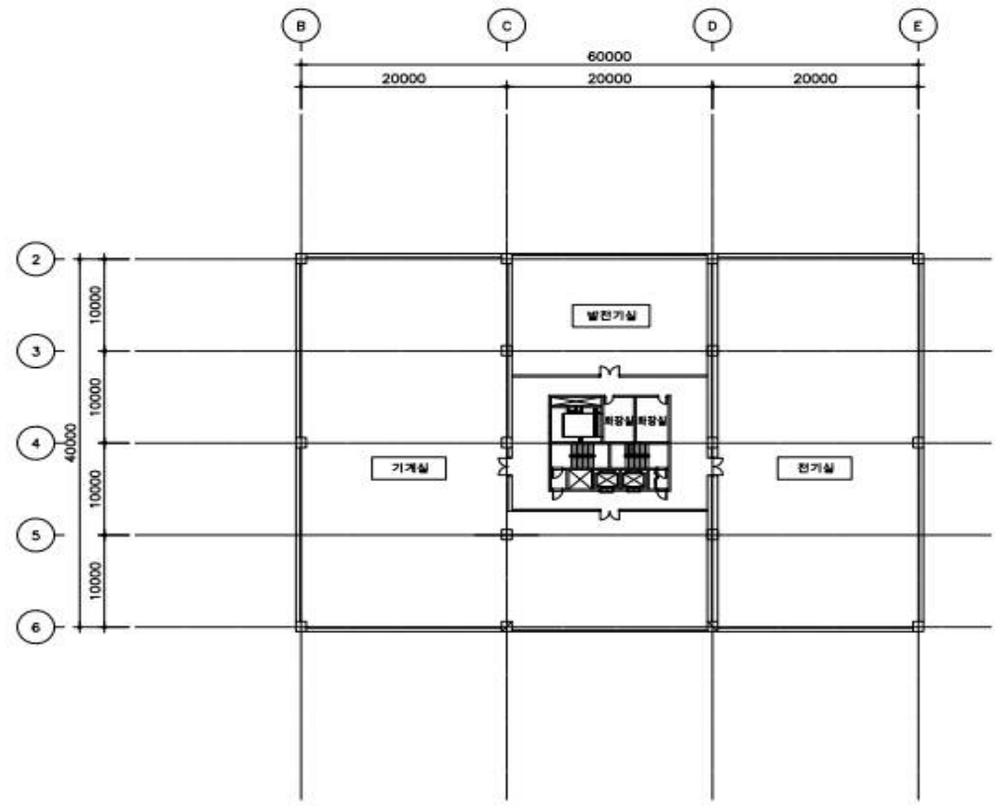
[표 4-22] 층별/실별 면적 및 용도

층 구분	제로에너지 빌딩 종합실증타워		
	실험실명	면적 (㎡)	용도 및 특이사항
지하 2	기계·전기 설비실 등	2,400	· 기계실, 전기실, 발전기실, 기타 방재실, 창고 등
지하 1	BIPV 인증 및 실증·관제실	2,400	· BIPV 발전효율 실험실, 화재안정성 미 내후성 실험실, 시스템 종합성능 평가실
	Geothermal 실증·관제실		· 지중 열교환 성능 평가실, 열펌프 유닛 성능 평가실, 시스템 종합성능 평가실
	ESS/TES 실증·관제실		· ESS 유효 충전·방전 평가실, TES 유효 축열·방열 평가실, 시스템 종합성능 평가실
지상 1~3층	저/중/상층 사무형빌딩 실증실	2,400	· 건물 압력변화 모사 및 글로벌 다중 실기후 환경 모사 – Unit-Chamber (층별/존별) 2개소 – 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비 – 압력 조절 장비 – 외피통합성능 분석 시스템 및 각종 센서 · 계측 장비 – 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등 · Active Building Energy – 설비 시스템 및 구축 공간 – 업무 · 주거 공간 실증 Unit-Chamber (층별/존별) – 압력 조절 장비 – 시험 & 에뮬레이션 연계형 설비시스템 통합성능 분석 시스템 및 각종 센서 · 계측 장비 · 에너지(열/전기) 통합성능 실증실험시설
	연구/실험 기자재실		· 연구/실험 기자재실 – 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등
	연구/실험용 기계·설비실		· 연구/실험용 설비 및 기계실 – 냉동기, 공기조화기, 가섭설비, 제습설비 등
	연구실/회의실		· 외부공동연구실, 회의실, 휴게실 등
지상 4~5층	사무형 실증실	2,400	· 사무형 제로에너지 종합실증실 – 오피스, 병원, 주민센터 등 유형별 가변 적용
	연구실/회의실		· 외부공동연구실 및 회의실
	연구/실험 기자재실		· 연구/실험 기자재실 – 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등
	연구/실험용 기계·설비실		· 연구/실험용 설비 및 기계실 – 냉동기, 공기조화기, 가섭설비, 제습설비 등

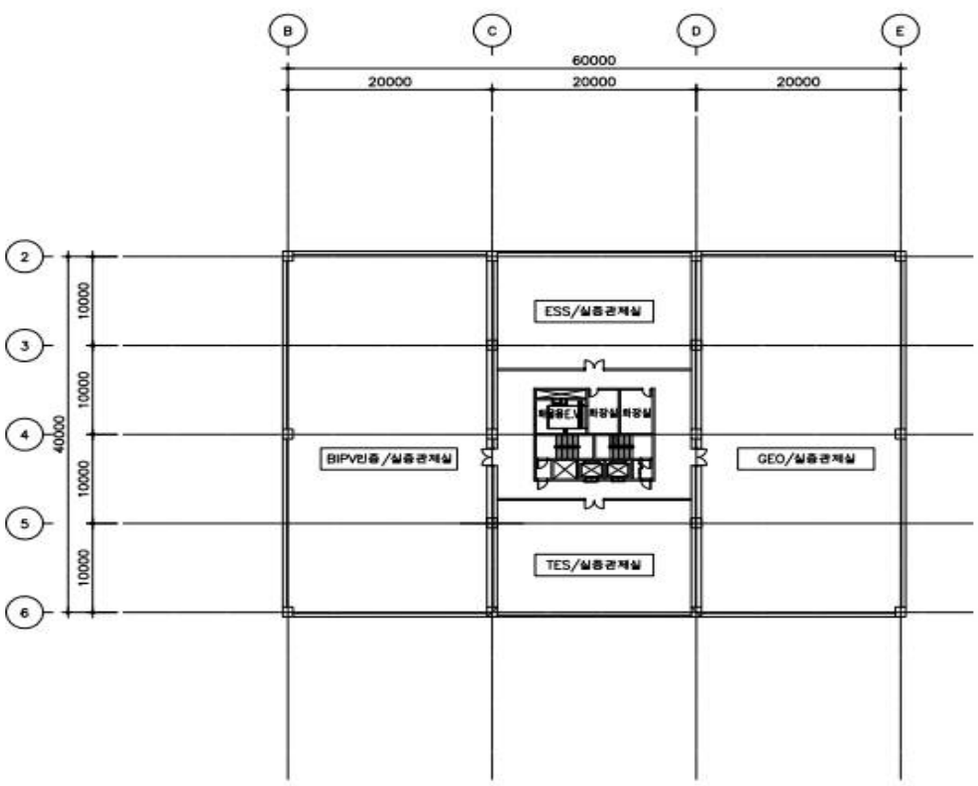


층 구분	제로에너지 빌딩 종합실증타워		
	실험실명	면적 (㎡)	용도 및 특이사항
지상 6~9층	실증기술 (단열/열교/환기/SHGC 등) 실험실• 실험시설	2,400	• 실증기술(단열/열교/환기/SHGC 등) 실험실·실험시설 – [단열성능] 열관류/열교 성능 시험 설비 ·국내 열관류 KS표준 성능 시험 시설 · Frame, Anchor, 유리 각세부에 대한 성능 시험 시설 (관련 표준 : EN12412-2, EN ISO10077, DIN V 4108-4 등) – [기밀성능] 시험 설비 ·Frame(통기)에 대한 성능 시험시설 (관련표준 : ATV DIN 18361, DIN 18545) ·유리/접합부에 대한 성능 시험시설 (관련표준 : VOB DIN 18361) – [일사취득 성능] 시험 시설 – [차양장치] 성능 시험 시설 (관련 표준 : EN 13659, EN 13561, EN 13120)
	연구/실험 기자재실		• 연구/실험 기자재실 – 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등
	연구/실험용 기계·설비실		• 연구/실험용 설비 및 기계실 – 냉동기, 공기조화기, 가섭설비, 제습설비 등
	운영실/회의실		• 시험운영실 • 관련 기술 연구개발 및 업무·회의 등
지상10층	통합운영관리실	2,400	• 제로에너지 종합실증시설 통합 운영관리
	통합모니터링실		• Passive/Active Building Energy 모니터링 • BEMS 운영실 • 신재생에너지 시스템 통합중계실 – 통합 모니터링장비 및 자동제어시스템 – 시험 & 에뮬레이션 연계형 건물 에너지 관리 분석 시스템 – 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등
	Grid-Network 및 서버실		• 국토부 시행중인 건축물 유형별 시범단지 실증데이터(Bigdata) 연동, DB화 등
	연구/실험 기자재실		• 연구/실험 기자재실 – 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등
	연구/실험용 기계·설비실		• 연구/실험용 설비 및 기계실 – 냉동기, 공기조화기, 가섭설비, 제습설비 등
	사무실/회의실		• 관련 기술 연구개발 및 업무·회의 등
지상 20층 (타워부)	중층 Passive 실증실 – Unit-Chamber(층별/존별)	400	• 건물 압력변화 모사 중층 업무 · 주거 공간 – 연돌, 수직배관 및 공조설비 성능 등
지상 30층 (타워부)	고층 Passive 실증실 – Unit-Chamber(층별/존별)	400	• 건물 압력변화 모사 고층 업무 · 주거 공간 – 연돌, 수직배관 및 공조설비 성능 등

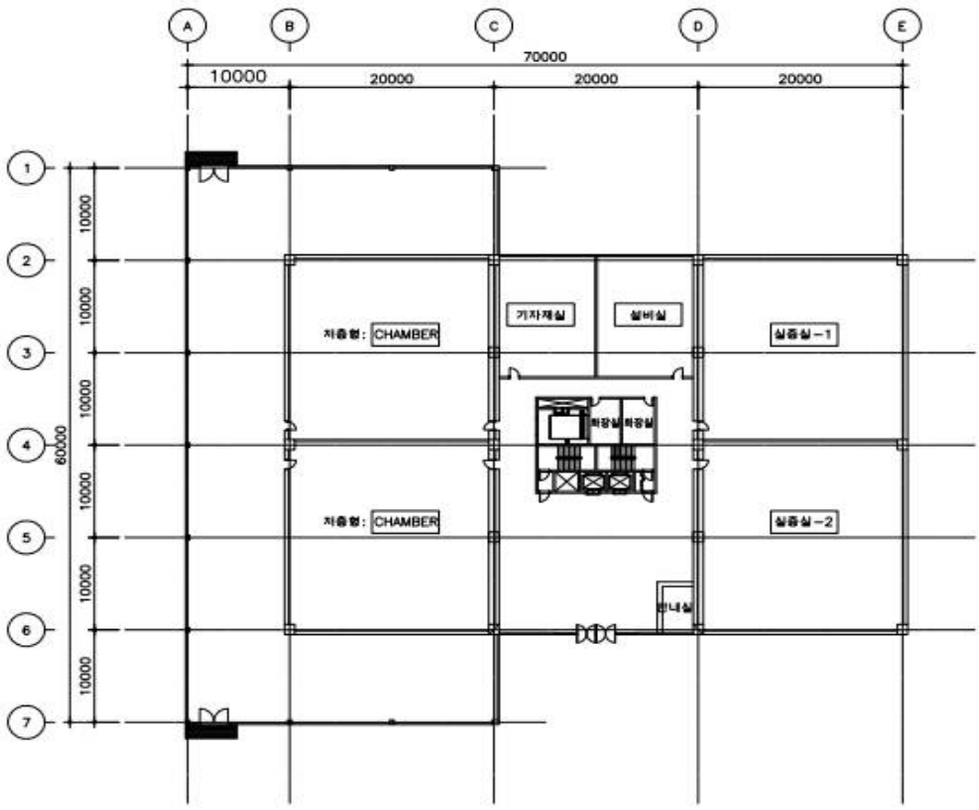
제로에너지 빌딩 종합실증타워 층별 평면(안)



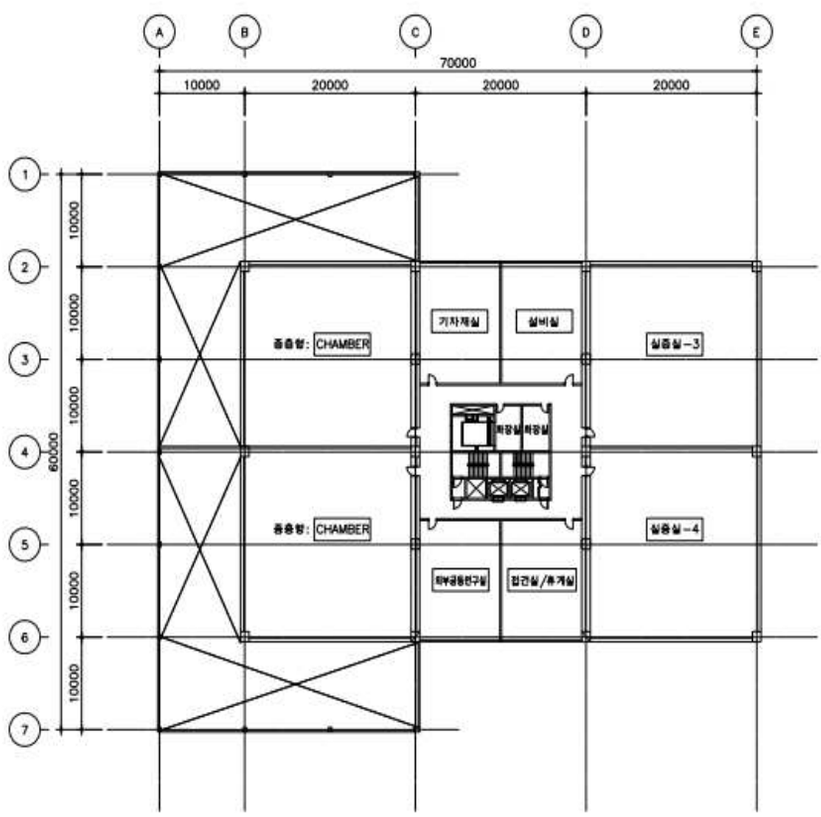
[그림 4-20] 지하 2층 평면도



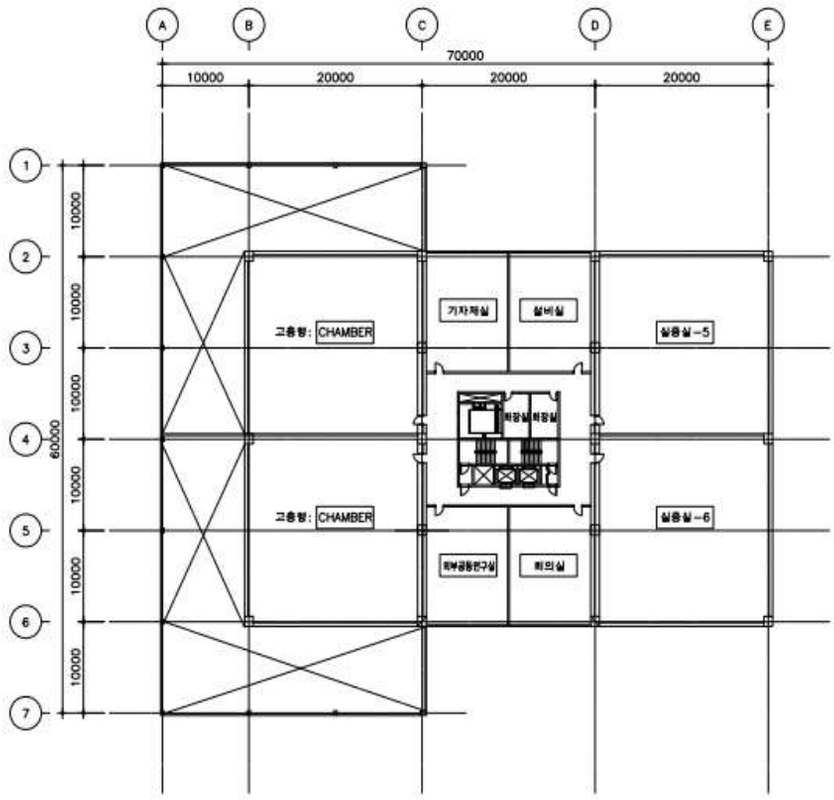
[그림 4-21] 지하 1층 평면도



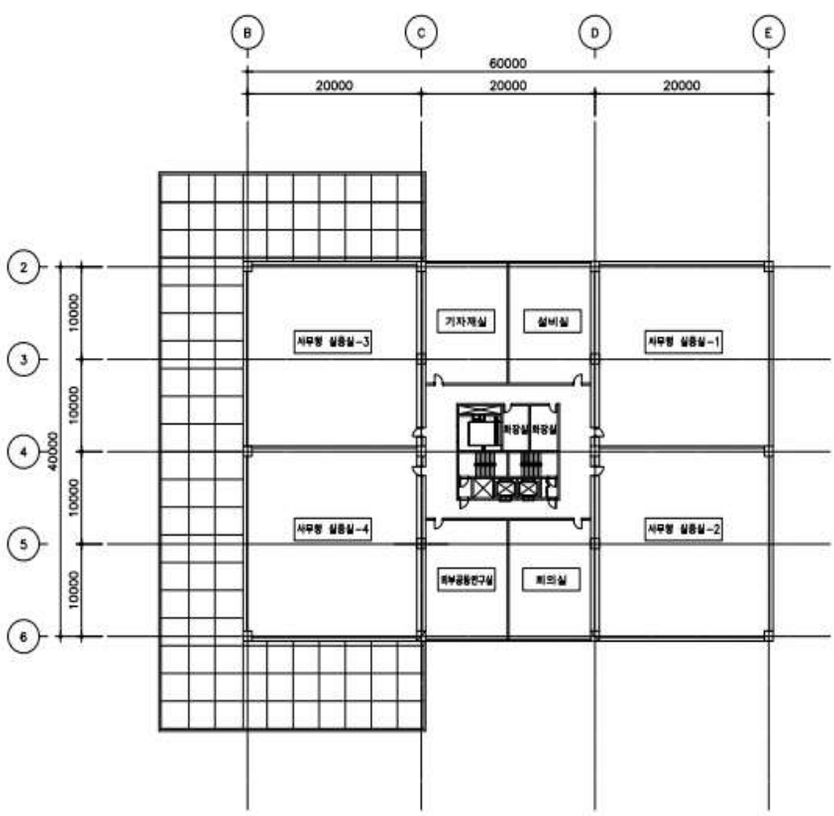
[그림 4-22] 지상 1층 평면도



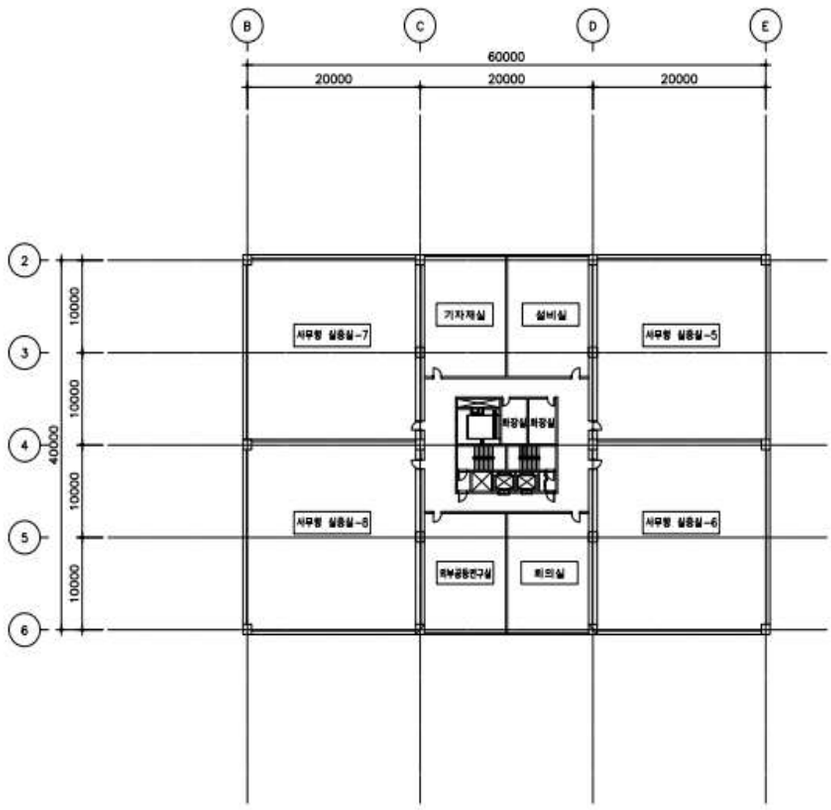
[그림 4-23] 지상 2층 평면도



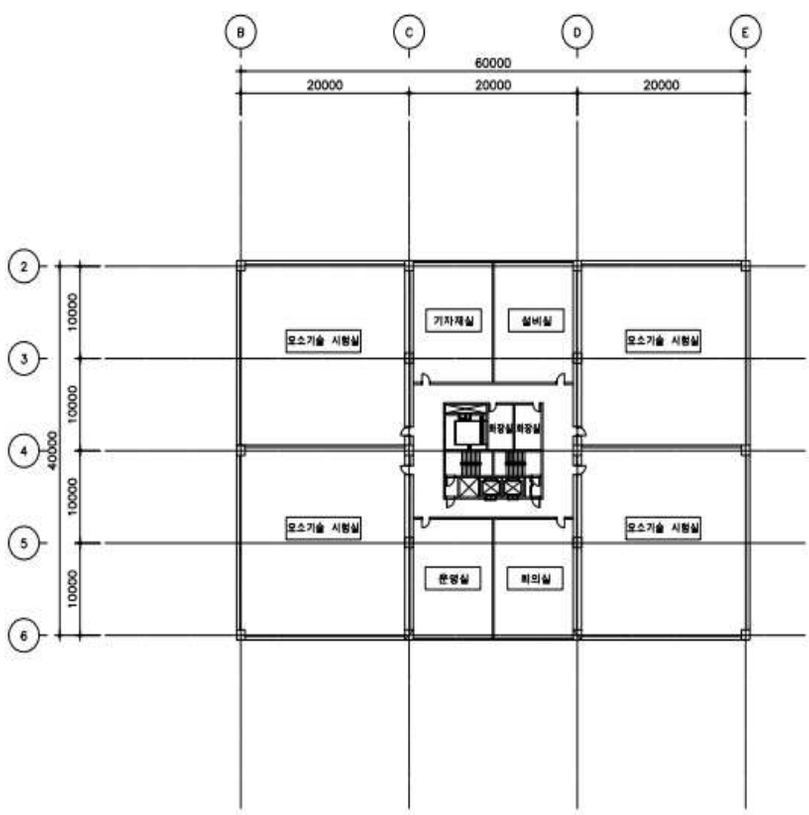
[그림 4-24] 지상 3층 평면도



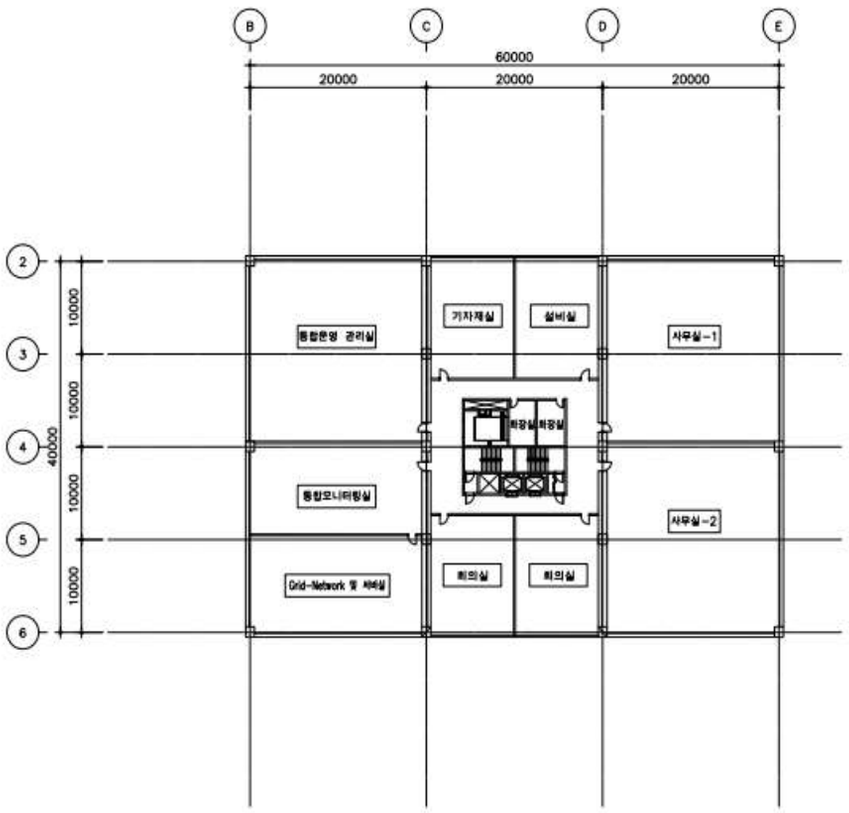
[그림 4-25] 지상 4층 평면도



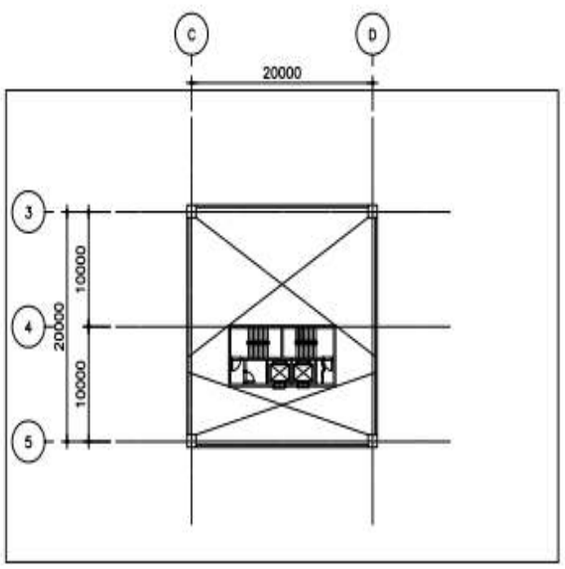
[그림 4-26] 지상 5층 평면도



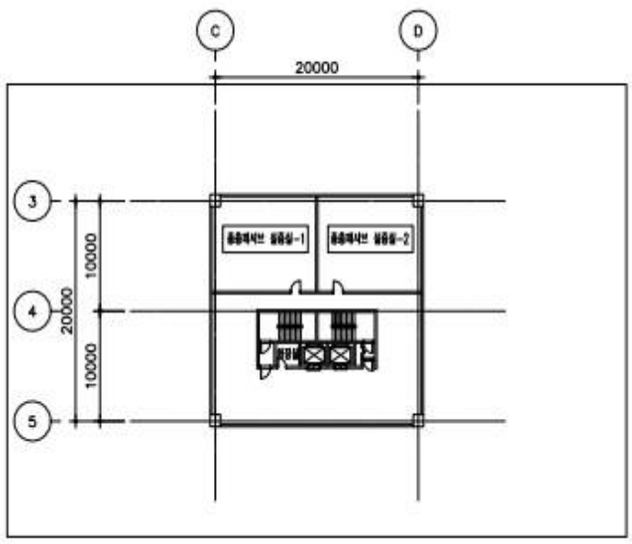
[그림 4-27] 지상 6~9층 평면도



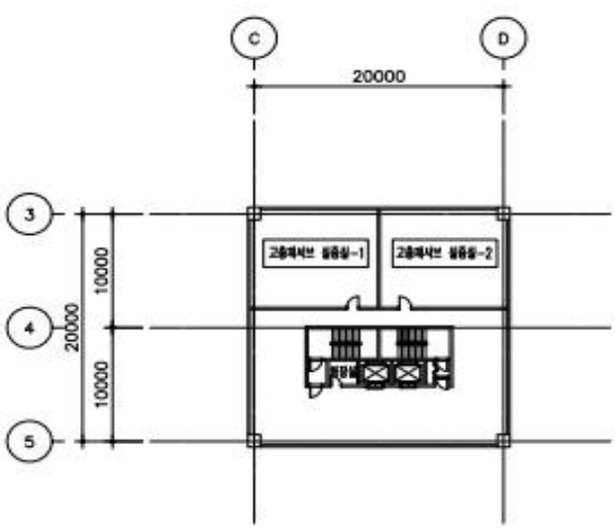
[그림 4-28] 지상 10층 평면도



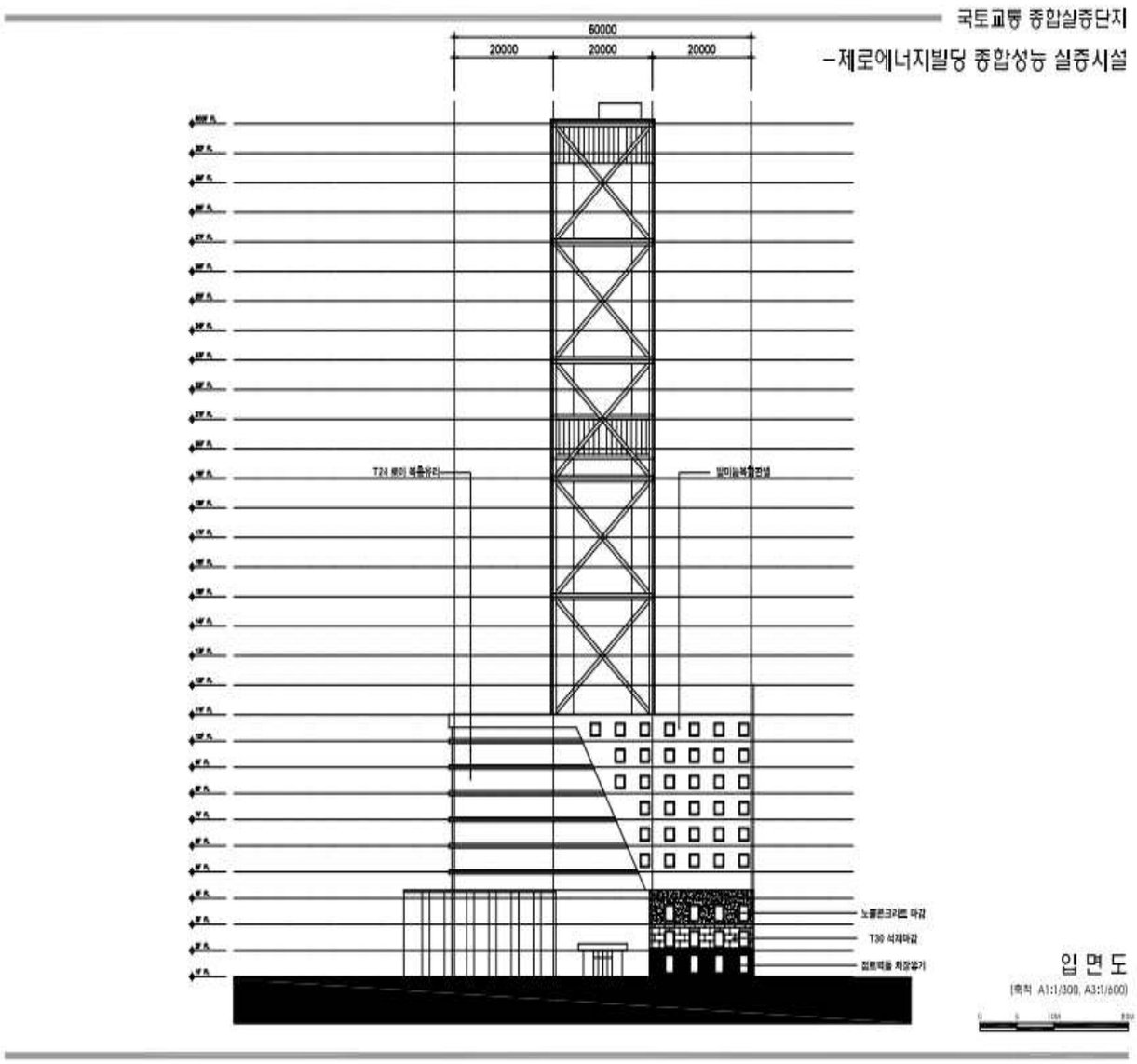
[그림 4-29] 지상 11~19, 21~29층 평면도(타워부)



[그림 4-30] 지상 20층 평면도



[그림 4-31] 지상 30층 평면도(타워부)



[그림 4-32] 입면도



장비 성능 및 요구사양

[표 4-23] 세부 시설/장비별 주요사양 및 설치장소

세부 장비명	주요사양	설치장소	비 고
냉동기	챔버온습도 : -20 ~ +60℃, 10 ~ 98 % 냉동능력 : 100 RT (ton of refrigeration) (352 kW) 전기전원 : 3φ , 380V, 60 Hz 층별 2 SET	(종합실증타워 1~3층)연구/실험용 기계·설비실	
공기조화기	급기/환기 표준풍량 : 700 CMM (cubic meter per min) 정전압 : 50-85 mmAq , 송풍기 : 15-25 HP 전기히터 : 317kW, 코일능력 냉방 : 282kW 모터 : 50 HP 층별 2 SET	(종합실증타워 1~3층) 연구/실험용 기계·설비실	
가습설비	분무량 100 kg/hr 습도 및 온도제어 가능 자동세정시스템 및 분무량자동조절시스템 층 별 2 SET	(종합실증타워 1~3층) 연구/실험용 기계·설비실	
제습설비	제습능력 : 80 RT (약 280 kW) 층별 2 SET	(종합실증타워 1~3층) 연구/실험용 기계·설비실	
강우 모사	물탱크 (300 ton) 강우 : 펌프시설 (150 mm/h 이상, 최대 12 bar, 105 Pa) 노즐 : 광각 Spiral Full Cone, 최대 170°	(종합실증타워 1~3층) 건물 압력변화 모사 및 글로벌 다중 실기후환경 실험실	
일사장비	조사 면적 : 10 m(L) X 10 m(W) 스펙트럼 : 280 nm ~ 3,000 nm 측정 강도 : 800 W/m2 ~ 1,200 W/m2 균질성 : ± 10 % 램프 종류 : 메탈 할로겐 램프 4,000 W × 81set 총 소비전력 : 484 kW	(종합실증타워 1~3층) 건물 압력변화 모사 및 글로벌 다중 실기후환경 실험실	
Over Head Crane	단일 거더형식 이동식 크레인 용량 : 200 kN 경간 : 최대 36 m 단일 또는 듀얼 호이스트 옵션	(종합실증타워 1~3층) 건물 압력변화 모사 실험실	
주요 실험실 벽면, 바닥 마감	건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 시설/설비, 우레판 판넬(150T) 내장판 SUS 0.8T	(종합실증타워 1~3층) 건물 압력변화 모사 실험실	
탈부착식 외피시험장치	- 열관류율(U-value), 선형열관류율(λ) 및 기밀성능(ACH50), g-value, VT(visual transmittance) 측정	(종합실증타워 1~3층) 건물 압력변화 모사 실험실	
DAQ시스템	- PC 측정 및 저장 시스템 - 최대 1200개의 연결 가능한 채널 - 측정 간격 : 10 ms ~ 60 sec - 수학적 기능	(종합실증타워 10층) 통합모니터링실 (종합실증타워 1~3층) 건물 압력변화 모사실험실	
센서 및 계장계기	온습도센서모듈 : -20 ~ 80 ℃ 온도 및 상대습도 측정, 2Hz 이상의 응답속도 조도센서모듈 : 0 ~ 65,535 lx(룩스) 및 16비트 A/D 강우 및 강설 센서 : 적외선 센서, AC, DC 20~24V	(종합실증타워 1~3층)건물 압력변화 모사 실험실	
ICT·IoT 융합센싱 및 Energy Management 기술 실증 장비	- 시험&에뮬레이션 연계형 건물 에너지관리·분석 시스템 - 통합 모니터링 장비·시스템 및 자동제어시스템 - 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등 - 관련 설비 및 각종 센서·계측 장비	(종합실증타워 10층) 통합모니터링실 (종합실증타워 1층, 2층) 연구/실험 기자재실	

3.4.2 건축물 유형별 통합검증 Test-Bed

■ 사무형빌딩(상업용) 외에 대표적인 건축물 유형인 주거용 공동주택, 단독주택 및 공공시설 등 총 3가지 유형별 건축물에 대한 제로에너지 기술(Passive/Active) 통합실증 Test-Bed 구축



[그림 4-33] 용도별 건축물 분포현황(국토교통부, 2016)

■ 일반사항

[표 4-24] Test-Bed 유형별 용도 및 면적

시설명	건축물 유형별 통합검증 Test-Bed		
	단독주택형 표준 목업 T/B	공동주택형 표준 목업 T/B	공공시설형 표준 목업 T/B
시설용도	Passive/Active 기술 실증 및 설비성능평가	Passive/Active 기술 실증 및 설비성능평가	Passive/Active 기술 실증 및 설비성능평가
타입	3bay(옥상형)	3bay(복도형/계단형)	일반형
층수 (지하, 지상)	지상 2층	지상 3층(4호/층) (지상 1층 : 복도형, 지상 2~3층 계단형)	지상 3층
부지면적	200㎡	1,000㎡	800㎡
건축면적	80㎡	500㎡	300㎡
연면적	160㎡	1,500㎡	900㎡
주요 특징	각 건물별 신재생에너지 생산시설 도입(조절 가능) 각 건물별 임의의 에너지사용 조절이 가능한 부화장치 설치 건물내 에너지 분배시스템 설치 각 시설별 모니터링 실 포함 설비 성능평가는 제로에너지 빌딩 종합실증타워와 연계 사용		



[그림 4-34] 개념도

장비 성능 및 요구사양

[표 4-25] 장비별 주요사양

세부 장비명	주요사양	비 고
주요 실험실 벽면, 바닥 마감	· 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 시설/설비 · 우레판 판넬(150T), 내장판 SUS 0.8T	
탈부착식 외피시험장치	· 열관류율(U-value), 선형열관류율(λ) 및 기밀성능(ACH50), g-value, VT(visual transmittance) 측정	
DAQ시스템	· PC 측정 및 저장 시스템 · 최대 1200개의 연결 가능한 채널 · 측정 간격 : 10 ms ~ 60 sec · 수학적 기능	
센서 및 계장계기	· 온습도센서모듈 : -20 ~ 80 ℃ 온도 및 상대습도 측정, 2 Hz 이상의 응답속도 · 조도센서모듈 : 0 ~ 65,535 lx(룩스) 및 16비트 A/D · 강우 및 강설 센서 : 적외선 센서, AC, DC 20~24V	
ICT · IoT 융합센싱 및 Energy Management 기술 실증 장비	· 시험&에뮬레이션 연계형 건물 에너지관리 · 분석 시스템 · 통합 모니터링 장비 · 시스템 및 자동제어시스템 · 적외선 영상 측정 장치, 지게차 등 · 관련 설비 및 각종 센서 · 계측 장비	

3.4.3 통합실증 DB 시스템

◪ 실증 Data의 대국민 서비스를 위한 실증시설 간 Network 연결망 및 Data 전송장비(리빙랩별) 구축

- 실증단지 내 시설간 Network 연결망을 구축하여 통합실증 DB를 구축하고, 이를 리빙랩 및 연구기관들과 연계활용 함으로써 원천기술 개발 및 기술의 실용화에 기여
- 시설간 연결을 위한 네트워크 설비, 실증 Data를 저장하고 이를 제공하기 위한 서버시스템 및 관제센터 등으로 구성 (공간은 "제로에너지 빌딩 종합실증타워" 내에 설치)



[그림 4-35] 실증 DB연계 및 대국민 서비스

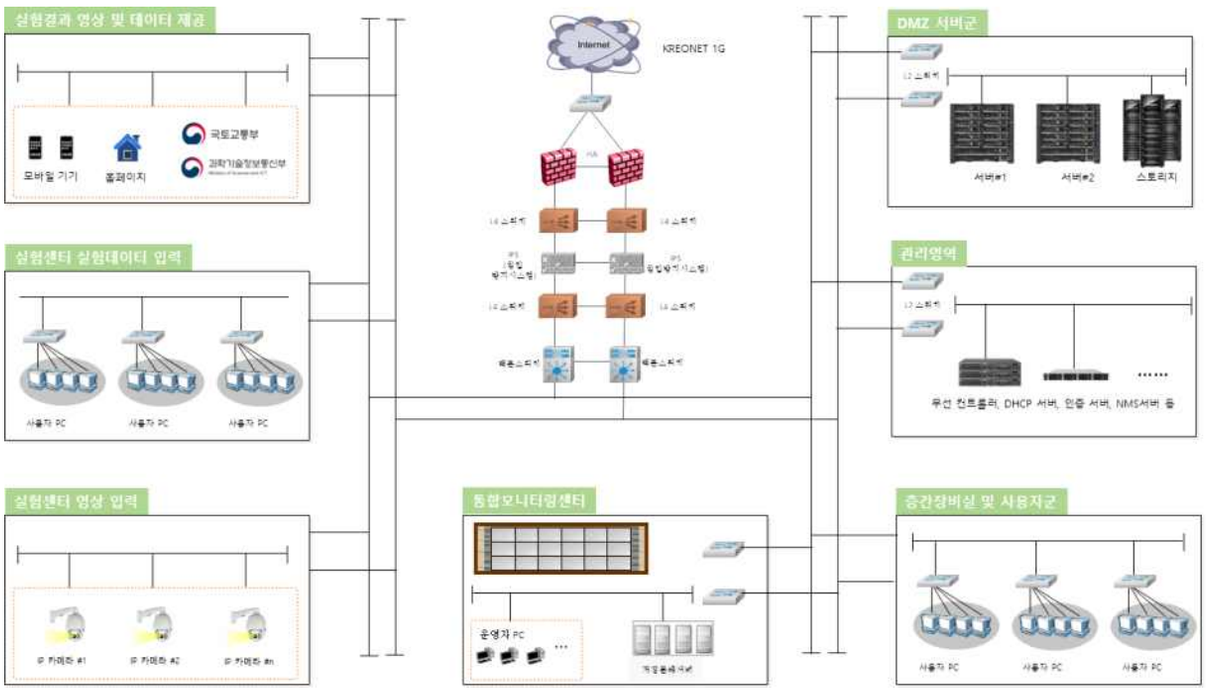
◪ 장비 성능 및 요구사양

[표 4-26] 장비별 주요사양

세부 장비명		주요사양 성능/사양/기능	비 고
네트워크	유선	· 중앙전산센터 – 네트워크대용량백본, L4 스위치, L2 스위치, FDF, 패치판넬, SAN Switch – 차세대방화벽, 웹방화벽, DB 보안, 개인정보 보호 솔루션 · 실증시설 – 소용량백본, L4 스위치, L2 스위치, FDF, 패치판넬등 · 광케이블 – 센터 및 시설 최소 8Core 이상으로 구성 · 지능형 배선관리시스템 – 1U 크기에 48port 패치구성이 용이하도록 구성	



세부 장비명		주요사양 성능/사양/기능	비 고
		– Cat6–SD 케이블 사용 · 스마트플러그, 초기1년간 Gbit Internet 회선사용료	
	무선	· 실증단지 전체 무선시스템 구축 – 무선 AP, 무선 인증시스템, 스마트플러그 – 가로등을 활용한 외부 무선네트워크 구축	
부대시설	항온항습기/에어컨	· 중앙전산센터 주전산실〈항온항습기〉, 보조네트워크실〈에어컨〉, 실증시설내 장비실〈에어컨〉 · 자동복구형 시스템으로 구축	
	ups	· 중앙전산센터 – 최소 2시간 이상 정전에 대비 할 수 있는 용량 – 배터리 사용 모니터링 시스템 구축 〈전체 실증시설 통합 모니터링〉 · 실증시설 – 최소 1시간 이상 정전에 대비 할 수 있는 용량	
	인테리어	· 관제실, 중앙전산센터 인테리어, 전자교탁, 빔프로젝트등	
서버 시스템	서버	· 블레이브 서버 이중화 구성 또는 별도 서버 이중화 구성, 서버 시스템, 광통신 연결	
	스토리지	· 주 백업 용량 500TB · 보조 백업 용량 200TB 〈다른 공간에 구성하여 데이터에 대한 안전성을 유지〉 · 기존 스토리지 확장 연결 지원, 데이터공유 라이선스 포함	
	백업	· 데이터, OS, Database 등 온라인 백업	
관제센터	H/W	· IP WALL, LED 4K · 운영단말, 서버 · 광전송 장비, 네트워크 스위치, 방송설비	
	S/W	· 외부 기관(12개 실험센터, 국토교통부 등)과 연계 기능 · ITS 환경에 최적화된 컴포넌트 제공 · 스마트 모니터링(운영자 단말에 CCTV 화면의 원거리 지점을 자동으로 확대하여 근거리 영상과 동시에 표출할 수 있도록함) · 표출정도 Layer 관리를 통한 필요정보를 선택적으로 표출 · 인포그래픽을 이용한 정보 전달	
원격 실험관찰	고해상도 정밀 카메라	· 실험센터, 실증시설 고해상도 카메라 · 녹화장비, 전송 네트워크 시스템 구축 · 녹화용 스토리지	
	견학실	· 미라클 미러, 음향설비, 전자교탁, 방송설비, 인테리어 등	
운영시스템		· CI 시스템 고도화, 그룹웨어, ERP S/W 등	



[그림 4-36] 개념도

3.4.4 시설구축시 특이사항

- 필요전력 : 4,800kW 이상 확보 필요
- 자가발전 설비 구축
- 건물배치 : 정남향 배치 필수(실기후 옥외폭로형 설비)
- 글로벌 인공기후 모사설비 (온도/습도/강우/일사 조건 변화)
- 옥외에 설치되는 Geothermal 시스템 운영 성능 실증 시설, BIPV 시스템 운영 성능 실증 시설, ESS/TES 시스템 운영 성능 실증 시설과 연계하여 신재생E시스템 통합 중계 센터의 시설 계획
- 신재생에너지시스템들(Geothermal / BIPV / ESS · TES)의 에너지 생산량 및 효율 등에 관한 실증 데이터를 종합적으로 집계 · 분석하기 위해 옥외 시설과 통합하여 에너지 정보 수집



4. 소요 예산

4.1 시설/장비 구축비

4.1.1 부지비

■ 40,000㎡(12,121평), 건축면적 : 3,280㎡(994평), 연면적 : 36,420㎡(11,927평)

4.1.2 시설/장비

■ 총예산

[표 4-27] 실증시설별 시설 및 장비 구축비 예산(단위: 백만원)

구분	시설구축비	장비구축비	소계
제로에너지 빌딩 종합 실증타워	72,130	41,942	114,072
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	6,041	3,404	9,445
옥외 태양광 발전 설비	–	800	800
통합실증 DB 시스템	–	8,000	8,000
합계	78,171	54,146	132,317

■ 시설별 소요 예상 금액 (단위: 백만원)

[표 4-28] 실증시설별 시설구축비 상세(단위: 백만원)

구 분			금 액	비 고
제로에너지 빌딩 종합성능 실증타워	단지조성공사비	새만금(국유지, 농림부) ㎡당 단가	–	
	시설공사비(계)	설계사 설계자료	53,748	
	토목/조경공사비		6,453	
	건축공사비		31,931	
	기계/전기/통신/소방		15,364	
	특수시설공사비		–	
	제경비	설계사 설계자료	11,825	
	부가가치세		6,557	
	소 계		72,130	
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	단지조성공사비	새만금(국유지, 농림부) ㎡당 단가	–	
	시설공사비(계)	설계사 설계자료	4,502	
	토목/조경공사비		293	
	건축공사비		3,197	
	기계/전기/통신/소방		1,011	
	특수시설공사비		–	
	제경비	설계사 설계자료	990	
	부가가치세		549	
	소 계		6,041	
합 계			78,171	

장비별 소요 예상 금액

[표 4-29] 실증시설별 장비구축비 상세 (단위: 백만원)

구 분					금 액	비 고
제로에너지 빌딩 종합성능 실증타워	장비구축비	실증형 챔버(저/중/고층)			9,845	1~3층
		냉난방기			2,024	
		대항류사각형냉각탑			215	
		공기조화기			1,672	
		가습설비			405	
		제습설비			1,760	
		강우/강설 모사			1,980	
		일사장비			3,800	
		공조덕트/배관 및 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비			2,500	
		DAQ시스템			195	
		센서 및 계장계기			546	
		탈부착용 외피 설치장치			1,500	
		Over head crane			560	
		열회수형 환기시험장치			660	6~9층
		G-Value 시험장치			400	
		냉난방 열원 환기 탈부착 시스템			1,000	
		통합자동제어시스템			380	
		태양광 성능 검인증 장비			1,500	옥외 및 지하1층
		Geothermal 시스템 운영 성능 실증 시스템			5,000	
		BIPV 시스템 운영 성능 실증 시스템			3,000	
		ESS/TES 시스템 운영 성능 실증 시스템			3,000	
	소 계				41,942	
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	장비구축비	공조덕트/배관 및 건물 구조체경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비			1,500	
		DAQ시스템			130	
		센서 및 계장계기			364	
		G-Value 시험장치			266	
		자동제어시스템			380	
		공기조화기(공공시설형)			104	
		냉난방 열원 환기 탈부착 시스템			660	
	소 계				3,404	
옥외 태양광 발전 설비	장비구축비	1MW 태양광 발전 설비			800	
	소 계				800	
통합실증 DB 시스템	설비 및 장비구축비	네트워크	유선	중앙전산센터, 광케이블, 지능형 배선관리시스템 등	3,000	
			무선	내부 무선시스템	600	
		부대시설	항온항습기/에어컨		120	
			UPS		120	
			관제실/중앙전산센터 플로어, 기자재 등		300	
		서버시스템	서버		200	
			스토리지		230	
			백업		200	
		관제센터	H/W(IP Wall, 서버, 광전송 장비 등)		1,000	
			S/W(중앙모니터링, 제어 등)		200	
		원격실험관찰	고해상도 카메라 시스템 등		730	
		운영시스템	그룹웨어, 운영 S/W 등		1,300	
	소 계				8,000	
합 계					54,146	



4.2 유지관리 비용

유지보수비 및 운영비

- 기존 연구시설 구축사업 예타보고서의 운영비를 추정하여 내진성능 실증시설 유지보수 및 운영을 위한 비용 산정
- 연구시설·장비 유지보수비는 구축한 장비의 수선, 정비, 부품교체 등의 운영에 소요되는 비용으로 표준 유지보수요율[2]에 따라 연간 유지보수비를 매년 산정함
- 내용연수[2]를 초과하면 초기구입비와 동일한 비용이 재투자되는 것으로 가정하여야 하나, 본 사업에서는 장비 내구연수(평균 6년)에 해당하는 기간만 운영단계 사업기간으로 반영하여 재투자 비용은 총 비용에 추가 반영하지 않음
- 실증을 위한 연구시설·장비에 대해서는 NFEC의 국가연구시설장비 표준지침에 따른 장비별 유지보수요율(3.16%~4.52%)의 평균인 3.84%를 적용함
- 소프트웨어(운영시스템)의 경우에는 연간 유지보수율(13.8%~20%)의 평균인 16.9%를 적용함

* 1) 「연구장비 유지보수비 산정기준」, 국가연구시설장비진흥센터, Manual No.16 (2014.2)
* 2) 「내용연수」, 조달청고시 제2014-12호, (2014.5)

[표 4-30] 예상 연간 유지보수비 (단위: 백만원)

구분	시설·장비명	구축비용	장비구분		내규연수(년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비
			분야	규모			
제로에너지 빌딩 종합성능 실증타워	실증형 챔버(저/중/고층)	9,845	시험장비	대형	5	3.84	378
	냉난방기	2,024	시험장비	중대형	5	3.84	78
	대항류사각형냉각탑	215	시험장비	중형	5	3.84	8
	공기조화기	1,672	시험장비	중대형	5	3.84	64
	가습설비	405	시험장비	중형	5	3.84	16
	제습설비	1,760	시험장비	중대형	5	3.84	68
	강우/강설 모사	1,980	시험장비	중대형	5	3.84	76
	일사장비	3,800	시험장비	대형	5	3.84	146
	공조덕트/배관 및 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비	2,500	시험장비	중대형	5	3.84	96
	DAQ시스템	195	데이터 처리장비	중형	5	3.84	7
	센서 및 계장계기	546	시험장비	중형	5	3.84	21
	탈부착용 외피 설치장치	1,500	시험장비	중대형	5	3.84	58
	Over head crane	560	시험장비	중형	5	3.84	22
	열회수형 환기시험장치	660	시험장비	중형	5	3.84	25
	G-Value 시험장치	400	시험장비	중형	5	3.84	15
	냉난방 열원 환기 탈부착 시스템	1,000	시험장비	중대형	5	3.84	38
	통합자동제어 시스템	380	데이터 처리장비	중형	5	3.84	15
	태양광 성능 검인증 장비	1,500	시험장비	중대형	5	3.84	58

구분	시설·장비명	구축비용	장비구분		내규연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비
			분야	규모			
	Geothermal 시스템 운영 성능 실증 시스템	5,000	시험장비	대형	5	3.84	192
	BIPV 시스템 운영 성능 실증 시스템	3,000	시험장비	중형	5	3.84	115
	ESS/TES 시스템 운영 성능 실증 시스템	3,000	시험장비	중형	5	3.84	115
	소 계	**41,942**					**1,611**
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	공조덕트/배관 및 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비	1,500	시험장비	중대형	5	3.84	58
	DAQ시스템	130	데이터 처리장비	중형	5	3.84	5
	센서 및 계장계기	364	시험장비	중형	5	3.84	14
	G-Value 시험장치	266	시험장비	중형	5	3.84	10
	자동제어시스템	380	데이터 처리장비	중형	5	3.84	15
	공기조화기(공공시설형)	104	시험장비	중형	5	3.84	4
	냉난방 열원 환기 탈부착 시스템	660	시험장비	중형	5	3.84	25
	소 계	**5,404**					**131**
옥외 태양광 발전 설비	1MW 태양광 발전 설비	800	시험장비	중대형	5	3.84	31
	소 계	800					31
통합실증 DB 시스템	네트워크	3,600	데이터 처리장비	대형	5	3.84	138
	부대시설	540	전가·전자 장비	중형	5	3.84	21
	서버시스템	630	데이터 처리장비	중대형	5	3.84	24
	관제센터	1,200	전가·전자 장비	중대형	5	3.84	46
	원격실험관찰	730	전가·전자 장비	중대형	5	3.84	28
	운영시스템	1,300	데이터 처리장비	중대형	5	3.84	50
	소 계	8,000					307
합 계		54,146					**2,079**

※ 중소형 : 3천만원 이상~1억 미만, 중형 : 1억원 이상 ~ 10억원 미만, 중대형 : 10억원 이상~50억원 미만

[표 4-31] 예상 연간 운영비 (단위 : 백만원)

운영비			합계
운용비 (장비 운영 시 직접적으로 사용되는 연료비, 전기비, 가스비, 시약 및 재료 구입비)	인건비 (장비의 운영인력 및 지원부서 인력의 급여 및 수당)	관리비 (장비 관련 교육훈련, 공공요금, 보험, 재배치, 폐기, 홍보물, 세금 등에 소요되는 비용)	
1,342	1,800	500	3,642



※ 기존 연구시설 사업의 예비타당성 조사보고서 추정운영비 활용

☞ (운영비 산출내역)

– 건축연면적: 36,420㎡

– 운영비: 36,420㎡ * 100,000원/㎡ = 3,642백만원

* 연평균 운영비는 장비구축비는 100,000원/㎡ 적용

운영소요인력

운영단계 필요인력은 다음 표와 같음

[표 4-32] 제로에너지 빌딩 종합실증시설의 운영인력

시설명	합계	직급별 인원					
		임원	수석	책임	선임	연구원	연구원보
제로에너지 건축물 실증센터	9		1	2	2	3	1

5. 구축계획

5.1 연차별 구축계획

재원확보

- 국내외 실증단지 및 클러스터 구축 방법 및 특징 사례분석 → (안)중앙정부 · 지자체 매칭

부지확보

- 부지확보 재원 조달 방법 및 특징 사례분석 → (안) 국공유지(간척지 포함) 또는 지자체 부지(현물대응) 활용

연구시설 · 장비 세부 구축계획

[표 4-33] 연차별 사업 내용 및 구축계획

구 분		일정 계획					비고
연구시설 · 장비	세부	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	
제로에너지 빌딩 종합실증타워	건물에너지 종합성능 실증 시설						
	Passive Building Energy 기술 실증 시설						
	Active Building Energy 기술 실증 시설						
	ICT·IoT 융합 센싱 및 Energy Management 기술 실증 시설						
	Geothermal 시스템 운영 성능 실증 시설						
	BIPV 시스템 운영 성능 실증 시설						
	ESS/TES 시스템 운영 성능 실증 시설						
	신재생E시스템 통합 중계 센터						
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	단독주택형 표준 목업						
	공동주택형 표준 목업						
	공공시설형 표준 목업						



구 분		일정 계획					비고
연구시설 · 장비	세부	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	
통합실증DB 시스템	Grid-Network 장비						
	통합실증 DB 서버시스템						
	통합실증 DB 구축						
소요예산(백만원)	174,536	17,454	34,907	52,361	52,361	17,453	

: 사양설계 : 입찰, 계약 : 시공, 설치 : 시운전

5.2 연차별 소요예산 및 투입인력

연차별 사업 내용 및 구축계획

(단위 : 백만원)

구분	사업비	시설구축비	장비구축비	연차별 사업 내용	연차별 구축예정 주요장비
1차년도	14,748.2	12,040.9	2,707.3	· 시설설계 – 기초 지반조사 – 실시설계 – 장비 사양 설계 · 시설입찰 및 발주	
2차년도	34,542.0	29,127.4	5,414.6	· 시설공사 착공 · 주요 장비 상세설계 및 심사 – 장비도입심사 · 장비 입찰, 업체선정 및 발주	
3차년도	45,371.2	29,127.4	16,243.8	· 시설공사(계속) · 장비 제작(계속) · 주요 장비 상세설계 및 심사 – 장비도입심사 · 장비 입찰, 업체선정 및 발주	· 실증타워 내·외 실증장비 · 각종 온·습도 및 압력 챔버
4차년도	33,247.8	17,004.0	16,243.8	· 시설공사 준공 · 장비조립 및 설치 · 장비 제작(계속) · 주요 장비 상세설계 및 심사 – 장비도입심사 · 장비 입찰, 업체선정 및 발주	· 각종 분석 및 측정장비 · 신재생에너지 시스템 · 목업 T/B내 실증장비 등
5차년도	14,375.9	839.4	13,536.5	· 시설완공 · 장비 시운전 · 활용도 제고 운영전략 수립 등	· 각종 분석장비 및 센서류 · 통합실증DB 시스템 등
합계	142,285.1	88,139.1	54,146		

연차별 인력투입 계획

제로에너지 빌딩 종합실증시설의 구축을 위해서는 64명의 인력이 요구됨

핵심과제	직급	연차별 투입인원					계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
제로에너지 빌딩 종합실증시설	수석급	1	1	2	2	1	7
	책임급	1	2	3	3	2	11
	선임급	2	4	4	4	4	18
	원급	1	4	5	5	3	18
	연구원보	2	2	2	2	2	10
	소계	7	13	16	16	12	64

학위 기준으로 재 산정

		연차별 투입인원					합계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
제로에너지 빌딩 종합실증시설	박사급(명)	2	5	5	5	4	21
	석사급(명)	3	6	7	7	6	29
	학사급(명)	2	2	4	4	2	14
	계	7	13	16	16	12	64



6. 기대효과

6.1 기술적 효과

- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 건축 환경 · 에너지 분야 최고기술보유국과의 기술격차 단축
  - (現 기술수준격차) 최고국대비 68.7% / 5.3년 (그린빌딩 · 제로에너지건물 분야)
    * 출처 : 국토교통 기술수준조사, 2013; 국토교통 R&D 중장기 전략, 2014
    → (향후 중장기적(5~10년) 달성목표) 최고국대비 95% / 1년
- 건축 환경 · 에너지 분야 및 국토교통 분야 대형 실험시설인프라 강화를 통해 다양한 R&D 검증실험, 실용화 및 건설신기술 개발지원이 가능하여 관련분야 기술경쟁력 제고
- 대형실험시설을 기반으로 국가 R&D 과제의 국내 실험 검증이 가능하여 국토교통기술의 해외 의존형에서 국내 창조형으로 기술개발 패러다임의 전환 가능
- 핵심 건설기술의 국내 자체 개발이 가능하고 기존에 해외에서 수행하던 검증실험을 국내 첨단 실험시설에서 가능하게 되어 선진국에서의 기술도입을 감소시키고 개발기술의 해외유출을 방지
- 성능검증 및 관련분야 시험기술의 체계적 구축을 통해 국토교통 분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제표준화 등을 통해 국제적 기술선도
- 지역적으로 분산된 국내의 대형실험시설을 Grid 네트워크로 연결하여 연구/실험 인프라의 효율적인 활용이 가능하고 연구개발 속도 극대화
- 네트워크로 연결된 특성화된 대형건설실험시설을 구축함으로써 국제 공동연구가 가능하고 해외 기술검증에 대한 실험수요를 유지할 수 있음
- 건축자재, 부재, 중대형 규모의 건물을 종합적으로 평가할 수 있는 성능기반평가 마련으로 국내 건설기술 수준 향상
- 다양한 기후변화에 대한 검증실험 수행, 신기술 개발 지원 및 실용화 촉진이 가능하여, 관련 분야 기술경쟁력 제고에 기여

6.2 정책적 효과

- 국가 온실가스 감축 및 에너지 소비 절감 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 국가 온실가스 감축량 : 67만TCO2eq
  - 국가 에너지 절감량 : 18만TOE
    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) – '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 국가 제로에너지건물 보급 · 활성에 기여
- 건물에너지 · 신재생에너지 분야 기술 · 제품의 성능 · 품질의 신뢰성 향상기반 조성
- 건물에너지 및 신재생에너지 분야 국내 산업활성 및 신산업창출 기여
- 국내기업의 기술 · 제품의 품질 경쟁력 강화 및 해외수출 지원을 위한 실증평가를 통한 개도국 · 선진국 시장개척 지원 및 高 기술력 확대

6.3 경제적 효과

- 관련 산업 생산유발효과 및 고용창출효과 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 관련 산업 생산유발 효과 : 現. 8조원 → 15조원(2030년)
  - 관련 산업 고용 효과 : 現. 2.7만명 → 5만명(2030년)
    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) – '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 본「종합실증시험시설」구축을 통해 기업의 혁신 유도 및 검증과정을 통해 도출된 지식성과를 기반으로 경제적 가치 창출
- 세계 최고 수준의 본「종합실증시험시설」구축으로 해당 소재 지역산업 발전에 기여
- 본「종합실증시험시설」을 거점으로 지역 클러스터가 형성되어 지역의 연구능력 및 기술력 향상과 균형적 발전 기대
- 국제협력연구를 통해 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대 가능
- 국내 건설기술력의 제고와 해외에서의 경쟁력 향상을 통해 해외 건설시장 진출이 활발하게 되어 국가 경상수지의 호전 기대
- 건물에너지의 성능을 종합적으로 평가할 수 있어 선진국의 건설공사기준을 무분별하게 차용하는 것이 아니라 국내 실정에 맞는 '한국형 제로에너지건물 분야의 성능기준' 개발 및 보급 확산에 기여

제 3 절 스마트 도시물순환 종합실증시설

1. 개 요

1.1 정의 및 목적

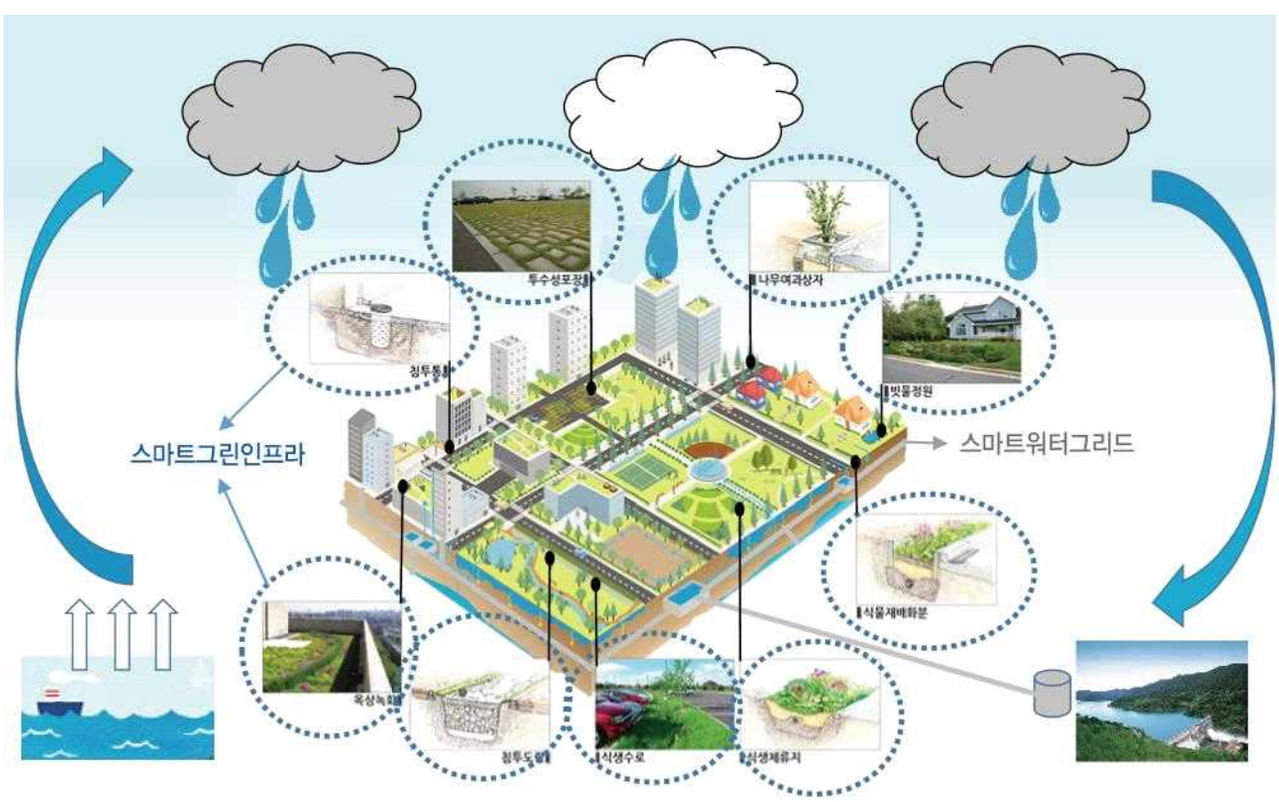
■ (정의) 도시물순환 요소기술의 통합관리시스템을 구축하여 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영·유지관리 등을 실증할 수 있는 실험시설

▸「스마트 도시물순환」
– 스마트그린인프라/LID 기반의 스마트워터그리드를 통한 도시물순환 설계 및 운영 최적화
▸「저영향개발(Low Impact Development)」
– 빗물 유출 발생지에서부터 침투, 저류 등을 통해 빗물의 유출을 최소화하여, 개발로 인한 자연 물순환과 물환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 토지이용 계획 및 도시개발 기법을 말함

○ (스마트그린인프라, SGI) 그린인프라(GI) 및 LID와 IoT 기술을 융복합하여 유출저감, 지하수 함양, 비점오염물질 저감 등을 통한 도시내 물순환의 건전화

○ (스마트워터그리드, SWG) 다중수원 수처리, 지능형 관망*, 누수저감 모니터링, 물 수요변동 대응기술 등을 통해 지속 가능한 도시내 물공급 및 스마트한 수자원 활용

* 지능형 관망: ICT를 기반으로 상수관망의 용수공급 전 과정 운영데이터를 수집, 원격으로 실시간 감시제어 및 수집된 자료분석을 통한 수량, 수질 모니터링이 가능한 기술



[그림 4-37] 도시물순환 시스템 개념도



[그림 4-38] 스마트 도시물순환 종합실증시설 조감도(안)

■ **(목적)** 건강하고 안전한 도시물순환과 물 격차 해소를 위해 물순환 최적화, 에너지 절감, 물공급 탄력성, 누수저감 효과 등을 실증하기 위함



[그림 4-39] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 개념도

▸「기술융복합의 목적」
– IoT, Big Data 기술이 서로 융화되고 결합되어 시설의 최적운영과 함께 도시물관리 최적방안 도출
▸「기술융복합의 정의」
– IoT 및 센서 기술을 이용한 계측 data(수량 · 수질) 생성 · 수집 · 공유 및 모니터링과 수집된 자료의 Big Data 기반의 통합 물관리 자료분석이 하나의 시스템으로 연결됨

정량적 목표

스마트그린인프라(SGI) 성능지표*

	As is	To be
1. 물순환·물관리	기준 없음	15mm 강우관리 (80퍼센타일)
2. 수질·환경생태	기준 없음	비점오염(TSS기준) 70~80%저감
3. 물확보·물이용	기준 없음	공급계획량 및 사용수량 10% 절감
4. 기후변화 대응	기준 없음	미기후저감(2℃), 냉난방비(10%) 절감
5. 홍수관리	20년빈도 이상	50년빈도, 90퍼센타일

스마트워터그리드(SWG) 성능지표*

	As is	To be
1. 물 자립율	기준 없음	기존도시 대비 30% 향상
2. 누수저감	기준 없음	기존대비 누수율 50% 저감
3. 비상용수 공급능력	기준 없음	비상용수 확보 (평상수량 대비 30%)
4. 기후변화 대응	기준 없음	물 공급 에너지 소비 10% 절감

* 정량적 목표는 기존 연구 및 통계자료를 기반으로 한 시뮬레이션을 통한 예상 목표치임



[그림 4-40] 스마트 도시물순환 적용효과

1.2 배경 및 필요성

1.2.1 정책적 필요성

- '22년까지 안정적 물공급 및 상시 가뭄 극복 물순환 체계 구축*을 위한 도시물순환의 종합적인 실증 필요

  * 문재인정부 국정운영 5개년 계획(2017.07.19., 국정기획자문위원회)의 100대 과제 중 59. 지속가능한 국토환경 조성

  ** 기대효과: '21년까지 물공급 안전율(지자체중 물부족 제외한 비율) 87% 달성('13년 62%)

▸「물순환」

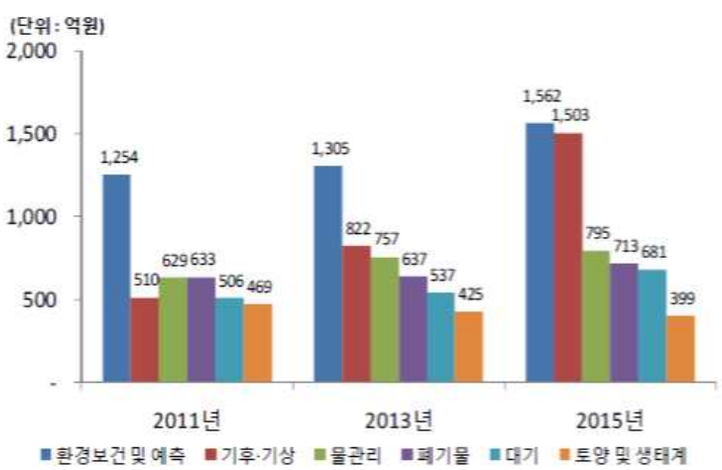
– '22년까지 노후 상수관망 현대화(1,717km), 물순환도시 5개소 건설, 하수 재이용(1.1억 톤/년 이상) 등 상시 가뭄 극복 물순환 체계 구축

▸「물공급」

– '22년까지 취수원 다각화, 광역 · 지방 상수도 통합으로 안정적 물공급

※ 출처 : 미래창조과학부, 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2017

- 물관리와 관련한 정부 R&D 투자규모는 2011년 629억 원, 2013년 757억 원, 2015년 795억 원으로 연평균 5.2%의 지속적인 증가율을 보이고 있음



[그림 4-41] 환경 · 기상 분야 정부 R&D 투자규모

※ 출처 : 미래창조과학부, 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2017

- 정부의 2018년도 투자방향에 의하면, 민간기업이 강점을 가지고 있는 기술분야*는 투자를 축소하고, 기존사업은 ICT와의 융합**을 통해 성과 고도화 계획으로 이와 관련한 물순환 통합시스템 구축 및 실증 필요

  * 하폐수 사후처리 기술, 플랜트 건설기술, 물공급 인프라 기술 등

  ** 스마트제어기술, 노후 하폐수 처리시설 현대화 및 ICT기반 통합관리시스템 구축, 물 재이용 기술 개발 지원

  ※ 출처 : 미래창조과학부, 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2017

- 국토교통부에서는 LID 관련 법 · 규정 제 · 개정, LID 도시 구현을 목표로 하는 R&D 추진, LID 요소기술을 적용한 개발사업의 확산 등을 통한 도시물순환 체계의 개선을 위해 노력중

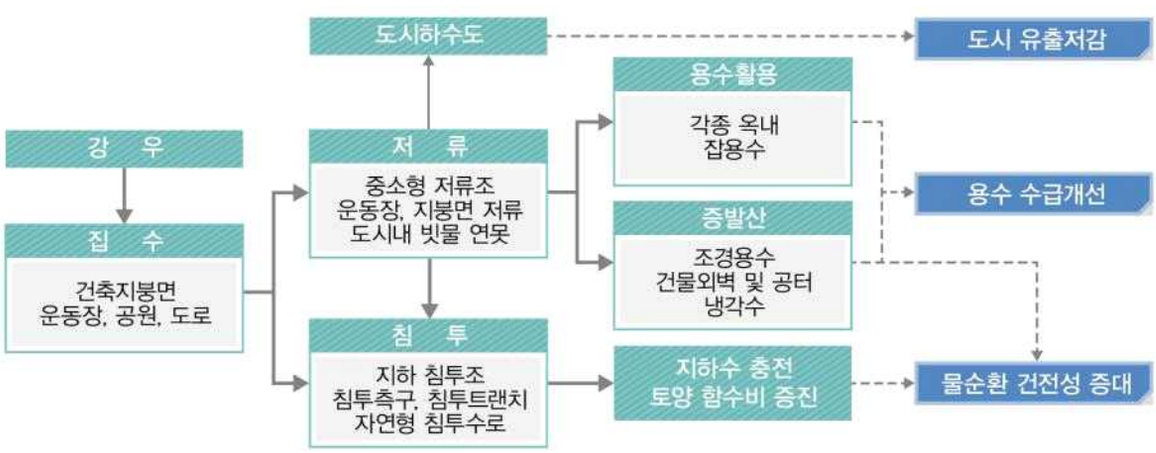
  – (제 도) 도시, 주택, 건축측면에서 빗물 유출을 최소화하여 자연상태의 물순환 회복하는 저영향개발기법(LID)을 고려토록 하고, 용적률 등 인센티브 부여

▸「녹색건축물 조성 지원법」
– 녹색건축 인증기준에 물순환 관리부분의 하위지표로서 빗물이용시설 포함
* 상위 2개 등급을 받을 경우 용적률 완화(최대 15%) 등 인센티브 부여
▸「친수구역 조성지침」
– 저영향개발기법(LID) 및 그린인프라(GI)의 적용을 통해 유출저감 및 오염원 배출이 최소화되도록 명시
▸「도시 · 군관리계획수립지침」,「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치규칙」
– 도시 또는 군 관리계획 수립 및 도시 · 군계획시설 설치시 자연상태의 물순환 회복을 고려하고, 도시내 빗물의 저류 및 침투를 유도하는 빗물관리시설(그린인프라)을 설치하도록 규정
▸「지속가능한 신도시 계획기준」
– 저류나 침투의 빗물관리시설을 두어 빗물을 관리하여 수자원의 효율적인 관리 및 이용 하도록 규정

* 저영향개발을 통한 물순환 회복 및 촉진에 관한 법률안 국회발의(2018.01.02.)
· (저영향개발계획 수립) 특별시장 · 광역시장 · 특별자치시장 · 특별자치도지사 · 시장 또는 군수는 10년마다 저영향개발계획을 수립해야 함
· (저영향개발관리시설의 인증) 설치하려는 시설이 국토교통부령으로 정하는 기준에 적합하다는 인증을 받아야함
· (저영향개발관리시설 인증기관) 국토교통부장관은 저영향개발관리시설 인증기관을 지정 · 운영할 수 있으며, 필요비용 지원가능
· (인증기준) 국토교통부장관 고시 : 인증대상별 인증지표 및 평가항목, 평가항목별 목적, 방법, 배점, 산출기준, 최소기준 등 세부평가기준

– (기술개발) 자연적 물순환을 도모하는 저영향개발(LID) 도시 구현을 목표로 R&D* 추진 중 이며 성과로 "한국 그린인프라 및 저영향개발 센터(부산대)"를 구축 및 운영중
* 건전한 도시물순환인프라의 저영향개발(LID) 및 구축 · 운영 기술(연구기간: 2012.11.~2018.02., 연구비(정부출연금): 19,324백만 원, 연구내용: 한국형 도시인프라에 적합한 저영향개발 요소 · 검증기술 및 물순환 도시에의 통합설계 · 적용 기술개발)

– (저영향개발 사업 확산) 국내 최초 신도시 규모의 발생원 우수관리 목적으로 LID 기법을 적용한 평택고덕 신도시*, 아산탕정 택지개발지구 사업(LH)**을 비롯하여 에코델타시티***, 송산그린시티(K-WATER) 개발 사업**** 등 추진 중
* (평택고덕신도시) 신도시 환경영향평가 검토과정에서 환경부의 권고를 사업시행자인 LH가 적극 수용하면서 LID 도입결정. 총 8만2000㎡ 의 면적에 걸쳐 침투수로, 저류연못, 투수성 포장 등 적용



[그림 4-42] 평택고덕신도시 LID 적용
※ 출처 : 아주경제, "LH, 평택 고덕신도시에 친환경 빗물관리기법 도입", 2013.04.04.

** (아산탕정 택지개발지구, 2007~2015년) 2004년 아산탕정택지개발지구 지정 이후 2009년 사업 1단계 실시계획이 승인고시되어 지구단위계획을 수립하는 과정에서 빗물순환 복원, 빗물이용 확대, 비점오염원 관리, 빗물유출 저감 등 LID 요소기술 적용. 사업 면적은 1,753,885㎡.

*** (에코델타시티, 2013~2020년) 2012년 12월 첫 번째 친수구역(친수구역 활용에 관한 특별법)으로 지정되었으며, 부산광역시 · 한국수자원공사 · 부산도시공사가 공동사업시행자. 부산 강서구 명지동 · 강동동 · 대저2동 일원 11.88㎢ 면적에 2017년부터 주택 3만가구(인구 7만5000명) 순차적 공급. LID 기법을 도입하고 태양열, 지열 등 신재생에너지를 적극 활용해 친환경 주거, 국제물류 및 첨단사업, 문화 · 레저기능이 복합된 글로벌 친환경 수변도시로 조성계획.



[그림 4-43] 에코델타시티 LID 적용방안

※ 출처 : 부산광역시, 부산 에코 델타시티 친수구역 조성사업 사업계획설명서. 2012.12.

**** (송산그린시티, 2007~2030년) 행복한 도시, 기후변화를 고려한 스마트 안전도시, 물순환 에코도시를 지향하는 생태환경과 관광 · 레저 기능이 어우러진 초저밀의 쾌적한 복합수변도시 조성계획. 경기도 화성시 송산면 일원의 55.59㎢(동측지구: 4.83㎢) 면적에 계획인구 15만명, 사업기간 및 사업비: 2007년~2030년(동측지구: 2011~2020년), 8조 8,821억 원(동측지구: 1,755억 원).

○ 환경부에서는 '수질 및 수생태계 보전에 관한 법' 등의 개정과 빗물유출제로화 시범단지 및 물순환 선도도시 사업을 통해 물순환 구축을 통한 비점오염저감정책을 추진중

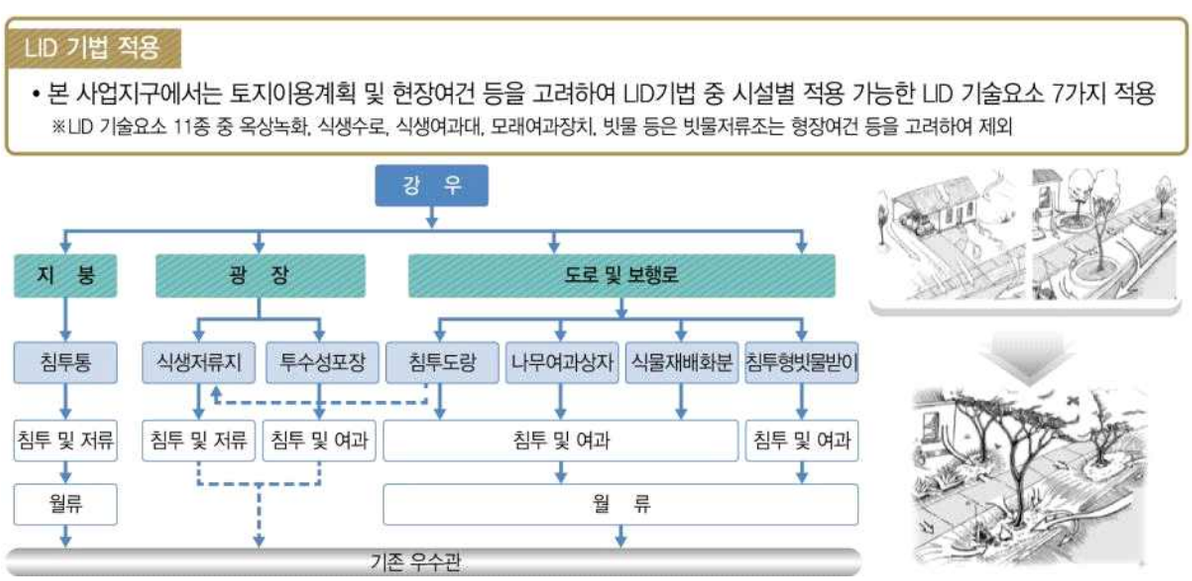
– (제도) 수생태 보전법 상의 유역 비점오염 저감시설로 저영향개발기법 도입과 매뉴얼 구축

▸「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」
– (시행규칙 73조)개발사업 등으로 인하여 불투수층에서 발생하는 강우유출수를 최소화하여 자연상태의 물순환 회복에 기여할 수 있는 기법 등을 고려한 비점오염원저감 계획서 작성
▸「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」
– (제3조) 빗물이용시설의 시설기준 · 관리기준 제시
▸「건강한 물순환 체계구축을 위한 저영향개발 기술요소 가이드라인(2013.4)」
– 개발로 인한 토지이용변화 및 도시의 물순환 왜곡에 따른 환경문제를 예방하고, 환경영향평가 등에 적용방안 제시
▸「환경영향평가시 저영향개발기법(LID) 적용 매뉴얼(2013.7)」
– 개발사업에 대한 환경영향평가 협의시 LID 기법 적용을 유도하여 물순환 기능 개선과 비점오염물질 감소 목적으로 도시개발, 산업단지 개발, 도로개발 등과 관련 사업에 적용

– (지자체 확산) 빗물유출제로화 시범단지(오창, 전주 기시행)* 및 물순환 선도도시 사업 추진('16.6~, 광주 · 대전 · 울산 · 경북 안동 · 경남 김해)**

* (1단계)오창 빗물유출제로화단지(2013~2014년, 현재 모니터링 및 유지관리 중, 사업대행기관: 한국환경공단, 주요시설:
식생체류지, 침투도랑, 침투통, 나무여과상자, 식물재배화분, 침투형 빗물받이, 투수블럭-틈새형, 집수형, 저류형)

* (2단계)전주 빗물유출제로화단지(2014~2015년, 현재 모니터링 및 유지관리 중, 사업대행기관: 한국환경공단, 주요시설: 옥상 녹화, 식생체류지, 침투도랑, 나무여과상자, 식물재배화분, 침투통, 빗물통, 침투형 빗물받이, 빗물침투측구, 투수성포장, 잔디블럭포장, 투수콘크리트포장, 식생수로, 이동식 유량계 등)



[그림 4-44] 오창 빗물유출제로화단지 LID 기법 적용

※ 출처 : 한국환경공단, 저영향개발 설치사례(빗물유출제로화 단지조성 시범사업), 2015.5.

** (물순환 선도도시) 빗물의 자연 흐름을 회복하는 저영향개발기법을 도시 전반에 적용하여 물순환을 회복하는 도시. 인구 10만 명 이상 시 · 군 또는 광역 · 특별자치시 74곳을 대상으로 공모를 통해 최종 5개 도시 선정. 환경부 장관과 물순환 개선 업무협약 체결(지자체별 물순환 개선 목표설정, 시범사업 추진 및 물순환 개선 조례마련). 물순환 개선 시범사업(2017~2020년) 추진 : (광주, 대전) 각 지역별 시청 청사 인근에 투수블록, 식생체류지 등 반영, (울산, 안동) 도심지역에 식생수로를 조성, 수평적인 물순환 효과도 제고, (김해) 도심재생 사업시 LID 적용, 도시경관과 물순환을 함께 개선.

◎ 서울특별시는 '물순환 회복 및 저영향개발 기본 조례' 개정(시행 '14.2)을 통하여 도시화로 악화된 자연 물순환 회복과 물환경 보전을 위한 저영향개발의 기본방향 제시

– '04년부터 빗물관리를 위해 추진한 법령 · 제도정비와 연구성과를 바탕으로, '13년 본격적인 '물순환도시' 전환을 추진하여 침투 저류를 통한 물순환 회복과 더불어 빗물, 중수도, 하수처리수 2.09억㎥을 재이용하기 위한 목표 수립

– 빗물관리 기본계획 수립 기준 구체화, 빗물 분담량 제시

– 공공주택지구조성사업 등 44개 개발사업에 대한 우수유출저감대책 수립 및 우수유출저감시설 의무 설치

◎ 전세계적으로 그린인프라 및 저영향개발은 기후변화에 따른 대응책 및 물순환 관리의 핵심으로서 주목받고 있으며 각 나라마다 활용방안에 있어 다소 차이를 보임

[표 4-34] 국가별 물순환 관리 패러다임 특징

분류	독일	영국	미국	호주	일본	중국	한국
개념	분산형	지속가능형 도시배수시스템	저영향개발 · 그린인프라	물민감형 도시설계	균형있는 물순환시스템	스펀지 도시	건강한 물순환 도시
	DUD (Decentralized Urban Design)	SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems)	LID · GI (Low Impact Development · Green Infrastructure)	WSUD (Water Sensitive Urban Design)	WBHS (Well-Balanced Hydrological System)	SC (Sponge City) for Flood Control)	HWC2 (Healthy Water Cycle City, Rain City, Moist City)
특징	· 분산식 빗물관리 · 강우 유출수의 이용과 관리 · 물 · 에너지효율성 강조 · 무방류 시스템 구현 · 기능과 경관의 조화 · 「물순환관리법」 (2002)	· 수량 · 수질 · 경관 등 통합설계 · 현장 관리(설계 · 유지관리 · 교육) · 연계처리기법 적용 · 탄소중립복합단지 (런던 베드제드 단지)	· 저영향개발과 그린인프라 · 첨두유출관리에서 용량관리로 변모 · 공원 · 녹지기반의 수량 · 수질 · 물 이용 등 통합설계 · 연계처리기법 적용 · 입체적 빗물관리	· 도시홍수와 가뭄 극복을 위한 도시설계 · 강우 유출수의 이용과 관리 · 개별 가옥의 빗물 이용 및 공원 등 녹지의 빗물관리	· 유역단위의 물순환 관리 · 도시홍수 관리 · 물이용 · 수생태 보전 등의 균형 관리 · 「물순환관리법」 · 빗물이용 및 침투촉진 추진 · 녹지 기반의 빗물관리 진행중	· 스폰지시티: 자연친화적 방법으로 물을 저장 · 정화 · 배수하는 도시 · 천수 정원 · Resident park	· 건강한 물순환 도시 · 저영향개발 개념 도입 · 그린인프라 보급 · 확산 · 빗물관리시설 확충사업 · 빗물마을 · 빗물유출제로화 단지 · 빗물도시 · 물순환 선도도시

※ 출처 : 워터저널, "Part 4. 한국의 LID 산업과 기술동향", 2017.05.02.

◎ 국토부에서는 SWG관련 R&D과제로서 스마트워터그리드를 추진하였으며, 이를 기반으로 대청도 데모플랜트 시범운영을 실시중(핵심요소 기술의 현장적용 및 실증)

– (기술개발) 국토부와 스마트워터그리드 연구단은 2020년 세계 최고 수준의 물복지국가 실현을 비전으로 차세대 물관리 기술 및 현장적용 설계기술 개발을 추진함

* 스마트워터그리드(연구기간: 2012.07.~2017.02., 연구비: 30,490백만 원, 연구내용: 첨단 정보통신기술을 이용하여 고효율의 차세대 물관리 인프라 시스템 구축)

– (현장 적용) 국토부와 스마트워터그리드 연구단은 자체 개발한 수처리설비를 통해 대청도 데모플랜트 시범운영(지하수, 해수, 우수, 기수 등 활용, 1일 최대 100t의 물 생산 공급)을 실시하는 등 스마트워터그리드 기술을 통해 국내 물부족 지역의 물 문제를 해결할 수 있는 방안을 마련하는 한편, 해외진출에도 관심을 기울이고 있음

* 부지부족으로 수자원관리, 물공급관리, 수처리관리 등이 별개로 시행됨. 또한 섬을 위한 시범시설로 도심에 적용하기 어려움

◎ 환경부에서는 차세대 지능형 상수관망 기술개발 사업을 추진하였으며, 이를 통해 상수관망 관리 로봇 시범사업과



함께 12개 지자체에 첨단 · 과학화된 시스템을 구축함

– (기술개발) 환경부 '에코이노베이션(Eco-Innovation) 프로젝트'의 일환으로 '차세대 지능형 상수관망 기술개발사업(GBEST)*'인 진행됨

* GBEST 사업(연구기간: 2011~2016, 연구비: 250억 원, 연구내용: 선진국 수준인 유수율 90%이상의 수준으로 개선, 유지할 수 있는 차세대 상수관망 통합관리 시스템 개발)

– (현장 적용) 태백시 등 누수사고 잦은 곳에 상수관망 관리 로봇 시범사업을 추진하였고, 상수관망 로봇 시스템은 12개 지차체*에서 총 41km 규모로 적용되어 참단 · 과학화된 시스템을 구축함

* 경기 양평군, 강원 태백 · 정선 · 영월 등 남부권 및 양양군, 대전광역시, 충북 진천군 · 보은군, 경남 거창군, 전남 순천시 · 영광군, 전북 남원시 등

SWG관련 국외 동향

– (미국) 스마트워터그리드를 국가 단위의 효율적 수자원 공급 네트워크를 구축하는 방향으로 추진중(민간 차원에서는 수자원 및 수질관리를 위한 센서 네트워크 구축 및 지능형 검침 인프라 중심의 상수도 관리 시스템 설치)

– (호주) 지역 간의 물부족 문제 해결에 스마트워터그리드를 도입(퀸즐랜드 주 사례)하여 신규 수자원개발계획을 수립함

– (이스라엘) 스마트워터그리드 사업을 추진하여 누수율을 4%이하로 절감하였고, 스마트워터그리드를 구현하는 기술과 향후 발생할 문제를 사전에 예측하여 예방할 수 있는 기술을 개발함

– (유럽) 2020년까지 각 가정에 스마트미터를 도입, 향후 30~50년 후 미래도시의 물관리를 위한 SWITCH (Sustainable Water Management Improve Tomorrows Cities' Health)프로젝트에 12개국 32개 기관이 참여중

– (싱가폴) 급박한 국제정세에 따라 안정적인 수자원 확보를 고려해 NEWater 시스템을 통한 수자원의 자립기반을 구축하기 위해 선진화된 맵브레인 기술을 이용한 스마트워터그리드를 추진중

물순환 · 공급 요소기술의 실효율에 대한 객관적인 정보 및 기준제시를 위한 실증이 필요하며 이를 통한 인증제도 강화

– 자연형 시설의 실제효율(수량, 수질) 미검증 및 시설성능 측정, 평가 관리 기준 부재

* 기존 저영향개발 관련 인증제도: 녹색건축 인증에 관한규칙, 친환경건축물의 인증에 관한 규칙, 신재생에너지 이용 건축물 인증에 관한 규칙, 건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙, 수도용 자재와 제품의 위생안전기준 인증 등에 관한 규칙

※ 출처 : 워터저널, "Part 01. 건전한 도시 물순환 회복을 위한 LID 정책 및 제도화 방안", 2017.05.02.

* 현재(2017년 10월 기준), 위의 인증제도 중에 '녹색건축 인증에 관한 규칙(녹색건축 인증기준)'에서만 그린인프라 및 저영향개발 관련항목을 찾을 수 있으며, 관련항목 또한 단순히 빗물관리, 빗물 및 유출지하수 이용에 관한 평가항목으로 기술, 제품 및 시설의 성능에 관한 인증항목은 부재

* 또한, 다양한 저영향개발 관련 사업이 전국적으로 진행중이나 품질인증, 시설의 표준화, 사업 평가 및 유지관리 등을 통괄할 수 있는 현행 인증제도는 미비하여 현장과 지자체에 혼선 과중되고 있음

* 최근 발의된 "저영향개발을 통한 물순환 회복 및 촉진에 관한 법률안(국회발의, 2018.01.02.)" 과 관련하여 인증대상별 인증지표 및 평가항목, 평가항목별 목적, 방법, 배점, 산출기준, 최소기준 등 세부평가기준 마련 시급

[표 4-35] 기존 그린인프라 및 LID 관련 인증제도

법령명	법령 종류	인증심사기준 中 물순환관리 평가항목		비고
녹색건축 인증에 관한 규칙 ((舊), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙, 국토해양부령)	국토교통부, 환경부령	신축 주거용 건축물	빗물관리, 빗물 및 유출지하수 이용, 절수형 기기 사용, 물사용량 모니터링	녹색건축 인증기준 (국토부고시, 2016.9.1. 시행)
		신축 단독주택	빗물 및 유출지하수 이용, 절수형 기기 사용,	
		신축 비주거용 건축물	빗물관리, 빗물 및 유출지하수 이용, 절수형 기기 사용, 물사용량 모니터링	
		기존 주거용 건축물	물사용량 모니터링, 물절약 관리지침 운영	
		기존 비주거용 건축물	물사용량 모니터링, 물절약 관리지침 운영	
		그린리모델링 주거용	절수형 기기 사용	
		그린리모델링 비주거용	절수형 기기 사용	

1.2.2 기술적 필요성

○ 글로벌 물 수요 증가와 에너지 및 천연자원 수요 급증에 따라 안전한 수자원 확보 기술 요구 확대

– 우리나라의 경우 과거 133년간 평균기온이 0.85℃상승하였으며, 2100년에는 최대 3.7℃ 상승이 예상됨. 이로 인한 수자원 확보의 어려움 발생 예상

– 2050년 물수요의 전망으로 20억명의 인구가 증가함에 따라 물수요도 55%나 상승하고, 생산, 발전, 가정용의 물수요가 각각 400%, 140%, 130% 증가할 것으로 예측됨



[그림 4-45] OECD 국가의 물스트레스

※ 출처 : OECD, OECD 환경전망 2050, 2012.

– 글로벌 물 수요 증가, 상시 가뭄에 대응할 수 있는 지속가능한 물 순환체계(물확보→처리→재사용 등) 구축 필요 및 기존사업의 ICT와 융합*을 통한 성과 고도화분야 중점투자

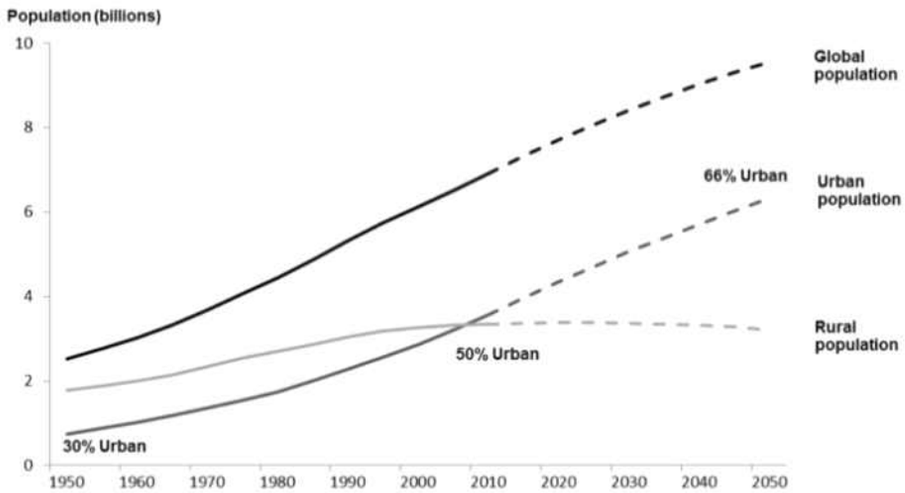
* 스마트 제어기술, 노후 하폐수 처리시설 현대화 및 ICT기반 통합관리시스템 구축, 물 재이용 기술 개발 지원

※ 출처 : 미래창조과학부, 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 2017.

도시개발에 따른 물순환 왜곡의 피해 해결 및 물순환 회복을 위한 물순환 관리기술 필요

– 도시화에 따라서 불투수층이 증가하고, 이에 따라 도시침수와 건천화, 열대야 발생 등 도시개발에 따른 물순환 왜곡의 피해 증가

* 전세계 도시화 비율은 2014년 54%에서 2050년 66%로 증가할 전망이며 특히 아시아, 아프리카에서 도시화가 급속도로 진행될 것으로 예상



[그림 4-46] 전세계 도시화 전망

※ 출처 : UN, 세계도시화전망 2014, 2014.

* 서울시의 경우, 도시화에 따른 불투수율의 증가로 인해 증발산량이 1962년 42%에서 2002년 25%로 감소, 10%였던 표면 유출량이 48%로 증가, 침투량은 23%에서 15%로 감소하는 등 물순환 체계에 영향을 미쳤고, 이로 인해 열섬화, 침수피해, 수질오염, 홍수피해의 증가를 가져옴



[그림 4-47] 도시화에 따른 물순환 왜곡의 피해 증가(서울시, 워터저널 2011년 7월호)

※ 출처 : 서울시, 워터저널 2011년 7월호, 2011.

– 도시내 건전한 물순환을 위한 기준 및 체계의 부재로 통합관리의 어려움

* GI 및 LID 기술의 통합관리 기술과 첨단 ICT를 융합한 도시의 분산식 강우 · 유출 관리를 통한 물순환체계 개선 필요

– LID, SWG 등 기술 노하우가 축적된 '물순환 수변복합도시' 조성 전략 필요

* 물순환 수변복합도시는 댐 · 호수 · 하천 · 하구 등 수역과 접하며 물을 매개로 주거, 문화공간 등의 가치를 부여해 개발하는 지역으로서 시민의 삶의 질을 높이는 차세대 도시개발 개념

* 물순환 수변복합도시 조성방법으로 물순환 복원, 분산식 물관리, 비점오염 저감, 도시재생 등의 저영향 개발이 주목받고 있음

◎ 이상기후로 인한 홍수, 가뭄 등 도시의 수재해가 증가하고 있어 도시홍수재해 관리 필요

– 도시화의 가속 및 녹지감소, 교통수단의 고속 · 대형화에 따른 인적 · 물적 피해 잠재요인 증가

* 도시지역은 기후변화 외에도 도시화와 방재체계 미흡 등으로 인해 홍수에 취약하고 피해가 가중

– 도시지역은 불투수율이 높고, 인구와 산업시설 등이 밀집되어 있어 대형홍수가 발생할 경우 큰 피해가 우려되며, 또한 방재체계의 미흡한 운영*도 홍수피해를 가중시키는 원인으로 작용

* 기후변화에 따른 지역적 특성을 고려하지 못한 방재대책, 방재업무와 도시계획 간의 연계미흡, 예산부족 등

◎ 전세계적으로 다양한 스마트 물관리 관련 연구가 진행되고 있으나, 물순환과 물공급을 시스템적으로 연구하고 실증화하기 위한 시설은 구축되지 않았음

– 기존 국내 물순환(그린인프라)기술은 요소기술과 장치 중심으로 개발되었으며, 요소기술의 적절한 분배 및 순환관리를 통한 도시 전체의 물순환 관리에 대한 연구와 시스템 측면의 실증연구가 아직 부족하여 이에 대한 보완이 시급하게 요구됨

– 기존 국내 물공급(스마트워터그리드) 기술은 핵심원천기술 중심으로 개발되었으며 이를 효율적으로 통합하고 활용하여 종합적인 성능을 검증하기 위한 시설이 필요함

– ICT와의 융 · 복합을 통하여 새로운 가치와 서비스를 창출하며, 이와 동시에 물순환과 물공급을 통합한 종합솔루션 형태의 기술개발이 요구됨

1.2.3 경제 · 산업적 필요성

◎ 4차 산업혁명 대응 다양한 기술을 융합한 물순환 관련 기술을 활용해 신규시장 창출 필요

– 4차 산업혁명으로 인해 물산업은 자동화 · 정보화 · 지능화될 것으로 전망되며, 이에 대응하기 위해서는 다양한 기술*이 집약된 물순환 기술의 개발 및 실증 필요

* 물산업과 융합할 수 있는 대표적 기술로는 기후변화 대응기술, 자연모방기술, 바이오기술, 활성화기술, 정보화기술, 나노 기술 등이 있음

– 스마트미터링, 인공지능, 빅데이터와 같은 정보통신기술(ICT)을 융합한 물순환 기술*을 활용해 신규시장 및 새로운 일자리를 창출해야 하며, 다양한 기술의 융합은 물산업과 일자리를 활성화하는 수단으로 작용할 수 있음

* 강우로부터 시작되는 수자원으로부터 수자원의 활용 및 재활용, 지능형 관망 및 물수요 예측, 통합관리까지 종합적인 지능형 물순환 기술

◎ 스마트시티 프로젝트에 대응할 수 있는 스마트 물순환기술 확보 전략 필요

– 스마트 시티 건설사업이 차세대 성장동력 산업으로 부각됨에 따라 이를 위한 스마트 물관리의 경제산업적 중요성이 증가하고 있으며, 이러한 스마트시티 프로젝트에 대응할 수 있는 스마트 물순환기술 확보 전략 필요

* 내비건트 리서치(Navigant Research)의 2014년 보고서에 의하면, 스마트시티 전체시장중 물관리는 약 10~15%를 차지하고 있으며, 2023년까지 연평균 11%의 성장을 내다보고 있음

** 시장조사기관 마켓앤드마켓(Markets and Markets)의 2014년 자료에 따르면 스마트워터그리드 분야의 세계 시장규모는 '13년 54억 달러에서 연평균 17.3% 증가하여 '18년에는120억 달러로 성장할 것으로 예상

◎ 도시수자원 관련 지속가능한 기술개발 및 실증을 통한 가치창출 및 신성장산업의 성장 필요

– 그린인프라를 통한 탄소배출량 저감, 녹색공간 확보, 사회간접비용 절감, 지역주민의 삶의 질 향상, 경관적 가치창출과 같은 파생적 효과 달성 기대

– 빗물, 하수재이용수 등의 수원을 추가하여 도시내 물자급률과 수자원 경제 자립도 향상

– LID 물순환 기술의 실증을 통하여 도시개발계획단계에서부터의 적용방안기법을 제시하여 기존의 LID 계획 · 설계 프로세스 개선으로 산업화에 기여



1.3 핵심 기능/역할

- (종합 실증) 도시물순환의 종합적인 기술실증을 통한 스마트 도시물순환을 위한 시스템 적용방안 도출
  - (스마트그린인프라) 개발이전 대비 물순환 건전화 효율, 물순환 최적화에 의한 에너지 절감 평가
  - (스마트워터그리드) 물수요 · 공급 정보 수집효율, 물공급 탄력성, 다중수원 활용에 의한 에너지 절감 평가
- (기술/제품 검인증) 국내 기업에서 개발한 저류시설, 침투장치, 빗물관리 관련 장치, 다중수원 수처리 공정 및 장치, 수처리 소재, 센서, 계측기, 통신장비, AMI, 소프트웨어 등의 성능평가

[표 4-36] 인증항목

구분	인증항목		내용	필요장비 및 시설	국내 관련 인증 유무
스마트 그린인프라	식생 체류지	빗물연못*	· 도시계획시설 분류상 건축형, 도로형, 주차장형, 산업체형, 공원형으로 구분 · 세부적으로는 식생체류지, 옥상녹화, 기타 등으로 구분하여 세부 제품별 평가 · 물순환 제품의 수량 및 수질성능 인증 및 평가	통합모니터링 시스템, 통합기상관측장비, 요소기술 물순환효율성 검증기기, 요소기술 수질분석기기, 이동형 강우모사기, 초음파 유량계, 수질센서 등	X
		생태저류지			X
		수목여과박스			X
		수목여과박스 침투화분			X
		인공습지			X
		침투저류지			X
	옥상녹화	옥상녹화			X
	빗물정원	빗물정원			X
		수변완충대			X
	투수성포장	투수성포장			X
		보수성포장			X
	침투 트렌치	침투도랑			X
		침투측구			X
		침투통			X
	빗물통	빗물이용시설			X
		빗물이용장치			X
		지하저류탱크			X
	식생수로	식생수로			X
	기타	비점오염저감시설			X
		비점오염처리시설			X
		유공관			X
	구획**		지구단위별 물순환 정량효과 인증	지구단위 물순환 분석 시스템	X
	프로젝트		전체사업 or 프로젝트의 성능목표 달성여부를 수량과 수질로 구분하여 분기별로 인증	물순환 성능목표 분석 시스템	X
스마트 워터그리드	장치, 제품	스마트워터미터	스마트워터미터 측정정확도 및 전파 적합성 인증	유량계, 수질측정 장치, 전파테스트 장치	X
		AMI 통신장비	AMI 통신장비 기능 및 전파 적합성 인증	모형실험장치, 전파테스트 장치	X
		스마트 다항목 수질센서	수질측정 정확도 및 데이터 수집기능 인증	수질측정 장치, 모형실험장치	X
		이동식 수처리 장치	수처리 효율 및 에너지 효율 인증	유입수공급장치, 수질측정 · 분석장치	X
		누수탐지 장치	누수탐지 정확도 인증	모형실험장치, 유량계	X
	공정		지능형 물 생산 공정	–	X
	프로그램		지능형 수운영 프로그램 및 앱 인증	–	X

* (국외) 워싱턴 주립 대학 LID 교육 프로그램(http://www.wastormwatercenter.org)

– LID 디자인 인증서(5개 항목 수료시 수여)

– LID 운영 및 유지보수 인증서(1개의 입문 및 2개 고급코스 수료시 수여)

**(국외) LID Certification(http://lidcertification.org)

– LID(Low Impact Development) 인증 시스템은 신축 또는 재개발 사업 시행 시 평가항목에 따른 점수를 받고 등급을 부여하는 방식. LID 각각의 세부요소에 대한 평가가 아닌 전체적인 평가에 따라 인증을 받는 형식

– 인증항목: Protect (11항목 총 33점), Build (9항목 총 32점), Restore (7항목 총 21점), Maintain(5항목 총 8점), Innovation(1항복 총 6점)

– 상기 5개 항목을 통해 점수를 평가받고 인증레벨 등급 부여: 플레티넘 LID 인증(85–100점), 골드 LID 인증(70–84점), 실버 LID 인증(55–69점), LID Certified Landscape(30–37점)

※ 기술/제품 인증항목과 관련하여 국내에서는 모두 시행하고 있지 않음에 따라 향후 부처간 협의 필요

- (기술 실용화 T/B제공) 개발된 기술 및 제품의 실용화/상용화를 위한 T/B 제공
- (인프라 활용 관련 기술지원) 본 과제를 통해서 구축된 실증시설 인프라를 부처(국토부와 환경부) 및 민간(국내외 건설사, 환경관련업체, 설계사)과 공동 활용하고 기존 시설을 연계하여 기업의 애로기술 해결 지원에 활용
- (해외시장 진출 지원) T/B와 국내 진입 실적으로 track record 확보 후 해외시장 진출
- (종합서비스 제공) 인프라 시설의 운영을 통한 교육, 수익사업, 기술 컨설팅 등의 종합서비스 제공 및 공공실험시설 활성화를 위한 지원가능

1.4 실증시설의 세부구성 및 범위

1.4.1 실증시설 세부구성 및 내용

■ 스마트그린인프라(SGI)실증시설, 스마트워터그리드(SWG)실증시설로 구성



[그림 4-48] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 실증기술 및 필요장비 도출

[표 4-37] 실증시설의 세부구성, 범위 및 내용

실증시설/분야	세부구성 및 범위	정의/내용(수혜기술)
스마트그린인프라 (SGI) 실증시설	건물형 그린인프라 실증시험시설	· 옥상녹화, 플랜트박스, 투수성보도, 우수저류조 등 건물의 물순환 효과를 극대화하기 위한 요소기술을 실증하기 위한 시설
	도시형 그린인프라 실증시험시설	· 도로, 주차장 등 도시에 필요한 인프라를 구축하기 위해 필요한 요소기술을 실증 평가하기 위한 시설
	생태형 그린인프라 실증시험시설	· 빗물정원, 건식형 생태저류지, 습식형 생태저류지 등 도시에 적합한 생태형 요소기술을 실증하기 위한 시설
스마트워터그리드 (SWG) 실증시설	다중수원 활용 및 이동식 수처리 실증시설	· 다중수원의 수량, 수질 모니터링 및 선택취수 실증, 이동식 수처리 장비의 성능평가를 위한 시설
	지능형 관망 및 검침인프라 실증시험 시설	· 지능형 관망 모형시설을 이용한 물 공급 기술 실증과 AMI 등을 활용한 누수저감, 에너지 저감 등을 평가할 수 있는 시설
	지능형 물공급 실증시험시설	· 실증단지 물공급 및 물안보 기술을 실증할 수 있는 시설

1.4.2 조감도/구성도

○ 스마트 도시물순환 종합실증시설의 총부지는 56,200㎡(17,000평)로 각 실증시설의 면적은 다음과 같음

– 스마트그린인프라(SGI) 실증시설: 26,700㎡(8,077평)

– 스마트워터그리드(SWG) 실증시설: 29,500㎡(8,924평)

[표 4-38] 실증시설의 세부구성, 범위 및 면적

실증시설/분야	세부구성 및 범위	면적(㎡)
스마트그린인프라(SGI) 실증시설	건물형 그린인프라 실증시험시설	2,700
	도시형 그린인프라 실증시험시설	10,000
	생태형 그린인프라 실증시험시설	14,000
스마트워터그리드(SWG) 실증시설	다중수원 활용 및 이동식 수처리 실증시설	10,000
	지능형 관망 및 검침인프라 실증시험 시설	16,800
	지능형 물공급 실증시험시설	2,700

※ (실증시설 요구규모) 최소 17,000평

– 1차적으로 실증단지 내에서의 물순환 · 공급 및 관리의 실증규모는 인구 1만 명*(최소)

* 도시 · 군관리계획수립지침(국토교통부 훈령 제968호, 2018.01.02. 개정)의 근린주구 정의(단위 주거구역): 아동의 일상생활권 또는 도보생활권으로 초등학교 1개소가 들어가는 정도의 규모로서 인구 10,000명, 인구밀도를 100명/hr로 할 때 사방 1km정도의 크기

– 향후, 단계적으로 인근지역까지 실증대상 및 규모 확대 계획 → 주거단지의 분산형 시범사업 추진 검토



[그림 4-49] 스마트 도시물순환 종합실증시설 조감도(안)



2. 국내외 기술개발 및 시장동향 분석

2.1 국내외 기술개발 동향

2.1.1 국내외 SGI/LID 기술

국내 SGI/LID 기술

- '12년부터 '건전한 도시물순환 인프라의 저영향개발(LID) 및 구축 · 운영 기술' 연구단이 스마트 GI & LID 연구를 추진함
  - 동 연구단에서 1세부는 국가 GI&LID 검증실험단지 구축 및 해석기술, 2세부는 한국형 LID 기반 물순환 그린인프라 구축기술, 3세부는 LID 기반 물순환도시 조성을 위한 계획 · 설계 통합 모델 및 적용기술을 개발함
  - 보도의 유출저감 능력 향상을 위한 투수블록, 투수블록–저류 연계 시스템, 수직 · 수평 침투형 띠녹지 등 LID 요소기술 및 설계기법 등 물순환 기능형 그린 보도 조성기술을 개발함
  - 공공시설물에 적합한 빗물저류/침투/이용을 위한 LID 시설물을 적용하는 녹색건축물 물순환 구축기법을 개발함
  - 공원을 유출저감 공간으로 활용할 수 있는 LID 요소기술 적용 설계기법 등 녹색 방제 힐링공원 조성기법을 개발함
  - 지붕유출수 및 교통시설에서 유출되는 강우유출수 저감 빗물정원(VRG) 기술 설계기법, 강우유출수 저감을 위한 침투화분(IPD) 등 건축물 및 소규모 단지형 GI&LID 요소기술을 개발함

  * 요소기술의 개발 및 검증을 위한 LID 센터 구축으로 다양한 시험실증이나 시스템적으로 연계 부족

- LH연구원은 공동주택단지의 잡배수를 실개천 유지용수 등으로 재이용하기 위한 연구과제를 수행하고 있음
  - 잡배수의 수질 및 유량 특성을 분석하고 분리처리 과정에서 생물학적 처리 및 인공습지 등 자연처리 방법을 적용함

- 대구시는 스마트시티 조성 시범사업을 통해 IoT 전용망 활용 상수도 원격검침 시스템을 구성하고, 실증단지에서 LID 물순환 관리 시스템을 적용할 계획임
  - 대구시는 현재 물산업을 미래유망산업으로 육성 중이며, 스마트시티 조성 시범사업을 '16년에 진행하여 IoT LoRa 망을 활용한 상수도 원격검침 시스템을 구성함
  - 지능형 물 공급관리 솔루션 분야에서 실시간 물이용 모니터링, LID 물순환 관리 시스템, 도시 물순환 관리시스템 등을 대구시 실증단지에서 적용할 계획임

- 부산시는 에코델타시티 친수구역 조성사업을 통해 LID 시설을 조성중임
  - 국내 대규모 개발 역사상 처음으로 LID 기법을 도입하고, 태양열, 지열 등 신재생에너지를 적극 활용해 친환경도시를 조성할 계획임

국외 SGI/LID 기술

- 선진국을 중심으로 건전한 물순환 회복을 위한 저영향개발(LID)이 확대되고 있음
  - 도시화 등으로 인한 토지이용 변화로 증가하고 있는 도시 홍수, 하천 건천화, 수질악화 방지를 위한 물순환 회복의 필요성이 증대됨
  - 미국은 LID 개념을 최초로 도입 후, 대도시를 중심으로 실용화 단계에 진입함
  - 일본은 물순환 건전화 및 도시침수위험 저감을 위한 연구를 활발히 진행하는 중이며, 빗물의 신속한 배제보다 가능한 저류, 침투시키기 위한 유수지를 조성함

– 독일은 공업규격협회(DIN)와 물 · 하수 · 폐기물협회(DWA; German Association for Water, Wastewater and Waste)를 중심으로 빗물이용시설과 침투기술 지침을 제시함

◎ 미국 Innovyze사는 수자원 관리를 위한 실시간 제어/의사결정 시스템인 InfoMaster와 SWMMLive를 개발함

– 동 시스템은 실시간 동작예측, 조기경보 및 방재, 수자원의 품질평가 및 오염예측, 도시홍수, 녹색 LID 및 BMP(Best Management Practices) 대안, 실시간 제어를 포함하는 위험평가가 가능함

◎ 미국 Seattle은 녹색빗물기반시설 확충을 위해 개별 가정에서 우수를 효율적으로 관리할 수 있는 Rain Wise 프로그램을 배포함

– Rain Wise 프로그램은 홍수의 위험을 줄이고 시민의 재산과 생명, 그리고 수자원 보호를 목표로 개발되었음

◎ 미국 메릴랜드 및 시카고 주에서는 LID를 적용하여 빗물 대응역량을 강화하고 있음

– 미국 메릴랜드 주의 Wicomico County에 위치한 Duck Crossing 주택개발 사업의 경우 LID 기법을 적용하여 잔디 조성 면적, 도로배치 등을 변경하여 재설계한 결과 불투수면적을 5% 줄이고 수질오염도 경감시킴

– 미국 Old farm 쇼핑센터의 경우 계획단계에서 자연지반 비율이 10%에 불과하였으나, 건물배치를 변경하여 동선 감소 및 주차면적을 최소화하며 일부를 빗물유출 처리시설로 활용함으로써 자연지반을 19%로 증가시킴

– 미국 시카고시의 경우 대규모 토목공사를 지양하고, 식생배수로, 침투도랑, 저류지, 토사/유류오염물질 제어장치, 빗물정원 등을 적용하여 발생원 단계에서부터 빗물을 관리하는 사업을 추진함

◎ 독일 하노버 크론스베르크는 빗물관리 및 배수를 위해 총연장 5km에 달하는 저류습지-트렌치 복합시스템(Mulden-Rigolen-System)을 설치함

– 저류습지-트렌치 복합시스템은 종전의 저류습지와는 달리 저류/배수 기능을 강화하여 분산형 빗물 침투 시설을 설치하기에 적합하지 않은 대상지의 토양 투수능력을 향상시킴

– 분산형 빗물 관리 방식 적용 시 기존의 하수관망 방식의 비용보다 약 8%가량 저렴한 것으로 분석됨

◎ 독일 니틀링겐 시에서 빗물 활용, 폐수 수집 및 처리 등을 통합한 도시 물관리 시스템이 시범 적용됨

– 프라운호퍼수자원시스템연합은 지속가능하며 반탈중앙화(semi-decentralized)된 도시 물관리 시스템을 개발함

* 빗물 활용, 진공식 하수 시스템을 통한 폐수 수집, 바이오가스 생산 및 활용, 음식물쓰레기의 혼합소화, 양분 회수와 결합된 혐기성 폐수 처리를 통합하였음

– 이 시스템은 독일 니틀링겐시의 DEUS21 시범 프로젝트로 적용됨

2.1.2 국내외 SWG 기술

◪ 국내 SWG 기술

◎ 국내에서는 최근 스마트 물관리에 대한 관심이 높아지고 있으나 아직까지 기술개발 · 적용의 초기 단계임

– 서울특별시는 스마트 에너지 및 환경, 스마트 인프라 확충 및 정보 공유, 스마트 기기를 활용한 맞춤 행정, 사회 안전도 제고, 정보 보완 등을 중점으로 하는 스마트시티 관련 프로젝트를 추진

– 스마트워터그리드 연구단은 인천시(대청도)에 데모플랜트를 설치하여 개발기술을 실용화하고 있음

– K-water는 파주시를 대상으로 Smart Water City 시범사업을 추진하였음

* 파주 SWC 사업은 소비자 중심의 수돗물 공급시스템 구축 및 건강한 수돗물 주민 서비스 제공의 내용으로 추진

– K-water는 고령군을 대상으로도 유수율 개선을 위한 장치 중심으로 Smart Water City 시범사업을 추진중



* 고령군 SWM 시범사업은 3개월 만에 유수율을 3% 향상시키고, 운영관리비용을 연간 2억 원 이상 절감하는 등 스마트 물관리를 통한 누수저감 및 관망관리 모델을 제시하였음
* Smart Device 측면에서 시간별 검침량을 전송하는 스마트 미터링 구축, 관내 상태변화 모니터링을 위한 초소형 멀티센서 설치, 소리감지센서를 통해 누수음을 진단하는 누수감지 센서 설치 등을 추진함
* Smart Solution 측면에서 Water-NET 중심의 센서 및 실시간 데이터기반 관망운영관리 통합시스템을 구축하고, 미터링 관제, 누수감지 프로그램 등을 활용해 실시간으로 의사결정을 지원함

◎ **국토교통부 물관리 연구사업 내 스마트워터그리드(SWG) 지능화 연구단은 스마트워터그리드 관련 다양한 기술개발 추진 중임**

– 지표수, 지하수, 우수, 하수재이용수, 기수, 해수 등 다양한 종류의 수자원을 이용하여 활용목적별로 경제적인 수처리 조합공정을 적용함으로써 물 생산비용을 절감하고 지역의 수자원 자립율을 높여 물 부족을 해결하기 위한 기술개발을 추진 중임

– 스마트 수도계량기, AMI 네트워크, 물 정보 서비스 앱, 지능형 통합관리 소프트웨어 등 ICT 기술을 활용하여 실시간으로 물 수요를 분석하고 예측하여 물 공급에 필요한 에너지를 최소화하는 친환경적 시스템 개발을 추진 중임

– 신도시 수자원 연계활용 지능형 수자원확보기술을 개발하기 위해 수자원활용을 위한 신도시 마이크로워터 그리드 최적수처리 조합공정 및 워터루프 시스템, 요소기술의 현장적용 설계기술 등을 개발함

– 수자원 최적활용 지능형 유역물관리 플랫폼 개발을 위해 지역의 물부족 위험평가 시스템, SWG물정보 통합관리 기술, 지능형 통합운영 및 업무지원기술 등을 개발함

– Smart Water Grid 맞춤형 ICT기반 물정보 관리기술 개발을 위해 ICT기반 AMI 네트워크 구축 및 물정보 서비스, 수자원 모니터링 및 관리를 위한 고기능센서 및 다기능계측기, SWG 통합 물정보 서비스 등을 개발함

– 스마트워터그리드 연구단은 그간 개발한 기술을 물부족지역인 대청도에 적용하여 시범운영을 시작함(핵심 요소기술의 현장적용 및 실증)
* 연구단은 자체 개발한 수처리설비를 통해 대청도의 지하수 뿐만 아니라, 해수, 우수, 기수 등 수원을 다변화하여 목적에 맞는 수자원을 확보할 계획임
* 다중 수원을 활용하여 용도(생활용수, 공업용수, 농업용수 등)에 맞는 수질이 되도록 가장 값싼 수원부터 활용하여 경제적인 수처리 방식을 결정하여 물을 생산함
* 수처리설비 외에도 정보통신기술(초음파 스마트 계량계, 광학식 다항목 수질센서 등)과 소비자와 공급자 간의 실시간 정보 공유를 위한 스마트폰 기반의 앱(APP)이 주민에게 제공될 예정임
* 부지부족으로 수자원관리, 물공급관리, 수처리관리 등이 별개로 시행됨

◎ **상수 관망 블록시스템 관련하여 최근 ICT 기반의 유수율 제고 및 유지관리, 단수 영향 최소화를 위한 토탈 솔루션 개발 등을 목표로 '차세대 지능형 상수관망 기술개발' R&D 과제가 추진됨**

– 최근 글로벌탑환경기술개발사업(한국환경산업기술원)의 차세대 지능형 상수관망 기술개발에서 '스마트 블록시스템 설계 및 구축기술 개발'이 추진되었음

– 동 개발 과제는 기존의 블록시스템에 첨단 IT기술과 진보된 데이터 분석기술을 통하여 보다 정확하고 비상시 빠르고 안정적인 급수를 위한 최적의 관망유지관리시스템 구성을 목표로 함

– 세부 기술개발 내용으로는 ①Segment 기반의 스마트 블록시스템 구축/설계 ②Segment 기반의 PDD 상수관망 해석 시뮬레이터 개발 ③스마트 블록 맞춤형 누수해석 및 On-Line 누수감시 시스템 개발 등이 포함됨

◎ **GS건설은 Global Top Player로의 비전 추진을 위한 대응전략 중 하나로 핵심기술 확보를 설정하여 ICT 기술을 도입한 상수도 기술 개발을 추진함**

– 정수사업소에서 수기 관리하고 있는 기계 및 장치이력관리 대장의 DB를 구축하고, 스마트패드 등 ICT 기술을 접목하여 시설물 생애주기상의 모든 유지관리활동을 통합관리하는 지능형 설비보전시스템을 개발함

– 상수관망 설계기술, 상수관망 통합운영기술 등 차세대 지능형 상수관망 기술을 개발하고 국내외에서 Test– bed 연구를 수행함

* 유수율 유지관리를 위한 소블록 최적설계 기술, 단수영향 최소화를 위한 세그먼트 최적설계 기술, 수압최적관리시스템 적용을 위한 센서위치 선정 기술, 경제적인 상수관망 신뢰성 확보를 위한 설계 최적화 기술 등 상수관망 설계기술을 개발함
* 실시간 관망해석 및 누수추적 프로그램, 비상시 단수영향 최소화를 위한 차단밸브 분석, 실시간 Data를 이용한 물수지분석 및 누수지수 분석, 통계분석을 통한 블록별 의사결정지원시스템 등 상수관망 통합운영 기술을 개발함
* 경기도 파주시 및 베트남 호치민에서 Test–bed 연구를 수행함

서울시 물연구원은 사물인터넷(IoT)과 만물인터넷(IoE)에 기반한 스마트 수도 시스템 구축을 미래 연구개발 방향으로 제시함

– 정수장 생산 공급 전력비 절감 프로그램, 전식방지시설 방식전위 무선 측정 및 관리 시스템, 수도계량기 동파 방지 시스템, 정수장 후염소 주입량 조절 프로그램, 가압급수지역 감압밸브 공급수압 자동조절시스템 개발을 연구개발 방향으로 제시함

* 지능형 상수관망 및 지능형 원격검침 등 스마트워터그리드를 연구개발 방향으로 제시함

우리나라 물산업 분야 중 스마트상수도/지능형 플랜트, 지능형 상수관망 기술 수준은 낮은 것으로 나타남

– 우리나라 하수/해수담수화, 먹는 샘물 분야 기술수준은 선진국 대비 80%로 나타남

– 우리나라 상수 분야 기술수준은 선진국 대비 75%이며, 스마트 상수도/지능형 플랜트는 65%, 지능형 상 수관망은 55%로 나타나 국가적 역량을 집중하여 육성해야 국제시장에서 경쟁이 가능한 수준임

운영관리 시스템 분야에서 고도의 제어 알고리즘 적용, 전문가 시스템을 이용한 진단 및 제어, 동적 시뮬레이션을 통한 제어기 설계 및 조율 등 관련분야에서 활발한 연구들이 진행되고 있음

– 국내에서는 네트워크에 대한 기술 보다는 센서 자체의 기술 개발 및 기능 향상에 중점을 두고 있음



국외 SWG 기술

선진국의 경우 관망 분야 기술, 용수공급 네트워킹, 통합 물 운영시스템 구축기술 등이 다국적 기업을 중심으로 개발되고 있음

- 상수도 역사가 오래된 미국과 유럽에서는 최근 ageing pipe의 개량 또는 교체에 관한 사회적 요구에 의해 대구경 및 비굴착 관망구축기술이 개발되었고, 일본에서는 내진 관망 구축기술이 개발됨
- IT산업과의 융합기술을 도입한 스마트 Water Network기술(IBM), Mega-City의 통합 물 운영시스템 구축기술 등이 다국적 물기업과 IT기업연구소를 중심으로 개발 및 상용화되고 있음
- 미주지역에서는 GE의 상수관망 통합운영프로그램인 Small World, Bentley의 상수관망해석 및 운영관리 프로그램인 WaterGem & WaterCAD 등이 개발되어 북미와 남미의 많은 국가에서 상수관망의 통합관리에 활용되고 있음
- 유럽지역의 덴마크 7-Technologies사는 상수관망 통합관리 시스템인 AQUIS Water Management Software를 개발하여 전 세계 1,500개 도시에서 1억 이상의 인구를 대상으로 운영하고 있음
- AMI를 이용한 물 관리 효율화에 대한 연구는 미국과 호주, 싱가포르 등에서 다양하게 진행되고 있음
  * 미국 캘리포니아 지역과 텍사스 지역 등에서 검침비용 절감, 누수방지, 자산관리, 물 절약 등의 목적으로 AMI가 적용되고 있음
  * 호주 시드니에서는 AMI를 이용한 다양한 응용기술의 개발과 적용이 진행되고 있음
- 글로벌 물 전문기업은 자체적으로 물관리 프레임 및 물관리시스템을 개발하고 있음
  * DHI사의 온라인 수운영 시스템 전용 DIMS.CORE는 시스템상에서 운영 및 관리를 위한 정보로 데이터를 변환하는 솔루션을 구축하기 위해 설계되어 폐수처리 공장, 물 공급 및 유통, 자료 수집 시스템 등에 활용함
  * IBM사의 SWIM(Strategic Water Information Management) 솔루션은 수처리 시설의 정보를 체계적으로 설계(분류)하고 이를 통하여 지능형 관리 시스템화 하는데 중점을 두고 있음

IT 기반의 지능형 물관리 연구가 가속화되고, 관련 기술이 스마트시티에 적용되고 있음

- Smart Energy/Water Grid에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있으며, IT기반의 지능형 물관리 연구가 가속화되고 있음
- 미터기, 센서 및 통신 네트워크, 감시 및 관리 시스템, 물 관리 분석, 날씨 예측 등의 기술이 스마트시티에 적용되고 있음
  * 스마트시티 솔루션 채택 현황을 살펴보면, 에너지, 물관리, 교통 등 도시의 중요한 기능들을 중심으로 다양한 서비스 모델과 기술이 제시됨

미국에서는 소규모 정수장에 IoT 기반 모니터링 플랫폼을 적용하거나, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)의 보완을 위한 IoT 플랫폼을 적용함

- 미국 일리노이 주 소규모 정수 플랜트에서는 SCADA 시스템 부재로 원격 모니터링 및 자동제어가 어려워 IoT 기반 저가형 무선모니터링 플랫폼을 활용하였음
- 미국 캘리포니아 주는 심각한 가뭄 현상에 대응하기 위해 비용 효율적 스마트 물 분배가 필요하였고, 기존 SCADA 시스템에 저비용, 산업용 통합 IoT 플랫폼을 설치하여 정수 플랜트 용수 분배를 최적화함

EU는 배수관망 관리에 ICT 기술을 접목하여 배수 네트워크, 누수, 수리 · 운영 정보, 리스크 평가 등을 수행함

- 저수지로부터 스마트 미터에 이르기까지의 배수 네트워크를 관리하고, 실시간으로 배수관망 상태를 감시함으로써 누수를 검지함
- 배수관망의 정보(파이프라인의 크기나 사용수명 등)나 고객에 관한 정보 등 수리 · 운영에 필요한 정보를 인터넷을 통해 현장 작업자의 휴대형 단말기로 제공함

– 매설 설비의 식별을 위해 전자 태그를 활용하고 있으며, 스마트 수도 파이프라인 운영과 적시(just in time) 수리 · 실시간 리스크 평가를 수행함

◎ 호주는 물부족 해결을 위한 Water Grid 개념을 도입함

– Water Grid는 물이동 시스템으로 다양한 수자원을 다수의 시설로부터 확보 가능

– Brisbane지역의 '04~'07년간 극심한 가뭄으로 '08년 SEQ Water Grid Project가 제시됨

* '08년부터 장기적 수자원 확보계획으로 SEQ Water Grid 계획수립 및 사업을 추진함

* 총사업예산 90억 달러 규모의 물이동을 위한 535Km의 수자원 Network 구축을 추진함

◎ 독일에서는 처리장을 중심으로 해당 지역의 하수도 인프라를 종합 관리할 수 있는 시스템을 구축하여 운영 중에 있음

◎ 아프리카 지역에서도 수자원 등 인프라 관리 기술이 개발 · 적용되고 있음

– 셀룰러 네트워크를 활용하여 외지의 수자원을 감시하고 저가 센서를 사용하여 수자원 사용단가 징수를 관리하는 체계를 개발하는 프로젝트들이 진행 중임

– 수자원 공급회사들도 스마트 기술을 활용하여 대도시 지역에서 수자원의 낭비를 방지하는 기술을 개발하고 있음

* 케이프타운 시는 배관누수량을 38% 줄이고, 배관 파열을 58% 감소시키는 지능형 수압관리체계를 도입함

◎ 스마트워터그리드 시장의 확대로 미국의 Itron, Inc. 등 AMI 전문기업의 사업 확장이 급격히 추진되고 있고 다양한 분야의 업체들이 스마트 도시 물 공급 사업에 참여하고 있음

– Itron사는 AMR/AMI 솔루션 업체로 55개 이상의 생산시설 및 보급센터와 85개의 세일즈 오피스를 통해 130여 개국에 소재한 8,000 개 이상의 유틸리티 고객에 서비스를 제공하고 있음

– FlexNet은 연방통신위원회가 인증한 업계 유일한 AMI 솔루션으로 전기/가스/수도 유틸리티의 정보를 소비자가 쌍방간으로 검침하고 주기적으로 보다 정확한 데이터를 수집하도록 함

– BADGER는 Water Meter, AMR, AMI 제품군이 매출의 85% 비중을 차지하고 있으며 최근에는 유틸리티들을 대상으로 한 스마트워터미터의 경제적 효과 분석툴인 The Badger Opportunity Analysis System를 제공함

– ICT 및 스마트 애널리틱스, 통신, 스마트워터그리드 인프라, 자동화/빌딩제어, 디자인 및 엔지니어링 등 각 분야 업체들이 스마트 도시 물 공급 사업에 참여하고 있음

◎ 이스라엘 기업인 TaKadu는 수도관을 IoT와 연계하는 클라우드 기반 솔루션을 개발함

– TaKaDu의 클라우드 기반 솔루션은 수도 시설의 누출, 파열, 수압 문제, 수질, 작동 오류 및 모든 네트워크 이벤트(인시던트)의 전체 수명주기를 관리함

– 홍수조절 및 빗물 수집에 대한 적극적인 대응을 가능하게 하며 중대한 피해가 발생하기 전 네트워크의 취약점이나 파손을 식별할 수 있음

◎ i2O는 iNET, dNET, oNET등의 솔루션을 통해 물관리 서비스를 제공함

– iNET은 알고리즘을 통해 네트워크상의 비정상 조건을 식별하고, 데이터를 시각화하여 비정상적인 상황인지를 쉽게 식별할 수 있도록 함

– dNET은 네트워크상의 관심 장소에 정확/안정적/저렴한 로거를 배치하여 데이터를 수집

– oNET은 전체 네트워크의 감압밸브 및 펌프에서 원격 제어 및 압력 자동 최적화를 가능하게 함

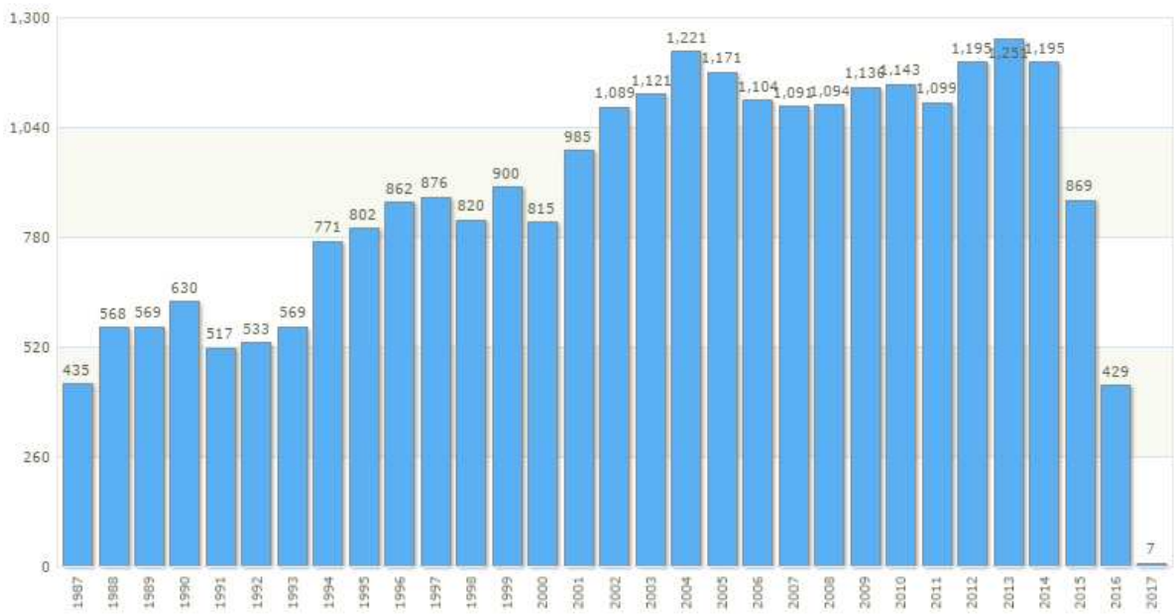
◎ Suez Environment는 스마트 서비스 분야에서 업체 및 일반 사용자에 대해 효율적인 소비 관리 및 문제점을 즉각 알릴 수 있는 기술을 주로 개발함

– Smart Metering Infrastructure 기술은 원격으로 물과 에너지 소비를 측정하는 자동 솔루션을 제공

* 스마트 센서 및 미터 송신기가 장착되어 정보 시스템에 통신 네트워크를 통해 데이터를 보내는 시스템

2.1.3 국내외 특허 및 논문 동향

- 국내외 물순환(LID, 스마트워터그리드) 관련 특허는 1997년부터 2016년까지 29,483건으로 지속적으로 증가했으며, 2015년과 2016년 다소 줄어드는 경향을 보이고 있음
  * 검색식: (water and (grid or LID or smart))
  * 검색결과: 29,438건



[그림 4-50] 연도별 물순환 관련 특허동향

- 국내외 물순환(LID, 스마트워터그리드) 관련 논문은 2008년부터 2017년까지 11,539건으로 지속적으로 증가하고 있음
  * 검색식: (water and (grid or LID or smart))
  * 검색결과: 11,539건

[표 4-39] 연도별 물순환 관련 논문동향

출판연도 (년)	논문수	비율 (11539개 중, %)
2008	784	6.79%
2009	820	7.11%
2010	890	7.71
2011	1004	8.70
2012	1091	9.46
2013	1288	11.16
2014	1469	12.73
2015	1605	13.91
2016	1917	16.61
2017	671	5.82

2.1.4 기술수준 및 기술격차

- 2015년 기준, 상하수도 관망과 우수 및 용수재이용 관련 기술수준(기술격차)은 최고국 미국과 독일대비 각각 80.0%(5.9년), 75.7%(7.4년)을 보이고 있으며 특허기술이나 논문기술의 경쟁력은 최고국인 미국 대비 많이 부족한 것으로 나타남

[표 4-40] 용수이용분야 기술수준 및 기술격차

관련기술분야		기술수준 및 기술격차		특허기술 경쟁력		논문기술 경쟁력	
중분류	소분류	최고국	우리나라	최고국	우리나라	최고국	우리나라
용수 이용	상하수도 관망	미국	80.0% (5.9년)	미국	14.0%	미국	46.2%
	우수 및 용수재이용	독일	75.7% (7.4년)				

※ 출처: 국토교통과학기술진흥원, 국토교통과학기술수준분석보고서, 2015.

- (상하수도 관망) 미국, EU, 일본 등 선진국에서는 IT 기술을 활용하여 상하수도망을 효율적으로 관리하고 있으며, 국내에서는 분산형 용수 공급시스템 기반기술이 개발되었으며, 현재 스마트워터그리드 기술이 연구중으로 한국의 기술발전단계는 성숙기와 성장기 사이에 위치
- (우수 및 용수재이용) 미국과 독일은 우수 재이용 증대를 위한 LID에 기반한 도심개발을 추진중이며, 국내에서는 아산탕정 신도시 시범지구에 분산식 빗물관리시스템 및 LID가 적용중이며 한국의 기술발전단계는 도입기와 성장기 사이에 위치

2.2 국내외 유사 실험시설 분석

- 국내의 경우 LID 연구단에서 물순환 기술의 실증화를 위한 센터를 건설하여 운영 중이나, 주로 저영향기술과 빗물관리 관련 요소기술의 개발 및 검증에 치중되어 있어, 다양한 시험실증이 어려우며 시스템적으로 연계가 부족함

  – 한국 그린인프라 · 저영향개발 센터(KOREA GI · LID Center)

  * 그린인프라 및 저영향개발 요소기술의 검증을 위한 실험 및 연구시설
  * 부지 면적: 4,895㎡(실험동 연면적: 1,166㎡, 야외실험단지 연면적: 4,065㎡)



[그림 4-51] 한국 그린인프라 · 저영향개발 센터

- 해외의 경우 물순환 기술을 대상으로 한 실증시설이 다수 확인되지만, 본 과제에서 기획하고 있는 그린인프라 및 LID와 워터그리드를 포함한 전체 시스템 측면의 스마트 도시물순환 기술의 실증화를 위한 시설은 확인 되지 않음

  – 뉴햄프셔 대학 우수센터(Stormwater Center, University of New Hampshire, 美)

  * 인증제도(TARP)와 연계한 기술검증 실험 수행 및 주정부의 우수관리 기술지침 수립
  * 부지 면적: 9 ac(36,400㎡), 인력: 박사급 인력 2명 등 실험 및 관리 5명



[그림 4-52] 뉴햄프셔 대학 우수센터(미국) (https://www.unh.edu/unhsc/)

– 저영향개발 센터(Low Impact Development Center, Maryland, 美)

* 도시 물순환 R&D, 계획 · 설계 · 건설 및 기술매뉴얼, 교육 · 훈련(10년간 200여개 프로젝트 수행)
* 인력: 기술사 및 석 · 박사인력 포함 8명(수자원, 환경, 생태, 조경)

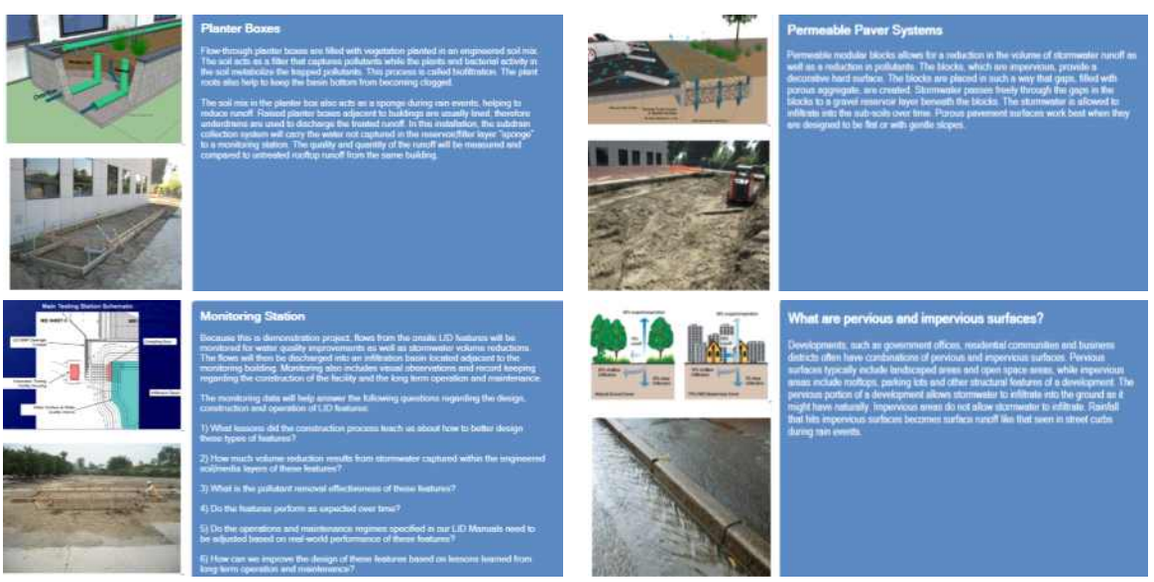


[그림 4-53] MD 저영향개발센터(미국)

※ 출처: https://lowimpactdevelopment.org/

– 캘리포니아 리버사이드 홍수관리국(Riverside County Flood Control and Water Conservation District, 美)

* LID의 효율성(수량, 수질)검토를 위한 10여개의 시설 모니터링 및 연구교육(기존 시설물의 조경을 LID로 변경한 시설로 실험이나 인증은 불가)
* 부지 면적: 15 ac(60,702㎡), 야외단지 조성 예산: $2.5M(약 27억 원)



[그림 4-54] Riverside 홍수관리국(미국)

※ 출처: rcflood.org/LID.aspx

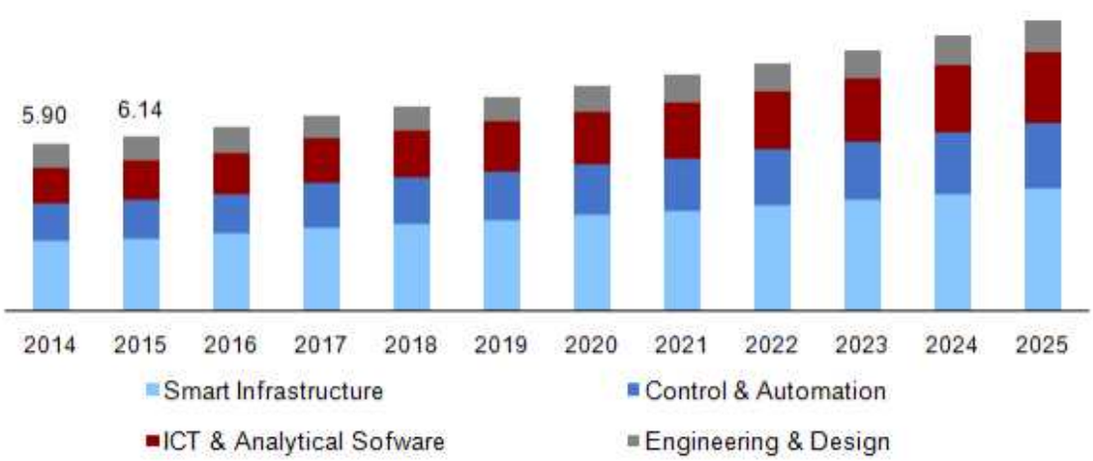
2.3 시장분석

Smart Water Grid 시장/산업의 범위는 크게 Design and Engineering Services, Smart Water Infrastructure, ICT/Software and Analytics, Automation and Control 4개의 요소로 구성됨

- Design and Engineering Services(설계 및 엔지니어링 시스템): Smart Water Grid 설계를 돕기 위한 컨설팅 서비스가 포함되며 이 분야는 현재 존재하는 네트워크를 업그레이드 하면서 새로운 영역을 구성 가능
- Smart Water Infrastructure(인프라): 계량기, 펌프, 밸브, 파이프, 송신기, 통신 인프라 등 모든 하드웨어 제품이 포함
- ICT/Software and Analytics(ICT/소프트웨어 및 분석): 이것은 데이터 분석을 가능하게 하는 수자원에 설치된 모든 소프트웨어 관련프로그램으로 유압모델링, 모니터링, 데이터 분석을 포함
- Automation and Control(자동화 및 제어): 기존의 Water Management System 보다 고도화된 SCADA, GIS 및 billing 시스템을 포함한 수자원 관리, 감독 및 데이터 수집과 관련된 시스템 시장

세계 스마트워터그리드 시장의 규모는 2016년 65억 달러로 평가되었고 2025년에 102억 7천만 달러에 이를 것으로 예상(연평균 5.3% 성장)

- 물의 무상 제공의 감소, 정확한 청구의 필요성, 구형 인프라의 재구성, 워터그리드의 즉각적인 모니터링, 효율적인 누수 수리, 향상된 고객 계약에 대한 강조가 증가
- 정부 규제, 증가된 안전과 비용 절감에 대한 기대를 충족시킬 필요성과 스마트시티 개발은 스마트워터그리드 시장의 원동력
- 스마트워터인프라는 2016년에 41.5%로 가장 큰 시장 점유율을 가지고 있고, 특히 개발도상국들에서 스마트워터그리드의 수가 증가함에 따라 꾸준한 성장을 보일 것으로 예상
- Itron Inc., Siemens AG, Badger Meter, Inc 및 Nepture Technology 등이 스마트 워터그리드 시장에 많은 투자를 하고 있음



[그림 4-55] Global smart water grid market revenue, by technology, 2014 - 2025

※ 출처: Hexaresearch, Smart Water Grid Market Size And Forecast, By Technology (Smart Infrastructure, Control & Automation, ICT & Analytical Software, Design & Engineering), By Application (Residential, Commercial, Utility), And Trend Analysis, 2014 - 2025, 2017

■ 2010년 기준 Smart Water Infrastructure 시장이 전체 시장의 58%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, ICT, Software and Analytics 시장은 2010년 10억 달러에서 2020년 99억 달러로 9배 이상 성장 전망

[표 4-41] 스마트워터그리드 세부시장별 규모 및 비중(단위: M$, %)

세부 시장	2010		2020	
	시장규모	비중	시장규모	비중
Design & Engineering Service	335.0	5.8%	859.9	3.9%
Automation & Control	1,050.0	18.1%	1,753.8	7.9%
Smart Water Infrastructure	3,374.9	58.3%	9,698.1	43.7%
ICT/Software & Analytics	1,030.3	17.8%	9,900.8	44.6%

* 출처 : Frost&Sullivan, CEO 360 : Global Smart Water Grid Market, 2012

■ 스마트워터그리드와 ICT의 통합으로 인해 수자원 공급 관리에 대한 지속적인 원격 모니터링, 유지 관리와 추적이 가능해짐

- 물순환 네트워크의 보존과 규제에 관한 엄격한 지침은 스마트 워터 미터 시장을 주도할 것으로 예상
- 사우디아라비아, 인도와 같은 국가들은 특히 가뭄으로 영향을 받는 지역에서 수자원 보존과 소모에 대한 우선순위를 정해야 함

■ 전 세계적인 스마트워터그리드의 설치 증가는 수자원 공급과 관련하여 개발도상국들 사이에서 대폭적인 변화를 가져왔으며, 상업 기관, 근로자, 관리자에 의한 대규모의 변화된 공정이 스마트워터그리드 시장의 성장에 중요한 역할을 하고 있음

■ ICT 및 분석 소프트웨어, 제어 및 자동화, 스마트 인프라와 같은 다양한 스마트워터그리드 기술은 주거용, 상업용 및 기타 유틸리티에서 에너지 효율 달성을 위해 시장에서 활용될 수 있지만 막대한 자본 투자의 필요, 모니터링 지원의 부재, 정부 주도의 부족과 같은 한계로 인해 시장이 위태로워짐

2.4 수요자 요구 사항

■ 국토교통 관련 연구자들에게 필요한 실증기술, 시설 · 인프라를 조사하고 향후 필요한 실증, 연구인프라 조사

– 국토교통 기술분야별 실증이 필요한 기술에 대한 수요조사를 통해 수요자 의견을 수렴

◦ 기간 : 2016년 8월 1일 ~ 19일(약 3주간)
◦ 방법 : 주관연구기관, 각종 학회 · 협회 회원사 E-mail 설문조사
◦ 대상 : 전문기관 · 주관연구기관 전문가 POOL, 국토교통 대형실험시설 관련 연구자 · 사용자, R&D 수행기관 및 전문가(WISE10포함), 국토교통 관련 학회, 협회 등



수요조사 결과

- 수자원분야의 세부실증기술 중 그린인프라 및 저영향개발, 지능형 관망, 독립형 취수/정수시스템, 물–에너지 연계 실증, 가뭄관리, 수처리 기술에 대한 실증 등 그린인프라/LID와 통합물관리(SWG, 수처리) 관련 기술 실증의 필요도가 다수 조사됨
- IoT, ICT 기반의 계측기기 자동 모니터링 기술과 Big data 분석기술을 융복합한 성능 검증에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있으며, 기존의 그린인프라/LID와 SWG 요소기술 검증에서 더 나아가 종합적인 시스템 성능의 실검증에 대한 필요성이 대두되고 있음

[표 4-42] 기술수요조사를 통한 도시물순환 관련 필요 기술, 실증

번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
1	지능형 상수관망 모델링 실증시설	· 상수관망의 시설, 유량, 수질관리를 위한 다양한 H/W와 S/W가 개발되고 있으나, 사업화 및 해외진출을 위한 실증시설이 부족하여 완성도 높은 상수관망 최적관리를 위한 제품을 개발하는데 제약이 있음.	· 상수관망의 시설, 유량, 수질관리를 위한 H/W 실증시설 (계측기, 관세척장치, 부속장치 등 상수관망 유지관리장치 실증시설) · 상수관망의 시설, 유량, 수질 모델링을 위한 S/W 실증시설 (실시간 계측장비, GIS 등과 연계된 상수관망 모델링 실증시설)	· (분야) 물관리 · (시설/장비) – 상수관망을 구성하는 시설 및 장치 1식 – 배수지, 펌프, 밸브, 관로, 소화전, 계측기(수압, 유량, 수질 등) 등
2	그린인프라 및 저영향개발 시설물	· 산업체 및 연구계 요구, 정책과 연계	· 수문적 효율성, 수리적 효율성, 홍수저감 효율성, 구조적 안정성, 환경적 효율성	· (분야) 물관리 · (시설) – 기존의 국토부 지원 한국그린인프라 저영향개발센터 시설 및 장비 활용
3	강변 여과수 독립형 취수/정수 일체형 시스템	· 국내의 경우 90%이상의 상수원을 지표수에 의존, 지표수는 가뭄 등 이상기후 발생 시 수량과 수질에 문제가 발생할 수 있음, 취수원다변화를 통한 물안보 대책마련 시급. · 강변여과수 취수시발생하는 가장 빈번하고 큰 문제는 배후지의 지하수위 하강에 따른 지반침하나 지하수량 감소 영향 등으로 인한 민원이 계속 발생된다는 점으로, 특히 가뭄으로 인한 취수원 부족시에는 계속적인 사회적으로 이슈가 될 것으로 예상됨.	· 계측 및 IT 연계 방사형집수정 통합 운영 · 제어 시스템 개발 – 적용 Site 조사 및 분석 – IT 기반 자동운영 시스템 개발 – 취수에 따른 배후지 영향 평가 및 예측	· (분야) 물관리 · (시설) – 방사형집수정 취수시설, 집수정, 수평정호, 수관로, 전기관로 · (장비) – 취수시설 운영시스템 수위/수질 계측장비

번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
4	통합수자원관리(IWRM)	· 통합수자원관리 개념을 적용하기 위해 한 유역에 적용하여 검토 필요	· 이수, 치수, 환경 등을 종합적으로 고려한 수자원관리 계획 수립	· (분야) 물관리
5	스마트 하천관리	· 기후변화로 인한 수재해 현황 다변화 및 하천관리 문제의 복잡화	· 무인항공기(드론) 기반 첨단 계측기기의 자동 모니터링 시스템 구축 · 빅데이터 분석 및 인공지능(AI) 연계 하천운영 플랫폼 개발 및 적용 · 수재해 대응예측 시스템 및 하천환경 유지관리 시스템 연계 운영	· (분야) 물관리 · (시설) – 첨단계측기기 기반 통합 관측센터, 드론 기지국 (빅데이터 플랫폼 포함) · (장비) – 빅데이터 기반 인공지능 운영시스템용 서버, 자동 항법 주행 가능한 드론 및 계측 센서
6	WEF넥서스 실증	· 물안보, 에너지안보, 식량안보 각 부문별 요소기술의 개발은 충분하다고 판단됨 따라서, 물과 에너지, 물과 식량, 에너지와 식량 등 넥서스 기술에 대한 실증 필요	· 에너지를 위한 물(물의 잠열, 계절적 현열, 기화열, 소수력 등 물의 에너지와 기술) · 식량을 위한 물(제품 또는 기술별 소요되는 물의 양, 즉 가상수에 대한 실증 프로그램 운영) · 에너지를위한 식량(음식물 SRF, 건축폐기물 SRF 등에 대한 넥서스기술)	· (분야) 물관리 · (시설) – 일사장비 – 미기후 조절시스템
7	물–에너지 연계 그린인프라 최적 설계	· 자족 및 자립을 위한 물순환 및 신재생에너지 연계 보급 이용률 향상 · 신기후체제 실천방안 : 지속가능한 저탄소 청정 계획 및 운영		· (분야) 물관리 · (시설) – 그린인프라(식생수로, 인공습지 등) 요소기술, 친환경 물–에너지(수온차에너지, 빗물–태양광에너지, 물에너지 ess
8	가뭄관리	· 홍수, 호우, 태풍에 대한 대비는 잘 갖추어져 있지만, 이상기후로 인해 발생하는 가뭄에 대한 국내 전문기관의 대비책이 전무한 상태	· 물수지분석을 통한 하천에서 사용되고 있는 분야별 물 사용량의 모니터링 및 예측	· (분야) 물관리



번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
9	SUN-G (Step Up for the Next Generation) Project	· 미래 세대가 맞이하게 될 다양한 문제(경제, 인구, 사회구조, 환경변화 등)에 능동-대응이 가능한 실증분야별 원천 기술군의 도출 및 종합실증 시설을 활용한 원천기술의 검증 및 확보 · 도시화가 예상되는 미래세대에서의 건축, 시설물, 플랜트 및 수자원에 대한 실증시설 평가는 재료, 설계, 시스템화, 설계/시공에 이르는 전과정 정보가 반드시 필요함	· 환경변화와 자연재해를 고려한 에너지 절감형 초고층 건물의 설계, 복합재료 이용 건축기술 · 지역 주민간의 문제발생 최소화를 위한 사회과학적 개념의 설계반영 및 평가 · 복합신소재를 이용한 기존 시설물들의 대체기술 평가 · 기후변화 대비 수재해 방지와 수자원 활용 구조물 및 시스템 구축, 운용기술	· (분야) 물관리 · (시설) – 고층 구조물 설계/설치 등 Size Free 평가시설 – 최악의 기상악화 및 환경변화 재현, 모니터링 가능 시설
10	탄소배출, 홍수 저감 그린인프라 실증기술	· 파리 기후협정 채택에 따라 온실가스 배출 저감 및 온도상승 제한 등의 목표이행 방안으로 예상되는 적극적인 도시 그린인프라 도입에 대비하여 도시 열섬효과의 저감, 냉방에너지 절감, 탄소배출 저감 등 그 효용성과 상징성으로 대표되는 그린인프라의 정량적 평가 필요	· 그린인프라 시설(옥상녹화, 레인가든 등)에 대한 정량적 평가	· (분야) 그린인프라
11	이상 홍수 및 가뭄 대비등 다차원 물관리 시스템 구축	· 현재의 기후 변화는 우리가 과거에 경험하지 못했던 급격한 이상 기후 패턴으로 나타나고 있음. 이에 이상홍수에 대비하고 극한 가뭄에도 대처할 수 있는 국토를 만들어 국민 생활에 가장 기본이 되는 용수공급은 물론 국민의 생명과 재산을 지킬 수 있을 것임. 또한 최근에 빈발하고 있는 쓰나미에 대한 해안 지역의 안전 대책에 대해서도 지속적인 연구 조사가 필요함	· 홍수 발생시 토지 용도별 홍수 발생 행태, 특히 도시 지역의 내,외수 혼합형 방재 모델의 연구 개발, 지진에 대비한 댐의 안전 확보책, 쓰나미 발생에 대비한 해안 인접 지역에에 대한 대책	· (분야) 물관리
12	모듈형 물생산시스템 개발	· 각종 용수 공급이 가능한 모듈형 물생산시스템은 이동이 가능하고 모듈화가 가능하여 다양한 원수에 대처하면서 원하는 용수를 생산할 수 있는 시스템임 · 이 시스템은 가뭄이나 홍수 등 다양한 재난발생시 현장에서 즉각적으로 활용할 수 있으며, 평상시에는 다양한 용수를 생산할 수 있어 분산식으로 물관리를 할 수 있음	· 전처리, 1차, 2차, 3차, UV 등 다양한 모듈별로 실증연구 필요 · 개별 모듈별로 이동이 가능하도록 모듈화 필요 · 개별 모듈별 수질정화능력 파악 · 파일럿테스트 수행	· (분야) 물관리 · (시설) – 파일럿 장치 · (장비) – 수질측정 장비

번호	기술명	필요성	연구내용	분야/시설/장비
13	수처리 기술에 대한 실증실험			· (분야) 수처리
14	수처리 시설 및 시설물에 대한 실증실험	· 실환경 모사를 통한 개발기술의 검증		· (분야) 수처리
15	고도 수처리기술	· 10~20톤/일 규모 이상의 실증 처리시설에 대한 검증 또는 시험시설은 상수, 하수처리장에 일부 제한된 부지에서 연구검증 수행	· 20톤/일의 실증 처리시설에 대한 연구수행	· (분야) 수처리 · (시설) – 50~100톤/일 이상 규모의 파일럿 플랜트 · (장비) – 유입펌프, 유량계, 분석장비 등
16	통합물관리 분석 및 관리시스템 구축	· H/W 기반에서 S/W 로 확보 및 실용기술 방향 변화 필요 · 글로벌 기술집중 추세가 소프트분야로 변화 중 · 고부가가치, 실증 및 실용화 성격이 강한 프로그램 개발, 시스템 구축 및 검증이 필요 · 프로그램과 시스템은 다학제 전문가 집중형 성과이므로 실증 및 클러스터기반 형식 필요	· 통합물관리에 필요한 다양한 분석 프로그램 개발 · 이수 및 치수관리에 필요한 자료취득, 분석 및 의사결정 프로그램 개발 · 개발 프로그램의 시스템화 및 검증	· (분야) 물관리 · (시설) – 항습항온 장비실, 전산개발 및 모니터링 상황실 · (장비) – 슈퍼컴퓨터, 클러스터시스템, 각종 소프트웨어 개발 장비, 위성자료 수집장비, 데이터베이스 등

2.5 국토교통 R&D 사업·관리 체계 개편과의 연계성

국토교통 R&D 사업·관리 체계(2017년, 국토교통부)에 따른 관련 기술개발 사업을 제시함

○ 본 스마트 도시물순환 종합실증시설은 개편된 R&D 서업·관리 체계 중 '물관리연구' 분야의 ① 스마트 수자원 확보 및 이용 기술 개발 사업의 실정분야 및 '도시건축연구' 분야의 ② 스마트시티 기술 개발 사업과 연관성이 높음

[표 4-43] 스마트 수자원 확보 및 이용 기술 개발 사업 (물관리연구 분야)

구분		내용
사업개요	정의	• 국내 수자원 공급관리 시스템의 글로벌 경쟁력 제고를 위해 ICT 등 첨단 기술과의 융복합 기술 개발을 도모하는 사업
	목적	• 국내 수자원 통합관리 시스템의 글로벌 경쟁력 제고
	목표	• 지능형 통합 물관리시스템 구현과 글로벌 경쟁력 확대를 위한 기술 개발
	기간 및 예산	'18~'23년 (6년) / 총 759억원



	사업유형	• 국내 물산업의 글로벌 경쟁력 제고를 위한 사업화지향형(R&BD)
	상위계획 연계성	• 「제4차 국토종합계획 수정계획」의 "자연친화적이고 안전한 국토공간 조성" • 「제4차 수자원 장기종합계획 수정계획」의 "물 이용 종합계획" – 수자원의 공급 안정성 강화 및 효율적 활용, 건전하고 다면적인 물이용 체계 확대 • 「국토교통 R&D 중장기전략」의 "융·복합기반 신산업 창출" – ICT 등 타분야 기술과 국토교통 기술의 창조적 융복합을 통해 공공기반의 새로운 인프라 및 신시장 창출 – 10대 프로젝트 중 '분산형 물관리'에서 도시 내 물순환을 통한 물관리 효율화기능화 추진
주요 내용	중점분야	① 지능형 용수공급 기술개발 ② ICT 기반 물정보 통합관리 기술개발
	추진방향	• 기존 수자원 확보·관리 기술에 첨단정보통신 기술을 접목하여 수자원의 공급 신뢰성, 안정성 및 효율성 향상 • 정보통신기술과 수자원관리 시스템을 결합하여 실시간으로 정보를 교환할 수 있는 양방향 수자원 정보 네트워크 구축 • 물수요·공급량을 실시간으로 정확하게 관리하여 수자원의 시·공간적 불균형을 해소 • 용수의 공급 및 배분 관리와 관련한 기술 중 브랜드화가 가능한 요소기술 개발에 중점 투자하고 시범사업을 통해 사업화 기반을 마련하여 세계 표준 선도 연구에 지원 • 물, 도시, 환경 분야 등에 산재한 데이터의 유기적 통합화 및 분석시스템 구축과 물정보 관련 Big data를 활용한 서비스 기술 개발에 우선 투자
	연구내용	① 용수 확보 및 관리기술 개발 (수자원 인프라 기술 개발) – 물자족 물순환 도시 구축을 위한 지능형 초연결 도시 수자원 인프라 기술 – 지역별 수자원 자립율 향상을 위한 다중 수원 연계 수자원 확보 기술 ② 지능형 용수공급 기술 개발 (분산형 용수공급시설 실증 연구) – 시장맞춤형 모듈화 기반의 분산형 용수공급시설 실증연구 – 대규모 용수공급관로의 비파괴 정밀진단, 성능평가와 운영감시 시스템 구축 – 해외중소시장 보급형 물플랜트설비 및 운영기술 개발 – 물배분 공급단계에서의 에너지효율화 기술 개발 ③ 물정보 플랫폼 구축 및 물수요 예측기술 개발 – 기후변화 및 사회환경 기반 미래 물수요 예측기술 개발 – 개방형 물정보 플랫폼 개발 – 가용수자원량 예측기술 개발 – 스마트워터그리드 O&M 고도화

2.6 시사점 분석

2.6.1 소결 및 분석

■ **(국내 그린인프라/LID) 2012년부터 LID 관련 연구를 진행중에 있으며, LH와 K-WATER 중심으로 LID 관련 개발사업을 추진중에 있음**

○ 자연적 물순환을 도모하는 저영향개발(LID) 도시 구현을 목표로 연구가 추진 중 이며 성과로 "한국 그린인프라 및 저영향개발 센터(부산대)"를 구축 및 운영중

- LH연구원은 공동주택단지의 잡배수를 실개천 유지용수 등으로 재이용 하기 위한 연구과제 수행 중
- 국내 최초 신도시 규모의 발생원 우수관리 목적으로 LID 기법을 적용한 평택고덕신도시, 아산탕정 택지개발지구 사업(LH)을 비롯하여 에코델타시티, 송산그린시티(K-WATER) 개발 사업 등이 추진 중

(국외 그린인프라/LID) 미국은 LID 개념을 최초로 도입 후, 대도시를 중심으로 실용화 단계에 진입하고 있으며, 전세계적으로 건전한 물순환 회복을 위한 저영향개발이 확대되고 있음

- 미국 메릴랜드주 및 시카고 주에서는 LID를 적용하여 빗물 대응역량을 강화하고 있음
- 독일 니틀링겐 시에서 빗물 활용, 폐수 수집 및 처리 등을 통합한 도시 물관리 시스템이 시범 적용됨
- 일본은 물순환 건전화 및 도시침수위험 저감을 위한 연구를 활발히 진행행하는 중이며, 빗물의 신속한 배제보다 가능한 저류, 침투시키기 위한 유수지를 조성함
- 아랍에미리트에서 다량의 담수화된 해수를 이용한 지하수 인공함양이 시도됨

(국내 워터그리드) 국내에서는 최근 스마트 물관리에 대한 관심이 높아지고 있으나 아직까지 기술개발 · 적용의 초기 단계이며, 국토교통부 물관리 연구사업 내 스마트워터그리드(SWG) 지능화 연구단은 스마트워터그리드 관련 다양한 기술개발을 추진함

- 스마트워터그리드 지능화 연구단에서는 수자원활용을 위한 신도시 마이크로워터그리드 최적수처리 조합공정 및 워터루프 시스템, 요소기술의 현장적용 설계기술 등을 개발하였고, 그간 개발한 기술을 대청도에서 시범운영을 시작함
- K-water에서는 파주시와 고령군을 대상으로 소비자 중심의 수돗물 공급시스템 구축 및 건강한 수돗물 주민 서비스 제공, 유수율 개선을 위한 Device 중심의 사업을 각각 추진중
- 국내에서는 네트워크에 대한 기술 보다는 센서 자체의 기술 개발 및 기능 향상에 중점을 두고 있음

(국외 워터그리드) 선진국의 경우 관망 분야 기술, 용수공급 네트워킹, 통합 물 운영시스템 구축기술 등이 다국적 기업을 중심으로 개발되고 있음

- IT산업과의 융합기술을 도입한 스마트 Water Network기술(IBM), Mega-City의 통합 물 운영시스템 구축기술 등이 다국적 물기업과 IT기업연구소를 중심으로 개발 및 상용화되고 있음
- Smart Energy/Water Grid 에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있으며, IoT 기반의 지능형 물관리 연구가 가속화되고, 네트워크 기술과 결합되어 스마트시티에 적용되고 있음
- AMI를 이용한 물 관리 효율화에 대한 연구는 미국과 호주, 싱가포르 등에서 다양하게 진행되고 있음
- 스마트 워터 그리드 시장의 확대로 AMI 전문기업의 사업 확장이 급격히 추진되고 있고 다양한 분야의 업체들이 스마트 도시 물 공급 사업에 참여하고 있음

전세계적으로 다양한 스마트 물순환(그린인프라/LID와 워터그리드) 관련 연구가 진행되고 있으나, 물순환을 시스템 측면으로 연구하고 실증화하기 위한 시설은 구축되지 않았음



- 기존 국내 그린인프라 기술은 요소기술과 장치 중심으로 개발되었으며, 요소기술의 적절한 분배 및 순환관리를 통한 도시 전체의 물순환 관리에 대한 연구와 시스템 측면의 실증연구가 아직 부족하여 시급하게 요구됨
- 기존 국내 스마트워터그리드 기술은 핵심원천기술 중심으로 개발되었으며 이를 효율적으로 통합하고 활용하여 성능을 검증하기 위한 시설이 필요함
- ICT와의 융 · 복합을 통하여 새로운 가치와 서비스를 창출하며, 이와 동시에 물순환 관련 종합 솔루션 형태의 기술 개발 및 성능평가가 요구됨

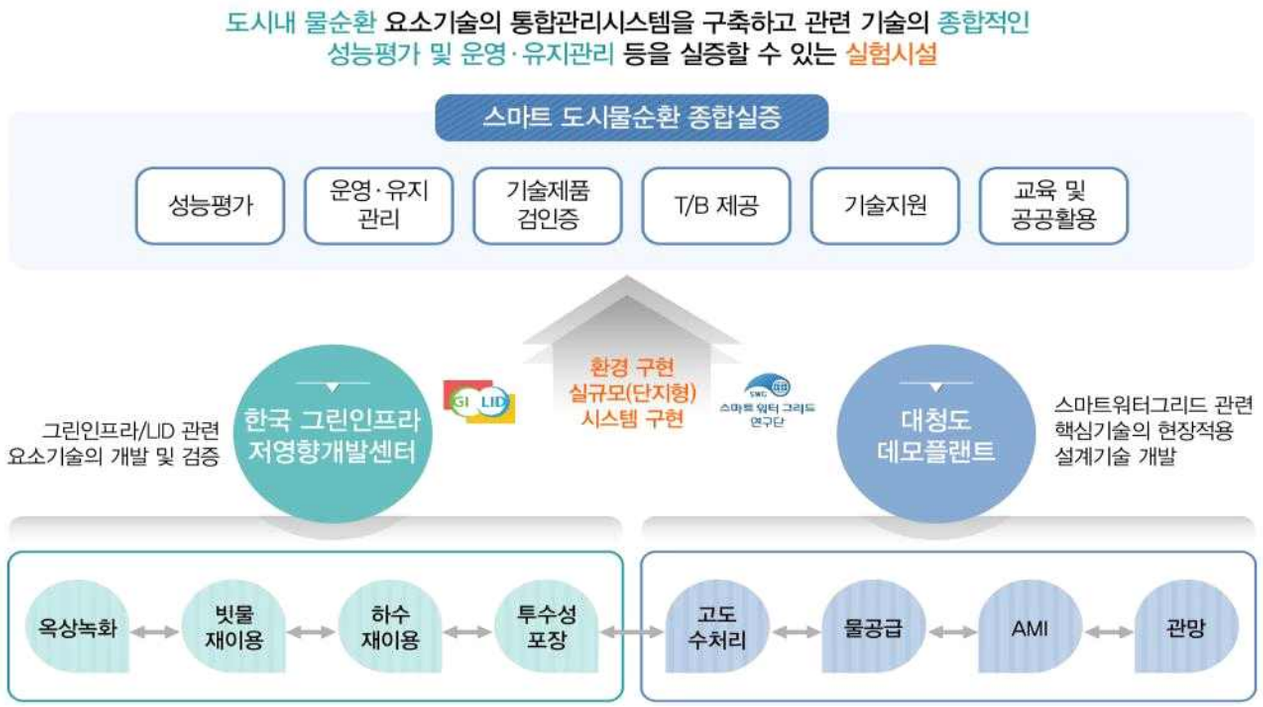
2.6.2 실증시설의 차별성

기존 사업과의 차별성(유사 · 중복성)

[표 4-44] 기존 사업과의 차별성 및 연계방안

구분	건전한 도시물순환인프라의 저영향개발(LID) 및 구축 · 운영 기술(국토부)	Smart Water Grid(Water Grid 지능화)(국토부)	대구물산업클러스터 조성사업(환경부)
총사업비(억원)	193.24	304.9	2,950
사업기간	'12.11~'18.02	'12.07~'17.02	'15~'18
사업목적	한국형 스마트 GI & LID 요소기술 개발	첨단 정보통신기술(ICT)을 이용하여 고효율의 차세대 물관리 인프라 시스템 구축	물산업분야 창조경제 실현 기여 및 새로운 일자리 창출
세부내용	한국형 도시인프라에 적합한 저영향개발 요소 · 검증기술 및 물순환 도시에의 통합설계 · 적용 기술개발	수자원의 안정적확보기술 개발, 지능형 유역 물관리 플랫폼 개발, ICT 기반 물정보 관리 기술개발	물산업진흥시설(물융합 연구동, 산학캠퍼스, 글로벌 비즈니스 센터), 종합물산업실증화시설(정수분야, 하수분야, 폐수분야, 재이용수 분야), 기업집적단지
차별성 및 연계방안	· 위 과제는 연구단 목표달성을 위한 한시적 시설(작은 규모의 요소기술 검증, 다양한 시험실증이 어려움) · 본 과제는 기존 LID 센터의 확장(업그레이드 및 단지규모), 단위요소기술 및 단지측면(프로젝트) 인증* 가능	· 위 과제는 SWG 핵심 요소기술의 현장적용 설계기술 개발(부지부족으로 수자원관리, 물공급관리, 수처리관리 등이 별개로 시행됨) · 본 과제는 기존 단위 기술의 복합 시스템 기술화 및 시스템규모의 종합적인 성능평가	· 위 과제는 수처리 개발 기술 · 제품의 실규모 실증시험, 성능시험 · 본 과제는 물순환 관련 기술/제품의 성능평가 및 실증

* 저영향개발을 통한 물순환 회복 및 촉진에 관한 법률안(국회발의, 2018.01.02.)에 의하면, 대통령으로 정하는 일정규모 이상의 시설물의 설치, 건축물 건축 또는 대수선하려는 자는 저영향개발관리시설을 설치 · 관리해야 하며, 저영향개발관리시설은 국토교통부 장관 고시의 인증기준(인증대상별 인증지표 및 평가항목, 평가항목별 목적, 방법, 배점, 산출기준, 최소기준 등 세부평가기준)에 적합하다는 인증필요



[그림 4-56] 실증시설의 종합 개념



[그림 4-57] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 차별성 및 연계전략



세부요소기술과 기존 기술과의 비교

[표 4-45] 개발목표과제의 세부요소기술과 기존 기술과의 비교

구분	개발목표과제의 세부요소기술	기존 기술	비고
스마트 그린인프라 실증시설	· 건축물형 그린인프라 – 빗물재활용 하이브리드 시스템 – 옥상녹화+벽면녹화	· 건축물형 그레이(회색) 인프라 – 중수도 기술	
	· 도시형 그린인프라 – 분산관리식 물순환 관리 – 강우 발생 지점에서 침투, 저류 등을 통한 물순환관리	· 도시형 그레이(회색) 인프라 – 중앙집중형 우수배제 시스템	
	· 생태형 그린인프라 – 빗물정원, 식생수로 등 자연친화적인 LID 기법 적용	· 생태형 그레이(회색) 인프라 – 장치형 비점오염저감시설	
	· 통합모니터링시스템 – 요소기술을 연계한 시스템 구축을 통해 통합 모니터링 시스템 구축	해당 사항 없음	
	· Big Data 인프라 구축을 통한 분산된 물관련 실증시설 데이터의 통합관리 – 개별 요소기술의 효율성 검인증 및 Big Data 구축 시스템 설계	해당 사항 없음	
스마트 워터그리드 실증시설	· 다중수원 활용 실시간 최적화 기술	· 다중수원 수량 · 수질 모니터링 및 션택취수	기존 기술은 “Smart Water Grid(Water Grid 지능화) 연구단(국토부) “
	· 이동식 수처리 모듈화 기술	· 이동식 수처리 장치(컨테이너 수납방식)	
	· 지능형 관망 운영 · 유지관리 기술	· 지능형 관망 설계 · 구축 기술	
	· Big Data 분석기반의 검침인프라(BMI)	· 원격검침 및 지능형 검침인프라(AMI)	
	· 2세대 지능형 물공급(전체 시스템 자율제어 및 전문가 시스템)	· 1세대 지능형 물공급(단위공정 자동제어 및 의사결정 지원 시스템)	

세부구성별 차별성 및 특징

[표 4-46] 실증시설 세부구성별 차별성 및 특징

구분	세부 구성		차별성 및 특징	비고
스마트 그린인프라 실증시설	건축물형 그린인프라		· 기존 단순 중수도 기술을 확장한 물연계 저에너지 우수재활용 극대화 시스템 · 빗물재활용 하이브리드 시스템 · 옥상녹화+벽면녹화	
	도시형 그린인프라		· 기존 중앙집중형 우수배제 시스템에서 개선 · 분산관리식 물순환 관리 · 강우 발생 지점에서 침투, 저류 등을 통한 물순환관리	
	생태형 그린인프라		· 기존 단수 장치형 비점오염저감시설에서 탈피하여 구역 전반을 평가가능한 실증 기술 · 빗물정원, 식생수로 등 자연친화적인 LID 기법 · 녹조 등 환경유해 영향 저감 실증 시스템	
	통합모니터링시스템		· 수원, 수량, 수환경, 수재해 통합모니터링시스템 · 요소기술을 연계한 시스템 구축을 통해 통합 모니터링 시스템 구축	
	Big Data 인프라 구축을 통한 분산된 물관련 실증시설 데이터의 통합관리		· Big Data 기반의 DB구축 및 의사결정지원시스템으로 검증된 실증 데이터의 통합관리 · 개별 요소기술의 효율성 검인증 및 Big Data 구축 시스템 설계	
스마트 워터그리드 실증시설	다중수원 및 이동식 수처리 실증시설	다중수원 모니터링 및 선택취수 실증	· 기존 수처리 파일롯 설비 운전에서 원수 확보의 문제해결 · 다중수원 다량확보 및 안정적 취수가능	
		이동식 수처리 장치 실증	· 다중수원의 공급 및 수질 데이터를 통한 운영 안정성 확보	
	지능형 관망 및 검침인프라 실증시설 AMI 실증시설	지능형 관망 모형시설	· 관계관망 500m이상 설치 및 시뮬레이션 · 펌프의 교체 및 유량 다양화 가능한 장치 설비 · 계측기 검증 및 콘트롤 밸브류의 작동 및 운전 로직 검증 가능 · 옥외 수배전반 제공 및 안정적 전력수급 제공	
		AMI 실증	· 수용가 500개소 검증시설 제공 · 통신인프라 구축 및 원격제어 활용성 · 다량의 AMI 설치를 통해 유지관리 용이	
		누수탐지 실증	· 배관자재 인증실험 가능 · 매설 관(배관자재) 파손 구현 가능 · 누수구현과 복구 공법 구현 가능한 부지와 설비 지원	
	지능형 물공급 실증시설		· 다량의 원수(지표수, 기수, 우수, 재이용수, 해수) 확보, 다중수원 실증인증 및 단지 또는 인근 공업지역 용수 제공가능 · 모든 용수의 전처리 설비 · 모든 설비를 단위화하여 생산단가를 낮추고 수용가 생산요구에 적절히 대처가능 · 오수 및 인근 하수처리장의 방류수 확보, 공업용수 및 단지 내 중수도 제공가능	



3. 실증시설 상세 내용

3.1 실증대상 기술/공정/기능

- 스마트그린인프라 실증시설에서는 물순환 성능, 수환경 효율, 구조적 안정성, 홍수관리 등의 실증 및 성능평가가 가능하며, 스마트워터그리드 실증시설에서는 물자립, 누수저감, 물수요 정보수집, 물생산 · 공급 에너지 절감 등의 실증 및 성능평가가 가능함

[표 4-47] 실증시설별 주요 성능 항목 및 내용

실증시설	주요 성능 항목		내 용
스마트 그린인프라 실증시설	물순환 성능	–침투 · 저류관리 –강우 · 유출 저감량	· 연평균강수량의 80퍼센타일에 해당하는 강수량을 실내외 실험실증 시설을 활용하여 침투 · 저류 관리 및 강우–유출 저감량 평가 · 물순환 실증시설의 유입과 유출유량 모니터링을 통하여 관리현황 파악 및 분석 · 실증장내 열섬현상 분석
	수환경 효율	–수질관리 –비점오염원 저감	· 물 재이용을 위한 수질관리, 실시간 및 후처리 수질 모니터링 · TSS 기준 비점오염원 70~80% 저감성능 확보
	구조적 안정성	–인장강도 –탄성계수 –흐름손실률	· 투수성 실증시설의 역학적 물성(인장강도, 탄성계수, 흐름손실률 등)에 대한 기준치 이상의 성능 확보
	홍수관리	–홍수관리	· 국지성 기상이변 현상에 대응하기 위한 강우, 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 기압 등의 실시간 모니터링 · 50년 빈도에도 안전한 홍수관리 방안 구축
	기타		· 개별 실증시설 상태파악 및 인력수요 효율성 확보를 위한 영상감시 장비 · 계측자료의 저장, 분석, 표출을 위한 통합모니터링 시스템
스마트 워터그리드 실증시설	물자립		· 지역 내 수원활용과 수자원 재생에 의한 자체적인 물 생산능력 30% 향상
	누수저감		· 관망누수 조기검출 및 예방에 의한 기존대비 누수율 50% 절감
	물수요 정보 수집		· 실시간 물 사용량 측정(데이터 수집율 95% 이상)과 물 수요 예측 기능 확보
	물 생산 · 공급 에너지 절감		· 물 생산에너지 30% 절감 및 물 공급에너지 10% 절감

3.2 실증시설·장비 규모 및 범위

3.2.1 스마트그린인프라 실증시설

- 스마트그린인프라 실증시설의 용도는 기후변화 대응의 물순환 회복 및 홍수재해 관리, 현장 성능평가, 물순환 시설의 최적운영 및 물관리 최적화 방안을 도출하는데 있음
  - 기후변화 대응을 위한 도시내 스마트그린인프라시설을 구축하고 도시개발 이전의 물순환 회복 및 집중호우 등의 홍수재해 관리
  - 스마트그린인프라 실증시설의 현장 실제적용 및 모니터링 시스템* 구축을 통하여 실증장내 수문학적 해석 및 성능 평가
    * 실증 시설에 대한 기본 수문자료를 획득하고 스마트그린인프라 시설의 성능 및 운영 자료를 수집, 표출하는 IoT 기반의 물관리 통합모니터링 시설
  - 수문-물순환-물공급 자료가 효율적으로 연계된 Big Data 기반의 통합 물관리 자료분석 체계 마련 및 구축을 통하여 시설의 최적운영, 물관리 최적화 방안 등을 도출
- 스마트그린인프라 실증시설은 지하 1층 및 지상 2층의 실험동(통합물순환센터)과 옥외시험장으로 구성되며 상세용도, 면적 및 특징은 표 13과 같음

[표 4-48] 스마트그린인프라 실증시설의 상세용도, 면적 및 주요 특징

시설명	스마트그린인프라 실증시설
상세용도	· 건축물형 그린인프라시설(옥상녹화, 플랜터박스, 투수성보도 등)을 통한 건축물 연계 물순환 실증 및 모니터링 · 도시형 그린인프라시설(투수성 포장 등)을 통한 도시 물순환 방안 확보 · 생태형 그린인프라시설(빗물정원, 생태저류지 등)을 통한 우수저류 및 재이용방안을 통한 상수도 대체 · 도심수로 용수확보방안 및 수원다원화 실증 시설 모니터링 · IoT기반의 물순환·물공급 실증시설의 모니터링 자료 수집 · 모니터링 자료 실시간 표출 · 실증시설 데이터분석 및 지속관리 체계 구축 · Big Data 인프라 구축을 통한 분산된 물관련 실증시설 데이터의 통합관리 · 실증시설 및 요소 기술 성능 평가 · 실증시설별 유지관리 시기 및 방법 결정, 정비에 따른 성능 복원 정도 평가 · 실증시설 생애 주기 분석 및 개선방안 검토
층수 (지하, 지상)	· 지하 1층, 지상 2층(옥상 포함)
부지면적	· 26,700㎡ (옥외시험장 24,000㎡ 포함)
건축면적	· 2,700㎡
연면적	· 4,800㎡
주요 특징	· 시간당 25mm, 일강우 15mm 유출 제로화(침투 및 저류) · 비점오염 70~80% 저감 · 공급계획량 대비 상수도 사용수량 10%절감 · 50년 빈도 홍수 무재해 건물 · 물순환 실증시설의 모니터링 자료를 IoT 통신기술을 기반으로 하여 수집 및 실시간(일부 후처리) 표출하며 BigData 기반의 통합 물관리 자료분석 시스템 활용



- 실험동은 지하 1층의 우수저류시설과 용수관리시설, 지상 1층의 교육원, 홍보관, 실험실, 통합제어실, 지상 2층의 연구실 및 회의실, 그리고 옥상녹화 시설로 구성
- 옥외 실증시설은 그린보도, 그린도로, 그린주차장, 그린빗물정원, 그린생태저류지, 그린플랜트박스, 도심수로로 구성되며, 상세한 실험실별 면적과 용도는 표 14와 같음

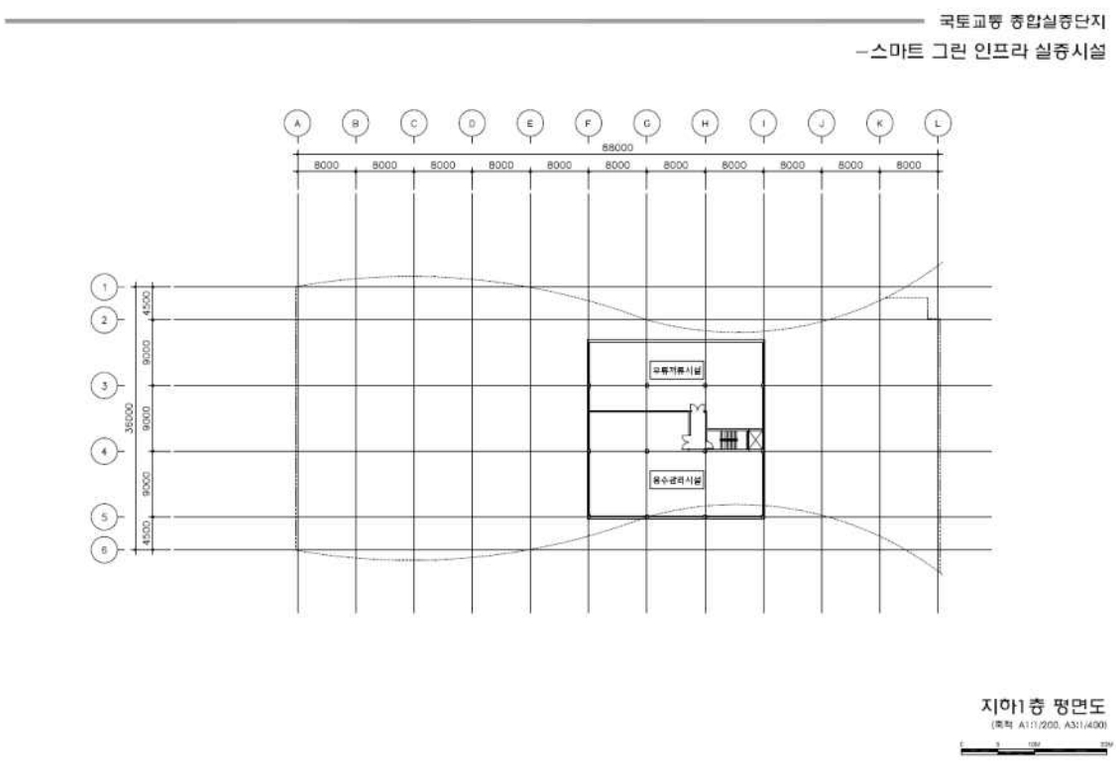
[표 4-49] 층별/실별 면적 및 용도

층 구분	주요 내용		
	실험실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
지하 1층	우수저류시설	300	건물에서 발생하는 우수를 집수하여 재이용
	용수관리시설	300	실증실험 및 평가를 위한 시험용수 저류 및 순환시스템 구축
지상 1층	교육원	900	물순환 시설의 기술적 적용, 법제도 관련, 인증 등에 대한 교육
	홍보관	900	건물실증, 옥외 실증시설 설명 및 효과 홍보
	실증실험 · 분석실	600	물순환 실증시설의 항목별 성능 평가를 위한 시험 및 분석장비 구축 및 분석 · 평가 수행(물순환, 수환경, 구조안정성 등)
	통합제어실	300	실내외 물순환 실증시설의 상태제어, 성능 효율 모니터링 등에 대한 통합 관리시스템 구축
지상 2층	인증센터	480	인증센터
	연구실 및 편의시설	480	연구실 및 휴게실
	회의실	540	회의실
옥상	옥상녹화	1,500	옥상정원 및 휴게공간
소계		2,700	
옥외 실증시설	그린보도	1,500	토양 침투능 향상을 위한 투수성 포장재 적용 및 모니터링 실증
	그린도로	3,000	투수성 포장, 침투 트렌치, 빗물 침투받이 등 도심지 도로 특성에 맞는 물순환 기술 실증
	그린주차장	5,500	주차장형 침투시설 설계 및 모니터링 실증
	그린빗물정원	1,500	강우시 저장한 빗물을 재이용한 친환경 생태 조경 공원 실증
	그린생태저류지	4,000	홍수시 유출량 지체 및 수질 개선 목적의 생태형 저류 공간 실증
	그린플랜트박스	2,000	도심지 불투수면적에서 일차적으로 유출 지체와 수질 정화를 목적으로 하는 식생 효용성 실증
	도심수로	6,500	해수, 지하수, 하수재이용수, 빗물을 활용한 도심수로 실증
소계		24,000	
합계		26,700	

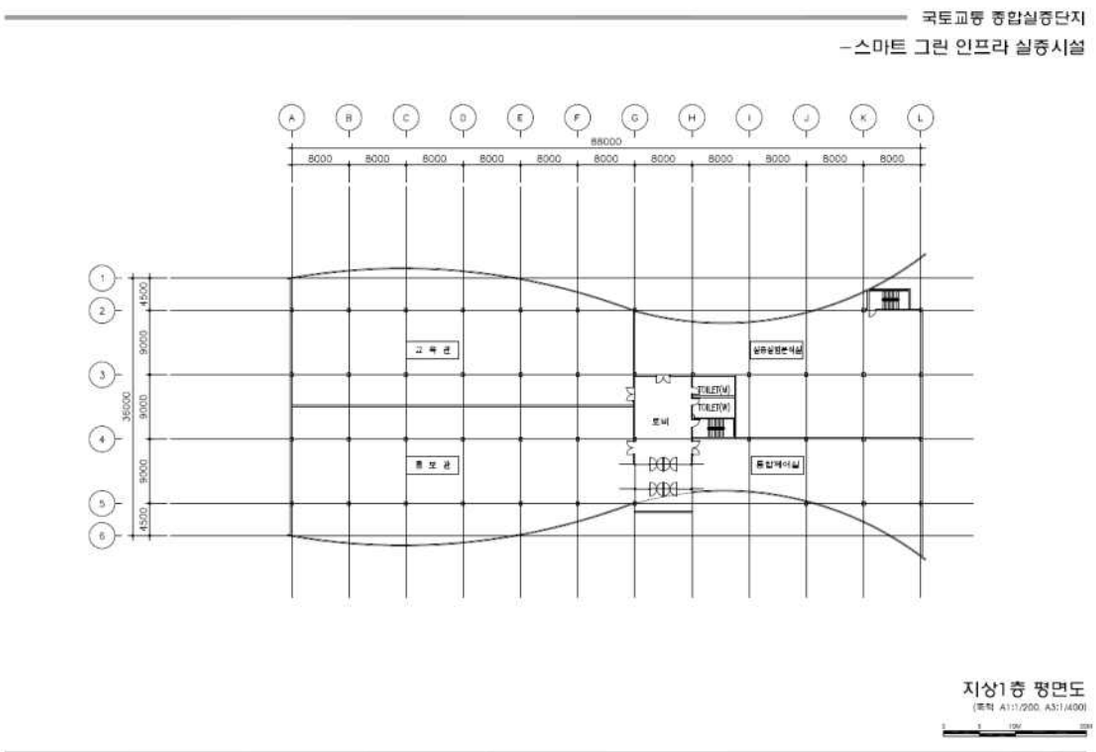


[그림 4-58] 스마트그린인프라 실증시설 구성도

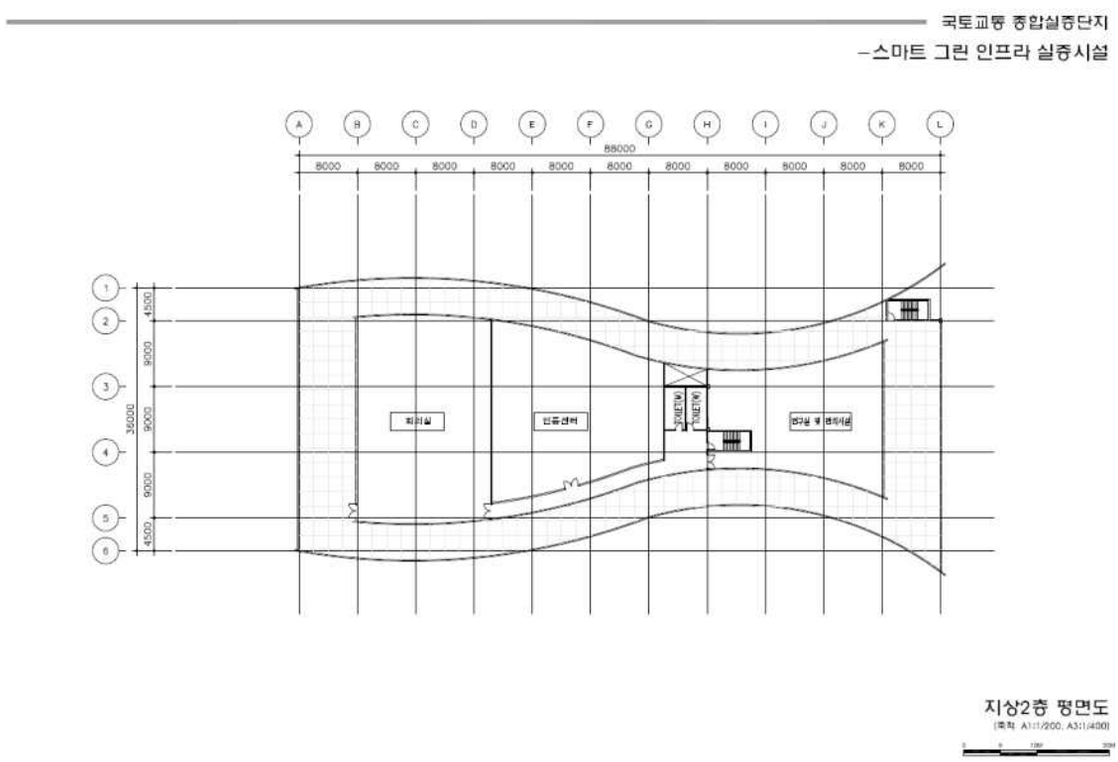
○ 스마트그린인프라 실험동의 층별 설계도(안)



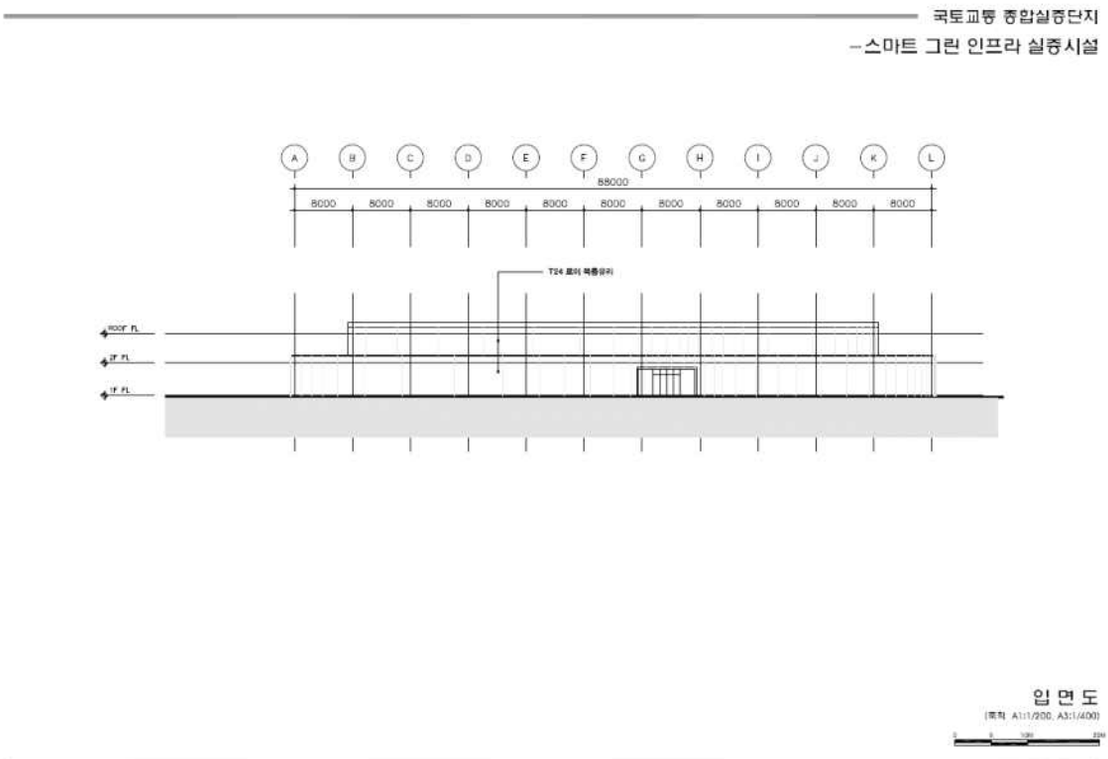
[그림 4-59] 지하 1층 평면도



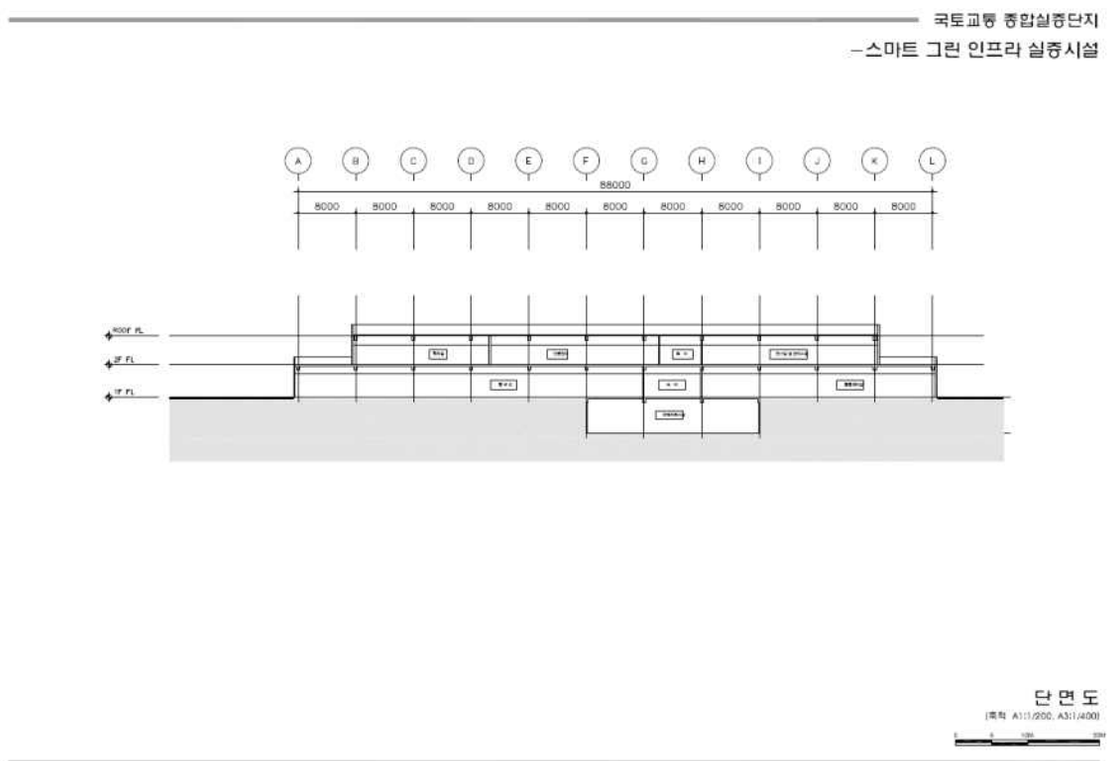
[그림 4-60] 지상 1층 평면도



[그림 4-61] 지상 2층 평면도



[그림 4-62] 스마트그린인프라 실험동 입면도

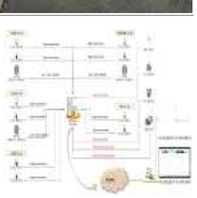


[그림 4-63] 스마트그린인프라 실험동 단면도



○ 스마트그린인프라 실증시설의 세부 시설/장비별 성능 및 요구사양은 표 15와 같음

[표 4-50] 세부 시설/장비별 주요사양 및 설치장소

세부 시설/장비명	주요사양		설치장소	비 고
	단위용량	성능/사양/기능		
옥상녹화 실증장 (시설)	500㎡	· 옥상내부 및 건축물 주변 식생(플랜트박스)과 연계하여 강우 유출 및 비점오염원 저감효율 실증 · 타입별 옥상녹화 실증장 구축(Intensive, Extensive 형) · 각종 계측센서 포함	옥외실증시설	
그린플랜트박스 실증장 (시설)	100㎡	· 옥상녹화, 건물홈통, 주변식생 등과 연계하여 강우 유출 및 비점오염원 저감효율 실증 · 건물홈통과 식생의 연계방식에 따라 다양한 시설구축이 가능 · 각종 계측센서 포함	옥외실증시설	
그린보도 실증장 (시설)	750㎡	· 투수성 보도블록 실증실험시설 구축 · 보도형 시설의 유출량, 비점오염원 저감, 도시열섬효과 효율성 등 검증 및 분석	옥외실증시설	
그린도로 실증장 (시설)	1,000㎡	· 투수아스팔트, 투수콘트리트, 투수블록형 물순환 실증실험시설 구축 · 도로형 시설의 유출량, 비점오염원 저감, 도시열섬효과 효율성 등 검증 및 분석 · 각종 계측센서 포함	옥외실증시설	
그린주차장 실증장 (시설)	2,500㎡	· 투수아스팔트, 투수콘트리트, 투수블록형 물순환 실증실험시설 구축 · 주차장형 시설의 유출량, 비점오염원 저감, 도시열섬효과 효율성 등 검증 및 분석 · 각종 계측센서 포함	옥외실증시설	
그린빗물정원 실증장 (시설)	500㎡	· 다양한 식생시설 설치를 통한 물순환 실증시설 구축 · 정원형 시설의 유출 및 저류량, 비점오염원 저감, 도시열섬효과 효율성 등 검증 및 분석 · 각종 계측센서 포함	옥외실증시설	
그린생태저류지 실증장 (시설)	1,000㎡	· 생태저류지로부터 발생한 우수유출 뿐 아니라 인접 물순환 실증시설에서 발생한 우수유출을 관리할 수 있도록 해당유역의 최종배출구에 설치 · 인접 물순환실증시설과 연계하여 단계별 처리시스템으로 구축(LID-BMPs chain 형태)	옥외실증시설	
도심수로 실증장 (시설)	6,500㎡	· 도시내 인공수로로서 다원화된 수자원(하수재이용수, 우수, 하천수 등)을 이용하여 도시 열섬효과 효율성 및 우수 유출량, 수로내 수질 등의 모니터링 분석 · 각종 계측센서 포함	옥외실증시설	
통합모니터링 시스템 (시설/장비)	–	· 실내외 실증실험 자료 수집/전송/분석/표출을 위한 서버 구축 및 표출시스템 · 실증실험장의 수치모델링과 연계하여 축적자료를 이용하여 파라미터 검보정 및 강우-유출 예측 · 자료간격 : 1분 · 통신 : ZIGBEE, CDMA, ETHERNET 등	옥내 (통합제어실)	
통합기상관측장비 (장비)	–	· 강우, 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 기압 센서, 거치대 1식 · 단지 내 기초 수문자료 수집 · 통합모니터링 시스템과 연계하여 구축	옥내(옥상층)	

세부 시설/장비명	주요사양		설치장소	비 고
	단위용량	성능/사양/기능		
물순환효율성 검증기기(장비)	–	· 물순환실증시설의 지표/지표하 수문학적 특성 (침투, 저류 등)검증 및 평가 · 규모 : 5m×10m×5m · 단위시료프레임 : 5m×1m×5EA · 강우모사시스템, 유출플럼, 집수정, 자동계측시스템 · 평가항목 : 지표유출, 침투량, 저류량, 함수비, 유출계수 등	옥내 (실증실험/ 분석실)	
오염저감 효율성 검증기기 (장비)	–	· 물순환실증시설의 수질개선 성능을 평가 · 이동식 채수기, 자동 기초수질항목 분석 센서, 수질오염물질 분석장비 등으로 구성 · 평가항목 : BOD, COD, TOC, TN/TP, SS, LC 등	옥내 (실증실험/ 분석실)	
역학적 물성분석기기 (장비)	–	· 물순환시설 요소기술의 지반기본물성의 역학적 테스트 및 옥외 설치시설 계측 · 폐색시험기, 피로시험기, 더블링/싱글링, 마모율-마샬안정도, 회복탄성계수 평가기기 등으로 구성 · 평가항목 : 공극률, 투수계수, 칸타브로손실률, 탄성계수, 액성/소성/수축한계, 비중, 휨/압축/쪼갬인장 강도 등	옥내 (실증실험/ 분석실)	
요소재료 구조적 안정성 시험장비 (장비)	–	· 도로형 시설에 적용된 재료의 구조적 성능평가 · Nominal dynamic load rating : 100kN or higher Load Transducer · Non-linearity : 0.08% of full scale or better · Hysteresis : 0.05% of full scale or better · Repeatability : 0.03% of full scale or better	옥내 (실증실험/ 분석실)	
이동형 강우모사기 (장비)	–	· 옥외실증장 실증실험시 인공강우모사를 통한 물순환시설 성능평가 · 규모 : 2m×10m×4m · 강우모사시스템, 물공급 및 제어시스템 · 평가항목 : 강우, 습도, 기온, 지표유출, 침투량, 함수량, 지체시간, 유출계수 등	옥외실증시설 (이동형)	
초음파 유량계 (장비)	–	· 우수관 및 침투수 유공관 내 만관/비만관 대유량 관측 · 다양한 개수로 관측 가능 (원, 사각, 사다리꼴) · 유속: 0.003 ~ 6.2 m/s (Accuracy: ± 2%) · 수위: 0.0254 ~ 4.75 m (Accuracy: ± 0.22%) · 작동 온도: -15 ~ 65 ℃ · 출력: 4 ~ 20mA	우수관, 건축형 시설, 생태저류지, 플랜트박스, 투수도로	
티핑버킷 유량계 (장비)	–	· 유량이 작은 침투부 · 버킷 용량 0.5L · 최대 유량 25L/min · 작동온도: -20 ~ 70 ℃	주차장, 빗물정원,	
전자유량계 (장비)	–	· 물재이용 관망에 설치 하여 우수 사용량 분석 · 유량: 0.005 ~ 11292.96 ㎥/h · 정도: 2% · 출력: 4~20mA	물재이용 관망	
수질센서 (장비)	–	· 재이용수 및 유출수의 실시간 수질 확인 · 수온, 전기전도도, pH, DO, 염도, SS 측정 · 크기: 44mm(diameter) X 500mm (length) · 출력: RS-232, Modbus protocol	저류지, 플랜터 박스, 주차장, 생태저류지, 빗물정원, 투수 도로	
채수기 (장비)	–	· 집수정 및 저류지 등의 후처리 수질 측정을 위한 채수 목적 · 크기: 780 X 360 X 600 (mm) · 무게: 35kg · 사용온도: 0 ~ 50 ℃	집수정	

세부 시설/장비명	주요사양		설치장소	비 고
	단위용량	성능/사양/기능		
총 유기탄소 측정기(장비)	–	· 수질 분석 장치 (후처리용) · 측정범위: 4 ~ 30,000 μ g/L 유기물 농도 측정	수질 분석실	
고성능 액체 크로마토크래피 (장비)	–	· 수질 분석 장치 (후처리용) · 페놀, 포름알데히드, 아세톤, 비스페놀A 등 난분해성 유기화학물질 농도 측정	수질 분석실	
분광광도계 (장비)	–	· 수질 분석 장치 (후처리용) · 금속이온, 리간드, 전하이동 전이 분석	수질 분석실	

* 통합기상관측장비는 기초수문 모니터링 시스템에 포함됨
* 초음파 유량계, 티핑버킷 유량계, 전자유량계, 수질센서, 채수기, 총 유기탄소 측정기, 고성능 액체 크로마토크래피, 분광광도계 등은 물순환/수환경/열순환 모니터링 시스템에 포함됨

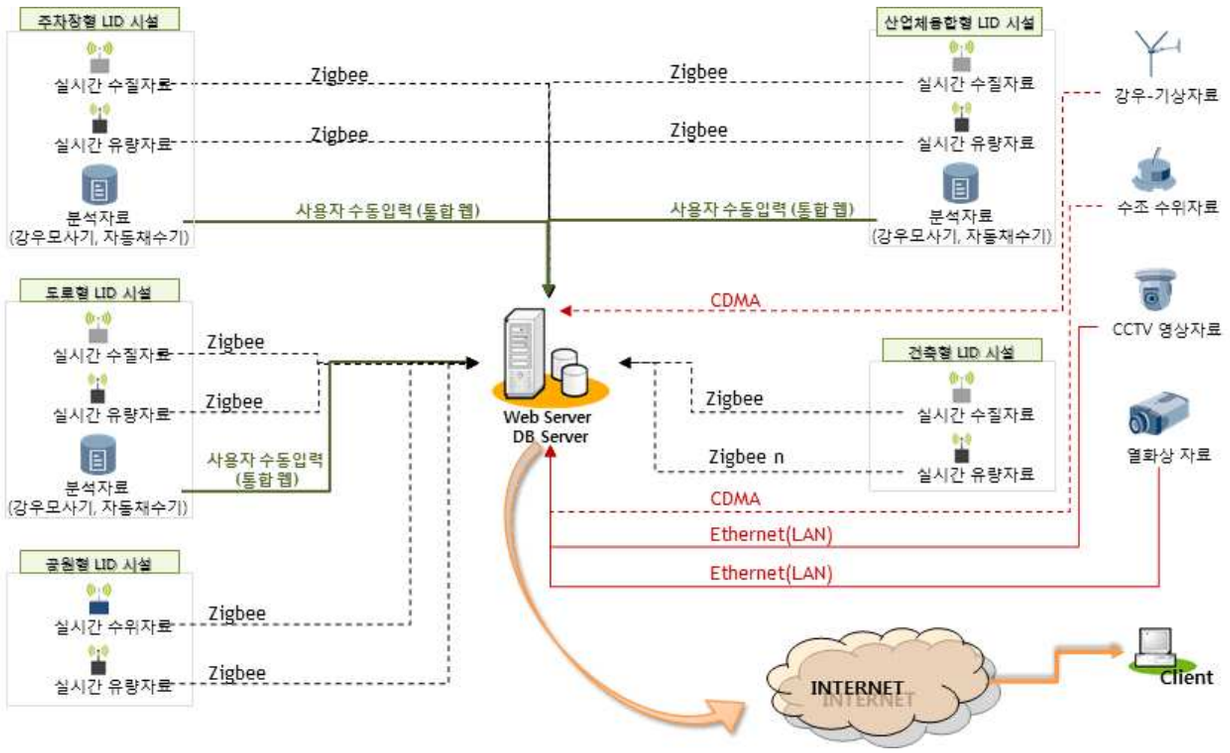
예상 구성도 및 기타 특이사항

– 스마트그린인프라 실증시설의 조감도는 [그림 4-51]과 같음



[그림 4-64] 스마트그린인프라 실증시설 조감도(안)

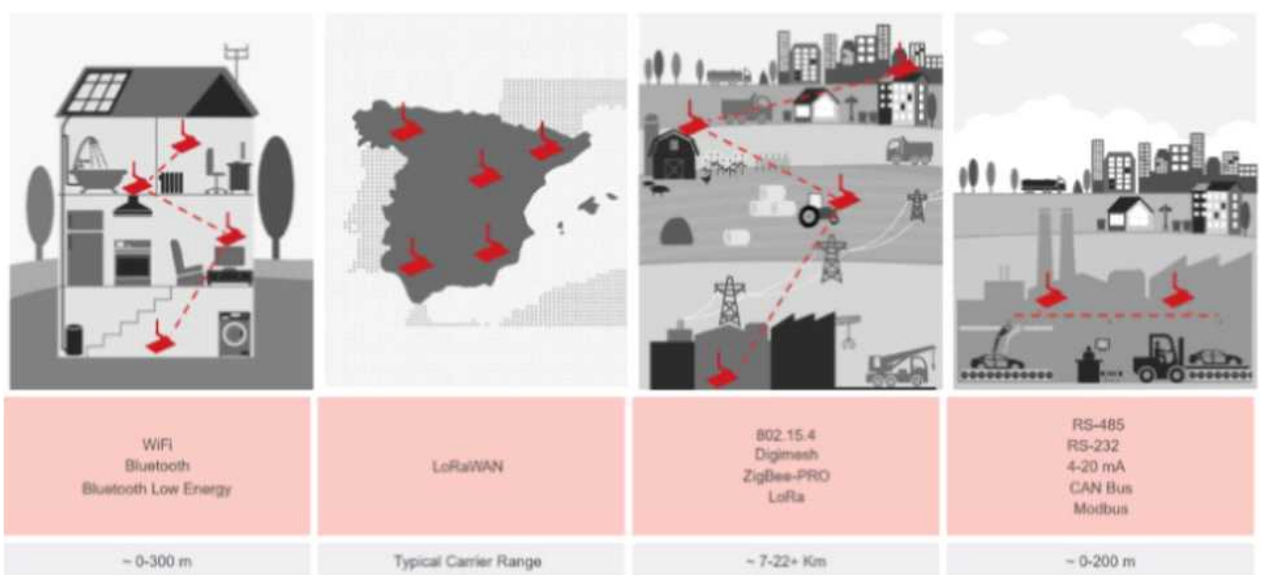
– 그림 52와 같이 각 LID시설에서의 실시간 수질 및 유량자료는 Zigbee 통신을 통해 웹서버로 전달되며, 강우 · 기상자료 및 수조 · 수위자료는 CDMA, CCTV 영상자료 및 열화상자료는 Ethernet을 통해 웹서버로 전달됨



[그림 4-65] IoT 기반 자료 송수신 구성도

– 물관리에 활용 가능한 IoT 기반 통신기술들은 크게 4가지의 유형*으로 나뉨

* 1) WiFi, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, 2) LoRaWAN, 3) 802.15.4, Digimesh, ZigBee-Prom LoRa, 4) RS-485, RS-232, 4-20 mA, CAN Bus, Modbus 등



[그림 4-66] 물 관리에서 도입 가능한 IoT 기반 통신기술

– 특이사항은 없음



3.2.2 스마트워터그리드 실증시설

- 스마트워터그리드 실증시설의 용도는 물 자족율 향상, 누수저감 및 에너지 절감 효율을 평가하고, 실증장내 물 효율 및 물 안보 기능을 평가하는데 있음
  - 지능형 도시를 위한 물 생산시설 및 공급 관망을 구축하고 물 자족율 향상, 누수저감 및 에너지 절감 효율을 평가
  - ICT 기반의 물 공급관리 실제적용 및 AMI(지능형 검침인프라) 시스템 구축을 통하여 실증장내 물 효율 및 물 안보 기능을 평가
- 스마트워터그리드 실증시설은 지하 1층 및 지상 2층의 지능형 물공급 옥내 실증시설과 옥외시험장으로 구성되며 상세용도, 면적 및 특징은 표 16과 같음

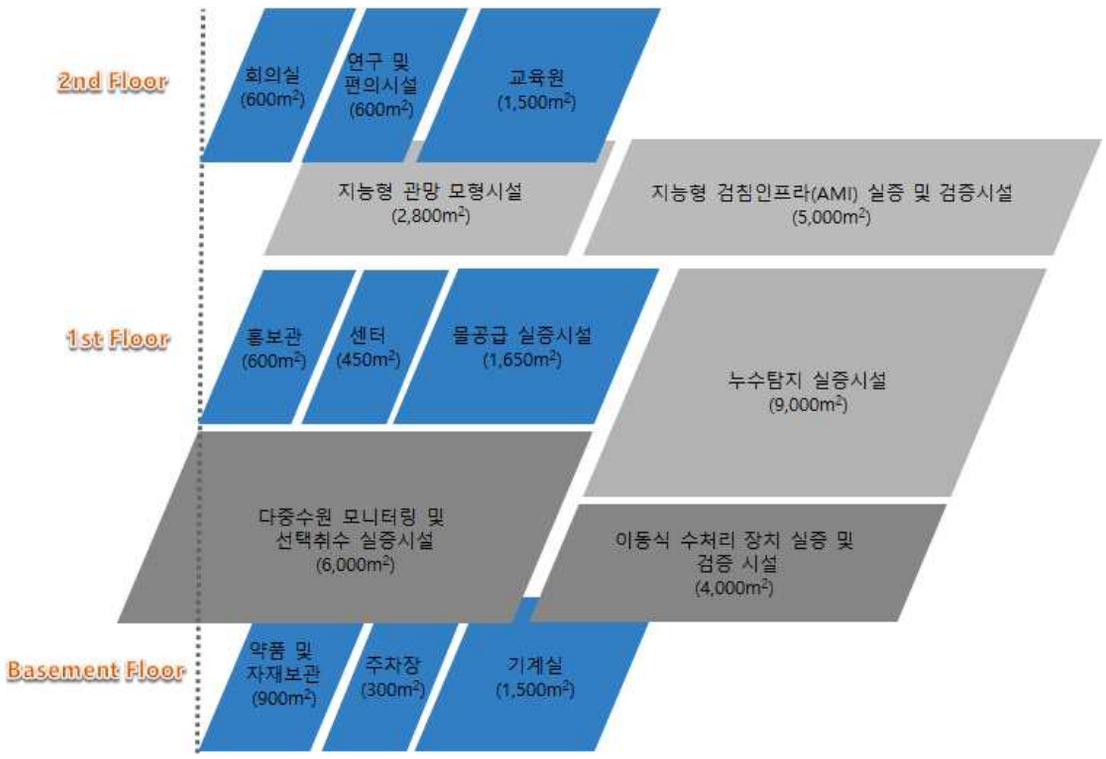
[표 4-51] 스마트워터그리드 실증시설의 용도, 면적 및 특징

시설명	스마트워터그리드 실증시설
상세용도	지표수, 지하수, 재이용수, 빗물, 해수 및 기수 등 다중수원을 이용하는 물생산 공정과 장치에 대한 실증과 성능평가 비상용수 확보를 위한 물 부족 위험성 평가와 선택취수, 시나리오 기반의 의사결정 시스템의 효율 및 현장적용 특성 분석 지능형 수도계량기, 지능형 검침인프라 및 관련 센서, 통신장비 등에 대한 현장 적용성 평가 및 검증
층수 (지하, 지상)	지하 1층, 지상 2층
부지면적	29,500㎡ (옥외시험장 26,800㎡ 포함)
건축면적	2,700㎡
연면적	8,100㎡
주요 특징	지역 내 수원활용과 수자원 재생에 의한 자체적인 물 생산능력 30% 향상 관망누수 조기검출 및 예방에 의한 기존대비 누수율 50% 절감 실시간 물 사용량 측정(데이터 수집율 95% 이상)과 물 수요 예측 기능 확보 물 생산에너지 30% 절감 및 물 공급에너지 10% 절감

- 지능형 물공급 옥내 실증시설은 지하 1층의 기계실, 약품 및 자재보관실, 지하주차장, 지상 1층의 홍보관, 물공급 실증시설, 지능형 물공급 관리센터, 지상 2층의 연구실, 회의실, 및 교육원으로 구성
- 옥외 실증시설은 지능형 관망 모형시설, 지능형 검침인프라 실증 검증시설, 누수탐지 실증시설, 이동식 수처리 장치 실증 및 검증시설, 다중수원 모니터링 및 선택취수 실증시설로 구성되며, 상세한 실험실별 면적과 용도는 다음과 같음

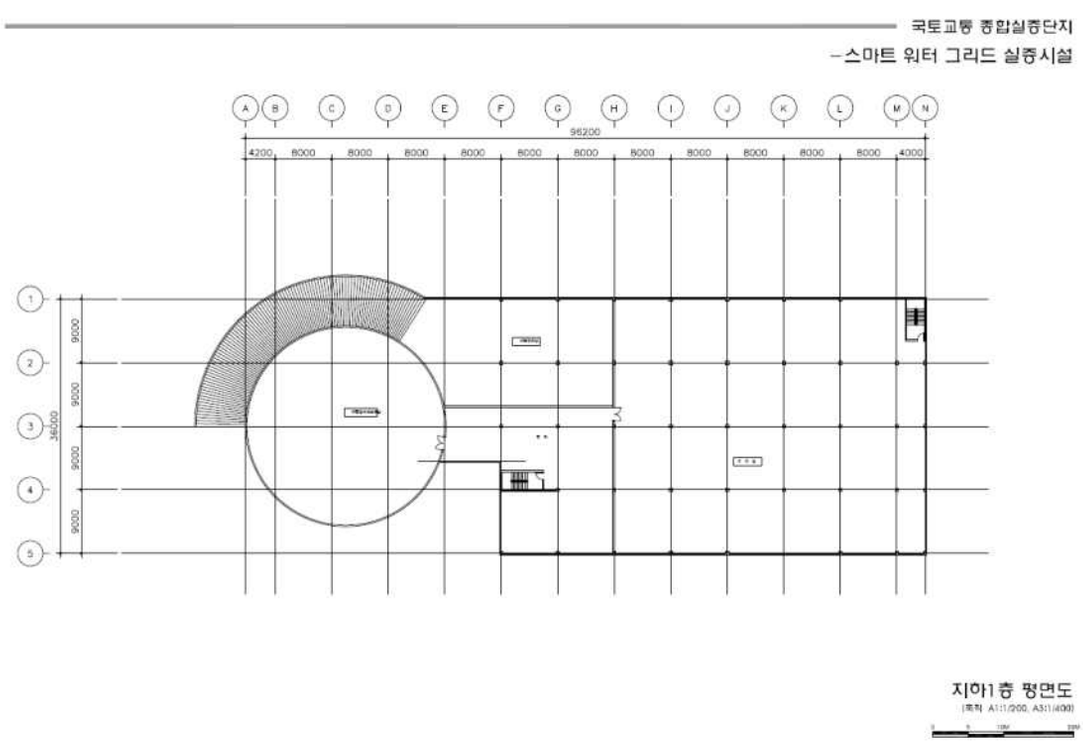
[표 4-52] 층별/실별 면적 및 용도

층 구분	주요 내용		
	실험실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
지하 1층	기계실	1,500	펌프, 압축기, 배관, 전력공급부, 제어설비 등의 설치 및 운영
	약품 및 자재보관실	900	수처리용 약품과 소모품, 장치, 부품, 막모듈 등의 보관
	지하주차장 및 차량진입로	300	물품반입 및 주차공간
지상 1층	홍보관	600	물 공급 실증시설 홍보 및 전시
	물 공급 실증시설	1,650	실증단지 물 공급 시설(4,500 m3/day)
	지능형 물 공급 관리센터	450	실외 · 실내 실증시설의 상태 모니터링, 제어, 감시 등을 위한 통합적인 관리시설
지상 2층	연구실 및 편의시설	600	연구원의 연구활동을 위한 공간(편의시설 포함)
	회의실	600	회의 개최 등(국제회의를 위한 화상회의 시설 포함)
	교육원	1,500	스마트 물 공급 기술의 교육을 위한 공간
소계		2,700	
옥외 실증시설	지능형 관망 모형시설	2,800	실제 관망의 축소모형을 이용한 물 공급 기술 실증
	지능형 검침인프라(AMI) 실증 및 검증 시설	5,000	AMI 성능, 수명, 데이터 수신율, 정확도 등의 평가 및 실증
	누수탐지 실증시설	9,000	실제 지하매설 관망을 대상으로 한 누수탐지 기술 효율성 평가 및 실증
	이동식 수처리 장치 실증 및 검증 시설	4,000	스키드 혹은 컨테이너 형태의 수처리 장치 성능평가 및 검증
	다중수원 모니터링 및 선택취수 실증시설	6,000	다중수원 모니터링 계측기 실증 및 선택취수 제어로직 평가
소계		26,800	
합계		29,500	

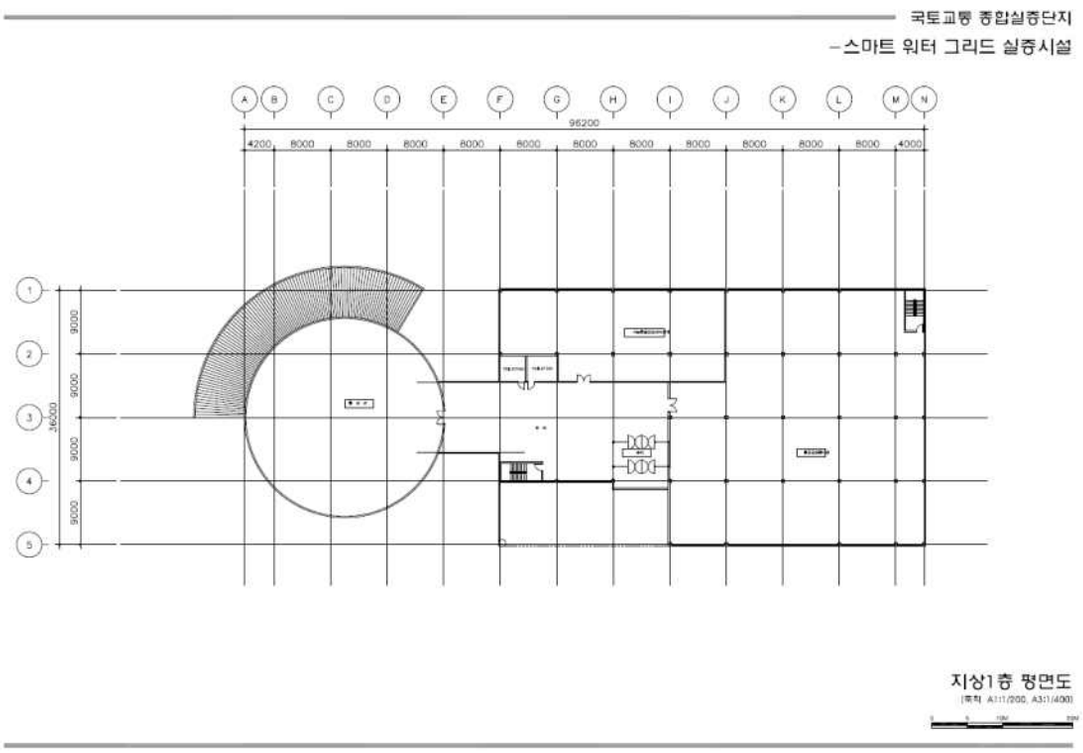


[그림 4-67] 스마트워터그리드 실증시설 구성도

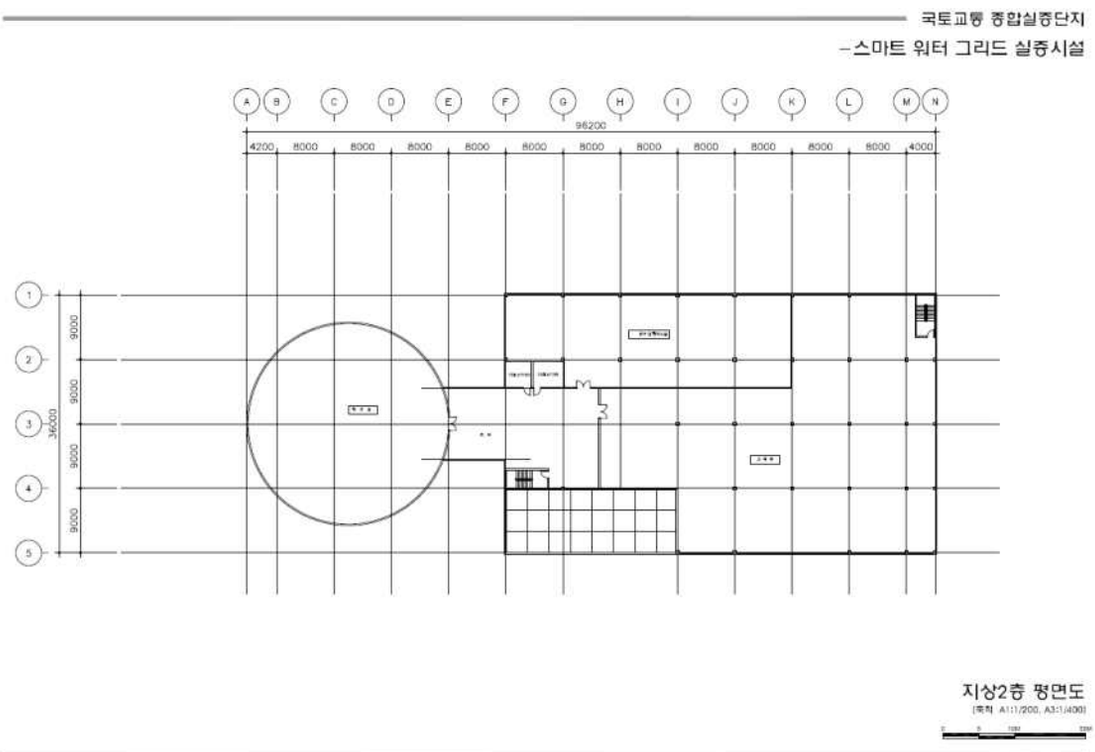
지능형 물공급 옥내 실증시설 층별 설계도(안)



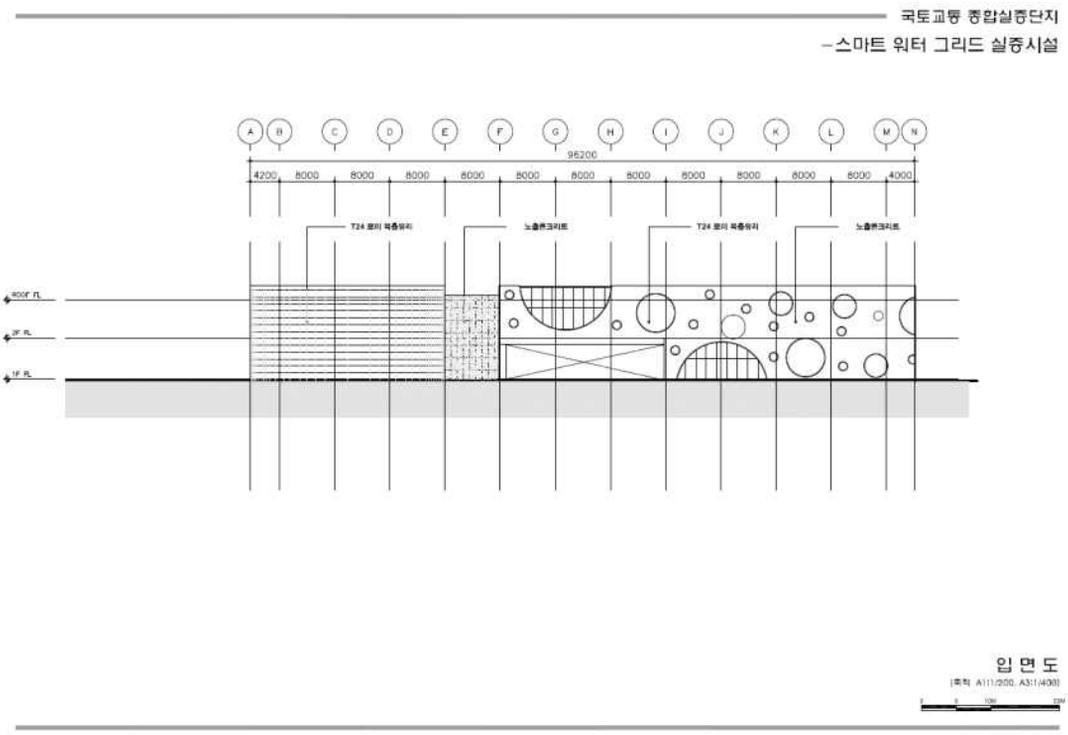
[그림 4-68] 지하 1층 평면도



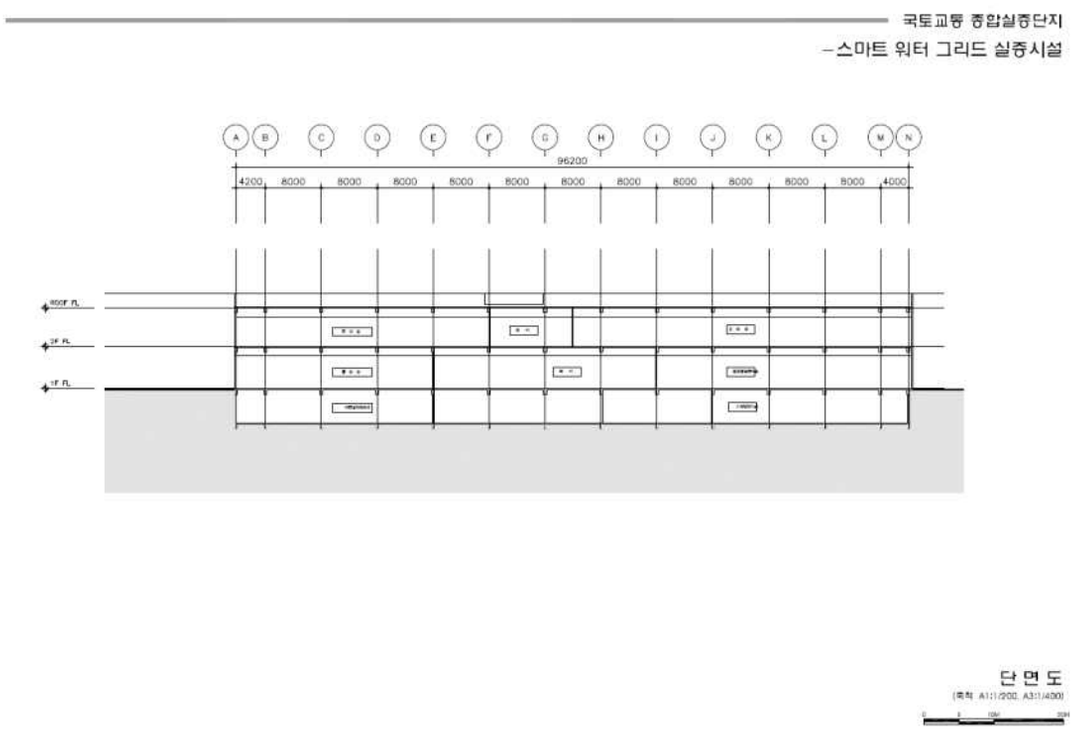
[그림 4-69] 지상 1층 평면도



[그림 4-70] 지상 2층 평면도



[그림 4-71] 자능형 물공급 옥내 실증시설 입면도



[그림 4-72] 자능형 물공급 옥내 실증시설 단면도

○ 스마트그린인프라 실증시설의 세부 시설/장비별 성능 및 요구사양과 세부구성은 다음과 같음

[표 4-53] 세부 시설/장비별 주요사양 및 설치장소

세부 시설/장비명	주요사양		설치장소	비 고
	최소용량	성능/사양/기능		
지능형 관망 모형시설(시설)	관망 길이 500m 이상	· 지능형 관망제어 기술 실증화 · 관망 에너지 사용량 절감기술 실증화 · 압력계, 유량계, 수질센서 등 각종 계측기 포함	옥외 실증시설	
지능형 검침인프라(AMI) 실증 및 검증시설(시설)	500지점 이상	· 스마트 수도계량기(SWM) 및 지능형 검침 인프라(AMI) 기술 실증화 · 성능평가 및 가속실험에 의한 성능 검증 · 통신효율 및 정확성 평가	옥외 실증시설	
누수탐지 실증시설 (시설)	300 mm 구경 관망	· 지하매설 관로에 대한 누수탐지 기술 실증화 · SWM/AMI 기반의 누수 조기검출 기술 실증화 · 관망 매설을 위한 기계장비 포함	옥외 실증시설	
이동식 수처리 장치 실증 및 검증시설(시설)	100 ㎥/day	· 컨테이너 혹은 스키드 방식의 수처리 장치에 대한 현장 성능평가 및 실증화 · 다양한 원수 공급관망 및 폐수처리 시설, 수전시설 포함 · 장비 해외수출을 위한 CE 인증 관련설비 포함	옥외 실증시설	
다중수원 모니터링 및 선택취수 실증 시설(시설)	10지점 이상	· 지표수, 지하수, 재이용수, 해수 등 다중수원의 수량 수질 모니터링 기술 실증화 · 선택취수 알고리즘의 현장평가 · 지능형 통합운영 시스템 연동	옥외 실증시설	
지능형 물 공급 통합운영 시스템 (시설)	서버 5대	· 실증단지 물 공급시설 운전제어(서버 1대) · 실외 실험장치 통합 모니터링 및 제어(서버 2대) · 물 안보 기술 검증(서버 1대) · 지능형 데이터 관리(서버 1대) · 모니터 및 기타 제어판넬 등 포함	옥내	
실증단지 물 공급시설	4,500 ㎥/day	· 실증단지 내 물 공급을 위한 상용수준 시설 · 10,000 명 물 공급 · 다중수원 활용기술 포함	옥내	
GC/MS/MS	–	· 유기물 등 수중 오염물질 농도 및 종류 분석	옥내	
HPLC	–	· 유기물 등 수중 오염물질 농도 분석	옥내	
ICP	–	· 용존이온 분석	옥내	

세부 시설/장비명	주요사양		설치장소	비 고
	최소용량	성능/사양/기능		
IC	–	· 용존이온 분석	옥내	
다항목 수질정밀 자동분석장비	–	· T-N, T-P 등 분석	옥내	
총 유기탄소 분석기	–	· 용존 유기탄소 분석	옥내	

[표 4-54] 스마트워터그리드 실증시설 세부구성 내역

구 분	세부구성		내 용	비 고
다중수원 및 이동식 수처리 실증시설	다중 수원 취수	해수취수설비	지표해수의 취수공법의 실증 및 검증 (시설용량500㎥/day급 3기설치)	
		지하수관정 및 취수설비	지하수 취수 및 가용수량의 산정 (시설용량250㎥/day급 2기설치)	
		염지하수관정 취수설비	염지하수의 개발 및 가용수량산정 (지하수와의 연관 관계 도출) (시설용량250㎥/day급 2기설치)	
		기수취수설비	지표기수의 활용 방안 모색	
		하수 및 오수 방류수 취수설비	중수도 및 공업용수로 검증시설	
	다중 수원 저장 시설	해수저장시설	시설용량100톤	
		지하수저장시설	시설용량100톤	
		염지하수 저장시설	시설용량100톤	
		우수 저장시설	스마트인프라 저장시설 이용 (완충저장조 50톤 별도시공)	
		기수저장시설	시설용량100톤	
		하수 및 오수방류수 저장시설	시설용량100톤	
	이동식 수처리장치 실증 및 검증시설	실증설비 기반 조성	900㎡ 1개소 / 400㎡ 2개소 / 100㎡ 5개소	
		다중수원 원수공급 관망	배관 및 펌프류	
		배수라인 구축	폐수와 재이용수 구분 설치	
		수배전 및 옥외통신 설비	동력 200kw1개소 / 100kw2개소/ 50kw 5개소 / 인터넷망 구축	
		공급원수별 수질 계측	공급원수 각각(pH, TDS, 탁도, 온도, 유량)설치 다중수원과 연계데이터제공	

구 분	세부구성			내 용	비 고
지능형 관망 및 검침인프라 실증시험 시설	지능형 관망모형 시설	관계관망 설치		최소 100~150A관 설치(0.5km이상 설치)	
		배수지		200톤 1개소(원수) /100톤 2개소(도시) / 50톤 4개소(사업지구) /10톤(대수용가)	
		배급수펌프 검증설비		일정압력 및 유량공급	
		계측설비 검증설비		유량계 / 압력계 / 수위계	
		밸브류 검증설비		콘트롤 밸브	
		옥외 수배전설비		전기 계장 인프라 구축	
	AMI 실증 및 검증설비	AMI 검증설비		지능형관망과 연계 500개소이상	
		콘트롤 밸브		AMI 유량조절용 밸브(기본설비)	
		통신 인프라		수집 및 데이터처리	
	누수탐지 실증시설	배관자재 인증설비(지상설비)		직관 / 곡관 / 조인트(접합부)	
		관파손 인증설비		관파손 구현장치 설치(매설구현 설비)	
		배관매설 (누수탐사 감지 인증라인)		0.5km 100A관 기본라인설치 누수 구현구간 10개소 설치	
		관접합 및 수충격실증		최고압력 15bar/ 펌프 및 제어밸브 설치	
		누수 복구 인증 설비		복구자재 및 공법인증(가상누수공간 제공)	
		통신 인프라		수집 및 데이터처리	
지능형 물공급 실증 시험시설 (옥내 2,700㎡ 옥외 2,500㎡)	건물 및 부대설비	시설면적		옥내 4500㎡ / 옥외 2500㎡	
		동력전원 및 수배전 설비		500kw/수배전설비	
		원수저장탱크		시설용량100톤/해수, 지표수 각 1 식 (지하 콘크리트 구조물)	옥외
		생산수 저장조		시설용량200톤(지하 콘크리트 구조물)	옥외
		건물내 호이스트설치		10ton급	
	지능형 물공급 실증 플랜트	전처리 설비	해수원수 전처리 설비	UF/시설용량(500톤급 3기) 1500톤/일 (생산기준 500톤/일)	
			지표수원수 전처리 설비	UF/시설용량(500톤급4기) 2000톤/일 (생산기준 1500톤/일)	
			기수 전처리 설비	UF/시설용량(500톤급 3기) 1500톤/일 (생산기준 500톤/일)	
			하수처리수 전처리 설비	UF/시설용량(500톤급 3기) 1500톤/일 (생산기준 1000톤/일)	
			단지내 용수재사용수 전처리	UF/시설용량(150톤급4기) 600톤/일 (생산기준 300톤/일)	
		블랜딩 설비	음용블랜딩	50㎥/h 4기설치	
			공업용수 블랜딩	50㎥/h 2기설치	
			중수 블랜딩설비	20㎥/h 2기설치	
		수처리 설비 (3000 ㎡/day)	SWRO설비	시설용량 500㎡/day(100㎥급 5기설치)	음용&공업용수
			BWRO설비	시설용량 1000㎡/day(200㎥급 5기설치)	음용
			RO설비	시설용량 1000㎡/day(200㎥급 4기설치)	공업용수&중수

구 분	세부구성			내 용	비 고
			NF설비	시설용량 500㎥/day(250㎥급 2기설치)	공업용수&중수
			오수처리 설비	시설용량 300㎥/day(100㎥급 3기설치)	단지내 오수처리시설
	저장시설	생산수 저장시설	음용수	시설용량 200㎥	옥내
			공업용수	시설용량 500㎥	옥외
			중수	시설용량 100㎥	옥내
			수배전설비	동력 500kw	
			유량계측 설비	공급 및 배수	
			수질계측기	각 공정별 수질계측기	
	센터	지능형 물관리 센터		계장설비, 모니터링 설비, 통합 물관리 시스템	

◎ 예상 구성도 및 기타 특이사항

– 스마트워터그리드 실증시설의 조감도는 그림 다음과 같음



[그림 4-73] 스마트워터그리드 실증시설 조감도(안)

– (특이사항) 다중수원의 공급이 가능한 부지가 필요하며, 스마트그린인프라 실증시설 부지와 공동활용 가능

4. 소요 예산

4.1 시설/장비 구축비

4.1.1 부지비

■ 면적: 56,200㎡(17,000평), 건축면적: 5,400㎡(1,634평), 연면적: 12,900㎡(3,902평)

4.1.2 시설/장비

■ 총 예산

[표 4-55] 실증시설별 시설구축비 및 장비구축비 예산(단위: 백만 원)

구 분	시설구축비	장비구축비		소계
		옥외 실증시설/설비 구축비	연구장비 구축비	
스마트그린인프라 실증시설	9,540	5,934	4,784	20,258
스마트워터그리드 실증시설	16,441	1,800	5,810	24,051
합계	25,981	7,734	10,594	44,309

■ 시설구축비 예상금액

○ 스마트그린인프라 실증시설의 시설구축비는 95.4억 원, 스마트워터그리드 실증시설의 시설구축비는 164.4억 원으로 총 시설구축비는 259.8억 원

[표 4-56] 실증시설별 시설구축비 예산 (단위: 원)

구 분			산정기준	적용기준 (원,%)	스마트 도시물순환 실증시설	
					스마트그린인프라[1]	스마트워터그리드[2]
공사비	단지조성공사비		새만금(국유지, 농림부) ㎡단가		0	0
	시설공사비	토목/조경공사비	설계사 설계자료		529,980,000	1,310,883,750
		건축공사비			4,401,218,400	7,264,610,550
		기계/전기/통신/소방			2,178,000,000	3,675,375,000
		특수시설공사비			0	0
		소계			7,109,198,400	12,250,869,300
	제경비		설계사 설계자료	22.0%	1,564,023,648	2,695,191,246
	부가가치세			10.0%	867,322,205	1,494,606,055
	합계				9,540,544,253	16,440,666,601

1) 스마트그린인프라 옥내시설의 시설구축비는 스마트그린인프라 통합관리센터의 공사비를 말함

2) 스마트워터그리드 옥내시설의 시설구축비는 지능형 물공급 실증시설 및 관리센터의 공사비를 말하며 세부구성은 다음과 같음



[표 4-57] 지능형 물공급 실증시설 및 관리센터 세부구성

구 분	세 부 구 성			비 고
지능형 물공급 실증 시험시설	건물 및 부대설비	건물		
		동력전원 및 수배전 설비		
		원수저장탱크		
		생산수 저장조		
		건물내 호이스트설치		
	지능형 물공급 실증 플랜트	전처리 설비	해수원수 전처리 설비	
			지표수원수 전처리 설비	
			기수 전처리 설비	
			하수처리수 전처리 설비	
			단지내 용수재사용수 전처리	
		블랜딩 설비	음용블랜딩	
			공업용수블랜딩	
			중수블랜딩설비	
		수처리 설비	SWRO설비	음용&공업용수
			BWRO설비	음용
			RO설비	공업용수&중수
			NF설비	공업용수&중수
			오수처리 설비	단지내 오수처리시설
	저장시설	생산수 저장시설	음용수	
			공업용수	
			중수	
			수배전설비	
			유량계측 설비	
			수질계측기	
	센터	지능형 물관리 센터의 계장설비, 모니터링 설비, 통합 물관리 시스템		

장비구축비 예상금액

- 장비구축비는 옥외 실증시설/설비 구축비와 연구장비 구축비로 나누어짐
- 옥외 실증시설/설비 구축비는 총 77.34억 원, 연구장비 구축비는 105.94억 원으로 총 장비구축비는 183.28억 원

– 옥외 실증시설/설비 구축비

[표 4-58] 옥외 실증시설/설비 구축비 예산(단위: 원)

구 분			금액(원)	내역	비고
스마트 도시물순환 종합 실증시설	스마트그린인프라 실증시설	옥상녹화 실증장	42,600,000	세부내역 참조	
		그린플랜트박스 실증장	434,000,000	〃	
		그린보도 실증장	141,400,000	〃	
		그린도로 실증장	540,900,000	〃	
		그린주차장 실증장	3,109,200,000	〃	
		그린빗물정원 실증장	972,000,000	〃	
		그린생태저류지형 실증장	494,000,000	〃	
		도심수로 실증장	200,000,000	〃	
		소계	5,934,100,000		
	스마트워터그리드 실증시설	다중수원 저장시설	550,000,000	〃	
		이동식수처리장치 실증 및 검증시설 실증설비 기반조성	1,000,000,000	〃	
		지능형관망모형시설 배수지	250,000,000	〃	
		소계	1,800,000,000		
	합계		7,734,100,000	–	

※ 옥외시설은 시스템설비로 보고 설계, 감리비는 제외함



스마트그린인프라 옥외 실증시설 세부내역

[표 4-59] 스마트그린인프라 옥외 실증시설/설비 구축비 세부내역 (단위: 원)

구 분		시설면적 (㎡)	단위면적 (㎡)	수량 (개소)	단가 (원)	금액(원)
스마트 그린인프라 옥외실증장 (시설)	옥상녹화실증장	1,500	500	3	14,200,000	42,600,000
	그린플랜트박스실증장	2,000	100	20	21,700,000	434,000,000
	그린보도실증장	1,500	750	2	70,700,000	141,400,000
	그린도로실증장	3,000	1,000	3	180,300,000	540,900,000
	그린주차장 실증장 (투수아스팔트,투수콘크리트)	2,500	2,500	1	1,413,300,000	1,413,300,000
	그린주차장 실증장 (투수블록형)	3,000	3,000	1	1,695,900,000	1,695,900,000
	그린빗물정원 실증장	1,500	500	3	324,000,000	972,000,000
	그린생태저류지형 실증장	4,000	1,000	4	123,500,000	494,000,000
	도심수로 실증장	6,500	6,500	1	200,000,000	200,000,000
총 계						5,934,100,000

* 산출근거 : 부산대학교 "국가 저영향개발 실증실험단지 및 연구센터 신축공사"의 요소기술별 시공단가(면적대비 시공금액)

스마트워터그리드 옥외 실증시설 세부내역

[표 4-60] 스마트워터그리드 옥외 실증시설/설비 구축비 세부내역 (단위: 원)

구 분		시설면적 (㎡)	단위면적 (㎡)	수량 (개소)	단가 (원)	금액(원)
스마트 워터그리드 옥외실증장 (시설)	다중수원 저장시설 (해수, 지하수, 염지하수, 우수, 기수, 하수 및 오수방류수)	6,000	6,000	1	550,000,000	550,000,000
	이동식 수처리장치실증 및 검증시설 실증설비 기반조성	4,000	4,000	1	1,000,000,000	1,000,000,000
	지능형 관망 모형시설 배수지	2,800	2,800	1	250,000,000	250,000,000
총 계						1,800,000,000

* 산출근거 : 스마트워터그리드 지능화 연구단 데모플랜트 구축비용 근거

– 연구장비구축비 예상금액

[표 4-61] 연구장비별 구축비 예상금액

구 분			금액(원)	내역	비고	
스마트 도시물순환 종합 실증시설	스마트그린인프라 실증시설	물순환효율성 검증장비	150,000,000	부록참조	제작장비	센터
		오염저감 효율성 검증장비	300,000,000	〃	제작장비	
		역학적 물성분석장비	225,200,000	〃	제작장비	
		요소재료 구조적 안정 시험장비	214,500,000	〃	제작장비	
		이동형 강우모사기	80,000,000	〃	제작방비	
		기초수문 모니터링시스템	50,000,000	〃	제작장비	통합 모니터링시스템
		물순환 모니터링시스템	1,250,000,000	〃		
		수환경 모니터링시스템	600,000,000	〃		
		열순환 모니터링시스템 (온도, 열화상 cam 등)	250,000,000	〃		
		영상 모니터링시스템	35,000,000	〃		
		수위 모니터링시스템 (지하수위 포함)	100,000,000	〃		
		자동제어 IoT 센서/통신 장비	729,000,000	〃		
		통합자료관리/분석 서버 및 부대시설	800,000,000	〃		
	스마트워터그리드 실증시설	다중수원 취수	1,150,000,000	〃	실증설비	다중수원 활용 및 이동식 수처리
		이동식수처리장치 실증 및 검증시설	480,000,000	〃		
		지능형관망모형시설	680,000,000	〃		지능형 관망 및 검침 인프라
		AMI 실증 및 검증설비	950,000,000	〃		
		누수탐지 실증시설	1,750,000,000	〃		
		GC/MS/MS	150,000,000	〃	장비	측정장비
		HPLC	150,000,000	〃		
		ICP	100,000,000	〃		
		IC	100,000,000	〃		
		다항목 수질정밀 자동분석장비	200,000,000	〃		
		총 유기탄소 분석기	100,000,000	〃		
합계			10,593,700,000	–		



4.2 유지관리 비용

4.2.1 유지보수비

◎ 연구장비 유지보수비 산정기준(NFEC, 2014. 02. 17)에 따라 대분류별, 장비 규모별 중간값을 적용함

- 기계가공·시험장비 : 중소형 3.81%, 중형 3.86%, 중대형 3.86%
- 전기·전자 장비 : 중소형 3.37%, 중형 3.41%, 중대형 3.52%
- 데이터 처리장비 : 중소형 3.97%, 중형 3.82%, 중대형 4.02%
- 물리적 측정장비 : 중소형 3.60%, 중형 3.63%, 중대형 3.57%

[표 4-62] 종합실증단지의 연구장비 유지보수요율 기준

대분류	중소형		중형		중대형	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
광학전자 영상장비	2.68	4.38	2.93	4.56	3.21	4.42
화합물 전처리·분석 장비	2.92	4.58	3.08	4.52	3.11	4.58
기계가공·시험장비	3.16	4.45	3.24	4.47	3.33	4.38
전기·전자 장비	3.10	3.64	3.23	3.59	3.26	3.77
데이터 처리장비	3.71	4.22	3.30	4.33	3.73	4.30
물리적 측정장비	3.39	3.81	3.39	3.87	3.38	3.76
임상의료 장비	3.87	4.42	3.77	4.26	3.78	4.38
환경조성·사육시설	3.98	4.66	3.77	4.52	3.73	4.38

* 중소형 : 취득가액 3천만 원 이상 ~ 1억 원 미만 연구장비
* 중형 : 취득가액 1억 원 이상 ~ 10억 원 미만 연구장비
* 중대형 : 취득가액 10억 원 이상 ~ 50억 원 미만 연구장비

◎ 유지보수비 산정

- 연간 유지보수비는 6.94억 원

[표 4-63] 스마트 도시물순환 종합실증시설 예상 연간 유지보수비

구분	장비명	구축비용 (천원)	장비구분		내구연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
			분야	규모			
스마트 그린 인프라	옥외실증시설(9개)*	5,934,100	–	–	5	3.80	225,496
	물순환효율성 검증장비	150,000	시험장비	중형	5	3.86	5,790
	오염저감 효율성 검증장비	300,000	데이터처리	중형	5	3.82	11,460
	역학적 물성분석장비	225,200	물리적측정	중형	5	3.63	8,175
	요소재료 구조적 안정 시험장비	214,500	물리적측정	중형	5	3.63	7,786
	이동형 강우모사기	80,000	시험장비	중소형	5	3.81	3,048
	기초수문 모니터링시스템	50,000	데이터처리	중소형	5	3.97	1,985
	물순환 모니터링시스템	1,250,000	데이터처리	중대형	5	4.02	50,250
	수환경 모니터링시스템	600,000	데이터처리	중형	5	3.82	22,920
	열순환 모니터링시스템	250,000	데이터처리	중형	5	3.82	9,550
	영상 모니터링시스템	35,000	데이터처리	중소형	5	3.97	1,389
	수위 모니터링시스템	100,000	데이터처리	중형	5	3.82	3,820

구분	장비명	구축비용 (천원)	장비구분		내구 연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
			분야	규모			
	자동제어 IoT 센서/통신 장비	729,000	전기전자	중형	5	3.41	24,859
	통합자료관리/분석 서버	800,000	데이터처리	중형	5	3.82	30,560
	소 계	10,717,800					**407,088**
스마트 워터 그리드	옥외실증시설(3개)*	1,800,000	–	–	5	3.80	68,400
	다중수원 취수	1,150,000	시험장비	중대형	5	3.86	44,390
	이동식수처리장치 검증시설	480,000	시험장비	중형	5	3.86	18,528
	지능형관망모형시설	680,000	시험장비	중형	5	3.86	26,248
	AMI 실증 및 검증설비	950,000	전기전자	중형	5	3.41	32,395
	누수탐지 실증시설	1,750,000	데이터처리	중대형	5	3.86	67,550
	GC/MS/MS	150,000	물리적측정	중형	5	3.63	5,445
	HPLC	150,000	물리적측정	중형	5	3.63	5,445
	ICP	100,000	물리적측정	중형	5	3.63	3,630
	IC	100,000	물리적측정	중형	5	3.63	3,630
	다항목 수질정밀 자동분석장비	200,000	물리적측정	중형	5	3.63	7,260
	총 유기탄소 분석기	100,000	물리적측정	중형	5	3.63	3,630
	소계	7,610,000					286,551
합 계		18,327,800					**693,639**

– 옥외 실증시설/설비의 유지보수비의 세부내용은 다음 표와 같음

[표 4-64] 옥외 실증시설/설비의 유지보수비

구분	장비명	구축비용 (천원)	내구연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
스마트 그린 인프라	옥상녹화 실증장	42,600	5	3.8	1,619
	그린플랜트박스 실증장	434,000	5	3.8	16,492
	그린보도 실증장	141,400	5	3.8	5,373
	그린도로 실증장	540,900	5	3.8	20,554
	그린주차장 실증장 (투수아프팔트, 투수콘크리트)	1,413,300	5	3.8	53,706
	그린주차장실증장(투수블록형)	1,695,900	5	3.8	64,444
	그린빗물정원 실증장	972,000	5	3.8	36,936
	그린생태저류지형 실증장	494,000	5	3.8	18,772
	도심수로 실증장	200,000	5	3.8	7,600
	소 계	5,934,100			225,496
스마트 워터 그리드	다중수원 저장시설	550,000	5	3.8	20,900
	이동식수처리장치실증 및 검증시설 설비 기반조성	1,000,000	5	3.8	38,000
	지능형관망모형시설 배수지	250,000	5	3.8	9,500
	소 계	1,800,000			68,400
합 계		7,734,100			293,896



4.2.2 운영비

■ 종합실증단지의 운영비용은 크게 인건비, 경상운영비, 실증실험 직접비 및 시설·장비 유지관리비로 구분

- (인건비) 유사 실증단지·실험시설 운영기관 등의 사례분석을 통해 추정함
  * 유사 연구기관의 인건비 평균수준과 국토교통부 대형연구시설 운영관리기관인 국토교통연구인프라운영원의 인건비 수준 및 실증단지의 인원규모를 고려하여 산정
- (경상운영비) 실증실험의 수행과 관련 없이 발생하는 비용으로서 관리 및 운영인력의 인건비, 시설의 감가상각비, 일반관리비 등으로 구성되며, 한국과학기술기획평가원에서 작성한 예비타당성 조사보고서의 유사 공공연구기관의 사례분석을 통해 적용함
  * 실험시설의 감가상각비는 현금의 유출이 발생하지 않으므로 추정대상 경상운영비에서 제외
  * 실증시설·장비에 대한 감가상각비는 시험비용 수수료에 반영됨
- (실증실험 직접비) 실증단지에서 이루어지는 실험에 직접 소요되는 비용으로 직접인건비, 실험재료비, 가설자재 등의 비용이 있으며, 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 국가연구시설장비 시험비용 산정지침에 따라 실증실험 수수료에 포함되므로 운영비용 산정에서는 제외함
  * 실증실험 직접비는 연간 사업계획상 실험규모(외부 사용자 의뢰)에 따라 발생금액이 정해지므로 사전에 비용규모를 산정하기 어렵고, 비용을 조달하는 재원이 국비 이외에도 실험의뢰자 부담분 등 다양하므로 운영비용의 추정대상에서 제외
- (시설·장비 유지관리비) 실증시설 및 장비에 대한 유지관리비(건축물 자체의 일반관리비는 제외) 등으로 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 국가연구시설장비 시험비용 산정지침에 따라 실증실험 수수료에 포함되므로 운영 비용 산정에서는 제외함

■ 운영소요인력

- 운영단계 필요인력은 다음 표와 같음

[표 4-65] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 운영인력

구 분 인원수(명)	합계	직급별 인원				
		수석	책임	선임	연구원	연구원보
스마트 도시물순환 종합실증시설	8	1	2	2	2	1

※ 자세한 내용은 제5장 4절 5.2 종합실증단지의 적정인력 규모 및 제6장 2절 1.운영비용 추정 참조

■ 인건비

- 국토교통연구인프라운영원의 직급별 평균인건비를 적용하여 본 사업의 운영단계 인건비를 추정

[표 4-66] 벤치마킹 기관의 직급별 평균연봉 (천원)

직급	기관장	연구위원	수석급	책임급	선임급	연구원	연구원보
평균 연봉	109,932	90,048	78,228	56,012	44,058	36,256	28,223

※ (인건비 산출내역)

– 인건비: 379,103천원/년

* 박사급(수석급): 78,228천원/년 * 1명 = 78,228천원/년
* 박사급(책임급): 56,012천원/년 * 2명 = 112,024천원/년
* 박사급(선임급): 44,058천원/년 * 2명 = 88,116천원/년
* 석사급(연구원): 36,256천원/년 * 2명 = 72,512천원/년
* 학사급(연구원보): 28,223천원/년 * 1명 =28,223천원/년

경상운영비

○ 본 사업의 경상운영비를 추정하기 위하여 '탄소산업 클러스터 조성사업 예비타당성조사 보고서('17.02, 한국과학기술기획평가원)'를 인용*

* 특성이 유사한 공공 연구기관 8곳의 경상운영비 자료를 통해 제시된 연구기관의 1인당 평균 경상운영비 18.97백만 원(2014년 기준)를 본 사업의 경상운영비 산정 기준가격으로 활용

※ (경상운영비 산출내역)

– 경상운영비: 151,760천원/년

* 18.97백만 원/년 * 8명 = 151,760천원/년

4.2.3 유지관리비 종합

총 유지관리비는 1,225백만 원

[표 4-67] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 예상 연간 총 유지관리비

유지보수비	운영비		합계
	인건비	경상운영비	
694	379	152	1,225

5. 구축계획

5.1 연차별 구축계획

재원확보

- 국내외 실증단지 및 클러스터 구축 방법 및 특징 사례분석 → (안)중앙정부 · 지자체 매칭

부지확보

- 부지확보 재원 조달 방법 및 특징 사례분석 → (안) 국공유지(간척지 포함) 또는 지자체 부지(현물대응) 활용

연구시설 · 장비 세부 구축계획

[표 4-68] 연차별 사업 내용 및 구축계획

구분		일정 계획					비고
중분류	소분류	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	
스마트 도시물순환 종합실증시설	SGI실증시설						
	SWG실증시설						

: 사양설계 : 입찰, 계약 : 실시설계 : 시공, 설치 : 시운전

5.2 연차별 소요예산 및 투입인력

연차별 사업 내용 및 구축계획

(단위 : 백만원)

구분	사업비	시설구축비	장비구축비	연차별 사업 내용	연차별 구축예정 주요장비
1차년도	4,918.3	4,001.9	916.4	· 기본사양 설계 – SGI 요구사항 분석 및 기본사양 설계 – SWG 요구사항 분석 및 기본사양 설계 – 시설공간배치: 세부시설별 공간설계 – 옥외시설배치 및 관로설계 – 외부지원계획수립: 전기/수도/인허가 통신/환경/민원 등 – 입찰 및 계약 방법 수립: 건별 분리작업 및 세부내용 수립 확정/입찰방법 확정 – 토목/건축 실시설계 완료 – 인허가: 건축/전기/수도/공유수면점사용 /규제사항 허가	· 실증 기반시설 – 건물, 컨테이너, 모듈, 유틸리티 등

2차년도	11,513.7	9,680.9	1,832.8	· 입찰, 계약 및 실시설계 – 전반기 : 토목 / 건축 발주 – SGI 및 SWG 실시설계 및 발주	
3차년도	15,179.2	9,680.9	5,498.3	· 시공시작 및 건축물 시공완료, 시스템 프로토타입 제작 – 기초수문 모니터링시스템 구축 – 장비구매 및 시설내 구축(50%) – SWG 실증시설 구축 – 물순환/수환경/열순환 모니터링시스템 1식 프로토타입 제작 – 통합모니터링시설 세부설계 완료	· 기초수문 모니터링시스템 – 강우, 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 기압센서, 거치대 1식) · 계측시설, 서버, 통신인프라 장비 등 – 자동제어 IoT 센서/통신장비 – 전력시설 계측장치
4차년도	11,149.8	5,651.5	5,498.3	· 실증시설 옥내외 시설(실증장 시설 포함)/시스템 구축완료 – 장비구매 완료 – 물순환/수환경/열순환 모니터링 시스템 구축 – 수위(지하수위)/영상 모니터링 시스템 구축 – 통합모니터링시설 개발/구축 – 검증 시험장비 구축	· 물순환/수환경/열순환 모니터링 시스템* · 수위/영상 모니터링 시스템 · 계측기, 센서 분석장비 – GC/MS/MS, HPLC, ICP, IC, 다항목 수질정밀 자동분석장비, TOC
5차년도	4,861.0	279.0	4,582.0	· 실증시설 준공 및 시운전, 운영관리/유지관리 방안 마련 – SWI 및 SWG 준공 – SWI 시운전 및 운영방안 수립 – 통합모니터링 자료분석 시스템 개발/구축	
합계	47,622	29,294.2	18,327.8		

* 초음파 유량계, 티핑버킷 유량계, 전자유량계, 수질센서, 채수기, 총 유기탄소 측정기, 고성능 액체 크로마토크래피, 분광광도계 등 포함

연차별 인력투입 계획

○ 스마트 도시물순환 종합실증시설의 구축을 위해서는 49명의 인력이 요구됨

핵심과제	직급	연차별 투입인원					계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
스마트 도시물순환 종합실증시설	수석급	1	1	2	2	1	7
	책임급	1	2	2	2	2	9
	선임급	2	2	3	3	2	12
	원급	2	2	3	3	3	13
	연구원보	–	2	2	2	2	8
	소계	6	9	12	12	10	49

○ 학위 기준으로 재 산정

		연차별 투입인원					합계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
스마트 도시물순환 종합실증시설	박사급(명)	2	3	5	5	3	18
	석사급(명)	3	4	5	5	5	22
	학사급(명)	1	2	2	2	2	9
	소계	6	9	12	12	10	49



6. 기대효과

6.1 기술적 효과

- SGI를 통한 물순환 건전화 기술 확보
  - 물 순환 건전화 실현(5mm (80퍼센타일)/홍수관리(50년빈도, 90퍼센타일))
  - 기후변화 대응 (저탄소 및 도시 미기후 저감(2℃), 미세먼지 저감, 냉난방비 절감)
- SWG를 통한 물생산 및 분배 통합관리기술 확보
  - 다중수원 활용을 통한 물 자립율 제고(물 자립율 기존도시 대비 30% 이상 향상, 평상시 공급수량의 30% 수준의 비상용수를 2주간 확보 등)
  - 지능형 물공급 기술을 통한 누수저감(기존대비 누수율 50% 저감) 및 에너지 사용량 절감 (기존대비 물 공급 펌프 에너지 10% 절감)
  - AMI 네트워크 시스템, AMI 보안기술 설계자료 및 소프트웨어, SWG 모델링/시뮬레이터 기술 국산화

6.2 정책적 효과

- 지속가능한 수자원 관리 정책 수립의 가이드라인 제시
- AMI 데이터 전송/관리/보안/국가 및 국제 표준화 (IOC) 정책수립(국제표준(ISO) 1개 이상 제안 – Committee Draft (CD) 수준 이상)
- 물정보서비스와 AMI 네트워크가 접목된 Smart billing 시스템 구축과 물수요 패턴분석 정책수립 지원(차세대 물관리 개선제도(안) 및 법(안) 작성)

6.3 경제적 효과

- 기존 도시 수자원 관리 인프라 개보수 및 지능화 시장 진출
  - GWI에 의하면 스마트 물공급 인프라(Smart Water Network) 시장은 2018년 70억 달러까지 성장할 것으로 전망되며, 2025년에는 120억 달러까지 증가할 것으로 전망됨.
  - 따라서 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 5.9억 달러의 신규시장 창출이 가능함
- 스마트시티 시장확대와 함께 창출되는 스마트 도시물관리 신규시장 진출
  - Navigant Research에 의하면 스마트시티 시장은 2016년 368억 달러이었으며, 2025년에는 887억 달러까지 증가하며, 이 중 스마트 도시 물관리의 비중은 10~15%임.
  - 따라서 2025년까지 기술을 확보하여 시장을 진출하여, 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 45억 달러의 신규시장 창출이 가능함
- 4차산업혁명에 대응하는 국내 스마트 물관리 산업 활성화 및 고용창출 가능
  - 우리나라가 높은 경쟁력을 보이는 ICT와 물관리를 융 · 복합함으로써 새로운 패러다임의 기술을 조기에 확보할 수 있으며, 이를 통한 다양한 부가가치 창출과 사업 개발이 가능할 것으로 전망됨
- 물부족, 수재해 등으로 인하여 발생하는 사회적 비용 감소
  - 기후변화로 인하여 발생하는 가뭄과 홍수 등의 기상이변에 대응함으로써 물적 · 인적피해를 줄이고 안전하고 지속가능한 사회를 구현할 수 있음



[그림 4-74] 스마트 도시물순환 기술 적용대상

제 4 절 실대형 구조물 내진성능평가 실증시설

1. 개 요

1.1 정의 및 목적

■ **[정의] 실규모 건축물(SOC시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설**

■ **[목적] 강진 발생 증가로 非내진 건축물 및 노후 SOC시설물에 대한 지진 안전성 문제가 사회적 이슈화됨에 따라 초대형 진동대를 기반으로 한 국가 차원의 내진안전성 확보**

○ 기존 시뮬레이션 해석 및 축소모형 지진모사 실험 한계 극복

※ 구조물 내진성능평가의 실험적 방법으로 실제 지진과 같은 진동을 가하는 진동대 실험이 가장 신뢰성 있으며, 실제와 동일한 크기, 형상의 구조물 모델에 대한 성능평가가 가장 합리적이나 기술적, 경제적으로 어려움이 많음

* 진동대의 실험적 한계는 장비가 구현 가능한 속도, 변위, 가속도 등 지반 운동 재현 뿐 아니라 가진 가능한 시험체 중량(Payload), 전도모멘트(overturning moment), 시험체 설치 공간/면적에 의해 결정

* 현재 국내에서는 시험체 설치 면적/중량의 제한에 맞추어 계획부터 축소모형 실험으로 추진

* 재료의 특성이 다른 경우 구조적 특성을 고려하여 변형률비를 산정하지만 실구조물 응답 예측에 있어서 정확도가 낮음

※ 콘크리트 구조물의 경우 1/7~1/10 이상의 축소율이 적용되면 철근 및 골재 모델 제작이 어려움

○ 가로, 세로 각 15m, 실규모 5~7층 건축물(1,000톤)까지 탑재하여 0.7g까지 가진이 가능한 진동대

○ 가로, 세로 각 7m, 최대 하중(200톤) 적재시 1g 가진 및 6DOF를 가지는 진동대

※ 1,000톤 진동대는 최대 7층, 약 144m^2(약 43평) 넓이의 건축물, 실교량의 교각 및 거더(일부) 등 실험이 가능하며 200ton 6g의 진동대는 대부분의 비구조요소와 중형의 토목 · 건축물까지 실증 가능한 수준임

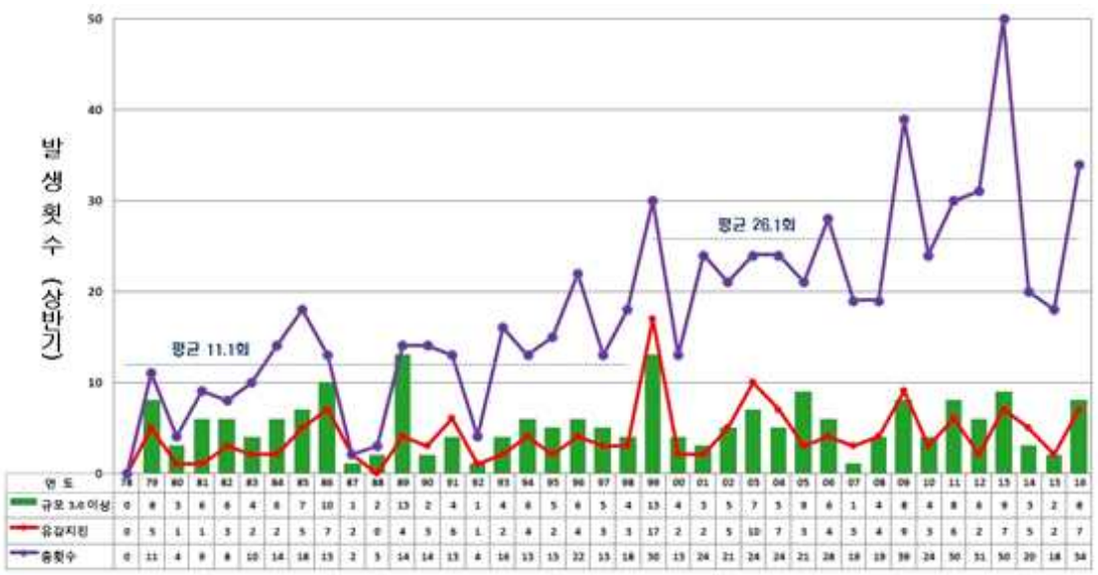


[그림 4-75] 실대형 구조물 내진성능평가 개념도

1.2 배경 및 필요성

1.2.1 정책적 필요성

- 국내 지진발생 횟수 및 규모가 지속적으로 증가하고 있고, '16년 9월 경주지진(규모 5.8), '17년 11월 포항지진(규모 5.4)으로 우리나라도 대형 지진이 발생할 수 있다는 사회적 불안감이 크게 증가
  * 국내 규모 2.0이상의 지진 발생 건수는 연평균 19.2회(~'98년, 계기관측), 47.6회('99~'15년, 디지털관측) 발생하였으며, '16년 경주지진은 본진(규모 5.8)외 총 631회('17.08.01 기준)의 여진이 발생
  * 동일본 대지진('11.03) 이후 일본 및 인근 국가의 지진발생 횟수가 급증하고 있으며, 국내에서도 강진 발생으로 한반도가 더 이상 지진에 안전지대가 아니라는 것을 보여주고 있음



[그림 4-76] '78년~'16년 연도별 상반기 지진발생 추이(기상청 '17.07.07)

  * '15.04 국민안전처 발표에 의하면 서울에 규모 7.0 지진 발생시 건축물 피해 추정액은 427조, 간접손실 피해 추정액은 536조원, 부산은 160조원의 피해 예상됨

- 지진 · 화산재해대책법 시행령에 의하면 내진설계기준의 설정대상 시설로 건축물부터, 공항시설, 교량, 터널, 송유관, 수도시설, 기계 · 설비 등 모든 사회기반시설이 포함됨

[표 4-69] 내진설계기준의 설정대상 시설

순번	대상시설	관계법령
1	건축물	건축법
2	배수갑문 및 방조제	공수수면매리법, 방조제관리법
3	공항시설	항공법
4	국가하천 수문	하천법
5	저수지	농어촌정비법
6	다목적댐	댐건설 및 주변지역 지원에 관한 법률
7	댐(높이 15m 이상)	댐건설 및 주변지역 지원에 관한 법률 외 다른 법률
8	교량, 터널	도로법
9	액화저장탱크, 지지구조물, 기초 및 배관	도시가스사업법, 고압가스 안전관리법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법
10	역사, 본선박스, 다리	도시철도법
11	위험한 기계, 기구, 설비	산업안전보건법



순번	대상시설	관계법령
12	석유정제/비축/저장시설 액화석유가스저장시설	석유 및 석유대체연료 사업법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행령
13	송유관	송유관안전관리법
14	산업단지폐수종말처리시설	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률
15	수도시설	수도법
16	어항시설	어촌, 어항법
17	원자로 및 관계시설, 핵연료주기시설, 사용후핵연료 중간저장시설, 방사성폐기물의 영구처분시설, 방사성폐기물의 처리 및 저장시설	원자력안전법
18	발전용 수력, 화력설비, 송전설비, 배전설비, 변전설비	전기사업법
19	0.00다리, 터널 및 역사	철도산업발전 기본법, 철도건설법
20	폐기물처리시설	폐기무로간리법
21	공공하수처리시설	하수도법
22	고속철도	철도건설법
23	항만시설	항만법
24	공동구	국토의 계획 및 이용에 관한 법률
25	교사, 체육관, 기숙사, 급식시설, 강당	학교시설사업 촉진법
26	궤도	궤도운송법
27	유기시설 및 유기기구	관광진흥법
28	종합병원, 병원 및 요양병원	의료법
29	전기통신설비	전기통신기본법
30	방송통신설비 기술기준에 관한 규정 제22조 제2항에 따른 설비	방송통신발전기본법

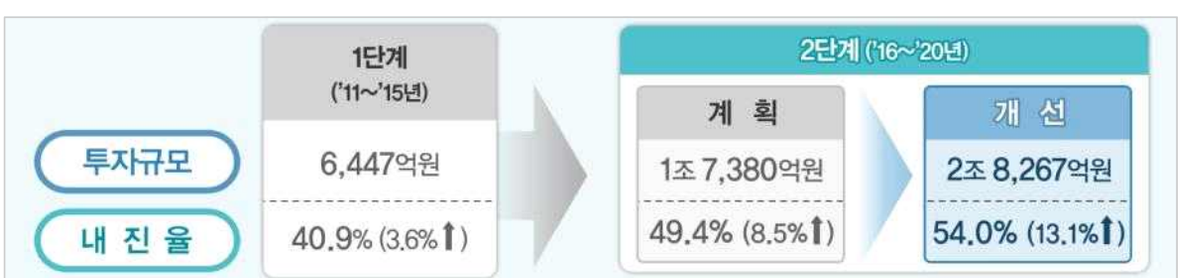
◎ 국민 안전을 위한 내진관련 공공기술 확보(설계 · 시공 · 제품 개발)와 국가차원의 지진재난 정책 실현을 위해서는 실규모 실증실험이 가능한 대형 진동대 구축이 시급

– 新정부 국정운영 5개년 계획을 통해 “국민의 안전과 생명을 지키는 안심사회 구축을 최우선 국정전략”으로 정립하면서 통합적 국가재난관리체계 구축 강조

* (지진 안전) 내진설계 · 보강, 지진 조기경보체계 개선, 활성단층 조사 실시, 지진 대비 교육 · 훈련 확대 등 '20년까지 선진국 수준의 지진 대응체계 마련을 위한 내진설계 및 보강기술 개발 추진

– (국민안전처) 2019년까지 공공건축물의 내진설계 비율을 49%까지 끌어올리기 위해 매년 1,300억 원을 투입 (내진설계의무 대상 건축물 확대)

· 정부에서는 공공시설물 안전확보를 위해 '11년부터 내진설계가 적용되지 않은 기존 공공시설물에 대한 내진보강 1단계('11~'15년) 사업을 추진하여 왔으며 '16년부터 2단계('16~'20년) 사업을 추진하고 있음



[그림 4-77] 1,2단계 내진보강 추진 규모 및 목표

· '15년말 내진설계 대상 공공시설물 127,306개소 중 52,105개소의 내진성능이 확보되어 40.9%의 내진율을 보이고 있으며 2단계 사업이 종료되는 '20년에는 49.4%까지 내진율이 확보될 것으로 전망됨

· 2단계('16~'20) 당초계획(1조7,380억원) 대비 63% 증가한 2조 8,267억원 투자로 내진율(49.4%→54.0%) 확대 등 내진성능 조기 확보 추진

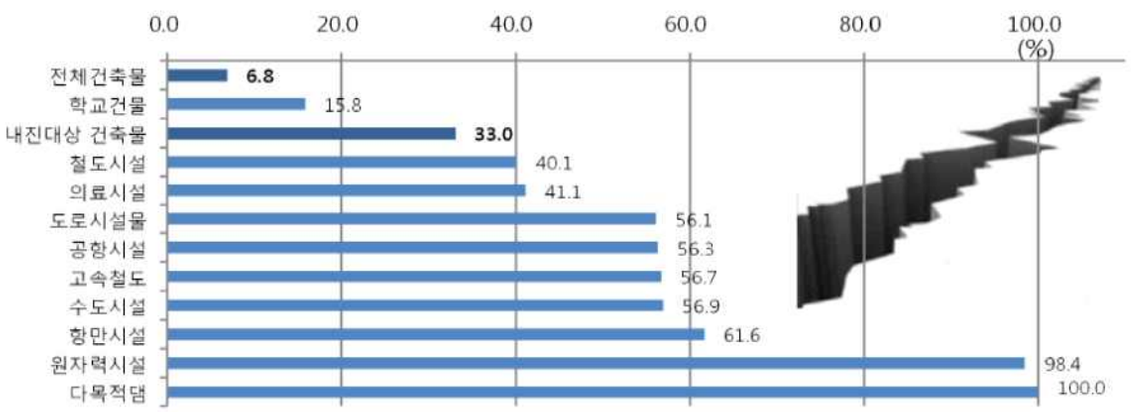


[그림 4-78] 공공시설 조기 내진보강 및 안전관리 강화 계획

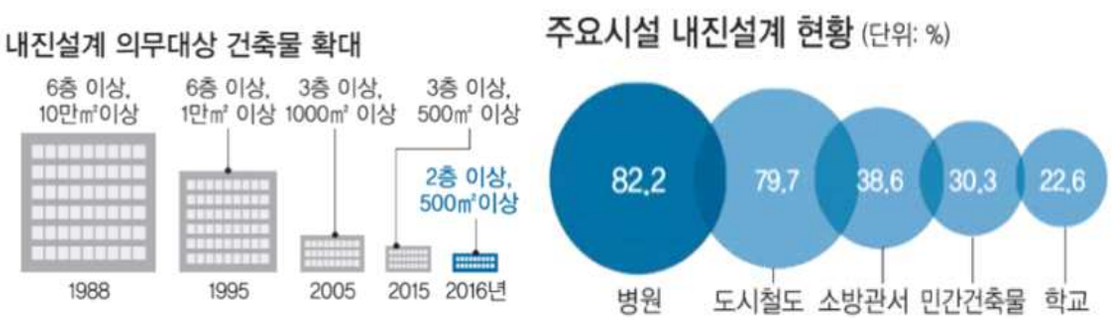
* '15년 12월 기준, 국내 전체 건축물의 내진율은 6.8%로 매우 낮으며, 공공시설인 학교건물의 내진율은 15.8%, 내진설계 대상 건축물의 내진율도 33%로 매우 낮은 수준임

* 내진설계 의무 대상 건축물 확대 관련으로 저비용, 고효율 내진보강 방안 개발 등 지원 필요

* '15년 12월 기준, 국내 건축물의 내진설계율은 고작 33%로, 세종(50.8%)과 울산(41%), 경남(40.8%)에 비해 이미 대도시로 조성된 지 오래된 부산(25.8%), 대구(27.2%), 서울(27.2%) 등의 내진율은 매우 낮음



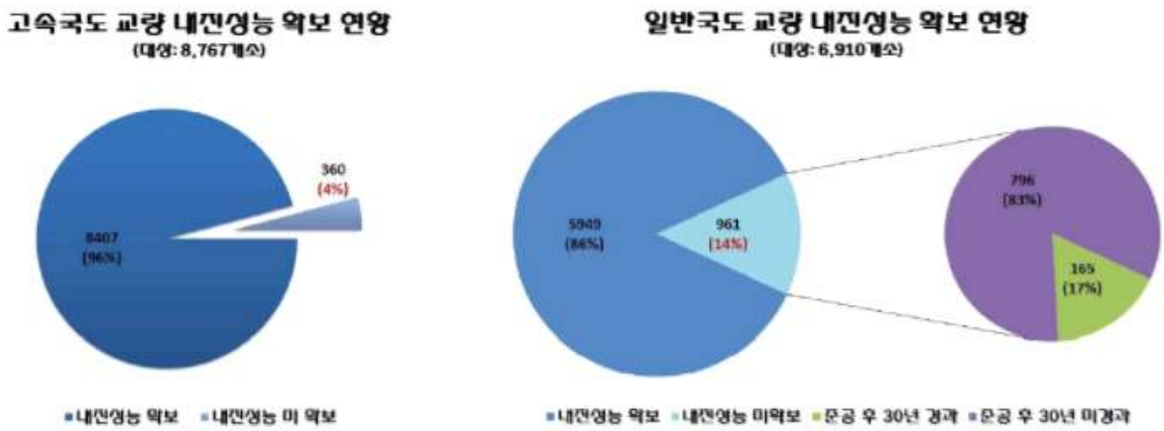
[그림 4-79] 국내 건축물 내진율 현황(국토교통부 건축물 내진율('15.12), 국민안전처 시설물 내진보강현황('15.10))



[그림 4-80] 주요 공공시설물 내진설계 현황(국민안전처, 2016)



- '16.09 말 기준으로 고속국도 교량 4%, 일반국도 교량 14%는 내진설계가 적용되지 않은 채 사용 중으로 지진에 대한 대비는 매우 미흡한 실정
  - 내진설계를 적용하지 않은 일반국도 교량 17%는 준공 후 30년이 지난 노후 교량으로, 지진으로 인한 교량 붕괴는 대형사고로 이어질 수 있어 교량 내진성능 보강기술에 대한 관심이 필요함



[그림 4-80] 고속국도 교량, 일반국도 교량의 내진성능 확보 현황(국토교통부 교량 내진성능 확보 현황)

[표 4-70] 국내 주요 기간시설물 및 전체 공공시설물 내진율 현황

대상시설	계	내진성능 확보	내진보강 필요	내진성능 확보율
전 체 시 설 물	116,768	53,206	63,562	45.6%
공 항 시 설	441	264	177	59.9%
도 로 시 설 물	32,210	20,305	11,905	63.0%
가 스 시 설	426	424	2	99.5%
도 시 철 도	1,075	867	208	80.7%
송 유 관	5	-	5	0.0%
수 도 시 설	2,568	1,462	1,106	56.9%
어 항 시 설	1,249	318	931	25.5%
원자로 등 관계시설	247	243	4	98.4%
전 력 시 설	4,273	3,745	528	87.6%
철 도 시 설	3,994	1,644	2,350	41.2%
고 속 철 도	274	184	90	67.2%
항 만 시 설	705	430	275	61.0%
학 교 시 설	31,900	7,573	24,327	23.7%
유 기 시 설	77	10	67	13.0%
병 원 시 설	2,823	1,833	990	64.9%
전 기 통 신 시 설	76	27	49	35.5%

※ 출처 : 2015년 12월, 국민안전처

◎ (행정안전부) '17.10「지진 · 화산재해대책법」 일부 개정법률안 통과로 '18.09까지 하위법령 마련으로 '지진 안전 시설물 인증제'를 시행 및 내진보강 적용 대상 확대 추진

– 지진 안전 시설물 인증제 도입으로 민간(건축주, 소유주, 관리주)이 스스로 내진성능 확보를 유도하기 위해 민간 건축물과 시설물을 설계, 시공하도록 추진

– '지진 안전 시설물 인증제'가 시행될 경우 인증에 필요한 전문 인력을 갖춘 기관 및 단체 등을 대상으로 공공성을 확보할 수 있는 기관을 지정하여 추진 예정

– 내진보강 적용 대상을 '지자체'에서 재난관리주관기관과 국가기반시설을 관리하는 기관까지 확대하는 등 각종 전문위원회, 청문제도 신설하여 활발히 추진

※ 재난관리주관기관 : 재난이나 그 밖의 각종 사고에 대하여 그 유형별로 예방 · 대비 · 대응 및 복구 등의 업무를 주관하여 수행하는 관계 중앙행정기관
* 교육부, 과기정통부, 외교부, 국방부, 행정안전부, 환경부, 국토교통부 등 20개 기관

※ 국가기반시설 관리기관 : 재난관리책임기관 중에서 에너지, 정보통신, 교통수송, 금융, 보건의료, 원자력, 환경, 식용수, 정부중요시설 등을 관리하는 기관

◎ (국토교통부) SOC시설에 대한 특별안전점검 추진, 내진 보강계획 및 기준 재검토를 통한 실효성 있는 대응 체계 구축

– '17년 국토교통부 6대 주요과제 추진중 국민생활 안전 강화의 목적으로 "지진 · 풍수해 등 자연재해 대비"를 위한 지진대응 관련 기술 및 제도가 추진되고 있음

[표 4-71] 2017년 국토교통부 주요 추진 과제

추진 목표	세부 내용
지진 안전 관련 정보 공개 및 모니터링 체계 구축	· (내진정보 공개) 신규건축물의 내진설계 적용여부를 건축물대장에 공개하고, 기존건축물의 내진설계 적용여부도 공개토록 추진
	· (지능형 시설물 모니터링) 센서와 네트워크를 통해 시설물의 상태를 실시간으로 취득하는 지능형 모니터링 체계 구축 방안 마련
	· (지각변동 감지) 지진대응을 위해 첨단 측량인프라(GPS 상시관측소, 측지 VLBI)를 통한 全 국토의 지각변동감시체계 마련('17.下)
내진 보강 및 설계기준 개선	· (SOC 내진보강) 우리부 소관 시설물 22,400개소 중 내진성능이 미확보된 1,917개소*에 대한 내진보강을 조기 완료('24년→'20년)
	· (건축물 내진개선) 신축건축물의 내진규정 강화* 및 기존건축물에 대한 인센티브(건폐율·용적률 10%內 완화) 제공을 통해 지진 대응역량 강화
	· (내진설계기준 개선) 안전처의 '내진설계기준 공통적용사항('17.3 공표)'에 따라 도로·철도·공항 등 시설물별 내진설계기준 개선 추진
지진 대응 역량 강화	· (지진 대응) 신속·효과적인 재난대응을 위해 기관의 업무특성에 맞는 행동매뉴얼을 정비*하고, 재난 대응을 위한 지원체계 구축
	· (재난대비 의무보험 가입) 화재 등 재난대비, 물류창고(1천㎡ 이상)에 대해 의무적으로 보험 가입 추진(「재난 및 안전관리법」 개정 사항, '17.6~)
지진방재 강화	· '20년까지 주요 SOC 시설물 내진성능을 99.8% 확보 – 91.4% ('16) → 92.7% ('17) → 99.8% ('20)

* 지진방재종합개선대책(2016.05) 중 과학적 지진대비 인프라 확충 계획 수립

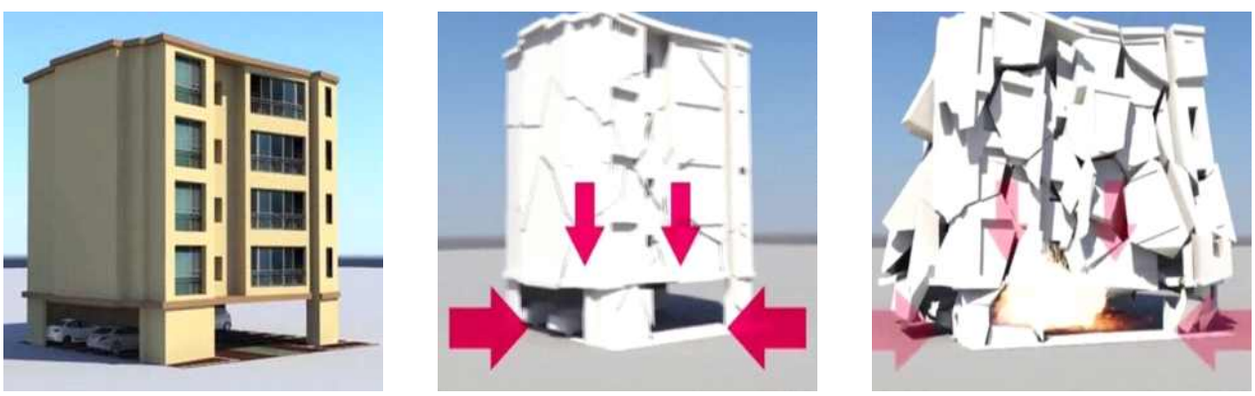


◎ 정부의 내진보강 기본계획 수립 및 추진으로 다양한 내진보강 관련 공법 및 기술, 제품 등의 개발이 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

– (학교건축물) 댐퍼보강, 외부보강, 강판보강, (교량 · 플랜트 · 원전구조물) 지진격리장치 등

① (지진 · 화산재해대책법) 재해로부터 국민의 생명과 재산 및 주요 기간시설을 보호하기 위하여 지진과 지진해일의 관측 · 예방 · 대비 및 대응, 내진대책과 지진재해를 줄이기 위한 연구 및 기술개발 등에 필요한 사항 규정
② (과학기술기본계획) 지진재난 예측과 대응 기술 확보
③ (NFRM) 세계적 수준의 연구장비 확충 계획 – Global Top 2 수준의 진동대 실험시설 확충
– 지진 및 진동분야 창조적 과학기술 창출 및 활성화 지원
– 첨단 대형연구시설 확보를 통한 새로운 과학기술의 발전 견인
④ (거대과학기술) 건설교통분야 국가대형연구시설 지원
⑤ (국토교통부) R&D 중장기 전략 중 안전한 국토 조성, 글로벌 시장 선도 기술 개발의 핵심 시설
– 지진 재해 선제적 대응, 국민안전을 보장하는 공공기술 개발의 핵심장비
– SOC 시설물의 장수명화 및 관리 효율화를 위한 진단, 보수보강 장비 개발

– '17년 11월 경주에서 발생한 진도 5.4규모의 지진으로 내진에 취약한 필로티 구조 건축물의 피해가 크게 발생함. 점차 증가하고 있는 다세대주택의 대부분이 필로티 구조물로 내진 취약성에 대한 기술적 검증이 필요하고 대응 방안을 마련해야 함



[그림 4-81] 필로티 구조물의 내진 취약성

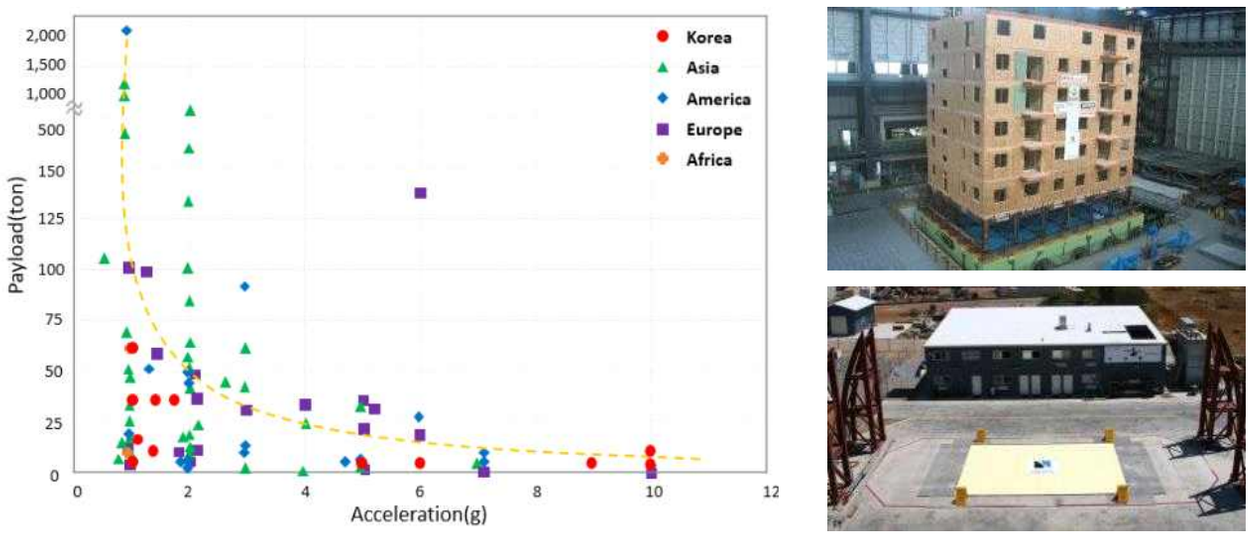
◎ 대용량 · 고성능 진동대 장비는 민간차원에서 도입이 불가능하므로, 날로 증가하는 내진분야 시장수요에 대응하고 공공시설물에 대한 체계적인 안전성 확보를 위해서는 연구인프라에 대한 정부차원의 적극적 구축 지원이 필요

– (인프라 부족) 지진재난시 관공서, 학교, 병원 등의 기능상실 방지(2차 피해 최소화)를 위한 공공인프라의 내진성능 향상 및 내진보강 기술의 검 · 인증 기반인프라 부재

– (국내) 적재하중 60톤(3Hz, 5×5m) 3DOF 진동대(부산대 지진방재연구센터)

– (해외) 실대형 구조물 실험을 위한 진동대는 1,000톤 이상(1~2Hz), 비구조요소 실험을 위한 진동대는 25톤(6Hz 이상) 수준

* (세계최고수준(적재면적)) 일본 NIED : 1,200톤 / 300㎡(15×12m) 6DOF 진동대
* (세계최고수준(적재용량)) 미국 UCSD : 2,000톤 / 93㎡(12.2×7.6m) 1DOF 진동대



[그림 4-82] 국내외 주요 진동대 규모·성능 비교 및 NEID(일본), UCSD(미국) 진동대 현황

1.2.2 기술적 필요성

내진관련 기술수준

- (국내) 국내 내진분야를 포함한 구조적 안전 성능 및 도시 재난 · 재해 대응 분야의 기술수준은 최고국 대비 매우 미흡한 수준임
  - 내진관련 기술수준 최고국(미국) 대비 자연재해 모니터링 · 예측 및 대응기술 분야(72.9%, 기술격차 7.8년), 지진관련 연구분야(74.4%)로 저조함
    * 출처 : 미래재난환경에 대비 소방방재 R&D 로드맵 기획 연구(2015, 국민안전처)
  - Full scale 진동대 실험의 경우에는 용량과 성능이 부족하고, 실시간 하이브리드실험의 경우에는 고속·대용량 유압장치(H/W)는 구축되어 있으나 제어, 해석기술이 부족
- (국외) 실시간 하이브리드실험의 원천기술(다자유도 제어, 부구조계(실험)–전체계(해석) 해석기술)을 확보하고 있으며, 초대용량 진동대 또한 구축되어 있음

내진관련 인프라 구축수준

- 국내 내진관련 인프라 구축 수준은 72.3%로 매우 미흡한 수준임

* 출처 : 미래재난환경에 대비 소방방재 R&D 로드맵 기획 연구(2015, 국민안전처)

[표 4-72] 국외 최대규모 진동대시설과 국내 최대규모 진동대 구축 수준

구 분	규격, 규모	적재용량	비고
미 국	12.7m x 7.6m (96.5 ㎡)	2,000ton	적재용량 최대
일 본	20.0m x 15.0m (300 ㎡)	1,200ton	규모 최대
한국 - 지진방재연구센터 기준 (성능수준)	5.0m x 5.0m (25 ㎡)	60ton	
	[미국대비] 25.9%	[미국대비] 3%	
	[일본대비] 8.3%	[일본대비] 5%	

* [표 4-72]는 규모 · 규격과 적재용량의 정량적 수치에 의한 성능수준을 비교한 것으로 실제 기술수준과는 차이가 있을 수 있음



- 국외 내진기술 선진국인 일본 SHIMIZU, 대만 NCREE, 중국 GCST 등에서 전략적으로 수직 가진이 가능한 대형 진동대 시스템 확보에 노력. 그 결과 50 Hz 대역 이상에서 100~200톤급 시험체를 6자유도로 제어, 실험할 수 있는 연구장비 보급되기 시작하였음
  - 이러한 장비구축은 연구적 의미도 있겠으나 실제 제품 및 기술의 내진성능을 직접적으로 평가하기 위한 목적이 더 크기 때문에 민간이 주도하거나, 시험평가 및 검증에 활용도가 높음
  - 실제로 SHIMIZU는 구축 목적을 기술 유출을 방지하기 위하여 자체 성능평가 환경을 구축하는데 주력함

국내외 기술적 한계

- 국내의 건축구조기준(KBC) 등 내진설계기준에서 정하고 있는 각 구조형식별 내진성능은 실험적으로 검증된 바가 없는 상태임. 특히 국내에서만 사용되고 있는 건축 상세 및 구조상세에 대한 내진성능은 실증실험 등을 통하여 내진성능을 명확하게 규명할 필요가 있음
- 지진재해에 따른 메가 스트럭쳐 및 TOP 플랜트 방재 기술 개발 지원(제품 및 기술 검, 인증)과 실구조물을 적용한 실험체에 대한 지진실험 및 내진성능 평가 요구에 대응할 수 있고, 면진 및 제진시스템 적용 활성화, 신기술(제품) 개발에 따른 관련 제품의 성능검증을 위한 국제적 수준의 대형 진동대 구축이 시급한 실정
  - (메가스트럭쳐) 초고층 건물/초장대 교량과 같은 고부가가치 사업에 대한 수요는 꾸준히 증가하고 있는 실정이나 국내 고유의 내진설계, 보강공법과 같은 원천기술이 부족한 실정
- (상사비에 따른 연구 제약) 사용가능한 실험시설의 용량과 크기의 제약에 따라 구조물에 상사비를 적용한 실험을 수행하고 있음. 그러나 재료적/구조적 특성에 따라 현실적으로 적용가능한 상사비가 제약되고 있음
  - 고려대학교, 부산대학교 지진방재연구센터가 2011년부터 2012년까지 공동으로 수행한 콘크리트 구조물의 내진실험에서는 일반적으로 수급이 가능한 재료를 사용하여 최대 1/15의 축소율을 가진 구조물 모형을 제작하여 실험하였고, KBC 기준과 비교한 다층 구조물의 내진성능을 검증하는데 그 결과를 활용함



[그림 4-83] 축소모형 실험 사례(지진방재연구센터)

  - 국내 최대규모인 지진방재연구센터 진동대의 크기 및 적재하중 용량 제한으로 인해 초기 목표하였던 구조물의 층수를 낮추어 설계하고 질량비 조정을 통해 왜곡된 축소모델에 대한 상사비 적용 실험을 수행하였음
    - 실험에 사용된 철근은 상사비에 근거하여 실물크기 철근의 항복하중과 상응하도록 열처리하여 사용하였으나, 골재는 1/15 축소율을 고려하기 힘들고 시공성이 저하되기 때문에 설계 강도와 골재크기가 상사비에 따라 유사한 수준인 굵은 모래, 레미탈 등으로 대체 사용하여 콘크리트를 구성함
  - 대형 실구조물에 대한 지진실험 수요에 대응하고 다양한 내진실험 및 진동내구성 실험을 수행하기 위해서는 현재 구축된 장비보다 더욱 높은 용량과 더 큰 실험체가 수용가능한 대용량 · 대형 진동대 시스템 구축이 필수적임

– 3차원 구조 시스템에 대한 내진 연구는 실험체의 제작이 어렵고, 정적실험 시 가력방법이 실제 상황과 다를 수 있어 실험 연구가 어려웠으나, 최근 고성능 지진 모의실험장치가 국내에서도 일부 구축됨으로써 3차원 구조시스템의 실제와 유사한 지진모의 실험이 가능하게 됨

– 그러나, 일본의 E-Defense의 대형 지진모의실험설비를 제외하고는 실험체의 크기가 실물크기 구조체를 실험하기에 부적합하여 축소모델을 사용한 연구로 추진되었으며 이러한 축소모델을 사용한 경우 상사성을 만족시키는 재료적 · 구조적 거동과 물리량(질량 등)을 확보하여야 사용된 축소모델의 거동이 실물크기의 거동을 대변한다고 가정함 이러한 거동의 상사성을 확보하는 기술은 초대형 건축구조물의 경우, 그 자체로 주요 과제가 되고 있으며, 그의 성패에 따라 지진모의실험의 유효성이 제약을 받게 됨

* 출처 : 지진모의실험을 통한 고층 철근콘크리트 공동주택의 내진특성 평가, 연구재단, 중견연구자지원사업 (연구책임자 : 이한선)

◎ **(해석적 접근법의 한계) 해석방법은 제한된 크기와 요소수를 갖는 단위 구조에 대한 해석모형에서는 적용이 가능하나, 실구조물과 같이 구조물의 형상이 복잡하고, 크기가 큰 경우에는 석재간의 상호작용을 해석적으로 모사하는 것이 현실적으로 불가능함. 따라서 이러한 경우 석재간의 상호작용은 무시하고, 비교적 균일한 단면과 재료특성을 갖는 단순화된 형태로 실구조물에 대한 해석을 수행하고 있음**

– 유한요소해석법의 발전과 이를 활용할 수 있는 해석도구의 발전에 따라 강구조물과 같이 재료의 성질이 균일하고 각 부재의 연결이 단순한 경우 혹은 비교적 단순한 형태의 철근콘크리트 구조의 경우에는 해석적인 방법에 의한 접근이 매우 용이한 수임

– 그러나 조적구조물의 경우에는 구조물을 구성하는 각 요소가 매우 넓은 다양성을 가짐. 예를 들어 자연석을 사용할 경우 석재의 크기변수는 비교적 좁은 분포를 가질 수 있으나, 형상에 대한 변수는 매우 넓은 분포를 나타낼 수 있음. 또한 각 석재들을 연결하는 접착제의 경우 재료의 역학적 성질을 해석적으로 모사하기에 매우 복잡한 특성을 가짐

– 또한 조적구조물의 경우 파괴거동 특성이 개별 석재의 파괴뿐만 아니라 요소간의 접착력 상실에 따른 분리에 의해서도 나타날 수 있음. 따라서 조적구조물은 균일한 형상의 단면이나 균일한 강성을 갖는 재료로 모사할 수 없으며, 정확한 거동을 해석적으로 모사하기 위해서는 요소간의 상호작용을 모사할 수 있는 연결요소를 적용한 해석 필요

– 그러나 이러한 해석방법은 제한된 크기와 요소수를 갖는 단위 구조에 대한 해석모형에서는 적용이 가능하나, 실구조물과 같이 구조물의 형상이 복잡하고, 크기가 큰 경우에는 요소간의 상호작용을 해석적으로 모사하는 것이 현실적으로 불가능함. 따라서 이러한 경우 요소간의 상호작용은 무시하고, 비교적 균일한 단면과 재료특성을 갖는 단순화된 형태로 실구조물에 대한 해석을 수행하고 있음

– 향후 상대적으로 내진성능이 취약한 조적조 저층 건축물과 RC조 저층건축물에 대한 내진성능 평가 및 대책마련이 시급한 실정에서, 간략해석에만 의존하는 것이 아닌 실구조물에 근접한 대형 실험을 통한 실질적이 검증이 요구될 것으로 전망됨

– 현재 보유하고 있는 규모의 가진 장비에서는 이러한 간략해석을 이용한 평가방법에 대한 검증이 사실상 불가능함. 해석적 검증이 가지는 신뢰성의 한계로 인한 실구조물에 대한 대형 지진모사 실험은 필수적임

– 또한 현재까지는 다소 연구가 부족했던 국내 조적조 건축 문화재에 대한 면진장치 및 내진대책에 대한 새로운 연구가 가능할 것으로 판단됨

◎ **(대형 구조물의 내진성능평가의 현실적인 제약) 국내 대용량 · 대형 지진모사 장비의 부재**

– 대형 구조물의 내진성능평가를 위한 검증실험은 구조물의 대형화에 따라 실물크기의 구조물로 실험을 수행할 경우, 실험실의 공간제약과 실험기기의 가력성능 등의 한계로 인하여 현실적인 제약이 존재함

– 부산대 지진방재연구센터에서 보유하고 있는 다지점가진 대용량 지진모사 실험장비는 현재 국내에서 국가연구시설장비로 등록 (NTIS)되어 공동 활용이 가능한 진동대 장비 중 단일기기로 국내 최대 규모의 장비임



– 그러나 이 장비의 실험체 설치 가능 면적은 5 × 5m (25㎡)이고, 수평방향 최대 가속도 수준에서 60톤 중량의 구조물에 대한 실험이 가능한 장비(3–DOF)임. 따라서 매우 제한된 조건에서의 일부 소형 구조물의 실물실험은 가능하나, 대형 구조물에 대한 실물실험에는 어려움이 있음

– 국내 실험 · 연구인프라 부족 및 기술력 부재로 우리 기업들은 국내에서 검인증이 어려울 경우 대부분 해외에 의뢰하여 수행하고 있는 실정임

· 국내에서 실대형 면진받침의 내진성능 실험이 불가능하여 미국 UCSD에서 실험 수행





[그림 4–84] 국내기업의 해외에서의 면진장치 실험사례(UCSD, 미국)

· 미국 UCSD에서는 국내 기업인 유니슨이테크(주) 및 에스코RTS(주)에서 제작된 면진받침의 내진성능 검증실험이 수행되었음(Schellenberg et al. 2015)

– 실험인프라, 기술 부족으로 기술의 검인증을 위한 해외 의존도가 높아질수록 막대한 외화낭비 뿐 아니라, 기술 유출의 우려가 높음

[표 4–73] 비구조 요소 관련 국제 시험 기준

인증	인 증 명	내 용
ICC–ES AC156	Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake–Table Testing of Nonstructural Components	· 일반적인 비구조 요소의 내진성능을 검증하기 위한 시험방법
IEEE Std 693	IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations	· 일반적인 비구조 요소의 내진성능을 검증하기 위한 시험방법
IEEE Std 382	IEEE Standard for Qualification of Safety–Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations	· 발전소 특히, 원자력발전소와 관련된 비구조 요소의 내진성능 검증 · 가장 보수성이 높은 시험방법 중의 하나로서 sine sweeping test인 RIM test를 적용 · 기계 및 전력설비 · 하지만, 국내에서는 시험하중이 3 ton 이상인 경우 인증이 가능한 장비 부재하여 시험하중, 가진 주파수 범위 및 가속도를 하향하여 SGS와 한국산업기술시험원(KTL) 등에서 제한적으로 수행
IEEE Std 344	IEEE Recommended Practive for Seismic Qualification fo Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations	· 발전소 특히, 원자력발전소와 관련된 비구조 요소의 내진성능 검증
IEEE Std 323	IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations	· 발전소 특히, 원자력발전소와 관련된 비구조 요소의 내진성능 검증

◎ 내진설계 · 지진방재 기술 개발에 있어 구조물의 내진성능 및 연계 시스템의 상호작용 성능을 검증하기 위해서는 실대형 진동대를 이용한 full-scale 실험이 매우 중요

– 최근 들어 SOC시설물 및 건축물이 거대해지고 복잡해짐에 따라 기존 진동대 시스템으로는 과도한 상사비 적용(축소모형)으로 시스템 레벨에서의 내진성능과 축소가 불가능한 제진·면진장치 제품 등에 대한 실증이 불가능

* 초장대교량, 초고층빌딩, 발전·에너지플랜트 등 메가스트럭쳐 증가

– 또한, 국내에서는 연구가 미미하나 지진에 의한 2차 인명피해가 큰 비구조요소*에 대한 실질적인 안전성 설계·검증을 위해서는 실대형 지진모사가 가능한 진동대가 요구됨

* (비구조요소) 천장재·외장재, 창호·건축자재, 도시가스·소방설비, 통신·전력설비, 에어컨, 공기조화기 등

* 경주지진에 의한 피해 중 비구조요소 손상으로 의한 2차 피해가 전체의 50%

– 해외 초대형 건축물 및 발전플랜트 등의 수주시 내진안전성 설계는 필수 요소로, 고부가가치 엔지니어링 기술경쟁력 확보를 위해서는 실증연구를 통한 설계기술력 제고가 절실

* 내진관련 기술수준은 최고기술국(미국) 대비, 자연재해 모니터링 · 예측 및 대응기술 분야 기술수준은 72.9%(기술격차 7.8년), 지진관련 연구 분야는 74.4%, 인프라 구축 수준은 72.3%로 매우 낮음

* 롯데월드 타워는 진도 9.0의 내진설계를 적용하였으나 설계사는 미국 KPF 및 LERA사에서 수행

– 세계적으로 912지진 및 1115지진*과 같은 고주파 특성의 근거리(암반) 강진과 지진의 수직운동에 대한 영향에 관심을 갖기 시작하면서, 실증실험을 통하여 비구조요소 등의 지진 안전성 확인 요구가 증가함

* 최근 우리나라에서 발생하였던 지진은 미국의 중서부, 일본의 Kumamoto 등에서 발생한 지진과 유사하게 고주파 성분이 탁월한 지진으로 비구조요소 피해 발생 가능성 높음

◎ (소결) 국내외 기술, 연구장비 인프라 부재로 인한 연구적 한계

– 구조물에 대해서는 국외에서 추진한 사례가 없음. 우리나라 연구진이 미국과 일본 등과 협력할 정도로 펀드가 조성된 적이 없음. 국내에서는 지진재해에 대한 대비를 등한시하여 국내 건축물 자체의 특성 등은 조사, 연구하지 않고 국외의 기준을 모방하는 수준임

– 건축분야 등에서 외국과 연계한 연구 계획이 논의되기도 하였으나, 실험을 고려한 대형 펀드는 조성되지 않았으며, 경주 912지진 이전까지 지진에 대한 펀드 규모 자체가 작아 국외 실험을 수행할 수 없었음

– `16년 및 `17년 지진발생 이전에는 지진관련 국내 내수시장 규모가 크지 않았기 때문에 민간에서 별도의 투자 수요가 일어나지 않음

– 다만, 일부 분야에서 미국의 UCSD의 실험시설을 활용하여 실대형 면진받침의 내진성능을 검증한 사례는 있음

* 출처 : 산업부-에너지기술평가원, 원전구조용 면진영향설비의 성능검증 기술개발, 2011~ 2016

– 국외 초대형 진동대 실험은 활발하게 수행되고 있는데 반하여, 그 결과(논문 등) 데이터 공유가 되지 않고 있어, 지진관련 기술에서 해외와 기술격차가 벌어지는 이유가 되고 있음. 이러한 해외와 기술격차를 줄이기 위해서라도 장비 확충이 시급함

– 기존의 연구는 주요 구조요소 및 해당 설비기기의 수직 방향 진동에 대한 영향만을 고려하였기 때문에 소형의 진동대로도 충분한 실험적 연구가 가능하였으나, 최근에는 구조물과의 상호관계(interaction)를 반영하기 위하여 일정 수준의 구조물을 함께 모사할 수 있는 대형의 진동대 구축 요구

* 설비, 기기 자체의 내진성능 검증에 필요한 세계적 수준의 진동대는 기 구축(2단계 장비보강사업)

– 진동대는 현재까지 발생한 실제 지진을 모두 모사할 수 있도록 목표를 설정하고 설계, 제작되고 있음. 각 국가에서 발생하는 지진의 특성을 고려하여 자국에서 추가적인 지진 발생시 이를 대비할 수 있도록 계획함(예, 일본에서는 동일본대지진과 같은 높은 가속도, Kumamoto(2016) 지진과 같은 큰 속도와 변위 발생이 가능한 진동대를 확보하였으며, 대만에서는 Chi-Chi 지진과 같은 초대형 변위(±300mm 이상)가 발생하는 것을 모사할 수 있도록 설계됨)

– 우리나라에서는 최근 지진 발생에 의한 피해가 발생하였으나 인접한 일본, 대만, 중국 등에 비해서는 지진피해가 상대적으로 작은 중약진 지진대역에 속해있으므로 기존에 발생한 지진 기록에 대비하여 진동대를 계획하는 것은 무의미함

1.2.3 경제 · 산업적 필요성

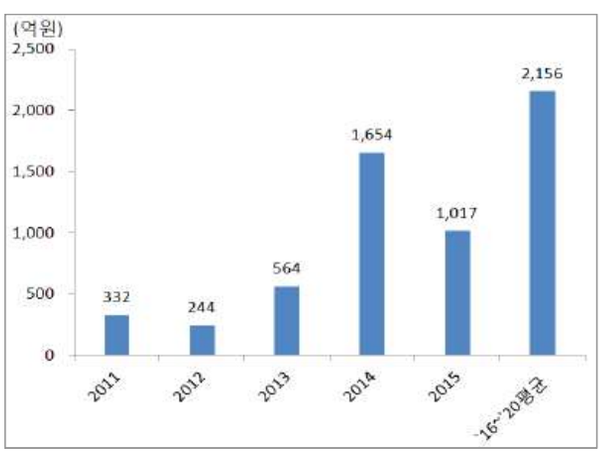
■ 공공시설물 및 민간 건축물의 내진설계 · 내진보강, 기계 · 설비 등의 내진성능평가 및 면진 · 제진장치 등에 대한 인식전환으로 진동대 수요가 크게 증가하고 있음

- 기존 구조물의 강성을 증대하는 내진기술 뿐만 아니라 면진, 제진 등 다양한 첨단 제품 및 기술이 개발 · 적용되고 있으며 해당 기술이 초고층 건축물, 초장대 교량 등에도 적용

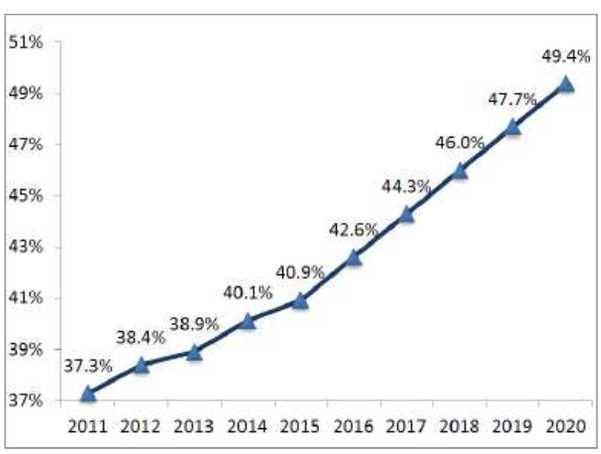
* 국내 내진보강 예산은 332억원('11년), 1,654억원('14년) 집행되었으며, 향후 민간소유 건축물에 대해서도 내진보강에 대한 의무화 및 적용시 인센티브제도 시행으로 '20년에는 내진 보강 시장이 2,156억원까지 확대될 예정

* 국토교통부는 '17년 전체 예산중 1,123억원을 내진성능 보강 예산으로 확보('16년 대비 2배 증가)

* (일본)세계 최대 면진시장을 보유하고 약 5천동 이상의 건축물에 면진장치 적용. 일본 내 면진장치 시장규모만 연간 4,000억엔 수준으로 추정(국내 내진기술 현황 및 전망(KDB산업은행), '17.01)



[그림 4-85] 공공시설물 내진보강 시장(국민안전처, '16.04)



[그림 4-86] 공공시설물 내진율 전망(국민안전처, '16.04)

- Global Insight(Sep. 2007)는 '16년 세계 건설시장 규모를 7조 6천억 달러로 전망하고 이중 구조부문은 약 2조 2천억 달러, 내진설계 및 장치 시장규모는 약 6천억 달러로 추정
- '20년에 내진관련 시장은 국내 건설시장의 1% 수준인 1~1.5조원까지 확대 전망(산은조사월보 제734호, '17.01)
- 정부가 신규 건축물에 대해 2층 이상(연면적 500㎡ 이상) 소규모 건축물까지 내진설계를 의무화('17.02)하고 기존 건축물도 내진보강을 적극지원(인센티브 등)함에 따라 시장수요가 크게 증가할 것으로 예상
- 해외는 선진국과 강진발생지역을 중심으로 대형 · 고성능 진동대를 기반으로 한 구조 · 비구조요소 안전성 확보를 위한 설계기준 강화 추세

* 미국, 유럽, 일본 등에서 설계요건을 강화하고 국가별 특성을 고려한 시공방법 적용

* 설계기준 외에도 ICC-ES, ASME, ASCE, 등 비구조요소 내진성능 시험방법 및 OSHPD, UL, FM 등 인정체계 구축을 통해 관련 제품의 신뢰성 검증 강화

- 우리나라는 관련 인프라 부족으로 비구조요소 관련 연구개발 및 제품개발은 초기단계이나, 기준 및 규제 강화와 인증체계 마련으로 향후 시장수요가 크게 증가할 것으로 전망
- 국내 기업의 내진설계 기술경쟁력을 강화하고 제진·면진 등 다양한 첨단 제품개발로 동남아시아 등 강진발생지역에 대한 해외시장 진출 확대를 위해서는 시험검증 인프라 확보가 중요
- 지진 불안감 증가로 정부는 지진방재대책의 일환으로 내진설계규정을 지속적으로 강화하고 있으며, 기존 공공시설물 내진보강대책 등을 적극 추진하고 있어 국내 내진관련 건설시장 또한 지속적인 성장이 예상
- 전 세계 인구증가 및 도시화로 지진발생에 따른 피해가 대규모화 되면서 내진기술은 해외 건설시장에서 고부가가치를 창출할 수 있는 미래기술로 부각
- 국내 건설업체들이 글로벌 건설시장에서 기술경쟁력을 확보하고 시장을 선점하기 위해서는 장기적 관점에서 내진기술개발에 대한 투자 확대 및 첨단 내진기술 역량을 강화해야 함

향후 지진으로 피해 발생 가능성이 높은 저층 건축물의 지진피해를 최소화 하고, 유지보수 · 보수보강 비용을 절감하기 위한 사전예방 필요

- 국내에서 전체 건축물의 동수에 비해 저층 건축물의 동수가 차지하는 비율은 약 97.5%, 규모 6.0이상의 지진 발생 시에는 약 80%의 저층 건축물에서 지진피해가 발생할 가능성이 있음 (유홍식 등, 2014)
- 저층 건축물은 높이에 비해 바닥면의 면적이 상대적으로 넓기 때문에 실험 모형을 대상으로 내진성능 평가 시 요구되는 진동대 시스템의 면적이 넓음



[그림 4-87] 조적조 저층 건축물의 지진피해 사례



[그림 4-88] RC조 저층 건축물의 지진피해 사례



2. 국내외 기술 및 시장동향 조사

2.1 국내외 기술동향 조사

2.1.1 국내 기술동향

내진 분야 국토교통 R&D 추진 현황

○ '17년 추진되고 있는 국토교통 R&D중 내진, 지진, 내진보강, 재난 · 재해 등 관련 R&D 연구 과제는 총 15개로 약 115.9억원(정부출연금 86.2억원) 규모로 추진되고 있음

– 내진과 관련된 R&D 연구과제는 계속적으로 증가하는 추세이며

* '17년 예산 기준의 과제이며 기존 진행되고 있던 타 과제들은 미포함

[표 4-74] 2017년 내진관련 국토교통 R&D 연구과제

과제체계	과 제 명
일반과제	고내화성 내진보강용 NSM-FRP 매립형 및 TRM-FRP 패널형 복합공법의 개발과 실용화
일반과제	구조물의 내진성능향상을 위한 MR 엘라스토머 기반 스마트 기초격리시스템 개발
일반과제	나노압입을 이용한 강구조의 변형률 속도효과 분석 및 지진 취약도 진단기법 개발 연구
일반과제	네트워크 기반 라이프라인 지진 재해 기능저하 예측 모델
일반과제	두께 10mm급 강판을 절곡하여 제작한 합성구조의 기둥이음 및 보-기둥접합을 위한 무용접 내진접합기술 개발
일반과제	사회기반시설 내충격 성능평가를 위한 실험기법 개발
일반과제	신소재를 활용한 내진보강용 브레이싱 댐퍼 장치의 원천 시스템 개발 및 성능검증을 위한 실험적 연구
일반과제	자가복원력을 가진 고효율 저비용 내진보강시스템 개발
일반과제	지반응답스펙트럼 추정기법 개발 및 해석모델DB 구축을 통한 교량의 지진재해 대응 피해예측 시스템 구축기술 개발
일반과제	지진재난대응력 강화를 위한 건축물 손상-손실 관계를 고려한 내진성능지수 개발
일반과제	지하수내 라돈 실시간 측정 및 지하수위의 연속 자동 측정 방식을 활용한 지진계측시스템 구축 연구
일반과제	한국형 파이프라인 내진 취약도 및 안전성 개선
연구단과제	재난 시나리오(태풍, 호우, 지진) 기반 수변구조물 통합안전관리 기술 개발
연구단과제	지반함몰 발생 및 피해 저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착 · 보강 기술 개발
연구단과제	지진 및 기후변화 대응 소규모/기존 건축물 구조안전성 향상기술 개발

국내 기술개발 현황

- 일부 업체에서 주로 교량용 면진시스템으로 LRB, HDRB(High Damping Rubber Bearing), RFPB (Resilient Friction Pot Bearing) 등을 해외 제품에 의존하여 단순 생산하고 있는 실정
- 교량 이외에도 LNG 저장탱크 등의 국가 주요 시설물 및 국가기관의 주요 건물, 고급주택을 대상으로 면진시스템의 적용에 대한 연구가 진행 중이며 일부 시험 적용중
- 국내의 면진시스템 설계 및 제작기술은 외국회사와의 기술제휴를 통해 기존의 면진시스템을 단순 설계·시공하는 수준에 머물고 있으며, 구조물 및 설비에 대한 동적특성을 고려하여 해석·설계하는 기술은 거의 전무한 실정
- 따라서 면진시스템에 대한 자체적인 설계 및 제작기술의 확보로 신뢰성 있는 국산 면진시스템의 개발이 매우 시급함

2.1.2 국외 기술동향

국외 기술개발 현황

- 국외의 경우 미국, 일본 등에서 15~20년 전부터 초대형 진동대를 이용한 관련기술 검증 및 개발이 활발히 진행중임
  - 실대형 구조물의 지진실험 및 내진성능 평가 실험과 면진/제진시스템에 대한 성능검증이 가능하나 국내에서는 관련 기술검증이 제한적임
    * (세계최고수준(적재면적)) 일본 NIED : 1,200톤/300㎡, 6DOF
      (세계최고수준(적재용량)) 미국 UCSD : 2,000톤 1DOF
  - 최근 중국, 인도 등 신흥국의 성장과 유럽, 미국 등의 선진시장으로의 진출을 위해 빌딩용 수배전반, 가스절연개폐장치, 산업용 펌프 등의 대형 비구조 요소에 대한 내진성능 및 내진동 성능검증수요가 증가
- 미국, 일본, 뉴질랜드 등 지진 발생 다발지역에서는 이미 지진에 대한 제어기술이 사회적 관심과 투자로 신설 구조물의 내진설계와 기존 구조물의 내진성능 보강에 면진시스템과 같은 첨단 기술이 적극 활용되고 있음
  - 미국은 1970년대 중반 UC Berkeley내의 PEER(Pacific Earthquake Engineering Research) Center 및 SUNY Buffalo 등 연구기관, 대학 중심의 면진시스템 연구가 시작
  - 1985년에 건설된 Foothill communities Law & Justice Center에 처음 면진시스템이 사용되었고, 이후 Salt Lake City & County Building, USC Hospital, Sierra Point Bridge 등 많은 구조물의 내진설계에 사용됨
  - 뉴질랜드에서는 1970년대부터 Dr. William Henry Robinson을 중심으로 면진시스템이 연구·개발되기 시작하였으며, William Clyton Building 등에 적용되기 시작
  - 일본의 경우 1970년대 후반 미온적으로 연구를 시작한 이래 동경대학 내 지진연구소와 경도대학의 방재연구소 등 대학연구소, 일본 대성건설과 같은 대형 건설회사나 중공업회사의 연구소를 중심으로 내진제어기술이 연구됨
    * 1982년 Yachiyo시 소재 2층 주택 건물에 Rubber Bearing을 처음 사용하면서 부터 1986년 1987년 사이에 대규모 건물에 본격적으로 적용됨
    * 또한, 1995년 고베지진 이후 콘도미니엄, 사무용 건물 및 병원을 중심으로 적용 대상이 급격히 증가하였음
  - 현재, DIS Inc.(미국), EPS(미국), Oiles Corporation(일본) 등에서 다양한 면진 시스템이 생산되어 적용되고 있으며, 이밖에도 미끄럼받침 계열의 면진시스템으로서 미국 R. J. Watson사의 EQS (EradiQuake System), 미국 Seismic Shock Control Systems사의 Seismic Shock Control Units가 있음
  - 원전분야의 면진시스템은 프랑스, 일본 및 미국 등에서 활발한 연구와 실제 적용함

- (프랑스) AREVA사는 프랑스의 Cruas-Meysse 원전 4개 호기와 남아프리카 공화국의 Koeberg 원전 2개 호기에 면진시스템을 적용
- (일본) 중부전력이 면진시스템을 적용한 Pilot Test 건물을 건설하여 계측 중에 있으며, JNES (Japanese Nuclear Energy Safty Organization)에서는 원전의 면진시스템에 대한 체계적인 연구가 진행되고 있고 1500 MWe 규모의 APWR에 대한 시험설계가 이루어짐
- 또한, 동경전력은 원전 내 일반 발전소 부속 건물에 면진시스템을 적용이 이루어졌음
- (미국) 4S NPF(Generation IV Small liquid metal reactor plant, the So-called Super Safe Small and Simple Nuclear based Power generation Facilty)는 LRB를 이용한 설계가 이루어졌으며 알라스카에 건설될 예정임
- 특히, 신형 ALMR, SAFR(Sodium Advanced Fast Reactors)에 대한 면진시스템 설계가 DOE (Department of Energy)의 지원으로 이루어지고 있음
- (국외 문화재 보호를 위한 내진 기술 적용) 문화재와 같이 지진에 매우 취약한 구조를 갖는 경우 각종 내진기술 적용을 통해 보수/보강 수행
  - 미국 샌프란시스코의 시청사옥은 1906년 발생한 지진에 의해 붕괴되었으나, 1912년 재건축되었고, 1989년 발생한 Loma Prieta 지진 때 다시 손상을 입음. 그리고 2000년도에 1.05억 달러를 들여 보수보강을 실시하였음

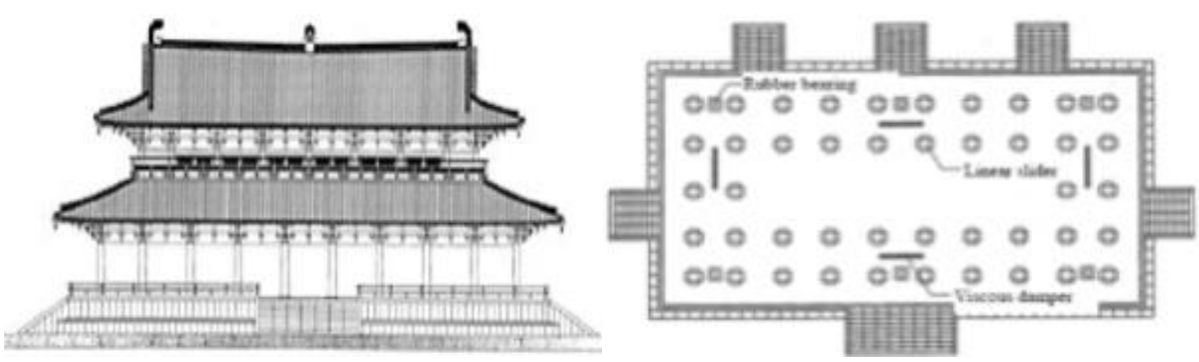


[그림 4-89] 지진으로 붕괴된 미국 샌프란시스코 시청 (1906)



[그림 4-90] 미국 샌프란시스코 시청의 면진장치 적용 내용 및 보수보강 내용

- 일본의 경우에도 목조건물양식의 문화재에 면진장치를 적용하여, 지진재해에 대해서 보호하고 있음



[그림 4-91] 일본의 문화재 면진장치 적용사례

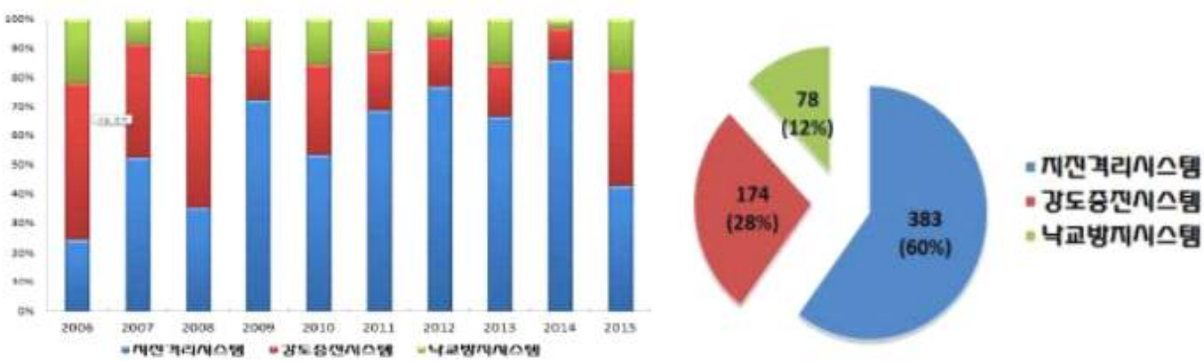
– 이탈리아는 많은 문화재를 보유한 만큼, 그 문화재의 보존과 보호에도 높은 관심을 갖고 있음. 예로 베수비우스 화산폭발로 분출된 물질들에 의하여 오랜 기간 묻혀 매우 부서지기 쉬운 Ercolano에서 발굴된 Roman ship에 적용된 면진시스템을 예로 들 수 있음



[그림 4-92] 탈리아의 문화재 면진장치 적용사례

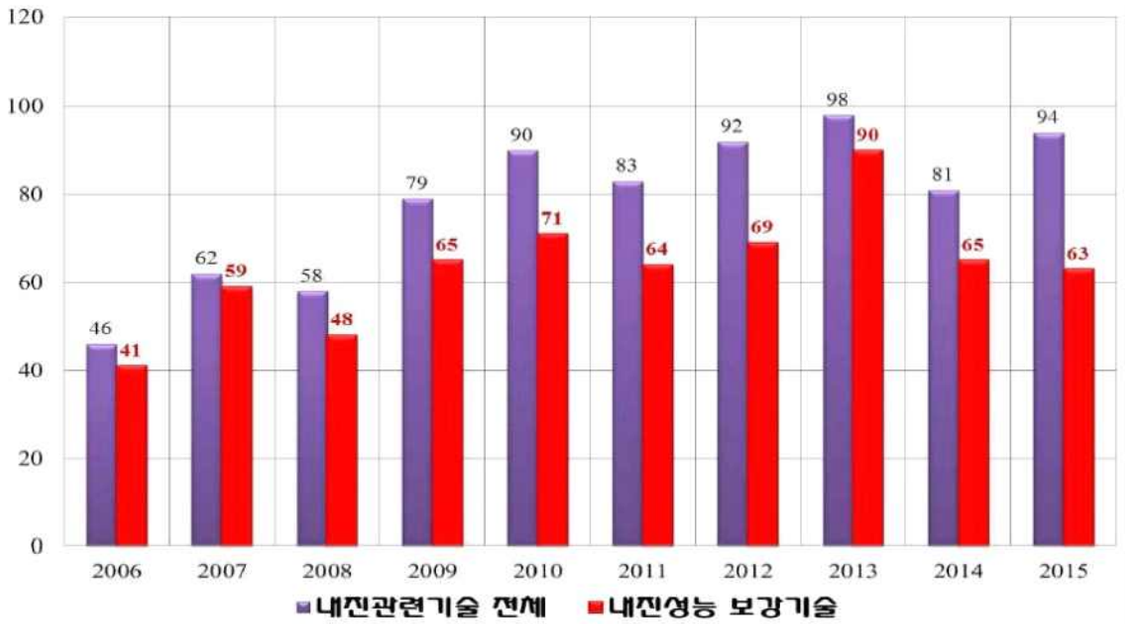
2.1.3 국내외 특허 및 논문 동향

- '10~'14년 5년간 내진관련 특허출원 건수는 총 487건으로 내진분야에 대한 특허출원이 점차 증가하고 있는 추세임 (주요 5개국 중 4위 수준으로 선진국을 추격하는 단계)
  – 내진보강 기술특허 출원 건수 급증 : '05년~'09년 70건 → '10년~'14년 287건
  – 내진보강 부문이 287건으로 전체 내진관련 특허건수의 58.9%를 차지하고 있으며 5년간 건설신기술로 지정된 내진관련 신기술은 2건으로 전체 건설신기술 157건의 1.3% 수준을 유지하고 있음



[그림 4-93] 내진성능 보강기술 유형별 특허 출원 현황(지진격리시스템은 지진격리장치 관련 교체장치 포함), 특허청

- 특히, 교량구조물 내진 특허 출원(신청)이 지난 10년간 연평균 78건(2017.01, 특허청)으로 내진성능 보강기술은 전체 출원 건수의 약 81% 차지
  – 교량 분리로 지진 여파를 줄이는 '지진격리시스템'이 60%, 교량 기초강도를 증진하는 '강도증진시스템' 28%, 교량 상판 낙하 방지 '낙교방지시스템' 12%로 대다수를 차지함



[그림 4-94] 내진성능 보강기술, 특허청

'08~'17년 총 16,018건으로 지진발생 빈도와 유사하게 내진관련 논문도 계속적으로 증가하고 있는 추세임

[표 4-75] 년도별 논문 추이

년도	논문 수	전체 비율	막대차트
2008	1,110	6.9	
2009	1,293	8.1	
2010	1,277	7.9	
2011	1,421	8.9	
2012	1,608	10.0	
2013	1,836	11.5	
2014	1,996	12.5	
2015	2,227	13.9	
2016	2,462	15.4	
2017	788	4.9	
–	16,018	100	

2.1.4 기술수준 비교

- 국내 내진분야를 포함한 구조적 안전 성능 및 도시 재난 · 재해 대응 분야의 기술수분은 최고국 대비 매우 미흡한 수준임
  - 내진관련 기술수준 최고국(미국) 대비 자연재해 모니터링 · 예측 및 대응기술 분야(72.9%, 기술격차 7.8년), 지진 관련 연구분야(74.4%), 관련인프라 구축 수준(72.3%)으로 저조

[표 4-76] 기술수준 및 기술격차(소분류 기준), 특허기술 및 논문기술 경쟁력(중분류 기준)

주) 국토교통기술수준분석보고서(진흥원, 2015)

관련기술분야		기술수준 및 기술격차		특허기술 경쟁력		논문기술 경쟁력	
중분류	소분류	최고국	국내	최고국	국내	최고국	국내
건축물 성능향상	건축물/구조/안전/보안성능	미국	72.8% (5.8년)	미국	54.7%	미국	30.3%
도시인프라구축·관리 및 운영	도시재난·재해 대응	미국	61.9% (7.9년)	일본	33.8%	영국	23.9%

2.2 국내외 시장동향 조사

2.2.1 국내 시장동향

- '16년 9월 경주지진을 계기로 국내에서도 시설물의 내진설계에 대한 경각심이 부각되면서 정부는 내진관련 규정을 강화하고 있으며 '11년부터 추진해온 공공시설물 내진보강사업을 확대 추진하고 있어 내진관련 건설시장은 점차 확대되어 갈 것으로 전망됨
  - 선진국 대비 국내의 내진 관련 기술수준은 열위한 상태이나 지진발생 위험에 대한 경각심 증대로 건설업계의 관심이 지속적으로 증가하고 있음. 내진관련 자재 및 시공분야의 지속적 매출성장이 예상되며 '20년경에는 국내 건설시장의 1% 수준인 1조~1.5조원까지 시장 확대 전망
    * 정부에서는 공공시설물 안전확보를 위해 '11년부터 내진설계가 적용되지 않은 기존 공공시설물에 대한 내진보강 1단계('11~'15년) 사업을 추진하여 왔으며 '16년부터 2단계('16~'20년) 사업을 추진
- 전 세계 인구증가와 도시화로 지진발생에 따른 피해가 대규모화 되면서 내진기술은 고부가가치를 창출할 수 있는 미래기술로 부각되고 있으며 내진에 대한 관심이 증가하고 있음
- 국내 건설업체들이 글로벌 건설시장에서 기술경쟁력을 확보하고 시장을 선점하기 위해서는 내진기술개발에 대한 투자를 확대하고 첨단 내진기술 역량 강화 요구

비구조요소 내진 시장

- 비구조요소의 내진 시장 규모는 '16년 기준 총 5.5조원 규모로 추정되며, 기존 건축물 유지보수 시장이 약 1.5조원, 신축 시장이 4조 원 수준임
  - 기존 건축물의 내진 유지보수 적용 면적은 '15년 18.5억㎡에서 '16년 18.8억㎡으로 약 0.3억 ㎡ 증가했으며, 증가 면적에 단위 면적 당 내진 보강 비용[1]인 95,000원/㎡을 적용한 결과 총 3.1조 원 규모의 내진 시장이 형성된 것으로 파악됨

1) 출처: 2단계 기존 공공시설물 내진보강 기본계획, 국민안전처, 2016

[표 4-77] 국내 건축물 내진 적용 동향

구분	'15년 내진 적용 동향		'16년 내진 적용 동향(E)		증가분	
	면적 (천㎡)	내진율 (%)	면적 (천㎡)	내진율 (%)	내진 면적 (천㎡)	내진율 (%)
공공	138,551	60.66%	141,696	62.04%	△3,145	△1.38%
민간	1,713,897	66.72%	1,743,634	67.88%	△29,736	△1.16%
합계	1,852,449	66.23%	1,999,592	67.40%	△32,881	△1.17%

※ 출처: 전국 건축물 내진설계현황, 국토교통부, 2015;EON Analysis

– '16년의 신축 건축물 면적은 약 1.89억㎡으로 추정되며, 이 중 내진 적용면적은 전체의 79.15%인 1.47억㎡로, 신축 건축물의 내진공사 비용[2] 약 57,000원/㎡을 적용한 결과 총 8.8조원 규모의 내진 시장이 형성된 것으로 파악됨

– 전체 내진 적용 시장 중 비구조요소가 차지하는 비중을 전체의 47.92% 수준[3]으로 가정한 결과, 기존 건축물의 비구조요소 내진 유지보수 시장은 약 1.5조, 신축 시장은 4조원 규모인 것으로 추정됨

(단위: 십억 원)



[그림 4-95] 비구조 내진 적용 시장 규모 및 성장률

◎ 비구조요소 관련 내진 시장은 '25년까지 연평균 약 2.55%의 성장률을 보일 것으로 전망되며, 유형별로는 기존 건축물 시장은 약 9.97%, 신축 건축물 시장은 -1.87%로 추정

– 정부의 내진보강 기본계획에 따라 공공 건축물의 목표 내진율이 달성된다고 가정할 경우, 기존 공공 건축물의 비구조 내진 적용 시장은 연평균 7.65% 수준으로 성장할 것으로 전망

[표 4-78] 기존 공공 건축물 내진 목표

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	…	2025	CAGR ('16 ~ '25)
내진율 (%)	62.04%	63.63%	65.37%	67.36%	70.03%		83.34%	3.33%
내진면적 (천㎡)	141,697	145,346	149,299	153,860	159,941		190,348	3.33%
증가면적 (천㎡)	3,132	3,648	3,953	4,561	6,081		6,081	7.65%

※ 출처: 2단계 기존 공공시설물 내진보강 기본계획, 국민안전처, 2016

2) 출처: 건축물 내진대책 제도개선 자문회의 자료, 서울시
3) 연간 공사계약금 중 비구조요소가 차지하는 비중

– 기존 민간 건축물의 비구조 내진 적용 시장은 연평균 10.21%의 성장률을 보일 것으로 전망('25년까지 일본과 비슷한 수준의 민간 건축물 내진율 달성[4]을 목표로 가정)

– 현재 신축 건물이 74%, 기존 건축물 유지보수 26%의 비중으로 투입되는 국내 건설투자 비중이 '25년까지 신축 56%, 유지보수 44%로 전환될 것으로 추정됨[5]되며, 이에 따른 신축 건축물의 비구조 내진적용 시장은 연평균 -1.87% 만큼 감소될 것으로 예측됨

[표 4-79] 기존 민간 건축물 내진 목표(가정)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	…	2025	CAGR ('16 ~ '25)
내진율 (%)	67.88%	70.04%	72.27%	74.57%	76.94%		90.00%	3.18%
내진면적 (천㎡)	1,743,634	1,799,153	1,856,440	1,915,551	2,039,479		2,311,906	3.18%
증가면적 (천㎡)	29,736	55,519	57,287	59,111	60,993		71,342	10.21%

※ 출처: 2단계 기존 공공시설물 내진보강 기본계획, 국민안전처, 2016

2.2.2 국외 시장동향

- (일본) 세계 최대 면진시장 보유국인 일본의 면진장치 시장규모는 연간 4,000억엔 수준으로 추정됨
- Global Insight(Sep. 2007)는 '16년 세계 건설시장 규모를 7조 6천억 달러로 전망하고 이중 구조부문은 약 2조 2천억 달러, 내진설계 및 장치 시장규모는 약 6천억 달러로 추정함

4) 일본의 민간 공공 건축물 내진율은 동수 기준 82% 수준으로, 일반적으로 면적 기준으로 환산 시 비중이 높아지는 것을 감안할 때 면적 기준 내진율은 90% 이상이 될 것으로 예측됨

5) 출처: 향후 건설시장 전망과 시사점, 건설산업연구원, 2016

2.3 국내외 유사 실험시설

2.3.1 국외 실험시설

- 지진이 빈번한 일본 및 미국, 유럽과 달리 상대적으로 지진위험이 낮은 국내에서는 아직까지 건설 분야의 비구조요소에 대한 시험검증방법이 체계화 되어 있지 않음. 이로 인하여 미국, 중동 등의 강진지역으로 수출하는 비구조요소에 대한 내진성능검증은 ICC-ES AC156, IEEE Std 382 등의 국제규격을 따르고 있는 실정임. 그러나 해당규격들을 만족할 수 있는 진동대 장비는 현재 국내에 존재하지 않으며 몇몇 기관에서 제한적으로 내진검증실험을 수행하고 있음
- (미국) UCSD의 LHPOST는 미국 내 최대 규모(7.6m×12.2m, 2,000톤)의 1자유도 야외 진동대를 보유하고 실대형 구조물 실험에 대응
  - NEES(Network for Earthquake Engineering Simulation) Project에 의해 구축된 UCSD(University of California, San Diego) LHPOST(Large High Performance Outdoor Shake Table) 진동대는 원, 근거리 지진현상에 모두 재현이 가능하도록 고려되었으며, 역사 지진 기록 중 가장 심각한 수준인 최대 1g 가속도의 지진파 가진 가능
  - 최대 50MN-m의 전도모멘트 저항 능력을 보유하고 있어 무게중심이 높은 대형의 실험체에 대한 선형, 비선형 동적 거동 분석이 가능



[그림 4-96] UCSD LHPOST 야외 대형 진동대

  - 다양한 기계, 유압장비로 시험을 지원하며, 동적실험에 활용할 수 있는 DAQ(Data Aquisition) 시스템, 가속도계 및 변위계, GPS 시스템, 비디오 계측시스템 등을 확보하고 있음



DAQ 시스템



GPS 센서 시스템



반력구조물(타워)

– LHPOST에서는 7층 규모의 콘크리트 건축물에 대한 지진 응답, 조적조, 목조, 석조 등 다양한 재료로 제작된 건축물의 내진성능 분석, 풍력발전기의 동적거동 특성 연구, 실제 건축물을 이용한 비구조요소의 거동 특성 연구 등을 통하여 현재 발생하고 있는 지진의 특성을 고려하고 및 건축물의 실제 거동을 분석하여 설계기술을 개선하여 기준, 법령 등에 반영함



7층 건축물 지진응답 실험



풍력발전기의 동특성 연구



실구조물을 이용한 비구조 요소 지진 거동 특성 연구



교각의 내진성능 검증 시험



내진건축물의 앵커 시스템 연구



강재프래임 구조물 내진시험



비연성 구조물 내진성능 시험



3층 조적조 구조물 내진시험



벽체(옹벽) 설계가이드라인 개발

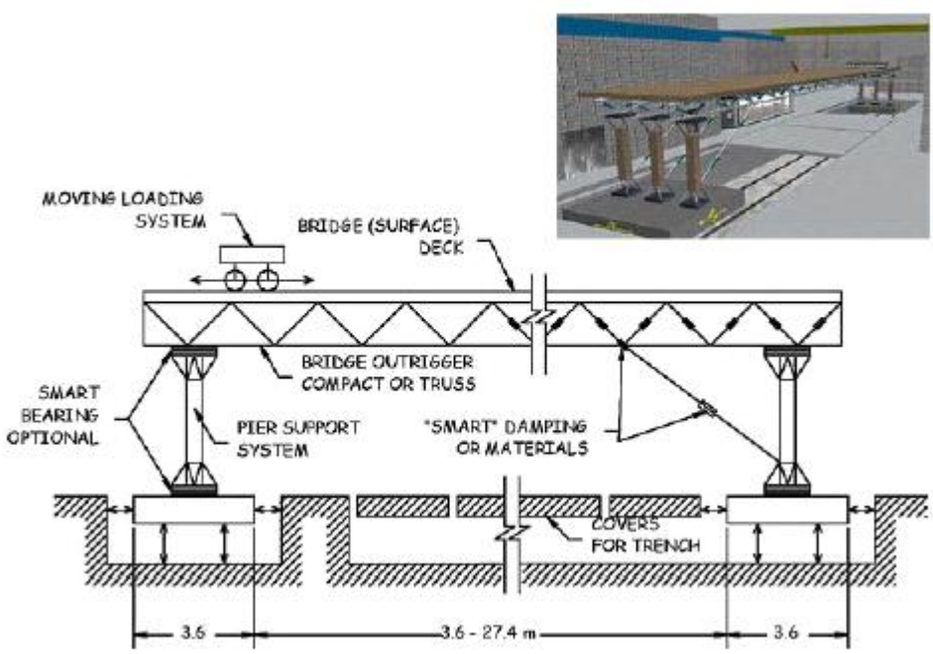
[그림 4-97] LHPOST 수행 연구현황

◎ (미국) University of Buffalo의 SUNY에는 6자유도의 2개 진동대가 설치되어 있으며 약 30m 경간 갈이, 중량 100ton의 대형 구조물 진동대 실험이 가능함

– 이동이 가능한 고성능 실험 진동대로 실시간 복합 내진실험 수행이 가능함

[표 4-80] SUNY(University of Buffalo)의 진동대 규모 및 성능

구 분	규격, 규모
Table Size	3.6m×3.6m
Maximum Specimen Mass	50 ton maximum / 20ton nominal
Maximum Overturning Moment	45 ton-m
Maximum Off Center Loading Moment	15 ton-m
Frequency of Operation	0.1~50Hz(nominal) / 100Hz(maximum)
Nominal Performance	6DOF
Stroke	±0.15, ±0.15, ±0.075
Velocity	1.25m/s, 1.25m/s, 0.5m/s
Acceleration	±1.15



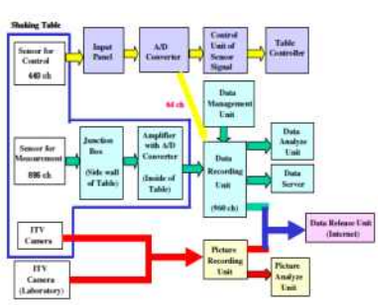
[그림 4-98] Testing full-scale bridge segment on two shake table(100ton)

- (일본) KOBE 지진(1995) 이후 E-Defense에 세계 최대 규모의 실내 3자유도 진동대를 보유하고 있으며, NIED는 세계 1, 2위의 진동대를 모두 보유하여 대형 진동대를 이용한 내진 연구가 가장 활발한 국가임. 건축, 토목 시설물뿐만 아니라 병원, 학교, 원자력 시설물 등 지진에 의해 영향을 받을 수 다양한 구조물에 대한 연구 수행
  - 일본 방재과학기술연구소가 450억엔 투자로 구축한 "실물 크기 3차원 진동 파괴 실험시설"
  - NIED(National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience)에서 보유하고 있는 대형 진동대 시스템은 20m×15m의 1,200톤 실험체 실험(철근 콘크리트 빌딩 4층 건물까지 가능)이 가능한 E-defense 3자유도 진동대와 14.5m×15m 진동대 보유
  - E-defense 진동대는 최대 150MN-m의 전도모멘트 저항 능력과 ±1.0m(수평방향)의 변위를 2m/s의 속도, 최대 가속도 0.9g로 가동이 가능하며, 수평 2방향 및 수직 1방향의 3축 가진이 가능한 장비. 다만, 장비 규모 특성상 최대 15Hz까지 운영 가능

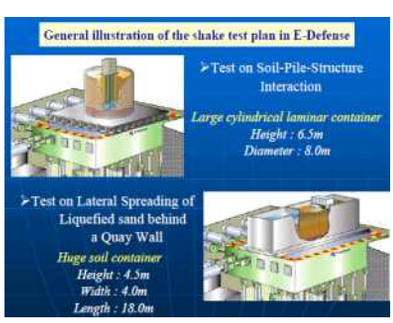


[그림 4-99] E-Defense 6DOF 진동대 시스템

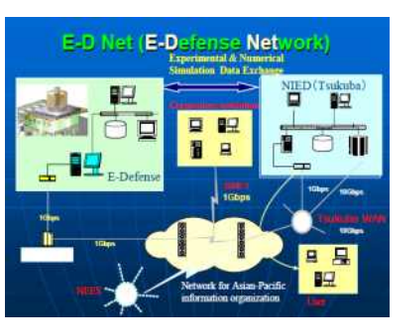
– 실험체의 규모 및 실험 가진 조건을 고려하여 896개의 동적 데이터를 획득할 수 있는 시스템이 구축되어 있으며, 이 시스템은 다수의 진동대 엑추에이터 및 가진 운동을 동시에 기록이 가능하도록 설계되어 있음. 또한, 공동연구 등을 위해 진동대 실험실을 방문하지 못하는 연구자들을 위한 실시간 데이터 공유 시스템을 구축하여 원거리에서도 실험에 참여할 수 있음



896ch. DAQ 시스템



모형 토조(laminar container)



데이터 공유 네트워크



7층 목조 건축물의 규모 7.5 지진 실험



지반-파일 구조 지진거동 실험



실대형 3층 콘크리트 건축물 지진 실험



6층 비연성 콘크리트 구조물 붕괴시험



콘크리트 교각 구조물 내진성능 시험



모멘트 골조 시스템 내진성능 평가



목구조 신구법(CLT) 설계법 성능 시험/기준 정비



대공간 구조물 천장 실험

[그림 4-100] E-defense와 NIED의 대형 진동대를 이용한 연구현황

– Kobe 지진 이후 대형 실험체에 대한 진동대 실험을 국가적으로 지원하여 다양한 구조물과 시설물에 대한 데이터를 확보하고 이를 기반으로 지진 관련 기준 및 법령을 제정하는 등 활용. 연구장비를 기반으로 미국 등 타 국가와의 연계, 협력을 강화하였으며, 그 결과로 원자력 및 비구조요소 등에 대한 높은 수준의 기술력 보유

–'05년도부터 '17년까지 자체 · 공동연구 및 임대사업의 현황은 [표 4–47] 와 같으며 주로 대형실험 위주로 수행

[표 4–81] 이용 현황

구분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	계
자체연구	7	5	4	3	3	3	3	1	3	0	1	0	0	33
공동연구	0	1	2	2	4	2	2	1	3	1	3	2	2	25
임대사업	1	2	3	2	2	1	3	3	1	2	7	2	5	34
계	8	8	9	7	9	6	8	5	7	3	11	4	7	92

– E–defense에서 실시한 실험 중 일부 실험 데이트는 데이터베이스 웹사이트로 통해 공개하고 있으며, 전세계의 연구자가 이 데이터를 이용하여 고정밀 내진성능 평가용 해석모델이 개발되고 있음

* 2015년 기준, 52개의 실험 데이터를 공개하고 있으며 약 93,000번의 데이터 활용



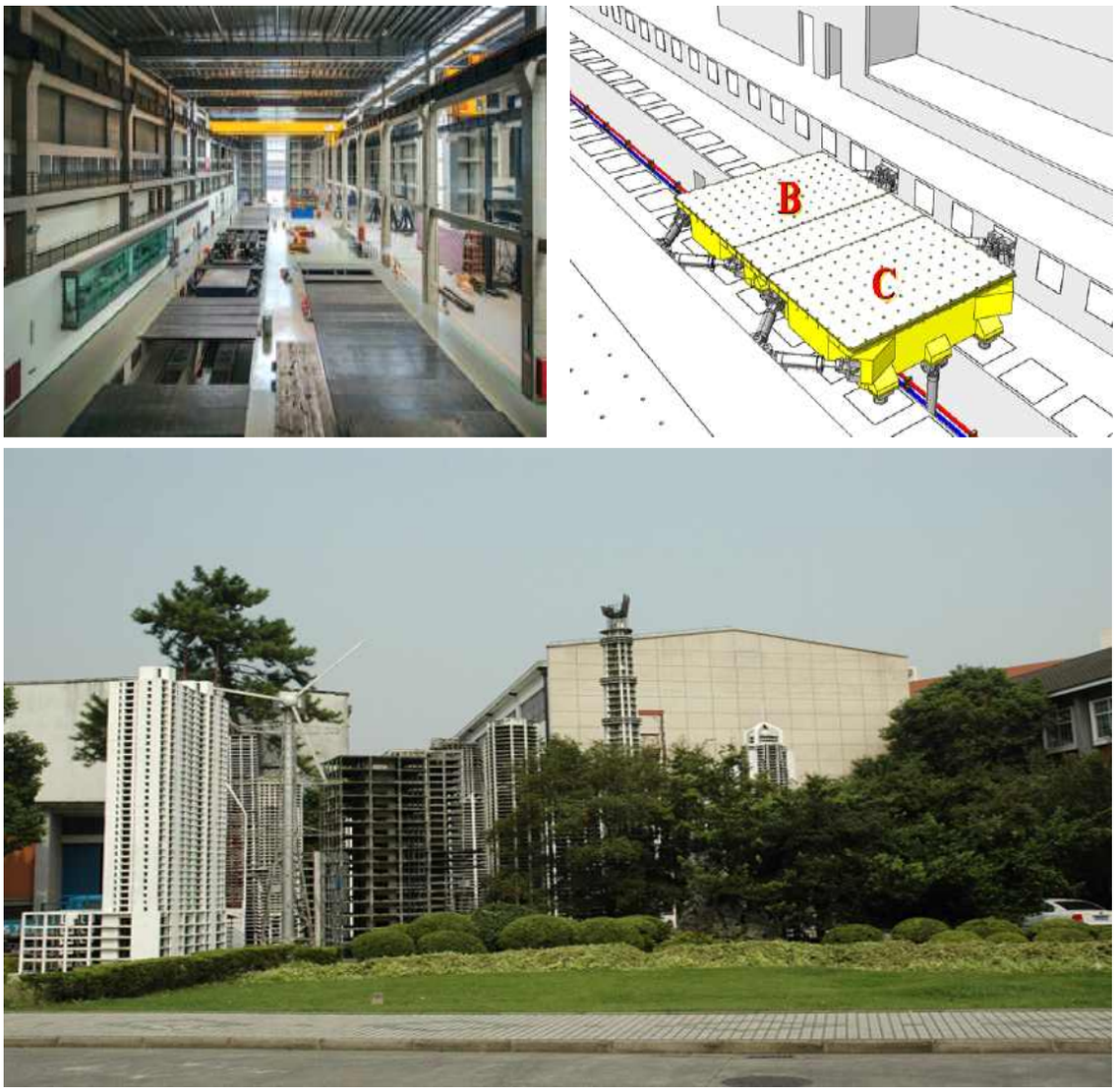
[그림 4–101] E–Defense의 DB

– 일본 국내 내진기술 검증 및 신기술 개발을 위한 시설로 이용함과 동시에 개발도상국(필리핀, 인도네시아), 유럽, 미국등과 공동연구를 통해 각 지역별 적용가능한 내진 보강기술 개발하고 있으며, 일부 국가에서는 설계 규준 제정 시E–defense의 결과를 인용하고 있음

◎ (중국) 당산 대지진(1976), 스촨성 대지진(2008) 등 대규모의 지진 발생 후 중국에서는 지진에 대비하기 하기 위한 기술을 확보할 수 있도록 진동대 인프라에 지속적인 투자를 하였으며, 현재 세계 최대의 대형 진동대 보유국이며, 세계 최고 수준의 다지점 진동대(Multiple shaking table system)를 보유하고 있음

– 중국에서는 최대 70톤 용량 시험체의 가진이 가능한 6m×6m 면적의 진동대 시스템(China Merchant's Chongqing communications Research and design institute)이 구축되어 있었으나, 최근 미국과 일본의 진동대 구축에 영향을 받아 최대 200톤, 6m×8m 실험체 가진이 가능한 진동대 실험시설을 동지대학교 내 구축

– 동지대학교 진동대 장비는 2기의 30톤 용량 장비, 2기의 70톤 용량 장비로 구성되었으며, 4기 모두를 연동하여 실험하는 경우 200톤 중량, 6m×16m의 공간의 대형 실험 가능

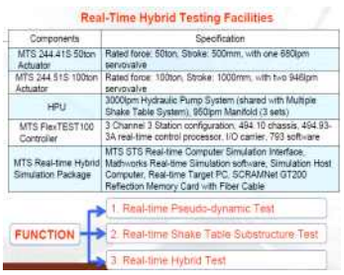


[그림 4-102] 중국, 동지대학교 대형 진동대 시스템

[표 4-82] 중국 동지대학교의 진동대 규모 및 성능

Item	Performance
Maximum payload	25 tons
Table dimension	4m×4m
Exciting direction	X, Y, Z, Simultaneously
Degree of freedom	6
Excitation of the table	Earthquake waves, sinusoid waves and impact loads
Maximum stroke	X : ±100mm′ Y &Z : ±50mm
Maximum velocity	X : 1000mm/s′ Y& Z : 600 mm/s
Maximum acceleration	X 4.0g, Y 2.0g, Z 4.0g
Frequency range	0.1~50Hz
DAS	STEX PRO′ 128chs
Anchor bolts of the table	Dia. =33mm, C.C = 300mm

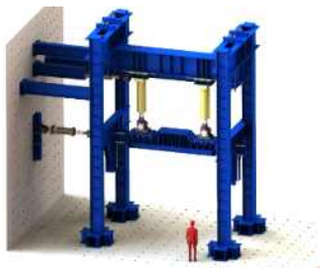
– 진동대 시스템은 대형의 반력 바닥 위에 설치되어 있으며, 30m 길이, 15m 높이의 9,000ton · m 전도모멘트 성능을 갖고 있는 반력벽 인근에 설치되어 하이브리드 시험 및 다양한 경계조건을 갖는 상태에서 구조부재의 내진성능 시험이 가능. 지진과 관련한 재료, 부재 및 시스템 단위 시험을 모두 수행이 가능하여 원스톱(one-stop) 서비스 제공 가능



주요 기능



실험 장비



시험 장비(모형)

– 1990년대부터 건축, 토목, 환경, 지반, 도로, 교량시설 등 다양한 구조물에 대한 내진 안전성을 연구했으며, 푸저우 대학 등 다수의 대학, 철도기술원 등 연구기관을 중심으로 초고층 건축물, 초장대 교량 등에 대한 축소모형 동특성 실증 검증을 수행하고 있음



사장교 동특성 분석 시험



교량 구조의 실시간 하이브리드 시험



3기 진동대를 이용한 고강도 강재 교각 내진실험



다지점가진에 따른 자유장 동적거동 분석

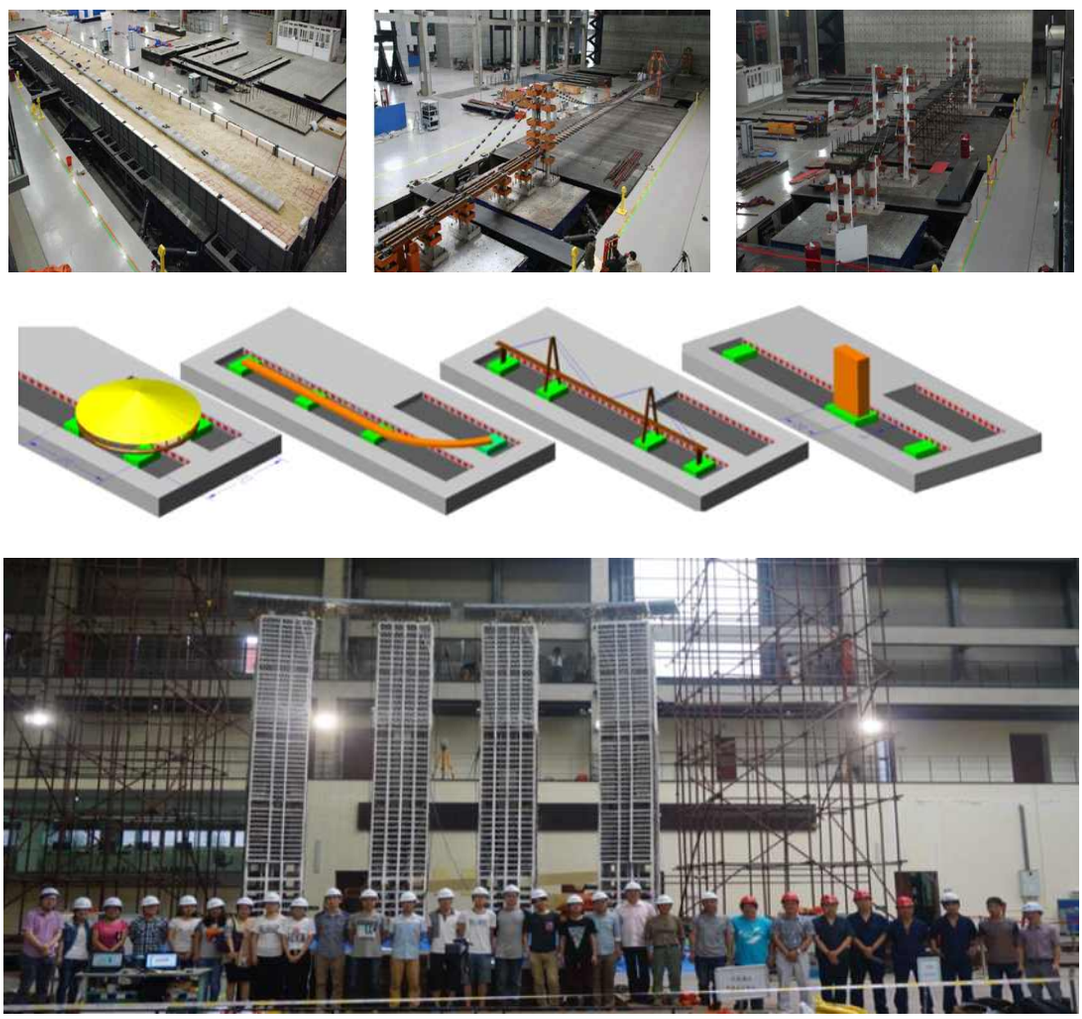


푸저우 대학의 3자유도 진동대를 이용한 사장교 모형의 진동대 실험

[그림 4-103] E-defense와 NIED의 대형 진동대를 이용한 연구현황

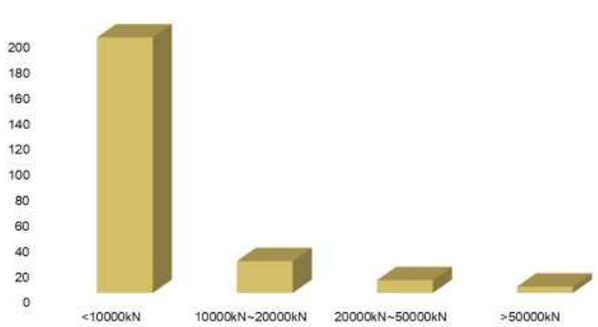
– 1990년대부터 건축, 토목, 환경, 지반, 도로, 교량시설 등 다양한 구조물에 대한 내진 안전성을 연구했으며, 푸저우 대학 등 다수의 대학, 철도기술원 등 연구기관을 중심으로 초고층 건축물, 초장대 교량 등에 대한 축소모형 동특성 실증 검증을 수행하고 있음

– 중국 Modern Laboratory Device의 Multi-point earthquake Shaking tables은 4개 진동대로 구성되어 있으며 각각 50~100ton으로 총 200ton 적재 가능하며, 4m×6m로 0.1~50Hz의 진동이 가능함

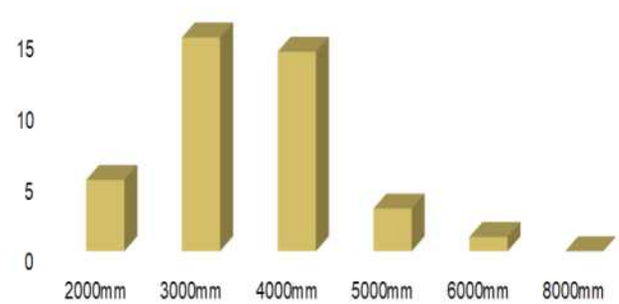


[그림 4-104] Modern Laboratory Device 4개 진동대 시스템

– 이 외, 중국에서는 중소형 규모의 진동대가 구축되어 있으며 정부 지원으로 대규모 성능의 진동대가 추가적으로 구축 진행중에 있음



[그림 4-105] 중국, Multi-axial Testing Machine 현황



[그림 4-106] 중국, Large-scale Testing Facility 현황

[표 4-83] 중국 진동대 구축 현황

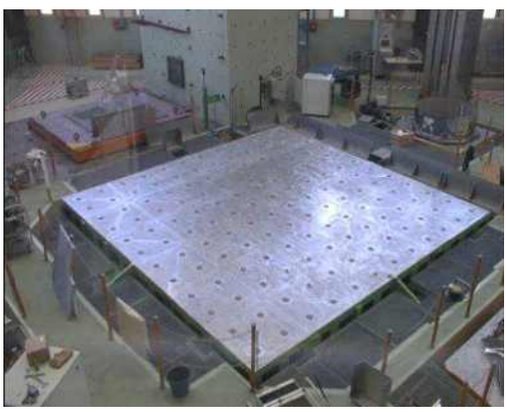
기관/시설명	성능/규모	진동대 현황
Largest Shaking Table in China (Largest Shaking Table in China)	– Table : 6m×6m – Payload : 65 t – DOF : 6 – Accelation : ± 1.5g, ± 0.8g(z) – Frequency : 0.1~50 Hz – OTM : 180t · m – 4.5M USD Equip. – 3.5M USD Civil C.	
China Water Conservancy and Hydropower Research Institute (Schenck, 6D)	– Table : 5m×5m – Payload : 20 t – DOF : 6 – Accelation : ± 1.0g, ± 0.7g(z) – Frequency : 0.1~120 Hz – OTM : 80t · m – 3.5M USD Equip. – 1.5M USD Civil C.	
IEM, China Earthquake Administration	– Table : 5m×5m – Payload : 30 t – DOF : 6 – Frequency : 0.1~40 Hz – Accelation : ± 1.0g, ± 0.7g(z) – OTM : 50t · m – 1.5M USD Equip. – 0.6M USD Civil C.	
Guangzhou University	– Table : 3m×3m – Payload : 15 t – DOF : 6 – Accelation : ± 1.0g, ± 2.0g(z) – Frequency : 0.1~50 Hz – OTM : 45t · m – 2.5M USD Equip. – 0.5M RMB Civil C.	
CNPR	– Table : 6m×6m – Payload : 60t – DOF : 6 – Accelation : ± 1.0g, ± 0.8g(z) – Frequency : 0.1~100 Hz	



◎ (유럽) 지진발생이 빈번한 국가들을 중심으로 진동대를 보유하고 있으나 실용적인 연구를 하는 유럽의 특성상 초대형의 진동대는 보유하고 있지 않으며, 소형 진동대 및 유압 가력기를 이용한 (준)정적 및 하이브리드 시험에 주력

– 영국, Bristol EERC(Earthquake Engineering Research Centre), 이탈리아의 ISMES, 프랑스 CEA(Commissariat à l'Energie Atomique) 등에서 진동대를 보유하고 있으며, CEA에 최대 100톤 용량 6m×6m 면적 실험체 실험이 가능한 진동대 보유

– 6자유도 진동대가 9기로 가장 많으며, 전도모멘트 성능은 적으나 최대 100 Hz까지 가진가능. 구조물의 내진성능 연구 보다는 전기기기, 원자력 설비 등 기기의 내진성능을 검증하기 위한 용도로 주로 활용





[그림 4–107] 유럽연합 AZALEE(좌측) 및 EUCENTRE(우측) 진동대 현황

DOF	No of shaking tables
6	9
4	1
3	1
2	3
1	4

Area [m²]	No of shaking tables
A ≥ 30	1
30 > A ≥ 15	5
15 > A ≥ 9	5
9 > A ≥ 3	3
3 > A	4

Payload [kN]	No of shaking tables
P ≥ 300	5
300 > P ≥ 150	4
150 > P ≥ 100	4
100 > P ≥ 50	1
50 > P	4

Institution	Location	Country	Degree of Freedom	Payload [kN]	Area [m²]	± Displ. [mm]	± Veloc. [m/s]	Accel. [m/s²]	Max Frq [Hz]
1. BRISTOL - EERC	Bristol	UK	6	150	9	150	0.60	75	100
2. CEA-AZALEE	Saclay	France	6	1000	36	125	1.00	40	100
3. CEA-VESUVE	Saclay	France	1	200	12	100	1.00	12	100
4. NTUA – LEE	Athens	Greece	6	100	16	100	1.00	40	100
5. ISMES-MASTER	Seriate	Italy	6	300	16	100	0.55	50	120
6. ISMES-ARIETE	Seriate	Italy	1	200	10	80	0.70	25	50
7. LNEC	Lisbon	Portugal	3	600	26	145	0.70	31	40
8. SOPEMEA	Villacoublay	France	2	300	9	210	0.60	30	100
9. ENEA	Rome	Italy	6	300	16	125	0.78	78	50
10. CEDEX	Madrid	Spain	6	100	9	100	n.a.	50	60
11. ESA – ESTEC	Noordwijk	The Netherl.	6	225	25	70	0.80	30	100

[그림 4–108] 유럽연합 내 대형 진동대 보유 현황

– EUCENTRE TREE(Training and Reseach in Earthquake Engineering and Seismiliogy)의 진동대는 유럽에서 가장 큰 140톤 용량의 5.6m×7.0m 1자유도 진동대이며, ±500mm의 대변형 실험이 가능하고 2.2m/s의 빠른 속도 및 최대 4,000kN · m 전도모멘트에 대응이 가능하여 다양한 구조물 실험에 활용되고 있음



3층 철근콘크리트 건축물 지진시험(EUCENTRE)



대형 철골구조 내진성능 시험(EQUALS)



2층 철근콘크리트 구조 지진 실험(CEA, AZALEE)



3층 철근콘크리트 구조 지진 실험(CEA, AZALEE)



액체저장탱크 진동대 실험(CEA)



조적구조 내진성능 실험(NESDE)

- (대만) 대만에서는 NCREE(National Center for Research on Earthquake Engineering) 중심으로 토목 · 건축구조물의 내진성능 검증 및 평가를 목표로 핵심 구조요소에 대한 동적특성을 실험적으로 수행하고 있음
  - 진동대 시험뿐 아니라 구조적 성능평가를 함께 평가하여 토목 · 건축구조물 및 각종 설비의 지진 · 내진 내구성 평가
  - 최대 적재면적은 25㎡, 최대 적재하중은 50ton으로 6DOF 진동대로 최대 가속도 1.0g, 최대속도 1m/sec(종방향), 0.6m/sec(횡방향), 0.5m/sec(수직방향)임



[그림 4-109] 대만 NCREE 진동 시험 장비 및 활용 현황

2.3.2 국내 실험시설

- 대형 구조물 내진성능평가를 위한 검증실험은 구조물의 대형화에 따라 실물크기의 구조물로 실험을 수행할 경우, 실험실의 공간과 실험기기의 가력성능 등의 한계로 인하여 현실적 제약 존재
- 부산대 지진방재연구센터에서 보유하고 있는 다지점가진 대용량 지진모사 실험장비는 현재 국내에서 국가연구시설장비로 등록 (NTIS)되어 공동 활용이 가능한 진동대 장비 중 단일기기로 국내 최대 규모의 장비임
  - 실험체 설치 가능 면적은 5×5m(25㎡)이고, 수평방향 최대 가속도 수준에서 60톤 중량의 구조물에 대한 실험이 가능한 장비(3-DOF)임. 따라서 매우 제한된 조건에서의 일부 소형 구조물의 실물실험은 가능하나, 대형 구조물에 대한 실물실험에는 어려움이 있음
- 현재 SGS와 한국산업기술시험원에서 보유중인 진동대는 IST(Germany)의 제품으로 최대적재하중은 2.5~3ton이며 최대입력가속도는 6~8 g이고 최대변위는 180~200mm이며 시료의 설치가능 면적은 2.5m×2.5m임. 두 기관 모두 최대적재하중은 2ton 이상이지만 2ton 이상의 시료에 대해서는 장비노후화 및 안전 등의 이유로 실험을 수행하지 않음
- 현재 국내에 공동 활용이 가능한 6자유도 진동대 장비 중 5g이상의 실험이 가능한 장비는 〈표 2-1〉과 같이 한국표준과학연구원의 6-자유도 진동제시장치와 한국전력공사 전력연구원의 전력설비 내진검증용 6자유도 진동대, 창원대학교 6자유도 진동내구성평가 시험기 등이 있으나, 해당 장비들에 적용이 가능한 시료의 무게는 최대 2ton 이하이며, 설치면적이 2.5m × 2.5m를 초과하는 장비가 없어 그 용량 혹은 설치면적이 실제 원자력 발전소에 설치되는 기기나 초고층 빌딩에 설치되는 기기들의 무게와 부피에 비하여 충분하지 못함

① 6자유도진동제시장치(한국표준과학연구원)

- 인체에 미치는 진동을 연구하기 위하여 특수하게 설계 제작된 진동 재현장치로서 자동차 승차감 연구 및 전신 진동에 대한 인체 반응연구 등에 사용을 목적으로 함(위치: 대전)
- 부대 시설 및 장비 : 6-자유도 IMS 측정 센서, 6-자유도 Force platform, 인체 피폭 진동 측정용 12축 진동 측정장치 등

장비명	6-자유도 진동제시장치 (6-DOF Vibration Simulator)	**보유기관**	한국표준과학연구원
목적	인체에 미치는 진동을 연구		
규모/성능/사양	주파수범위: 1 Hz ~ 60 Hz 최대가속도: ±10 g 최대변위: 250 mm 최대적재하중: 500 kg 진동대 크기: 1.2 m * 1.2 m		
활용범위	자동차 승차감 연구 (자동차 시트 등) 전신 진동에 대한 인체의 반응연구		
비고	제작사(국가) :유응연제작소(대한민국)		
장비사진			

② 6자유도 진동내구성평가 시험기(창원대학교 진동내구성 평가센터)

- 중앙정부를 비롯한 경상남도 및 창원시에서 32억원, 창원대에서 토지 및 건물과 현금 2억 5천만원, 볼보그룹 코이아(주)에서 6억원의 현금 등 총 41억여원의 지원을 기반으로 2004년 구축되었으며, 진동 · 피로내구성 관련 산 · 학 · 연 네트워크를 바탕으로 동남권기업체의 진동 · 피로내구성 평가업무를 지원하고 있음. 이는 동남권역 및 국내의 진동 · 피로내구성 평가를 요구하는 자동차부품, 건설기계, 수송기계, 전자부품, 우주항공 및 기계부품소재분야의 수요에 적극 대응하며 동남권역 기업체의 경쟁력 제고에 핵심부분이 되고 있음(위치 : 창원)

장비명	6자유도 진동내구성평가 시험기	보유기관	창원대학교
목적	진동내구성 평가		
규모/성능/사양	주파수범위: 0 Hz ~ 50 Hz 최대가속도: ±8 g 최대적재하중: ±680 kg 진동대 크기: 1.5 m * 2.1 m		
활용범위	자동차부품, 건설기계, 수송기계, 전자부품, 우주항공 및 기계부품분야		
장비사진	  		

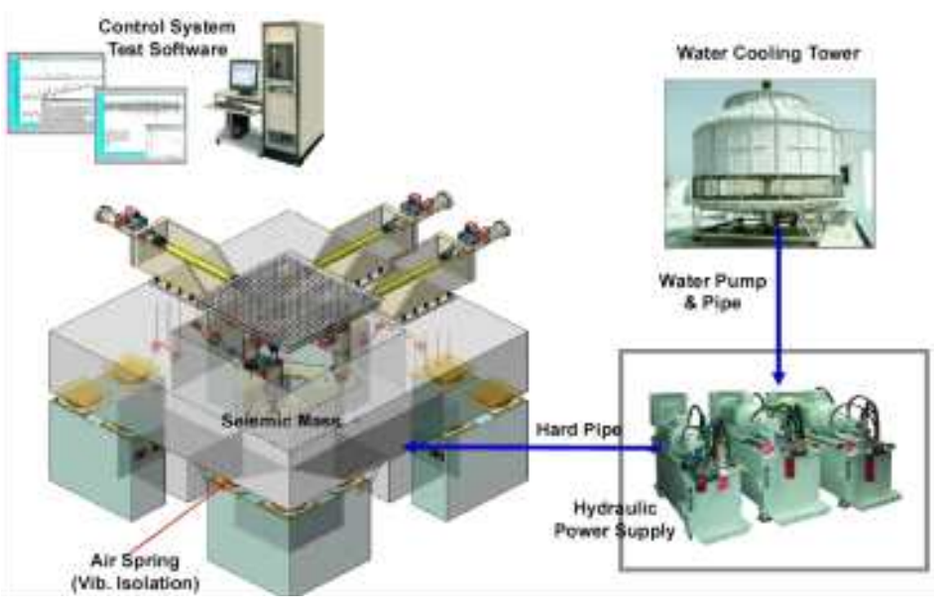
③ 6자유도진동시험대(한전 전력연구원)

- 기기 및 구조물의 내진검증과 내진성능평가를 위해 6 자유도 진동시험대를 운용하고 있음. 한전 전력연구원이 보유한 6 자유도 진동시험대의 테이블 크기는 가로, 세로 2.5m 이며 시험체 최대 중량 2ton 에 대해 x축 수평방향으로 5g, y축 수평방향으로 6g, z축 수직방향으로 9g까지의 지진가속도를 구현할 수 있음(위치 : 대전)

장비명	내진검증용 6자유도 진동대	**보유기관**	한전 전력연구원
목적	기기 및 구조물의 내진검증과 내진성능평가		
규모/성능/사양	주파수범위: 0 Hz ~ 60 Hz 최대가속도: 세로 ±5g 가로 ±6g 연직 ±9g 최대적재하중: 2000 kg 진동대 크기: 2.5 m * 2.5 m		
활용범위	기계장비, 전력장비 등의 비구조 요소		
장비사진	  		

④ MAST(SGS)

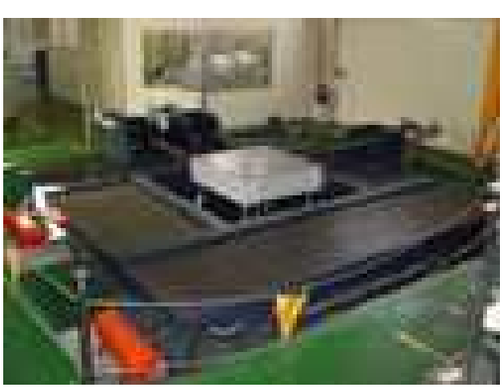
- SGS에서 보유중인 진동대는 IST(Germany)의 제품으로 최대적재하중은 3ton이지만 2ton이상의 시료에 대해서는 실험을 수행하지 않고 있음. 최대입력가속도는 10g이고 최대변위는 180~200mm이며 시료의 설치가능 면적은 2.5m×2.5m임(위치 : 용인)

장비명	MAST (Multi-Axial Shaking Test System)	**보유기관**	SGS
목적	기기 및 구조물의 내진성능평가		
규모/성능/사양	주파수범위: 0.1 Hz ~ 100 Hz 최대가속도: ±10g 최대적재하중: 3000kg 최대변위: ±180mm 진동대 크기: 2.5 m * 2.5 m		
활용범위	기계장비, 전력장비 등의 비구조 요소 및 건축 및 토목구조물		
비 고	제조사(국적): IST(독일)		
장비사진			

⑤ 내진실험설비(한국산업기술시험원)

- 한국산업기술시험원에서 보유중인 6자유도 진동대는 IST(Germany)의 제품으로 3000kg급과 1000kg급이 있음. 3000kg급 6자유도 진동대는 SGS의 장비와 그 성능이 비슷하며 2ton이상의 시료에 대해서는 실험을 수행하지 않고 있음(위치 : 서울)

장비명	내진실험설비(3000kg)	보유기관	한국산업기술시험원(KTL)
목적	내진실험		
규모/성능/사양	주파수범위: 0 Hz ~ 60 Hz 최대적재하중: 3000kg 진동대 크기: 2.5 m * 2.5 m	최대가속도: ±10g 최대변위: ±200mm	
활용범위	원자력기기 성능검증		
비 고	제조사(국적): IST(독일)		
장비사진			

장비명	내진실험설비(1000kg)	보유기관	한국산업기술시험원(KTL)
목적	내진실험		
규모/성능/사양	주파수범위: 0 Hz ~ 100 Hz 최대적재하중: 1000kg 최대변위: 수평 ±200mm, 수직 ±150mm	최대가속도: ±5g 진동대 크기: 1.2 m * 1.2 m	
활용범위	원자력기기 성능검증		
비 고	제조사(국적): IST(독일)		
장비사진			

⑥ (6DOF)Vertical Excitation system(한국기계연구원)

✔ 복합적인 가진 조건 하에서 산업기계의 신뢰성을 실험하기 위한장비임(위치 : 대전)

장비명	(6DOF)Vertical Excitation system	보유기관	한국기계 연구원(KIMM)
목적	신뢰성 실험		
규모/성능/사양	주파수범위: 0.1 Hz ~ 100 Hz 최대적재하중: 2,000kg 6자유도 최대가속도: 수평 ±6g, 수직 ±9g		
활용범위	복합적인 가진 조건하에서의 성능을 시험할 수 있는 시험 장비		
비 고	산업기계의 신뢰성 시험		
장비사진			

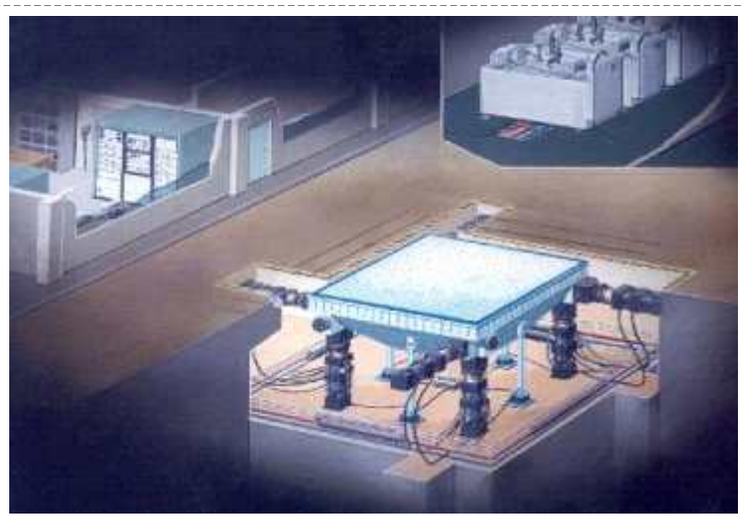
⑦ 6자유도 진동대(한국철도기술연구원)

✔ 진동/충격시험을 목적으로 개발되었으며 철도차량용 부품, 함정 탑재 장비 및 산업기계 전반에 걸친 진동 및 충격실험을 수행하고 있음(위치 : 광명)

장비명	6-자유도 진동대	보유기관	한국기계 연구원(KIMM)
목적	지진파(지반가속도 이력) 모사		
규모/성능/사양	주파수범위: 0 Hz ~ 60 Hz 진동대 크기: 4.1 m * 4.1 m 최대변위: ± 200~300mm	최대적재하중: 30,000kg 최대가속도: ±0.8~1.7g	
특징	Sabio계열 6자유도 제어시스템 및 소프트웨어		
활용범위	토목/건축 (비)구조체의 내진성능 및 기계구성품 진동실험		
비 고	제조사(국적): 케이엔알시스템(대한민국)		
장비사진			

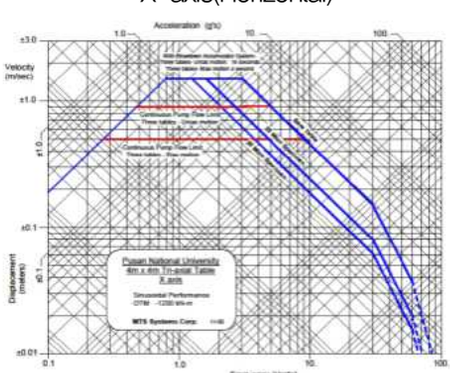
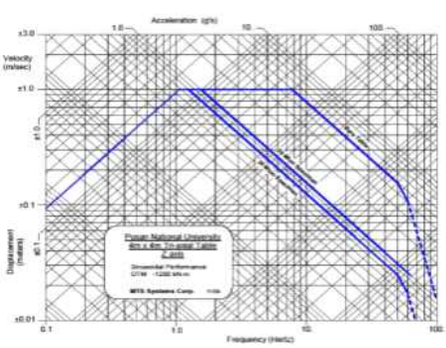
⑧ 6자유도 진동대 시스템(한국기계연구원)

전자.전기기기, 원자력발전소에 설치되는 각종 기기의 내진성능시험 및 기계, 건축, 토목, 선박(함정), 해양구조물 등 수송기계 및 부품에 대한 지동내구성 실험을 수행하고 있음(위치 : 대전)

장비명	6자유도 진동대 시스템 (6 D.O.F Seismic Table)	**보유기관**	한국기계연구원(KIMM)
목적	내진동시험		
규모/성능/사양	주파수범위 : 0 Hz ~ 100 Hz 최대적재하중 : 30,000kg 진동대 크기 : 4 m * 4 m 최대가속도 : 수평 ±1.5g 수직 ±1.0g 최대속도 : 수평 ±75㎝/s 수직 ±50㎝/s 최대변위 : 수평 ±100㎜ 수직 ±67㎜		
특 징	진동/충격시험(KOLAS 시험기관 지정 철도차량용 부품 및 함정 탑재 장비 등의 진동 및 충격시험		
활용범위	전자.전기기기, 원자력발전소에 설치되는 각종 기기의 내진성능시험 및 기계, 건축, 토목, 선박(함정), 해양구조물 등 수송기계 및 부품		
비 고	제조사(국적): MTS(미국)		
장비사진			

⑨ 6자유도 진동대 시스템(지진방재연구센터)

6 DOF(자유도) 기록 지진파 등을 재현할 수 있으며, 질량이 큰 실험모형에 대한 내진실험 및 진동 내구성 검증 등에 활용가능한 장비로서, 2기의 이동배치가 가능한 3 DOF 진동대와 연계하여 저주파수 대변위 특성을 갖는 다중지지된 구조물에 대한 다중입력지진파의 모사가 가능한 장비임. 내진실험 연구, 진동내구성 검증 및 충돌실험 등에 활용 가능. 적재하중에 따라 최대 3g의 가속도를 구현할 수 있음(위치 : 양산)

장비명	고정식 6DOF 진동대 (Table C)	보유기관	지진방재연구센터
목적	6 DOF(자유도) 기록 지진파 등을 재현할 수 있는 장비로		
규모/성능/사양	주파수범위 : 0 Hz ~ 100 Hz 최대적재하중: 30,000kg 진동대 크기 : 4 m * 4 m 수평 3축, 수직 3축 최대가속도 : 수평 ±1.5g, 수직 ±1.0g 최대속도: 수평 ±1.5㎳, 수직 ±1.0㎳ 최대변위: 수평 ±300㎜, 수직 ±150㎜ Shake Table Performance Curve for X-axis(Horizontal)  Shake Table Performance Curve for Z-axis(Vertical) 		
특 징	2기의 이동식 3자유도 진동대와 연계되어 모델의 구성 및 크기에 따라 이동배치가 가능한 장비로 저주파수 대변위 특성을 갖는 지진파의 모사를 위한 내진실험에 활용가능		
활용범위	질량이 큰 실험모형에 대한 내진실험 및 진동 내구성 검증 등에 활용		
비 고	제조사(국적): MTS(미국)		
장비사진			

2.4 국내외 유사 실험시설 비교분석

■ (유사장비 보유기관) 장비 요구성능을 고려하여 NFEC의 시설장비 중복성 검토(NFEC-R- 201604-009871)결과 중복성 없음(중복도 매우 낮음)

- 진동대는 활용 용도에 따라 진동시험기(vibration table)와 지진시험기(seismic table)로 분류되며, 지진시험기는 구조요소용 및 비구조요소용으로 나뉨. 기존 국내에 설치된 진동대는 대부분이 진동시험기로 한국기계연구원, 한국철도기술연구원, 현대기술연구소, 부산대학교 등에 설치되어 있으며, 중형급으로 실대형 구조물에 대한 내진성능 검증을 수행하기 어려운 실정
- 기존 국내 최대 규모 장비인 부산대학교 지진방재연구센터의 진동대의 경우 최대 60톤, 25㎡ 면적의 실험체에 적용 가능한 수준, 한국기계연구원, 한국철도기술연구원에서 4m×4m 면적, 30톤 용량 6자유도 진동대를 보유. 현재, 기 구축된 진동대 장비는 대부분 구조 부재단위 실험 및 설비기기의 내진성능 검증에 활용
- 한국산업기술시험원, 한국화학융합시험원, 한국건설생활 환경시험연구원, 한국조선해양기자재연구원, 자동차부품연구원 등 시험기관에서 진동대를 보유하고 있으나 낮은 장비 성능으로 소형 설비 제품의 진동 문제로 한정하여 적용
- 현대의 기술연구소에서 민간 최대 규모 장비를 보유하고 있으나 10톤까지 적재 가능, (15㎡ 면적, 1자유도), 한국 SGS, DT&C에서 4㎡ 수준의 소형 진동대를 보유

순번	설치 기관명 (설치지역)	장비명	Size (m×m)	Payload (ton)	DOF	최대가속도 (g)	주파수 (Hz)	취득 연도	취득금액 (백만원)	공동활용 여부	장비등록 여부	신청기관의 자체검토 의견
1	한국철도기술연구원 (경기도)	6-자유도 진동대	4.1×4.1	30	6	±0.8~1.7	0~60	2009	4,076.8	공동활용	NFEC-2010-01-078197	중형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
2	한국기계연구원 (대전)	6자유도 진동대	4×4	30	6	x±1.5, z±1.0	0~100	1989	1,998	공동활용	NFEC-2009-10-073824	중형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
3	한국기계연구원 (대전)	2축 진동대	1.2×1.2	2 (0.5)	6 (2)	x±6, z±9 (8)	0.1~100	1998	227	공동활용	NFEC-2002-10-041778	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
4	한국전력공사 전력연구원 (대전)	전력설비 내진검증용 6자유도 진동대	2.5×2.5	2	6	x±5, y±6, z±9	0~60	2004	800	공동활용	NFEC-2013-02-174936	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
5	한국전력공사 전력연구원 (대전)	전력설비 내진검증용 1자유도 진동대	-	10	1	-	-	2004	216	공동활용	NFEC-2013-02-174922	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가 (전력구조물 동특성 평가용)
6	한국원자력연구원 (대전)	지진모사시험장치 2축 테이블	2.0×2.0	-	-	-	-	2016	146	공동활용	NFEC-2016-03-208322	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
7	연세대학교 (서울)	지진모사용 진동대	-	-	-	-	-	2012	47.9	공동활용	NFEC-2012-03-160524	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
8	전북대학교 (전라북도)	진동대	-	-	-	-	-	2005	35.0	공동활용	NFEC-2008-07-060663	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
9	연세대학교 (서울)	1자유도 수평 진동대	-	2	-	-	-	2013	178.2	공동활용	NFEC-2013-08-182483	소형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
10	부산대학교 (경상남도)	다지점 가진 대용량 지진모사 시험기	4.0×4.0	30	6	x±1.5, y±1.0	0.1~60	2009	8,875.5	공동활용	NFEC-2009-10-073824	중형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
			5.0×5.0	30	3	±1.25	0.1~60					
			5.0×5.0	60	3	±1.0	0.1~60					
11	한국표준과학연구원	6자유도 진동제시장치	1.2×1.2	0.5	6	±10	1~60	2001	-	기관외부 활용	NFEC-2011-01-135053	소형 지진 진동대 (자동차 승차감, 진동에 대한 연구)
12	진동내구성 평가센터 (창원)	6자유도 진동내구성평가 시험기	1.5×2.1	0.68	6	±8	0~50	2004	905.2	단독활용	NFEC-2007-10-020433	소형 지진 진동대 (자동차, 건설기계 등 부품 분야 실증)
13	SGS Korea (용인)	MAST(Multi-Zxial Shaking Test System)	2.5×2.5	3	3	±10	0.1~100	-	-	-	-	소형 지진 진동대 (기계, 전력 장비 등 비구조요소 실험)
14	현대건설 대형구조실험실 (용인)	진동대 시스템	5.0×3.0	30	1	±1.0	-	-	-	공동활용	-	중형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 불가
			2.0×2.0	5	2	±1.0	-					
15	한국산업기술시험원	내진실험설비	2.5×2.5	2	6	±10	0~60	-	-	-	-	소형 지진 진동대 (원자력기기 성능 실험)
			1.2×1.2	1	6	±5	0~100	-	-	-	-	소형 지진 진동대 (원자력기기 성능 실험)
최대 성능			5.0×5.0	60	6	±10	0~100	-	-	-	-	-
★	종합실증단지	실대형 구조물 내진실증 진동대	15×15	1,000	3	±1.0	0.5~.35	-	-	공동활용	-	대형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 가능
			7×7	200	6	±1.0	0.1~35	-	-	공동활용	-	중대형 지진 진동대 대형 구조물 실험체 설치 가능



순번	국가	설치 기관명	Size (m×m)	Payload (ton)	DOF	최대가속도 (g)	주파수 (Hz)	기타
1	USA/CA	University of California at San Diego	12.2×7.6	2,000	1	±1.0	20	(적재) 최대 규모(야외)
2	USA/CA	University of California at Berkeley	6.1×6.1	85	6	±1.5	40	
3	USA/NV	University of Nevada at Reno	2.75×2.75	50	6	±1.0	50	
4	USA/NY	University at Buffalo(State University of New York)(2 identical tables of 3)	3.6×3.6	50	6	±1.15	100	
5	USA/OH	NASA Mechanical Vibration Facility(MVF), Glenn's Space Power Facility	6.7×6.7	34	6	±1.0	150	
6	USA	Wyle :aboratories(1 of 3)	6.1×5.5	27	2	±6.0	100	
7	Italy	European Centre for Training & Research in Earthquake Engineering (EUCENTRE)	5.6×7.0	140	1	±6.0	0~100	
8	Italy	CESI S.p.A., Static&Dynamic Testing :aboratories, Seiate(BG)	4.0×4.0	30	6	±5.0	120	
9	UK	EERC(Earthquake Engineering Research Centre)	3.0×3.0	17	6	±6.0	0~100	
10	France	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives(CEA), AZALEE(1 of 3)	6.0×6.0	100	6	±1.0	50	
11	Greece	National Technical University of Athens	4.0×4.0	10	6	±2	100	
12	Netherlands	European Space Agency(ESA) ESTEC Test Centre	5.5×5.5	22.5	6	±5.0	2~100	
13	Russia	Hydroproject Research Institute	5.0×5.0	50	3.	±2.0	40	
14	Japan	NIED 'E-Defence' Laboratory, Miki City	20×15	1,200	6	x,y±0.9, z±1.5	0~15	(사이즈) 최대 규모
15	Japan	NIED (Nat. Inst. for Disaster Prevention) (1 of 2)	6.0×6.0	1,100	3	±1.0	15	
16	Japan	NIED (Nat. Inst. for Disaster Prevention) (2 of 2)	12×12	500	1	±1.0	50	
17	Japan	Nuclear Power Engineering Corporation	15×15	908	2	±2.0	30	
18	Japan	Public Works Research Institute (PWRI)	8.0×8.0	300	6	±2.0	50	
19	Japan	Aichi Institute of Technology	11.0×6.0	136	1	±1.0	50	
20	Japan	Ministry of Construction	6.0×8.0	100	2	±0.7	30	
21	Japan	Hazama Corp Ltd.	6.0×4.0	80	3	±2.0	50	
22	Japan	Nishimatsu Construction Corp	5.5×5.5	65	6	±2.0	50	
23	Japan	Kumagai-Gumi Corp Ltd	5.0×5.0	64	6	±3.0	70	
24	Japan	Kajima Corp. Ltd (1 of 2)	5.0×5.0	50	6	±2.0	60	
25	Japan	Ishikawajima Harima Heavy Ind Corp.	4.5×4.5	35	6	±1.5	50	
26	Japan	Tokyu Const. Corp.	4.0×4.0	30	6	±1.0	30	
27	Pakistan	Earthquake Engineering Center, University of Engineering & Technology Peshawar	6.0×6.0	60	6	±1.5	50	
28	Taiwan	National Center for Research in Earthquake Engineering	5.0×5.0	50	6	±1.0	50	
29	India	Jamia Millia Islania, NewDelhi	5.0×5.0	20	1	±2.0	100	
30	China	China Academy of Building Research, Beijing	6.1×6.1	60	6	±1.5	50	
31	China	Tongji University Shanghai	4.0×4.0	25	6	±4.0	50	신규 구축 추진중
32	Algeria	CGS Laboratory, Alger	6.1×6.1	60	6	±1.0	100	
최대 성능			20×15	2,000	6			
★	종합실증단지	실대형 구조물 내진실증 진동대	15×15	1,000	3	±1	0.5~.35	
			7.0×7.0	200	6	±1	0.1~35	

2.5 시사점 분석

2.5.1 수요자 요구 사항

국토교통 관련 연구자들에게 필요한 실증기술, 시설 · 인프라를 조사하고 향후 필요한 실증, 연구인프라 조사

- 국토교통 기술분야별 실증이 필요한 기술에 대한 수요조사를 통해 수요자 의견을 수렴

◦ 기간 : 2016년 8월 1일 ~ 19일(약 3주간)
◦ 방법 : 주관연구기관, 각종 학회 · 협회 회원사 E-mail 설문조사
◦ 대상 : 전문기관 · 주관연구기관 전문가 POOL, 국토교통 대형실험시설 관련 연구자 · 사용자, R&D 수행기관 및 전문가(WISE10포함), 국토교통 관련 학회, 협회 등

수요조사 결과

- 건축분야의 세부실증기술로 초고층건축물에 대한 내진성능, 건축물의 내진안전, 유지관리/보수보강, 건축물에 적용되는 첨단재료와 신기술의 성능 검인증에 대한 실증이 요구됨
- 시설물분야의 전문가 그룹에서는 SOC시설물의 전반적인 내진성능에 대한 실증의 필요성이 나타났으며 향후 이슈화 될 수 있는 원자력 관련 설비, 제품, 노후시설물의 내진성능이 필요하다는 의견이 다수 도출되었음
- IoT, ICT 기반의 미래기술과 융복합된 국토교통기술 · 시스템의 내진성능 검증에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있음
- SOC시설물 이외에 시설물을 구성하는 비구조요소에 대한 내진성능 필요



[그림 4-110] 건축 · 시설물의 필요 내진기술 및 실증



[표 4-84] 기술수요조사를 통한 내진관련 필요 기술, 실증

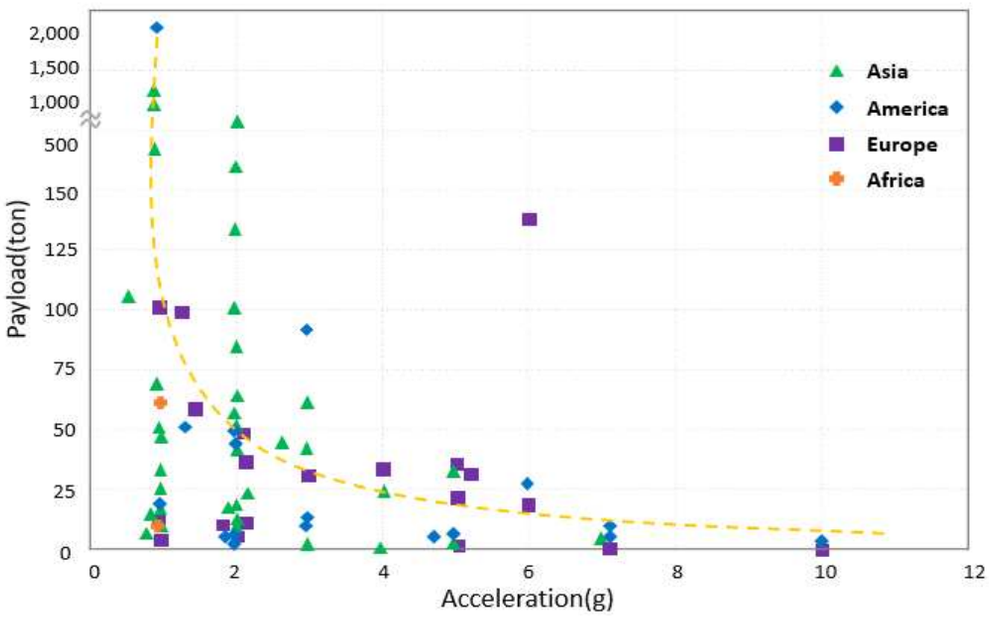
번호	기술명	필 요 성	연 구 내 용	비 고
1	건축물 내진성능평가	· 1995년 시설물안전관리에관한특별법 지정 후 현재까지 종별시설물에 대한 정밀점검, 정밀안전진단이 실시되고 있음	· 기존 소규모 주택(다가구, 다세대 및 연립주택 등) 내진성능평가 및 표준 보강방안 제시	내진
2	면진 제품 및 시설에 대한 신뢰성 인증 평가	· 기존의 내진 시험은 면진과 사용의 목적, 방법 등이 상이함에도 불구하고, 면진에 대한 기준이 없어 내진시험으로 제품에 대한 인증 평가가 진행되고 있음. 이에 따라 제품의 성능, 신뢰성이 명확하게 검증되지 않고, 불합리한 부분이 있음	· 실제 면진 조건에 대한 기준을 제시하여, 그에 적합한 시험 환경 구축이 필요함	재료
3	제진댐퍼 및 면진장치	· 각종 의존성 및 내구성	· 온도의존성	재료
4	내진, 내화, 단열(열교차단) 성능이 동시에 구현되는 건식 외단열시스템	· 각각의 시험 모듈에 의하여 시험 실시하여 성능 검증하고 있음	· 건축물 외장요소에 내진, 내화, 단열성능이 동시에 구현되는 건식 외단열시스템(모든 건축물에 상용화 가능한)기술의 실증 연구	내진
5	초고층건물의 풍하중에 의한 진동 제어를 위한 제진장치	· 초고층 건물의 풍하중에 의한 진동 발생시 제진장치를 이용한 제어 및 성능 효과 검증을 위한 테스트베드 필요	· 테스트베드를 이용한 제진장치의 성능 검증	시공기술
6	면진장치 성능검증 시험기술	· 지진에 대비하여 향후 대형 면진장치를 적용한 시설이 늘어날 전망이지만 대형면진장치의 성능평가를 할 수 있는 국내 시설의 성능이 부족함	· 동적 실증시험 및 인장 및 전단시험 수행	제로에너지 · 면진장치 성능시험시설, 동적 성능시험기
7	실물크기의 건축 구조 성능 검증	· 축소 모형 실험으로는 성능 확인이 어려운 건축 구조물 또는 부재에 대한 실증 시험	· 최소 5층 뼈대 구조에 대한 역학 실험	· 대규모 반력 바닥 및 반력 벽 · 고성능 고용량 액츄에이터 시스템
8	건축물 성능향상	· 기존의 건축구조물 안전 관련 검증방법은 주로, 적은 모형, 요소/부재를 대상으로 하고 있어서, 실제와 많은 차이점을 나타냄. 국가 전체의 건축구조물의 안전을 확실하게 확보하기 위해서는 필히 실제 대상물과 거의 같은 수준의 형태로 실증 검증이 필요함	· 구조/안전 및 유지관리 · 리모델링 · 구조물의 보수 및 보강 · 해체	· 부지면적 : 50,000㎡ · 연면적 : 10,000㎡ · 실증실험에 필요한 진동대, 가력엑츄에이터
9	학교시설물 내진성능평가	· 내진설계가 적용되지 않은 학교시설물에 지진이 오면 건물의 파괴가 발생하여 학생들의 대규모 인명피해 가능성이 높아진다. 지진에 대한 학교시설물의 지진파괴 유형을 정확히 파악하고 그 피해유형에 따른 내진보강을 정확히 실시하여 지진에 대한 인명피해를 줄이는데 목적이 있다.	· 학교시설물은 대부분 동일한 구조형식을 가지므로 폐교되어 철거예정 및 방치된 학교에 대해 실제횡력가력시험을 하여 학교시설물의 지진에 대한 파괴유형을 파악하여 동일하게 오래되고 사용중인 학교시설물의 내진성능평가 및 내진보강에 자료로 삼고자 함	· 폐교되어 철거예정된 실제학교시설물이나 더이상 사용할 수 없는 방치된 학교시설물 · 현장가력이 가능한 장비
10	건축 구조 및 비구조요소 내진성능 평가 기술	· 최근 건축구조기준(KBC2016)개정됨에 따라 구조 안전 및 비구조요소 구조 성능 검증에 관한 사항 강화됨 · 특히 내진설계 적용 범위가 확대됨에 따라 기존 건물에 대한 내진보강이 국가 차원에서 추진되고 있음 · 관련 내진보강 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있지만 성능 검증을 위한 절차 및 실증 시설이 필요함	· 천장틀, 커튼월, 이중바닥 등 내진 제품의 성능 검증을 위한 방법 및 절차 기술 개발 · 건축 비구조요소의 진동대 실험을 통한 내진 성능 실증	· 비구조요소 내진 제품 설치를 위한 실대형 건물 모형 · 가력 실험을 통해 건물의 거동을 모사하되 손상되지 않고 반영구적 으로 사용 가능한 테스트 베드
11	내진관련기술	· 건축물의 내진보강안이 각 개별적 기술력에 의존하여 실증에 의한 구분 및 보강수준등의 정리가 필요함		
12	실거주 모형 지진 실험대	· 최근 우리나라가 더이상 지진 안전지대가 아님을 확인 하게되었고 이에 좀더 실증적인 실험을 통하여 면진등 시설, 구조물등의 내진 설계 및 이에 대한 실증 실험이 요구됨	· 면진시설의 실험을 통한 실증 연구	· 내진 · 대형가상지진실험 · 가상 지진실험대 12m12m 이상의 지진대-6자유도

번호	기술명	필 요 성	연 구 내 용	비 고
13	시설물 재난재해대비 극한성능 평가기술	· 최근 급증하는 자연재해 및 인공재난 대비 극한상태에서의 시설물 및 부재 레벨의 구조성능 실증 필요	· 화재대비 극한성능 평가 · 폭발대비 극한성능 평가 · 충돌대비 극한성능 평가 · 강풍대비 극한거동 평가 · 강진대비 극한거동 평가	· 화재실험시설, 폭발실험시설, 충돌실험시설, 환경모사 풍동실험시설
14	감쇠장치 성능평가	· 기존 시설물의 내진성능 개량을 위한 감쇠장치의 수요가 증가하고 있으나, 제품의 성능과 평가에 대한 기준이 미흡	· 감쇠장치의 성능평가 기준 수립 · 감쇠성능평가 시험장치 개발 및 검증	· 감쇠효율시험 · 에너지소산시험 등
15	학교시설물 내진성능평가	· 내진설계가 적용되지 않은 학교시설물에 지진이 오면 건물의 파괴가 발생하여 학생들의 대규모 인명피해 가능성이 높아짐. · 지진에 대한 학교시설물의 지진파괴 유형을 정확히 파악하고 그 피해유형에 따른 내진보강을 정확히 실시하여 지진에 대한 인명피해를 줄이는데 목적이 있다.	· 학교시설물은 대부분 동일한 구조형식을 가지므로 폐교되어 철거예정 및 방치된 학교에 대해 실제횡력가력시험을 하여 학교시설물의 지진에 대한 파괴유형을 파악 하여 동일하게 오래되고 사용중인 학교시설물의 내진성능평가 및 내진보강에 자료로 삼고자 함	· 폐교되어 철거예정된 실제학교시설물이나 더이상 사용할 수 없는 방치된 학교시설물 · 현장가력이 가능한 장비
16	내진성능 실증 기술	· 최근 빈번해진 지진에 대비한 다분야(시설물, 교량, 건축물, 철도)의 내진성능 확보	· 구조물(시설물, 교량, 건축물, 철도) 내진성능 평가 · 내진, 면진, 제진장치의 성능 확보 여부 평가	· 구조 및 도로성능 실험동(실험시설) · 정적, 동적 엑츄에이터 등
17	지진보호장치 성능시험설비	· 지진보호장치의 국내 적용이 크게 늘어나 있으나, 실물 장치의 성능 및 품질 시험을 위한 설비가 부족하여 축소시험체로 성능평가를 끝내거나 품질시험을 생략하는 경우가 있음 · 이러한 설비를 사기업이 준비하기에는 큰 경제적 어려움이 있어, 다수가 이용한 국가차원의 시험 설비가 필요함	· 2축가력 시험. · 고하중 전단압축시험 · 고속 전단시험	· 지진격리장치의 전단 압축시험기 · 압축하중 5000ton 전단하중 2000ton 이상, 최대 100m/sec의 고속 시험기
18	건축 토목 구조물의 실험적 내증 인증	· 국가내진설계기준 보완 및 조정	· 각종 구조문의 내진 시험 기법 및 hybrid simulation 실험 방법 연구	· 지진시험 진동대, Realtime&Quasi-static hybrid simulation · 대용량 Seismic-simulation table · Realtime & Quasi-static hybrid simulation test system

2.5.2 시사점 도출

- 국외 실증시설(미국, 일본 중심)은 payload가 많이 걸리는 대규모 실험체 적용이 가능한 시설 · 장비가 구축되어 활용되고 있으며, 현재도 대규모 시설 · 장비 도입에 매우 적극적임

  * 대만 NCREE, 일본 KAJIMA, SHIMIZU, 중국 동지대학교 등에서 대규모 장비 설치중 또는 설치 예정임

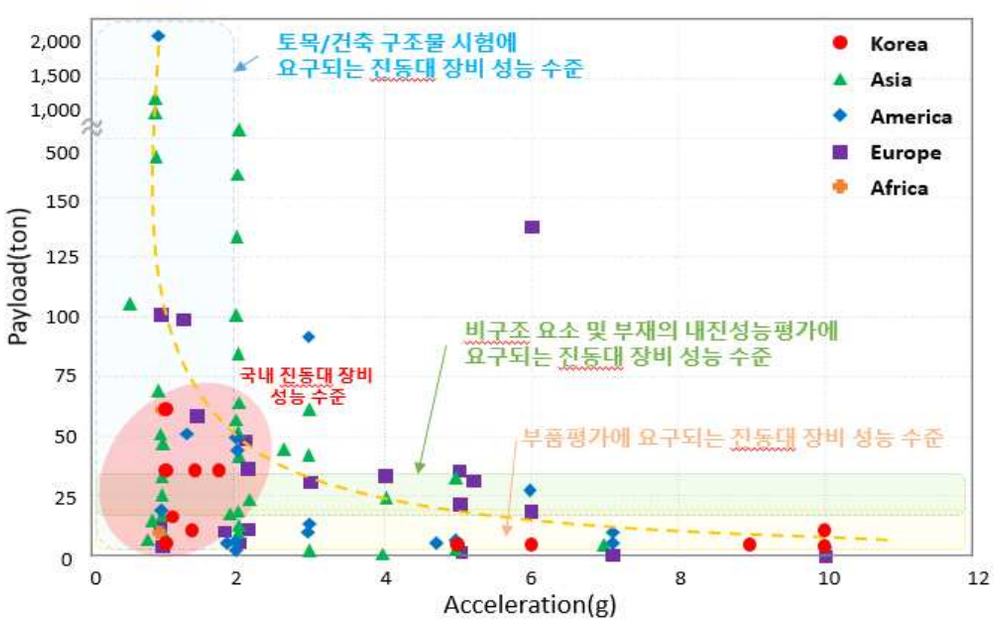


[그림 4-111] 국외 실증시설 Payload, Acceleration 성능

- 기구축된 국내 내진성능 시설 · 장비는 국제 수준에 비해 규격, 규모, 성능이 현저히 미흡하여 대형구조물의 내진 성능 실증, 비구조요소의 내진분야 인증에 한계가 있음

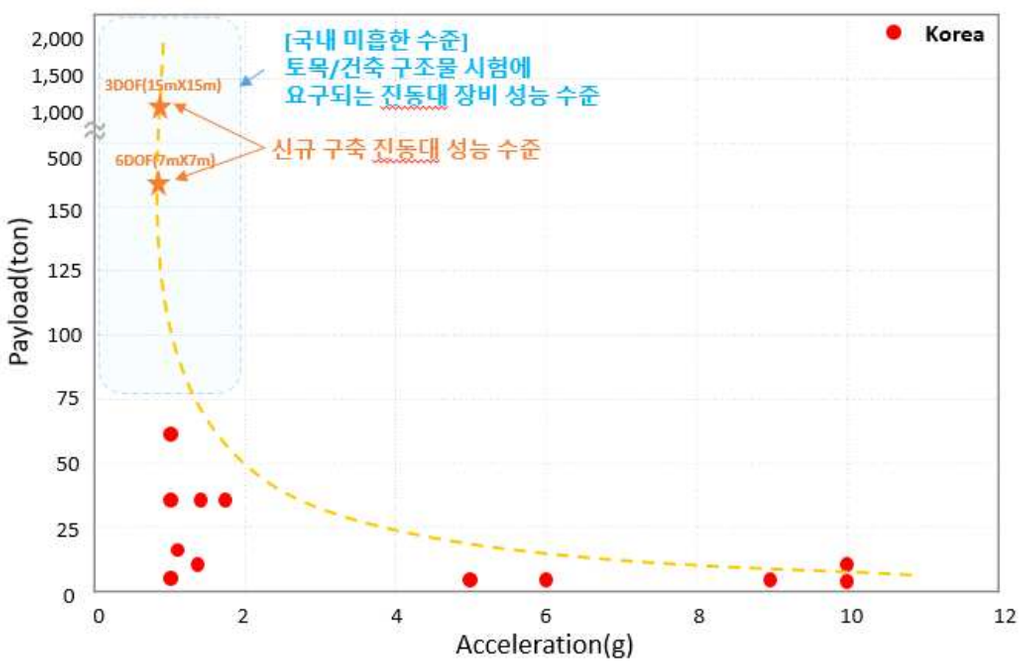
  * 진동대는 그 자체의 가진되는 성능으로 평가되기보다는 설치 면적, 설치되는 중량, 자유도, 구현 가속도 등에 의하여 종합적으로 평가

  – 국외는 이미 15~20년 전부터 초대형 진동대 연구인프라를 구축하고 관련 기술의 검증 및 개발이 활발히 진행되고 있음



[그림 4-112] 국내 진동대 장비 수준 비교

- 국내 전체 분야에 대한 실험항목/규모 등을 고려할 때 지진관련하여 대형 실험체 적재가 가능한 진동대 장비가 요구되며, 향후 비구조 요소, 부재 및 부품의 시스템화에 따라 증가할 수 있는 payload를 고려하여 진동대 규모, 성능 도출 필요
  - 국내에서 규모가 큰 6자유도 진동대 장비의 경우 10ton이하의 실험체에 대해서 ±1, 2g이상의 가속도 구현 가능. 그러나 비구조요소의 인증 IEE-382, IEC 60068-2-57 및 ICC-ES AC156 등의 국제기준을 충족시키기에는 제한적인 내진성능검증만이 수행 가능
  - 향후 상대적으로 내진성능이 취약한 조적조 저층 건축물과 RC조 저층건축물에 대한 내진성능 평가 및 대책마련이 시급한 실정에서, 간략해석에만 의존하는 것이 아닌 실구조물에 근접한 대형 실험을 통한 실질적이 검증이 요구될 것으로 전망
- 국내 진동대의 국제적 수준은 세계 20위권 수준으로 충분한 용량과 성능이 확보된 진동대의 도입이 매우 시급함. 적재하중 1,000ton의 경우 실규모 SOC시설물(건축물 포함)의 실증이 가능하며, 다자유도 진동대와 연계 · 활용하여 대부분의 내진성능검증과 관련된 국제기준을 만족시킬 수 있을 것으로 예상



[그림 4-113] 국내 미흡한 진동대 성능/신규 구축 진동대 비교

- (차별성) 구축하고자 하는 연구시설 · 장비는 최대적재하중 1,000톤 이상, 시험가능면적 225㎡ 이상 수준이며, 국내 최대 규모의 진동대 장비로 기존 국내 장비와 차별화되고 기존 부재단위 및 제품 단위 실험에 적용되는 장비와 달리 실구규모 건축물 및 SOC시설물의 내진성능 검증에 활용
  - 국내외 발생지진을 고려하여 대부분의 지진 모사가 가능하도록 최대가속도 ±1.0g 이상으로 장비 구축. 적재하중 및 시험가능면적, 가진 자유도(가진 방향)를 고려할 경우 세계 최고 수준의 시험장비
  - 재료 · 구조적 특성에 따라 현실적으로 적용 가능한 상사비의 제약을 받지 않고 수행할 수 있는 실증이 가능함



[표 4-85] 국내외 실증시설 규모, 성능

구분	보유기관 · 시설명	규격, 규모	DOF	성능, 사양		기타
		Size(m)		Payload(ton)	Acceleration(g)	
국내	부산대학교 지진방재연구센터	5.0 x 5.0	3	60	±1.0	국내 최대
		4.0 x 4.0	6	30	x±1.5, y±1.0	
		5.0 x 5.0	3	30	±1.25	
	한국철도기술연구원	4.1 x 4.1	6	30	±0.8~1.7	(중소형)
	한국전력공사 전력연구원	2.5 x 2.5	6	2	x±5, y±6, z±9	(소형)
	SGS KOREA	2.5 x 2.5	3	3	±10	(소형)
국외	University of California at San Diego/LHPOST(미국)	12.2 × 7.6	1	2,000	±1.0	(적재용량)최대
	NIED 'E-Defence' Laboratory, Miki City(일본)	20 × 15	6	1,200	x,y±0.9, z±1.5	(적재면적)최대
	Nuclear Power Engineering Corporation(일본)	15 x 15	2	908	–	(대형)
	동지대학교(중국)	6.0 x 8.0	6	200	–	(중대형)
최고 수준	항목별 최고수준	20 × 15	6	2,000	±10	–
종합실증단지 실증시설 · 장비 성능		15 × 15	3	1,000	±1.0	–
		7.0 × 7.0	6	200	±1.0	–

○ (요구성능) 제안된 진동대는 최대적재하중 1,000톤 이상, 시험가능면적 225㎡ 수준
  – 실대형 구조물 실험이 가능하도록 1,000톤 이상, 최대 225㎡ 의 실험 면적 확보 요구
  – 국내외 발생지진을 대부분 모사 가능하도록 최대가속도 : ± 0.7~1.0g 이상, 최대변위 : ± 300 mm (좌우방향)이상 필요

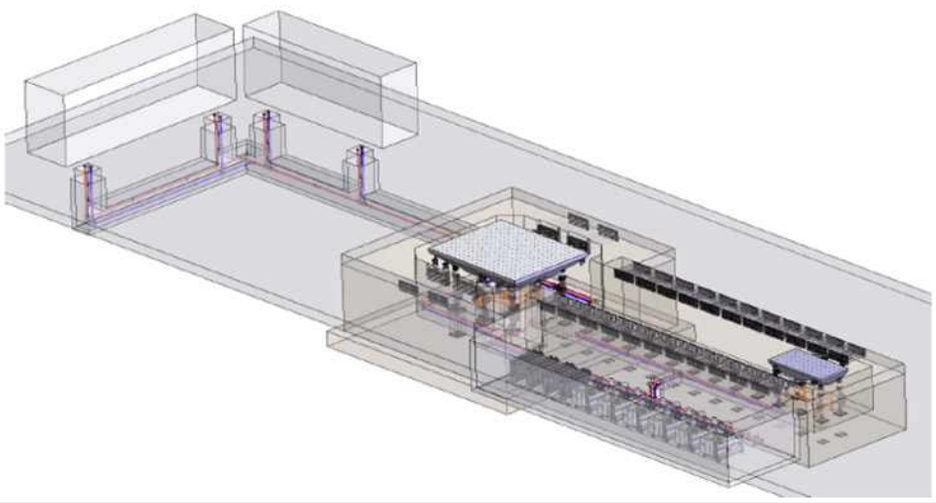
○ (국가연구시설) 부산대학교 지진방재연구센터에서 국내 최대 규모(60톤 중량, 25㎡ 면적) 장비 보유
  – (동일기관) 장비 요구성능을 고려하여 NFEC의 시설장비 중복성 검토(NFEC-R-201604-009871)결과 중복성 없음 확인 (중복도 매우 낮음)
  – (타기관) 한국산업기술시험원, 한국화학융합시험원, 한국건설생활환경시험연구원, 한국조선해양기자재연구원, 자동차부품연구원 등 시험기관에서 진동대를 보유하고 있으나 장비요구성능에 크게 부족하며, 소형 설비 제품의 진동 문제로 한정하여 적용할 수 있는 장비로 조사됨.

○ (민간시설) 현대의 기술연구소에서 민간 최대 규모 장비를 보유하고 있으나 10톤까지 적재 가능
  – 현대기술연구소에서 15㎡ 면적의 진동대를 보유(1자유도 이며, 최대 10톤까지 실험 가능)
  – 한국SGS, DT&C에서 4㎡ 수준의 소형 진동대를 보유

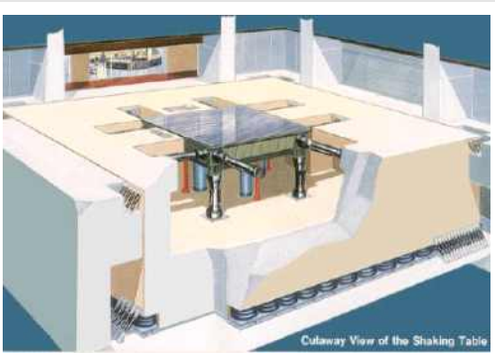
3. 실증시설 상세 내용

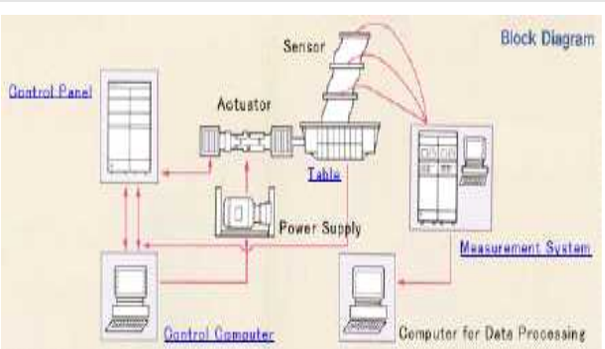
■ 대형시설물의 실시간 내진실험을 위한 대규모 지진모사실증시설로, 대형시험체 탑재가 가능한 진동테이블 2기로 구성되어 있으며 테이블 가진기, 진동대 설비, 유압설비, 계측시스템으로 구분됨

○ 대형실험체 탑재가 가능한 진동테이블 2기 구성으로 연계가 가능하여 지점 사이의 거리가 필요하여 입력지진의 위상차가 발생하거나 또는 지점이 서로 다른 지반 건설된 시험체 경우의 지진거동 특성 파악 가능

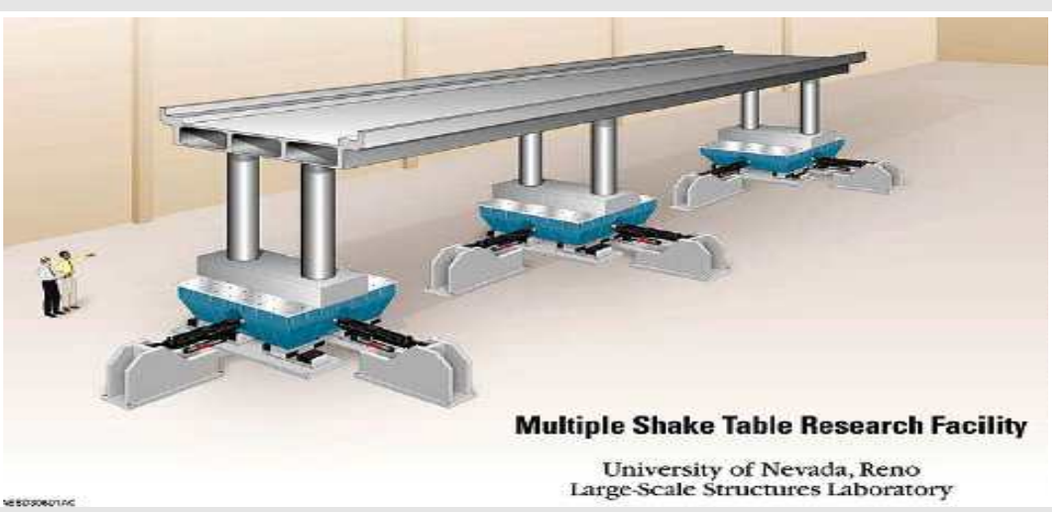


실험 시설의 개념도 (예, Southwest Jiaotong University Civil Structural Testing Lab(8m×10m, 3m×6m)





지진모사 실험 시설의 개념도



다지점 실험이 가능한 지진모사 실험 설비(at University of Nevada, Reno)



3.1 핵심 기능 및 역할

■ **(기술개발 · R&D 실험서비스) SOC, 도시 · 건축물 등 내진설계 · 보강기술 및 제진 · 면진장치의 성능 검인증을 위한 실험서비스 제공**

- (성능 검인증) 구조물별 대한 내진성능, 비구조요소 설비 · 시스템 · 제품에 대한 국내 · 국제 시험인증(KOLAS, KEPIC 등) 서비스
- 첨단 연구인프라 기반 국제공동연구 · 우수인력 유치 가능

■ **(신기술 검증 기술지원) 내진 관련 기업의 신기술(NET) · 신제품(NEP) 검증 및 개발기술의 실용화/상용화를 위한 내진성능평가 실험환경 제공**

■ **(정책 · 제도 및 표준화) 공공시설물 내진안전성 확보 전략과 연계하여 구조물 내진설계기준 및 시방서 제 · 개정, 비구조요소 내진설계기준 및 설치 매뉴얼 작성, 내진성능평가 시험표준 개발 등의 역할 수행**
→ 건축물 전반에 대한 내진설계기술 확보

- 한국건설기술연구원, 한국기계연구원, 한국원자력연구원 및 포스코, 현대건설 등 국내 내진기술개발 기관과 연계 활용 가능
- 한국표준과학연구원, 한국산업기술시험원, 한국건설생활환경시험연구원 등 국가 내진 관련 실험표준 및 기준 제정 지원(건축구조기준의 비구조요소 및 소방설비의 내진설계)

■ **(시장진출 지원) 내진분야 다양한 시험서비스 환경을 제공하여 기업이 개발한 기술 · 제품이 빠르게 시장에 진출할 수 있는 생태계를 조성하고, 동남아시아 등 강진지역을 타겟으로 한 내진분에 대한 우리 기업의 해외시장 진출을 위한 기술의 검인증 지원**

- 면진 · 제진 장치의 내진성능 검인증으로 기술 · 제품의 해외시장 진출 발판 마련

■ **(전문인력 교육 및 대국민 홍보) 내진설계 기술자 교육 및 대국민 지진안전 체험 · 홍보**

- 내진설계, 비구조요소 내진분야 등 관련 전문가 전문 기술인력 교육 수행
- 세계적 수준의 내진설계경진대회 등을 통한 국내 연구시설 · 장비 홍보

3.2 실증시설의 세부구성 및 범위

3.2.1 실증시설 세부구성 및 내용

내진성능평가 실증시설은 실구조물용 초대형 진동대와 비구조요소용 대형 다자유도 진동대로 구성

■ 실증기술 세부 구성도



[그림 4-114] 실대형 구조물 내진성능평가 종합실증시설의 실증기술 및 필요장비 도출

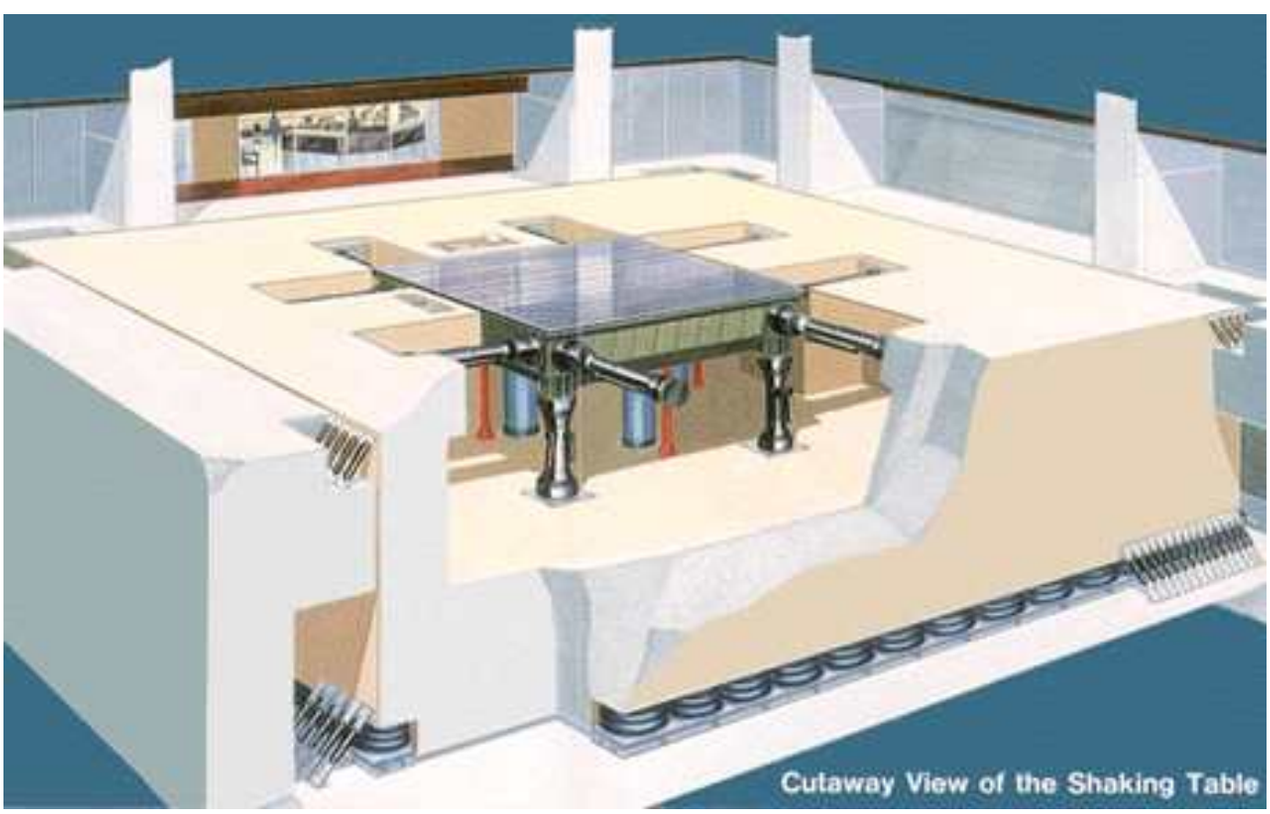
■ 실증시설별 구성내용 및 기술의 정의

분 야		세부분야	실 험 영 역
내진성능 검증 (실구조물용 초대형 진동대)	· 실규모 구조물 및 구조요소 · 기둥, 교각, 벽체 요소 · 학교, 노후시설 등 지진취약 시설	건축물 및 SOC 시설물	– 건축 구조 및 비구조 요소 시스템 레벨 내진성능 평가 – 도로, 교량, 철도, 발전설비 등 SOC 실대형 구조 성능 실증 – 각 종 내진 구조, 재료, 제품의 신기술, 연구결과 평가 – 내진구조 제품 및 설계기술과 성능검증 방법 개발
진동내구성 검증 (비구조요소용 대형 다자유도 진동대)	· 실규모 비구조요소 및 구성 시스템 · 건축비구조, 전기, 공조, 물 및 가스공급 등 비구조요소	수화력, 신재생 발전설비 및 건설해양기기	– 신재생 에너지 등 발전설비 구조물 내진성능 검증 – 수 · 화력 발전용 설비기기의 진동 내구성 검증 – 태양광(열), 풍력발전 등 신재생 발전설비 내진동 성능평가
		해양, 수송 건설기계 및 차량	– 해양플랜트, 선박, 수송기기 전력설비, 배관계통 진동내구성 – 건설기계 및 중차량 주요 부품에 대한 진동내구성 검사 – 자동차, 건설기계의 캐빈 등에 대한 승차감 조사

3.2.2 조감도/구성도



[그림 4-115] 외부전경(안)



[그림 4-116] 내부 투시도(안)

3.3 실증대상 기술/공정/기능

- 국내 건축구조물 등에 대한 지진시 거동을 명확히 이해하고 합리적인 내진설계기준 등 개발
  - 기존 내진 설계가 되지 않은 저층 조적조, RC조, 목조 등의 건축물의 전반적인 지진 안전성을 실물크기로 실험하여 평가
- 비내진벽(두께 20cm 이하, 비내진 상세)의 내진 성능은 실물크기와 최대한 가깝게 한 실험체에 대해 내진실험을 수행하고 취약부분을 파악함과 동시에 우리나라 지진현황에 걸맞는 내진상세를 개발
- 건축, 토목 시설물 전반에 걸쳐 시행되고 있는 내진설계 · 평가 기준의 적절성 검증 필요
  - RC 모멘트 골조, 벽식 이중 골조, 철골 모멘트 골조, 가시 구조 등 일반적 구조 형식 이외에 기준에 포함되지 않은 구조형식 및 구조요소의 사용시 그의 전체 시스템에 미치는 영향을 평가 · 인증
- 건축, 토목 구조물 뿐 아니라 철도, 원자력 등 다양한 산업분야에서 주요 기기나 설비의 내진성능 검증

- 주요 SOC시설물 및 (대형)부재의 내진성능 검인증
  - 실규모 교량 부재(교각, 거더, 받침장치 등)의 내진성능 실증 및 지진거동 분석
  - 지반, 도로, 옹벽 등 구조물 내진성능 실증
  - 각종 건축구조물 및 기둥, 슬래브, 벽체 등 주요 건축구조요소 내진성능 실증
    * 초고층, 초대형 구조물 등 특수 건축물 설계기술 실증
  - 내진안전성 확보가 부족한 저층 주택, 빌딩의 내진성능 실증
    * 조적조, 무근 벽체 등을 갖고 있는 노후건축물 내진보강 방안 개발
    * 지진에 취약한 필로티 주택 내진성능 실증
  - 면진, 제진 등 미래 내진기술 개발을 위한 실험 DB 구축
  - 비구조요소 제품 및 시스템의 지진시 기능 안전성 확보 기술 개발
- 수화력, 원자력 등 발전시설, 신재생 에너지 구조물 등의 진동 내구성 검증
  - 원자력 발전소 격납구조물 및 각종 대형 제어기기 · 설비에 대한 안전성 실증
  - 태양열, 풍력발전 설비의 내진 및 내풍 성능 실증
  - 댐 구조물, 수도시설 구조 및 펌프, 배관 등 비구조요소 내진설계 기술 개발
    * 미국에서는 실 규모 풍력, 태양열 발전 설비에 대한 내진성능 연구 활발
- 지반 및 구조물 상호작용을 고려한 지진시 거동 분석 및 해석기술 개발
  - 지반–구조물, 지반–구조물–유체 등 경계요소 상호작용을 고려한 실시간 내진성능 실증
  - 연료저장탱크(액체저장탱크) 등 산업용 저장시설의 내진성능 실증
  - 지반 및 유체를 고려한 지진시 구조물 해석기술 개발을 위한 DB 구축



[그림 4-117] 내진성능 시설 · 장비의 활용 범위

[표 4-86] 진동대 장비의 세부 활용분야 및 범위

분야	세부분야	실험영역	세부 실험 분야	국내외 인증/기준	국내 실증 가능 여부	비 고
내진 성능 검증	건축물 및 SOC 시설물	· 건축물의 내진성능 실증	아파트 구조 시스템 아파트 리모델링 공법에 따른 실증 비정형 저층 공동주택 내진성능		△	– 국내에서 대형구조물에 대한 내진성능 실증은 축소모형 형태로 수행
		· 도로, 교량, 철도(부품), 발전설비 등 SOC 실대형 구조 성능 실증			△	– 국내에서 대형구조물에 대한 내진성능 실증은 축소모형 형태로 수행
		· 각종 내진 구조, 재료, 제품의 신기술 및 설계기술 검증 등	면진장치 내진성능 실험		×	– 국내 실험기술력 부재로 미국 UCSD에서 실험 수행((주)에스코RTS, 유니슨이테크 등) – 실험비용, 수송비 약 2.5억원 소요
			제진장치 내진성능 실험		△	– KCL 면진장치 시험장비 보유하고 있으나, 면진장체 자체에 대한 성능평가만 가능하며 전체 시스템의 성능평가는 불가능
내진, 진동 검증 (비구조요소)	수화력, 신재생 발전설비 및 건설해양기기	· 신재생 에너지 등 발전설비 구조물 내진성능 검증	송전탑 구조 및 관련 장비		△	
		· 수 · 화력 발전용 설비기기의 진동 내구성 검증	내진배전반		△	
		· 태양광(열), 풍력발전 등 신재생 발전설비 내진동 성능평가	공조기, 발전기, 냉각탑 등 설비시설의 내진성능		△	
	해양, 수송 건설기계, 조선 및 차량의 중요 기자재	· 해양플랜트, 선박, 수송기기 전력설비, 배관계통 진동내구성	접합부 배근상세 내진성능 실험 배관 Flexible joint 등 내진성능		△	
		· 건설기계 및 중차량 주요 부품에 대한 진동내구성 검사			△	
		· 자동차, 철도차량, 건설기계의 캐빈 등에 대한 승차감 조사		△	○	– 철도차량의 차체, 대차 등 관련 기기 부품의 진동시험은 KS R 9144 – 철도 차량 설비의 충격 및 진동 시험은 IEC 61393 – 철도 함정탑재장비 진동시험 MIL-STD-167-1A

분야	세부분야	실험영역	세부 실험 분야	국내외 인증/기준	국내 실증 가능 여부	비 고
	기타	· 전기 통신설비의 내진성능평가		○	△	– Telcordia GR-63-CORE – IEEE Std 693 – ICC-ES AC156 – 국내 비구조 요소의 내진성능기준은 "전기통신설비의 내진시험"만 있음
		· 가스절연개폐기		–	–	
		· 고압 및 저압배전반, 고전압 변전설비		○	△	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156 – 국내 한국기계연구원, 지진방재연구센터에서만 실험이 가능하며 증가하는 수요에 대응하기 미흡함
		· 원자력 발전소의 E1급 배전반		○	△	– IEEE Std 344, IEEE Std 323, IEEE Std 382 – 국내 수행가능한 장비가 미흡하여 시험하중, 가진주파수 범위, 가속도를 하향하여 제한적으로 SGS와 한국산업기술시험원(KTL)에서 수행
		· 가스 및 상하수도 배관구조		○	△	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 천정(천정 부착물)과 벽체		○	△	– IEEE Std 382 – ICC-ES AC156
		· 전기 및 전력설비		○	△	– RIM test(sine sweeping test) – IEEE Std 382 – ICC-ES AC156
		· 산업용 펌프		○	△	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 소방안전시설		○	△	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 배관구조물, 덕트 등 옥외시설물		○	△	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 건축물 바닥 마감재(이중마루, 외벽 재 마감재 등)		○	△	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
내진설계 기준 검인증			내진설계기준 제정(기술적 검증) 초고층 건축물 합성구조 설계안 비구조체 내진설계기준			



3.4 실증시설 · 장비 규모 및 범위

3.4.1 건축 규모 및 요구성능

◎ (구성) 실대형 구조물 내진성능 실증시설은 실구조물용 초대형 진동대와 비구조요소용 대형 다자유도 진동대 2기를 포함한 각종 유압설비 · 측정 장비 등으로 구성됨

◎ 일반사항(건축)

시설명	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설
시설용도	실대형 SOC시설 · 건축물의 구조부재, 비구조요소 및 장치 등에 대한 내진성능평가
층수(지하,지상)	연구동 : 지하1층, 지상 3층 / 실험동 : 높이 약 25m
부지면적	20,000㎡ (200m×100m) ※ 외부에서 실험체 제작 및 철거 · 파쇄가 가능한 필수 공간 포함
건축면적	5,000㎡ (100m×50m)
연면적	8,000㎡ (실험동: 6,500㎡ / 연구동: 1,500㎡)
주요 특징	– 국내외 발생지진 및 국내 실정을 고려한 지진 등 대부분의 기록지진 모사가 가능하도록 최대가속도 : ± 1.0g 이상 가진을 목표로 시설 · 장비 구축 – 적재하중 및 시험가능 면적, 가진 자유도(가진 방향)를 고려한 시험장비 배치

◎ 층별/실별 최소 요구성능(사양/규모/면적 등)

층 구분	실험실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
지상 3층	운영실	500	회의실, 서버실, 연구실 등
지상 2층	운영실	500	진동대 제어실, 연구실 등
지상 1층	대형 진동대 실험실 / 운영실	5,000	진동대 실험실, 준비실, 공구실 및 공작실 등
지하 1층	대형 진동대 실험실	2,000	기계실(유압펌프실), 전기실, 공용창고 등

3.4.2 장비 성능 설정 근거

◎ 1,000톤급 3자유도 초대형 진동대

– 총 5~7층 높이의 실구조물은 층당 약 150~200톤 규모를 가지며 국내 지진관련 연구예산 투자 수준, 민간 수행 실험 환경/동향을 고려하여 5층 정도 구조물 크기가 적절(장기적 활용도 고려)

* 기존 유사실험 경험과 노하우가 풍부한 전문가 그룹의 의견을 참고하여 설정

– 일본 E-Defense 세계 최대 수준 6자유도 진동대 용량 1,200톤이 실규모 실험을 문제 없이 수행

– 미국 UCSD 야외 진동대의 경우 2,000톤의 규모를 가지고 있으나 1방향 가진으로 활용에 제한적이며 실제로는 토질동역학 분야에만 한정하여 2,000톤 용량을 활용하고 있음

→ 투자대비 효율성, 연구활용성을 고려하여 약 1,000용량 설정(다만, RC 구조 등 실제 구조물은 수직 방향에 대한 영향이 적기 때문에 수직방향 가진을 미고려함으로써 투자 대비 효율성을 높이고자 함)

200톤급 대형 다자유도 진동대

– 최근 국내외적으로 잦은 지진 재해로 내진 관련 연구가 활발하게 진행됨에 따라 고주파 특성의 근거리(암반) 강진과, 지진시 수직운동에 대한 관심이 증가하고 있음

– 단일 비구조요소의 내진성능 이외에 구조물과의 상호관계 반영을 위한 일정 수준의 구조물(시스템)로 내진성능 검증이 가능한 사양의 진동대가 요구됨

– 이와 관련하여 일본, 대만 등에서는 50Hz 대역 이상에서의 100~200톤급 6자유도 제어가 가능한 연구장비 구축 추진

기타 사양/성능 설정

– 기타 사항들은 현재 최고 수준의 장비 제작기술이 구현 가능한 수준을 조사하여 반영

– 진동대 장비의 사양은 최대 시험중량 및 가속도가 결정되면 중요 구성요소(Actuator, pump)의 사양이 결정되며, 이에 따라 나머지 사양이 결정되는 것이 일반적으로 기타 사양들을 축소, 절감함으로써 경제적 이득이 적으며, 연구 활용도만 저하될 수 있음

– 그러므로 기존에 적용 경험이 있는 진동대의 업그레이드된 형태를 국내에 적용하는 것이 가장 합리적임



3.4.3 장비 성능 및 요구사양

진동대 주요 요구조건

- 세계 최고 수준의 1,000톤급 3자유도 초대형 진동대 1기
- 세계 최고 수준의 대형 다자유도 진동대(200ton 규모) 1기

장비별 세부 요구 성능/사양

세부 장비명	주 요 사 양	설치장소	비 고
실구조물용 초대형 진동대	· 진동대 & 유압설비 – 실험체 탑재 면적 : 15m×15m – 최대 적재 용량 : 1,000 ton – 최대 가속도 : ± 0.7g (최대 적재용량 기준) – 최대 속도 : ± 1.0m/s – 최대 변위 : ± 200 mm – 전도모멘트 저항력(overturning moment) : 50 MN–m – 가진 자유도 : 3 DOF (X, Y 수평 2방향 및 yawing) – 가동주파수범위 : (0.1 ~ 20) Hz – 700lpm급 고성능 유압시스템(펌프 및 배관) – Accumulator back 등 기타 유압 설비 · 제어시스템 – 지진 모사실험용 디지털 콘트롤러	실험시설 1층	시험가능면적 대비 세계 Top 2 수준 (국내최대)
비구조요소용 대형 다자유도 진동대	· 진동대 & 유압설비 – 실험체 탑재 면적 : 7m×7m – 최대 적재 용량 : 200 ton – 최대 가속도 : ± 1.0g (최대 적재용량 기준) – 최대 속도 : ± 2.0 m/s – 최대 변위 : ± 800 mm – 전도모멘트 저항력(overturning moment) : 4 MN–m – 가진 자유도 : 6 DOF – 가동주파수범위 : (0.1 ~ 35) Hz – 유압시스템(초대형 진동대 공유) · 컨트롤러 시스템 – 지진 모사실험용 디지털 콘트롤러	실험시설 1층	6자유도 기준 탑재 면적대비 세계 Top 2 수준 (국내최대)
Actuator 시스템	· 하이브리드 진동대 실험용 Actuator 시스템 – 25, 50ton(최대속도 ±2m/s, 최대변위 ±1,000mm) 용량 actuator 4개, Actuator 디지털 콘트롤러, 서버 등	실험시설 1층	–
부대시설	– 진동기초(철근콘크리트) : 40,000ton 이상 * 반력벽(가로 36m, 폭 2m, 높이 22m) 및 반력바닥(32m×48m) – 냉각시스템 : 28,704 BTU/Hour/HPS – 진동대 운영을 위한 전용 전력설비 : 1,635 kVA 이상 – 전동 출입문, 30톤 이상 오버헤드 크레인 2기 등 – 실시간 데이터 전송을 위한 연구망(KREONET) 설비 – 실험용 프레임 및 지그 일체	실험시설 1층 (지하)	연약지반 보강비 별도
기타 연구장비 소모품	– DAQ(Data Aquisition) 계측시스템 – 각종 가속도계 및 변위계 등 측정 장치 – Vision 및 GPS 시스템 등 대형 구조물 변위 측정 장치 – 영상기록 저장장치 및 실험운영을 위한 CCTV 시스템 – 지게차, 리프트, 행거크레인 등 실험 보조장치	연구시설 1층, 3층	–

장비 요구성능 요약

○ 해당 장비 제작 · 구축이 가능한 업체와의 협의를 통해 세부 성능 확정

[표 4-87] 실구조물용 초대형 진동대

항 목	성 능		
Table Size	15m×15m		
Type(DOF)	3DOF(X, Y, Yaw direction)		
Max. Payload	1,000ton		
Frequency of operation	0.1~20Hz, Sinusoidal waveforms		
(Detailed)	X Axis	Y Axis	Z Axis
Stroke	±200mm	±200mm	TBD
Velocity	±1m/sec	±1m/sec	TBD
Acceleration	±0.7g's	±0.7g's	TBD
Overturning Moment	50MN-m		

[표 4-88] 비구조요소용 대형 다자유도 진동대

항 목	성 능	
Table Size	7m×7m	
Type(DOF)	6DOF(Tri-axial))	
Specimen Mass at rated acceleration	35ton	
Specimen Mass at reduced acceleration	70ton	
Frequency of operation	0.1~35Hz, Sinusoidal waveforms	
(Detailed)	Horizontal Axis	Vertical Axis
Stroke	±800mm	±400mm
Velocity	±2.0m/sec	±1.0m/sec
Acceleration	±2.7g's(35ton specimen) ±1.9g's(70ton specimen)	±2.0g's(35ton specimen) ±1.4g's(70ton specimen)
Overturning Moment	400ton-m(simultaneous horizontal and vertical) 800ton-m(X or Y only)	

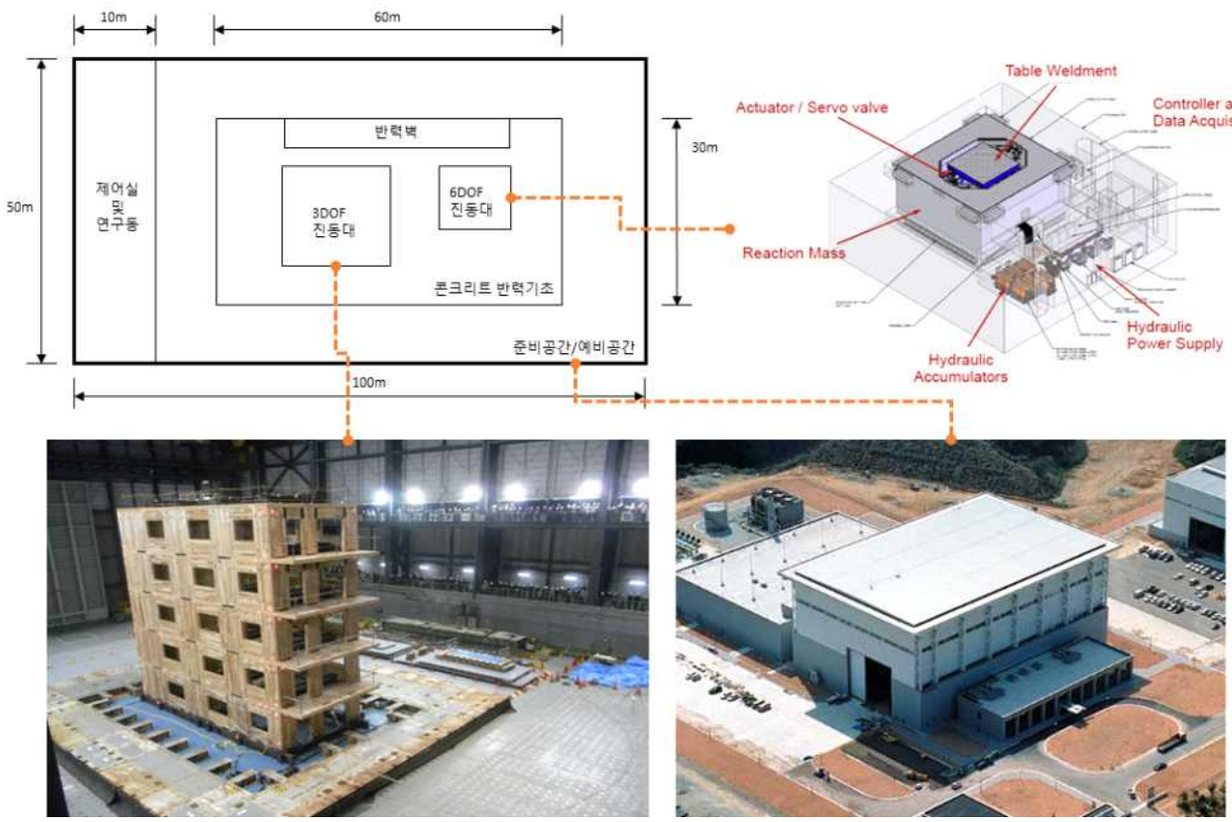
[표 4-89] 기타 세부 장비

구 분	상세 내용
Actuators	Hydraulic actuators -High performance 3-stage servo-valves -in placement transducers, pressure cells, swivels
Hardline System	
MTS 469D Seismic Simulation Digital Controller	
Reaction mass weight (15m×15m Table) : 28,100ton(30:1 moving mass force ratio) = 1,338ton* × 30 × 0.7g * 1,338ton= (table 320 ton) + (Specimen 1,000 ton) + (Actuators 24 × 0.75ton)	
Reaction mass weight (7m×7m Table) : 7,068ton(30:1 moving mass force ratio) = 124ton* × 30 × 1.9g * 124ton= (table 48 ton) + (Specimen 70 ton) + (Actuators 8 × 0.75ton)	

3.4.4 예상 구성도 및 기타 특이사항

예상 구성도(배치도)

- 대형구조물 제작 및 준비가 가능한 공간, 진동대, 제어 · 연구동으로 구성
- (기초 구조) 초대형 실험체를 탑재한 진동대 운동을 위한 반력 기초 구조물과 효율적인 비구조요소 지진시 거동을 모사하기 위한 하이브리드 실험용 반력벽 및 반력바닥 구조
- (준비 공간) 진동대 실험용 계측장치, 실험체 및 각 종 지그류 보관을 위한 예비 공간 확보



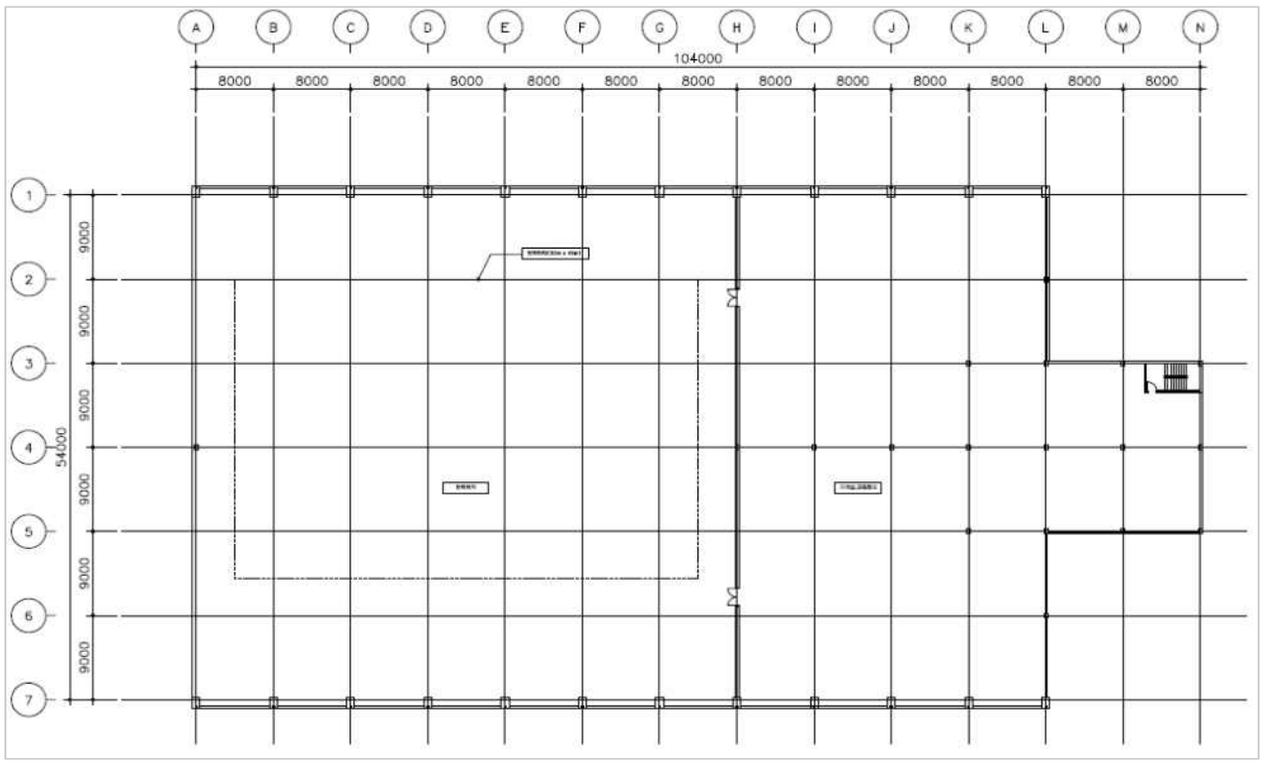
[그림 4-118] 예상 배치도 : 일본 E-defense 및 대만 NCREE의 진동대 시스템 구축 예시

기타 특이사항

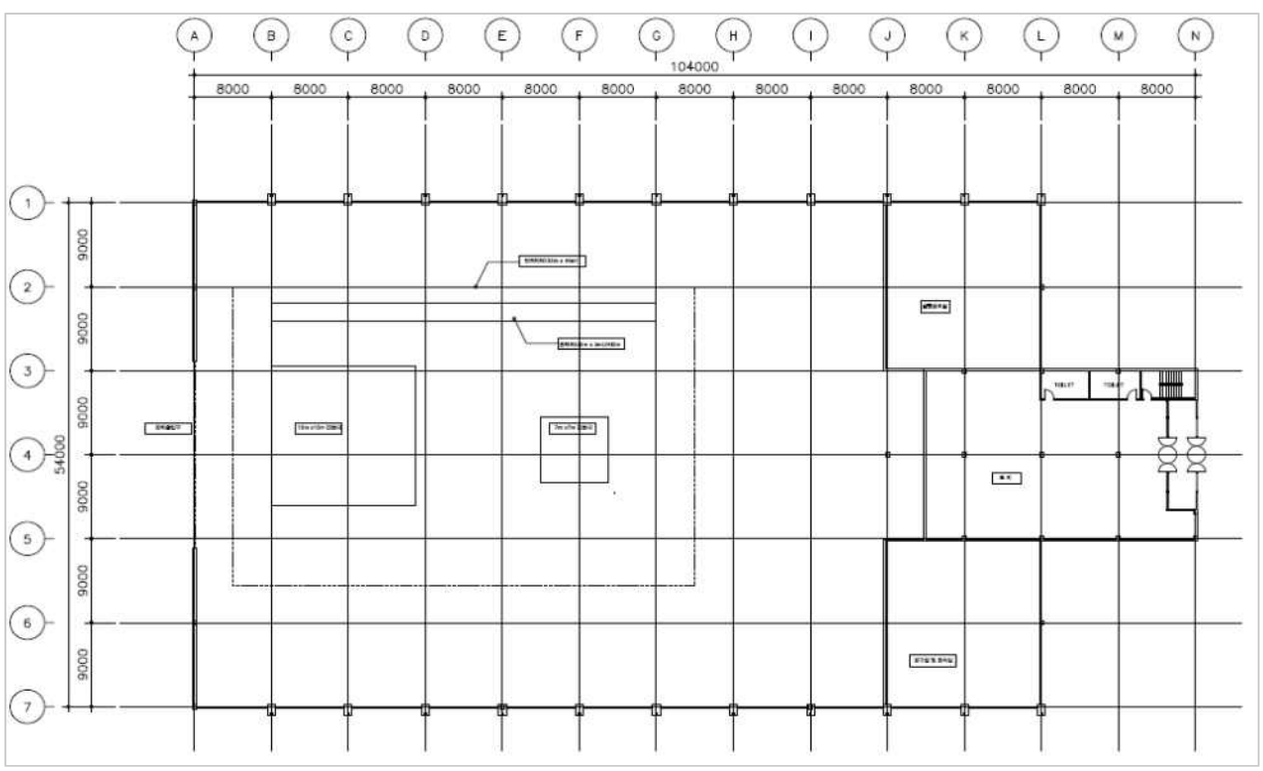
- (초대형 진동대) 유사한 사양의 미국 UCSD 진동대의 경우, 사막지역인 점을 고려하여 야외에 진동대를 설치하여 운영중이나 국내에서는 실내에 장비를 설치하는 것이 유지관리 측면에서 보다 효율적
- (6자유도 진동대) 최근 일본, 중국, 대만 등에서 동남아시아권 내진시장 선점을 위해 강진의 대변위 모사가 가능한 200톤 용량 규모의 6자유도 진동대를 경쟁적으로 도입중

  * 자연계의 실제 지진현상 모사 가능, 6자유도 진동대를 활용한 다양한 실증실험 가능
  * 대만 NCREE, 일본 KAJIMA, SHIMIZU, 중국 동지대학 등에서 설치중이거나 설치 예정
  * 초대형 진동대와 동시 구축시, 연계활용 시너지 및 운영비 확보 측면에서 매우 유리

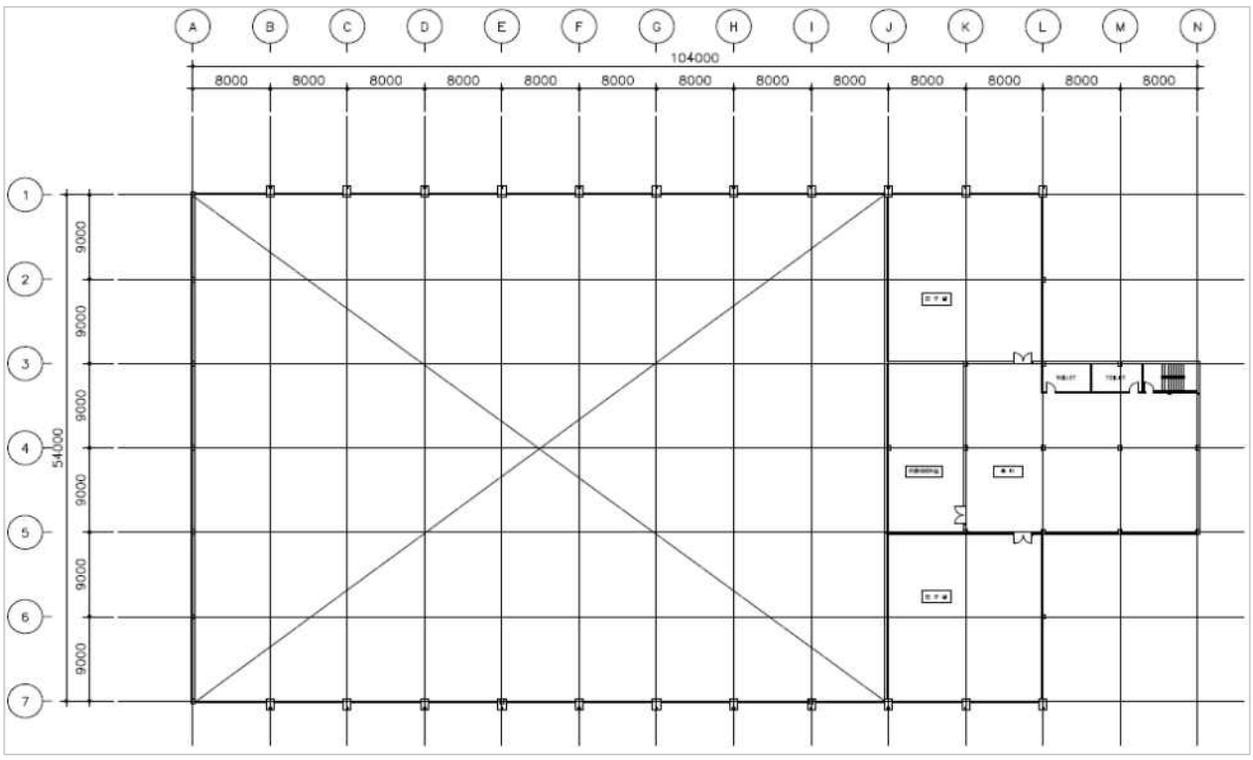
층별 구성도(안)



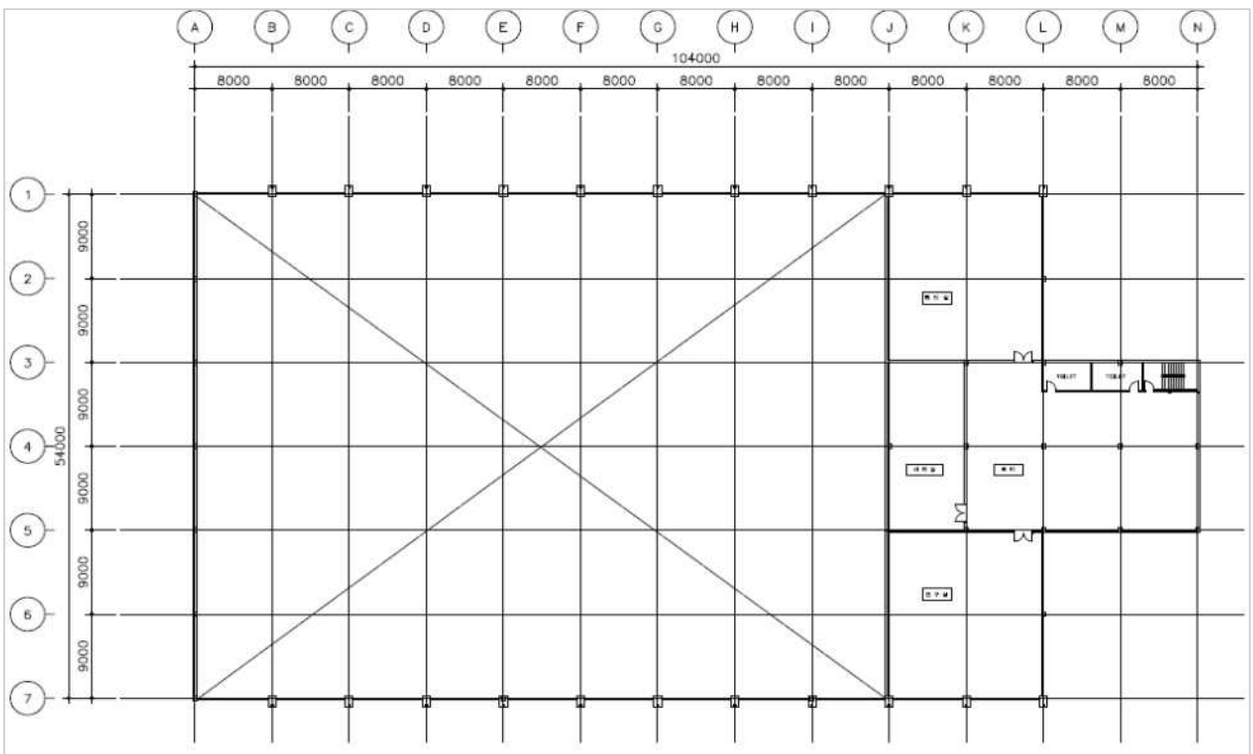
[그림 4-119] 지하 1층 평면도



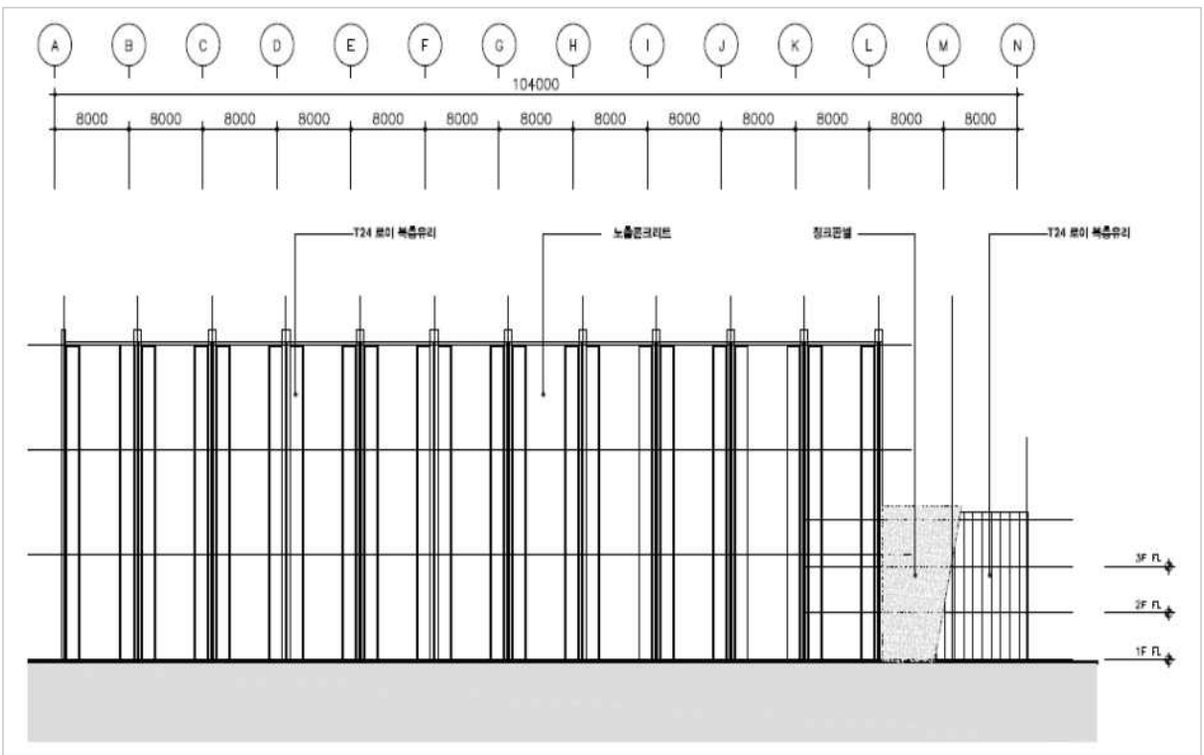
[그림 4-120] 지상 1층 평면도



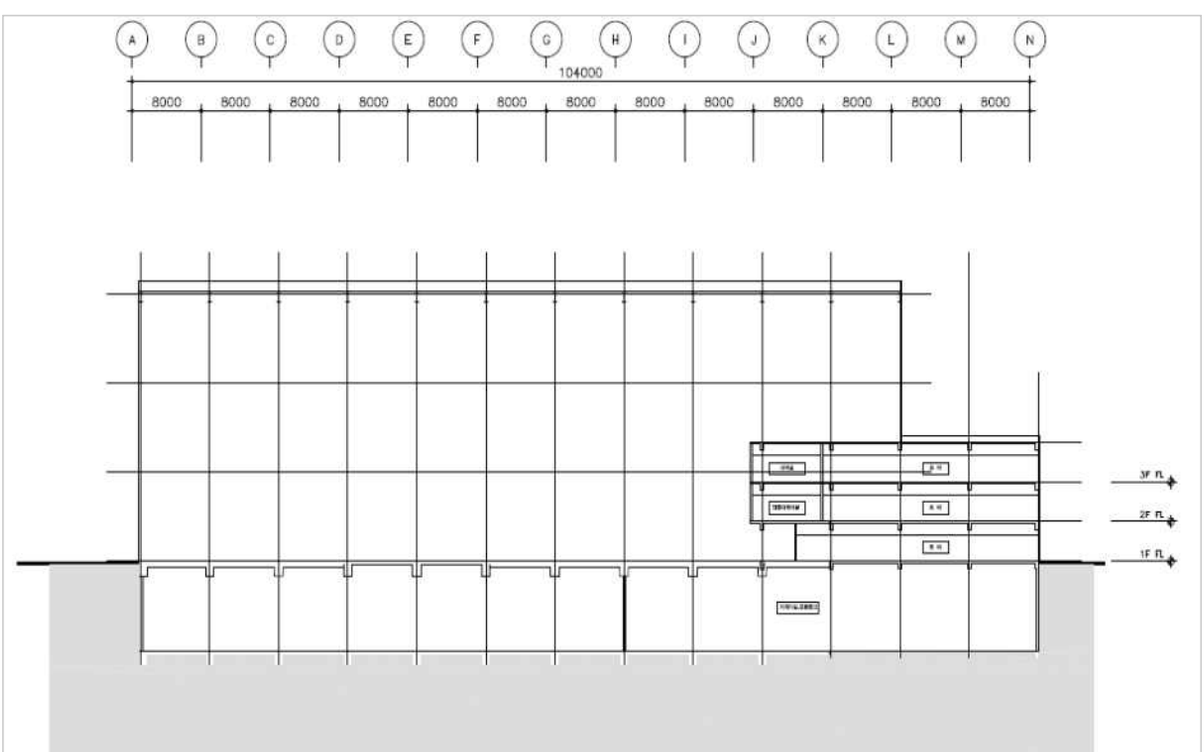
[그림 4-121] 지상 2층 평면도



[그림 4-122] 지상 3층 평면도



[그림 4-123] 내진성능 실증시설 입면도



[그림 4-124] 내진성능 실증시설 단면도



4. 소요 예산

4.1 시설/장비 구축비

4.1.1 부지비

■ 용지구입비 : 3,024,980,000원(부지면적 20,000m^2, 6,050평)

- 새만금개발청(농어촌공사 택지조성) ㎡ 당 단가로 산정
- 시설구축비(공사비)의 단지조성공사비에 용지에 대한 부지비 미반영

4.1.2 시설구축비(공사비)

■ 건축물 : 연구동과 실험동을 구분하여 비용 산정시 고려

- 공사비 내역에는 설계, 감리비, 조사비, 예비비 등 미포함
- 공과잡비(30%)에는 이윤, 기타 제경비 등 포함)
- 특수시설(반력벽, 반력바닥)의 공사비용은 25억원으로 적용

  * 연구동 : 일반적인 연구시설의 평균 단가 고려
  * 실험동 : 반력바닥, 반력벽, 반력기초 및 실험동 건축물로 고려

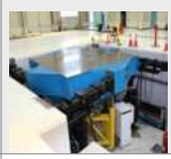
항 목		산정기준	사업비(백만원)	비고
공사비	단 지 조 성 공 사 비	새만금(국유지, 농림부) ㎡ 당 단가	–	
	시 설 공 사 비 (계)	설계사 설계자료	14,140	
	토 목 / 조 경 공 사 비		1,125	
	건 축 공 사 비		9,385	
	기계/전기/통신/소방		3,630	
	특 수 시 설 공 사 비	내진시설(반력벽, 반력바닥 반영)	2,500	
	제 경 비	설계사 설계자료	3,661	22.0%
	부 가 가 치 세		2,030	10.0%
총 공사비			23,331	

4.1.3 장비구축비

○ 국내 기술력 부족으로 진동대 2기에 대한 주요장비 및 컨트롤러 등은 외산으로 도입하되, 국산화가 가능한 기계가공 구조물 등은 국산 제작*을 통해 구축비용 절감

* 국산제작 : 진동대 프레임, 기초 구조물, 안전설비 등

[표 4-90] 진동대 등 장비 소요비용 추정

구 분		장 비	비고	가격 (백만원)
실대형 진동대	1,000톤급 3자유도 초대형 진동대	One sets of 15m×15m seismic table	견적가 	39,550.0[1]
		· Hydraulic Power Unit – Hydraulic Power Unit&Package Total flow; 6,120lpm(1,630gpm) – Accumulator and Hydraulic Accessories	HPS Room 15m×15m	
		· Hydraulic Distribution – Hydraulic Hard Line – Hydraulic Hose&Misc. – Hydraulic Distribution Manifold	about 100m	
		· Digital Control System – STEX Digital Control System for Tables – Programming, Data Acquisition & Data Analysis	Control Room minimum 15m×15m	
		· Smart Data Acquisition System – Data Acquisition & Data Analysis		
	200톤급 대형 다자유도 진동대	One sets of 7m×7m seismic table	견적가 	19,775.0[2]
		· Hydraulic Power Unit – Hydraulic Power Unit&Package Total flow; 6,120lpm(1,630gpm) – Accumulator and Hydraulic Accessories	HPS Room 15m×15m	
		· Hydraulic Distribution – Hydraulic Hard Line – Hydraulic Hose&Misc. – Hydraulic Distribution Manifold	about 100m	
		· Digital Control System – STEX Digital Control System for Tables – Programming, Data Acquisition & Data Analysis	Control Room minimum 15m×15m	
		· Smart Data Acquisition System – Data Acquisition & Data Analysis		
	소계(A)		견적가	59,325.0

구 분		장 비	비고	가격 (백만원)
기타 장비 및 설비	하이브리드 실험용 유압시스템	· Digital Controller and hybrid controller – 25, 50ton actuator 각 2sets – 최대속도 ±2m/s, 최대변위 ±1,000mm – Hybrid Simulation Controller 1 set – Hybrid Simulation Software 1 set	견적가 	791.0
	부대설비	· 냉각시스템 – 냉각 타워, 순환펌프 및 배관설비 – 밀폐형 냉각탑	견적가	195.6
	오버헤드 크레인	· 30ton 이상 오버헤드크레인 2EA – Span 40m, Length 70m ※ (30ton, 30ton+10ton, 3ton 모노크레인 178백만원)		600.0
	기타 부대장비	· 대형 전동지게차(2ton, 10ton 등) – 25백만원~50백만원 · 시저리프트(시저형 고소 작업대 12m 등) 등 – 20백만원(8m 기준) · 공압공급 및 작업공구류(에어컴프레셔 외)	 	300.0
		· 실험보조장치(각종 Zig 등 제작)		150.0
	소계(B)			2,036.6
계측 장비 및 센서	계측장비 및 센서류	· DAQ(Data Aquisition) 계측시스템 – 256CH 이상 dynamic DAQ*2Sets		200.0
		· 가속도계(10EA) – Piezoelectric, MEMs type accelerometer 30CH	(견적요)	50.0
		· 변위(속도)계측시스템(변위계, 비접촉식 변위계 포함) – Dynamic High Resolution Multi-vision System	(견적요)	150.0
		· 기타 디지털 카메라, 동영상 촬영장치 등	(견적요)	50.0
	소계(C)			450.0
부대 경비	장비도입 기타 비용	· Insurance, 조달수수료, 운송료, 관세 등 – 2EA 진동대, Actuator	세부내역 참조 [표 4-87]	2,634.4
	소계(D)			**2,634.4**
합계(A+B+C+D)				**64,446.0**

* 진동대 구입, 운임, 관세 등 기타 비용 세부 내역

◎ 진동대 2기, Hybrid Simulation System의 외자구입에 따른 장비도입 기타 비용(운임, 관세 등) 세부 내역

[표 4-91] 진동대 구매 세부견적 금액

비용 구분			USD($)	금액(원)	산출기준	비 고
A	FOB 물품 대금	1,000톤급 진동대	35,000,000	39,550,000,000	환율 1,130원/$	15m×15m
		200톤급 진동대	17,500,000	19,775,000,000		7m×7m
		Actuators	700,000	791,000,000		Hybrid Simulation System
B	Freight Charge		532,000	601,160,000	1.00%	해상운임 (중량×1%)
CFR 합계(A+B)			53,735,000	60,717,160,000		
C	Insurance		59,105	66,788,876	0.01%	보험료(CFR×110%×0.1%)
CIF 합계(A+B+C)			53,791,105	60,783,948,876		
D	조달수수료		537,911	607,839,489	1.00%	CIF 금액의 1%
E	국내운송료		53,200	60,116,000	0.10%	
F	관세		–	–	0.00%	한미FTA 적용 가정
G	부가세		1,149,120	1,298,505,600	2.16%	
부대비용 합계(D+E+F+G)			1,740,231	1,966,461,089		
구매 예산 합계			–	62,750,409,965		

– 전체 환율 1,130원/$ 적용

– 장비 유지보수비용은 실제 장비 구입(취득)금액 기준으로적용

→ 각 진동대별 FOB 물품대급 기준으로 적용

– 기타장비에 관해서는 유지보수비용 산정시 개발단가 기준으로 요율 산정



4.2 유지관리 비용

(유지관리계획) 본 기획에 의한 실증시설은 기술적 중요도와 사회적 가치는 높으나 활용도가 높지 않을 수 있으므로 관리 및 운영계획 수립에 주의가 요구됨

밀착 유지보수 체계 확립	· 주관기관 시스템 전담 유지보수 인력을 통한 밀착 지원 · 제품(HW 및 SW) 공급사 등과의 유기적인 조직 체계를 구성하여 밀착 유지보수 지원 · 유지보수 전담 인원과 사업 담당자, 관리자와의 비상연락체계를 구축하여 상시 지원
사전 예방활동을 통한 장애율 감소	· 시스템의 최적 상태 유지를 위하여 정기점검 및 방문점검 요구 · 장애 이력의 DB화를 통하여 장애의 사전 예방 · 시스템 환경 설정 점검과 업그레이드 및 패치 서비스 필요 · 예비부품 확보로 장애시간 최소화
검증된 유지보수 노하우 활용	· 수행 조직의 유연한 운영 (구축인원의 유지보수 전환으로 지원연속성 보장) · 유사 기관의 장비 전문가 활용을 통한 노하우 습득

- (수요예측) 현재, 국내 최대 규모의 진동대를 보유하고 있는 부산대학교 지진방재연구센터의 의뢰내용을 분석하면, 년 5~10회 정도의 중대형 실험이 수행될 것으로 예측됨. 그러므로 상시 전문인력을 배치하는 것은 운영적 측면에서 상당한 어려움이 있을 것으로 예상
- (예산확보방안) 장비활용 수요가 낮으므로 국가적 운영지원이 필수적임
- (운영인력 확보방안) 시설 및 장비의 유지관리를 위한 최소한의 인력을 배치하고 실제 실험수행 및 장비운영은 외부기관에 위탁하여 전문성을 확보하는 것이 바람직함

  예) 최소한의 상시 관리인력 + 외부기관의 전문 운영인력으로 구성
- (유지관리비용) 대형 유압장비의 경우 장비 구축비용의 2~3%가 유지관리비용으로 소요되는 것이 일반적이나, 본 사업과 같은 초대형 장비의 경우 장비 구축비용의 0.5~1% 정도가 요구될 것으로 판단됨
  - 서보밸브의 스풀 및 슬리브의 교환, 조정
  - 유압펌프의 플랜지 교환
  - 유압기구의 필터 교환
  - 가동유의 교환
  - 링크 이음부의 부속품 교환
  - 제어 설비 및 데이터 처리 장치의 부속품 교환

유지보수비 및 운영비

- 기존 연구시설 구축사업 예타보고서의 운영비를 추정하여 내진성능 실증시설 유지보수 및 운영을 위한 비용 산정
- 연구시설·장비 유지보수비는 구축한 장비의 수선, 정비, 부품교체 등의 운영에 소요되는 비용으로 표준 유지보수요율[2]에 따라 연간 유지보수비를 매년 산정함
- 내용연수[2]를 초과하면 초기구입비와 동일한 비용이 재투자되는 것으로 가정하여야 하나, 본 사업에서는 장비 내구연수(평균 6년)에 해당하는 기간만 운영단계 사업기간으로 반영하여 재투자 비용은 총 비용에 추가 반영하지 않음
- 실증을 위한 연구시설·장비에 대해서는 NFEC의 국가연구시설장비 표준지침에 따른 장비별 유지보수요율(3.16%~4.52%)의 평균인 3.84%를 적용함
- 소프트웨어(운영시스템)의 경우에는 연간 유지보수율(13.8%~20%)의 평균인 16.9%를 적용함

* 1) 「연구장비 유지보수비 산정기준」, 국가연구시설장비진흥센터, Manual No.16 (2014.2)
* 2) 「내용연수」, 조달청고시 제2014-12호, (2014.5)

구분	시설·장비명	구축비용 (백만원)	장비구분		내규연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
			분야	규모			
실대형 진동대	1,000톤급 3자유도 초대형 진동대	39,550	시험장비	10	2.00	2.00	791,000
	200톤급 대형 다자유도 진동대	19,775	시험장비	10	2.00	2.00	395,500
	하이브리드 실험용 유압시스템	791.0	시험장비	5	3.86	3.86	30,533
	(부대설비)냉각시스템	195.6	시험장비	5	3.86	3.86	7,550
	DAQ(Data Aquisition) 계측시스템	200.0	물리적측정	5	3.63	3.63	7,260
	전동지게차, 시저리프트 등	300.0	시험장비	5	3.86	3.86	11,580
	30ton 이상 오버헤드크레인 2EA	600.0	시험장비	5	3.86	3.86	23,160
	실험보조장치(Zig 등)	150.0	시험장비	5	3.86	3.86	5,790
	가속도계 등 센서류	200.0	물리적측정	5	3.63	3.63	7,260
	동영상 촬영장치 등	50.0	광학전자	5	3.74	3.74	1,870
합 계		61,811.6	-	-	-	-	1,281,503

* (연간유지보수비) 장비 취득가액(원) × 유지보수비율(2%) 추정

- 현재 국내 최대규모의 진동대를 구축·운영하고 있는 지진방재연구센터(부산대학교)의 경우, 최소한의 기준으로 유지보수비용은 연간 약 1.15% 수준(취득가액 기준, 중대형 규모)이며 해당 연구센터 장비 전문가의 의견을 반영하여 1.5~2.5% 수준이 적절할 것으로 판단됨. 본 사업에서는 장비취득가액의 2.0%를 유지보수비(유지, 교체비)로 적용함

* 「연구장비 유지보수비 산정기준(NFEC, 2014)」에 의하면 국가차원의 연구장비 효율화 관리대상 기준인 구축비용 3천만원 이상인 연구장비를 대상으로 하되, 50억원 이상 대형연구장비는 정부의 별도 관리 하에서 심층적인 타당성 검토 후 유지보수비 산정이 가능하므로 본 유지보수요율 산출 범위에서는 제외함



◎ (연평균 운영비) 연면적당 100,000원/㎡ (기존 연구시설 사업 예타 보고서 추정운영비)

[표 4-92] 실증시설 운영 · 관리비용

운 영 비			합 계
운용비 (장비 운영 시 직접적으로 사용되는 연료비, 전기비, 가스비, 시약 및 재료 구입비)	**인건비** (장비의 운영인력 및 지원부서 인력의 급여 및 수당)	**관리비** (장비 관련 교육훈련, 공공요금, 보험, 재배치, 폐기, 홍보물, 세금 등에 소요되는 비용)	
150	550	100	800

◎ 시설 · 장비의 효율적 운영을 위해 지진시험장치(진동대)를 다양하게 활용할 수 있는 연구원, 전문적 운영 · 관리를 위한 전문가, 실험수행을 위해 장비를 원활히 컨트롤 할 수 있는 전문가 필요

◎ 실험수행을 위한 실험체 설치 · 해체 등 실험준비는 위탁 활용

[표 4-35] 효율적 운영을 위한 예상 인력

구 분	인원수(명)	전공	직군	고용형태	장비운영경력	해당업무
총 괄	1	해당전공	박사 1	정규직	5	업무총괄
운 영 (시설 · 장비관리)	2	해당전공	박사 2	정규직	3	실험계획/실험수행 /결과분석
	2	해당전공	석사 1, 학사 1	정규직/임시 (위탁고려)	3	시설 · 장비 운영 및 관리
실험수행	2	해당전공	석사 1, 학사 1	정규직	2	실험체 설치 · 해체 실험준비 등
보 조	1	무관	학사 1	정규직	–	행정
계	8	–	–	–	–	–

5. 구축계획

5.1 연차별 구축계획

재원확보

- 국내외 실증단지 및 클러스터 구축 방법 및 특징 사례분석 → (안)중앙정부 · 지자체 매칭

부지확보

- 부지확보 재원 조달 방법 및 특징 사례분석 → (안) 국공유지(간척지 포함) 또는 지자체 부지(현물대응) 활용

연구시설 · 장비 세부 구축계획

구 분		일정 계획					비고
중분류	소분류	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	
내진성능 실증시설	시설						
	장비 (진동대)						
	부대설비						

: 사양설계 : 입찰, 계약 : 시공, 설치 : 시운전

5.2 연차별 소요예산 및 투입인력

연차별 사업 내용 및 구축계획

(단위 : 백만원)

구분	사업비	시설구축비	장비구축비	연차별 사업 내용	연차별 구축예정 주요장비
1차년도	6,662.0	3,439.7	3,222.3	· 시설설계 – 기초 지반조사 – 실시설계, 진동기초 설계 – 진동 안전성 평가 · 연구장비 설계 – 성능한계 결정 – 주장비 배치(안)	
2차년도	14,765.5	8,320.9	6,444.6	· 시설 입찰 및 발주 · 시설 착공 · 장비 입찰 및 발주 · 장비 제작	
3차년도	27,654.7	8,320.9	19,333.8	· 시설 구축(계속) · 장비 제작(계속)	· 초대형 진동대 · 대형 다자유도 진동대
4차년도	24,191.3	4,857.6	19,333.8	· 부대설비 발주 · 장비조립 및 설치	· 초대형 진동대 · 대형 다자유도 진동대
5차년도	16,351.3	239.8	16,111.5	· 시설완공 · 장비 시운전 · 활용도 제고 연계 사업	· 초대형 진동대 · 대형 다자유도 진동대
합계	89,624.8	25,178.9	64,446		

※ 카운팅 설치공사, Base Weldment 산출내역 포함



연차별 인력투입 계획

실대형 구조물 내진성능평가 실증시설의 구축을 위해서는 42명의 인력이 요구됨

핵심과제	직급	연차별 투입인원					계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
실대형 구조물 내진성능 실증시설	수석급	1	1	2	2	1	7
	책임급	1	2	2	2	2	9
	선임급	2	2	2	2	2	10
	원급	1	2	2	2	2	9
	연구원보	–	1	2	2	2	7
	소계	5	8	10	10	9	42

학위 기준으로 재 산정

		1단계(구축단계)					합계
		'20	'21	'22	'23	'24	
실대형 구조물 내진성능 실증시설	박사급(명)	2	3	4	4	3	16
	석사급(명)	3	4	4	4	4	19
	학사급(명)	0	1	2	2	2	7
	계	5	8	10	10	9	42

6. 기대효과



[그림 4-125] 내진성능 실증시설의 기대효과

6.1 기술적 효과

◪ 세계적 수준의 대형 실구조물 내진실험 지원

- 내진안전성 확보가 부족한 노후, 저층, 학교 구조물 등의 내진성능 실험
  - 현재, 진행되고 있는 공공기관 및 학교 내진보강, 민간 저층구조물, 다중이용시설 보강 등을 지원하기 위한 핵심 기술개발을 지원하고 저비용, 고효율 내진보강방법을 개발하는데 기여
- 건축물 또는 SOC 시설물의 실대형 또는 효과적 상사비 적용 모형 실험
- 초고층, 장대 구조물의 효과적 상사비를 적용한 정확한 거동 예측 (해외 실험시설에 의존 하거나, 국외 해석기술에 의존하던 국내 기술력의 향상)
- 수 · 화력 및 태양광, 풍력 등 신재생 에너지 기술에 대한 내진성능 검증
- 원자력 발전소 격납구조물 및 각 종 대형 제어기기와 설비에 대한 안전성 검증
  - 안전 확보가 무엇보다 중요한 원자력 분야의 성능 검증을 수행하고 관련 기술의 개발 및 기술수준을 향상하는데 기여. 국내 원전 및 수출형 원전관련 분야에서 도입되는 기술 및 기기, 부품 등에 대한 대형 지진실험을 가능하게 하여, 기존 외국 시험기관에서 수행하던 비용을 절감하고 대체 가능
- 건축비구조요소, 전기, 공조, 물공급 계통 등 국민의 삶의 연속성을 확보하기 위한 비구조 요소 전반에 대한 관련 기술 개발 및 데이터 축적 가능
  - 고부가가치 내진 설계기술 및 제품 확보를 통한 강진지역 건축, 기계 및 전기 비구조요소 관련 산업 수출 활성화 기대
  - 지진발생시 비구조요소의 손상에 따른 피해를 최소화하기 위한 내진설계기준 개선 및 관련 제도 정비를 통해 지진 재해대응 역량 강화, 국민안전 제고





■ 내진설계 분야의 선도기술 확보

- 지진재해 대비 시설물의 평가 및 관련 설계의 선도기술 확보
  - 한국표준과학연구원, 한국산업기술시험원, 한국건설생활환경시험연구원, 한국기계전기전자시험연구원 등과 국가 내진 관련 실험 표준 및 기준 제정에 기여 가능(건축구조기준의 비구조요소 및 소방설비의 내진설계)
- 내진설계 및 해석기술의 발전에 기여
- 내진분야의 기술경쟁력 제고 기반 마련 및 국내 설계기술 자립 및 수출활성화
- 대형 구조물에 대한 동적거동 이해증진, 실증자료 확보 등으로 관련 기술 향상

■ 구조 · 비구조요소에 대한 내진설계기준 개선 및 관련 제도 정비를 통한 지진재해대응 역량 강화

- 일관성 있는 설계기준, 기술기준, 검증방안 운영을 위한 관리조직 마련
- 기준 및 규제 강화를 통해 인정체계를 마련함으로써 제품 개발 활성화

6.2 정책적 효과

■ 국가 · 민간 R&D 실험지원 및 정부 정책(안) 지원

- (기술지원) 중소기업의 구조물의 지진 안전성 평가 및 내진관련 기술개발 지원
- (비용절감) 국내 기업의 해외 제품 수출에 따른 시험평가 및 인증 지원
- (취약도 평가 기술 향상)재해 시나리오 기반 현실성 있는 지진재해 대책 수립 가능

6.3 경제적 효과

■ 내진관련 기술의 신뢰성 확보로 시설물의 지진 안전성 향상으로 SOC 복구 등 비용 절감

■ 국내 시설을 이용한 내진성능검증을 통한 경제성 확보(시험비용 절감)

- 국내에서 내진성능검증이 불가능할 경우 해외 실험기관을 통한 내진성능 검증 필요
- 내진성능 검증시 해외기관을 이용할 경우 높은 기술료, 시료의 이동, 환율변동 등으로 인하여 비경제적

제 5 절 노후시설물 안전 · 유지관리 종합실증센터

1. 개 요

1.1 정의 및 목적

■ (정의) SOC 시설물의 안전진단 · 보수보강 · 유지관리 관련 R&D 기술, 신기술에 대한 적용성, 신뢰성, 안전성 실증 및 평가가 가능한 종합실증센터(연구자 Open Lab. 제공)

■ (목적) 분산되어 있는 노후인프라, 시설물을 연구에 활용하여 SOC인프라의 노후화를 대비한 보수보강 · 유지관리 기술 실검증

– 신기술의 시험시공을 위한 부지 제공 및 국토교통 R&D 기술 적용 가능

– 폐교량, 폐시설물을 집적하여 관련 기술 개발자에게 Open Lab. 개념으로 기술의 적용, 실증, 시험시공 기회 제공

– 기술 · 사회적 흐름에 따라 변하는 미래 안전진단 · 유지관리 기술의 변화에 대응하기 위함



[그림 4–126] 노후시설물 안전 · 유지관리 종합실증센터 개념도

○ 인프라 시설은 사회 · 경제활동의 필수적인 요소로 국민들의 삶의 질 향상과 경제, 사회 발전을 위한 핵심적인 요소임에 따라 안전성 확보는 매우 중요함

[표 4-93] 법률에 따른 인프라 시설의 정의

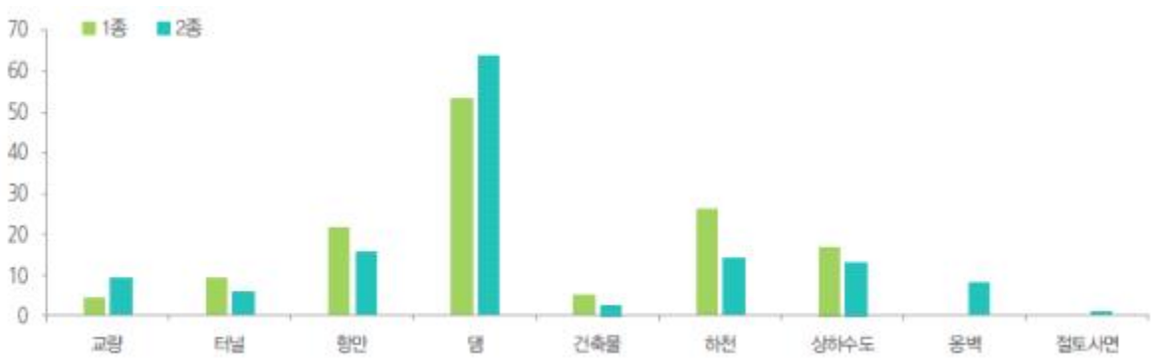
법 률	인프라의 정의
「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」의 기반시설	도로 · 철도 · 항만 · 공항 · 주차장 등 교통시설, 광장 · 공원 · 녹지 등 공간시설, 유통업무설비, 수도 · 전기 · 가스공급설비, 방송 · 통신시설, 공동구 등 유통 · 공급시설, 학교 · 운동장 · 공공청사 · 문화시설 및 공공필요성이 인정되는 체육시설 등 공공 · 문화체육시설, 하천 · 유수지(遊水池) · 방화설비 등 방재시설, 화장시설 · 공동묘지 · 봉안시설 등 보건위생시설, 하수도 · 폐기물 처리시설 등 환경기초시설
「시설물의 안전관리에 관한 특별법」의 시설물	시설물은 건설공사를 통하여 만들어진 구조물과 그 부대시설로서 교량, 터널, 항만, 댐, 건축물, 하천, 상하수도, 옹벽 및 절토사면 등으로 구조 및 규모에 따라 1종 및 2종 시설물로 구분함
「사회기반시설에 대한 민간투자법」의 사회기반시설	사회기반시설이란 각종 생산활동의 기반이 되는 시설, 해당 시설의 효용을 증진시키거나 이용자의 편의를 도모하는 시설 및 국민생활의 편익을 증진시키는 시설로 도로 및 도로의 부속물, 철도, 도시철도, 항만시설, 공항시설, 다목적댐 등 포함

1.2 배경 및 필요성

1.2.1 정책적 필요성

◎ 노후 인프라의 급격한 증가에 따라 정부 인프라 정책의 목표를 신규 건설/건축에서 기존 시설물의 유지관리로 전환하는 것에 대한 인식이 증가하고 있음

– '70~'80년대 집중적으로 구축된 인프라 시설의 노후화가 급격히 진행됨에 따라 인프라시설의 성능, 안전성이 사회, 환경적 변화에 유연하게 대응하고 못하고 있어 인프라 시설의 복원력 확보를 위한 점검 및 대응이 요구되고 있음



[그림 4-127] 주요 인프라 시설(1,2종)의 노후화율

– 시설물 노후화에 따른 국민의 안전 불안감 해소 및 기술환경 변화에 체계적으로 대응하기 위해서는 정부차원의 개선노력 필요

* '15년 기준 1 · 2종 시설물 7만 1,109개 중 사용연수가 30년 이상 시설물은 2,862개(4%)이나, '30년에는 36.9%로 급증할 전망임(1,2종 이외 기타시설물 포함시 노후도는 더욱 급증)

– 노후 인프라 안전성 확보 외에 시설물 · 인프라의 장수명화를 통한 인프라 활용 효율성을 증가시킬 수 있는 종합관리계획 수립

◎ 국토교통분야의 성과중심의 SOC신규투자 대비 시설물 안전 및 유지관리 분야의 투자 및 기술개발은 매우 부족함

– 시설물의 유지관리, 보수보강 기술의 선진화로 시설물 유지관리 재정 부담을 최소화 할 필요가 있음

* '15년 5천억원의 유지보수 투자비용에도 불구하고 적기 유지보수는 매우 미흡하였으며, 노후시설물의 급증

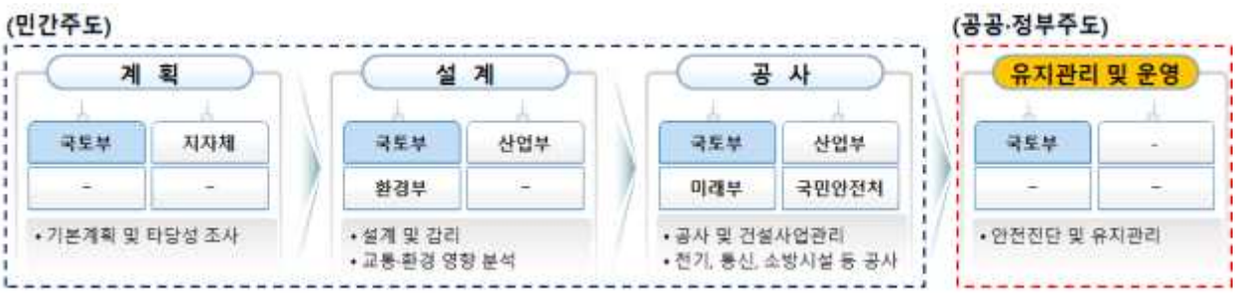
에 따른 '30년 유지관리비용은 약 10조원으로 예측됨



[그림 4-128] 시설물에 대한 보수보강/유지보수 비용 추이

◎ 건설산업 흐름에서 고부가가치 창출이 가능한 분야로 '안전진단 · 유지관리' 기술이 확대되고 있으며 국가기반시설물의 유지관리 및 운영 분야는 공공기관 중심 관리 영역이나 관련 기술의 검인증이 가능한 기반 인프라가 매우 미흡함

– 노후교량 유지관리·보수보강은 정부가 관리해야 하는 공공 SOC 시설물의 핵심으로서 장기적 측면에서 지속적 투자가 필요



[그림 4-129] 건설 VC(Value Chain)

◎ 국토교통 R&D기술, 신기술 개발 중 실증에 대한 어려움이 많아 R&D에 집중할 수 있는 실증환경 지원이 요구됨

– 발주기관(정부, 지자체)은 위험부담 문제로 안전성 · 신뢰성 확보를 위한 현장시험 검증을 요구. 신기술의 경우 현장시험시공이 필수

* ('17.06 기준) 신기술 총 816개 중 210개(25.7%)가 SOC시설물 유지관리, 보수보강 관련 기술임

– 연구자의 현장, 부지 확보 어려움으로 기술의 실용화 지연 및 연구성과 사장 우려

* 「국토교통 R&D 성과 및 연구자 애로사항 조사(국토교통연구인프라운영원, 2017)」 결과로 실증 · 현장 부지 확보의 어려움, 구축(과제 종료)후 유실 · 사장으로 지속활용 불가, 가변성 부족 등 공동활용의 어려움, 정책적 규제로 실용 · 활용화 어려움 등 연구자가 직접 해결이 어려운 애로사항이 도출되었음





1.2.2 기술적 필요성

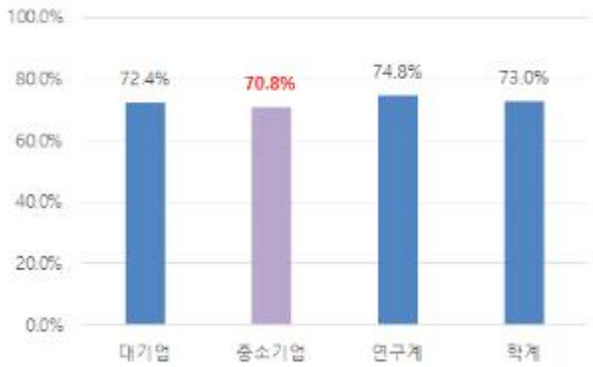
- 노후화된 SOC시설물 증가에 따라 유지관리 기술이 요구되고 있으나, SOC시설물 안전진단, 유지관리 · 보수보강 기술의 성능을 검 · 인증할 수 있는 공신력 있는 실증시설 부재
  - – 시설물의 사용성 향상을 위한 정확한 안전진단, 효과적인 보수보강 기술 개발 · 개선이 필요하나 관련 기술의 성능 검인증이 가능한 공신력 있는 실증시설이 부재함
    - * 안전진단을 위한 인력 기반 육안점검의 정확성 부족에 대한 문제가 지속적으로 지적되어 왔음에도 불구하고 대체 가능한 기술이 부족함
    - * 보수보강에 대한 다양한 기술이 개발되었으나 실용화 · 사업화를 목적으로 한 체계적인 보수보강 기술 검증을 위한 시험방법 개발과 성능 검인증에 대한 연구는 부재함
- 미래트렌드에 따른 AI, ICT 기반의 유지관리 자동화, 드론 등 유지보수의 신기술 활용 확대, 빅데이터 기반 시설물 관리에 대한 기술이 지속적을 개발되고 있으나 성능, 안전성은 검증되지 않은 상태

1.2.3 경제 · 산업적 필요성

- 2014년 기준 국내 유지관리 시장 규모는 약 3조원으로, 2005년 대비 2배 성장하였으며, 시설물 노후화에 따라 꾸준한 성장이 전망되고 있으나, 안전점검장비의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정으로 국산화를 통한 기술력 제고 및 글로벌 시장에서의 경쟁력 확보 필요
- 미래 건설시장은 신규 구축보다는 유지보수 시장으로 점차 전환될 것으로 전망되고 있으며, 선진국에서는 이미 SOC사회기반 시설물의 노후화 대응을 위한 정책적 투자가 확대되고 있음
  - – SOC시설물의 장기적 유지보수를 통한 수명연장이 신축 · 개축보다 2~3배의 비용 절감 효과
- 기술개발 여건(중소기업의 T/B확보, 기술인력 및 연구장비 부족 등)이 열악한 중소 보수보강업체에 대한 체계적 지원 시스템을 마련하여, 신기술 지정 및 사업화 확대 가능
- (기존 성능평가 기준 보완 및 기술의 객관적 검증) 교량을 포함한 시설물 유지보수 시장 확대로 유지관리·보수보강·안전진단 관련 기술개발 및 수요가 크게 증가할 것으로 예상되나, 공공의 안전성을 담보로 하여야 하는 시설인 만큼 체계적이고 객관적인 검인증 필요



[그림 4-130] 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술 국가기술수준 비교



[그림 4-131] 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술 기관별 기술수준



2. 국내외 기술 및 시장동향 조사

2.1 국내외 정책동향 조사

2.1.1 국내 정책동향

◎ 국내 정부는 「제3차 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 기본계획('13년~'17년)」을 수립하여 시설물에 대한 안전관리, 유지보수, 보수보강 등 관련 기술 개발, 보완을 지원함으로써 시설물 장수명화를 위한 유지관리정책 추진

– 국토교통분야에서는 복지 · 안전사회 구현을 위한 필수적인 수단으로 시설안전의 중요성을 강조하고 종합적인 시설안전 구현을 위한 정책을 추진하고 있음

– 국가 주요자산인 SOC시설물에 대한 효율적인 유지보수로 장수명화를 구현함으로써 안전하고 효율적인 시설물 활용 추진

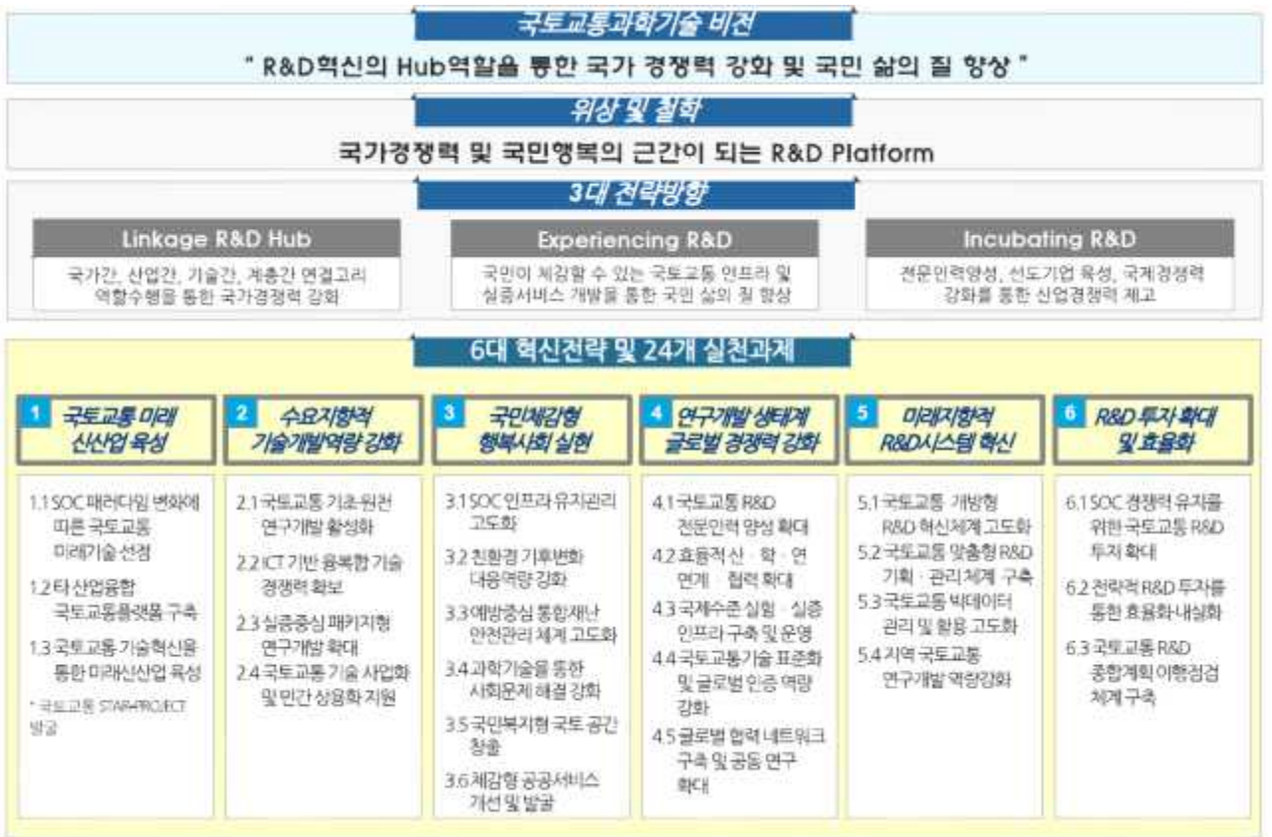
구 분	메가트렌드	시설안전 관련 이슈
정 치	안전 위험성 증대	· 노후화로 인한 안전관리 필요 시설물 및 사회적 불안감 증가 · 발생빈도가 높아지는 재난재해 및 환경변화에 따른 시설안전관리체계 정비 · 시설안전 운영시스템 테러대응방안 강구
경 제	국민의 삶을 중시하는 복지사회	· 높은 수준의 시설물 사용성능 요구 · 복지재원으로 인한 신규 SOC건설 저조 · 공공 시설물 유지관리 중요성 대비 투자 미흡 · 자산관리를 통한 안전 · 사용성능 확보
환 경	기후변화	· 이상기후 선제대응 시설안전 요구 증대(자연재해 대응 시설물 평가기준 등) · 저탄소 · 친환경형 보수 · 보강재료 및 신공법 개발 · 시설물 장수명화 기술 개발 촉진
기 술	기술의 융 · 복합화	· 시설물 손상 및 자기치유 기술 부각 · 유비쿼터스 개념에 의한 실시간 구조물 모니터링 기술 및 정보시스템 고도화 · BIM 시설물 안전진단 및 유지관리 업무 접목 가속
사 회	양극화	· 노후 소규모 시설물 및 민간시설물의 안전 취약현황 심화 · 대형 안전진단전문기관, 유지관리업체 위주의 시장 및 기술력 편중 · 고학력자 3D업종 기피로 인한 안전진단/유지관리 전문인력 부족

◎ 국토교통부 「국토교통 R&D 종합계획」의 6대 혁신전략 중 "국민체감형 행복사회 실현"으로 SOC인프라 유지관리 고도화, 사회문제 해결 강화 등으로 국민안전성 확보 마련 추진

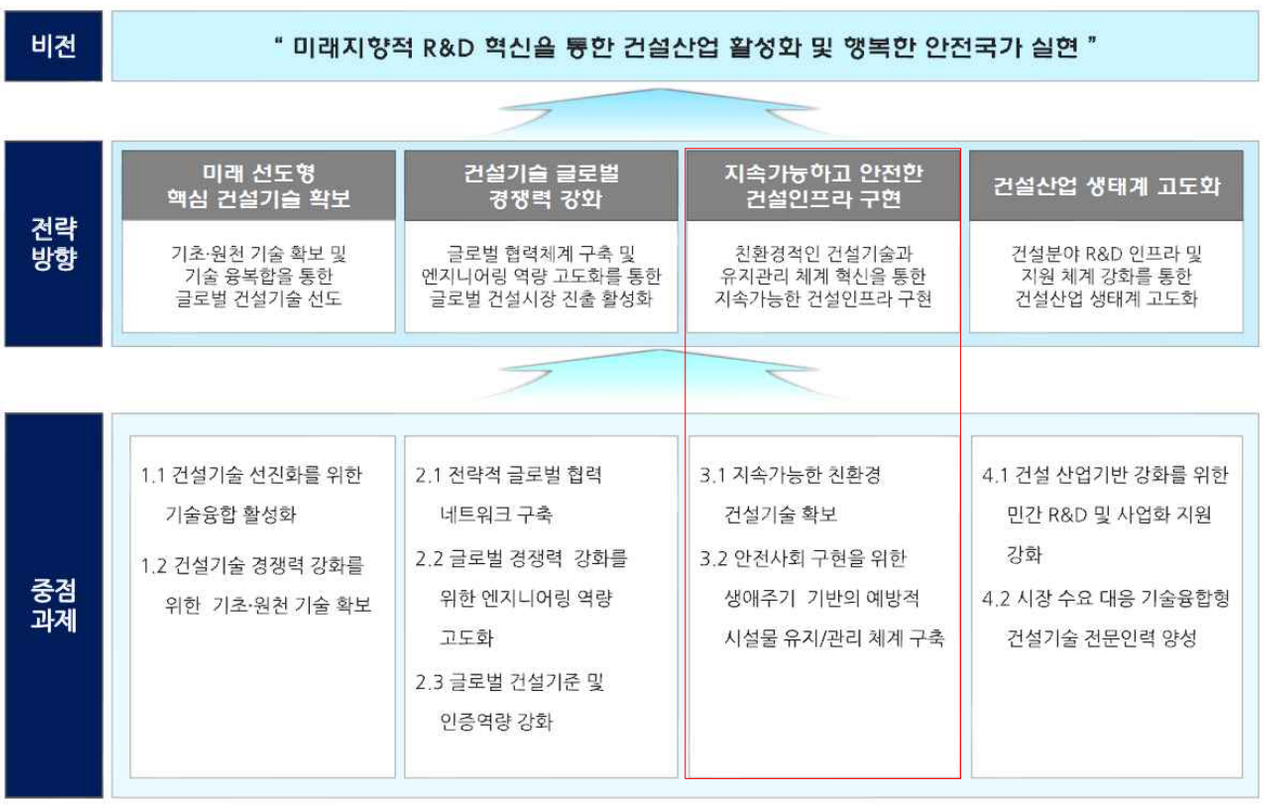
– 건설기술분야에서 지속가능하고 안전한 건설인프라를 구현하고자 시설물 유지/관리 체계 구축을 중점적으로 지향하고 있음

◎ 노후시설물 안전성 강화, 재난재해 대응을 위해 'ICT기술 기반 시설물 스마트 유지관리' 관련 정책 이슈가 확대되고 IoT, ICT와 융합한 첨단 스마트 유지관리 기법이 지속적으로 개발중임

– SOC시설물의 장수명화 및 관리 효율화를 위한 진단 · 보수 · 보강 관련 기술/장비를 무인화하고 실시간 모니터링 하는 기술을 개발함으로써 기반인프라의 장수명화 실현



[그림 4-132] 국토교통 R&D 종합계획의 전략 및 중점추진 과제



[그림 4-133] 국토교통 R&D 종합계획 건설기술분야 추진전략 및 중점과제(안) (KAIA)



◎ 또한, Green-up 30, 건설교통 R&D 중장기 계획 등 다양한 정책 기반 하에 사회기반시설의 고령화 대비, 지능형 안전 및 유지관리 기술 개발 등 추진

구 분	사회기반시설 고령화 대비	자연재해 대비 사회기반시설 정비	지능형 안전 및 유지관리 기술 개발
제4회 과학기술 예측조사	없음	없음	· 스마트 기반 지반 거동 예측시스템 · 자가진단 및 수명 연장기술
Green-Up 30 (국토교통)	없음	없음	· 지능형 친환경 교량 개발 · 네크워크 기반 시설물 관리기술
제5차 건설기술 진흥 기본계획	· LC기반 시설물 유지관리 확립	없음	없음
건설교통 R&D 중장기 계획 (2013-2017년)	· SOC시설물 성능평가기술	· 지진 및 기후변화 대비 건축물 구조 안정성 향상기술 · 건축물 내구설계법 개발 · 기존 건축물 구조 보강	· 고층 구조물 지능형 유지관리로봇 시스템 개발 · 스마트 수중점검 시스템 · 시설물 점검용 휴대 KIT 개발

※ 출처 : 시설물 안전 및 유지관리기술의 미래니즈와 개발전략(홍성호, 한국건설관리학회, 제15권 제4호, '14.08)

2.1.2 국외 정책동향

◎ 선진국은 주요 기반 시설물의 안전진단 · 유지관리 · 해체철거 시장이 이미 활성화 되어 있음

– 미국, 유럽, 일본 등에서는 기반시설물의 노후화에 따른 시설물 유지관리 및 장수명화를 위한 정부투자가 지속적으로 확대되고 있음

– 미국과 일본에서는 시설물의 평가 및 검사, 모니터링, 보수 및 개선 연구가 활발히 진행되고 있으며 관련 실증도 확대되고 있음

구 분	사회기반시설 고령화 대비	자연재해 대비 사회기반시설 정비	지능형 안전 및 유지관리 기술 개발
[캐나다] Civil Infrastructure System Technology Roadmap	· SOC장수명화 · 성능 평가 · 자산목록화 · SOC 유지관리기술 평가 · SOC 생애주기 비용 분석	· 자연재해 극복기술	· SOC 지능형 모니터링 기술 개발 · SOC 통합정보시스템 · SOC 유지관리정보 지식화
[OECD] Infrastructure to 2030	· 자산관리 체계 적용 및 전산시스템 개발 · 차세대 인프라 정비를 위한 기술개발 사업	· 일본 기후변화 대응 시설물 관리 매뉴얼 작성	· 호주 E-infrastructure 개발
[ECTP] Networking Europe Vision 2030 and SRA	· SOC 노후화에 따른 장기성능 예측모델 개발 · SOC 장수명화 기술	· 자연재해에 강한 다기능 新재료 개발	· 다수의 SOC 통합관리 방법 및 도구 개발 · SOC 손상조기감지 기술 개발 및 시험방범 마련 · 유지관리 용이 센서, 모니터링, 성능예측 시스템 개발 · IT, ITS SOC 지능화

※ 출처 : 시설물 안전 및 유지관리기술의 미래니즈와 개발전략(홍성호, 한국건설관리학회, 제15권 제4호, '14.08)

◎ (미국) 미국은 노후화되고 있는 도로교량 등 사회기반시설물에 대한 상태 · 성능 검증을 수행하고 이에 대한 인프라 유지개선을 위한 투자를 확대하고 있음

– FHWA(Federal Highway Adminstration)은 노후교량의 유지관리, 보수보강을 위해 National Historic Covered Bridge Preservation Program을 추진하였음

– 노후교량에 대한 보수보강 관련 기술 개발 지원 등을 통해 시설물 장수명을 목표로 함

– MAP–21을 통해 교량, 터널 등 시설물 노후화에 대한 유지보수 가이드라인, 안전점검, 통계관리를 수행하고 있으며 관련 연구개발에 대한 투자를 지속 확대('14년 9월까지 약 1,050억 달러 투자)

◎ (일본) '60~'70년대 경제의 빠른 성장과 더불어 노후화 시설물의 급증*으로 유지관리 및 개량 예산이 증가하고 있으며 관련 기술개발 및 검증이 활발하게 진행중임

* '30년 도로, 교량 53%, 하천관리시설 60%, 항만부두 53%가 구축 50년 경과할 것으로 전망

◎ 일본 노후인프라 시설 관련 하여 '사회자본정비중점계획', '국토강인화 기본계획(2013년)', '국가 차원의 인프라장수명 기본계획(2013년)' 등 크게 세가지 정책으로 구분할 수 있음

– 사회자본정비중점계획은 「사회자본중점정비계획법(2003년)」에 따라 5년 단위로 정비사업을 효율적으로 추진하고자 정책 수립. 제4차 사회자본정비중점계획(2015~2020년)에서는 노후인프라 시설의 유지관리, 보수보강, 재해리스크 저감 등을 목표로 함

– 국토강인화 기본계획(2013년)에서는 '11년 동일본 지진 이후 안전한 국민 생활 실현을 위해 정부차원의 방재 및 감재 정책으로 추진

– OECD의 "Infrastructure to 2030"에 따르면, 일본은 종래의 사회기반시설과 정보기술을 연계하여 정보의 통합관리 · 운용이 가능토록 하는 "차세대 인프라 정비를 위한 기술 개발 사업"을 추진할 계획

– 또한 기후변화로 인한 사회기반시설의 부정적인 영향을 최소화하기 위하여 안전 및 유지관리 기준 및 실무자 매뉴얼을 작성 · 보급하여 활용하고 있음

◎ (유럽)

– '13년부터 Infravation Project를 통해 교량, 도로, 터널 등 교통인프라 시설의 성능향상을 위한 기술연구를 지원하고 있음

– ECTP(European Construction Technology Platform)의 "Networking Europe Vision 2030 and SRA"도 장기성능 예측 모델, 자연재해에 강한 신소재, 손상조기감지 기술개발 등을 통해 사회기반시설의 고령화와 자연재해에 대비하고, 안전 및 유지관리 업무의 지능화를 꾀하고 있음

2.2 국내외 기술동향 조사

2.2.1 국내 기술동향

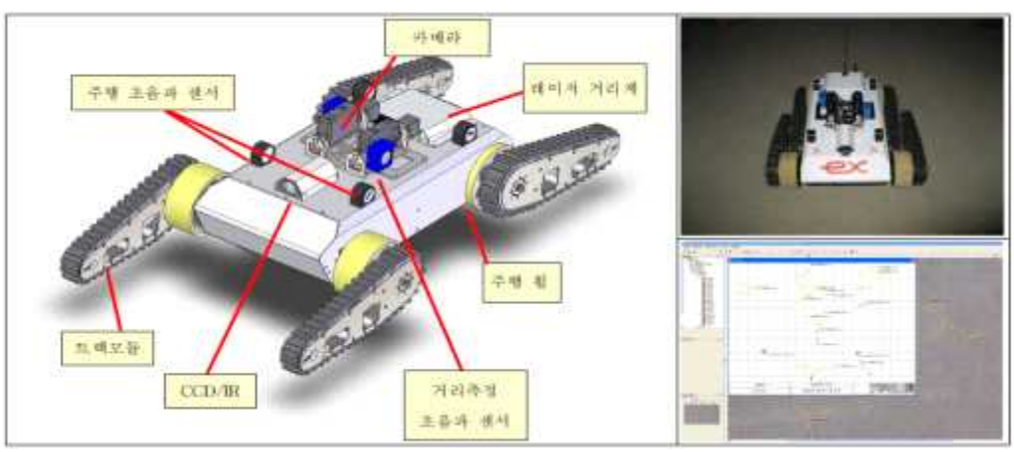
- 국내외적으로 SOC의 노후화로 인한 시설물의 점검 및 유지관리에 대한 관심이 급증하고 있으며, 전통적인 인력 기반의 육안점검은 주관적인 평가가 개입될 소지가 있어 전문성에 따른 결과의 신뢰도 편차가 크고, 시간 및 비용이 많이 소요되는 문제가 있음

  – 안전진단을 위한 비파괴검사는 시설물을 파괴하지 않고 시설물의 상태를 객관적으로 진단할 수 있는 기술로, 초음파, 자기장, 열적외선, X선, 방사선 등을 이용한 다양한 기술들이 있으며, 최근 디지털 이미지 분석, 스마트 센싱 기술들이 활발히 연구되고 있음



[그림 4-134] 콘크리트 균열 자동검출 시스템, 이호범 외, 2012

– 국내에서도 로봇이나 드론이 촬영한 이미지를 분석하여 교량 내부의 균열, 콘크리트 파손, 백태 및 부식 등 손상을 파악하는 기술들이 시도되고 있으나, 공신력있는 실증시설이 없어 자체적인 기술력 검증만 수행되고 있는 실정임



[그림 4-135] 한국도로공사 PSC Box 점검로봇

○ 국내 과학기술예측조사에 (제5회 과학기술예측조사 2016~2040, 미래창조과학부, 한국과학기술기획평가원)

– '빅데이터 및 IoT 기반 시설물 자가진단 · 수명 연장 기술'은 자기진단에 따라 구조물의 안전성을 진단 · 평가하고 자율적 응급조치가 가능한 기술로 미래트렌드 기술로 강조

· 관련 기술 실현을 위해서는 관련 연구인프라 구축이 정책적으로 필요함

· 국외 기술실현시기는 2020년, 국내는 2023년으로 선진국대비 다소 늦어지고 있으나 관련 인프라 구축을 통해 기술개발 및 검인증으로 기술 실현을 앞당길 수 있음



[그림 4–136] '빅데이터 및 IoT 기반 시설물 자가진단 · 수명 연장 기술'의 기술 현황 및 미래

– '자가 진단이 가능한 시설물 손상 · 열화 계측용 스마트 도료 및 재료'는 사회인프라 노후화로 인한 대형 재난 발생 가능성을 저감시킬 수 있는 미래기술로 첨단융합기술임

· 국외 기술실현시기는 2024년, 국내는 2033년으로 선도국가에 비해 매우 뒤처져 있음



[그림 4–137] '자가 진단이 가능한 시설물 손상 · 열화 계측용 스마트 도료 및 재료'의 기술 현황 및 미래

– '구조물의 손상부위에 맞춤형인 복원물을 자동으로 제작하는 기술'은 구조물의 위험상태 및 파손 부위를 자기진단 할 수 있는 ICT 기반의 복원기술로 기반인프라가 매우 중요한 기술임

· 기술 실현 방안으로 인프라 구축이 44.4%로 많은 비중을 차지하고 있음

· 국외 기술 실현 시기는 2025, 국내는 2030 으로 선도국가에 비해 실현시기가 5년정도 늦음



[그림 4–138] '구조물의 손상부위에 맞춤형인 복원물을 자동으로 제작하는 기술'의 기술 현황 및 미래

– '구조물 상태 평가 및 보수를 위한 자율 상황인지형 로봇'과 같이 로봇 및 첨단기술을 활용한 시설물의 취약부 중점관리기술, 수명예측기술, 안전진단 · 성능평가 기술, 내구성능 확보 기술 등의 개발이 활발해질 것으로 예상됨

· 국외 기술실현시기는 2024, 국내는 2028이며 해당 기술의 실현을 위해 전문인력 양성과 관련 인프라 확보가 반드시 필요함



[그림 4–139] '구조물 상태 평가 및 보수를 위한 자율 상황인지형 로봇'의 기술 현황 및 미래

PSC 합성거더교량의 파괴실험

분야	안전진단(성능평가)	
연구 목적	PSC 합성거더 실교량의 비선형단계에서의 거동에 대한 연구	
Test-Bed 사용 목적	PSC 합성거더교량에 극한하중 단계까지 재하를 통해 교량의 전체적 거동 및 각 구조부재의 특성 설명	
Test-Bed 사양	・서진 3교(폐교량) – 교 장: 351m, 교 폭: 9.6m – 교량 형식: PSC 합성거더 – 경간: 12경간	
Test-Bed 실험 내용	폐교량을 이용한 파괴실험	– 재하위치는 거더당 2지점씩 2개 거더에서 수행 – 재하 방식은 파괴하중까지 재하하는 것은 불가능하나 직접 제어가 가능한 반력을 이용한 재하 방식과, 반복재하는 불가는 하나 파괴하중까지 재하가 가능한 직접재하 방식 2가지 사용 – 약 440톤까지 재하 수행 – 교량의 거더, 격벽, 슬래브 등에 변형률 게이지와 LVDT, 경사계, 균열 게이지 등을 설치
시사점	・사용한 계측기의 수, 부착 위치 등에 대한 상세한 설명은 부재함 ・거더 2개만을 대상으로 실험. full-scale의 실험은 이루어지지 않음	


서진 3교

※ 출처 : 서울대학교, PSC 합성거더교량의 파괴실험(2000.10)

국도상 노후교량의 성능개선기법 개발에 대한 연구

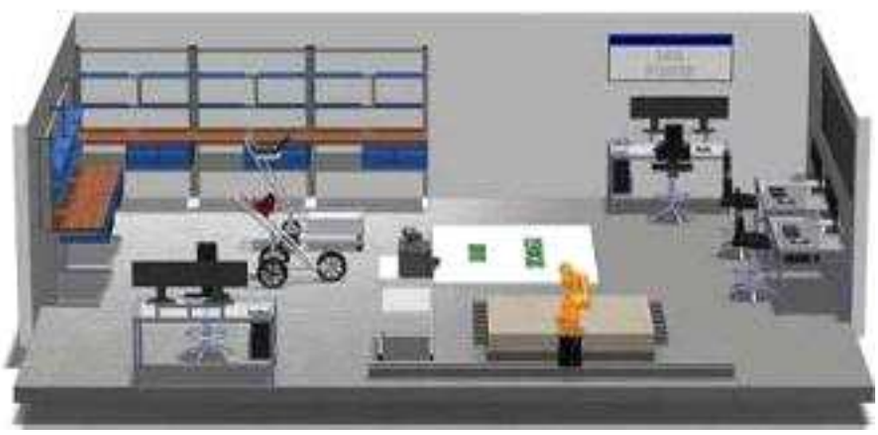
분야	안전진단(성능평가), 보수보강	
연구 목적	국도상 성능이 저하된 교량의 성능개선 방안의 수립	
Test-Bed 사용 목적	실교량의 파괴실험을 통해 현재 사용중인 공용하중 계산법 및 비파괴 시험법인 충격반향기법의 타당성 검증	
Test-Bed 사양	・폐교량 – 교량 형식: 철근콘크리트 슬래브교 – 경간: 5경간(교 장: 48m, 교 폭: 6m)	
Test-Bed 실험 내용	폐교량에 정적 파괴실험	– 하중단계 초기에는 2개의 유압잭을 5톤씩 증가시켜 긴장하였고, 파괴하중에 접근해서는 2개의 유압잭을 1톤씩 증가시켜 긴장을 가함 – 각 하중 단계별로 일정시간 재하 후 모든 하중을 제거하여 탄성 회복 정도 측정 – Loading과 Unloading시 교량 중앙 부분과 재하블럭 위치에 각각 Impact Echo Test를 실시해 균열증가에 따른 진동수와 감쇠값 변화 측정
시사점	・보강공법의 성능평가는 시험체를 이용한 실험에 그침 ・실교량 Test-Bed의 관리 미흡으로 실험예정 교량이 시험 전 철거된 사례가 존재함 ・해외에 비해 사용한 계측기 수가 절대적으로 부족함	


교량 상부 하중 분포판 및 재하블럭

※ 출처 : 중앙대학교, 국도상 노후교량의 성능개선기법 개발에 대한 연구(1999.02)

2.2.2 국외 기술동향

- 미국과학재단(NSF)의 Civil and Mechanical systems 분과에서는 연간 5백만불 이상을 SSS(Sensors and Sensing System) 등의 센서(sense) 및 관련 기술의 개발을 위해 투자하고 있음
- 미국의 미연방도로청(FHWA) 산하 TFHRC(Turner–Fairbank Highway Research Center)에서는 첨단 구조물 비파괴평가(NDE) 기술을 실증하기 위한 실험실을 1998년부터 운영하고 있으며, 2015년에는 실험실을 업그레이드한 FAST(FHWA's Advanced Sensing Technology) NDE 실험실을 구축하였음



[그림 4–140] new FAST NDE Laboratory 이미지

– FAST NDE 실험실에서는 다양한 비파괴 시설물 점검기술의 성능을 실증할 수 있는 시험체 제작, 성능검증 뿐만 아니라 R&D 프로그램을 통한 첨단기술 융합형 스마트 점검 기술 개발도 수행하고 있음

– FAST NDE 실험실에서는 균열 탐지 기술의 성능검증을 위해 카드보드, 폴리에틸렌판 등을 이용하여 사전 계획된 다양한 크기의 균열을 발생시킨 콘크리트 시험체를 제작해 이용하고 있음



[그림 4–141] 다양한 균열의 콘크리트 슬래브 시험체

– PSC(pre–stressed concrete) 부재의 성능을 검증하기 위해 다양한 방법으로 케이블에 결함(5%, 25%, 50%, 75% 등)을 발생시키고 콘크리트를 타설해 개발된 기술의 블라인드 테스트(blind test)를 수행하여 성능 검인증 수행

– 강재 연결부 손상을 모의하고 도색한 후 테스트하거나 콘크리트내부의 철근을 직경, 심도, 배근 간격 등의 변화를 주어 시험체를 만들고 진단장비의 성능을 검증하고 있음



[그림 4-142] PSC 케이블 손상 검증을 위한 시험체



[그림 4-143] 강재 손상 검증을 위한 시험체

– 최근에 TFHRC에서는 로봇, 무인기 등 첨단기술을 이용한 구조물 안전점검 기술의 성능을 평가하고 있음. TFHRC에서는 160km이내에 위치한 교량을 시험교량으로 선정하여 기술의 성능검증에 이용하고 있음



[그림 4-144] 로봇(RABIT)의 교량 안전점검



[그림 4-145] 무인체를 이용한 교량 안전점검

– 버지니아주 TFHRC에서는 실제 PSC 교량 거더를 전시하여, 최근 이슈화되고 있는 내장형 PSC 텐던의 성능을 정확하게 평가하기 위해 연구자들이 기술개발, 검증에 활용할 수 있도록 test-bed로 제공



[그림 4-146] Mayland I-90 교량에서 철거된 PSC 텐던의 활용

국외 폐교량 및 폐시설물의 연구 전환 사례

FHWA의 폐교량, 폐시설물의 test-bed 제공 사례

<table>
<tr><td>연구기관</td><td colspan="2">FHWA(Federal Highway Administration Research and Technology)
TFHRC(Turner Fairbank Highway Research Center)
FAST NDE(비파괴시험) Laboratory</td></tr>
<tr><td>Test-Bed
사용 목적</td><td colspan="2">폐교량을 이용하여 안전진단 · 보수보강 · 유지관리 관련 기술 실증할 수 있도록 test-bed 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Test-Bed
실험 내용</td><td rowspan="2">폐교량을
이용한 각종
유지관리
보수보강
실증</td><td>· Mayland I-90(폐교량)
– 위치: Maryland, USA
– 준공 년도: 1971년
– 교량 형식: PSC 거더
– 길이 54inch(3.91m), 높이 85ft(25.9m)
– 내장형 PSC 텐던 성능 평가 등 안전진단, 유지관리, 보수보강 등 관련 기술의 반복 적용
  </td></tr>
<tr><td>· Mayland I-90(폐교량)
– 위치: Maryland, USA
– 준공 년도: 1979년
– 교량 형식: PSC 거더
– 길이 30ft(9.1m), 넓이 5ft(1.524m), 두께 8inch(0.2m)의 교량 데크(3EA)
– 2015년 Haymarket 고속도로 교량 교체로 TFHRC 실험실 연구용으로 이관되어 옴
– 비파괴시험 관련 기술 적용(infrared camera, electrical resistivity, impact echo, ultrasonic surface waves 등) NDE 기술의 반복적 사용을 통해 관련 기술 실증
  </td></tr>
<tr><td>시사점</td><td colspan="2">– 최근, 로봇, 무인기 등 첨단기술을 이용한 구조물 안전점검 기술 성능평가 수행
– TFHRC 시설 160km 이내에 위치한 교량을 시험교량으로 선정하여 기술의 성능검증에 이용하고 있음</td></tr>
</table>

※ 출처 : FHWA 홈페이지 (www.fhwa.dot.gov)

PSC 거더의 파괴실험

연구 목적	PSC 거더의 파괴 거동 연구	
Test-Bed 사용 목적	PSC 거더에 파괴하중 단계까지 재하를 통해 전체적 거동 확인	
Test-Bed 사양	・Tiwai Point Bridge(폐교량) – 위치: Southland, New Zealand – 준공 년도: 1969년 – 교량 형식: PSC 거더 – 경간: 27경간 – 지간: 18m	
Test-Bed 실험 내용	폐교량을 이용한 파괴실험	– 재하 방식은 반력 빔, 하중 프레임과 유압가력기를 이용하여 2점 재하 – 파괴하중인 약 35톤까지 재하 수행 시 최대처짐 약 460mm 발생
시사점	・실험시설이 아닌 외부에서 수행한 폐교량 실험 ・어스앵커가 아닌 반력빔을 제작하여 실험 수행	



※ 출처 : Residual strength assessment and destructive testing of decommissioned concrete bridge beams with corroded pretensioned reinforcement(2012)

FRP 보강된 RC교량의 파괴실험

연구 목적	FRP 보강된 RC교량의 파괴 거동에 대한 연구	
Test-Bed 사용 목적	FRP 보강된 RC교량에 파괴까지 재하를 통해 교량의 전체적 거동 및 각 구조부재의 특성 설명	
Test-Bed 사양	・서진 3교(폐교량) – 위치: Örnsköldsvik, Sweden – 준공 년도: 1955년 – 교량 형식: RC교 – 경간: 2경간 – 지간: 12m	
Test-Bed 실험 내용	폐교량을 이용한 파괴실험	– 재하 방식은 유압 잭과 하중 프레임을 재하(어스앵커와 긴장재 이용) – 약 1,170톤까지 재하 수행 시 92mm 처짐 발생 – 교량의 거더, 격벽, 슬래브 등에 변형률 게이지와 LVDT 등을 설치
시사점	・라멘교의 파괴실험으로 재하 하중이 높음	


Örnsköldsvik Bridge

※ 출처 : Assessment of the Strengthening of an RC Railway Bridge with CFRP Utilizing a Full-Scale Failure Test and Finite-Element Analysis서울대학교, PSC 합성거더교량의 파괴실험(2014.5)

Evaluating Reserve Bridge Capacity Through Destructive Testing of A Decommissioned Brdige

연구 목적	교량의 실제 극한 하중 여유도 검토	
Test-Bed 사용 목적	Full-scale의 극한 재하를 통해 강 거더 교량의 실제 극한 여유도 및 하중 분배 검토	
Test-Bed 사양	• Bridge 7R(폐교량) – 위치: Wilmington, Delaware – 준공 년도: 1962년 – 경간: 3경간 – 상부구조: 강 거더 – 하부구조: 콘크리트 교대 · 교각 – 교 장: 32m – 교 폭: 8.5m	
Test-Bed 실험 내용	폐교량을 이용한 파괴 실험	– 68개의 변형률 계측기 사용 – 약 33톤의 재하 차량을 이용해 555톤까지 17단계에 걸쳐 하중을 늘려가며 하중 실험 수행 
시사점	• Full-scale의 파괴 실험 실시 • 1/5 scale test, 구조 해석 등 이전 연구를 이어서 수행해 파괴 실험을 정교하게 수행하거나, 구조 해석 모델의 정확성을 향상 시킬 수 있었으며, 계측기 부착 위치에 대해 상세히 기술 • 단, 단전으로 인해 데이터 손실이 발생하였고, 사전에 여유 용량에 대한 고려 부족으로 극한 하중 정확하게 예상하지 못해 현장 실험에서 극한 하중 계측 실패	

※ 출처 : University of Delaware, Evaluating Reserve Bridge Capacity Through Destructive Testing of a Decommissioned Bridge(2011)

2.3 국내외 시장동향 조사

2.3.1 국내 시장동향

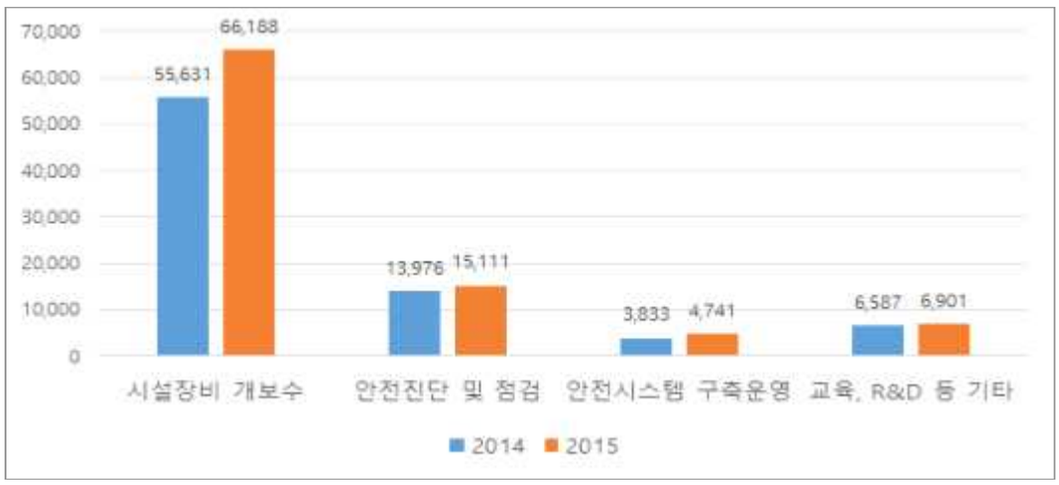
- 국내 안전시장에 대한 투자는 '15년 기준 총 15.4조원이며 공공 및 민간기업의 대대적인 안전 관련 투자를 확대함으로써 국민 안전 증진과 경제 활성화를 기대
  - 정부/공공기관에서는 SOC시설물 및 건설, 시설물 보수/보강이 필요한 부문에 전년대비 17% 증가된 수준인 12.4조원을 투자함('14년 10.6조 → '15년 12.4조)
  - 특히 정부는 교통, 항만, 학교 급경사지 등 정부 주요 노후 시설물의 보수 보강에 전년 대비 29.3% 증가한 1.9조원을 투자하고, 재해위험개선사업에 1.2조 투자
  - 에너지, 도로, 철도, 항만 관련 주요 29개 공공기관을 대상으로 안전부문 관련 투자 계획에 따르면 '15년에 전년도 대비 16% 증가된 수준인 9.3조원의 투자 계획이 있었으며 특히 안전시스템 구축 및 운영과 관련해 24% 증가율을 보였으나, 전반적으로 안전진단 및 점검이나 시스템 구축에 비해 시설장비 개 · 보수에 집중된 경향을 보임
  - 민간기업의 26개 주요 대기업의 안전투자 계획은 총 3조원 규모이며, 공공기관과 마찬가지로 시설장비 개 · 보수가 가장 높은 비율을 차지. 안전진단 및 점검과 안전시스템 구축운영에 대한 관심은 다소 높은 편이고, 교육 및 R&D와 관련된 비중은 낮은 편임

[표 4-94] 국내 안전시장 규모 및 특징

분야	시장규모	특 징
소 방	12조원	– 소방공사 및 소방제조가 76.6% 점유
방 재	14조원	– 정부 발주가 다수이며, 50인 미만 소규모 업체가 95.3% 점유
사업장	3조원	– 안전제품 제조, 안전교육, 컨설팅 관련 시장
시설물	3.1조원	– 주로 시설유지 및 보수 관련 시장으로 4,500여개 업체가 활동 중 – 안전 점검 및 진단시장은 약 1천억 원에 불과
보안	3.5조원	– CCTV 등 물리보안 1.2조원 (연평균 13% 상승, 3대 기업(에스원, ADT, KT텔레캅) 점유율 85%) – 인증 등 정보보안 2.3조원 (연평균 11% 상승) – SW 안전분야(컨설팅, 시험 · 인증 등) 4천억 원

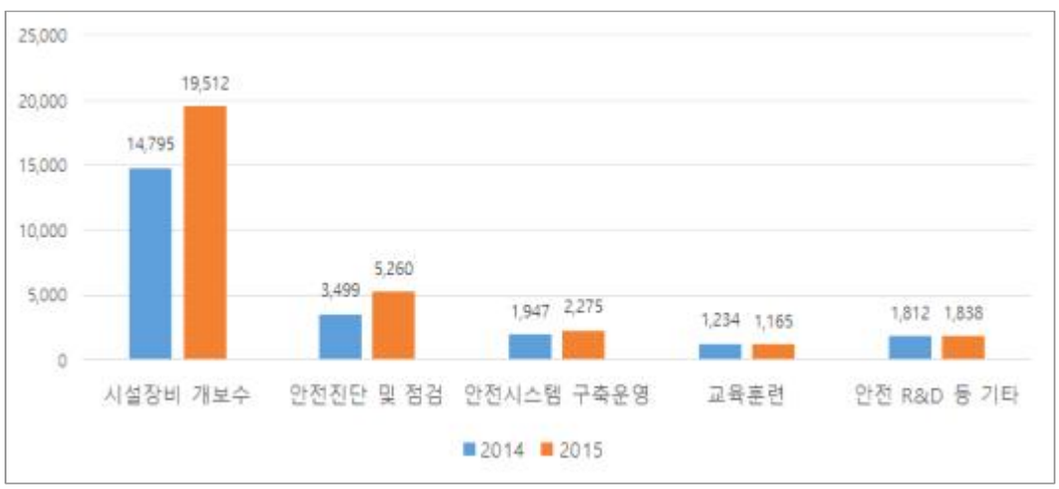
※ 출처 : 제5차 국민경제자문회의 관계부처, 안전산업 활성화 방안 (2015.03)

- 국내 보수보강에 대한 예산이 증가하고 있으나, 실제로 안전진단, 유지관리, 보수보강 관련 개발 기술에 대해서는 정부차원의 관리가 미흡한 실정임. 보수보강 후 성능확보된 관리까지 정부, 지자체에서 수행하기 어렵기 때문에 보수보강후 성능확보가 가능한 기술 적용이 반드시 필요함



[그림 4-147] 공공기관 안전부문 투자 계획

※ 출처 : 제5차 국민경제자문회의 관계부처, 안전산업 활성화 방안 (2015.03)



[그림 4-148] 민간기업 안전부문 투자 계획

※ 출처 : 제5차 국민경제자문회의 관계부처, 안전산업 활성화 방안 (2015.03)

– 도로 안전예산 중에 유지보수를 포함한 도로보수 분야가 가장 큰 비율을 차지하고 있지만, '04년부터 '14년까지 5천억원대에 머물러 있는 상태임



[그림 4-149] 도로 안전 관련 분야별 예산 동향

※ 출처 : 국토교통부, 도로업무편람(2014)

– 시설물 유지 · 보수 연간 시장규모는 '10년 기준 2조 8370억 원이며, 전문건설업에서 차지하는 비중은 '00년 2.2%, '05년 2.6%, '10년 3.8%로 작게나마 증가 추세를 보임

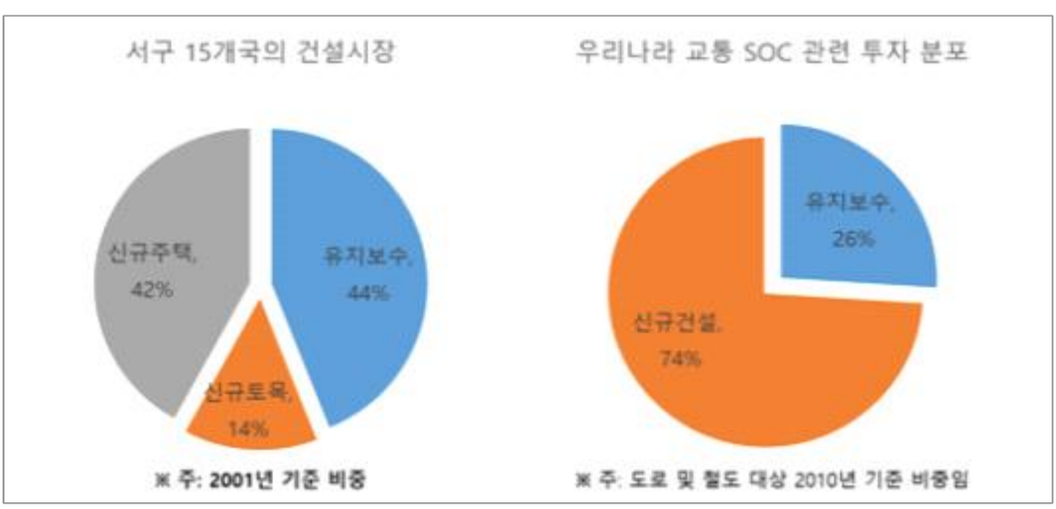


[그림 4–150] 시설물 유지 · 보수공사 연간 시장규모(계약금액)

※ 출처 : 국토해양부, 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017)(2012.12)

◎ 국외 선진국의 시설물 유지관리시장과 비교 할 경우 우리나라는 선진국에 비해 신규건설 대비 유지 · 보수 투자 비율이 낮은 편임

– 우리나라 건설시장에서 유지보수 시장의 비중은 선진국에 비해 낮은 수준으로, 선진국은 건설시장에서 유지보수 시장이 차지하는 비중은 '01년 기준 44% 수준인 반면, 우리나라는 '01년 기준 교통 SOC에 대한 유지보수 투자가 26% 수준임. 신규건설 시장이 14%로 유지보수 시장은 신규건설시장 대비 1/3 수준임 ([그림1–38]참조)



[그림 4–151] 선진국과 우리나라의 유지보수 시장 비중 비교

※ 출처 : 한국건설산업연구원, 2030 건설시장의 미래 전망과 대응전략(2015.03)



2.3 시사점 분석

2.3.1 수요자 요구 사항

국토교통 관련 연구자들에게 필요한 실증기술, 시설 · 인프라를 조사하고 향후 필요한 실증, 연구인프라 조사

– 국토교통 기술분야별 실증이 필요한 기술에 대한 수요조사를 통해 수요자 의견을 수렴

◦ 기간 : 2016년 8월 1일 ~ 19일(약 3주간)
◦ 방법 : 주관연구기관, 각종 학회 · 협회 회원사 E-mail 설문조사
◦ 대상 : 전문기관 · 주관연구기관 전문가 POOL, 국토교통 대형실험시설 관련 연구자 · 사용자, R&D 수행기관 및 전문가(WISE10포함), 국토교통 관련 학회, 협회 등

2.3.2 수요조사 결과

- 시설물 유지관리 관련하여 건축, 교량, 철도, 재료 등 다양한 분야에서 연구인프라가 필요하다는 의견이 다수 도출되었음
- 건설신기술과 연계하여 시설물 안전진단 방법, 장비, 유지관리 기술, 보수보강 기술 등에 대한 실증이 요구되고 있음

번호	기 술 명	필 요 성	연구내용	비 고
1	대형건설장비와 연계된 대형 시설 구조물의 Mock-up Test Bed 구축	· 개발된 신기술, 개량된 기존기술의 현장적용을 위한 검증이 필수.	· 교량(교각 및 슬래브 등의 상판)건설 실증실험 · 지하구조물의 제작/매립을 통한 상재하중, 열화환경에 대한 검증실험 · 건설장비의 효율화 검증	건설장비
2	기존 구조물 보수보강 후 거동 성능 평가	· 많은 구조물들이 보수보강되고 있으나, 보수보강후 성능평가 및 실증이 다소 미흡	· 구조물 보수보강 방법의 효과를 확인할 수 있는 제반 하중 실험	유지관리
3	시설물의 안전성 및 내구성 실증 센터	· 시설물의 안전성 및 내구성 실증 센터	· 시설물 실증실험 센터 구축 · 실증 개발품의 홍보 및 전시 시설 구축 · 건설기술 체험 및 홍보 박물관 · 실증지원 체계 구축	구조물
4	비탈면 보호, 보강공법 실증 시설	· 앵커, 록볼트, 옹벽 등 다양한 종류의 비탈면 보호, 보강 공법의 효과를 검증 또는 지원하기 위한 시설	· 연구기관, 산업체, 대학 등에서 개발한 공법을 현장에서 적용해보기 어려운 경우에 대하여 테스트 및 검증할 수 있는 기회 제공(유상 또는 기타 방법	공법
5	계측데이터를 이용한 구조물의 결함 검측	· 알고리즘에 의한 이론적인 이상치와 실제 구조물의 결함 발생 여부를 비교해 보아야 함.	· 프로토타입 구조물을 이용한 검측시스템 검증	구조물
6	신재료 활용 구조물 성능 검증 기술	· 신재료의 고성능화에 따른 성능 검증 기술 필요. · 실사용 제품의 성능 제시. · 실물크기 신재료 성능 검증 및 인증 시설 필요.	· 장단기 실물 크기 신재료 실험법 개발 및 장비 구축 · 성능 검증 및 인증 획득. · 신재료 활용 구조물 설계 및 시공 기술.	구조물
7	교량 유지관리 및 보수보강 차세대 시스템			교량

번호	기 술 명	필 요 성	연 구 내 용	비 고
8	터널 신기술 및 안전확보를 위한 종합 실증 기술	· 대공간 대심도 지하공간 개발이 급속화 되고 있는 세계 건설 시장 진출 · 다양한 굴착 기술 및 환기/화재 안전 기술 검증을 위한 실증 인플라 구축 필요	· 터널 굴출 기술 및 전방 예측등(지질 정보/막장 안정화등) · 터널 환기 및 화재안전 실증 실험동 · 터널 화재시 대피 체험 및 운영자 유지 관리 교육 프로그램	터널
9	시설 구조물의 실물 크기 성능 검증	· 최근 구조물은 미관이 고려된 복잡한 형태를 가지고 있으며 대형 지하 구조물, 인공섬 등 기존에 시도되지 않은 구조물에 대한 연구가 이루어 지고 있음. 따라서 단순한 부재의 성능 차원 뿐만 아니라 시범 가동 전 수준의 실증이 필요	· 일정 기간 운용을 통한 구조물의 안전/안정성 검증 · 구조물의 거동 예측과 실측 결고 비교	공법
10	성능기반 시설물평가 및 보수보강	· 정량적 평가 곤란, 보수보강 공법 효과 기대 곤란 등		시설물 내구성
11	PC강연선 응력부식성능 검증	· 유럽에서는 고강도 PC강연선의 응력부식에 의한 파단 문제를 심각하게 생각하여 EN 규격에 검증 항목을 포함하고 있으나 국내에서는 이러한 문제가 간과되고 있음. · 최근 정릉천고가교 강연선 파단사고 등을 고려할 때 강연선 부식에 대한 면밀한 검토가 필요함.	· PC강연선 응력부식 메커니즘 분석 · PC강연선 응력부식 성능 검증 · PC강연선 응력부식 규격화	· 시설물 내구성 · 응력부식시험기
12	교량기술	· 신공법의 경우 실적이 없을 경우 초도적용 애로에 따른 실차량재하 시험 어려움	· 30m 이상 실교량 제작/시공 및 실차량 재하 정/동적 성능 검증	교량
13	모니터링기술	· 유지관리를 위해 개발된 센서기술 검증 방안 없음		모니터링
14	시설물 모니터링 기술 신뢰도 검증 기술	· 첨단 IT 기반 기술들이 많이 개발되고 있으나, 이에 대한 검증이 제대로 이루어질 수 있는 제도나 기준, 장비 등이 준비되어 있지 않아 현장 보급에 문제점 도출	· 센서 신뢰도 검증 기술 · 분석 알고리즘 검증 기술 · 계측 시스템 검증 기술 등	· 실구조물 수준 · 손상 유발 장치, 손상 유발 구조부재 등 · DAQ, 데이터로거, 검증용 소프트웨어 등
15	제빙화학제의 비산범위와 그에 따른 콘크리트 내구성 저하와 강연선의 부식도 분석	· 한계상태설계법에서는 내구성관련해서 제빙화학제의 영향이 크다. 그에 따라 강도와 피복이 결정되므로 실제 제빙화확제의 영향을 실증적으로 파악할 필요가 있다.	· 제빙화학제의 비산범위 조사 · 빙화학제 부착에 따른 콘크리트의 내구성 저하문제 실험 · 제빙화학제 부착에 따른 강연선의 부식도 실험	· 염분 분사장치. 강연선이 들어가 PSC 블록
16	시설물 재난재해대비 극한성능 평가기술	· 최근 급증하는 자연재해 및 인공재난 대비 극한상태에서의 시설물 및 부재 레벨의 구조성능 실증 필요	· 화재대비 극한성능 평가 · 폭발대비 극한성능 평가 · 충돌대비 극한성능 평가 · 강풍대비 극한거동 평가 · 강진대비 극한거동 평가	· 화재실험시설, 폭발실험시설, 충돌실험시설, 환경모사 풍동실험시설
17	신 재료를 활용한 교량의 공사비 및 유지관리 비용 절감 기술	· 토목 시설물의 신재료 개발를 통한 국내 및 국외 선도기술 확보	· 내구성이 우수한 신재료인 고강도 콘크리트를 활용한 일반교량 및 특수교량 적용	
18	IT와 스마트기기의 융합기술	· 구축된 센서시스템으로 데이터로부터 축적한 자료의 활용	· 일반 사용자에게도 와 닿는 기술	· 계측 시스템, 통신 시스템, 해석 시스템, 인터페이스 시스템



번호	기 술 명	필 요 성	연구내용	비 고
19	시설물 성능평가 및 신기술 실증	· 사회기반 시설물의 안전성 확보를 위한 빠르고 체계적인 평가 실증시스템의 필요함 · 신기술의 기술성 평가 및 확실한 검증시스템이 필요함.	· 실제 크기의 실험체를 통한 실질적인 재하실험 수행 · 실험결과의 종합적인 분석 및 평가 · 필요한 경우 보수, 보강방법 제시 · 각종 시설물의 보수, 보강방법에 대한 실험적 평가	· 실험체의 크기 제한을 받지 않고 실험할 수 있는 현장 테스트 베드 · 하중 및 크기의 제한을 받지 않고 실험체 종류별로 최적의 실험시스템을 구성할 수 있는 조립식 대용량 실험장비
20	지반보강공법 신기술 또는 국가R&D 성과	· 기업체의 개발기술과 국가연구 개발사업으로 개발된 기술의 객관적인 평가를 통하여 시장에 활용할 수 있는 환경 마련	· 각종 지반보강공법에 대한 시험법 및 시험장비 개발	· 실대형 규모 실험이 가능한 충분한 실내외 실험시설 부지와 인프라 확보 필요 · 지반보강공법에 대한 시험이 가능한 수준의 다양한 장비 개발/설계/구축
21	구조물 언더피닝 공법 실증	· 아파트 리모델링 등 구조물 성능 개선을 위한 지하기초구조물 보강에 관한 관심이 급증하고 있으나, 기초 보강 기술 등을 검증할 수 있는 실증 부지가 부재함. 실증 예산 및 부지 구축이 시급함	· 기존 건축구조물 하부 기초보강 기술 검증 · 이크로파일 공법 및 하중전이 기술 검증	· 기존 구조물을 모사할 수 있는 임의 구조물 · 기존 구조물에서 하중을 재하할 수 있는 하중재하 장치
22	토석류 방지기술	· 도시의 확장 및 주거환경 변화에 따라 산지인근 주거지 개발이 활발해 지고 있으며, 그에 따른 토석류 재해위험성 증가	· 토석류 발생 및 피해 확산 범위 예측 · 토석류 방지공법 개발	· 토석류 발생 및 피해범위 예측 시설 · 토석류 피해저감시설 · 인공강우 모사장비
23	TBM 등 터널 실증 시설	· TBM 등과 같은 첨단 기계 굴착 장비는 후진이 불가능하여 시험 시공이 불가능할 뿐만 아니라, 개발 과정의 리스크가 크기 때문에 연구 개발 장비를 현장에 바로 투입하기에 한계가 있음	· TBM 등 첨단 터널 기술의 실증 연구를 위한 실규모 터널 실증 시설 구축	· 연장 1 km 이상의 산악지역 또는 수직구가 포함된 지하 부지 · 터널 시공을 위한 제반 시설(크레인, 버력처리 시스템, 전력 등)
24	토목시설	· 사회 기반시설로서 실증의 대표적 시설물	· 제반 기반시설물	· 수차원, 도로교통 · 계측 및 통계
25	터널 건설기술 실증용 산 지 실대형 실험장 구축	· 기술검증을 위한 실현장 시험시 적용 구조물의 품질 보증이 어려워 시공사 뿐만아니라 발주처 까지 피하는 실정이며 대부분 연구자들이 아는 인맥을 동원, 현장 관계자들 묵인하에 소규모로 이루어 지고 있는 현실임. 따라서 실증 연구후 현장명을 밝히기 어려운 상황도 발생하고 있음. 터널관련 대형기술의 검증은 실제 공사를 수주해야 그나마 적용을 검토해 볼수 있기 때문에 사실상 터널현장에서의 실증자체가 불가능함. 따라서 지금까지 개발한 기술들의 실용화 실적이 극히 부진한 실정임	· 터널 및 지하공간 굴착기술, · 터널지보재 및 방수재 기술, · 터널화재 및 지진재해 대응기술, · 터널거동 분석 및 제어기술 · 지하공간 저장기술(각종폐기물, 유류, 가스 , 물 등) 검증연구	· 산악지내 실험 터널 및 지하공간 실험시설 확보 · 실대형 터널 및 지하공간 구축 장비 일식
26	전주기적 시설물 유지관리 시스템 구축	· 현재 선진외국에 비하여 국내의 시설물에 대한 유지관리 체계 구축이 미흡 · 형식적 점검이 아닌 체계적 유지관리 시스템 개발이 필요 · 시설물의 재해예방 및 기술적 신뢰도 향상을 위한 유지관리 체계의 필요성	· 시설물별 유지관리 플랫폼 구축 · 지자체와 연계하는 유지관리 시스템 관리 방안 마련	

번호	기 술 명	필 요 성	연구내용	비 고
27	자가 에너지 교량 시스템	· 토목분야와 타 분야 융합과제로 실증 및 협업 필요	· 에너지 생산과 효율에 대한 검증 필요	
28	유지관리 수준 및 사용기간에 따른 구조물 성능 평가기술	· 현재 국내 구조물의 사용수명 증가에 따른 성능저하 발생 우려와 이에 따른 성능확보에 대한 검증 등이 필요. · 유지관리 수준에 대한 기준 및 유지관리 수준에 따른 성능도 차이가 있을 수 있음.	· 구조물 내구성능 저하에 따른 성능 실증 · 구조물 열화 성능 실증 및 평가	· 대형 항온항습 및 열화환경 실증 시설 · 대형 내구성 영향 환경 장비
29	구조물의 절대적인 내구수명 평가	· 현재의 구조물은 안전과 불안전의 상태만 보고되어 있지 장기적인 사용에 따른 실질적인 평가는 부재한 상태이다. 특히, 내구성능에 대한 평가가 시급히 필요하며, 이에 따른 구체적인 대안이 필요하다. · 이는 우리나라가 건설에만 집중되어 온 현실에서 이제 유지관리로 변환되었으나, 이에 대한 대비가 없어 예산은 물론 전반적인 준비가 되어 있지 않다. · 예를 들어, 교량이 언제까지 사용 가능한가? 에 대한 것 전 우리나라 교량 수명을 예측하여, 이에 대한 조속한 대비가 필요하다.	· 구조물의 실증수명 등을 검증 · 구조물의 방식설계 개념 도입 · 구조물의 내구성능 평가 검증방법 설계	· 구조물 시험실 등 · 구조물 평가 장비, 각종 비파괴 장비 등
30	노후화된 지하시설물에 대한 실증테스트 베드 구축	· 육안으로 볼수 없는 시설물의 사전 안전점검 정확성 확보	· 노후화된 지하시설물에 대한 실증테스트 베드 구축 및 수치해석 병행연구	· 대규모 지하시설물을 실증할 수 있는 종류별 실증 테스트 베드 시설물 구축
31	고성능 하이브리드 내후성강 교량 적용기술	· 플랜지 및 복부판에 서로다른 강도의 고성능 내후성강 하이브리드 기술 개발을 국토부과제로 추진중이나, 실제 공용중 성능을 인정받을 테스트 베드 사이트는 모두 연구진의 발굴 및 적용노력 요구되어 실증이 어려움.	· 현장 교량 설계 및 가설, 성능 모니터링 및 재하실험 수행, 공용중 성능 확인 등	· 공용 혹은 시험전용의 도로 혹은 철도상에 교량가설을 통해 실제 운영중 하중상황에서의 구조물 성능 검증
32	프리스트레스트 강합성 거더	· 한계상태설계법으로 설계한 단면 검증 · 모형실험체의 극한한계상태 실증이 필요	· 연속 프리스트레스트 강합성 거더 부모멘트부 극한상태	· 한계상태 가력시까지 문제 없는 반력바닥 · 500톤급 이상의 액츄에이터
33	콘크리트 2차제품의 성능실험	· 콘크리트 2차제품에 대한 실증 실험 필요	· 암거, 흄관, 수로관, PSC 제품 등에 대한 실증 실험	
34	신기술 적용 실 교량구조물의 실증시험	· 신기술 적용 교량의 실증 실험을 통한 안전성 확보	· 신기술 적용 실 교량 구조물의 실증 연구	
35	도로시설물 등에 적용되는 신기술에 대한 실증 실험	· 실증실험 결과에 의한 신기술의 성능 검증 필요		
36	시설물관련 개발기술의 실증실험기관	· 연구 및 업체 개발기술에 대한 실증 실험	· 개발기술에 대한 적용 시설물 등에 실 적용을 통한 실증 실험 등	
37	콘크리트 재료 기술을 적용한 실 구조물의 실증 실험	· 재료기술평가와 실 구조물 적용시의 거동은 상이할 수 있으므로 실증 실험을 통한 검증 필요		
38	신 복합재료 등의 실 적용을 통한 역학 특성 실험	· 신재료에 대한 실적용 구조물 실증 실험 필요		



번호	기 술 명	필 요 성	연구내용	비 고
39	융복합형 진단 및 유지관리 기술	· 시설물 안전을 위한 장수명화 기술 개발에 대한 요구가 다각화되고 있는 시기에, ICT 기반의 시설물 안전 진단과 내구성능 평가 기술을 통해 사전 예측기반의 대응체계를 마련하고 통합 유지관리가 가능한 신뢰도 높은 핵심기술 개발 및 적용이 시급	· 안전진단 및 성능평가를 통한 통합적 시설물 자산관리 및 생애주기 관리 연구	
40	신기술 교량의 실물 실증시험	· 신기술 교량의 실물 실증시험	· 교량성능평가 · 재하시험	· 실증도로 · 윤하중 실험장비, 내하력
41	극한환경 건설장비 및 엔지니어링 기술 검증	· 개발된 건설장비 및 소프트웨어 기술들이 극한환경에서 무리없이 구동 가능한지 검증할 수 있는 극한 환경 구현 및 검증 인프라 필요	· 초저온(-190도), 고온(+150도) · 진공(10-7torr) · 먼지, 방사능 오염 · 매몰지역 환경 등	· 항온항습 실험동 · Dust 컨트롤 초저온진공챔버 실험 장비
42	무인드론 등 최첨단 기술을 활용한 산사태의 효율적 관리	· 산사태 분야는 현장성이 매우 중요함에도 불구하고, 단순한 수치해석, 단순한 지질조사 방법(시추 및 물리탐사) 등을 바탕으로 대책공법을 선택하는 사례가 매우 많음. · 이러한 접근방법으로 과도한 대책을 선정하거나 잘못된 암선의 선택으로 시공 시작 후 예상치 못한 공사비의 급증으로 애로를 겪는 경우가 다수 발생하고 있음.	· 현장성 확보를 위한 지반조사를 강화하면서, 최첨단 기술인 드론 접목을 수행하여 이에 대한 적정한 관리 방안 매뉴얼 마련이 필요	
43	교량(신형식 교량, 연속교량, 무조인트 교량 등)	· 교량건설 발주기관에서 새로운 형식 및 기술이 도입된 교량에 대한 실교량 실험 결과를 요구 · 교량 기술을 개발한 기관에서도 개발된 기술의 보완을 위해 시험 시공을 필요 · 교량 시설에 범용을 사용할 수 있는 기술(연속화 슬래브, 무조인트 교량, 교량 접속부 기술 등)에 대한 현장 시공 및 중/장기간 모니터링이 필요하지만 시험시공 후 중/장기간의 모니터링이 가능한 현장을 확보하는데 한계가 있음.	· 현장 적용 및 재하실험을 통한 신공법의 검증/인증 · 무조인트 교량 및 교량 접속부 상세에 대한 중/장기 거동 모니터링 → 설계 기준에 반영	· 주행 시험이 가능한 교량 테스트베드 구간 (경간별 : 단경간, 중경간, 장경간) · 교량의 가설 및 해체가 용이하도록 하는 조립식 하부구조 (기초는 고정식) · 이동식 하중 재하 장치 (이동식 프레임, 1000 톤급 가력기), 실험용 가변식 재하차량
44	교대일체식 교량 구조	· 국내 엔지니어링 환경의 특수성에 따라 상부와 하부의 설계주체가 분리되어 있는데, 교대일체식 구조의 경우 상부와 하부의 모델링부터 시작해서 해석과 설계검토가 일괄적 으로 이루어져야 하는데, 서로 책임회피식으로 미루다보니, 국내 도입이 늦어지고 있음 · 국내 산업환경에 의해 경제적이고 효율적인 교량구조에 대하여 표준화된 설계체계와 이를 검증하는 연구가 필요함	· 국내의 온도환경에 적합한 최적 경간장 범위 · 경제적인하부구조 설계 방법 · 급속시공을 위한 프리케스트 구체 적용방법 등	

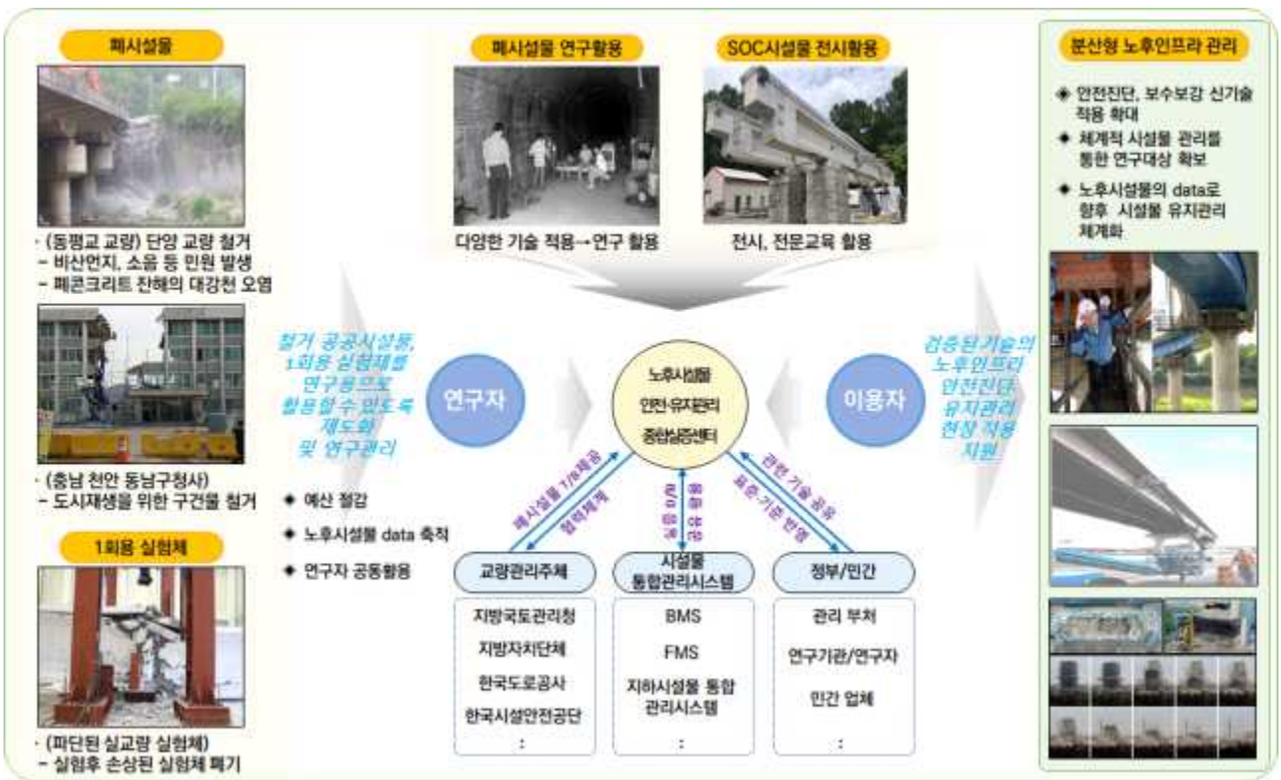
3. 실증시설 상세 내용

3.1 핵심 기능/역할

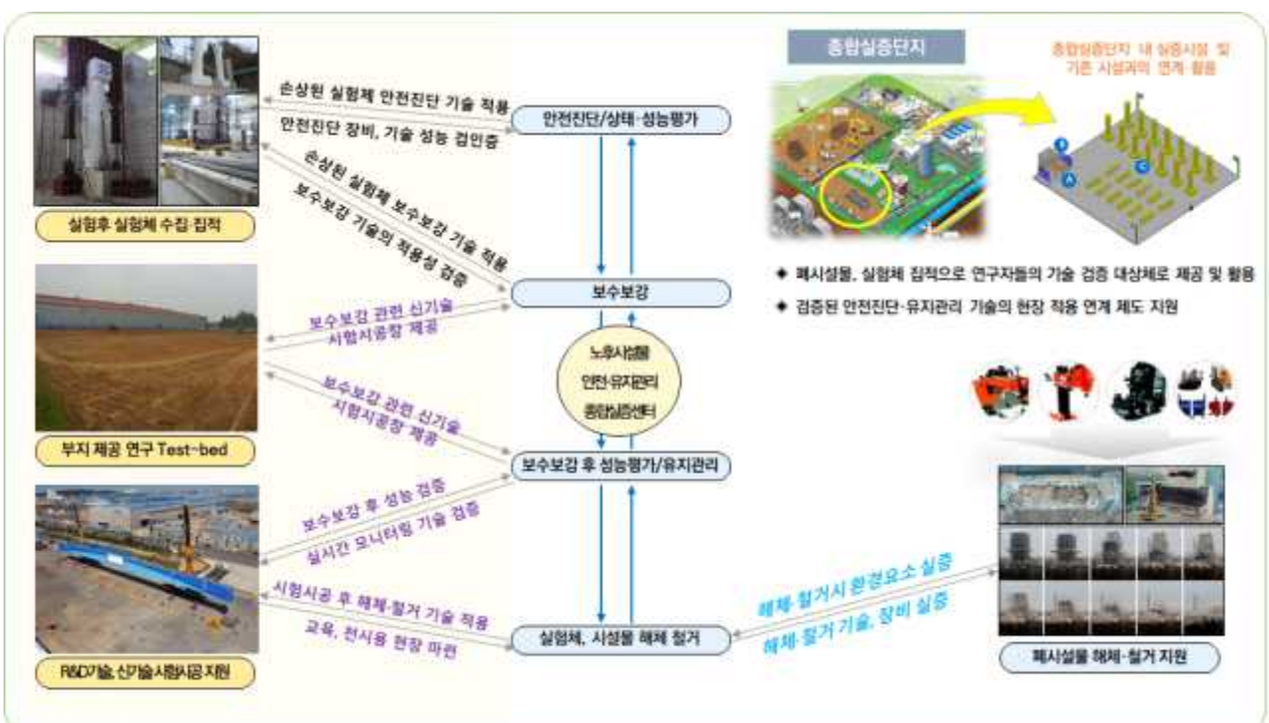
- 종합실증단지 내 또는 타 실험시설에서 실험후 폐기처리 대상이 된 실험체 및 정부에서 철거하고자 하는 폐시설물을 확보하여 집적화
  - 폐실험체 · 시설물의 집적을 통해 손상된 실험체에 적용 가능한 기술 실증
  - SOC인프라 관련 R&D 성과품, 시설물의 견본 전시를 통한 정보공유 및 교육에 활용할 수 있는 전시시설
- "분산형 노후인프라의 연구 활용" 기반을 마련함으로써 종합실증단지 내로 이관이 어려운 대형인프라, 시설물의 경우 현장에서 직접 실증이 가능하도록 제도화 지원
  - 폐교량, 폐터널, 폐시설물의 연구용 활용이 가능하도록 지차제와의 협의
  - 노후시설, 도심지의 폐시설물에 대한 해체철거, 급속해체 기술
- 부지 제공 연구 Test-bed
  - 안전진단, 유지관리 등 국토교통R&D 기술 및 신기술 검인증을 위한 부지 제공 및 기술지원(검인증 등에 장시간이 요구되는 기술 등)
  - R&D기술, 신기술의 시험시공 지원

3.2 실증시설의 연계전략 및 내용

◪ 노후시설물 안전 · 유지관리 종합실증센터를 중심으로 폐시설물에 대한 연구활용 지속 추진



◪ 폐실험체, 시설물을 활용한 신기술 적용 · 검증 지원 등



◎ 폐실험체, 폐시설물의 집적을 통해 개발된 신기술 및 각종 요소기술 적용할 수 있는 기회 제공 (Open Lab 제공)

– 안전진단 · 점검기술 및 관련 장비의 성능을 검증 · 실증

* 접근이 어려운 위치(교량 내부, 고층 등)의 균열, 파손, 백태 및 부식 등 손상을 진단할 수 있는 기술 및 장비의 신뢰성 검증 및 실증

* 드론을 활용한 안전점검, 실시간 모니터링 기술 등

* (시설물 부재 상태 평가 기술의 실증) 보수보강 기술 적용후 향상된 성능에 대한 부재의 내구성, 안전성 실증

* IoT 기반의 센싱 및 모니터링 유지관리 기술

– 야외 야적장 · 전시장에 폐시설물, 폐시험체를 집적하여 보수보강 기법 적용 등

* 보수보강 기술을 적용하고 장시간동안 보수보강후 성능향상 평가까지 가능하도록 지원



[그림 4–152] 드론을 이용한 교량 하부의 안전진단



[그림 4–153] 로봇을 이용한 교량 상판 안전진단

– T/B · 연구용 활용을 위한 폐터널, 철거교량 등 폐시설물의 확보 및 활용이 가능할 수 있도록 해당 지자체 및 기관과의 협력 체계 마련

* 전국 고속도로의 영구폐쇄 교량은 ('16.09 기준) 22개로 미활용 또는 개별적 활용중에 있음

[표 4–95] 전국 폐터널(철도) 현황 (한국철도시설공단)

구분	노선	터널명	소재지	연장(m)	형식	비고
1	호남선	구진	영산포~다시	135	말굽형	
2	호남선	운동	몽탄~명산	141	말굽형	
3	호남선	망영	몽탄~명산	123	말굽형	
4	호남선	백락	몽탄~명산	116	말굽형	
5	전라선	오관	전북 완주군 상관면	400	말굽형	
6	전라선	교룡	전북 남원시 대산면	210	말굽형	
7	전라선	아중1	전주 덕진구 우아동	177	말굽형	레일바이크 임대
8	전라선	아중2	전주 덕진구 우아동	137	말굽형	레일바이크 임대
9	전라선	신리	전주 완산구 색장동	255	말굽형	
10	전라선	오림	여수 오림동	389	말굽형	
11	전라선	마래	여수 만흥동	630	말굽형	레일바이크 임대
12	경전선	모산	순천 해룡	45	말굽형	
13	경전선	동일	광양 광양읍	130	말굽형	
14	경전선	쌍고	광양 광양읍	141	말굽형	
15	경전선	석정	광양 광양읍	301	말굽형	



[표 4-96] 전국 고속도로별 영구폐쇄 교량 현황

구분	본부	지사	노선	교량명	준공년도	공용년수	폐교년도	폐교사유	현상태
1	수도권	인천	서울외곽선	자유로IC Ramp-G교	1997	18	2006	진출입 시설개량	자체활용중 (유지관리용회차로)
2	강원	원주	영동선	가야교(강릉)	1971	44	1994	확장공사	지자체 도로(농로) 활용중
3	강원	대관령	영동선	우용교	1975	40	1999	확장공사	자체활용예정(수림대조성)
4	대전충청	영동	경부선	우천1교(서울)	1999	16	2006	확장공사	자체활용중 (태양광발전사업부지)
5	대전충청	영동	경부선	우천1교(부산)	1999	16	2006	확장공사	자체활용중 (태양광발전사업부지)
6	대전충청	영동	경부선	우천2교(서울)	1999	16	2006	확장공사	자체활용예정 (태양광발전사업예정부지진입로)
7	전북	전주	호남선	만경강교(천안)	1970	45	2000	전면개량공사	자체활용중 (신설교량점검공간으로활용)
8	전북	전주	호남선	목단교(천안)	1973	42	2004	선형개량	활용계획 검토중
9	전북	전주	호남선	목단교(순천)	1986	29	2004	선형개량	활용계획 검토중
10	전북	논산	호남지선	한천육교(회덕)	1970	45	2002	전면개량공사	자체활용중 (신설교량점검공간등으로활용)
11	전북	논산	호남지선	두계천교 (휴게소)	1970	45	2012	계룡휴게소 (회덕) 이전공사	자체활용중 (신설교량점검공간으로활용)
12	광주전남	광주	호남선	영산강교(천안)	1973	42	1999	전면개량공사	호남선광산~동광주확장시 철거 예정
13	광주전남	광주	호남선	황룡강교(천안)	1973	42	2006	신설공사	활용계획 검토중
14	광주전남	광주	호남선	황룡강교(순천)	1986	29	2006	신설공사	활용계획 검토중
15	광주전남	순천	호남선	홍천교	1973	42	1992	확장공사	지자체 도로(농로) 활용중
16	광주전남	순천	호남선	자암교	1973	42	1995	확장공사	지자체 도로(농로) 활용중
17	광주전남	순천	남해선	묵백교	1973	42	1992	확장공사	공사용진입도로활용중 (경전철복선화공사)
18	광주전남	순천	남해선	압곡제2교	1993	22	1998	진출입 시설개량	활용계획 검토중
19	광주전남	순천	남해선	섬진강교	1973	42	1992	확장공사	사업계획 반영후 철거예정
20	대구경북	대구	경부선	오계2교(서울)	1969	46	2006	확장공사	자체활용중 (자재적치등유지관리공간활용)
21	대구경북	대구	경부선	오계2교(부산)	1969	46	2006	확장공사	자체활용중 (자재적치등유지관리공간활용)
22	부산경남	진주	남해선	승내천교	1989	26	1999	진출입 시설개량	지자체 도로(농로) 활용중

* 한국철도시설공단에 의하면 폐터널은 약 15개로, 12개 시설이 미활용되고 있음

- **검증된 기술의 현장 적용을 위한 제도적 지원**
  - 신기술의 공인 시험성적서 제공
  - 검증된 안전진단, 보수보강 기술의 빠른 실용화를 위한(현장 적용) 제도적 지원
  - 시방서, 설계기준 반영을 위한 data 통합관리
- **손상된 구조물 · 실험체에 대한 해체 · 철거 기술 적용**
  - 도심지, 밀집지역의 구조물 해체 · 철거를 위한 각종 기술의 실증
  - 해체 · 철거 장비의 성능 검인증
  - 해체 · 철거시 발생 가능한 소음, 분진(비산먼지 등) 등에 대한 환경 문제 실증
  - 실험체 재료별 적용 가능한 해체 · 철거 기술 검증



[그림 4-154] 해체철거 기술의 적용 개념



4. 기대효과

4.1 기술적 효과

- SOC안전진단부터 유지보수, 성능평가 기술까지 시설물의 종합적 평가가 가능한 실증시설로 국토교통 연구자들이 시간, 예산의 한계에 부딪치지 않고 빠른 실용화 지원 가능
- 안전진단, 보수보강 기술에 대한 부재, 요소기술의 실증에서 종합실증이 가능해짐에 따라 기술의 안전성, 신뢰성 확보 가능
  - 보수보강후 성능향상 정도에 대한 장기간 모니터링 가능
- 안전진단 기술 · 장비 등의 체계적 검인증 · 실증을 통해 신뢰성 향상하고 정확한 안전수준 확보 가능

As-is	To-be
· 진단기술의 실증 시설 전무	· 세계 최고수준의 실증시설 보유
· 기술개발자(산학연)가 스스로 기술 검증	· 공신력있는 국가차원의 검인증을 통한 기술의 신뢰성 확보
· 외산장비에 의존	· 국산장비 개발 활성화 및 수입대체
· 소수의 안전진단 및 유지관리업체 시장 독점, 경험치 공유 불가로 인한 격차 심화	· 교육 및 정보 공유를 통한 민간업체간 기술 격차 해소 및 진단결과 신뢰도 개선

4.2 정책적 효과

- 공공복리 증진, 사회문제 해결을 위한 기술을 추구하는 국가 R&D 및 국토교통 정책에 대응하여 실험연구 지원이 가능
- 연구자들에게 연구 Test-bed를 제공함으로써 실증시설 · 장비는 기존의 분산된 실험시설과 연계 · 활용하도록 하여 산학연 기술적 협업이 가능
- 실험이 종료된 실험체를 폐기물처리 하지 않고 집적하여 타기술 적용 · 연계를 하거나, 교육용으로 활용함으로써 경제적 효과 발생
- 안전 · 유지관리 기술 확보를 통해 국가 SOC시설물에 대한 구조물 및 부재의 장수명화 실현으로 구조물 유지관리 비용 절감 가능
  - 장수명화에 따른 보수보강, 유지관리, 교체 작업의 최소화로 사회간접비용 절감 가능

제 6 절 신기술 시험시공 및 R&D 테스트베드 현장 제공

1. 개 요

1.1 정의 및 목적

■ (정의) 건설·교통신기술의 현장 시험시공 및 국토교통 R&D 성과의 현장 Test-bed 구축을 위한 다양한 조건의 부지·환경 제공

* (신기술 지정제도) 건설교통분야 민간의 자율적 기술개발을 촉진하여 국가 기술경쟁력 향상에 기여하기 위하여 도입된 기술인증제도(건설신기술: '89년, 교통신기술: '10년)
* (R&D 테스트베드) 국가 R&D 최종성과로서 사업화 前단계에서 기술성(안전·운영효율 등), 시공성 및 경제성 등을 종합적으로 검증하기 위해 구축되는 시험환경

신기술과 특허의 주요 차이점
· (신기술) 현장보급을 주목적으로 기술신규성·경제성·현장적용성 평가가 필요하기 때문에 현장시험시공이 반드시 있어야 하며 인증제도의 성격이 강함
· (특허) 발명을 보호·장려하여 기술발전과 산업발전을 촉진하기 위한 목적으로, 발명자에게 독점·배타적인 재산권을 부여하여 보호하는 설권제도(이용가능성·신규성·진보성 평가)

■ (목적) 국가가 공공기술의 실증을 위한 현장 환경을 제공함으로써 중소기업들이 신기술 지정을 받는 과정에서 시험시공을 위한 현장 확보를 못해 사업화가 지연되거나 사장되는 애로사항을 해결하고, 나아가 R&D 연구자들이 실증 Test-bed 현장 확보를 걱정하지 않고 연구개발에 몰입할 수 있는 실증 연구환경 조성



[그림 4-155] 신기술 시험 시공 및 R&D 성과 테스트베드 지원 개념〉

1.2 배경 및 필요성

1.2.1 실증(demonstration)

(출처 : 정부 연구성과 실증사업의 유형과 추진전략(2017, 과학기술정책연구원)

- NASA에서는 기술실증과업(TDM, Technology Demonstration Missions)*을 통해 기술 공백(technology gap)을 채우는 개념

  * NASA의 Space Technology Mission Directorate(STMD)에서 수행하는 프로그램 중 하나

  – TDM 프로그램은 과학적 · 공학적 도전(challenge)과 그것을 극복하는데 필요로 하는 기술 혁신(technology innovation) 간의 공백을 메우는 것을 주요 임무로 삼고 있으며, 이를 통해 기술적 리스크를 감소시킴과 동시에 NASA 프로젝트와 과업의 비용 효율성을 달성하는데 목적이 있음

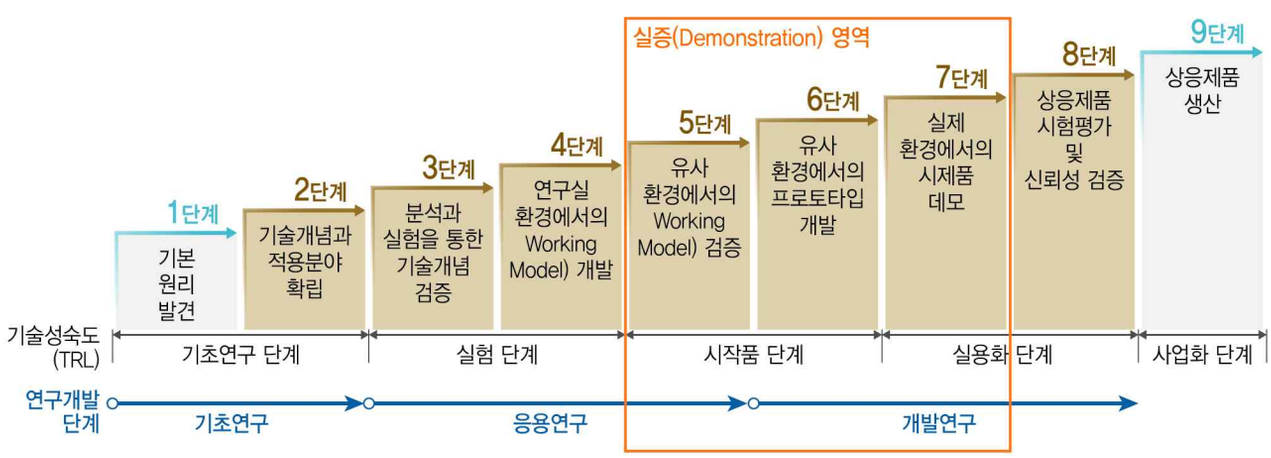
  – 한국의 법령에서는 '실증'을 명확하게 정의한 것은 없지만, 「산업기술혁신 촉진법 시행령」에서 신기술 인증을 받기 위한 방법 중 하나로서 '실증화시험'을 통해 개발 완료한 기술을 대상으로 하고 있음

> 「산업기술혁신 촉진법 시행령」 제18조의2(신기술 인증의 기준 및 대상)
> ② 1. 이론으로 정립된 기술을 시작품 등으로 제작하여 시험 또는 운영(이하 "실증화시험"이라 한다)함으로써 정량적 평가지표를 확보한 개발완료기술로서 향후 2년 이내에 상용화가 가능한 기술

- 실증은 연구개발단계 관점에서 응용 · 개발단계의 일부분에 해당한다고 볼 수 있으며, 기술성숙도(TRL) 관점에서 5~7단계에 해당

  * 연구개발단계 및 기술성숙도 관점에서의 실증 영역은 기술분야 등에 따라 차이가 있을 수 있음

  – 응용단계는 기초연구의 결과에 기반한 실용적인 목표 하에서 새로운 지식을 얻기 위한 단계이고, 개발단계는 기초 · 응용연구를 통해 얻어진 지식을 활용하여 신기술 제품을 생산 · 판매하거나 이미 개발된 기술 · 제품을 실질적으로 개선하기 위한 단계



[그림 4-156] 기술성숙도(TRL) 및 연구개발단계에서의 실증영역〉

- 기술사업화 관점에서 실증이란 R&D 과정을 통해 개발된 시제품이 상용화되기 이전에 안정성, 내구성 등 사용 가능성을 입증하기 위한 추가적인 확인 단계

  – 기술사업화는 "보유기술의 잠재적 가치 실현을 위해 기술을 이전하거나 생산과정에 적용함으로써 제품 및 서비스를 생산 · 판매하는 절차"로 정의하고 있음

  출처 : 기술사업화 촉진을 위한 기술시장 메커니즘 활성화 방안 (과학기술정책연구원, 2009)

  * 「기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률」에서는 기술을 이용하여 제품을 개발 · 생산 · 판매하거나 관련 기술을 향상시키는 것으로 정의

* 개발된 기술의 확산 및 성과활용을 통해 경제적 부가가치가 창출되거나 손익분기점을 넘어설 경우 기술사업화가 성공했다고 할 수 있음(이길우 외, 2013)

– 기술사업화는 착상–보육–시연–촉진–지속의 5단계로 구성

출처 : Jolly, V.K.(1997), Commercializing New Technologies, Boston: Harvard Business School Press.

① 착상(imaging) : 개발된 기술의 성과를 시장기회와 접목시키는 단계로서 개발된 기술 가운데 극히 일부분의 기술만이 시장의 관심을 얻어 사업화에 착수

② 보육(incubating) : 기술측면과 시장수요 측면에서의 사업화 가능성을 구체화 하는 단계, 기술적인 불완전성 및 시장의 불확실성으로 인하여 이해관계자를 설득하는 데에는 많은 어려움이 존재

③ 실증(demonstration) : 개발된 기술을 판매가능한 제품으로 구현하는 단계, 기술적 안정성뿐만 아니라 시장 수요 부합성 또한 입증해야 함

④ 촉진(promoting) : 시장에 진입한 신제품의 시장수용성을 높이는 단계, 고객마케팅 및 사회 · 경제적인 인프라 조성과정을 포함

⑤ 지속(sustaining) : 신기술제품에서 발생하는 가치의 일부분을 전유하는 단계, 기술이나 제품의 진부화 및 신규 진입자가 위협요소가 됨

따라서 실증은 연구개발을 통해 창출된 신기술이 기술사업화로 연결될 수 있도록 하는 역할이라 할 수 있음

국토교통분야에서의 실증(demonstration)은 다양한 환경조건에서의 성능, 안전성, 경제성, 현장적용 및 지속성이 요구되는 필수 요소

– 국토교통분야의 산업은 '정부발주–민간수주' 산업으로 공공 · 공익적 성격이 강하고, 국민의 삶 및 다양한 산업 발전에 필수적인 생활 · 기반 인프라

1.2.2 국토교통분야 실증인프라 현황

국토교통기술은 국민을 수혜자로 하는 공공 · 인프라 기술로서 안전성 · 경제성 확보가 매우 중요

– 국토교통 R&D는 다양한 기술이 융복합된 시스템 R&D로 현장중심의 실증을 포함하는 전주기적 연구가 대다수

* 일반 학술적 연구와 달리, 실용화 위주의 전주기적 종합연구로 기술개발 기간이 길고 대단위 연구단·사업단 과제 비중이 큼

* 사업단/연구단 과제의 규모(비중) : '14년 3,937억원 (67.0%) → '15년 4,203억원(69.6%) → '16년 4,163억원 (72.7%)

* (예) 초장대교량 기술개발 : 최적 기술개발을 위해 설계, 재료(강재 · 콘크리트 · 포장 등), 시공기술 및 안전 · 유지 관리 기술이 융복합된 시스템 기술로서 전주기적 연구의 종합체

– 또한 '정책–R&D–사업' 연계 추진이 많으며 사업화를 통한 정책실현을 목표로 다양한 환경조건에서의 실증을 통해 시공성, 안전성 및 경제성 검증을 요구

* (예) 도로교통분야 : 스마트하이웨이 사업단('07~'13년, 총 1,046억원) 착수 → ITS 중장기 로드맵 수립('11년) → 개발기술의 종합실증을 위한 '실증도로 T/B 구축'('11 ~ '13년, 중부내륙선 여주시험도로, 60억원) 및 '시범도로 적용 · 운영'('13~'14년, 경부선 서울TG–수원IC, 18억원) → 실제 대전–세종간 고속도로에 'C-ITS 시범사업 추진'('14~'16년, 180억원)

[표 4-97] 국토교통 R&D 특성

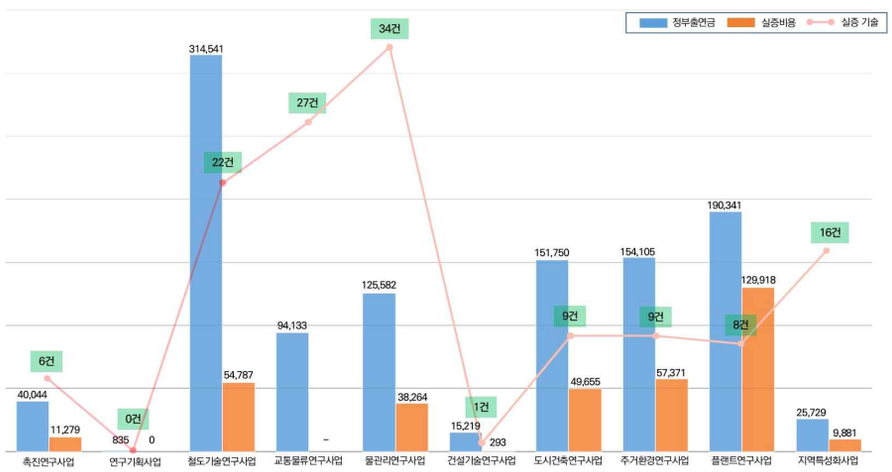
구분	국토교통부	산업통사자원부	미래창조과학부
목 적	인프라 안전 · 편의 증진 건설 · 운영비용 저감	산업경쟁력 확보 기업 지원	연구역량 제고 원천기술 확보
수 요 자	정부 · 공공기관 · 국민	기업체	대학 · 연구소
성 격	시스템 R&D	제품개발 R&D	지식창출 R&D
수행주체	공공기관 위주	기업 위주	대학 · 연구소 위주

○ 국토교통 R&D 특성상 연구단 · 사업단 과제들은 최종 실용화를 목표로 추진되기 때문에 연구기간 후반에 개발된 기술들은 종합적으로 실험 · 검증할 수 있는 실증 Test-bed 적용이 필수적으로 요구됨

– '07~'22년까지 종료 · 진행 연구과제 581개(사업단 3, 연구단 119, 일반 459) 대상으로 실증 적용 계획을 조사한 결과 총 132건(22.7%, 과제내 다수 적용)이 포함됨

* 정부출연금(총 1,623,818백만원): (사업단) 269,847백만원, (연구단) 932,976백만원, (일반과제) 420,995백만원

* 실증비용(총 352,903백만원, 21.7%): (사업단) 30,553백만원, (연구단) 252,583백만원, (일반과제) 29,767백만원



[그림 4-157] 국토교통 R&D 사업별 정부출연금 대비 실증적용 현황

– 132건 과제중 7건은 실증현장 및 부지 미확보 상태

[표 4-98] 실증현장 및 부지 미확보 R&D 사례

과제규모	총괄 과제명 (실증기술)	정부출연금 (백만원)
연구단	철도차량 일탈방호를 위한 시설 개발 및 성능기준 연구 (철도차량 일탈방지를 위한 시설물 성능시험)	950
연구단	중형저상버스 표준모델 개발 (중형저상버스 운영기술)	13,000
일 반	도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로작업자 위험도 경감기술 개발 (중형저상버스 운영기술)	3,583
연구단	저비용 고효율의 노후 공동주택 수직증축 리모델링 기술개발 및 실증 (수직증축 리모델링 기술 검증)	19,200
연구단	AAL기반의 스마트 공동주택 헬스케어 기술 및 실증모델 개발 (지역시설과 연계한 AAL기반 헬스케어 서비스 및 플랫폼 검증)	18,950
연구단	주거복지 구현을 위한 생활밀착형 공동주택 성능 향상 기술개발 (층간소, 실내공기질, 결로, 주하구조물 누수 및 모니터링)	20,633
연구단	모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발 (중고층모듈러 건축기술 검증)	21,830

○ 국토교통 R&D 성과 장애요인으로 시험검증 현장확보 미흡 및 비용에 대한 애로사항이 가장 큼

* '12~'16년 종료과제 중 실용화 대상 기술개발 연구과제 17개를 대상으로 조사결과 부지확보 어려움과 지자체 · 정부 협조가 매우 미흡



[그림 4-158] 국토교통 R&D 성과활용 장애요인, ※출처 : KAIA

[표 4-99] 국토교통 R&D 애로사항 조사 예 1

순번	과제명	실증실험, T/B구축 수행 애로사항		기타사항	비고
		수행 중	완료후(운영 · 관리)		
1	한옥마을 및 신한옥형 공공건축물 최적화 모델 개발 및 구축	부지확보어려움	부지확보 어려움, 지자체 마찰	지자체 소유, 연구 불연속성, T/B의 가변성 부족	지자체매칭 Living Lab. 개념으로 연구개발 지속활용 불가
2	저탄소 녹색공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발	부지확보 어려움 정부관심 부족 연구기간 부족	T/B 방치, 가변성 없음 모니터링, 운영 · 관리 불가 정부관심 부족	정부지원 필요 실증, T/B 중요성 인식	Test-bed 구축 및 실증을 통해 사업화까지 완료 (김포공항 등에 기술 적용)
3	첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구	예산 부족	정부관심 부족 타연구 적용 가능(홍보의 어려움으로 쉽지 않음)	실증, T/B 중요성 인식	타연구 적용이 가능하나 홍보가 미흡 (공공기술에 대한 실증 중요성 강조)
4	탄소중립형 도로 기술 개발			실증, T/B 중요성 인식	3차년도 중도 종료로 4~5차년도 계획한 실증 미수행
5	무동력 회전장치를 이용한 환적시스템 개발	부지확보 어려움 정부관심, 연구기간 부족 (부지확보, 예산조정 어려움)	T/B 해체 불가피, 정부 협의 불가	실증, T/B 중요성 인식	단독활용
6	해수담수화 플랜트사업단	-	민원발생으로 가동 중단	실증, T/B 중요성 인식	신소재 기반 관련 기술의 사업성은 매우 높으나 현장 적용하기에는 실증화기반 기술이 미흡함



○ 실증 및 Test-bed 구축은 국토교통 R&D 성과의 실용화를 위한 중요한 수단(연구개발 하부구조)

– 개발 기술의 성능 · 안전성 검인증 미흡으로 실용화 지연

* 바이모달 트램의 현장시험 및 검증으로 시범운행 활성화

– ('03.06-'14.03) 신에너지 바이모달 수송시스템 개발

– ('12-'13.03) 세종시 시범운행 → 고가, 잦은 고장 등 안전성 검증 미흡으로 세종시 BRT 차량에서 제외

– ('15.08-'16.01) 바이모달 트램 안전인증시험 : 자동차안전연구원 현장시험 및 실증 수행(11개 항목)

– ('15.08) 인천 청라국제도시 시범운행(2주 운행, 1회 정지 등 일부 문제점 발생), ('16.03-) 세종시 시범운행중

– 과제 종료후, 운영 · 관리 미흡으로 실증시설 · 장비 및 Test-bed의 사장화, 방치

*「 무동력 회전장치를 이용한 환적시스템 개발('11-'14, 총 8.7억원)」

– 모의실험(유사환경) 실증 수행 → Test-bed 구축

– 유지보수 및 운영관리 비용 조달의 어려움 → 단독활용 및 유휴(6개월 이상 가동이 중지된 장비) 상태

[표 4-100] 국토교통 R&D 애로사항 조사 예 2

과제명	실증/Test-bed 여부 및 애로사항	이슈사항
초장대 사업단	통합 Test-bed 미구축 연구기간 부족	요소기술별 Test-bed 가능, 시스템의 검인증 및 통합 Test-bed 미흡 및 기간 부족으로 사업종료 후, Test-bed/통합시범교량(고덕대로) 구축 진행 중
도시형자기부상열차 실용화사업단	Test-bed 구축(기계연구원) 시험노선 구축(인천국제공항)	Test-bed를 통한 현장 실증 및 검증으로 안전성 확보 → 개통 성공 향후 충분한 시간을 통한 Test-bed 검인증 수행 필요(유지관리 기술 검증)
스마트하이웨이 사업단	Test-bed 현장 실증	상용화 가능성 판단 가능 및 상용화 시 고려해야할 현장 조건, 환경 적용성 검증
도시재생사업단	Test-bed 구축 (창원, 전주) (Living Lab형 T/B)	기술검증 및 레퍼런스 확보로 도시재생프로젝트의 성공적 추진에 기여 사업단 종료 후 현장실증의 데이터 수집, 분석 등 성과 추적 필요
(일반과제) 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법	현장실험 1회 수행 현장시험을 위한 기관 승인 취득 곤란	현장시험 불가능할 경우에 대한 검인증 어려움 현장시험 장소 확보 어려움 검인증 기간 부족으로 인한 신뢰성 · 안전성 미확보

○ 국토교통부는 국민들이 체감할 수 있는 실용화 성과 창출을 목표로 ICT기반 융복합 기술의 실용화 · 사업화를 효과적으로 지원하기 위해 성능 및 안전성 검인증과 실증연구에 대한 관심이 고조되고 있으나, 신기술 개발 및 기술 실용화를 성공적으로 완수할 수 있도록 효과적 지원하여 기술경쟁력 확보의 발판을 만들어 줄 수 있는 실증 실험환경기반의 실용화 지원체계가 부족함이 지적되고 있음

– 2000년에 국토교통분야 기술개발기반 마련을 위해 분산공유형 건설연구인프라구축사업('04~'09년)을 통해 전국에 6종 대형실험시설이 구축되어 있으나, 국토교통기술의 실증실험체계 및 제도, 실험절차 및 방법, 실증실험의 인증, 실증실험성과 확산을 위한 지원체계, 실증실험 전문인력 양성 등 실증실험을 기반으로 한 실용화 지원 체계가 부족한 실정

1.2.3 신기술 인증 현황 및 문제점

◎ '건설신기술 지정제도'는 '89년부터 운영되고, '10년도에는 교통신기술로 확대되어 운영되고 있으며 정부는 이들 신기술 개발을 장려하기 위해 다양한 혜택*을 제공

* 기술사용료 지급, 우수기술 우선반영 의무화, 고의·중대 과실외 면책, 수의계약, 입찰 가점 등 부여

– 건설신기술은 특허 등과 달리 기술적 우수성과 시공성 및 경제성을 평가하기 때문에 현장실사가 필수로 포함되며 2단계 평가로 진행

* 평가 절차 : 관계기관 의견조회 → 1차 심사(신규성, 진보성, 시장성) → 현장실사 → 2차 심사(현장적용성, 구조안전성, 보급성, 경제성) → 의결

건설기술진흥법	국가통합교통체계효율화법
제14조(신기술의 지정·활용 등) 국토교통부장관은 국내에서 최초로 특정 건설기술을 개발하거나 기존 건설기술을 개량한 자의 신청을 받아 그 기술을 평가하여 신규성·진보성 및 현장 적용성이 있을 경우 그 기술을 새로운 건설기술(이하 "신기술"이라 한다)로 지정·고시할 수 있다.	제102조(교통신기술의 지정·보호 등) 국토교통부장관은 국내에서 최초로 개발한 교통기술 또는 외국에서 도입하여 소화·개량한 기술이 국내에서 신규성·진보성 등이 있다고 판단되고 그 기술을 국가교통체계에 보급·활용할 필요가 있다고 인정되는 경우로서 그 기술을 개발한 자(이하 "기술개발자"라 한다)가 요청하는 경우에는 그 기술을 새로운 교통기술(이하 "교통신기술"이라 한다)로 지정할 수 있다. 다만, 다른 법령에 따라 신기술로 지정된 경우에는 해당 법령에서 정하는 바에 따른다.

◎ 신기술 인증제도는 국내 건설기술 수준 향상 유도를 위한 정부의 적극적 정책수단으로서, 민간의 기술개발 유도로 건설기술에 대한 인식제고와 기술경쟁력 향상에 매우 중요

– 기존 기술대비 공사비 절감, 공사기간 단축으로 정부예산 절감에 기여

– 신기술의 현장 활용률은 91%(특허: 3~6%)로 기술 사장 방지 및 기술개발 동기부여 효과

– 신기술 개발자의 80%가 중소기업으로 범국가적 산업육성을 위한 토대임

– 이들 신기술 지정제도는 건설기술 발전에 크게 기여

* 제도 도입당시 국내 건설기술 수준은 선진국대비 67%에 불과하였으나, '15년 기준 90% 수준으로 향상

* 건설신기술은 공기단축 45%, 시공성 46%, 품질 44%, 안전성 42% 향상

* '89~'15년까지 건설신기술 활용 국가예산 절감액은 약 3조 4,200억원으로 추정(출처: 건설신기술 파급효과 분석 연구, '16.4월, 한국건설기술연구원)

◎ 건설신기술은 '89~'16년까지 총 807건이 지정되어 신청건수 1,771건 대비 45.6%이며, '16년 9월 기준 신기술 지정 유지건수는 224건

출처 : 한국건설교통신기술협회

* 분야별로는 토목 574건, 건축 201건, 기계설비 32건

* 신기술 주체별로는 중소기업 단독 430건, 중소기업 공동 216건, 대기업 69건, 개인 40건, 기타(공공기관 및 학교 등) 52건 순

* 2015년까지 활용실적은 총 건수 44,231건이며 공사비 규모로는 9조 184억원

– 교통신기술은 '10~'15년까지 총 신청건수 51건 중 26건이 지정(51%)되었으며, '15년도에는 1건 수준

* 분야별로는 교통시설 15건, 교통수단 6건, 운영 및 관리 5건 순

* 주체별로는 중소기업 단독 13건, 중소기업 공동 6건, 대기업 3건, 기타 3건 순

* 활용실적은 '10~'14년 기준 총 6조 8,900억원

– 이들 신기술 지정제도는 건설기술 발전에 크게 기여

* 제도 도입당시 국내 건설기술 수준은 선진국대비 67%에 불과하였으나, '15년 기준 90% 수준으로 향상



* 건설신기술은 공사기간 단축 45%, 시공성 46%, 품질 44%, 안전성 42% 향상
* '89~'15년까지 건설신기술 활용 국가예산 절감액은 약 3조 4,200억원으로 추정

출처 : 건설신기술 파급효과 분석 연구 (한국건설기술연구원, 2016

(문제점 및 애로사항)

– (신기술 활용 미흡) 현장적용 등으로 충분히 입증되지 않으면 신기술·신공법 사용을 꺼리는 경향이 있어 R&D 또는 신기술로 개발된 기술·공법이 사장(死藏)되지 않고 현장적용 등 실용화가 촉진 되도록 유도 필요성 제시

출처 : 제5차 건설기술진흥기본계획(13~17), 국토

* R&D 성과의 신기술 지정 건수 : '89~'12.6까지 총 28건
* 신기술 활용실적('11말 기준):기업이 보유한 신기술 202건 中131건(65%)

[표 4-101] 건설신기술 적용기피 이유 비교

발주자		설계자		시공자	
기피이유	분포	기피이유	분포	기피이유	분포
현장적용 효과에 대한 검증 부족	39%	설계 기능의 한계와 책임문제	41%	기술적 대외 경쟁력 향상 효과 불투명	35%
특정기업 특혜로 인식 우려	35%	신기술 적용 효과 불확실	25%	사용결과에 대한 정보부족으로 적용의 확신 부족	34%
신기술 적용 실패에 대한 책임	19%	설계기간 부족으로 적정 신기술 검토 미흡	16%	공사비, 기간 등 리스크 가중	27%
적용시 비용산출 기준 미흡	6%	신기술 품셈, 설계기준 등 미흡	14%	기타	4%
기타	1%	기타	4%		

※출처 : 이상근, 서울시 건설신기술 시장 활성화를 위한 제도개선 사례, 2008

– 건설신기술을 지정받기 위해서는 현장실사가 포함되어 있어, 설계 반영 후 시공현장 적용까지 통항 2~5년이 소요되어 시공현장을 쉽게 마련하지 못할 경우 기술개발 이후 너무 오랜 시간 소요로 기술이 사장되거나 심지어 업체가 도산하는 문제도 발생

* 건설신기술의 평균 연구기간은 약 2.7년, 기술개발 투자 비용은 6.2억원(건설신기술 파급효과 분석 연구, '16.4월, 건설기술연구원)

– 일반 R&D에 비해 신기술 개발 R&D는 시공실적을 포함한 현장시험 횟수가 상대적으로 많아 투자기간 및 소요비용이 크게 증가함에 따라, 현장 확보가 어려운 중소기업 등은 상대적으로 개발기술의 현장 시험시공의 어려움을 호소

* 발주기관(정부,지자체)은 위험부담 문제로 안전성 · 신뢰성 확보를 위한 현장시험 검증을 요구(신기술: 현장시험시공 필수)

– 또한 기술심사 과정에서 시험항목 누락 및 부적정 시험기관 등으로 시험성적서가 불인정되거나, 발주기관의 재실험 요구로 검인증 예산 및 소요기간이 과다해지는 문제점 등 발생

– 설계부터 시공까지 비교적 장기간 소요(설계반영 후 시공까지 통상 2~5년 소요)되는 건설공사의 특성상 개발자들은 부득이하게 특허로 영업활동 하는 실정

– (신기술 현장 활용 문제점) '건설교통R&D 성과현장 활용성 제고방안'에 따르면, 현장 활용 문제점으로 신기술에 대한 신뢰성, 주체별 분쟁(민원) 발생 우려, 신기술에 대한 이해 부족 및 제도적 지원 부족 순으로 나타남

– (신기술 활용 개선요구사항) 신기술 활성화를 위한 개선 사항으로는 기술적 신뢰성 및 검증절차, 입찰 및 발주제도, 인센티브, 홍보강화 순으로 나타남

– 건설신기술 개발자의 80%가 중소기업으로 많은 비용과 오랜 연구기간을 거쳐 신기술을 지정 받아도 마케팅 능력 및 자금 부족으로 홍보활동 곤란

* 건설신기술을 지정받은 개발자는 2.7년의 연구기간과 6.2억 원의 개발비용을 투자하나 신기술을 지정 받아도 마케팅 능력 및 자금 부족으로 홍보 곤란

○ 신기술인증센터(국토교통과학기술진흥원)에서는 건설·교통신기술 촉진을 위해 다양한 제도적 개선* 노력을 추진하고는 있으나, 기업의 근본적 애로사항 해결에는 한계가 있음

* 신청자격의 완화 및 폭 확대, 심사절차 개선을 통한 신청수수료 및 심사부담 경감, 심사기준개선, 사전질의제도입, 실효성 있는 신기술 보호기간 부여, R&D연계 강화, 신기술 시험컨설팅 위원회 운영, 현장견학 추진, 교통신기술 페이스북 개설

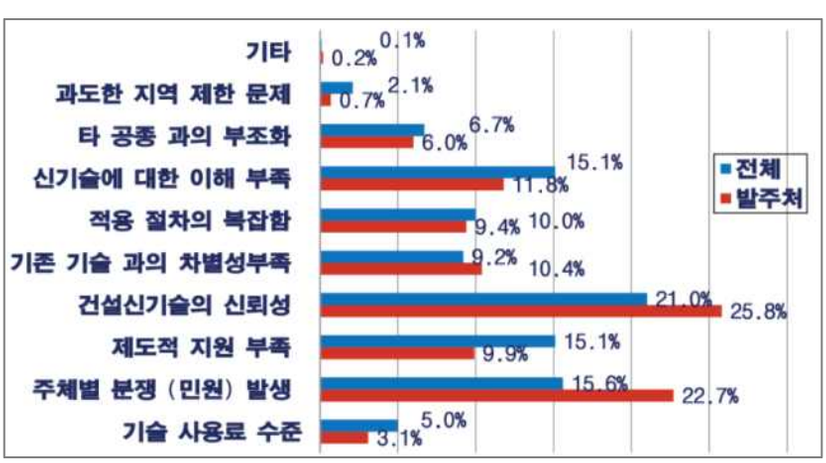
* 신기술 시험컨설팅 위원회 : 신청인이 신기술을 개발하고도 신뢰성 검증에 필요한 시험항목 및 시험수행 가능기관 선정 등에 어려움을 겪고 있는 사람에게 이를 해소하기 위한 방안으로, KOLAS 등록기관 및 품질검사 전문기관 위주로 위원회를 구성하여 신청 신기술의 궁금한 시험사항 및 시험 수행 가능기관 등을 신청인에게 컨설팅 제공

[표 4-102] 건설신기술 신뢰성 저해 요인(좌)건설신기술 활성화를 위한 개선 사항(우)

구 분	비율
신기술 지정 및 평가결과에 대한 신뢰 부족	21.74
신기술 정보 및 홍보 부족으로 인식 부족	31.89
신기술 적용 실패에 대한 책임	10.56
신기술 현장 적용 효과의 충분한 검증 부족	27.33
기타	2.48
합계	100.00

구 분	비율
기술적 신뢰성 및 검증절차	14.70
입찰 및 발주제도	34.82
기술사용료	9.90
홍보강화	13.42
인센티브	14.06
기타	13.20
합계	100.00

※출처: 신기술 파급효과 분석 및 정보마당 시스템 개선('14.10)



[그림 4-159] 신기술 활용 문제점

※출처: 건설교통R&D 성과현장 활용성 제고방안

1.2.4 국토교통분야 실증 성과 분석

◎ 건설교통 R&D 혁신로드맵('06.05, 건교부) : 국토교통 분야의 가치창출을 목적으로 중점 R&D 프로젝트(Value Creator)-10 추진(출처 : 국토교통과학기술진흥원, '16년)

* (VC10 사업) '06~'16년까지 총 1조 4,856억원 투입(정부 10,267억원(69%), 기업부담금 3,602억원(24%), 기타부담금 987억원(7%)

- VC10 사업은 Test-bed 구축 및 활용을 통한 기술적 성능 검증으로 우리나라 국토교통 기술수준 업그레이드 견인했다는 평가를 받음
  * 총 매출액은 약 9,277억원, 부가적 효과로 신규 R&D 투자 유발 효과(2,468억), 민간 R&D 투자 확대 효과(902억), 연구개발 기간단축 효과(평균 2.9년) 등
  * 일부 사업의 경우, 실증 · Test-bed 검인증 기간 부족, 정책적 규제(지자체 협의 등), 실증 Site 확보 및 현장실증의 어려움이 많음



[그림 4-160] VC10 사업 주요 성과

- 6개 사업단은 7개 통합실증, 3개 사업단은 개별 실증프로젝트를 진행
- 통합시스템형 기술개발 분야인 도시형자기부상열차, 차세대고속철도, 해수담수화플랜트 등은 통합실증프로젝트가 효과적으로 수행
- 해수담수화플랜트 실증단지(국토부 R&D, 부산시)를 기반으로 두산중공업은 사우디아라비아에서 3년 연속 해수담수화플랜트 수주
- 초장대교량사업단은 사업종료 이후 통합 실증 추진 중(고덕대교)
- ('16년 6월 기준) VC10사업을 통하여 개발된 기술의 총 매출액은 약 9,277억원
- 해수담수화플랜트사업단에서 창출된 매출액 성과가 7,978억원으로 전체 매출액의 86%를 차지 (해수담수화 시스템 설계 및 시공기술)
  * 2013년 칠레 에스콘디다 해수담수화플랜트 1억3백만달러(한화 약 1,126억원)에 수주(두산중공업)
  * 2016년 4,600억원 규모 쿠웨이트 '도하(Doha) 1단계' RO방식 해수담수화플랜트 공사 수주 (두산중공업)

[표 4-103] VC10 사업 성과

사업단	통합실증	상세 내용	개수	평가 및 의의
도시형 자기부상열차		인천공항 교통센터에서 용유동 관광단지가지 자기부상 철도 구축 (6.1km 길이)	1	· 안전성 확보 및 노선 개통에 성공에 기여
차세대 고속철도		호남 고속철도 구간에 400km/h급 선로구축(28km)	1	· 시험 운행 중 발견되는 문제점을 보완
해수담수화 플랜트		부산시 기장군에 플랜트 구축(4.5만톤 규모)	1	· 통합실증과 레퍼런스 확보를 통해 해외 프로젝트 수주에 기여
도시재생		창원(547㎢), 전주(1,739㎢)에 테스트 베드를 구축	2	· 시범사업 추진을 통하여 시민참여형 도시재생 경험과 Best Practices 확보
지능형국토 정보기술		세종시 통합테스트 베드 구축	1	· 세종시 통합 T/B에서 시험 및 시범서비스 구현(시설 해체로 사실상의 효과는 크지 않음)
항공안전기술 개발	항공인증 실증	항공안전 기술원	1	· 미국항공안전인증 기관과 4인승 항공안전 인증 전과정 공동진행으로 기술전수 받음
U-Eco City	개별실증	세종시 (72.9㎢), 인천 청라지역 (17.8㎢) 실증단지 구축	2	· 개별 기술의 검증을 위해 소규모 Test- bed 운영됨
스마트하이웨이	개별실증	서해대교(1식) 등 13곳에 실증단지 구축	약 13	· 약 13개 시범도로 등에 개별 기술의 적용을 통해 상용화 가능성을 판단
초장대교량	개별실증	이순신대교 등 19곳에서 개별 실증됨	19	· 기술사업화 완료(일부 기술에 대해 고덕대교 적용을 통한 사업화 추진)
초고층복합빌딩	-	-	n/a	· 현실적인 통합실증이 어려워 개별 실증이 추진됨(pilot)

- 사업 수행을 통한 부가적 효과는 신규 R&D 투자 유발 효과(2,468억원), 민간 R&D 투자 확대 효과(902억원), 연구개발 가속화 효과(평균 2.9년), 신규 네트워크 구축 효과(과제당 평균 2.9개) 및 연구자(36%)들의 국토교통 R&D 참여 저변 확대 효과 도출
  * (민간 기술개발 유인 효과) 민간 기술개발 유인효과에 56%가 긍정, VC10 사업이 없었다면 투자가 불가능했던 경우는 39%, 이로 인한 추가 투자확대는 17%로 응답
  * (연구개발 가속화 효과) VC10 사업을 통한 실제 기술개발 기간은 4.2년으로 기간 단축은 평균 2.9년 (총 예상개발기간 7.1년의 41%)
  * (기술성숙도 향상) VC10 사업 전 기술별 TRL은 평균 2.9(기본성능검증단계)에서 사업 후 평균 7.2(시제품 신뢰성 평가단계)로 증가
  * (기술경쟁력 확보) 사업 전 기술별 경쟁력은 평균 1.6 수준에서 사업 후 평균 2.9로 증가
- VC10 사업의 구조(사업단 형태, 시스템형 프로젝트)와 관련 Test-bed 활용을 기술개발 성공의 중요 요인으로 평가하였으며, 많은 연구자들이 Test-bed를 활용함으로서 기술적 성능 검증이 용이

[표 4-104] VC10사업 매출액 성과

사업단명	시장출시 / 현장적용된 기술 수	개별 사업화 건수	누적 매출액 (백만원)	매출액 비중
해 수 담 수 화	7	7	797,844	86%
스 마 트 하 이 웨 이	7	7	27,224	3%
항 공 안 전 기 술	1	1	25,000	3%
도 시 형 자 기 부 상	9	13	18,303	2%
초 장 대 교 량 사 업 단	8	22	16,286	2%
초 고 층 복 합 빌 딩	6	13	11,285	1%
지 능 형 국 토 정 보	18	46	10,921	1%
U - E c o C i t y	2	17	9,520	1%
도 시 재 생	5	7	9,260	1%
차 세 대 고 속 철 도	11	11	2,036	0%
합 계	74	144	927,679	100%



[그림 4-161] 사업단 형태로 과제수행 장점



[그림 4-162] Test-bed 활용의 장점

○ VC10사업을 통해 다수의 성과*를 확보하였으나, 연구과제 종료 후 정부차원의 지속관리 및 공동활용 등의 한계

* '10년 라스알카이르 해수담수화플랜트 17억6천만달러, '11년 얀부 2단계 해수담수화플랜트 8,000만달러, '12년 얀부 3단계 해수담수화플랜트 1조1천억원

– 연구기관 차원에서 최종 개발기술 실증을 위한 Test-bed 부지 확보에 많은 어려움 호소

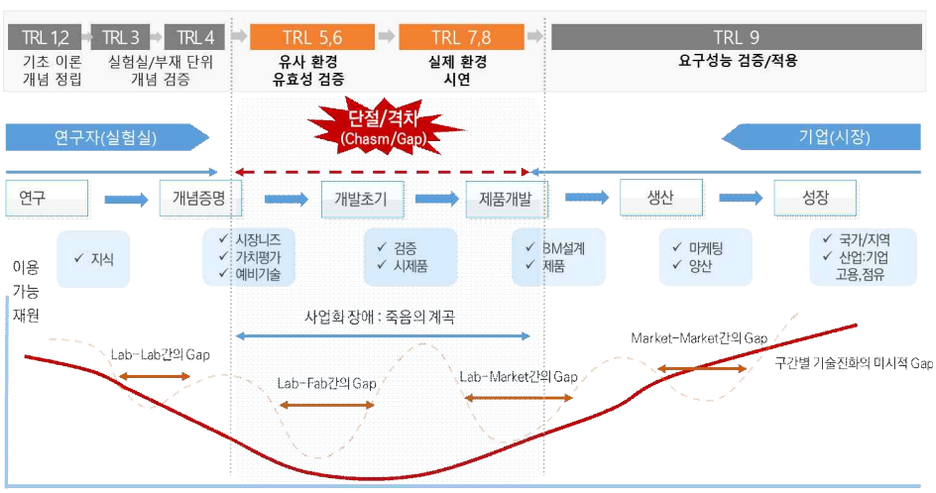
* T/B 부지를 확보하지 못해 과제기간이 연장 · 지연 사례 발생

1.2.5 실증기반 · 환경 조성의 필요성

○ 개발기술의 사업화 촉진을 위해서는 실용화 · 사업화 장애요인(Death Valley) 극복이 매우 중요하므로, 이를 해결하기 위해서는 실증 및 Test-bed 구축 · 지원을 통해 개발기술의 검 · 인증 기간 단축, 상용화 촉진 필요

– 사업화 · 실용화 성공을 위해 근본적으로 해당 기술의 성능 검 · 인증을 통한 안정성 · 성능 · 신뢰성 확보 필요

– R&D 연구자들이 개발기술의 인증을 위한 소요시간, 성능평가 비용, 시험장비 부족 등에 대한 애로사항이 많음



[그림 4-163] R&D의 TRL별 혁신활동 단계

※출처 : 과학기술정책연구원, '15년

[그림 4-164] 국토교통 R&D 기술개발 및 인증취득 과정의 애로사항

※출처 : 국토교통연구인프라운영원, '15년



○ 국토교통 R&D 연구자 및 신기술 관련 기업의 애로사항 조사 결과, 대부분이 기술실용화 촉진을 위한 실증환경 지원 요구



[그림 4-165] 국토교통 R&D 애로사항조사

○ 국토교통 R&D 사업 · 관리체계 개편(목적형 · 실용화사업 확대) → 실증T/B 집적화를 통해 투자 · 관리효율성 강화

– 연구단 · 사업단의 실증T/B 집적화로 과제 종료후 공동활용 · 재활용/기술사업화 및 해외시장진출 지원사업 등 연계활용

* 국토교통 R&D 실증규모(현장적용 · T/B) : 정부출연금(1조 1,123억원) 대비 약 31.6%(3,514억원) 수준('07~'22년 과제 기준)

1.3 시사점

○ 국토교통부는 미래사회이슈 해결 및 기술 · 환경 변화에 능동적 대처를 위해 융복합기반의 국토교통 R&D 투자를 확대하고 있어, 빠른 기술실용화를 위해서는 실증 연구환경 조성이 시급

– (미래이슈) 생산인구 감소, 도시화 가속, 삶의 질 향상, 자원고갈 및 에너지 부족, 기후변화 및 재해재난 대응, 융복합기술 가속

– (R&D투자) VC2.0, 7대 신산업, 4차 산업혁명 대응 등 정부 R&D 정책 대응 "기술–정책–시장" 연계 수용형 실증환경 필요

* (국토교통 R&D중장기 전략) 연구성과 검증에 대한 객관성 확보 국제적 수준의 국가 실험인프라 적기 구축 운영의 중요성 강조

* '17년 국토교통 R&D 총 4,738억원 투자 : 국토기술 분야 1,887억원, 교통기술 분야 1,904억원, 기반구축 분야 947억원

* 7대 신산업 창출 866억원(50.6%↑), 4차 산업혁명 대응 991억원(32%↑), 안전기술 확보 1,088억원(13.1%↑), 기후변화 · 자원고갈 대응 426억원(12.4%↑), 해외건설시장개척 262억원(62.7% ↑)



[그림 4-166] '17년 국토교통분야 R&D 투자 동향

– 국토교통부는 4차 산업혁명 등 기술변화에 능동적으로 대응하고 체계적인 R&D수행을 위해, 10년 단위의 중장기 R&D 로드맵인 「국토교통과학기술 연구개발 종합계획」 수립에 본격 착수

- 국토교통부는 국토교통 R&D 중장기전략('14.07)을 통해 국토교통 기술을 통한 국민행복 및 글로벌 가치 창출을 위한 10대 중점 프로젝트(VC2.0사업)를 추진 중이며, 이들 사업의 성공을 위해서는 VC10 사업의 성공요인(실증 T/B 적용)을 분석하여 적극 확대할 필요가 있음

- 국가연구시설장비의 지속적 확충 대비 효율적 관리 · 활용 부족이 지적되고 있어, 범부처 차원의 연구인프라 정책 패러다임 변화에 따른 집적을 통한 공동활용 활성화 및 운영관리 효율화 도모 필요

– (투자규모) 지난 '11~'15년간 연구시설장비 투자 총 4조 6,733억원(25,454점), 국가 R&D사업 대비 연평균 6.5% 규모

* 지난 10여년('05~'15)간 총 11조 4,855억원(90,367점) 규모
* (국회) 공동활용 미흡 및 관리 허술, 동일장비 과다 지출
* (감사원) 부 · 처 및 연구기관의 과다 · 과잉 구매 및 관리 부실
* (미래부) 연구현장의 관리 소홀, 낮은 공동활용 등

– '16년 실태조사 결과 : 장비개방 및 공동활용 저조, 전체 장비 중 19.4%가 저활용 · 유휴 상태, 6.7%가 장비확인 불가

[그림 4-167] 국가연구시설중장기 발전방안 연구설문결과

– 제2차 고도화 전략 수립 : 관리 주체별 중복 · 분산된 업무추진을 통합과 전략적 역할분담을 통해 관리 · 활용 효율성 증대 추진



* 시스템 : 구축 · 관리중심 → 활용 · 공유중심 / 소유 : 사유화 → 공유화 / 운영방식 : 운영 · 관리자 → 활용 · 이용자 중심으로 전환
* "국가연구시설장비 투자효율화 및 공동활용 촉진방안"(국과심, '15.10) : 효율적 관리 및 공동활용 활성화를 위해 집적화 필요

– (국가시설장비 집적화, 미래부) 연구시설장비 공동활용 활성화 방안으로 연구장비 집적화 추진
* 공동활용 장비 집적화율 : '15년 50.4% → '16년 58.1% → '17년 62.6%(목표)

- 건설신기술 신청 시 활용실적을 공공R&D 테스트베드 및 시험실적으로 대체 인정

– R&D의 테스트베드 및 시험실적의 '활용실적 적합성'에 대해 신기술전문가가 서면으로 요건검토 실시

– 신기술 인증시 현장시험시공 의무화에 따른 중소기업의 실증환경 및 현장 확보의 어려움을 정책적으로 해결해줌으로써 신기술 개발 및 활용을 독려할 수 있는 기반마련이 시급

1.4 핵심 기능/역할

- 현장시험시공 의무화에 따른 중소기업의 실증환경 및 현장 제공
- R&D 실용화 제고 및 '기술–시장' 연계를 위한 현장실증 site 제공
- 유형별, 단계별 현장적용을 위한 검증절차 및 신뢰성 확보 방안 제시
- 건설신기술 신청 시 공공R&D 테스트베드 및 시험실적 대체 인정 방안 제시
- 신기술 우선 활용을 위한 법 · 제도 개선
- 상업용 Demo 실증지원을 통한 국제적 기술역량 · 홍보 지원
  * 해외진출을 위해서는 대규모 Commercial Demo Project 수행 경험 필수
- ICT 융합기술의 개발 및 실용화를 위한 융 · 복합 부지 지원
- 신기술 · R&D를 통해 구축 · 시공된 T/B의 유지관리 및 타기술 적용 활성화(공동활용 확대)

2. 추진 전략 및 내용

2.1 추진 전략 및 체계

2.2.1 건설교통신기술 시험시공 현장 및 R&D 성과 Test-bed 지원 방안

(신기술) 법 · 제도 개선을 통한 신기술 시험시공 인정으로 신기술 개발자의 애로사항 해결
→ 신기술 개발 및 활용 촉진
(R&D) R&D 성과 T/B를 종합실증단지에 집적화(부지 제공)하여 과제 종료 후에도 지속적인 유지관리를 통한 공동활용 활성화
→ 실증기반 조성에 따른 R&D 예산 절감, 연구몰입 환경 개선, 실증 reference 확보로 사업화 향상



[그림 4-168] 국토교통분야 신기술 및 R&D 성과 지원 전략

법 · 제도 개선

- 건설교통R&D 중 성과가 우수하나 현장 적용 실적이 없는 과제를 대상으로 현장검증 비용을 지원하고, 신기술지정을 의무화
  * R&D 개발기술 유형별, 단계별 현장적용을 위한 신뢰성확보 및 검증 절차 제시
- 건설신기술제도 상의 성공적 현장 활용 성과에 대한 확산을 위하여 정부 등 공공 주도의 베스트프랙티스를 구축
- 건설신기술 신청 시 활용실적을 공공R&D 테스트베드 및 시험실적으로 대체 인정
  * R&D의 테스트베드 및 시험실적의 '활용실적 적합성'에 대해 신기술전문가가 서면으로 요건검토 실시
- 신기술 인증시 현장시험시공 의무화에 따른 중소기업의 실증환경 및 현장 확보의 어려움을 정책적으로 해결해줌으로써 신기술 개발 및 활용을 독려할 수 있는 기반마련이 시급
- 신기술 보유 기업체의 주요 애로사항 해결

* 신기술 홍보, 발주처에 대한 현장견학을 통한 소개(발주처의 불안감 해소 대응)



기술상용화 환경 조성 및 지원

– 현장실증 Reference 확보 및 적극적 활용을 통한 기술 상용화 촉진기능 강화

* VC-10 사업은 Test-Bed 운영을 반드시 포함하도록 함으로써 연구개발 결과가 국책사업과 연계된 실제 확대적용 또는 민간/공공 기업의 사업화까지 연결될 수 있도록 하였으나, 사업 운영 과정에서 Test Bed가 기획 당시의 역할을 충실하게 수행하지 못하였던 경우 존재

– 상업용 Demo 실증지원을 통한 국제적 기술역량 입증 · 홍보 지원 필요

* 국토교통 대형 기술의 검증을 위해서는 해당 기술이 목표로 하는 규모의 실증 경험이 필요함
* 국내 건설경기의 침체와 한정된 국토 여건상 대형 기술의 국내 수요가 한정적 해외시장 진출 필수
* 해외시장 진출을 위해서는 대규모 Commercial Demo Project 수행 경험을 통해 개발 기술의 우수성을 세계적으로 입증해야 함

– 미완성 기술의 실용화를 위한 실증 지원 및 후속 R&D 기획

* VC-10 사업 성과 중 사업화 되지 못한 미활용 기술이 약 60여건 이상 존재하며 사업화 후에도 경제적 성과를 창출하지 못하고 있는 경우 존재
* 개발 기술의 적용 실적이 미흡하여 현장에 적용되지 못하는 경우, T/B 적용을 통한 시험실적 지원사업 및 사업화 연계 사업 등 추진 필요

개발기술의 신속한 상용화를 위한 실증기반의 법 · 제도 정비 마련 강화

– 대형 실용화 과제 연구성과의 국가적 차원의 활용을 위해서는 개발 기술이 쉽게 활용될 수 있도록 법적 · 제도적 기반의 개발 · 정비 병행 필요

* VC-10 사업단별 개발기술 적용을 위한 법 · 제도 연구가 세부과제 단위에서 수행되어 소기의 성과를 달성한 바 있음

– 기술 활용 및 적용 시 발생 가능한 각종 이슈해결 및 이해관계를 조정할 수 있도록 국토교통부 차원의 전담추진 조직을 구성하여 제반 R&D 사업 및 실용화 사업의 추진력 확보 필요

* 기술개발과 법 · 제도적 정비를 상시 병행할 수 있도록 중앙 부처에서 상시적 지원 체계를 마련하는 방법을 고려
* 국토교통부 R&D 성과 창출 및 활용 측면의 효율성 제고를 기대할 수 있음

2.2 세부 활용방안

분야별 활용방안 및 내용

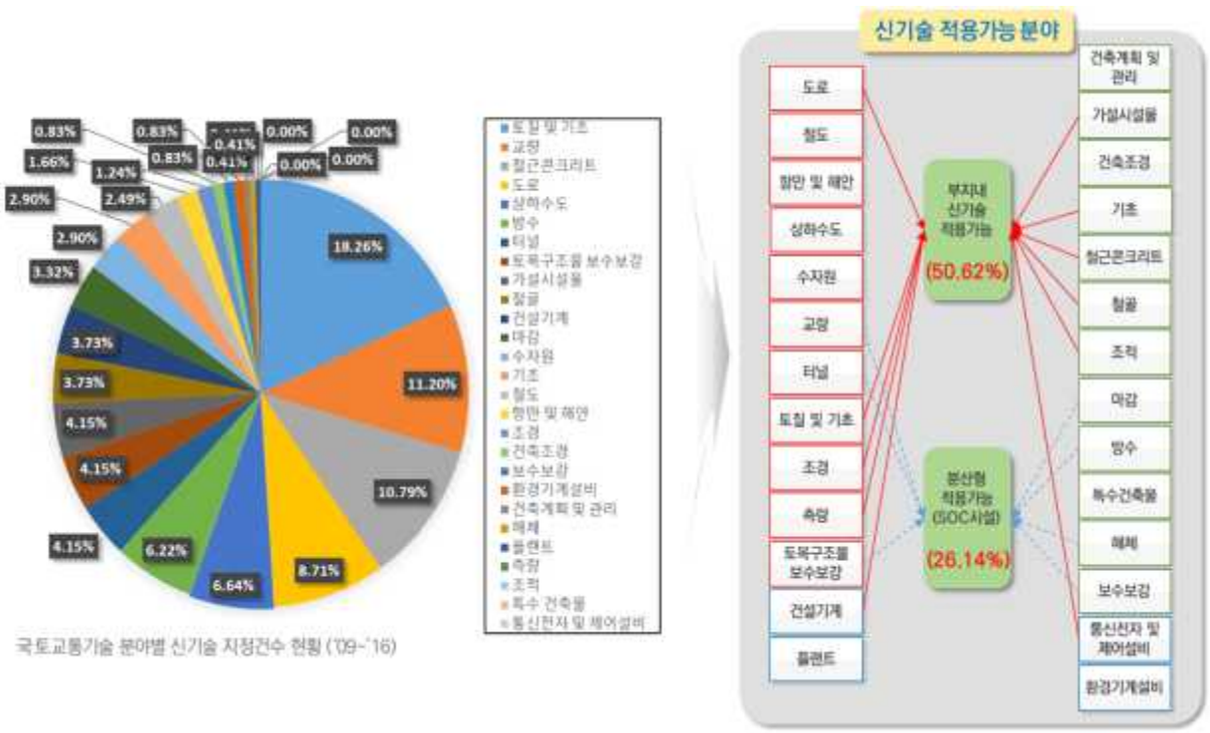
분 야	활용방안	세부 내용
신기술 실증 부지 지원	실증환경 및 현장제공	현장시험시공 의무화에 따른 중소기업의 시험시공 환경 및 부지 제공
R&D 테스트베드 현장 제공	R&D 실용화 제고	'기술–시장' 연계를 위한 현장실증 site 제공

3. 소요 예산

3.1 부 지

「신기술 시험시공 지원」 부지 산정(안)

– 신기술 지정 현황 ('09~'16) : 신청건수 487건, 지정건수 241건



[그림 4-169] 신기술 지정건수 현황 및 시험시공 부지 지원 추정

– 신기술 분야 중 50% 이상이 토질 및 기초, 상 · 하수도, 도로, 교량 분포되어 있으며 그 다음으로 철근콘크리트, 토목구조물 보수보강, 방수, 마감 등의 신기술이 비중을 차지하고 있음

– 시험시공 부지 및 환경 지원 시 적용 가능한 분야는 11개 분야로 그 비율은 50.6% 정도로 나타남

– 건설 신기술 성능 평가는 공사 현장과 유사한 상황에서 이루어져야하기 때문에 일정 규모 이상의 공간이나 시설이 필요함.

– 이러한 문제를 해결하기 위하여 캐나다에서는 분야별로 성능 시험을 전문적으로 수행하거나 혹은 지원할 수 있는 기관을 '기술촉진기관(technology incubator)'이라고 지정

* 기술촉진기관 : National Research Council Canada(NRC) : 산업기술혁신을 지원하는 캐나다 정부 최고의 연구기관

· 신기술 성능 시험 장소를 공동활용

· 신기술 성능 시험 결과의 제공

· 성공적 사례의 제공 등

– '건설기술촉진기관'은 대학, 중앙정부지원 촉탁기관, 지방 정부 지원 촉탁기관, 민간기관 등의 4가지 유형으로 형성되어 있으며, 성능 시험에 필요한 기본 시설이나 장비 설치를 위한 최소한의 토지 면적을 2,754㎡으로 산정



고정값
- A 단위당 필요부지 면적 : 2,800m²
- B 연평균 신기술 신청 건수 : 60건
- C 부지내 신기술 적용가능 비율 : 50.6%
- D T/B 운영기간 : 10년

변동값
- a 신기술 실증기간 : 1년(가정), 5년(보호기간)
- b T/B 사용 종료 후 철거율 : 0~100%

– 단위 신기술 시험시공을 위한 필요부지 면적은 2800㎡, 연평균('09~'16) 신기술 신청건수는 60건, 부지내 신기술 적용 가능 비율은 50.6%로 가정하여 전체 신기술 시험시공 부지 면적 산정

❖ 산정식 → $\{A \times B \times C \times a\} + [\{A \times B \times C \times a \times (1-b)\} \times \{(D-a)/a\}]$

(신기술기간 내 필요한 부지면적 / 신기술 기간 기준으로 철거율을 고려한 추가 부지면적 / 신기술 부지 운영기간 기준 가중치)

1(안) 신기술 실증기간 1년(가정)을 적용한 철거율별 필요 부지면적 산정
* 철거되지 않은 신기술은 10년간 운영

1. 철거율 100%	2. 철거율 75%
85,000 m² (약 2.6만평)	276,000 m² (약 8.3만평)
3. 철거율 50%	**4. 철거율 30%**
468,000 m² (약 14만평)	621,000 m² (약 19만평)

2(안) 신기술 보호기간 5년을 적용한 철거율별 필요 부지면적 산정
* 철거되지 않은 신기술은 10년간 운영

1. 철거율 100%	2. 철거율 75%
425,000 m² (약 13만평)	532,000 m² (약 16만평)
3. 철거율 50%	**4. 철거율 30%**
638,000 m² (약 19만평)	723,000 m² (약 22만평)

– (가정) 부지 제공에 의한 신기술 실증기간을 1년

* 실증기간 이후 지속적으로 필요하다고 판단되는 장비 및 시설에 대해서는 철거 · 해체하지 않고 10년간 공동활용 및 홍보용으로 유지

① 실증기간 이후 장비나 시설이 모두 철거 및 해체 될 경우: 85,000㎡ 부지필요

② 실증기간 이후 75%를 철거: 276,000㎡ 부지필요

③ 실증기간 이후 50%를 철거: 468,000㎡ 부지필요

④ 실증기간 이후 30%를 철거: 621,000㎡ 부지필요

– (가정) 신기술 보호기간 5년동안 장비 및 시설을 유지

* 실증기간 이후 지속적으로 필요하다고 판단되는 장비 및 시설에 대해서는 철거 · 해체하지 않고 10년간 공동활용 및 홍보용으로 유지

① 실증기간 이후 장비나 시설이 모두 철거 및 해체 될 경우: 425,000㎡ 부지필요

② 실증기간 이후 75%를 철거: 532,000㎡ 부지필요

③ 실증기간 이후 50%를 철거: 638,000㎡ 부지필요

④ 실증기간 이후 30%를 철거: 723,000㎡ 부지필요



고정값
- A 단위당 필요부지 면적 : 2800m²
- B ('09~'16)년평균 신기술 신청 건수 : 60건
- C 부지안 수용가능한 세부분야의 신기술 비율 : 50.62%
- D T/B 운영기간 : 10년

변동값
- a_1 평균 성능과 기능점검·TEST기간 : 2.9년
- a_2 TEST기간(2.9년)과 평균 마케팅 기간(3년) 합 : 5.9년
- b T/B 사용 종료 후 철거율 : 0~100%

– '기술사업화 특성분석 및 전략적 추진방안' 보고서에 따르면 전체 기술사업화과제를 통한 성능 및 기능점검 TEST 기간이 평균 35.2개월로 나타나고, 평균 마케팅 · 영업컨설팅지원 기간은 36.5개월로 나타남

신기술기간 내 필요한 부지면적 / 신기술 기간 기준으로 철거율을 고려한 추가 부지면적 / 신기술 부지 운영기간 기준 가중치

❖ 산정식 → $\{A \times B \times C \times a_{1,2}\} + \{\{A \times B \times C \times a_{1,2} \times (1-b)\} \times \{(D-a_{1,2})/a_{1,2}\}\}$

3(안). 성능검증기간 2.9년을 적용한 철거율에 따른 필요한 부지면적 산정
* 철거되지 않은 신기술은 10년간 운영

1. 철거율 100%	2. 철거율 75%
249,000 m² (약 7.6만평)	400,000 m² (약 12만평)
3. 철거율 50%	**4. 철거율 30%**
550,000 m² (약 17만평)	670,000 m² (약 20만평)

4(안). 성능검증기간 2.9년과 홍보기간 3년을 적용한 철거율별 필요 부지면적 산정
* 철거되지 않은 신기술은 10년간 운영

1. 철거율 100%	2. 철거율 75%
508,000 m² (약 15만평)	594,000 m² (약 15만평)
3. 철거율 50%	**4. 철거율 30%**
679,000 m² (약 21만평)	747,000 m² (약 23만평)

– (가정) 성능검증기간 35.2개월(2.9년)을 적용

* 실증기간 이후 지속적으로 필요하다고 판단되는 장비 및 시설에 대해서는 철거 · 해체하지 않고 10년간 공동활용 및 홍보용으로 유지

① 실증기간 이후 장비나 시설이 모두 철거 및 해체 될 경우: 249,000㎡ 부지필요

② 실증기간 이후 75%를 철거: 400,000㎡ 부지필요

③ 실증기간 이후 50%를 철거: 550,000㎡ 부지필요

④ 실증기간 이후 30%를 철거: 670,000㎡ 부지필요

– (가정) 성능검증기간 35.2개월(2.9년)과 홍보기간 36.5개월(3년)동안 장비 및 시설 유지

* 실증기간 이후 지속적으로 필요하다고 판단되는 장비 및 시설에 대해서는 철거 · 해체하지 않고 10년간 공동활용 및 홍보용으로 유지

① 실증기간 이후 장비나 시설이 모두 철거 및 해체 될 경우: 508,000㎡ 부지필요

② 실증기간 이후 75%를 철거: 594,000㎡ 부지필요

③ 실증기간 이후 50%를 철거: 679,000㎡ 부지필요

④ 실증기간 이후 30%를 철거: 747,000㎡ 부지필요

R&D 성과 실용화 및 사업화를 위한 Test-bed 부지 산정(안)

– 국토교통 R&D 과제 분석

* 국토교통과학기술진흥원, 2016년 3월 기준, 실증기간 미정 및 지역특성화 R&D 제외 총 60건 분석
* R&D Test-bed 부지내 수용가능한 과제 수 23건으로 평균 연구기간은 4.3년, 평균 실증기간은 2.0년으로 나타남



– 단위 R&D Test-bed 부지 면적은 약 9,489㎡정도이며, 진흥원사업별 과제 총 60건에서 제공 T/B 부지 내 실증가능 R&D는 23건으로 실제 실증가능 비율은 약 38%임

* 국토교통 대형실험시설 12종 및 국토교통R&D 과제의 Test-bed 부지 면적을 이용하여 단위 R&D Test-bed 부지 면적 산정



– (가정) 평균실증기간 2년을 적용

* 실증기간 이후 지속적으로 필요하다고 판단되는 장비 및 시설에 대해서는 철거 · 해체하지 않고 10년간 공동활용 및 홍보용으로 유지



① 실증기간 이후 장비나 시설이 모두 철거 및 해체 될 경우: 110,000㎡ 부지필요

② 실증기간 이후 75%를 철거: 216,000㎡ 부지필요

③ 실증기간 이후 50%를 철거: 321,000㎡ 부지필요

④ 실증기간 이후 30%를 철거: 405,000㎡ 부지필요

(가정) 신기술 시험시공 부지 및 R&D T/B 부지의 철거율은 50%

* 실제 제공되어야 할 부지 면적: 신기술 시험시공 부지 + R&D T/B 지원 부지

신기술 시험시공 부지	R&D T/B 부지	총 부지면적
1(안) 468,000㎡	1(안) 321,000㎡	1+1(안) 789,000㎡ (약 24만평)
2(안) 638,000㎡		2+1(안) 959,000㎡ (약 29만평)
3(안) 550,000㎡		3+1(안) 871,000㎡ (약 26만평)
4(안) 679,000㎡		4+1(안) 1,000,000㎡ (약 30만평)

3.2 시설/장비 (해당없음)

3.3 유지관리 비용

유지보수비 및 운영비

(단위 : 백만원)

유지보수비		운영비			합계
유지비 (장비를 이상 없이 유지하기 위한 고장수리, 정비, 점검 등에 소요되는 비용)	교체비 (수명을 초과하거나 기능을 상실한 부품의 교체비용)	운용비 (장비 운영 시 직접적으로 사용되는 연료비, 전기비, 가스비, 시약 및 재료 구입비)	인건비 (장비의 운영인력 및 지원부서 인력의 급여 및 수당)	관리비 (장비 관련 교육훈련, 공공요금, 보험, 재배치, 폐기, 홍보물, 세금 등에 소요되는 비용)	
100	0	48	135	0	283

※ (운영비) 인건비의 35% 적용

– 연평균 운영비 : 48,000,000 원



시설 · 장비 구축에 따른 소요인력

구 분	인원수(명)	전공	직군	고용형태	장비운영경력	해당업무
총 괄	1	해당전공	박사	정규직	10	업무총괄
시설관리	1	해당전공	석사	정규직	5	시설관리
시설관리	1	해당전공	학사	정규직	2	시설관리

※ 기존 연구시설 사업의 예비타당성 조사보고서 운영소요인력 활용

– 운영소요인력 : 0.00058인/㎡,

– 건축연면적: 17,000㎡

– 운영소요인력: 17,000㎡ * 0.00058인/㎡ = 9.86인 ≅ 10인

* ㎡당 필요인력 0.00058인/㎡

– 인건비: 13,500만원

박사급(경력10년): 6,500만원 * 1명 = 6,500만원

석사급(경력5년): 4,500만원 * 1명 = 4,500만원

학사급: 2,500만원 * 1명 = 2,500만원

4. 기대효과

4.1 기술적 효과

- R&D 성과와 신기술의 효율적 성능검증으로 개발 기간 단축
- T/B 부지제공 및 환경지원을 통한 중소기업의 기술개발 유도로 건설기술의 신뢰성 및 기술경쟁력 향상
  * 중소기업 단독 430건, 중소기업 공동 216건, 대기업 69건, 개인 40건, 기타(공공기관 및 학교 등) 52건 순으로 중소기업이 신기술 개발이 대다수
- 국내 기술에 대한 현장성능 reference 확보를 통한 국토교통 분야의 글로벌 경쟁력 강화

4.2 정책적 효과

- 개발된 R&D 성과 및 신기술의 사장(事障) 방지 및 실용화 촉진
  * R&D 성과의 신기술 지정 건수 : '89~'12.6까지 총 28건
  * 신기술 활용실적('11말 기준): 기업이 보유한 신기술 202건 中131건(65%)
- 신기술의 현장적용을 위한 T/B의 환경적 · 제도적 지원으로 시장에서의 신기술 기피현상 감소
- 투자기간 및 소요비용 감소로 중소기업의 성장 독려
  – 신기술을 지정받기 위해서는 현장실사 필수
    * 설계 반영후 시공현장 적용까지 2 ~ 5년, 심지어 시공현장을 마련하는 못하는 경우도 생김

4.3 경제적 효과

- 정부예산 절감 및 효율적 이용
  – T/B 부지 및 환경지원(시설 · 장비, 인력, 유지관리 등)은 분산된 T/B를 집적화 할 수 있으며 집적화된 T/B의 공동활용 등으로 기술 개발비 절감 및 개발기간 단축
    * 평균 공동활용 허용율(50.4%)대비, 국토교통부는 32.8%로 최하위 수준 → 단독활용, 시설장비의 유휴 등
- 법 · 제도 개선으로 중소기업 지원을 통한 거시경제 활성화
  – R&D 성과의 신기술 신청 시 활용실적을 공공T/B의 시험실적으로 대체 인정 방안 마련
  – 신기술 우선 활용 제도 마련
  – 정책적인 중소기업의 신기술 개발 및 활용 지원방안 마련
- 기술력 및 시장경쟁력을 갖춘 중소기업으로 발전이 국민 일자리 창출에 기여

제 5 장

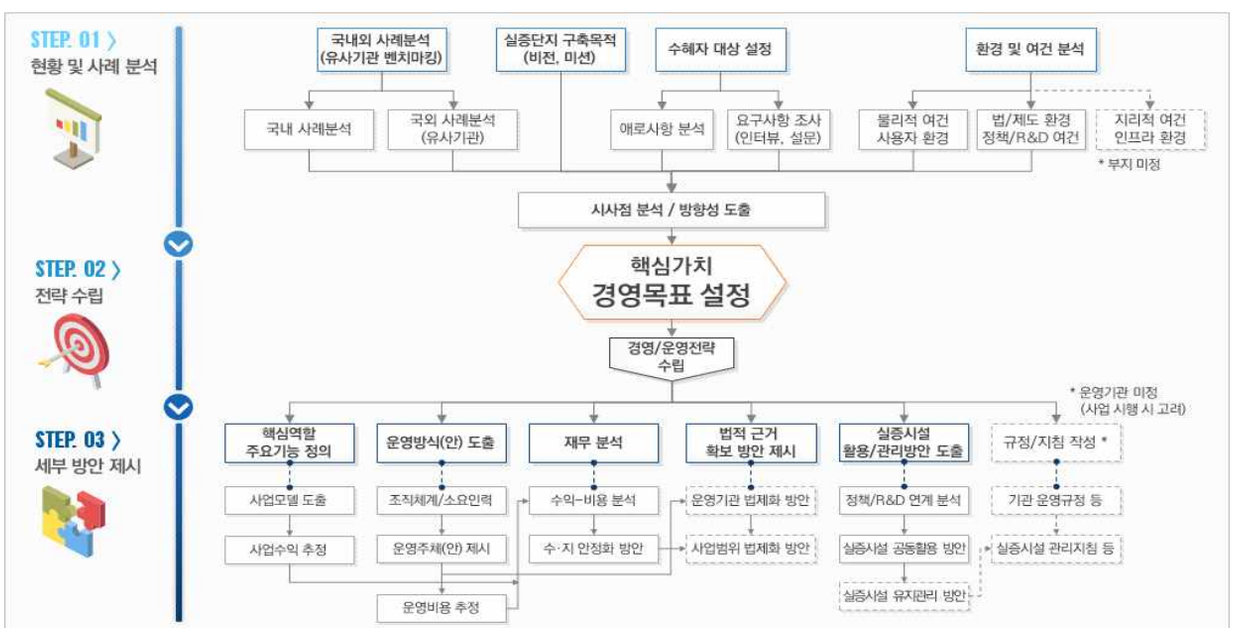
운영 및 활용전략

제5장 운영 및 활용전략

제 1 절 개 요

국토교통 종합실증단지의 핵심 운영목표 및 전략 설정 절차

- (사례분석·벤치마킹) 국내외 유사 실증단지/클러스터 사례검토·벤치마킹을 통해 운영조직, 사업모델, 운영 전략 등에 대한 방향성을 설정
- (수혜자 요구사항) 산·학·연·관 수혜자 입장의 필요 기능과 지원사업 등을 분석하여 운영모델에 반영
- (환경 및 여건 분석) 법·제도적 여건, 정책·R&D 현황, 실증시설 인프라 환경 및 지리적 여건 등을 종합적으로 고려하여 안정적·효율적 운영 전략을 제시



[그림 5-1] 종합실증단지 운영전략 수립 절차

세부 사업모델 설정 및 운영계획 제시

- (핵심 역할 및 기능 설정) 종합실증단지의 단기/중장기적 목표 달성을 위해 실증단지가 갖춰야할 핵심 역할과 기능을 설정하고 관련 사업모델을 도출
- (활용방안) 산·학·연·관 수요자 중심의 공동활용 촉진 및 관리 효율성 제고를 위한 방안 제시
- (운영방식) 사업모델별 세부추진을 위한 조직과 최적 소요인력을 제시하고 R&D 정책, 전략 등과 연계하여 활용도를 제고하기 위한 최적의 운영주체 및 운영방식을 설정
- (재무분석) 사업별 수익추정과 조직·운영에 따른 비용분석을 통해 운영계획 제시
- (법적 근거확보) 국가 연구인프라로서의 역할 확보 및 체계적이고 안정적인 운영·관리를 위해 관련 법·제도 등을 검토하여 법적 근거마련 방안 제시

종합실증단지의 성공요인 분석

- 본 종합실증단지는 산업 클러스터(Industrial Cluster)와 유사하나 특정 산업보다는 국토교통기술 전반을 대상으로 한 연구개발 클러스터(R&D Cluster)의 개념이 강하며 기술개발 성과가 산업과 연계될 수 있는 실용화 측면의 연구인프라라 할 수 있음
  - 산업 클러스터는 일정한 지역에 비슷한 업종의 각기 다른 기능의 기업과 대학, 연구소 등이 모여 네트워크를 구축하고 정보교류를 통해 기술개발, 사업 활동, 생산혁신 등에 있어 시너지 효과를 내기 위해 지리적 근접성을 기반으로 구축된 산업거점을 의미
  - 연구개발 클러스터는 산·학·연·관 연구주체가 연구인프라를 기반으로 네트워크를 형성하여 관련 기술개발의 시너지를 창출할 수 있는 연구거점을 의미
- 종합실증단지가 연구개발 클러스터로서 성공하기 위한 핵심사항은 실현가능한 사업 및 운영목표 설정, 실행주체·조직, 첨단 연구인프라와 운영 프로그램, 정책적 연계 전략, 국제협력 및 네트워크 형성 측면에서 기술개발에서 사업화까지 연계활용 가능한 연구 생태계 조성이 가장 중요함

[표 5-1] 국토교통 종합실증단지의 주요 성공요인 분석

성공요인	주 요 내 용
비전 및 목표 설정	· 사업의 비전에 맞는 단기/중장기적 운영목표를 명확히 설정하고 목표달성을 위한 실행 전략을 마련 · 실증단지는 해당 기술분야에 대한 연구인프라 기반의 기술, 지식과 정보를 교류하고 상호 협력을 통한 시너지 창출 및 국가와 국민의 편익창출 고려 필요 · 종합실증단지의 특성상 정부차원의 R&D 정책 및 사업 프로그램과 연계 필요
실행 조직	· 산학연관 시너지 창출과 공공기술의 검인증 및 실용화 창출을 위해서는 정부 주도로 공공성과 전문성을 확보한 기관에서의 운영이 필수 · 체계적이고 안정적 운영을 통해 장기적 목표실현이 가능하도록 법·제도적 근거를 마련하여 추진하는 것이 중요
하드웨어적 접근 (실증인프라 집적)	· 특정 기술분야별 실험·실증 연구인프라를 집적함으로써 연구인프라 기반의 R&D 종합 클러스터가 자연스럽게 형성될 수 있는 혁신적인 인프라 환경 조성이 중요 · 국가적인 연구인프라는 미래기술 선도를 통한 국가 신산업 창출 및 기술·시장을 선도할 전문가 양성의 중요한 역할을 갖기 때문에, 미래 신산업 창출 및 R&D 환경변화 대응 등에 선도적 역할이 가능하도록 융복합·집적을 통한 시너지 창출 추진
소프트웨어적 접근 (기능/프로그램)	· 본 실증단지는 실용화 단계의 시스템·패키지기술의 실증으로 TRL 5~9단계를 담당 · 기존 공유활용 가능한 국토교통 연구인프라와 연계하여 기술개발 검증(TRL 3~6)에서부터 실용화 단계까지 아우를 수 있는 연계 프로그램 운영으로 R&D 역량 강화 · 신산업 창출과 연계하여 미래 고부가가치 기술시장 경쟁력 확보와 미래세대를 위한 양질의 일자리 창출을 위해서는 관련 기술분야에 특화한 산학협력 프로그램 운영 및 전문기술자 교육프로그램 운영
정책적 지원 및 연계 전략	· R&D 정책 연계가 필수적이긴 하나, 지나친 Top-down 방식의 획일적 정책보다는 연구자와 민간의 수요에 맞춰 지원을 강화하는 정책적 방향이 필요 · 종합실증단지의 성공을 위해서는 민간-공공, 민간-민간 등의 기술적 특성을 고려한 파트너쉽 강화 필요 · 신산업 창출을 위한 정부주도의 강한 추진보다는 민간 시장이 함께 성장하면서 시너지가 창출될 수 있도록 정책적 대안을 가지고 인프라 지원 전략 마련 · 국토교통 산업에 대한 정책적 일관성과 지속성 하에서 종합실증단지의 역할 모색이 중요
국제협력 및 네트워킹	· 종합실증단지 내부의 집적에만 집착하지 말고, 물리적 집적이 아닌 전문성과 효율성을 고려한 기능적 연계 입장의 네트워킹 필요 · 국내뿐만 아니라 해외시장 진출까지 지원할 수 있는 지원프로그램 마련 필요 · 해외 유수 연구기관 등과의 네트워킹 강화를 통해 기술수준 제고 및 경쟁력 강화를 추진하고 해외 선진기술 및 우수 연구인력 유입의 창구로 활용

제 2 절 국내외 사례분석

1. 사례분석 절차

■ 종합실증단지의 단기/중장기 운영전략 수립을 위해 관련 분야 국내외 사례조사·분석 수행

- 설립목적, 운영형태, 재원확보, 수익모델 등에 대한 일반적인 사례분석은 국내외 시설 및 단지/클러스터에 대해 **국내 56개, 국외 25개를 검토**함(제2장 및 별첨 참조)
- 특히, 본 사업으로 구축되는 종합실증단지에 대한 사업모델, 조직 및 인력, 운영방식 등에 대한 전략 수립을 위해서 국내외 **유사분야 기관**(국내 7개, 국외 4개)**을 선정하여 자세한 사례분석을 통해 벤치마킹함**

[표 5-2] 사례분석 절차

구분	조사대상	사례조사/분석	운영·활용 전략 수립
내용	· 사례분사: 국내 56개, 국외 25개 · 벤치마킹: 국내 7개, 국외 4개 – 대구 물산업 클러스터 – 고흥 드론시범사업 – K-City 자율주행실증단지 – 환경산업연구단지 – 경기테크노파크 – 건설기계기술센터 – 한국건설기술연구원 – 국토교통기술정책 종합연구소(일본) – EnergyVille(벨기에) – 국립방재과학기술연구소(일본) – 국립지진연구센터(대만)	· 설립목적, 운영형태, 재원확보, 수익모델, 지원프로그램 등 조사 · 구축 및 운영관점 시사점 도출 · 전략 수립 방향성 제시	· 운영주체, 사업모델, 조직, 인력 규모, 운영예산 등 제시 · 활용방안 및 단기/중장기 전략 제시

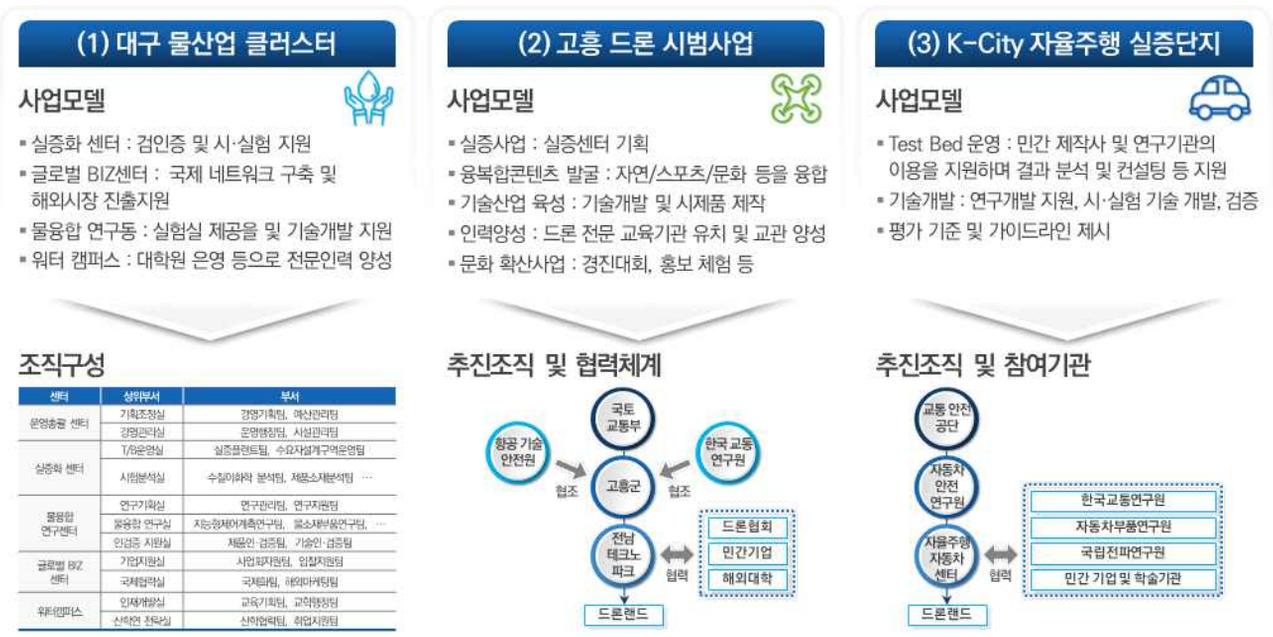


[그림 5-2] 사례조사 및 벤치마킹을 통한 운영방안 주요 분석 항목

2. 국내 사례분석

2.1 분석 총괄

- 국내에서는 물산업, 드론, 자율주행차 등의 분야에서 대규모 실증단지를 추진, 운영 확대 중
- (사업모델) 대부분의 실증단지들은 기술 검·인증, 신기술 개발, 인력양성 사업을 중심으로 Test Bed 운영하며 표준 가이드라인 개발 등도 수행
- (조직구성) 운영주체는 대부분 정부부처가 사업을 총괄하고, 사업전담조직을 별도 구성하여 운영하거나 전문기관에 위탁 운영하는 방식을 도입



[그림 5-3] 국내 사례 벤치마킹

2.2 대구 물산업 클러스터

사업 개요

- 세계 물 시장은 7,139억 달러 규모(`16년 기준)와 연평균 3% 수준의 성장률을 보일 것으로 전망되는 등 물 가치의 상승과 동시에 필수재로서 국가 관리 및 물 산업 진흥을 위한 클러스터 필요성 강조
- 2017년까지 물 산업 클러스터를 조성해 국가 물 산업 허브 구성 및 수출국가로 도약하는 것을 비전으로, 물 산업 클러스터 기반 조성(시설인프라 및 운영인프라), 물 기업 경쟁력 및 협력체계 강화를 3대 목표로 설정
- 산학캠퍼스와 글로벌 비즈니스 센터를 기반으로 산-산, 산-학, 연-관의 물 산업 네트워크를 구축하여 기업유치와 테스트베드의 외부 활용을 활성화하고, 민간연구소와의 협력을 통해 상용화를 촉진하는 전략을 가짐



[그림 5-4] 대구 물산업 클러스터 구축 조감도

사업 모델

- 운영/관리 실적 확보, 신기술 개발, 신기술 인·검증, 전문인력 양성, 국제적 네트워크 구축, 해외시장 진출지원 등 6가지를 주요 기능으로 삼고, 실증화 센터, 글로벌 Biz센터, 물융합연구동, 워터캠퍼스를 구성함
- (실증화 센터) 물산업 클러스터 내에 위치한 Hub-Test Bed와 현재 가동 중인 시설 일부를 이용한 분산형 테스트 베드를 연계 운영하며, 실증플랜트구역, 모형실험구역, 종합관망시험구역 등 3개 구역으로 구성됨
  - 실증플랜트구역 : 모형실험구역에서 완성된 기술의 기업 개발 제품 및 공정의 실규모 성능을 실험하며, 환경기술검증제도의 국제표준화(ISO-ETV)와 연계한 실증실험 및 국내 신기술 인·검증 및 내수용 실적확보(정수 10배, 하수 및 폐수 100배 인정) 기능을 제공하고, 모형실험 구역에 필요한 공정수를 공급함
  - 모형실험구역 : 기업이 소규모로 자유롭게 장치 및 공정을 설치하여 기초실험을 수행할 수 있는 공간으로, 기술에 대한 프로세스 모델을 수립하고, 수처리 뿐 아니라 온실가스 저감, 악취처리 등 다양한 실험을 시행 가능함. 원수, 부지, 건축물, 전기 등 필수 유틸리티를 제공함
  - 종합관망시험구역 : 단기적으로는 관망 운영 및 유지관리 기술 개발을 위한 공간으로 이용하며, 장기적으로는 밸브, 파이프, 계측기 등 관망을 구성하는 설비 성능시험 및 제품규격 인증시험을 위해 이용함
- (글로벌 BIZ 센터) 기술보증 및 공동브랜드 개발·홍보를 위한 국내외 판로개척 등 사업화 지원, 국내외 기술 전시·세미나 및 진출 유망국가 Road-show 개최, 국제 협력 및 네트워크 구축 지원을 진행하며, 홍보전시실, 임대사무소, 게스트하우스, 편의시설, 종합정보센터, 기업 입주 지역의 6개 시설로 이루어져 있음
  - 물산업 신기술 개발 사업화 지원 : 사업화 개발자금 지원(정부지원금/민간 매칭), 사업회 투자유치
  - 물산업 R&D 기술이전·중개 지원 : 참여기업에 전용 실시권 부여 및 홈페이지를 통한 관련 기술 마케팅 홍보
  - 해외진출 자금알선 지원 : 자금 및 보증지원(수출신용보증료 할인 등 중소기업청 프로그램 연계), 종합컨설팅

지원(해외시장 진출 지원 상담 및 컨설팅지원)

– 혁신형 물기업 기술금융 지원 : 기술평가비용 지원, 평가결과 활용(벤처 캐피탈의 투자심사 가능)

- **(물융합 연구동) 학계·기업을 위한 연구공간으로 공용실험실, 기업 실험공간 등을 제공하며, 원천기술 개발을 지원함**
  – 기업 수요를 반영하여 연구실과 실험실(공용사업 및 기업전용)을 제공하고, 회의실 및 편의시설 등을 제공함
- **(워터 캠퍼스) 인재개발, 산·학·연 협력 및 창업지원의 3가지 기능을 수행하며, 이를 위해 4가지 프로그램을 시행함**
  – 협력 대학원 : 인재개발 프로그램으로, R&D 전문인력(석·박사) 육성 역할을 수행함
  – 수요맞춤교육 : 인재개발 프로그램으로, 수요기반 전문 인적자원 개발, 물산업 PM 양성 및 법정 위탁교육, 해외 전문가 양성교육, 제조업 관련 기능교육 역할을 수행함
  – 프로젝트 Lab : 산·학·연 협력프로그램으로, 산학공동기술개발, 애로기술지원, 구직/고용연계 역할을 수행함
  – 창업보육 : 창업지원 프로그램으로, 우수아이템 발굴 및 지원, 맞춤형 정보 제공 및 지원, 제품 디자인, 설계, 제작 등의 역할을 수행함

재원 조달 방식

- **정부에서 2,335억 원, 대구광역시에서 615억 원을 지원받았으며, 기업 투자 유치를 통해 1,560억 원을 조달함 (2016년 10월 기준)**

조직 구성

- **물산업 클러스터는 유사기관들의 사례를 분석하여 사업 중심의 조직을 구성하고 인력 규모 및 운영방안을 수립**
  – 클러스터에서 추진하는 세부 사업(실증시설)별로 효율적인 목적달성을 위한 조직형태를 배치
- **운영총괄센터, 실증화센터, 워터캠퍼스, 물융합연구센터, 글로벌 비즈센터의 5개 시설을 기준으로 부서를 배치하고 인력을 구성(현재 운영방안 수립 용역 진행중)**
  – 현재 실증서비스의 위탁운영 여부에 따른 조직 규모(130명 혹은 65명)를 2개 안으로 하고, 워터캠퍼스 별도 운영 여부 등을 고려하여 4개의 조직구조 안을 구상 중
  – 실증시설 등 전문 관리 인력을 요하는 분야의 위탁운영을 고려중
  – 워터캠퍼스는 대학원을 포함한 전문 교육기관 또는 부설기관으로 별도 운영하는 것을 고려 중



[표 5-3] 물산업 클러스터 조직별 세부 업무분장 및 인력 구성(안)

센터	상위부서	부서	설비	인원
운영총괄 센터	기획조정실	경영기획팀	경영기획, 평가/성과관리, 대외협력, 원규관리	15명(130명 기준) 10명(65명 기준)
		예산관리팀	예산, 회계/계약	
	경영관리실	운영행정팀	인사/보수, 노무, 운영행정, 정보화	15명(130명 기준) 10명(65명 기준)
		시설관리팀	시설 운영관리, 시설 설비관리.	
실증화 센터	T/B운영실	실증플랜트팀	센터 운영 총괄, 활용 교육 및 견학, 설비 유지보수, 운전 및 기술/운전 지원	15명(130명 기준) 5명(65명 기준)
		수요자설계구역운영팀	수요자 설계구역 시설 운영 및 기술지원, 시험시설 구축, 공정운영 지원	
	시험분석실	수질이화학 분석팀	수질 이화학 분석 및 시험 분석, 검인증기관 및 유지 관리 업무	21명(130명 기준) (65명 기준 시 위탁운영)
		제품소재분석팀	기자재 위생안전기준 시험, 미생물 및 바이러스 시험, 시설 및 개발재품 분석 지원	
		환경측정기검사팀	환경 측정기기 검사관련 업무 총괄, 측정기 고장원인 분석 및 신뢰성 평가 방법 개발	
물융합 연구센터	연구기획실	연구관리팀	연구 기획/성과관리, 기업유치·지원, 공동연구 추진	6명(130명 기준) 6명(65명기준)
		연구지원팀	기술개발 연구 현안 국제협력, 교육/홍보/비상방호	
	물융합 연구실	지능형제어계측연구팀	센서/스마트미터/계측기기 등 관련연구, 요소기술 연구, 스마트 제어계측 분야 기술 및 교육지원	17명(130명 기준) 13명(65명 기준)
		물소재부품연구팀	신소재, 약품, 부품소재분야 기술개발	
		공법연구팀	저에너지 고도처리 공법연구, 첨단용수 맞춤형 수처리공정, 미량오염물질 처리 연구	
		물에너지자원융합팀	고효율 기계장비 개발관련 연구, 신재생에너지 요소기술, 물에너지 연구 및 기술/교육지원	
	인검증 지원실	제품인·검증팀	신기술 인·검증 기준 제정 및 행정지원, 신제품 성능평가제도 수립,개선 및 시행, 신제품 인·검증 관련 기업지원	12명(130명 기준) 6명(65명 기준)
		기술인·검증팀	신기술 성능평가제도 수립 및 시행, 신기술 인·검증 관련 기업지원	
글로벌 BIZ 센터	기업지원실	사업회자원팀	특허관리, 기술 가치평가, 시제품제작, 창업기획/맨토링, 창업 컨설팅, 유치/기관협력	10명(130명 기준) 5명(65명 기준)
		입찰지원팀	자금운용, 기금/펀드관리, 보증/보험, 입찰지원	
	국제협력실	국제화팀	국제기관 협력, 국제동향 조사, 빅데이터 진출, 해외진출	8명(130명 기준) 4명(65명 기준)
		해외마케팅팀	홍보전시관 운영, 대외홍보, 참가지원	
워터 캠퍼스	인재개발실	교육기획팀	기획, 프로그램 관리	4명(130명 기준) 2명(65명 기준)
		교학행정팀	협력관리, 교학행정	
	산학연 전략실	산학협력팀	산학협력, 학연협동, 과제관리	4명(130명 기준) 2명(65명 기준)
		취업지원팀	취업지원, 입주기업 네트워크	

2.3 고흥 드론 시범사업

사업개요

- (조성계획) 전라남도 고흥군에 우주기술산업단지와 고흥항공센터 234만m2 부지에 국비, 지방비, 민간자본 등 약 2,000억원이 투입되어 구축될 예정임
- (사업목적) 기존 우주항공 특성화 사업과 연계하여 인프라 구축, 아카데미, 시범사업 등 크게 3개 사업으로 추진될 예정임
- (조성현황) 현재 전남 테크노파크와 협력하여 드론 실증인증센터 구축을 위한 시범사업 및 드론산업 기술개발 및 산업화 기반구축, 드론기업 유치을 위한 무인기(드론)산업 생태계 조성사업이 진행 중(총 비용 30억 원 중 10억 원을 고흥군이 지원)

사업내용

- 무인기(드론)산업 생태계 조성사업은 2017년부터 2019년까지 3년간 실증시범사업, 융복합콘텐츠발굴, 기술기업육성, 인력양성, 문화 확산사업을 진행할 예정이며, 이를 통해 드론랜드 구축의 기반을 마련할 예정임
  - (실증사업) 무인기산업 생태계 조성사업을 통한 드론 핵심분야 시범사업 및 실증(인증)센터 기획, 송배전시설, 산림예찰, 재난감시 등 사회 안전망 시설 시범 실증 수행
  - (융복합콘텐츠 발굴) 자연/스포츠/문화 등을 융합한 중장기 계획 등
  - (기술산업 육성) 실증센터와 융복합콘텐츠 연계 기술개발, 시제품제작 등
  - (인력양성) 드론 전문교육기관 유치, 드론조종교관양성, 산업과학고 인력양성 등
  - (문화 확산사업) 경진대회, 홍보 체험, 전문가 초청 교육 및 포럼 등

추진조직

- 고흥군 우주항공사업소 내 무인항공 부서에 3명의 인력이 고흥 무인기(드론)산업육성 및 드론랜드 구축 전반에 관련된 업무 진행 중이며, 국토교통부에서 참여자 선정 및 시범사업 세부계획 수립 및 착수를 담당하고, 항공안전기술원과 한국교통연구원이 관련 업무에 협조함

협력체계

- (사)한국드론협회가 고흥군과 사업 발굴 및 공동사업 추진, 고흥군 항공레저 관광 활성화 저변확대를 위한 협력체계를 구축함
- 민간기업과 드론 관제, 운송체계와 관련한 소프트웨어의 연구·시험·생산판매에 대한 상호 협력 및 드론 산업생태계 구축, 생산 공장 및 연구소 설립 등 투자 유치에 대한 협약을 체결함
- 해외 대학과 함께 드론산업 육성계획 수립을 위한 규제 특례와 드론산업 관련 기술지원 및 청원지원 사업 등 정부재정 지원 사업 발굴, 드론 조종, 운송 및 관제 관련 드론시범사업 구상, 테마파크 조성 등을 위한 협력관계를 구성함

2.4 K-City 자율주행 실증단지

사업개요

- K-City는 「자율주행자동차 안전성 평가기술 개발 및 실도로 평가환경 구축」 기획연구에 따른 「자율주행자동차 안전성 평가기술 및 테스트베드 개발」 과제를 통해 추진 중임
- 세계 최대수준 자율주행차 실험도시로서, 실도로 평가환경 구축을 통한 자율주행차 기술개발 지원 및 안전성 검증을 목표로 하고, 주행 및 고장 안전성 평가, 자율주행 평가시스템 구축, 도로/시설별 평가 시나리오 구축을 통한 안전성 평가 환경을 구축예정이며, 이를 통해 2020년 레벨3 자율주행차의 상용화를 지원할 예정임
- 「자율주행자동차 안전성 평가기술 및 테스트베드 개발」 과제의 총 연구비는 200억원으로 정부 출연금 180억원, 민간 20억원으로 구성되어 있으며, 이중 K-City 구축비용은 100억원 규모
- 자동차안전연구원 주행시험장(65만평, 경기도 화성) 내 기구축된 ITS시험로환경을 기반으로 실도로·시가지 상황을 반영하여 자율주행 실험이 가능하도록 구축할 계획이며, 도심부도로, 커뮤니티도로, 자율주차시설, 자동차전용도로, 교외도로로 구성될 예정임
- 2017년 4월에 기본·실시설계를 완료하고 2017년 하반기에 자동차전용도로 구간 개방 예정이며, 2018년 하반기까지 전 구간 구축·개방할 계획으로 추진 중



[그림 5-5] K-City 자율주행 실증단지 구축 조감도

사업내용

- (Test Bed 운영) 민간 제작사 및 대학 등 연구기관의 개별 연구에 활용 할 수 있도록 지원하며, 시험결과 분석, 사후관리 및 컨설팅을 통해 자율주행자동차 기술개발을 지원
- (기술개발) 정부 R&D 과제 수행 및 민간부문 연구개발 지원, 성능 및 안전성 평가를 위한 기술 개발 및 검증
- (평가 기준 및 가이드라인) 법규 인증, 자율주행 기술 개발 가이드라인, 실험 시나리오 및 안전기준 제시

설비개요

- (도로교통환경: 신설) 도심부도로, 커뮤니티도로, 자율주차시설, 자동차전용도로의 5개 도로구획을 신설하여 국내 교통환경을 면밀히 반영하고, 탈부착식 차선을 통한 다양한 차로폭 구현 및 다국적 표지판, 위치 이동이 가능한 가변형 빌딩면 등을 통해 운영 탄력성을 확보할 계획임
  - 도심부도로 : 신호교차로, 버스전용차로, 빌딩면, 버스/택시정류장 등 실제 도심도로 상황을 재현
  - 커뮤니티도로 : 신호교차로, 비신호교차로, 스쿨존, 회전교차로, 자전거도로, 보행자도로, 노견주차시설 등 주거지역 도로 상황을 재현
  - 자율주차시설 : 자율주차 시설을 통해 직각/평행/사선 주차상황 및 자율발렛주차 상황을 재현
  - 자동차전용도로 : 주행차로, 톨게이트, 중안분리대, 소음방지벽, 분/합류부 등 고속도로 상황을 재현
  - 교외도로 : 신호교차로, 비신호교차로, 통신음영, GPS 블록, 가로수길, 공사도로, 회전교차로, 철도건널목 등 교외도로 상황을 재현하며, 특히 통신음영지역 통과로 인한 통신 교란 발생상황 및 지하차도 통과 및 가로수길 등 통신음영 영향에 대한 평가를 실시
- (도로교통환경: 기구축시설 활용) 기존 시설을 활용하여 종합적 검증의 완성도를 높일 예정임
  - 기구축시설 활용 : 최고속도 250km/h 까지 주행이 가능한 고속주행도로, 급커브도로를 구비한 조향성능로, 경사로, 비포장도로 등을 확장·운영하여 자율주행자동차의 종합안전성 평가를 수행할 계획임

[표 5-4] K-City 구획별 설비(안)

구 획	설 비	구 획	설 비
도심부도로	신호교차로(7) 버스전용차로(1) 빌딩면(4) 버스/택시정류장(2)	자동차전용도로	주행차로(1) 톨게이트(3) 중앙분리대(1) 소흠방지벽(1) 분/합류부(2)
커뮤니티도로	신호교차로(2) 비신호교차로(5) 스쿨존(1) 회전교차로(1) 자전거도로(1) 보행자도로(1) 노견주차시설(1)	교외도로	신호교차로(2) 비신호교차로(4) 통신음영(1) GPS블록(1) 가로수길(1) 공사도로(1) 회전교차로(1) 철도건널목(1)
자율주차시설	자율주차시설(1)		

- (통신환경 구축)
  - 도로변 통신단말기, 검지기 및 기존 ITS 시설을 활용하여 4G, WAVE, Wi-Fi 뿐만 아니라 5G 차세대 통신환경을 구축하고, 이를 통해 위치기반 자동차데이터 수집 및 교통정보 제공 등의 쌍방향 송수신 통신환경에 대한 평가를 수행할 계획임



○ (관제센터 구축)

– 기존 관제센터를 확장하여, 중앙집중형 관제센터를 구축하고, 시험자동차의 위치 및 이동 상황 모니터링과 반복재현실험 관제가가 가능한 능동적 테스트를 가능하게 함

– 자율주행자동차의 실시간 제어정보 수집 및 고도화 평가시스템 구축을 통한 주행결과의 정량적 분석을 시행하고, 시험결과 분석 및 개선지점에 대한 지속적 컨설팅을 통해 자율주행차 기술개발을 지원할 예정임

■ 추진조직

○ 교통안전공단이 주관하며, 세부적으로는 교통안전공단 소속 자동차안전연구원의 자율주행자동차센터가 주요 추진 조직임

■ 참여기관

○ 한국교통연구원, 자동차부품연구원, 국립전파연구원(MRA) 등 연구원을 중심으로, 민간 기업 및 학술기관과 협력관계를 구축함

2.5 기타 유사기관

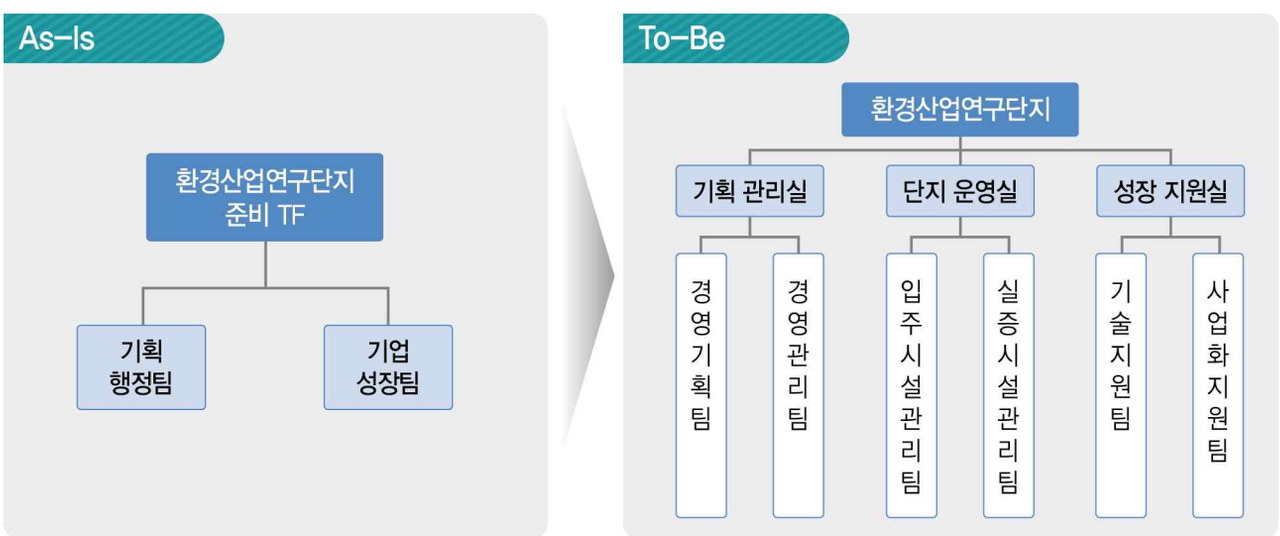
■ 환경산업연구단지

○ 환경산업연구단지는 현재 구축을 완료하고 입주기업을 유치 중으로 단계적으로 조직을 확장하는 방식을 도입

– 유사 연구단지의 사례를 참고하여, 단지 설립 목적사업 및 지원기능 수행 인력을 추정하여 적정인력을 추정한 후 단계적 투입방식을 적용

– (As-Is) 운영 준비단계로서 기획행정팀 11명 및 기업성장팀 9명으로 TF조직을 구성

– (To-Be) 기업 입주가 완료된 후 전체 가동 시에는 기획관리실 7명, 단지운영실 21명, 성장지원실 16명 등 총 3실 6팀으로 44명으로 운영을 계획함



[그림 5-6] 환경산업연구단지의 단계별 조직구성(안)

경기테크노파크

○ 경기테크노파크는 기술지원 및 경영지원에 집중하여 조직을 구성

– 기술지원 및 경영지원 중심의 조직으로 역할수행을 위한 전문성 확보에 중점을 두고 있음

– 전략사업본부, 기술지원본부, 행정본부의 3개 본부와 경기에너지센터, 안산사업경제혁신센터의 2개 센터로 구성하고 있으며 전체 인력은 93명

[표 5-5] 경기테크노파크 조직 및 인력 구성

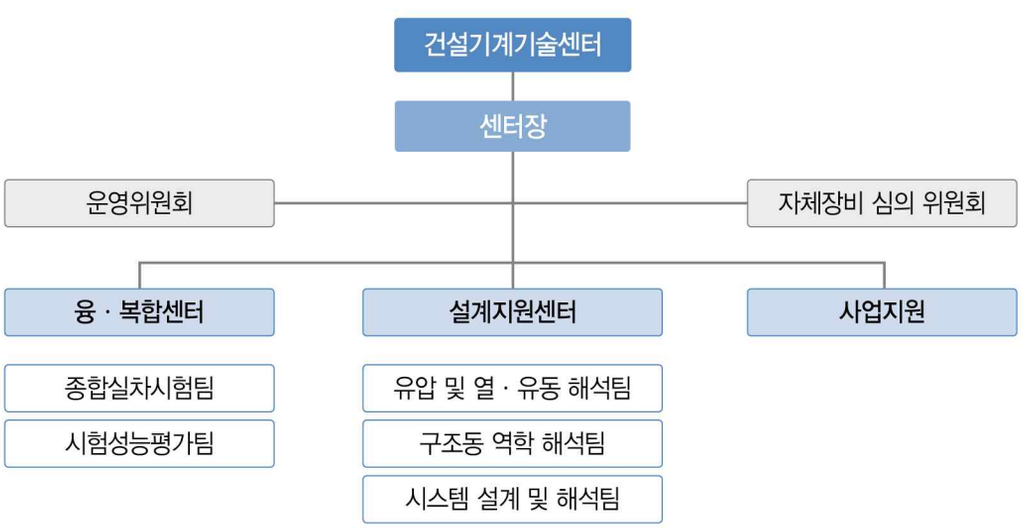
구 분	부 서	인원(명)
전 략 사 업 본 부	미래사업팀, 전략기획팀, 기업지원단	11
기 술 지 원 본 부	기술지원팀, 기술사업화센터, 경기지식재산센터, 지역사업단	34
행 정 본 부	총무팀, 재무회계팀, 전산홍보팀, 단지운영팀	20
경 기 에 너 지 센 터	비전확산팀, 투자지원팀,북부지원팀	11
안산사업경제 혁신센터	정책연구팀, 4차산업지원팀, 안산정보산업진흥센터	17
계		93

건설기계기술센터

○ 건설기계기술센터는 2개 센터와 사업지원부서로 구성

– 현재 단지 조성 중으로 제한적으로 사업을 수행하고 있으며, 조직은 융복합센터, 설계지원센터, 사업지원으로 구성

– 인력 규모는 설계지원센터 7명, 특성화단지조성사업 12명, 사업지원 4명



[그림 5-7] 건설기계기술센터



한국건설기술연구원

- 한국건설기술연구원은 정부출연연구기관으로서, 여러 연구인프라(실험시설)와 실증시설을 갖추고 있으며 연구소 중심의 조직으로 운영됨
  - 정책연구소 포함 10개 연구소를 운영하며, 연구(사업)인력 중심의 조직으로 구성
  - 기획조정본부, 경영관리본부, 건설산업혁신센터, 선임연구소장실, UST 건설전문대학원, 복합재난대응연구단 등을 두고 있음
  - 건설산업혁신센터 내에는 건설정책연구소(1개 연구소 4개 센터)가 있으며, 선임연구소장실 산하에 9개 연구소를 둠

[표 5-6] 한국건설기술연구원의 조직 및 인력 구성

구 분	부 서	인원(명)
기 획 조 정 본 부	미래사업팀, 전략기획팀, 기업지원단	27
경 영 관 리 본 부	총무복지실, 인적자원실, 재무관리실, 구매관리실, 인프라관리실	59
건 설 산 업 혁 신 센 터	건설정책연구소, 글로벌협력본부	58
선 임 연 구 소 장 실	미래융합연구소, 도로연구소, 구조융합연구소 등 9개 연구소	620
UST건설전문 대학원	학사운영실	2
복합재난대응 연구단	–	44
계		810

3. 국외 사례분석

3.1 분석 총괄

- 해외 유사기관은 국토교통기술, 에너지, 재난 등 SOC분야의 실증시설 등을 운영 중
- (사업모델) SOC기능 강화를 위한 연구 및 시·실험 지원, 기술표준 수립, 자문 및 교육 프로그램 제공 등 수행
- (조직 및 인력 구성) 벤치마킹 4개 기관 중 3개 기관은 기능중심 조직으로 구성되며, 나머지 1개 기관은 종합연구(사업) 중심으로 조직을 구성·운영



[그림 5-8] 국외 사례 벤치마킹

3.2 일본 국토기술정책 종합연구소(NILIM)

사업 개요

- 2001년 성청 개편 시, 토목연구소, 건축연구소, 항만공항기술연구소 등 3개 연구기관을 독립행정법인화 하는 과정에서, 국토교통성 본성과 밀접 불가분한 업무를 담당하는 부분을 통합함
  - 타치하라, 아사히, 요코스카 등의 청사마다 설비 및 중점 사업이 다름

[표 5-7] 일본 국토기술정책 종합연구소 청사별 기능

타치하라	아사히	요코스카
건축, 하우징 도시환경 연구, 교육 및 관리 기관	실내외 21개 실험/실증 설비 연구소 임대 제공	항공 관련 2개 실험/실증 설비

- 국토교통성 소관의 국토기술정책의 기획·입안과 밀접한 관계가 있는 종합적인 조사·연구개발 등을 진행하며 재해 시 기술지원, 연구와 기술표준 수립, 기술 전달과 기술 자문, 연구 조정의 역할을 수행함



[표 5-8] 일본 국토기술정책 종합연구소의 주요 역할

구 분	내 용
재해 시 기술 지원	· 초동조사, 긴급조사, 위기관리 기술지원, 댐 등의 응급복구 지원, 지방자치단체 기술지원
연구와 기술표준 수립	· 기술적 과제에 대한 해결방법 제안 – 지진 대비 제방 구축에 대한 소규모/대규모 실험 등 · 법령 등에 의거한 기술기준의 원안 작성 – 쓰나미 대피 빌딩의 요건 정의 등 · 정부의 기획 입안에 도움이 되는 조사/검토 : 방재상 위험한 시가지 관리를 위한 밀집시가지 구획성능의 간이 예측/평가도구 개발, 실측 및 주민 수요 파악, 목표수준과 재건축 룰 책정 가이드라인 검토
기술 전달과 기술 자문	· 전문가 교육 및 전문가 파견을 통한 자문 · 세계에서 발생하는 대규모 재해에 대한 기술지원 활동 · 전문가 교육 및 전문가 파견을 통한 자문 · 세계 대규모 재해에 대한 기술지원 활동
연구 조정	· 새로운 기술기준으로 인한 연구 시 유관기관의 협조 등을 조정하여 연구효율성 증대 및 이중 연구 방지

사업 모델

(재해기술 지원)

– 초동조사, 긴급조사, 위기관리 기술지원, 댐 등의 응급복구 지원, 지방 자치단체 기술지원 등을 수행함

– Tech Force 운영을 통해 재해 발생 지역에 전문가를 파견하여, 2012~2014년 3년간 54개의 재해 발생에 대해 321 person–days 파견활동 진행한 바 있음

(연구 및 기술표준 수립)

– 기술 표준 수립 : 쓰나미 대피 빌딩의 요건 정의 등 법령 등에 의거한 기술 원안의 작성을 진행

– 연구 : 정책 필요성에 의한 연구 및 미래 과제 해결을 위한 견구를 진행하며, 주요 연구분야는 인프라 유지 연구, 재해방지, 피해 경감 및 위기관리 연구, 지능형 관리, 혁신적 업무집행 방안 연구, 지역 재활성화 및 거주 적합성 증진 연구 등

– 연구 조정 : 중앙정부와 지자체 및 기타 연구기관을 포괄하는 네트워크를 이용하여, 포괄적인 관점에서 연구 계획을 조정함

[표 5-9] 일본 국토기술정책 종합연구소의 세부 연구 분야

구 분	내 용
인프라 유지/연구	· 교통 구조물 유지기술 개발 : 교량 진단 정보를 통해 효율적인 검증 방법 개발 및 선진 진단기술 개발 · 하수 파이프 개발 : 저비용, 자동화 고속처리 파이프 개발 · 하천 구조물 유지 기술 개발 · 항만, 항구 설비 유지기술 개발
재해방지, 재해피해 경감, 위기관리 연구	· 재해 방지 및 피해 최소하 대책 연구 : 홍수 시 대피 정보 제공, 조기 수문 개방 등 범람 피해 대책, 폭풍관련 위험 측정 및 대피 지원 기술 개발 · 대규모 지진 후 초동 대응 시간 단축을 위한 연구 · 내진 설계 도시 및 건축물 연구 : 내진 건물 설계연구, 장시간 지동 대비 연구, 내진 도시연구, 지진 후 복구 및 재건축 연구, 실대형 내진 설계 실증시설 이용 · 쓰나미와 태풍 피해 최소화를 위한 연안 도시 보호 연구 : 해양 레이더를 이용한 관찰 기술 연구, 위험도 측정 및 대피 지원 기술 개발
지능형 관리	· ETC2.0을 이용한 교통 정보 수집과 이를 통한 교통혼잡 해소 연구 · 하수 설비 지능화를 통한 에너지 절감, 에너지 생산 및 비용 절감 연구 · 항만 및 항구 시설의 지능적 이용 연구
혁신적 업무 진행 방안 개발	· 건설 시스템의 효율화 연구 · 위성을 이용한 인프라 시설 변형 감지를 통한 효율적인 인프라 유지 연구
지역 재활성화	· 지역 재활성화를 위한 연구 지원 · 삶의 질 향상을 위한 도로 건설 · 도시 내 빌딩 에너지 절감을 위한 대책 연구 · 노인과 장애인을 위한 공공주택 운영 기술 연구

◎ (기술 전달 및 자문)

– 기술 표준화와 기술 표준 마련 : 교통, 건축, 연안 기술 관련 표준 마련

– 협업 : 츠쿠바 대학교, 간사이 대학교 및 베트남 교통부 등과 교류하며, 공동연구 및 수탁연구 진행

– 교육 프로그램 : 정부 부처 및 사기업의 기술적 역량 증진을 위해 연구에 초청하거나 세미나를 진행하고, 지방정부 인재 초청 교육 및 젊은 기술자 양성 교육 수행

– 강의 및 훈련 세션 운영 및 교육자 파견

◎ (국제 사업)

– 하천, 교량, 항구, 운하 등에 대한 공통 연구나 합동 컨퍼런스 등을 진행

[표 5-10] 일본 국토기술정책 종합 연구소 국제사업 상세내용

구 분	내 용
하 천	· NILIM, PWRI, 미국 USGS와 공동 연구 진행
교 량	· 일본–미국 intergovernment 컨퍼런스 진행
항구, 운하	· 베트남 정부와 trial 공동연구 진행
기 타	· ITS 관련 유럽–일본–미국 합동 컨퍼런스 진행 및 ISO 위원회 참석



○ (홍보 및 국민 교육)

– 정보 공개 : 웹사이트 운영, 메일 서비스, 년 1회 보고서 발간, 연구 결과 공중에 공개, 논문 제출

– 강의 : 정기 강의 및 요청에 따라 초등학생~성인 대상 강의 제공

– 홍보 : 오픈하우스, 각종 매체 및 공중을 대상으로 연구결과 시연 제공

■ 재원 조달 방식

○ 일본 국토교통성 내 연구소로 분류되어 정부 예산으로 운영되며, 연구 시설을 민간에 대여하여 수익을 창출함

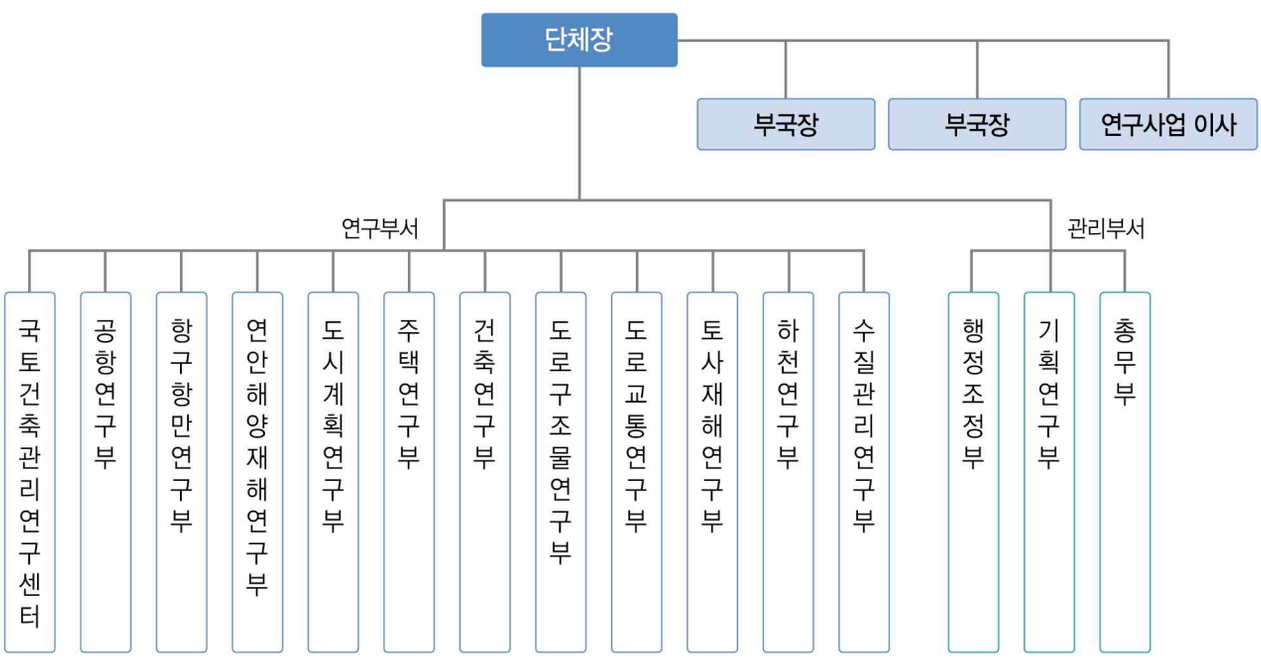
[표 5-11] 재원 분배 상세 내역

구 분	내 용	
분배 내역	· 총 101,000백만엔	
	– 도로: 18,000백만엔	– 항구 및 항만: 18,000백만엔
	– 하천 및 범람 재해: 11,000백만엔	– 항공 : 4,000백만엔
	– 하수 시스템 : 33,000백만엔	– 기타 17,000백만엔

■ 조직 구성

○ 심의관(Director-General) 아래로 크게 관리부서와 연구부서로 나뉘며 관리부서는 3개의 하위부서, 연구부서는 11개의 하위 부서 및 1개의 센터로 구성되어 있음

○ 인력규모는 관리조직 103명 연구조직 263명으로 구성되어 있음



[그림 5-9] 일본 국토기술정책 종합연구소 조직 구조

3.3 벨기에 에너지빌(EnergyVille)

사업개요

- (설립 배경) EnergyVille은 벨기에 Genk 지방의 Thor Science Park에 위치하며, 벨기에 북부의 지속가능한 에너지와 스마트 에너지 시스템을 연구하는 4개 연구기관(KU Leuven, VITO, imec, UHasselt)으로 구성된 협회에 의해 설립됨
- (주요 기능) 산업과 공공부문에 에너지 고효율 건물 및 지속가능한 도시환경을 위한 스마트 네트워크에 대한 전문적 지식을 전달
- (협력 관계) 주요 국제적/국가적 네트워크에 소속되어 있으며, 연구·개발·교육·산업혁신 활동을 진행하고, 지역·국제 파트너와의 협업을 진행
- (후원 조직) 후원 조직으로는 city of Genk, the Flemish Government, the Province of Limburg, LRM(투자회사), Nuhma(에너지 회사), POM Limburg(Limburg 지방개발기구), 유럽구조/투자기금이 있음
- (주요 성과) 2016년 EnergyVille의 주요 성과로는 출판물 92건, 특허 11건, 계약 97건 및 수상 4건(ABB Award, CGEG Prize, Prize Marcel Herman, research excellence in district heating and cooling)이 있음

사업내용

- 주요 사업분야는 도시변화, 전기시스템, 전기저장, 시장&전략, 열에너지의 5가지로 나뉘며, 각 분야에서 자체 기술 연구, 응용 연구 및 실험실 운영을 진행하고, 파트너 기업에 실험실 이용을 제공하며, 에너지빌(EnergyVille)의 전문가가 실험 및 시험 진행을 지원
- (도시변화) 지역사회의 신축 건물, 건축물 개·보수, 도시 기획 등의 분야에서 에너지 효율 증진을 꾀하는 공공·민간 부문을 지원하기 위한 지식 개발을 진행
  - 고객 맞춤형 의사결정도구, 과제 진행 방식, 신사업 모델 제공하고, 전 세계 Living Lab에서 실험을 진행하고, 스마트 에너지 구획&도시, 빌딩과 빌딩 요소, 부자재의 영향 등을 연구
- (전기시스템) 사용자부터 전송시스템에 이르기까지 전기 네트워크의 운영에 이용의 발전을 조사하며, 재생 가능한 에너지원의 배분과 전송 시스템 및 타 선진 기술 상 완벽한 통합을 추구함
  - 전기 부하, 발전 및 전기 네트워크의 상호작용에 대한 연구, 전송과 배분을 위한 전기 에너지 시스템 연구, 직류 이용 증가에 대한 연구, 통합 광전지(PV) 연구 등을 수행
- (전기저장) 하드웨어와 소프트웨어를 포함하는 저장 장치–시스템 간 인터페이스를 디자인하며, 배터리 관리 시스템 및 저장 디바이스 통합 연구를 수행
- (시장&전략) 경제, 기술 및 에너지 에코시스템의 양상을 조사하고, 비용 효율성을 높일 수 있도록 조언을 제공
- (열에너지) 냉난방 조달을 위한 재생 가능 에너지 개발을 통해 글로벌 에너지 시스템 상 열에너지의 도입을 추구
  - 열에너지 변환, 구역 냉난방 네트워크, 열에너지 저장



설비개요

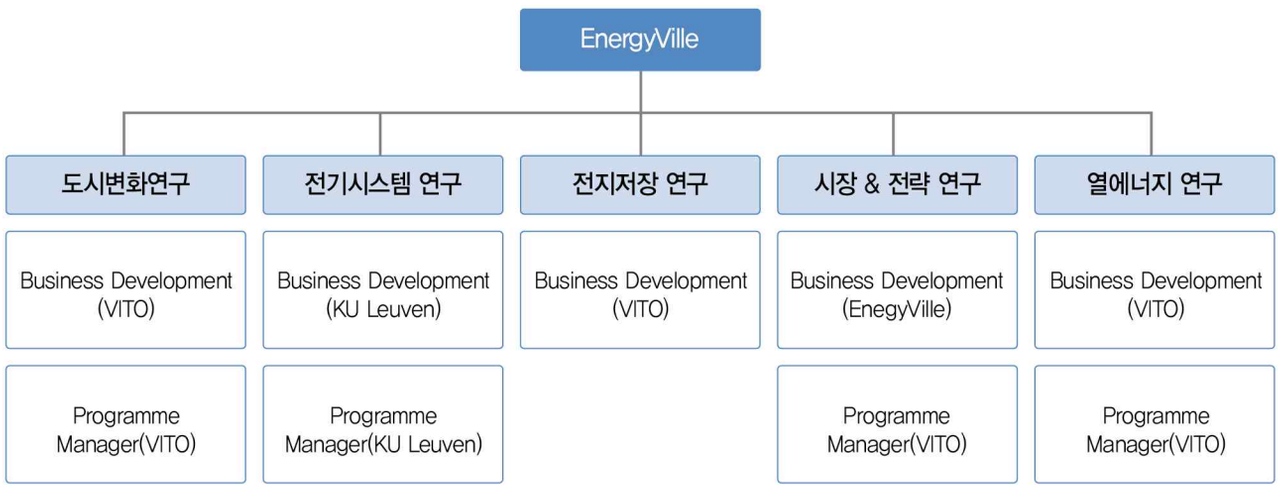
- EnergyVille은 총 8개의 실험실(Lab)을 갖추고 있으며, 5개 사업 분야에서 실험실을 복합적으로 이용하고, 실험실 간 연계활용 또한 활발히 이루어지고 있음

[표 5-12] 벨기에 EnergyVille 연구실 현황

연구실(Lab)	활용 분야	주요 설비 및 기능
Smart Grid Lab	전기시스템 시장&전략	· Grid emulator 기능을 갖춘 다기능 실험실 · 실시간동력시스템 시뮬레이터를 통해 유사 실생활 상황에서 Grid 통제 실험 · Home Lab, Battery Lab, Commercial Roof PV power plant와 연계활용 · 설비 : Signal amplifiers, Linear high-bandwidth amplifier, Switched-mode high-power amplifiers, SCADA Interfacing with distribution management system 등
Thermo Technical Lab	열에너지	· 열에너지 관련 통계와 동적 시험이 가능한 다기능 실험실 · 원격감시제어(SCADA)에 연결된 산업 전력선통신(PLC)에 의한 통제/측정 · Smart Grid Infrastructure Lab의 설비와 유동적인 연계 가능
Smart Grid Infrastructure Lab	전기시스템 시장&전략	· Grid 관련 제품과 시스템을 시험하는 플랫폼으로 기능함 · 설비 : programmable inverter and converter equipment, SCADA system, battery test facility, charging station 등
Metrollogical Facilities for photovoltaics	도시변화 전기시스템	· 건축물에 설치되거나, 건축물에 통합된 광전지 모듈의 전기/열 기능을 측정함 · 설비 : 야외 측정 공간(façade-mounted BIPV modules, rack-mounted modules), 실내 측정공간(Atlas Solarclimatic Test Cabinet Type SC 2000 MHG)
Polyline Medium-Voltage Smart Energy System Lab	전기시스템	· 중간 전력의 스마트 그리드 장치를 실험 할 수 있음 · 이상적 상황, 현실적 상황, 극한상황 등에서 실험 가능함 · Smart Grid Infrastructure Lab, Matrix Lab, Home Lab, Thermo Technical lab과 연계 활용 가능함 · 설비 : Haefely transformers, wide-band voltage transformer, wide- band current-injection transformers, power amplifier 등
Matrix Lab	전기시스템	· 전기기술 장치, 반도체전력전자소자, 태양광 패널의 전기/기계적 특징을 측정 가능 · Medium-Voltage Energy System Lab, Smart Grid Infrastructure Lab, Home lab, Thermo Technical Lab과 연계 활용 가능함 · 설비 : Atlas SolarClimatic Test Cabinet Type SC 2000 MHG, electric motors/generators, AC and DC generators 등
Home Lab	도시변화 전기시스템 에너지저장 시장&전략	· 파트너 기업이 가정 에너지 관리 시스템, 주거 수요 반응 기술 및 가정 내 커뮤니케이션 기술을 입증할 수 있음 · 2개 가구 규모로 전자제품 배치/가동/전원분배 상황을 재현함 · Smart Grid Infrastructure Lab, Thermo Technical Lab과 연계 활용 가능함 · 설비 : programmable load, PV inverter simulator, PV panel simulator, multiple types of smart meters, energy management systems, smart plugs 등
Battery Testing Lab	에너지저장	· 방전류 시험, 일정출력 방전 시험, 자기방전 시험, 하이브리드 펄스 전력 특징 시험, 저온 균열 시험, 열 성능 시험, 에너지 효율성 시험, 충전 유지 주기 시험 등에 이용 가능 · 설비 : 2 PEC SBT8050 battery testers, 2 PEC SBT0550 cell testers, 1 PEC ACT0550 cell tester, Triphase 75kW inverter 등

조직구조

- 에너지빌(EnergyVille) 인력은 약 200여명으로, 4개 연구기관(KU Leuven, VITO, imec, UHasselt)에서 공동으로 운영하며, 각 기관 소속 연구 인력 및 관리 인력이 EnergyVille 운영과 연구를 담당



[그림 5-10] 벨기에 EnergyVille 주요 조직 구조

[표 5-13] 벨기에 KU Leuven 내 EnergyVille 부서

구 분	상위부서	부 서	팀 수
LRD-divisions: Division and Project Administration	Divisie EnergyVille	Subdivisie EnergyVille	2
		Subdivisie EnergyVille Electa	4
		Subdivisie EnergyVille TME	5

3.4 일본 국립방재과학기술연구소(NIED)

사업개요

- 1963년 설립된 NRCDP를 전신으로 하며, 1990년 NIED가 설립되었고, 지진·쓰나미·화산폭발·수해·재해·설해·산사태 등 자연재해 리스크 감축 및 복구 탄력성 증가를 위한 연구를 진행함
- 리스크 감축을 위한 과학 및 기술 연구를 통해 자연재해에 대한 복구 탄력성이 높은 사회실현을 목적으로 함

주요 설비

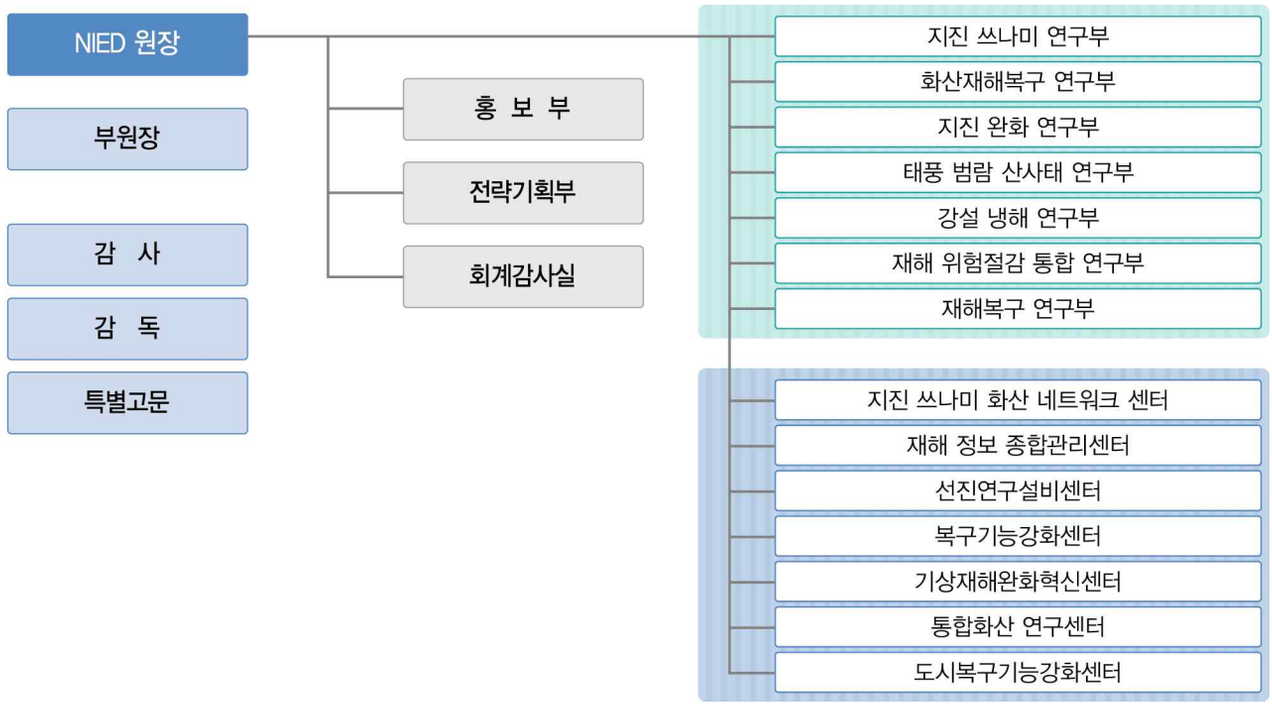
- NIED의 주요설비는 츠쿠바, 효구, 신조 3개 지역에 분산되어 있으며, 센터 간 공동활용도 진행하고 있음
- (E-Defence, 효구)
  - 세계 최대 규모의 3D 실제크기 지진실험시설로 규모는 15m×20m에 상재하중 1,200톤으로 실대형 구조물에 대한 지진평가를 완벽히 수행할 수 있음
  - 실제 지진 기록을 정확히 재현하여 지진에 의한 건축물 등의 붕괴 과정을 명확히 검토 가능



- (Large-Scale Earthquake Simulator, 츠쿠바)
  - 1970대부터 이용된 설비로, 건물, 집, 교량, 터널, 산업시설, 핵시설 등에 대한 내진설계 강화를 위해 활용중
  - 일방향 수평 진동을 재현 가능
- (Network Center for Earthquake, Tsunami and Volcano, 츠쿠바)
  - 지진, 쓰나미, 화산 관찰 네트워크의 안정적인 운영을 지원함
  - 다양한 현상을 탐지 및 정보를 수집하고, 유관기관을 통해서도 정보를 수집하여 이를 공개
  - 실시간 정보 분석을 통해 지진과 쓰나미 활동에 대한 정보를 지속적으로 제공함
- (Center for Comprehensive Management of Disaster Information, Disaster Information Library, 츠쿠바)
  - 다양한 자연재해와 관련된 현재 과거 기록 및 예측 결과에 대한 정보를 수집하고 제공
- (Disaster Prevention Information System, 츠쿠바)
  - 시뮬레이션 시스템과 정보 전송 클라우드 시스템을 갖춘 슈퍼컴퓨터 빌딩으로, 재해 예방 정보 시스템을 운영함
- (Cryospheric Environment Simulator, 신조)
  - 세계 최대 규모의 강설 시뮬레이터로 자연 상태에 가까운 강설 등 냉동구면 환경을 재현할 수 있음
  - 공공 부문 뿐 아니라 강설 문제 대책 마련을 연구하는 민간 부문에서도 활발히 이용됨
- (Cumulonimbus Cloud Observation Sensor System, 츠쿠바)
  - 적란운 관찰 센서 시스템으로, Cloud radars, Doppler lidars, microwave radiometers, X-band MP radars 등의 설비를 조합하여, 기상 이변을 1시간 일찍 감지함
- (Large-Scale Rainfall Simulator, 츠쿠바)
  - 세계 최대 규모의 강수설비로, 15mm/h에서 300mm/h의 강수량을 재현할 수 있으며, 산사태 등 강우 관련 재해 연구에 이용됨
  - 49m(W)×79m(L)×21m(H) 규모의 이동식 강수 설비로, 44m×72m 크기의 5개 실험 구획을 이동하며 실험 가능

조직구조

- NIED의 주요 조직은 연구조직이며, 기본 연구부서와 센터로 나뉘어져 있음
- 기본연구부서에서는 재해의 종류에 따른 연구와, 복구 및 피해 감소 방법에 대해 직접적으로 연구하며, 기본 연구 및 개발 센터는 재해 발생 시 알림 및 관리를 위한 시스템, 정보 관리, 설비 관리 및 홍보, 통합 연구 등을 진행함



[그림 5-11] 일본 NIED 조직 구조

3.5 대만 국립지진연구센터(NCREE)

사업개요

- 1990년 과학기술부(NSC)와 타이완 국립대(NTU)가 공동 설립하였으며, 국가 연구시설의 효율을 높이기 위해 설립된 National Applied Research Laboratories(NARL)소속 비영리기관으로 편입
- NCREE는 지진 대비, 비상대응, 지진 후 복구 등에 대한 국가적 필요에 따라, 학문적 자원과 연구 인력을 통합하여 내진 기술 발전 및 피해 최소화를 추구함
- 국제 협력을 통한 학술 연구와 기술적 발전을 위한 협력과 혁신을 추구하며, 이를 통해 타이완의 학문적 위상을 높임

사업내용

- NCREE는 과학기술부의 실험, 시험 진행, 실험적 지원, 교육프로그램 등을 제공함
- (과학기술부 실험)
  - ISO 9001, ISO 17025인증 및 중국정부의 평가인증을 통한 실험 서비스 제공함
- (시험)
  - ISO 9001, ISO 17025, National Certification Foundation(TAF)을 통한, certification표준화, 제도화된 시험 서비스를 제공함
  - 진동대, 충격흡수 및 에너지 손실시험 시스템, 다축시험 시스템, 피로시험 시스템, 강제진동 실험 설비, 미세진동 측정시스템, 저주파 가속기구경 측정시스템



(실험 지원)

– 지진 관련 프로젝트의 R&D 에너지 향상을 위해 연구자원을 제공

– 필요에 따라 실험실 이용 시 기술자(전문가와 교수진 인력 등)와 각종 설비를 지원함

[표 5-14] 대만 NCLEE 실험 서비스 지원 장비

명 칭	사 양	개 수
Servo jack	Pressure 100Ton / pull 100Ton	2
Hydraulic press	10gpm / 600L	1
Servo controller	MTS 407	2
Data collection system	TML static	100
Displacement meter	± 50mm, ± 100mm, ± 250mm, ± 500mm	16
Dial gage	± 5mm, ± 10mm	8
Loadcell	± 100 Ton, ± 200 Ton	4
Π Gage	± 5mm	6

(교육)

– 내진설계의 중요성을 알리기 위한 ITP 프로그램을 통해 해외의 공무원, 연구자, 기술자를 위한 워크숍을 진행하며, 지진 기술과 내진 보호 교육 및 학생 참여를 증진시키기 위해 IDEERS 프로그램을 통해 시연 행사를 진행함

주요 설비

(Tri-Axial Seismic Simulator)

– 6축 자유도를 지니고 있어, 3개의 축을 이용하여 세계에서 발생한 주요 지진을 재현 할 수 있음

– 진동 테이블의 크기는 5m×5m 이며 질량은 27톤이고, 최대 50톤의 구조 모델을 실험 가능함

– 상자 모양의 테이블을 통해, 높은 진동의 재현이 가능함

(Reaction Wall and Strong Floor Test System)

– 대형 또는 실대형 크기의 구조물과 부자재에 대한 내진 성능 실험이 가능함

– quasi-static cyclic loading tests, pseudo-dynamic tests등 기존 실험이 가능하며, 조정 시스템에 SCRAMNet이 적용되어 있음

– L자 모양의 Reaction Wall은 15m×15.5m, 12m×15.5m, 9m×12m, 6m×12m의 크기(높이×너비)로 구성되어 있으며, 평행구조의 1.2m 두께 강화 콘크리트 벽으로 만들어져 있음

– Strong floor는 가로 세로 60m×29m크기의 1.2m 두께 강화 콘크리트 슬래브로 제작되었으며, 시험 샘플을 고정하는데 이용됨

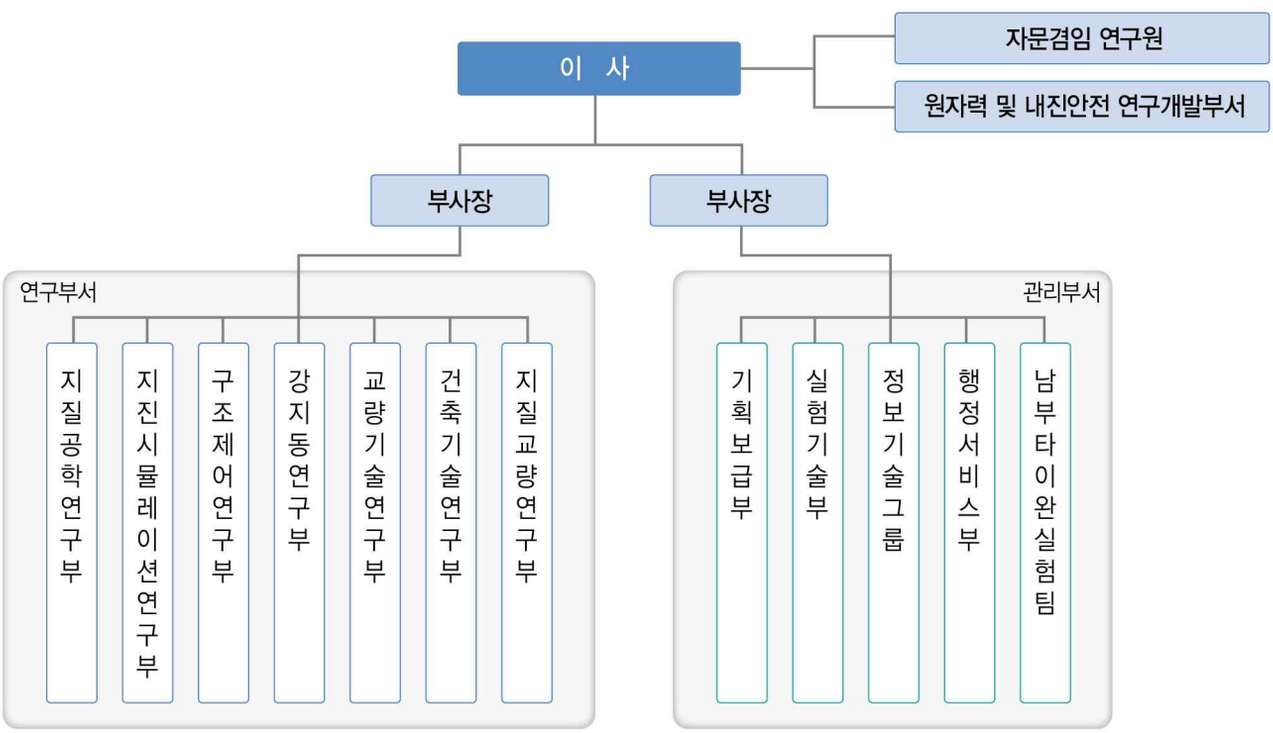
(Energy Dissipation Device Test System)

– 에너지소비 장치 시험시스템으로, TAF(Taiwan Accreditation Foundation)에 의해 인증되었으며, 강철 받침대, 삼각형 반응 지지대, 롤링 베어링 및 2 개의 고성능 서보 – 유압 작동기로 구성됨

– 점성댐퍼, 오일댐퍼, 점탄성댐퍼 등과 같이 건물 및 교량 구조물에 적용되는 속도의존형 에너지 분산 장치의 프로토 타입 및 생산 테스트를 수행함

- (Multi-Axial Testing System; MATS)
  - 6자유도 시험 설비로, 상하 좌우 앞뒤 3방향으로 움직임을 표본에 적용할 수 있으며, 실제 하중 조건으로 다양한 표본을 테스트 할 수 있음
  - 일반적인 테스트 방식은 1축 및 2축 실험임

조직구조



[그림 5-12] 대만 NCREE 조직 구조



4. 연구인프라 관련 법·제도 분석

■ 연구시설 · 장비는 연구자원과 연구정보를 모두 포괄할 수 있는 핵심인프라 자원으로 미국, EU 등 선진국의 경우에도 과학기술 선진화를 위해 연구시설 · 장비 확보 · 운영과 관련된 정책을 적극 추진중

- (미국) 대형연구시설에 대한 전략적 지원과 효율적 관리를 중요시하며, 창조적 공유와 다학제적 활용 등을 통한 국가 연구인프라의 체계적 구축 및 효율성 제고를 도모
  - 국가 R&D 총 예산의 2.8%인 약 4조원을 연구시설 · 장비에 투자하여 안정적이고 체계적인 대형연구시설 구축 및 운영을 지원
- (유럽) 다학제적 협력과 기술 융합, Jump-up 등 기술환경 변화에 효율적으로 대응하기 위한 거시시설 및 장비의 건설과 개량에서부터 시스템 및 연구자 간 네트워크 형성을 포괄할 수 있는 연구인프라 제도를 추진
  - EU는 '08년도에 약 26조원을 투자하여 44개 거대시설 및 장비를 구축하는 계획을 수립
- (일본) 특정 첨단 대형연구시설의 공용 촉진에 관한 법률에 기초하여 대형 연구시설 구축 촉진 및 대형연구시설 계획을 수립하여 추진
  - ('10년도 기준) 향후 10년간 43개 시설에 대해 약 2조 1,110억엔을 투자하는 계획을 수립

■ 정부는 미래사회 기술 · 산업 · 경제 등 환경적 변화로부터 안전한 국토공간 조성 및 신성장산업 육성을 위해 다양한 정책을 추진하고 있으며, 이러한 정책목표를 달성하기 위한 실천수단으로써 종합실증단지 구축 필요

- 문재인 정부의 기술혁신을 위한 국정과제로 4차 산업혁명 선도기반 구축, 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴 · 육성, 과학기술 혁신 생태계 조성 등을 추진키로 함에 따라, 기술의 융 · 복합을 통한 국토의 안전, 도시재생 및 신산업 창출이 가능한 종합실증단지의 활용도가 높을 것으로 기대됨
- 국토교통 산업 활성화를 통한 경제 부흥을 위해서는 4차 산업혁명과의 융 · 복합 기술 및 해외시장 진출 기술 등 고부가가치 기술들의 실용화를 지원할 수 있는 연구인프라 구축 절실
- 국토교통 R&D 사업 · 관리체계 개편에서는 기존 기술(신기술 포함) 및 ICT와 연계한 미래형 첨단 국토교통기술을 검증할 수 있는 종합실증단지 구축을 제시함

■ 범정부 차원에서의 연구인프라의 확충 및 운영관리 선진화를 위한 집적을 추진함으로써 투자 효율성 및 공동활용 활성화 유도

- 연구장비 단위의 집적화를 통한 연구기관의 사유화를 방지하고, 시설 · 장비의 중복 구매에 따른 예산절감 및 공동활용 활성화를 유도할 수 있는 통합관리체계 마련 필요

과학기술기본법

제28조(연구개발 시설 · 장비의 확충 · 고도화 및 관리 · 활용)

① 정부는 효율적이고 균형있는 연구개발을 추진하기 위하여 필요한 **연구개발 시설과 장비 등을 확충 · 고도화하고 관리 · 운영 · 공동활용 및 처분을 위한 시책**을 세우고 추진하여야 한다.

국토교통과학기술 육성법

제13조(연구기반 확충)
국토교통부장관은 국토교통분야 산업의 연구기반을 확충하기 위하여 **연구기관의 연구시설 및 장비의 관리 · 공동사용 등을 지원하거나 그 밖에 필요한 시책**을 강구할 수 있다.

건설기술진흥법

제10조(연구시설 및 장비의 지원 등)
국토교통부장관은 건설기술이 연구기반을 확충하기 위하여 **건설기술연구기관의 연구시설 및 장비의 관리 · 공동사용 등을 지원하거나 필요한 시책**을 수립 · 추진할 수 있다.

- 미래창조과학부에서는 국가연구시설 · 장비의 공동활용 촉진을 위한 방안으로 기 구축된 연구 장비 · 시설에 대해서 집적화 추진
- 미래창조과학부는 「과학기술기본법」 제28조 제2항 및 「과학기술기본법 시행령」 제32조의 2 제6항에 따라 '한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터 (NFEC, National Research Facilities & Equipment)' 범부처 시설장비 총괄 지원기관으로 지정 (교육과학기술부 공고 제2011-8호)
  * 지정기관은 「과학기술기본법 시행령」 제42조 제8항에 따라 업무를 수행

과학기술기본법

제28조(연구개발 시설 · 장비의 확충 · 고도화 및 관리 · 활용)
② 정부는 제1항에 따른 연구개발 시설 · 장비의 확충 · 고도화, 관리 · 운영 · 공동활용 및 처분을 추진하기 위하여 **필요한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 이를 지원할 기관을 지정하고 그 운영에 필요한 경비를 지원**할 수 있다.

과학기술기본법 시행령

제42조(연구개발 시설 · 장비의 확충 · 고도화 등의 추진)
2. **연구개발 시설 · 장비의 관리 · 운영 및 공동활용 계획**
⑥ 법 제28조제2항에 따른 **연구개발 시설 · 장비의 확충 · 고도화등의 추진을 지원할 기관(이하 이 조에서 지원기관"이라 한다)은 다음 각 호의 법인 중에서 과학기술정보통신부장관이 지정**한다.

◎ 국토교통 산업 · 경제의 활성화를 위해 R&D 성과물이 선진국 및 개발도상국에서 통용될 수 있는 표준화 및 검 · 인증 체계를 구축하고, 이를 지원할 수 있는 실험 · 실증 연구인프라 구축 필요

과학기술기본법

제29조(과학연구단지 등의 조성 및 지원)
① 정부는 산업계 · 학계 · 연구계가 한 곳에 모여 서로 유기적으로 연계하는 데에 따른 효율을 높이고, 국내외 첨단 벤처기업을 유치하거나 육성하기 위하여 **과학연구단지를 만들거나 그 조성을 지원**할 수 있다.



건설기술진흥법

제41조(설계 등의 표준화)

① 국토교통부장관은 건설공사에 드는 **비용을 줄이고 시설물의 품질을 향상시키기 위하여 건설 자재 · 부재의 치수 및 시험방법을 표준화하도록 노력**하여야 한다.

제60조(품질검사의 대행 등)

① 건설공사의 발주자, 건설업자 또는 주택건설등록업자는 대통령령으로 정하는 국립 · 공립 시험기관 또는 건설기술용역업자로 하여금 **건설공사의 품질관리를 위한 시험 · 검사**(이하 "품질검사"라 한다)**등을 대행**하게 할 수 있다.

④ 국토교통부장관은 품질검사를 대행하는 건설기술용역업자가 제1항에 따라 **품질검사를 정확하게 하는지 조사하고, 필요한 경우에는 시정을 명하는 등의 조치**를 할 수 있다. 이 경우 국토교통부 장관이 필요하다고 인정하면 조사 결과를 공표할 수 있다.

- 국토교통 기술 · 산업은 타 기술 · 산업과는 달리 R&D 성과물을 실제 · 유사환경에서 실험 · 실증이 반드시 필요한 분야로 대단위의 부지 및 실증 인프라가 필요

■ 국토교통분야는 글로벌 건설교통기술 역량강화 및 연구장비 공동활용 지원을 목적으로 12종의 대형실험시설을 전국에 분산하여 구축 및 운영중이나, 운영기관의 법적 근거 미흡으로 운영에 애로사항을 겪음

- 운영기관 예산의 70% 수준은 R&D(인건비, 간접비)로 충당하고 있어 불안정한 구조
- 1단계 실험시설은 '24년에 운영권이 전부 유치기관에 이양되어 부처 차원의 지속적인 공동활용이 어려움

  * 유치기관 : 인력확보 및 장비 노후화에 따라 지속적인 유지보수 · 성능개선이 필요하나 자체 예산조달이 어려움

■ 종합실증단지 구축 후 안정적 · 효율적 운영을 위해서는 제도적 개선을 통한 운영기관의 법적 지위 확보가 중요

5. 부지 확보를 위한 후보지 조사 및 분석

- (사례분석) 국내의 실증단지 및 클러스터의 경우는 대부분 정부 주도의 국가 전략적 육성에 따라 부지 역시 국비로 마련하며, 일부의 경우에는 지자체에서 매칭하여 구축됨

단지명	위치	규모	부지 확보 재원조달 방법 및 특징	
녹색환경산업복합단지	인천	12만m²	국비(환경부) 100%	- 환경부-서울시간 수도권매립지 관련 협약으로 부지 확보
대구 물산업 클러스터	대구	65만m²	국비(환경부) 지방비 매칭	- 「환경기술개발 및 지원에 관한 법률」제6조 및 제13조의 2에 의거 전액 국고지원 대상사업 - '13~'17년 국가재정운용계획, 2014 환경부 예산 및 기금운용계획 개요를 통해 재원조달 가능성 검토 - 총 사업비 3,519억원(국비 84%, 지방비 16%)
인천 환경산업 실증연구단지	인천	18만m²	국비(환경부) 100%	- 총 사업비 1,580억원
새만금 풍력산업 클러스터	전북 새만금	125만m²	국비, 지방비, 민간	- 총 사업비 3,950억원(국비 43.4%, 지방비 20.1%(부지포함), 민자 36.6%)

국내 유사기관 분석 결과, (대규모 공공기술시설) : 국공유지(간척지 포함) 100% 또는 지자체 부지(현물 대응) 활용
(중소규모 단위기술시설) : 지자체 부지(현물 대응) 활용



[그림 5-13] 국내 실증단지의 부지 확보 재원조달 형태

- 종합실증단지 부지 확보를 위해 4곳의 간척지 및 산업단지를 조사, 분석함



[그림 5-14] 부지 확보를 위한 후보지 조사 및 분석

- 본 사업의 기획에서는 부지를 특정하지 않고 향후 사업 시행 시 지자체 매칭 등을 공모하는 방안을 검토하되, 대안으로 부지 비용 등 사업예산 산정 측면에서 새만금 간척지를 우선 대상으로 검토함
  - 새만금 간척지는 지리적 연건이나 미래 확장성 및 투입 비용 측면에서 가장 적합하며 지역 균형발전 측면에서도 대상 후보지로 가장 타당하다고 판단됨



6. 시사점

6.1 사례분석 종합

◎ 국내외 사례분석을 통해 유사기관들의 사업범위, 운영체계(조직, 인력 등) 및 재원조달 방안 등을 분석함

주요 사업	• 검·인증, 연구, 공동활용, 시·실험 지원, 교육 홍보 등을 수행 • 입주가능한 연구동 및 사무실을 운영하거나, 게스트하우스 등 부가사업을 진행	• **(시설·장비 공동활용)** : 관리운영 및 공동활용 시 기술지원 • **(연구 수행)** : 공공의 이익과 관련된 자체연구, 수탁연구 및 공동연구 • **(기업 지원)** : 사업화 지원, 금융 지원, 자문 • **(교육 및 홍보)** : 성과 공개 및 홍보, 대국민 교육, 기술 시연 및 견학, 전문 교육과정 및 세미나 • **(기타)** : 부가사업, 신사업모델 개발, Tech Force 파견 등
운영 방안	• 정부 부처 및 지자체가 적극 관여 • 인력 규모는 65~366명으로 사업 내용별로 다양하며, 전문인력이 필요할 경우 위탁운영 고려	• **(추진조직 및 운영주체)** : 정부부처 및 지자체에 의해 운영되거나 소속 • **(인력 규모)** : 물산업 클러스터 65~130명, 일본 국토기술정책 종합연구소 366명, 벨기에 EnergyVille 200여명 • **(조직 구조)** : 사업 중심 조직 40%, 기능 중심 조직 60% • **(인력 수급)** : 벨기에 EnergyVille의 경우 협회 소속 기관에서 인력을 투입하며, 물산업 클러스터의 경우 실험관련부분 위탁운영 고려 중
재원 조달	• 국비, 시비를 통한 출연금 및 정부 예산을 통해 재원 조달 • 시설 사용료, 수탁연구 등을 통해 수익을 창출함	• **(재원조달)** : 국비, 시비를 통한 출연금 조달 및 입주 기업 투자금 • **(수익창출)** : 실증시설 및 실험시설 이용료, 수탁연구 비용, 시설 임대료 및 부대시설 운영을 통한 수익 창출, 부설 교육기관 운영 수익 등

[그림 5-15] 국내외 사례분석(요약)

6.2 운영체계

◪ 조직 체계

◎ (소속 및 설립기관) 유사기관은 주로 정부부처 및 지자체에 의해 설립·운영되거나 소속됨

* 대구 물산업클러스터는 법 제정을 통해 산업부 산하에 물산업진흥원을 설립하는 방안 검토 중

* 벨기에 EnergyVille의 경우는 4개 연구기관으로 구성된 협회에 의해 설립됨

◎ (국내 유사기관의 추진조직 및 운영주체)

– 국내외 실증 클러스터는 대부분 국가기관에서 운영·관리하며 공공성을 띔

– 대구 물산업 클러스터는 환경부에서 추진하며, 대구 산업단지와 협력하여 대구광역시에서 발족한 추진단이 업무를 수행

– 드론 시범단지는 국토교통부에서 추진하고 항공기술안전원과 한국교통연구원이 관련 업무에 협조하며, 고흥군 내 부서에서 업무를 수행함

– K-City는 교통안전공단이 주관하며, 교통안전공단 소속 자동차안전연구원의 자율주행자동차센터가 주요 추진 조직임

◎ (인력 규모) 대구 물산업 클러스터는 실증시설 운영업무의 위탁 여부에 따라 65명 혹은 130명으로 검토 중

– 한국건설기술연구원과 일본 국토기술정책 종합연구소는 주로 관리 인력보다 연구 및 기술개발 인력 위주로 운영 중

– 환경산업연구단지는 운영 준비단계와 기업입주 완료 후 단계로 구분하여 운영조직 및 인력을 계획

- (조직 구조) 유관기관의 40%는 사업중심의 조직 구성, 60%는 기능중심의 조직 구성을 보임
- (인력 수급) 벨기에 EnergyVille의 경우 협회 소속의 4개 연구기관에서 각각의 사업에 연구인력 및 조직인력을 투입하는 형태이며, 물산업 클러스터의 경우 전문 인력이 필요한 실험관련 부문을 위탁 운영하는 방안을 고려중임
- (설립근거 마련) 대구 물산업 클러스터는 물산업진흥법 제정을 추진하여 클러스터 운영기관의 설립근거를 마련하여 안정적 운영을 꾀하면서 물 관련 산업을 활성화할 계획을 추진
- (본 사업) 조직체계 설정 방향
  - 국토교통 종합실증단지는 국토교통 R&D 연계 및 향후 R&D 성과의 실증 T/B 유치를 고려하여 국토부가 직접 추진하되, 전문성을 갖춘 운영기관의 위탁운영을 통해 효율적인 추진이 필요
  - 실증시설의 운영 및 서비스의 인프라 기반 기능중심의 조직과 함께 기술실용화 지원의 사업목적 달성을 위한 조직구성을 병행할 필요가 있음
  - 운영인력의 경우, 구축 이후 단기(5년 이내, 도약기) 및 중장기(5년 이후, 성장기)로 구분하여 실증시설 위주의 서비스 지원조직 및 표준개발 및 국제협력 등 사업 위주의 연구조직을 단계별로 추진할 필요가 있음
  - 운영기관은 실증서비스의 객관성과 신뢰성 및 신기술 현장시험시공 성적서 발행 등을 위한 공공성을 확보할 수 있도록 법적 근거를 마련하고 안정적 운영을 도모할 필요가 있음

6.3 재원조달

- 유사 기관들은 주로 국비, 시비를 통한 출연금을 통해 설립 시 필요 재원을 조달하고, 정부 예산으로 운영되며, 입주 기업의 투자금이 일부 포함되기도 함
- 대구 물산업 클러스터는 정부에서 2,335억 원, 대구광역시에서 615억 원을 지원받았으며, 기업 투자 유치를 통해 1,560억 원을 조달함
- 벨기에 EnergyVille의 경우 민간 연구시설 4곳이 공동으로 설립하였으나, 지방정부 및 중앙정부와 유럽투자기금의 후원을 받아 운영됨
- (본 사업) 공공성 관점에서 민간 기업의 투자유치는 어렵다고 판단되므로, 우선적으로 정부 주도의 직접투자를 고려하되 사업 시행시점에는 지자체 공모를 통해 부지를 매칭 투자하는 방안을 검토할 필요가 있음

6.4 사업모델 및 수익창출

사업 모델

- 국내는 다양한 산업분야별 미래 신성장분야의 기술 실용화 및 해외시장 진출 등을 지원하기 위해 융합인프라(장비·시설, 정책, 제도의 확충·개선)의 지속적 고도화와 기술–산업 발전의 시너지 창출을 위한 클러스터 조성사업 적극 추진 중
  * 국제과학비즈니스벨트 조성, 동해안 원자력 클러스터 조성사업, 방재실험시설 구축, 환경산업 실증화단지, 물산업 클러스터 조성사업, 친환경 전지융합 실증화단지 구축, 제주 스마트그리드 실증단지 구축, 새만금 풍력산업 클러스터 조성, 국가 식품클러스터 조성 등
  - 대상 클러스터들은 실증시설·장비 구축과 함께 운영·활용을 위한 다양한 사업들을 수행함으로써 산·학·연·관 네트워크, 정보·지식·연구인프라, 인력 공유활용과 국제협력을 통한 기술선진화 등을 추진
    * 세부 사업으로 기술 검·인증, 연구인프라 공동활용, 표준개발·개선 연구, 해외진출 지원, 기업육성/실용화 촉진, 전문인력 양성, 제도·정책 개선 및 검증, 대국민 인식 제고, 교육·홍보, 사업화 지원 및 국제협력 등 포함
  - 실증시설·장비뿐만 아니라 입주기업이 활용 할 수 있는 연구동 및 사무실 시설 등도 운영



- **(실증시설·장비 운영) 유사기관은 주로 실증시설 및 실험시설을 관리·운영하며 자체 진행 연구에 이용하거나 기업 및 민간연구시설과 공동활용하고, 공동활용 시 기술지원을 제공함**
  * 물산업 클러스터의 경우, 전문 인력이 필요한 부분에서 위탁운영을 고려 중임
- **(연구 수행) 주로 자체연구, 수탁연구 및 공동연구로 나뉘며 연구주제는 주로 공공·공익과 관련됨**
  - 시험기준 및 가이드라인 제시와 기술 표준화를 위한 연구, 관련 산업 및 시장에 대한 조사, 관련 산업의 효율성 증진에 대한 연구 등을 수행
- **(기업 지원) 주로 산업육성을 위한 활동으로 사업화 지원, 금융지원, 자문활동 등을 기업에 제공**
  - 싱가포르 물산업 클러스터는 국가 전체를 물 산업 테스트베드로 활용, 창업지원, 실증테스트, 수출 지원 및 국내외 70개 기업이 입주
  - 대구 물산업 클러스터는 기업 연구소를 직접 입주시켜 다양한 기술·금융·세제지원은 물론 연구시설·장비의 공동활용을 제공
- **(교육 및 홍보) 대부분의 유사기관에서 홍보를 위한 자료 제작 및 성과 공개를 진행하며, 기술 시연과 open day 등의 이벤트를 진행하기도 함**
  - 교육의 경우 전문가 양성을 위한 전문 교육과정 혹은 교육기관을 운영하기도 하며, 파견교육이나 세미나 등을 진행
  - 벨기에 EnergyVille에서는 파트너 기업에 맞춤형 업무수행 및 신사업 모델 개발을 진행
  - 일본 국토기술정책 종합연구소에서는 재해 복구를 위한 Tech Force 파견을 진행
- **(제도화) 국내외 모두 산업별 통합 실증시설 구축을 통한 기술개발 및 법제도 정비 등 상용화 지원을 적극 추진 중**
- **(본 사업) 종합실증단지 조성의 목적 달성을 위해 주요 기능과 역할을 설정하고 이를 위한 주요 추진사업으로 검인증 시험서비스, 표준기술 및 시·실험기술 연구, 신기술 사업화 실증지원, 연구시설·장비 공동활용 지원, 교육·홍보 및 기타 부가사업으로 구분 추진 필요**
  - 기술개발 검증 및 실증시설, 사업화 지원 프로그램, 개발된 기술·제품의 상용화를 위한 테스트베드, 기업의 기술개발 성과의 국내외 시장 진출을 위한 데모·reference 제공 등을 위한 기능 및 역할 수행을 위해서는 정책, 제도적 기반을 함께 마련하고 관련 분야 전문성 확보가 중요함
  - 따라서 12종의 기존 국토교통 연구인프라와 연계하여 미흡한 분야의 실증단지 조성을 통해 실증실험 체계 및 제도를 개선하고, 실험절차 및 방법 개발, 기술 인증, 실증성과 확산, 융복합 실증실험 전문인력 양성, 기술실용화 및 사업화 지원 등을 우선 추진
  - 향후에는 이를 기반으로 산업단지 및 국민 체감형 리빙랩 등과 연계를 통한 실증시범사업 확대를 적극 추진하여 R&D 성과의 실용화 제고를 위한 지원사업 등을 추진
  - 종합실증단지 운영기관이 이러한 사업을 안정적으로 추진하기 위해서는 법적 지위를 확보할 수 있도록 법·제도적 근거를 마련
    * 실증단지를 기반으로 건설교통분야 기술 실용화 및 시험인증산업 육성을 위한 법·제도화 마련
    * 실증 실험시설 및 실증 T/B를 통해 기술검증이 이루어진 경우, 시험시공 실적으로 인정하도록 신기술제도 등을 개선
    * R&D 성과를 실증 T/B 구축시 종합실증단지 내에 구축하도록 의무화하여 타 과제 공동활용을 통한 R&D 예산 절감

수익창출

- 유사 기관은 주로 실증시설 및 실험시설 이용료, 수탁 연구비용 등을 통해 수익을 창출하고, 실증/실험 시설 외에 사무실 등 시설 임대를 통한 수익을 창출하기도 하며, 편의시설 및 전시, 세미나를 위한 시설을 운영하여 부가 수익을 창출하기도 함
  - 물산업 클러스터의 경우에는 워터캠퍼스와 같이 부설 교육기관을 운영하는 사업모델을 포함함
- (본 사업) 종합실증단지 조성의 목적에 맞게 실증시설·장비 및 부지 등을 활용한 시험인증 서비스, 연구시설·장비 공동활용 및 신기술 등 실증 T/B 부지 임대 등을 통한 운영수익을 확보
  - 부가적으로 첨단 실증시설·장비를 활용한 시험·분석 기술개발 및 표준화 연구 등 민간에서 추진하기 어려운 정책적 연구를 추진할 필요가 있음
  - 또한 실증단지에 구축된 실증 T/B 등의 운영관리와 홍보를 통해 해당 기업의 기술사업화 지원 등으로 부가 수익 창출도 가능



제 3 절 종합실증단지 기능 및 역할

1. 주요 기능 및 역할

■ 기능 및 역할 설정 시 핵심 고려사항

- 종합실증단지 조성의 비전 실현과 목표성과 달성에 필요한 기능과 역할 부여 필요
- 국토교통 R&D 실용화 지원을 통해 활용도를 제고할 수 있는 실질적 역할 부여가 중요
- 종합실증단지의 실제 수요자(기업, 연구자, 정부) 관점에서 필요한 기능 설정 필요
- 미래 확장성과 국제협력 등을 통한 대외적 위상강화를 통해 가치창출이 가능하여야 함

■ 종합실증단지의 기능 및 역할 설정

- 첨단 현장실증장비를 갖춘 국토교통연구의 허브로서 R&D 성공률 제고 및 기술역량 향상에 기여

비전 실증기반 기술 혁신을 통한 국민 체감형 사회적 이슈 해결 및 미래 신산업 창출

운영 목표

- 종합실증인프라 HUB로서의 역할 강화를 통한 국토교통기술의 실용화 제고
  - 사회적 측면 : 공공·공익적 사회이슈(안전, 주거환경 등) 해결을 통해 국민의 삶의 질 개선
  - 산업적 측면 : 세계적인 실증단지 기반의 국토교통 미래 7대 新산업분야 선도
  - 기술적 측면: 국토교통 R&D 융복합 기술 실용화(상용화·홍보·보급)

주요 역할

- (실효성있는 검인증 서비스 제공) 실제상황과 동일하거나 유사한 환경에서 검인증을 실사하여 신뢰성있는 검인증 결과 제공
- (표준기술 및 시·실험 연구 통합추진기관) 민간기업이 추진하기 어려운 새로운 시·실험 표준화 방법을 국가정책적 차원에서 연구하는 핵심기관
- (신기술사업화를 위한 Test Bed) 현장시험이 가능한 시험환경을 제공하여 신기술의 실용화와 사업화에 필요한 기간을 단축하고 각종 지원체제를 구축하여 신기술 사업화와 벤처육성에 기여
- (실험설비 공동사용을 통한 경제성 확보) 사용빈도 등의 이유로 개별기업이 보유하기 어려운 실증시설, 현장부지, 연구장비를 공동활용함으로써 규모의 경제를 활용한 경제성 확보

추진 방향 및 기대 효과

종합실증단지 조성 방향	기대효과
• 실증환경을 활용한 신속한 기술실용화와 실증시설 공동·연계 활용을 통한 경제성 확보 • 융복합 기술 기반의 종합적 실증환경 구축을 통한 개발기술의 빠른 실용화·상용화 촉진 환경 제공 • 고부가가치 기술 검인증 능력 향상 및 선진국형 실증인프라 기반 마련 • 다부처 R&D 및 산업간 연계활용 극대화를 위한 Open Innovation Platform 구현	• 정부정책, 국민의 요구사항, 기업의 니즈에 부합하는 선진 연구인프라 확충 및 선도적 국토교통연구 입지 구축 • 미래 기술변화 및 수요에 능동적 대처 • 다부처 공동활용 등 기술-산업 생태계 변화에 효율적 대응 • 실증시설간 연계활용 시너지 창출 • 4차 산업혁명 및 융복합기술 대응 • 전통적 국토교통기술의 혁신 • 고부가가치 글로벌시장 창출 대응 • 국가적·사회적으로 중요한 안전이슈를 효율적으로 대응 • 개발기술의 신뢰성·안전성 확보 • 자원/에너지의 안정적 확보 및 관리



[그림 5-16] 종합실증단지의 기능 및 역할

주요 기능

- 실험·실증 및 검인증 서비스, 연구시설·장비 공동활용 지원
- 시험표준 연구개발 및 국제협력·공동연구(인력교류) 수행
- 실증성과 전시·홍보, 기업의 사업화 reference 제공, 실험컨설팅 서비스
- 전문 건설기술자(신기술, SOC 보수보강, 제로에너지, 물순환 등) 현장 실습교육(건설기술인협회 등 연계) 등

주요 역할

- 국토교통 R&D 실험·실증연구인프라 컨트롤타워로서의 역할 담당
- 국토교통 R&D의 실증 Test-bed를 종합실증단지 내에 유치하여 R&D 성과의 실용화를 제고
  * 현재 예타 추진중인 사업(건설자동화, 지하라이프라인 등)뿐만 아니라, 향후 국토교통 R&D 사업으로 추진되는 다양한 실증 Test-bed의 구축을 종합실증단지로 유치
- 국토교통 연구인프라(시설·장비)의 공동활용·성과관리 등의 공적 기능을 부여하여 전담관리기관으로서의 역할 수행
- 전국에 분산되어 타 기관 및 대학교에 위치해 있는 기존 12종 KOCED 국토교통 대형 실험시설 및 타 기관에서 운영하는 여러 실증시설에 대한 연계활용 추진
- 효율적인 검인증 체계 수립 및 시행, 국가 정책과 연계된 선도기술 연구, 기업과의 공동활용, 신기술 사업화 등 다양한 분야에서 기술실용화 HUB로서 통합적 선도적 역할 수행

국토교통 R&D 정책 실현의 중추적 도구로 활용

- 신산업 창출, 미래기술 대응 및 기술혁신, 고부가가치 기술 해외진출 지원, 국가 정책 실현, 국민의 안전 및 편익 창출 등
- 민감한 사회적 이슈문제 해결을 위해 기술기반의 실검증을 통한 정책수립 및 검증 지원
  * 제로에너지건축물인증제 시행, 물순환 재이용 정책 실현 및 물순환 도시재생 가이드라인 마련, SOC 시설물 내진 안전대응 정책 및 내진보강 가이드라인 마련, 신기술 활성화 제고 등



- 국토교통분야 국가 실증HUB로서 대형연구시설 기반의 국제협력·공동연구 활성화를 통한 국가 기술력 제고
- 민간기업의 국토교통 R&D 개발기술 및 신기술과 시장을 연결해주는 산업생태계의 Bridge 역할 수행
  - R&D 성과의 성능 검인증 강화를 통해 개발기술이 곧바로 시장에 적용될 수 있는 환경 제공
  - 정책·제도 개선을 통해, 신기술의 현장시험시공 인증을 본 종합실증단지에서 수행함으로써 신기술의 신뢰성·안전성 확보로 사업화 촉진

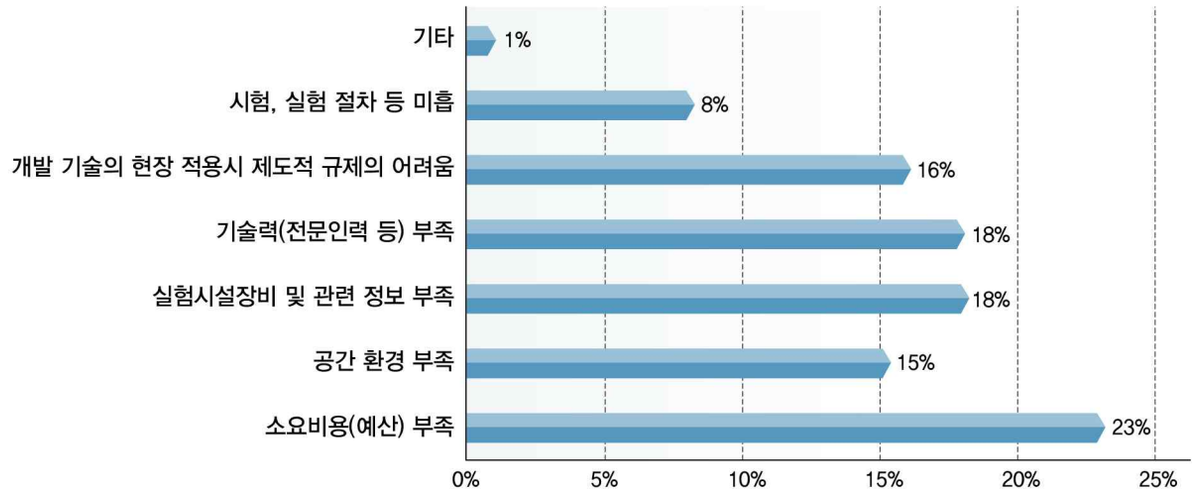
수혜자 요구사항

- 국토교통분야 연구자를 대상으로 종합실증단지의 기능 및 역할 조사함
- (기술 실증 애로사항) 국토교통 기술의 실용화·사업화 추진 시 기술실증(검인증 포함) 관점에서의 애로점으로는 소요비용(예산)이 부족하다는 응답이 가장 많았으며, 실험시설·장비 및 관련 정보 부족, 기술력(전문인력 등) 부족 등이 도출됨

[표 5-15] 기술 실증·검인증 과정의 애로사항

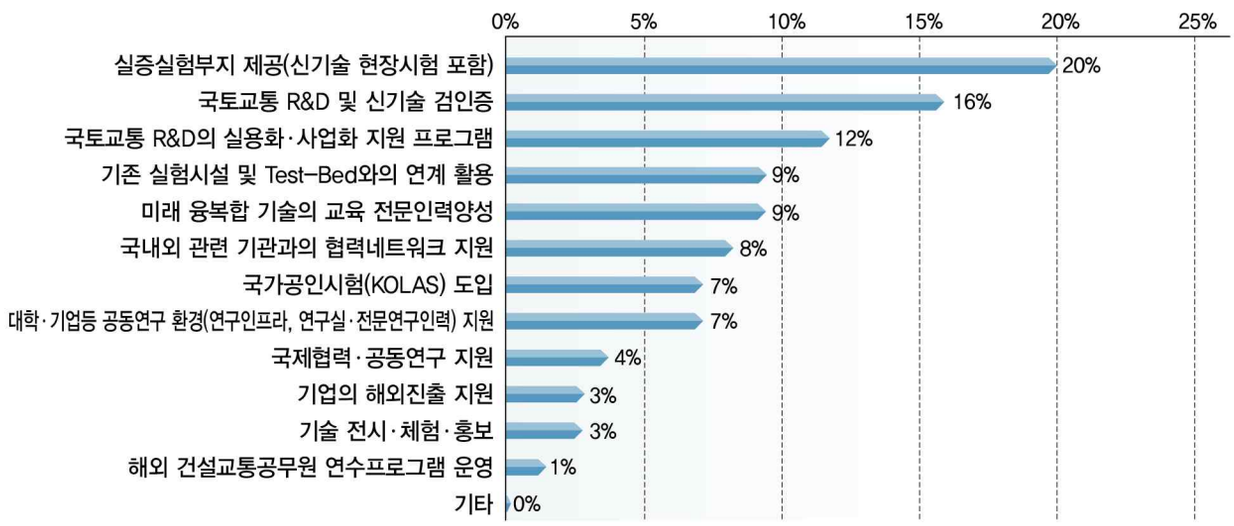
구 분	기업	공공기관	민간연구소	학협회	대학	기타	계
소요비용(예산) 부족	241	176	10	14	106	15	562
공간·환경 부족	126	146	11	16	63	10	372
실험시설·장비 및 관련 정보 부족	162	149	16	16	91	8	442
기술력(전문인력 등) 부족	169	141	11	13	99	5	438
개발 기술의 현장 적용시 제도적 규제의 어려움	171	126	7	11	66	8	389
시험·실험 절차 등 미흡	66	84	5	3	41	2	201
기타	12	7	0	0	4	0	23
계	947	829	60	73	470	48	2427

- 기타 애로사항으로는 성과 중심의 정책적 문제점, 실증에 대한 체계적 시스템·시설 등 전반적으로 미흡한 점이 강조되었음
  * R&D기술의 경우 실내실험의 검증결과와 실증결과는 차이가 크게 발생하며, 이를 보완해줄 수 있는 기술 인증 기반이 매우 미흡함
  * 정책적으로 R&D기술 개발 등의 경우 성과 중심의 연구개발을 요구하여 연구자들의 어려움이 크며, 제도적 규제와 현장에서의 과감한 기술 수용이 매우 미흡함
  * 관련 실험의 축적된 데이터 관리 미흡 등



[그림 5-17] 기술 실용화·사업화 추진시 애로사항(설문조사 결과)

- (기능 및 역할) 종합실증단지 구축 시 포함해야하는 기능·역할에 대해서는 실증실험부지 제공 (신기술 현장시험 포함)이 20%, 국토교통 R&D 및 신기술 검인증이 16%, 국토교통 R&D의 실용화·사업화 지원 프로그램 12% 순으로 많은 응답을 보였음



[그림 5-18] 종합실증단지에 요구되는 기능 및 역할(설문조사 결과)



2. 실증시설 활용 계획

2.1 활용방안

실증시설별 활용 계획

[표 5-16] 종합실증단지 내 실증시설별 기능 및 활용 계획

구 분	주요활용 계획	활용 기관
제로에너지 빌딩 종합실증시설	· 제로에너지 관련 개발 기술 · 제품의 성능 · 품질 시험평가 및 검인증 · 실증실험 위주의 건설자재 에너지 효율 성능평가 · 에너지 발전설비 종합평가 · 건축 환경 · 에너지 분야에서 Total Solution Provider로 활용 · 교육프로그램을 통한 관련 분야 운영 센터와 연계 활용	신재생에너지 관련 개발 기관 및 업체 국토교통 및 환경 · 에너지 연구 수행기관 정부(지자체) 등
스마트 도시물순환 종합실증시설	· 국내 연구자 및 기업에서 개발한 기술 및 장치에 대한 성능평가 및 검인증 · 개발된 기술 및 제품의 실용화/상용화를 위한 T/B 제공 · T/B와 국내 진입실적으로 track record 확보 후 해외시장 진출 지원 · 인프라시설의 운영을 통한 교육, 기술 컨설팅 등의 종합서비스 제공	국토교통 및 환경 R&D 연구 수행자, 정부(지자체), 도시물순환 관련 기관 및 업체 등
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	· SOC시설물, 건축물 등 내진설계 · 보강 기술 검인증 · 제진, 면진장치의 성능 검인증 · 비구조요소 설비 · 시스템 · 제품의 시험인증 · 내진관련 신기술 시험 검증 · 내진관련 전문 인력 교육, 홍보 등	국내외 내진기술 개발 기관 내진관련 표준, 기준 제정 기관 정부(지자체) 등
분산형 SOC시설물 테스트베드	· 분산형 노후인프라의 연구활용 – 폐시설물, 시험체 확보를 통한 연구활용 지원 · 손상된 실험체의 안전진단, 유지관리/보수보강 기술 적용 후 성능 검증 등 · 안전진단, 유지관리 등 국토교통 R&D 기술, 신기술 검인증을 위한 부지제공 및 기술 제공 등	SOC안전진단, 보수보강 관련기관, 업체 국토교통 R&D 연구 수행자 정부(지자체) 등
R&D 및 신기술 테스트베드 부지지원	· 신기술 발굴 및 사업성 평가 · 사업화를 위한 프로토타입의 개발 및 실증실험과 검인증 · 연구개발 인프라가 부족한 중소기업 지원 · R&D 성과의 실증을 통한 실용화 및 사업화 · T/B의 공동활용 · 신기술 개발/발굴을 위한 프로그램운영 통한 인재양성 등	국토교통 R&D 연구수행기관 및 업체 신기술 개발을 하고 있는 중소기업 정부(지자체) 등

주요 활용방안

- 주요 실증분야별 산학연 네트워크를 구축하여 공동활용 활성화 추진 및 실증인프라 지원
- 국토교통분야 국가 실증HUB화를 추진하여 국제협력 네트워크 구축 및 미래 신성장 기술 선도
  - 국내외 실증/연구시설간 네트워크 구축 (시설, 전문인력 등)
- 기존 연구인프라 연계활용 추진
- 신기술 지원 및 기업의 기술실용화 지원 추진
- 국토교통 연구시설·장비 공동활용 및 운영관리 전담 컨트롤타워 역할 수행
- 시험·분석 기술 개발 및 표준화를 통해 국토교통 시험서비스 산업 고도화
- 시험·실험·실증 관련 정보 DB 구축을 통한 Open data 기반의 새로운 서비스 시장 창출
- 기술 홍보, 기업의 해외진출 reference 제공, 국내외 발주처 기술견학 및 대국민 체험 등 제공



TRL 단계별 연구인프라 활용범위

○ 국토교통분야 기술·제품/신기술/신공법 등에 대한 TRL 단계별 연구인프라 적용범위를 정의하고, 이로부터 본 실증단지의 활용범위 및 기능을 도출함

– (시험평가 환경) 종합실증단지 내 실증시설 및 실증환경은 현장모사/현장평가를 기본으로 하여 공인시험기관으로서 성능인증을 포함

– (시험평가 항목) R&D 기술의 경우, 연구자 또는 생산기업에서 공급하는 기술/사양에 대한 평가뿐만 아니라 신기술 인증 및 공공건설사업 적용을 위한 기술검증 차원에서 공공 발주처의 요구/지정사양에 대해서도 평가 수행. 또한 R&D 기술/공법의 검증·평가 방법 등에 대한 표준화 연구도 병행

– (시험평가 주체) 시험·실험평가 결과에 대한 신뢰성을 확보하고 나아가 국토교통 기술 기반의 사회적 이슈에 대한 정책적 검증을 위해서는 독립성과 객관성을 갖춰야하기 때문에 공인인증기관 및 표준제정기관화 하여 운영

[표 5-17] TRL 단계별 종합실증단지의 활용범위 정의

구분	TRL	설명	시험평가 주체	시험평가 항목	시험평가 환경	시작품 생산규모
기초 연구	1	기초이론/시험	–	–	–	–
	2	아이디어, 특허 등 개념정립	–	–	–	–
실험 연구	3	기본성능 검증	연구기관	기본사양, 선택사양	실험실평가/ 전산모사	시험샘플/개념설계/ 기본시스템 구성
	4	소재/부품/시스템의 시작품 제작 및 성능평가	연구기관 공인인증기관	핵심사양	실험실평가	시작샘플/시편/ 기본시스템 구성
실용 연구	5	확정된 시작품 제작 및 성능평가	연구기관 공인인증기관	생산기업 공급사양	실험실평가/ 현장모사평가	실험실 시작품
	6	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능평가	연구기관 공인인증기관	생산기업 공급사양 또는 수요기업 지정사양	실험실평가/ 현장모사평가	준양산 시작품
실증 연구	7	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	공인인증기관 수요기관	수요기업 지정사양	현장평가	준양산 시작품
	8	시제품 인증 및 표준화	공인인증기관 표준제정기관	인증/표준항목	현장평가/공인시험 기관평가	실용가능 시제품
사업화	9	사업화	–	–	–	양산

제 4 절 운영 방안 및 사업모델

1. 운영전략

■ (비전) 국토교통기술 실용화 및 신산업 창출 선도를 위한 글로벌 실증HUB로 도약

■ (목표) 정부차원의 "기술–시장" 연계가 가능한 "기술실용화 생태계" 조성

○ R&D를 통해 개발된 기술·제품이 쉽고 빠르게 시장에 진출할 수 있도록 성능 검인증 등 실용화 지원환경 제공



[그림 5-19] 종합실증단지 운영방안

■ 중점 운영전략 및 세부 추진사항

중점 전략	목 적	세부 추진사항
운영관리 체계화	국토교통 연구인프라 운영역량 강화	· 시험장비 및 서비스 전문인력 양성 · 시험규격 및 분석 방법 개발 · 국토교통 연구인프라 역량 강화를 위한 제도 마련
공동활용 촉진	국토교통 연구인프라 공동활용 활성화	· 국토교통 연구인프라 공동활용 성과관리 강화 · 신기술·신공법 현장시험인증 제도 마련 · 연구인프라 활용 기술개발 컨설팅 지원
협력 네트워크 강화	대형 연구인프라 기반 협력네트워크 활성화	· 국토교통 시험서비스 산업 육성 · 미래 신산업 분야 기술선도형 국제연구 추진 · 신산업 분야 전문인력 양성 및 협력사업 추진

2. 사업모델

2.1 사업분야 도출

본 실증단지의 기능 및 역할로부터 주요 사업모델을 설정

- 국내외 타 유사기관(실증단지, 클러스터 등)의 사례를 벤치마킹하고 본 사업의 실증단지 조성 목표 달성을 위한 기능 및 역할로부터 사업모델을 도출함
- 주요 사업모델은 검·인증 시험서비스, 표준기술 및 시·실험기술 연구, 신기술 사업화 실증지원, 연구시설·장비 공동활용 지원, 기타 교육·홍보 및 부가사업으로 설정함



[그림 5-20] 종합실증단지의 기능 설정 및 사업구분

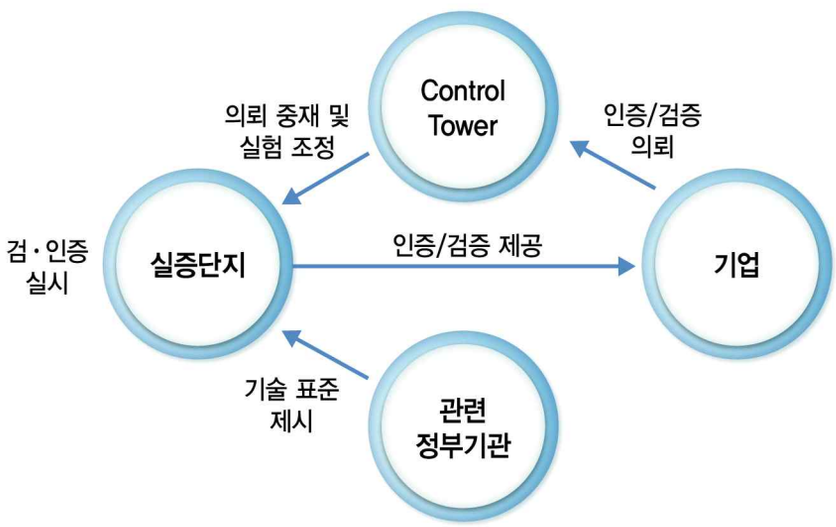
2.2 검인증 서비스 사업

사업 목적 및 내용

- (사업 목적) 표준화된 시험규격에 따른 기술·제품의 성능검증을 수행하고 KOLAS, KEPIC 등과 같은 공인된 시험성적서를 발행함으로써 검인증 시험의 신뢰성을 확보
- (사업 내용) 각 실증시설별 해당 분야 기술·제품 등에 대한 검인증 시험서비스 수행
  - 건물에너지 : 창, 문, 유리, 단열재 및 바닥재 등의 건물 패시브 요소의 단열, 기밀, 열차단 성능에 대한 검인증을 시행함. 환기 시설, 냉난방 시설, 조명 시설 등의 설비의 효율 및 능력에 대한 검인증을 시행함. 전력저장, 태양열, 태양광 등의 신재생에너지 기술의 효율과 성능에 대한 검인증을 시행함. 건물에너지 관리시스템의 효율에 대한 검인증을 수행
  - 스마트 도시물순환 : 식생체류지, 옥상녹화, 빗물정원 등의 스마트 그린인프라 및 스마트 워터그리드의 성능에 대한 검인증을 수행
  - 실대형 구조물 내진성능 : 건축물 및 SOC의 시설물의 내진성능에 대한 검인증 및 원자력 등 발전시설·기계설비의 진동 내구성을 검증

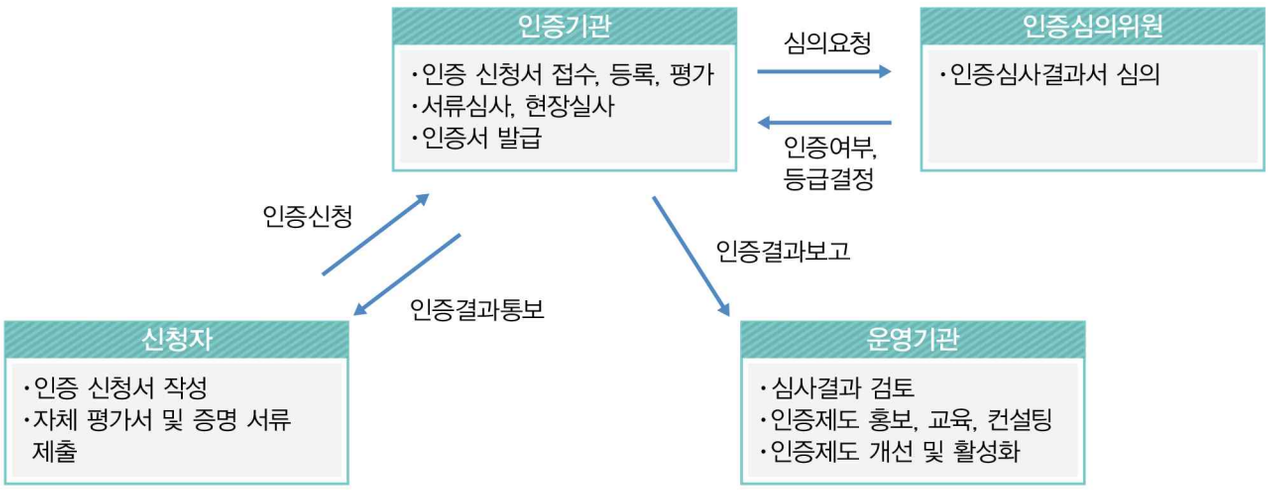
사업 수행 구조 및 프로세스

- (역할과 책임의 분리에 의한 검인증의 신뢰성 확보) 검인증의 기준은 국토교통부 등 관련 부처에서 설정하고, 검인증의 신청 및 배정절차는 컨트롤 타워 역할을 수행하는 기관에서 수행하고, 실증은 실증단지, 대형실험센터 등 실증기관에서 수행하도록 하여 검인증의 공신력 제고
  - 검인증 절차 및 제도는 일반적으로 신청자가 인증기관에 인증 신청, 접수 후 서류심사와 현장실사 등을 거쳐 인증 심사 결과서를 받고, 인증심의 위원회에서 인증여부와 등급이 결정된 후 인증서가 발급되며, 보완이 필요할 경우 서류 보완 및 재심사가 이루어짐
  - 유사 기관인 환경산업연구단지의 경우 입주기업에 대해 검인증의 편리성을 높인 원스톱 검인증 제도를 실시하고 있으며, 실증단지는 검인증 절차에서 신청 후 과정 및 일정 조율을 통해 단일 검인증 대비 복잡할 수 있는 시스템 단위 검인·증 및 이종산업간 검인증을 원스톱 제도로 운영하는 방안을 고려 가능함
- 장기적으로 제도적 개선을 통해 시험시공 의무화에 따른 실증부지 제공 및 신기술 신청시 공공 Test Bed 및 시험실적 대체 인정 등의 방안 마련을 통해 신기술 지정 및 검인증 제도 개선



[그림 5-21] 검인증 사업모델

- (사업 수행 프로세스)
  - 검인증 범위 및 대상 규정: 주무부처에서 산업의 현황 및 국가정책을 고려하여 설정
  - 검인증 기준 마련: 객관성 확보와 국가정책 반영을 위하여 주무부처에서 규정
  - 검인증 절차 규정: 실증단지 등 실험기관과 컨트롤 타워역할을 수행하는 기관이 마련한 검인증 절차에 대하여 주무부처에서 승인하여 결정(국가 시험규격인 KS 등)
  - 검인증 수행 및 결과의 통보 및 사후관리: 실증기관이 마련하여 주무부처의 승인을 득함
  - 검인증 기준의 변경 개선 및 검인증대상의 규정변경 등 검인증사업 변경관리: 주무부처는 기술 및 산업환경의 변화를 반영하여 지속적 검토 및 보완



[그림 5-22] 일반적인 검인증 사업 모델

2.3 표준실험절차 개발 등 연구개발

■ 사업 목적 및 내용

○ (사업 목적) 실험 프로세스의 표준화를 통한 기술검증 시험비용 절감, 기술 표준 마련을 통한 기술 안전성 확보를 통하여 국토교통 산업 발전을 촉진하고, 국민 삶의 질 향상과 국가 경쟁력 제고 등 공익 목적의 달성을 추구함

– 표준실험절차에 따른 검인증 제도를 체계화 하여 불필요한 재검증 절차를 간소화하고 신기술 도입 시기 단축 등 검인증의 효율성을 향상시키며, 검증 신뢰도를 높여 실제 산업 현장에서의 신기술 활용을 촉진함

○ (사업 내용) 실험 프로세스 표준화 연구, 기술 표준 연구 및 외부 연구 기술 지원

– 미래 도시·생활인프라 실현형, SOC 안전 확보형, 자원·에너지 대응형 실증 시설을 이용한 성능평가 및 실험에 대한 가이드라인과 실증시설활용매뉴얼, 실험절차서 등을 마련함

– 현 시험규격이 미비한 항목에 대하여, 실증시설을 활용한 시험표준 개발 및 기준 연구를 진행하고 시험·평가 방안을 마련함

– 실증시설을 활용하여 해당 기술의 표준 마련을 위한 연구를 진행함

– 중심 연구시설 및 SOC 시설물 분산형 실증 Test Bed 등 연구 활용 가능시설을 R&D 전문기관과 연계하여 연구를 진행함

– 국토교통 R&D 종합계획에 따라, 향후 실험절차 및 실증 방법 등에 대한 표준개발 R&D가 적극 추진될 계획으로 관련분야 시장 증가로 신산업 분야에 대한 시험표준 및 R&D 기술·제품에 대한 표준화 연구 수행

– 표준개발협력기관(COSD) 지정 확대를 통해, 국내 건설분야 시험표준은 물론 국제표준화 사업의 발굴 및 수행

■ 사업 수행 구조 및 프로세스

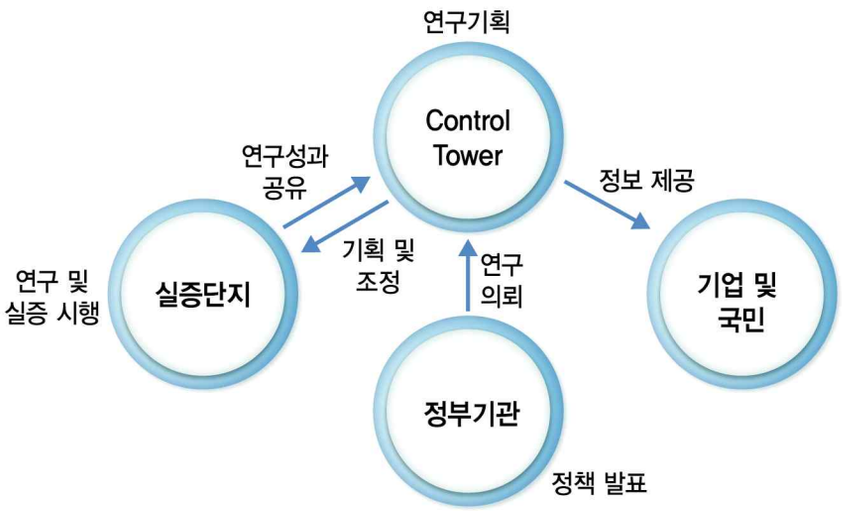
○ (사업 수행 구조) 실증시설 활용도 향상 및 비용 효율성 향상, 국가의 R&D 정책과제와 방향을 고려하여 연구 우선순위를 선정하고 실험 및 시험·평가 과정을 체계화 하여 국가의 R&D정책목표 달성에 기여함

– 컨트롤타워는 국가 정책 및 실증단지의 효율적인 활용을 고려하여 연구 과제를 기획하며, 실증단지 설비를 활용하여 실험 프로세스 및 시험·평가 방안을 연구함

– 수립된 실험 프로세스 및 시험·평가 방안 활용 시, 효율적 활용을 촉진하기 위해 컨트롤 타워에서 기술지원을

수행함

– 전문인력 및 정부 예산투자가 필요한 연구사업은 컨트롤타워가 기술지원 및 시설관리를 전담하고, R&D 전문기관에서 연구를 진행함



[그림 5–23] 표준기술 및 시실험기술 연구 사업모델

◎ (사업 수행 프로세스)

– 연구사업의 정의 및 범위 설정

– R&D 중장기과제 선정 및 단기 사업계획 수립

– R&D 과제별 수행계획의 수립 및 이행

– R&D과제 이행과정 및 결과의 성과평가 및 개선활동 수행

– 연구사업의 성과평가 및 개선

– 연구결과 활용을 위한 후속지원 시행

2.4 신기술 사업화 지원 사업

◪ 사업 목적 및 내용

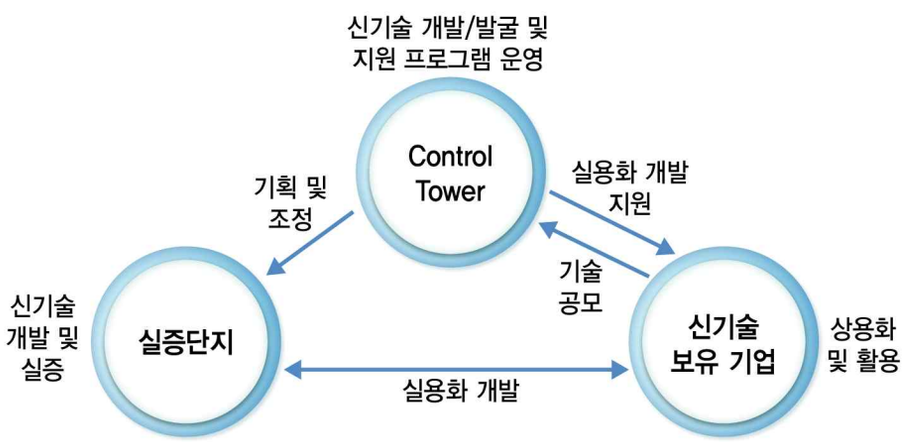
◎ (사업 목적) 자체적으로 신기술을 사업화할 수 있는 역량이 부족한 벤처기업 등을 위하여 경쟁력 있는 신기술의 사업화를 지원하고, 실제 상황과 동일 혹은 유사한 환경에서 실증실험을 할 수 있도록 하여 신기술의 상용화 및 사업화를 촉진함

◎ (사업 내용) 신기술의 발굴 및 사업성 평가, 사업화를 위한 프로토타입의 개발 및 실증실험과 검인증을 지원하고, 재원조달 및 판로개척 등 기업육성과정을 지원함

사업 수행 구조 및 프로세스

(사업 수행 구조) 컨트롤 타워는 신기술 개발/발굴을 위한 프로그램을 기획하여 운영하며, 신기술 공모를 통해 선별된 기술에 대해 실용화 개발 및 후속지원을 시행함. 해당 기술 보유기관과 실증단지가 협업하여 실용화 개발을 진행함

- 국토교통 R&D중 기술사업화와 연계하고 국토부의 건설·교통신기술 인증제도 및 녹색기술 인증제도와 연계하여 기업의 신기술 현장 시험시공을 제공
- 신기술 사업화의 단계는 일반적으로 초기–검증–적용 단계로 구분되며, 초기단계에서는 실험실(lab) 중심의 수요기반 R&D기획, 검증단계는 엔지니어링센터(fab)중심의 개념증명(PoC) 및 시제품 제작, 적응단계는 비즈니스 중심의 관리로 이루어짐
- 실증단지는 검증단계의 기술을 적응단계로 끌어올리고, 후속지원 및 사후관리를 통한 사업정착을 지원하는 역할 수행이 필요함
- 특히 연구개발 인프라가 부족한 중소기업을 지원하는 역할 수행이 필요함



[그림 5-24] 신기술 사업화 사업모델

(사업 수행 프로세스)

- 신기술사업화의 정의 및 범위 규정
- 신기술사업화 사업구조 구축(신기술사업화에 대한 도급용역방식의 지원, 공동사업 수행방식의 지원, 정부출자 등의 사업구조 대안별 구축방법 규정)
- 신기술사업화 계획의 수립 및 이행과정에 대한 규정
- 신기술사업화 과정의 성과평가 및 사후관리
- 신기술 사업화 사업범위, 사업구조, 실행과정, 성과평가 등에 대한 개선 및 변경관리

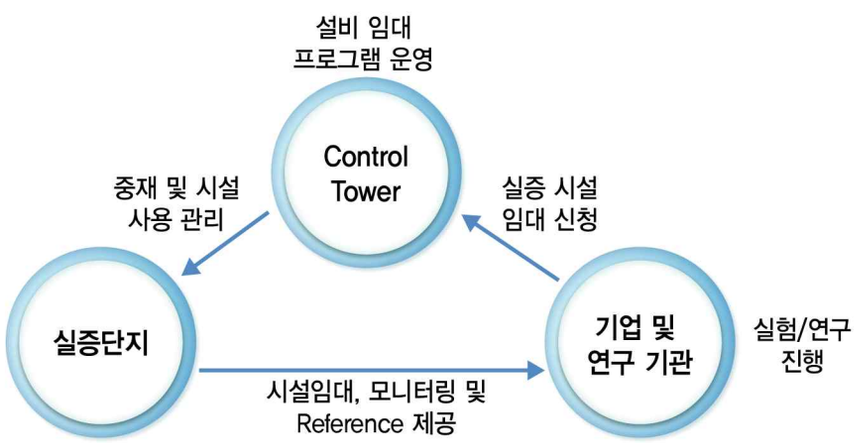
2.5 연구시설·장비 공동 활용

사업 목적 및 내용

- (사업 목적) 개별기업은 경제성이 없어 구축할 수 없는 실증단지를 구축, 공동활용함으로써 설비인프라 투자 없이 실증실험을 통하여 기술개발이 가능하도록 함
- (사업 내용) 기업 및 민간 연구기관이 실증단지 시설을 이용하여 연구 및 실증 실험을 진행할 수 있도록 Open Innovation Platform을 구축하며, 설비의 활용도를 제고하고 기업의 인프라 구축비용을 절감할 수 있도록 기여함
  - 실증시설 공동활용 : 실증을 위한 시설 대여 및 설비 이용에 필요한 기술을 지원함
  - 현장부지 공동활용 : 기술 및 제품의 실험 및 시연에 필요한 현장 부지를 제공함
  - 연구장비 공동활용 : 각종 장비를 지원하여 실험 진행의 용이성을 제고함

사업 수행 구조 및 프로세스

- (사업 수행 구조) 컨트롤 타워는 설비 공동활용을 위한 프로그램을 기획/운영하여 시설 사용을 관리하며, 실증단지는 사용과정 모니터링 및 시설관리 서비스를 제공함
  - 싱가폴 PUB의 경우 실증시설을 이용하는 모든 실험의 경과와 성과를 공유하도록 하며, 공공 연구단지 및 실증시설의 경우 공익 관련 연구를 진행하거나, 연구성과를 공개할 경우 시설 이용 비용 면제 혹은 할인을 제공하기도 함
  - 대부분의 유사기관에서는 기업이 실험시설 이용 시 시설 조정 등을 통해 활용 효율성을 높일 수 있도록 시설관리 기술자 지원 등의 기술지원을 시행함



[그림 5-25] 기업 공동 활용 사업모델

- (사업 수행 프로세스)
  - 공동활용의 정의 및 범위 규정
  - 공동활용절차 정의
  - 공동활용에 따른 비용 및 대가의 산정 및 청구절차 수립
  - 공동활용장비의 개선, 신규도입, 퇴출 등에 대한 기획 및 실행절차 정의
  - 공동활용사업의 성과평가 및 개선환류활동 수행방안 수립

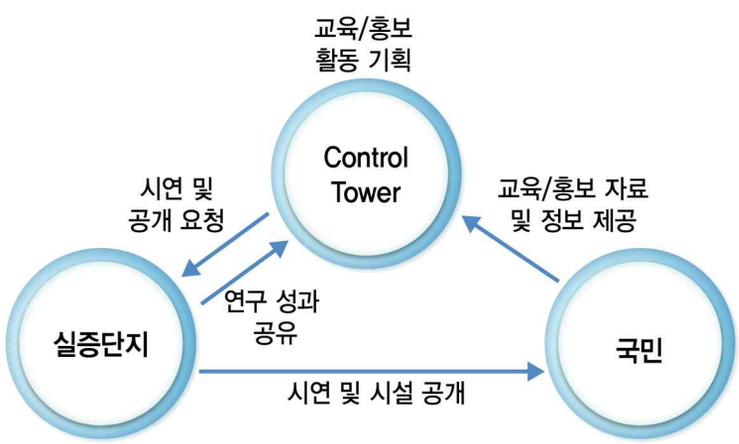
2.6 교육/홍보 및 부가사업

사업 목적 및 내용

- (사업 목적) 국토교통과 관련된 기술을 전파하고, 관련 기술의 발전현황을 공유함으로써 실증단지의 활용도를 높이고 국토교통연구의 장기적 발전을 위한 이해관계자의 요구와 관심을 제고함
- (사업 내용) 기술시연 및 신기술홍보 등의 기획/시행을 통해 국토교통 기술 혁신 중요성에 대한 이해관계자의 인식을 증진시키고, 해외 바이어 연수 프로그램을 통해 국토교통 신기술에 대한 글로벌 입지 확보 및 해외 진출의 기반을 다짐
  - 기술시연 및 신기술홍보 : 실증시설 내 교육원 및 홍보관을 이용하여 홍보 행사를 진행 할 수 있으며, 실증단지 내 Test Bed를 이용하여 파트너 기업·연구기관의 기술시연 및 홍보를 지원함
  - 해외 바이어 연수 프로그램 : 파트너 기업·연구기관 보유기술의 해외진출 활성화를 위해 해외 바이어 대상 기술 시연 및 홍보 활동과 교육서비스 제공 시 부지 및 시연·교육환경을 제공함

사업 수행 구조 및 프로세스

- (사업 수행 구조) 컨트롤 타워가 중심이 되어 교육/홍보 활동을 기획하고, 실증단지와의 협조를 통해 자료 제작 및 행사·연수 주최를 시행함



[그림 5-26] 교육/홍보 사업모델

- (사업 수행 프로세스)
  - 교육/홍보 사업의 정의 및 범위 정립
  - 교육/홍보사업기획 및 인력 확보계획 수립
  - 교육/홍보 프로그램 및 컨텐츠의 개발
  - 대상자의 모집 및 실행방안 수립
  - 성과평가 및 피드백체제 구축
  - 교육/홍보사업의 개선 및 환류체계수립

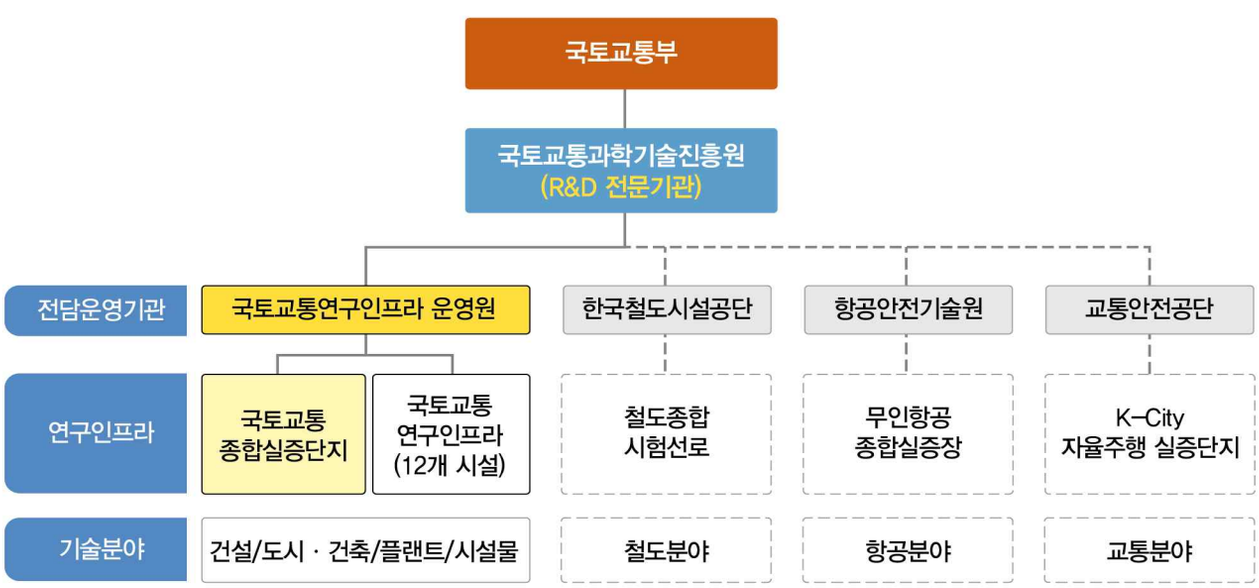
3. 운영 주체

국토교통 R&D 및 연구인프라 관리 구조

- 국토교통 관련 국가 R&D는 국토교통부가 총괄 관리
- 국토교통부 산하 준정부 기관인 국토교통과학기술진흥원에서 R&D 사업 시행 및 성과 관리
- 분산형 국토교통 대형실험시설의 예산·구축관리 등은 국토교통과학기술진흥원에서 총괄하고 있으며, 1단계 6개 실험시설은 국토교통연구인프라운영원에서 운영중

종합실증단지의 운영주체

- (공공성 강화) 국토교통기술은 국민을 수혜자로 하는 공공 인프라 기술로서, 운영주체의 공공성이 매우 중요
- (운영역량 확보) 대규모 실증단지의 운영을 위해 연구단지운영에 대한 노하우와 역량이 필요하며, 기존 실험/실증 시설과의 연계 운영을 통한 R&D 실증 HUB 구현을 위하여 R&D연계가 가능한 R&D전문기관 운영 역량이 필요함
- (독립성 확보) 공정하고 객관적인 사·실험 및 검인증 수행을 위해 기관 운영의 독립성 확보가 중요
- 따라서 공익 목적의 공동활용·운영, 실험 서비스 지원 및 정책실현(미래 신산업 창출 등)을 위해 정부(국토부)에서 주관하되, R&D 예산의 집행 및 사업연계, 실험장비 운영관리의 전문성 등을 고려하여 관리 및 운영기관을 선정
  - 국토교통 종합실증단지의 효율적 운영을 위해서는 자원배분, 전주기적 R&D 관리를 통한 성과 향상 및 시너지 창출 관점에서 접근 필요
  - 국토교통 연구인프라의 구축 및 관리 기능은 R&D 예산의 집행 및 연계활용 측면에서 R&D 전문기관인 국토교통과학기술진흥원에서 총괄
  - 기존 국토교통 연구인프라 실험시설과의 연계 활용 측면에서 이들 실험시설의 실질적 운영부분은 실험수행 노하우가 있는 기관에 위탁 가능
  - 특히 기존 조직의 노하우를 적극 활용함으로써 운영 초기부터 안정적이고 효과적인 사·실험서비스 제공 가능



[그림 5-27] 국토교통 기술분야별 연구·실증인프라 운영관리 주체



4. 운영조직

4.1 운영조직 구성 시 고려사항

- 실증단지의 기능과 역할을 충실히 실행하고 R&D 정책과 연계한 시너지 창출이 가능한 조직
- 실증단지의 운영주체, 수혜자, R&D연구인프라 역량을 고려하여 조직체계 제시
- 타 유사 실증단지/클러스터 벤치마킹을 통해 기 운영중인 기관의 노하우를 반영
- 미래 확정성을 고려하되 단계별 목표달성을 위한 투자전략 및 성과와 연계한 조직규모 마련

4.2 조직구조의 대안 검토

◪ 사업 시행 및 관리·운영이 통합된 전담운영조직 구성(별도 기관 설립)

- (장단점) 사업 시행 및 종합실증단지를 구축하고 관리·운영하는 통합된 전담운영조직(기관)을 신규로 설립할 경우, 단일 조직으로 빠른 사업시행 효과는 있을 수 있으나 R&D 예산으로 구축시 R&D 전문기관 및 기존 연구인프라 운영기관과의 기능 중복 문제 발생
- 또한 신규 법인 설립시 초기 투자비용 증가와 전문 운영 노하우 부재로 운영문제 발생 우려

[표 5-18] 사업 및 관리·운영이 통합된 신규 전담운영조직 구성의 장단점

장 점	· 사업수행 및 운영과 관리의 통합운영을 통한 빠른 사업시행 및 의사결정 원활
단 점	· 전담운영조직의 신규 설립에 따른 초기투자 비용 증가 · 기존 조직과의 기능 중복이 발생 및 운영 노하우 부족

◪ 기 설립된 기관을 활용한 전담운영조직 구성

- (장단점) 기존의 관리·운영 조직의 효율적 활용으로, 기존 조직의 노하우를 활용한 효과적 운영이 가능하나, 전담조직 구성 대비 사업 기능 분산이 다소 발생 가능

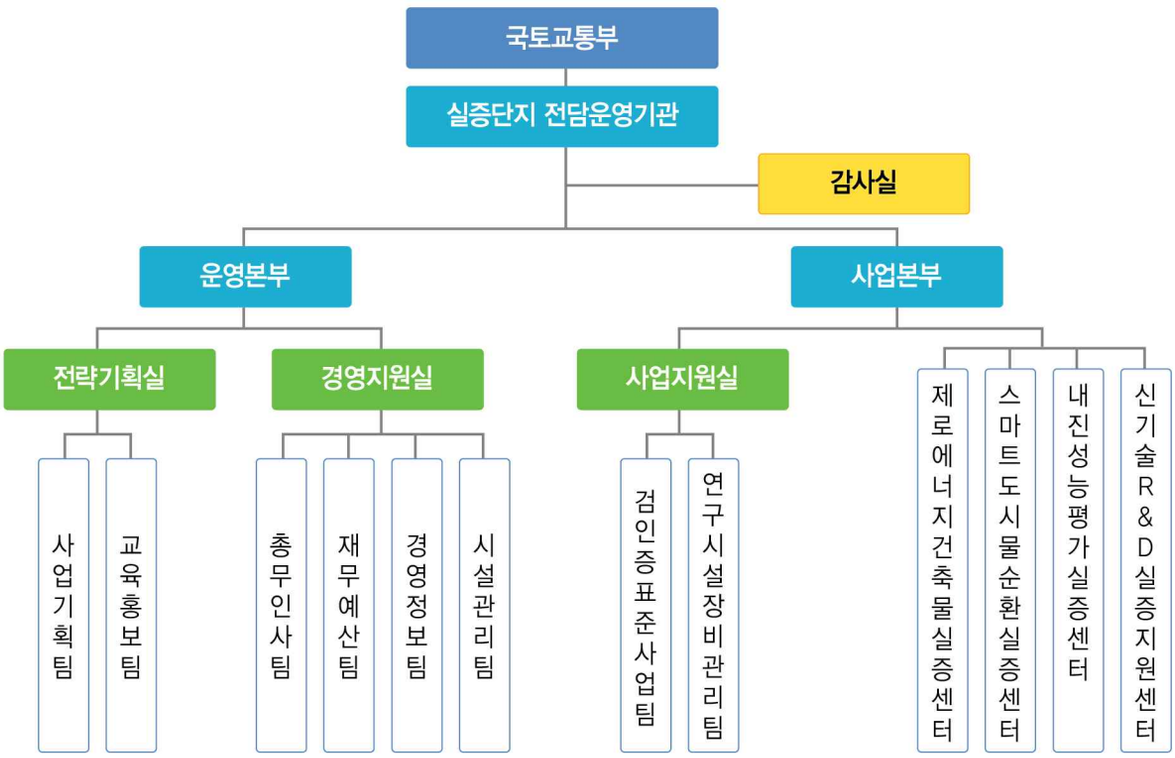
[표 5-19] 기존 기관을 활용한 전담운영조직 구성의 장단점

장 점	· 기존 관리·운영 조직의 효율적 활용이 가능 및 운영 가능 · 기존 기관 조직을 활용함에 따라 구축 및 운영단계의 예산 절감 가능
단 점	· 사업 및 관리·운영 기능 분산

◪ 권장안

- 기존 국토교통 대형실험시설의 도입·구축관리 등의 노하우가 있는 국토교통 R&D 전문기관인 국토교통과학기술진흥원에서 종합실증단지 관리와 운영을 통합적으로 수행함으로써, 자원 배분의 효율성을 확보하고, 전주기적 R&D 관리를 통한 성과 향상 및 시너지 창출 필요
- 또한 진흥원은 국토교통과학기술육성법에 따라 연구인프라의 도입·구축·관리에 대한 법적근거를 확보하고 있음
- 고비용의 전담조직 신설 없이 기존 조직을 활용하여 실질적 사업추진에 필요한 최소한의 조직을 구성하고, 운영단계의 리스크 관리 방안에 대해서는 실시단계에서 상세계획 수립이 요구됨

4.3 조직체계(안)



[그림 5-28] 전담운영조직의 조직체계

- 전담운영조직에는 운영본부와 사업본부를 두고, 운영본부에 전략기획실 및 경영지원실을 배치하고 사업본부에는 사업지원실과 각 실증시설을 센터로 배치
  - 전략기획실은 중장기 사업 전략수립, 교육 홍보 관련 업무를 전담하고 경영지원실은 재정 계획 수립, 재무회계 업무, 인사 업무, 서무 업무, 시설관리 업무, DB관리 및 IT 기술 지원 업무를 담당
  - 사업지원실은 검인증 및 표준화 사업과 연구시설장비 관리 업무를 담당
  - 사업본부의 각 4개 센터는 분야별 실증시설을 운영하며 시설·장비를 활용한 기술 검인증 서비스 등을 수행
- 특히, 기 법적 근거를 확보하고 있는 국토교통과학기술진흥원을 활용하여 전담조직을 구성할 경우, 운영본부에 필요한 기능은 내부 조직을 활용할 수 있기 때문에 추가적으로 사업본부의 인력만 필요함
  - 신규 인력을 최소화함으로써 운영단계의 운영비용을 절감할 수 있음



[표 5-20] 종합실증단지 부서별 주요 업무

구 분		주요 업무내용
CEO		· 실증단지 총괄
감사실		· 감사 업무
운영본부	전략기획실	· 사업 기획팀 : 사업계획 수립 및 업무 기획 · 교육 홍보팀: 교육 및 홍보 프로그램 기획, 추진
	경영지원실	· 총무인사팀 : 물품 구매 관리 및 인사 업무 · 재무예산팀 : 자금운용 및 회계,예산 업무 · 경영정보팀 : 연구관련 DB유지 및 IT 업무 · 시설관리팀 : 시설물 유지관리
사업본부	실증센터	· 제로에너지 빌딩 종합실증센터 · 스마트 도시물순환실증센터 · 내진성능평가실증센터 · 신기술 R&D실증지원센터등 4개 센터로 구성함
	사업지원실	· 검인증 표준사업팀 : 검인증 처리 업무 및 절차 개선 업무 · 연구시설장비관리팀: 연구 설비의 유지관리

[표 5-21] 전담운영조직의 부서별 세부 R&R(안)

구 분	부 서	주요 업무내용
운영본부	전략기획실	· 실증단지 활용 사업계획 등 전략 기획 · 주요 업무 기획 및 운영 · 재정 계획의 수립 및 집행 · 교육 프로그램 개발 및 운영(건설기술자 현장실습교육 등) · 방문 및 체험 프로그램 추진 · 교육·홍보 자료 제작 및 배포 · 사업 시행 관리 · 실증단지 운영 성과 평가 기획 및 시행 · 성과평가에 따른 개선활동 및 개선효과 측정 · 대외 기관 대응업무
	경영지원실	· 경영 전략에 따른 사업 계획 수립 · 주요 업무 기획 및 운영 · 자금의 운용·회계·예산 등에 관한 업무 · 물품 구매 및 관리 등에 관한 사항 · 인사 업무 수행 및 공문서 관리 · 연구동 시설물 유지관리 · 시스템 및 IT 관련 업무 및 실험데이터 DB 등 보안관리 · 실증단지 이용 기업 등 지원 · 국토교통 분야 시험기관 협력체계 마련
사업본부	사업지원실	· 검인증 업무 전담 : 신기술 현장시험인증에 필요한 실험 결과 처리 및 성적서 발행 · 기술 검증 및 실증에 필요한 견적, 보고서 작성 및 평가 처리 · 표준실험절차 개발 등 표준화 관련 연구 수행 · 신기술 등 사업화 지원
	실증센터	· 실증시설·장비 활용 시험·실험 검인증 서비스 · 실증시설·장비 유지보수 및 관리 · 국토교통 분야 R&D 발굴 및 수행 · 실증실험 데이터 활용

5. 인력 운영

5.1 유사기관 인력운영 사례

물산업 클러스터

○ 물산업 클러스터는 시설별 유사기관을 참고하여 인력규모를 구상하였음

– 실증화단지 : 총 9명으로 구성되며, 3명의 인원이 인증·검증 지원 및 실험성능결과 DB 화, 정보지원 업무 등 총괄관리를 수행하고, 6명의 인원이 각 시설별 시설관리와 Test Bed 지원업무를 수행함. 관리 시설의 규모는 총 51개소로 실험시설의 총용량은 31,500m^2임

– 물산업진흥센터 : 총 3본부, 10명으로 구성되며, 4명의 인원이 운영기획 및 행정업무를 담당하고, 3명이 기술개발 및 인증, 인재양성교육을 담당하고, 3명의 인원이 창업지원 관련 업무를 수행함

– 물융합 연구동 인력은 지원인력으로 연구동 유지관리 및 행정관리 등을 위한 최소인력으로 구성됨. 7명이 인원이 총면적 21,941m^2인 물융합 연구동의 R&D 발굴 지원, 민간 연구소 유치, 보안관리 행정업무 등을 수행하며, 3명이 인원이 장비 유지관리 및 측정,검사 지원을 담당함

– 산학캠퍼스는 창업보육지원실, 물산업기술 교육도서관, 강의실/연구실로 구성된 총면적 19,012m^2의 시설이며, 3명의 인원이 교육인프라 관리, 산학협의회 관리 및 관련 프로그램 운영을 담당함

– 글로벌 비즈니스 센터의 주요 기능은 대외협력 및 마케팅 지원사업이며, 홍보전시실 회이실 및 부대 시설로 구성되어 있으며, 시설 총면적은 23,295m^2임. 5개부서, 14명의 인원으로 구성되어 있으며, 홍보 업무 3명, 전시 기획 업무 3명, 마케팅 2명, 회의 유치 및 회의실 운영 2명, 게스트하우스 등 부대시설 관리 및 전체 시설관리 4명으로 구성됨

[표 5-22] 물산업 클러스터 인력규모 구상안 (2014년 물산업 클러스터 기본계획 구상안 참조)

구 분	부 서		인원(명)	시설규모
물산업 실증화시설	총괄		3	총용량 31,500m^2, 총 51개소
	정수처리시설		2	총용량 15,000m^2, 총 16개소
	하수폐수처리시설		2	총용량 13,500m^2, 총 29개소
	물 재이용시설		2	총용량 23,000m^2, 총 10개소
물산업 진흥센터	총괄본부	센터장 및 운영기획실	2	물융합 연구동에 위치 건물연면적 578m^2
		행정실	2	
	기술·인재양성본부	R&D 기술개발 및 인증실	2	
		인제양성교육실	1	
	창업지원본부	창업벤처지원실	2	
		법률 및 금융지원실	1	
물융합 연구동	연구동 행정관리실		7	총면적 21,941m^2, 연구기관 6,275m^2, 실험실 8,964m^2
	측정분석지원실		3	
산학캠퍼스	산학지원실		3	19,012m^2
글로벌 비즈니스 센터	홍보전시실	홍보운영부	3	23,295m^2
		전시기획부	3	
		마케팅지원부	2	
	회의실	회의운영부	2	
	편의시설/게스트하우스	기타시설관리부	4	



환경산업연구단지

- 환경산업연구단는 유사 단지의 업무량과 기능 본원적 기능 수행 인력 및 지원기능 수행인력을 추정하여 적정 인력을 추정하였으며, 입주율에 따른 단지 가동수준을 고려하여 단계적 인원 투입을 고려함
- 환경산업연구단지는 2017년 6월 준공되어 현재 운영 준비단계로, 현 조직 구성은 환경산업 연구단지 준비 TF 하에 기획행정팀 11명과 산업성장팀 9명으로 구성됨

[표 5-23] 환경산업연구단지 전체 가동 시 인력규모 구상안

구 분	부 서	인원(명)	시설규모
운영단	단장	1	연구 지원동 : 지상4층 지하 1층 (32,064m^2) Pilot test : 지상1층(6,652m^2) Test bed : 지상 1층(29,550m^2) 시제품 생산지원시설 : 지상 1층(1,060m^2) 파워플랜트동 : 지상1층, 지하1층(2,014m^2) 게스트하우스 : 지상4층(2,150m^2)
기획관리시실	실장	3	
	경영기획팀	2	
	경영관리팀	2	
단지운영실	실장	1	
	입주시설 관리팀	11	
	실증시설 관리팀	9	
성장지원실	실장	1	
	기술지원팀	6	
	사업화지원팀	9	

[표 5-24] 환경산업연구단지 현 조직구성

구 분	직 명	담당업무
기획행정팀 (11명)	실장	환경산업연구단지 팀 총괄
	책임연구원	단지 중장기 운영계획 수립 및 대내외 감사 대응
	전임연구원	신규 사업 기획, 단지 법안, 제규정 제개정 관리, 대내외 요구자료 대응
	전임연구원	예산 중장기·연도별 계획 수립 및 운영 모니터링
	전문연구원	지자체 및 유관기관 협력, 입주 업 유치 활동 및 홍보
	선임연구원	회계 업무 및 각종 세무업무
	전임연구원	회계 시스템 관리, 사용료 산정·부과, 부대시설 운영
	전임연구원	환경부 추진단 공정관리업무 지원, 시설관리·운영 지침 마련
	전임연구원	시설관리 위탁관련 업무 및 산업 안전보건 운영계획 관련 대응
	행정연구원	의전 대응, 입주기업 대응, 행정 서무
기업성장팀 (9명)	책임연구원	기업성장팀 총괄, 종합지원센터 운영계획 수립 및 운영, 검인증 취득 지원
	선임연구원	입주기업 직접지원 및 우수 연구자 정착 지원 프로그램 기획 운영
	전임연구원	입주기업 모집, 계약 체결 및 퇴거지원, 기술 보증서 및 사업화 지원사업
	전임연구원	입주 지원, 임대 시설 관리 및 성과 관리·홍보
	전임연구원	입주기업 IP R&D 기획 및 운영, 시제품 제작실 운영 및 실험 분석 업무 지원, 지적재산권 획득·유지 지원
	전임연구원	지차제 환경기초시설 연계형 시설 방안 마련, 파일럿 테스트동 및 테스트베드 운영관리, 실험원수·폐수 관리
	전임연구원	환경부 추진단 행정업무 지원, 창업-벤처기업 지원사업 기획, 창업 아이디어 발굴 및 1인 창업자 지원
	전문연구원	입주기업 심의 및 운영관리, 벤처기업 지원 프로그램 마련 및 운영 기술개발 협업 파트너 매칭
	전문연구원	창업 지원 대상 선정 관림 치 창업 지원 프로그램 관련 업무

경기테크노파크

- 경기테크노파크는 전국 테크노파크 중 높은 활성화를 이룬 기관으로, 다양한 전주기 기술 지원 사업 및 정주여건을 개선하는 노력을 통해 지역과 긴밀히 연계된 기술혁신 클러스터로 발전하였으며, 운영주체인 재단법인 경기테크노파크는 기술지원·경영 지원기능 중심의 조직으로 역할수행을 위한 전문성 확보에 중점을 두고 있음
- 주요 수행기능은 기술창업, 기술개발, 제품화, 사업화, 성장(해외진출), 전문인력 양성, 네트워크 구축, 정책연구 등이 있음
- 자체 연구과제를 수행한다는 점에서 실증연구단지와 다르나 기업 및 지자체와 공동활용 사업 및 기술 사업화, 정책관련 연구 등 업무상 유사점이 있음
- 경기테크노파크는는 총면적이 43,019㎡으로, 지원편의동, 기술고도화동, Pilot Plant, RIT센터를 갖추고 있음



[그림 5-29] 경기테크노파크 조직도

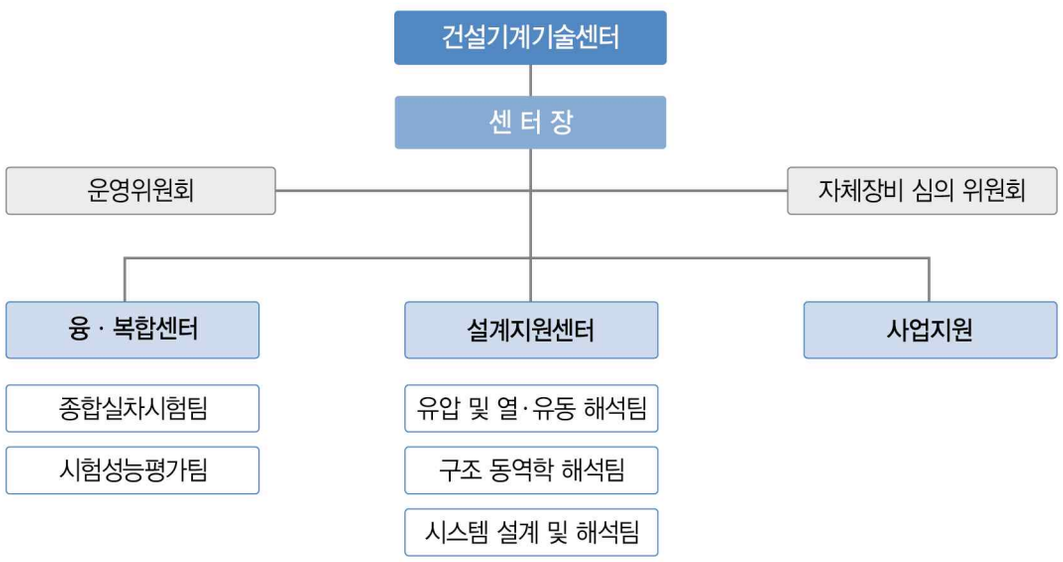


[표 5-25] 경기테크노파크 인력 규모 및 업무분장

구 분	부서	인원	담당 업무
	윤리감사팀	2	· 자체감사, 일상감사, 외부감사 대응
전략사업본부	미래사업팀	5	· 환경산업, 드론산업 등 육성 및 물산업, 3D프린팅 창업 지원 · 인력보조로봇 연구클러스터, 무한상상실 운영 · 유통시범단지 조성 조사 및 연구사업
	전략기획팀	3	· 정책기획, 법인 사업계획, 전략기획, 중장기 비전 및 발전계획 수립과 예산 편성·집행 · 기관평가 업무대응, TP협의회 업무대응 · 국제교류 협력추진 및 네트워크 구축
	기업지원단	3	· 경기TP 거점기능지원사업, 사업화 신속지원 · 지역기업 청년 교류 활성화 및 청년취업 아카데미 · 기술경영 최고위과정 운영
기술지원부	기술지원팀	8	· 기술닥터사업, 뿌리산업 집중 육성, 안산시 강소기업 육성, 스마트허브기술혁신 지원사업 · 부품국산화 및 국내기업 동반성장 투자유치사업
	기술사업화센터	5	· 정부사업 참여전략 컨설팅사업 · ASV활성화 기술사업화, 창업기업 글로벌 사업화, 비즈니스아이디어 사업화, 기술이전 창업 등 지원 · 기술거래촉진네트워크, 수요발굴지원, 스타트업 육성 · 창업준비실 운영, 창업보육센터 평가
	경기지식재산센터	17	· 지식재산창출지원, 지식재산 기반 창업촉진, 지식재산권 분쟁대응 지원 등 지식재산창출 관련 업무
	지역사업단	4	· 각 지역사업단 기업지원 · 소공인특화지원센터 운영사업
행정본부	총무팀	6	· 이사회 및 운영위원회 운영, 정관 및 제·규정 관리 · 인사업무 및 운영, 재단 업무, 복지사업 법인 문서 및 보안
	재무회계팀	6	· 재단 운영자금 관리, 계약 및 물품관리, 법인 결산 및 세무업무, 급여 지출관리, 재단·수탁사업 회계
	전산홍보팀	3	· 정보전략계획(ISP) 수립 및 실행 · 재단 IT 인프라 구축·운영·관리, 전산시스템 및 구내 통신 등 관리 운영 및 전산·정보화·IT 업무 대응 · 홍보전략수립·실행 및 홍보전시관 운영 관리 · 군포시, 경기TP 온라인 마케팅 지원사업
	단지운영팀	5	· 재단 시설관리 및 대관, 입주기업 관리 및 지원 · 스마트 제조혁신 센터 및 ASV어린이집 관리 및 운영
경기에너지센터	비전확산팀	4	· 센터 사업기획 및 신규사업 유치 · 에너지비전확산 및 역량강화, 신재생에너지 투자중개소 운영, 시·군 스마트홈 지원사업
	투자지원팀	4	· 에너지 민간투자촉진, 효율개선지원, 신재생에너지 보급지원, 에너지데이터센터 운영
	북부지원팀	3	–
안산산업경제혁신센터	정책연구팀	7	· 도시환경·산업경제 현황 분석 및 연구 및 대내·외 연구용역 · 안산시 연구과제 수행, 정책협의체 운영지원 · 세미나 등 학술행사 추진 및 연구 발행물 발간 및 관리
	4차산업지원팀	4	· 안산 산업경제혁신센터 운영관리 지원 및 중소기업 지원 · ASV 혁신클러스터 연계 활성화, ASV 과학축제, 경기도 혁신클러스터 육성 및 지원 · 스마트 시티 기반구축
	안산정보산업진흥센터	6	· 안산정보산업진흥센터 운영 및 관리 · 지역 IT/SW산업, 청년창업 인큐베이팅 관련 사업 · 창업보육센터 운영 사업 및 기타 정보 산업 진흥

건설기계기술센터

- 건설기계기술센터는 건설기계산업 인프라 조성, 건설기계기술 특화 인재 육성, 핵심부품 설계기술의 공동개발 및 재품 신뢰성 가상 검증을 통한 중소기업 지원을 위해 설립되었음
- 현재 사업 진행중으로, 대구 카톨릭대학교 내에 임시 본부를 두고 경산지식산업지구 내 기계부품특화 단지를 조성중임
- 설계지원센터에서는 설계지원협업시스템 구좌 제공, 기술지원(기술용역)사업 및 교육사업을 진행 중이며, 기계부품특화단지를 조성하여 융복합센터에 종합실차시험장과 시험평가센터를 개설하여, 기업 입주를 통한 동반성장 및 시너지 효과 추구 예정임



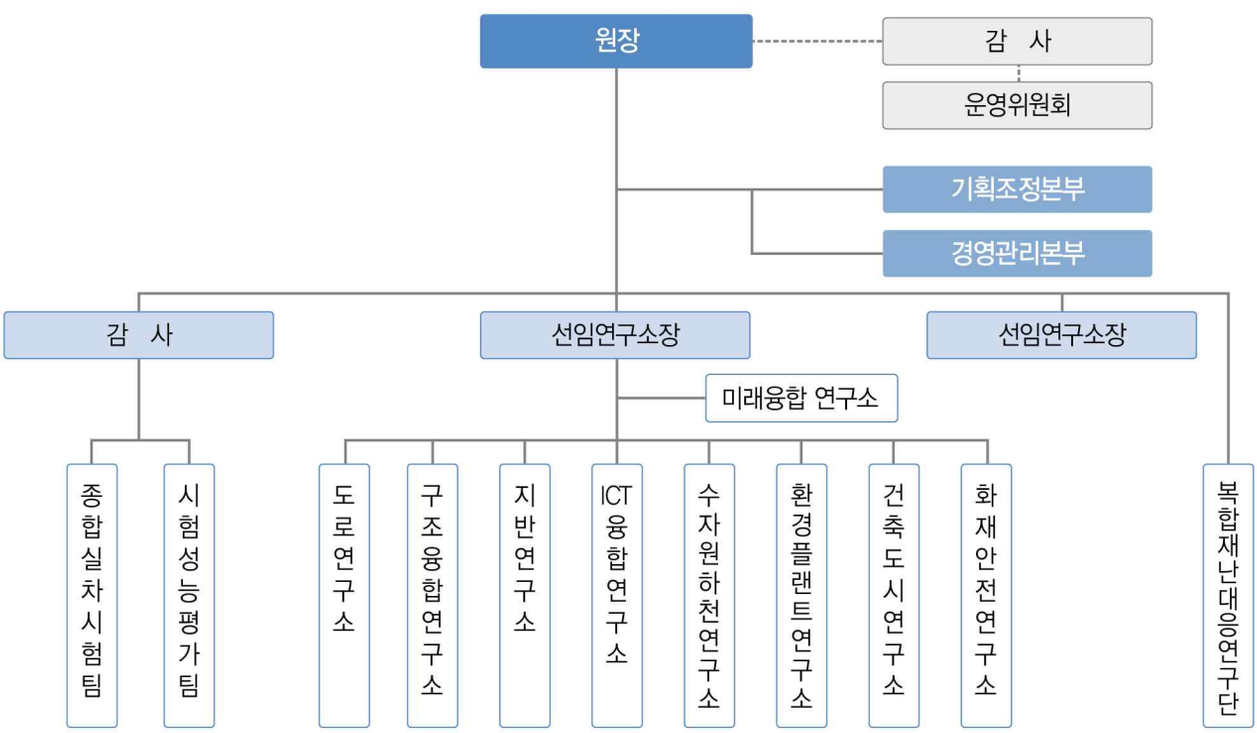
[그림 5-30] 건설기계 기술센터 조직도

[표 5-26] 건설기계 기술센터 인력 규모

소속부서	직위	인원(명)	소계(명)	시설규모
건설기계기술센터	그룹장	1	1	-
설계지원센터	선임연구원	2	7	설계지원센터 · 설계/해석기술지원 : 3,305m^2, 사업비 237억원, 장비 36종(155억원, 전주기 설계지원시스템, 설계지원협업시스템 포함)
	연구원	4		
	학생연구원	1		
특성화단지조성사업	부단장	1	12	· 기계부품특화단지 : 1,463,578m^2 · 종합실차시험장 : 110,290m^2, 사업비 761억원, 시험장6개소, 시험동 2개동(3실), 장비 34종(340억원) · 시험평가센터 성능·환경 시험동 : 2,292m^2, 사업비 301억원, 장비 39종(185억원)
	선임연구원	2		
	전문가	2		
	연구원	4		
	학생연구원	3		
사업지원	전문가	1	4	-
	행정원	3		

한국건설기술연구원

- 한국건설기술연구원은 구조·도로·지반·수자원·건설환경·건축·화재설비연구, 건설품질 관리 및 인증, 디지털 건설정보 구축 및 보급 등의 활동을 통해 건설기술을 종합적으로 개발하는 공공연구기관으로 과학기술정보통신부 소관의 기타공공기관임
- 화재안전연구소, 하천실험센터 등 실증시설을 운영중이고, 연천 SOC 실증연구센터를 구축중이며, 탄소저감형 건설재재료 실증하우스 연구, 제로에너지 그린홈을 위한 단열성능 향상 건축재료 개발사업 등을 진행하고 있음
- 본원은 일산에 위치해 있으며 다양한 연구동을 보유하고 있고, 화재안전연구소는 화성, 하천실험센터는 안동에 위치해 있음
- 시설 규모는 본원 41,378m^2(도로실험동 구조실험동 등 20여개 실험 시설), 화재안전연구소 95,000m^2(실물안전성능실험동, 재료성능실험동, 연소특성평가실험동, 고성능 내화 실험동 등), 하천실험센터 200,000m^2(인공홍수 발생가능 수로 3개, 하천생태 모니터링 시설, 유량공급 시설 및 저수지) 및 연천 SOC 실증연구센터는 740,000m^2의 규모로 구축 예정임
- 기술이전 및 사업화, 인증·인정·시험, 표준품셈, 연구장비공동활용, 건설기술정보시스템, 건설산업혁신센터 등의 기업지원 사업을 운영한다는 점에서 종합실증센터의 향후 역할과 유사점이 있음



[그림 5-31] 한국건설기술연구원 조직도

[표 5-27] 한국건설기술연구원 인력 규모

상위부서	부 서		인 원(명)
원장실	-		1
감사	감사		1
	감사실		1
	감사팀		2
기획조정본부	기획조정본부(본부장)		1
	경영기획실		8
	예산실		3
	연구관리실		8
	전산실		7
경영관리본부	경영관리본부		1
	총무복지실		16
	인적자원실		9
	재무관리실		7
	구매관리실		8
	인프라관리실		13
건설산업혁신센터	건설산업혁신센터		1
	건설정책연구소	건설정책연구소	2
		국가기준건설센터	10
		공사비원가관리센터	8
		건설인증센터	17
		건설시스템연구센터	17
	글로벌협력본부		3
선임연구소장실	선임연구소장실		1
	미래융합연구소		30
	도로연구소		75
	구조융합연구소		67
	지반연구소		69
	ICT융합연구소		78
	수자원·하천연구소		100
	환경·플랜트연구소		82
	건축도시연구소		94
	화재안전연구소		24
UST건설전문대학원	학사운영실		2
복합재난대응연구단	복합재난대응연구단		44



5.2 종합실증단지의 적정인력 규모

조직별 인력규모의 산정

- (지원부문의 인력) 지원부문은 대부분 운영본부 소속으로 물산업 클러스터 사업 및 기존 국토교통 대형실험시설의 업무 및 인력규모를 고려하여 산정함
  - 실증단지의 규모, 수준을 고려하여 23명 수준으로 산정함
- (사업부문 인력) 사업부문 인력은 실제 실증시설을 활용한 실증수행 및 연구인력으로 실증시설 규모와 타 연구기관들의 연구인력 규모를 고려하였으며, 사업본부에 최소 42명이 필요
  - 물산업 클러스터, 환경산업 클러스터의 연구 지원 부문 및 한국건설기술 연구원 등의 연구기관 인력규모를 참고하였고 실증분야별 규모 적정 운영인력을 산정함

조직별 적정인력

- 종합실증단지의 총 건축연면적은 57,320m^2으로, 단위면적당 운영단계 소요인원을 계산하면 총 135명(57,320m^2×0.00235명/m^2)이 필요하나, 초기 운영단계 투입인원을 약 50%로 가정하여 68명 수준으로 구성함 (※ 제6장 운영단계 소요인력 산정 참조)
  - 기존 기관을 지정하여 운영시 최소 사업본부의 42명 필요

[표 5-28] 종합실증단지 운영조직의 부서별 인력구성(안, 초기단계)

상위부서	부 서		합계	직급별 인원					
				임원	수석	책임	선임	연구원	원보
CEO	기관장실		1	1					
감사	감사실		2	1			1		
운영본부 (23)			1		1				
	전략기획실		1		1				
		사업기획팀	4			1	2	1	
		교육홍보팀	3			1	1	1	
	경영지원실		1		1				
		총무인사팀	3			1	1	1	
		재무예산팀	4			1	2	1	
		경영정보팀	3			1	1	1	
		시설관리팀	3			1	1	1	
사업본부 (42)			1		1				
	제로에너지 건축물 실증센터		9		1	2	2	3	1
	스마트도시 물순환 실증센터		8		1	2	2	2	1
	내진성능평가 실증센터		8		1	2	2	2	1
	신기술·R&D 실증지원센터		6		1	1	2	2	
	사업지원실		1		1				
		검·인증표준사업팀	5			1	2	2	
		연구시설장비관리팀	4			1	1	2	
합 계			68	2	9	15	20	19	3

제 5 절 성과목표 및 지표 설정

1. 사업의 논리모형

1.1 사업유형 구분

○ 과기정통부에서 발간한 '국가 연구개발 사업 표준 성과지표(4차)'에서 제시한 R&D 사업 유형을 참고하여 동 사업의 유형을 구분

[표 5-29] R&D 사업 유형 분류

성 격	유 형	개념 및 분류 기준
1. 연구개발	1. 기초연구	· 자연현상에 원리규명, 새로운 현상의 분석 등을 통해 창조적 지식 획득 연구(순수 기초형) · 현재 또는 미래에 광범위한 응용을 목적으로 문제해결의 근본원리 및 창의적 지식창출 연구 (목적 기초형)
	2. 단기사업 기술개발	· 단기간 내(3년 이내) 상용화를 목표로 한 신기술 및 신제품 개발을 위한 응용·개발 연구사업
	3. 중장기 산업 기술개발	· 중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업
	4. 공공기술 개발	· 응용·개발단계 연구개발 사업 중 경제적 성과를 고려하지 않으나, 최종적인 성과가 국민 건강증진, 재난방지 등 국민 삶의 질에 기여하는 형태로 나타나는 사업
	5. 지역연구 개발	· 지역 대학과 연계한 산학연 협력 사업, 지역 클러스터 육성사업, 특정 지역에 특정기술 개발 기반 구축 사업
	6. 국방기술 개발	· 응용·개발단계 연구개발 사업 중 국방력 강화 및 방위산업 발전을 목적으로 하는 사업
2. 연구기반 조성	7. 인력양성	· 대학 및 전문대학 지원사업, 산업 인력양성을 위한 전문 인력양성 사업, 초중등 과정의 과학기술 교육사업 등
	8. 시설·장비 구축	· 대형 연구시설 및 장비 구축 사업 ※ 사업 예산에 단산 시설 증축 및 장비 구입 등이 일부 포함된 경우는 제외
	9. 성과확산	· 사업 목적이 각각 기술 사업화, 표준화, 인증, 성과물 관리/확산, 정책지원 등인 사업
	10. 해외협력	· 해외기관 유치, 다자 및 양자기관 협력 사업 등 ※ 연구방식이 해외와의 공동연구인 경우는 연구개발에 포함

○ 국가 첨단인프라 종합실증단지 구축사업은 사업의 목적 및 특성을 고려하여 연구 기반 조성 중 시설장비 구축 및 성과확산 유형으로 분류

[표 5-30] 핵심 실증시설별 사업유형 매칭

핵심 실증사업	개 요	유 형
제로에너지 빌딩 종합성능 실증시설	· 건축물 에너지소비 최소화를 위해 건축물 유형별 실제 환경 조건에서 제로에너지 기술·제품의 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 제로에너지 실증시설	시설 장비 구축 및 성과확산
스마트 도시물순환 종합실증시설	· 도시내 물순환 요소기술의 통합관리시스템을 구축하고 관련 기술의 종합적인 성능평가 및 운영·유지관리 등을 실증할 수 있는 실험시설	
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	· 실규모 건축물(SOC 시설물 포함)의 구조부재 및 비구조요소에 대한 지진실험이 가능한 내진성능평가 실증시설	

1.2 사업 논리모형 설정

○ 국가 첨단인프라 종합실증단지 구축 사업의 성과단계 및 구성요소를 포함한 사업 논리모형 제시



[그림 5-32] 국가 첨단인프라 종합실증단지 논리 모형

2. 성과목표 및 지표

2.1 실증단지 핵심 성과지표 도출

○ 국가연구개발사업 표준 성과지표(미래부, 2014)를 기준으로 실증단지의 예상 활용성과지표를 도출하고 이 중에서 핵심 성과지표를 선정함



*국가연구개발사업 표준 성과지표, 미래부, 2014

[그림 5-33] 종합실증단지의 핵심 성과지표 도출

2.2 성과단계별 성과지표

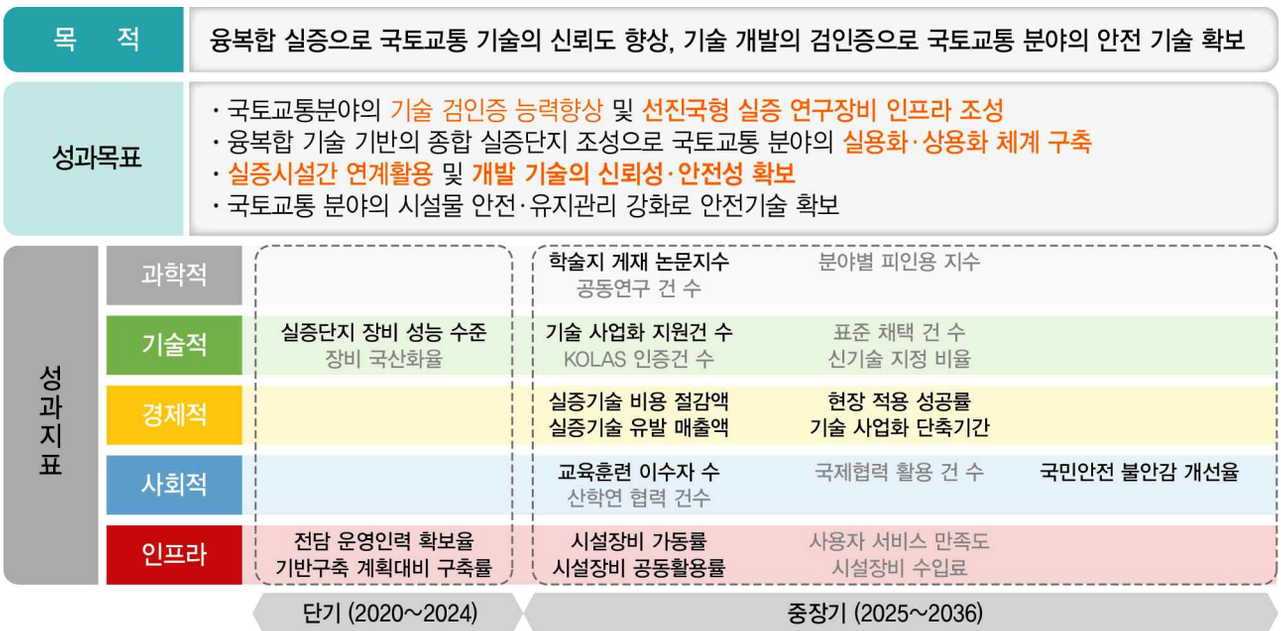
○ 논리모형을 기반으로 성과단계별 성과목표를 설정하고, 단기 및 중장기의 기간 설정시 대규모 종합 실증단지가 조성됨에 따라 결과 단계를 단기(2020~2024, 구축단계) 및 중장기로(2025~2036, 운영단계) 기간을 설정하여 구분

[표 5-31] 종합 실증단지의 성과단계별 성과지표

단계	투입 (Input)	과정 (Process)	산출 (Output)	결과(Outcome)	
				단기성과 (2020~2024, 구축단계)	중장기성과 (2025~2036, 운영단계)
사업논리	· 인적자원 – 관련분야 연구자, 전문가 및 업체 등 사업 참여자 · 물적자원 – 예산 – 시설·공간·부지 – 통합관리시스템 – 연구장비 등 · 지적자원 – 기술, 지식, 정보	· 설계 및 발주 – 표준·신기술 반영 – 실증단지 인허가 · 실증단지 구축 – 건설 사업관리 – 시설장비 도입 – 통합관리시스템	· 시설장비 시운전 · 연구 인프라 구축 – 전담 운영인력 확보 – 연구장비 교육 훈련	· 종합실증단지 조성 운영 전략 수립 – 운영주체, 조직체계 (ISO 9001, 14001, KOSHA 18001 획득) – 활용단계 전략 마련 (공동활용 향상, 기술 사업화 방안 및 사회적 할인율 마련) – 법·제도적 근거 마련 – 전문 인력 교육훈련 · 실증 서비스 조성 – 상위 기술수준의 실증단지 구축 – 국가표준 및 신기술 실증 채택	· 연구 실험·실증 인프라 활용도 제고를 위한 서비스 고도화 – 시험/실증서비스 확대 (검인증 규격, KOLAS 인정 등) – 표준화 등 실증단지 역량강화 – 실험·실증 기술사업화 연계 – 전문인력 교육 연계활용 – 국제협력·공동연구 강화 – 성과관리 체계 마련 – 제도·정책 검증 지원 – 국토교통 대형연구시설 실증 연계 – 유휴 및 저활용 연구장비 활용 연계 – 활용기업의 홍보·사업화 지원
성과목표				· 세계 최고수준의 종합 실증단지 조성 · 안정적 운영체계 마련	· 실증단지 공동활용 강화 · 사용자 기술개발/실용화 제고 · 운영체계 및 서비스 강화 · 국제적 역량 강화
성과지표			· 인프라 성과 – 기반구축 계획 대비 공정률	· 인프라 성과 – 기반구축 계획대비 공정률 – 전담 운영인력 확보율	· 과학적 성과 – 학술지 게재 논문 건 수 · 기술적 성과 – 실증단지 장비 성능 수준 – 기술사업화 지원 건 수 – 기술 사업화 단축기간 · 경제적 성과 – 실증기술 비용 절감액 – 실증기술 유발 매출액 – 현장적용 성공률 · 사회적 성과 – 교육훈련 이수자 수 – 국민안전 불안감 개선율 · 인프라 성과 – 전담 운영인력 확보율 – 기반구축 계획대비 구축률 – 시설장비 가동률 – 시설장비 공동활용률



○ 종합 실증단지의 핵심 성과지표는 본 사업의 성과목표 달성도를 측정할 수 있으며, 국가 연구개발 표준 성과지표 중 실증단지의 구축 및 활용성과(운영 실적)의 대표성을 가진 측정 지표임



[그림 5-34] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 목적에 따른 성과지표

2.3 단계별 목표성과 및 설정 근거

[표 5-32] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 성과목표 및 목표치

구 분		내 용
전략목표		· 국토교통 기술 실용화를 위한 '국가 첨단인프라 종합 실증단지' 조성
성과목표 및 목표치	단기성과 (구축단계)	· 성과 목표 : 세계 최고 수준의 종합 실증단지 조성 및 안정적인 종합 실증단지 운영체계 마련

단기(2020~2024)성과 지표명	단위	구분	성과 목표치				
		연도	'20	'21	'22	'23	'24
· 기반구축 계획 대비 구축 공정률	%	목표	10	30	50	70	100
· 전담 운영인력	명	목표	26	36	55	55	44
· 실증단지 장비 성능 수준	%	목표	65	–	–	–	92.5

· 성과 목표 : 종합 실증단지 기술개발 실용화 제고 및 공동활용 강화

중장기(2025~2036) 성과 지표명	단위	구분	성과 목표치									
		연도	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34
· 전담 운영인력	명	목표	75	–	–	–	–	–	–	–	–	–
· 학술지 게재 논문건 수	건	목표	99	110	124	138	155	174	195	218	244	273
· 기술 사업화 지원건 수	건	목표	17	21	25	30	37	45	54	66	80	97
· 기술 사업화 단축기간	월	목표	24.0	22.7	21.4	20.0	18.7	17.4	16.1	14.8	13.4	12.1
· 실증기술 비용 절감액	억원	목표	172	189	208	229	252	277	305	335	369	405
· 실증기술 유발 매출액	억원	목표	–	164	197	236	284	340	408	490	558	706
· 현장 실증 성공률	%	목표	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–
· 교육훈련 이수자 수	명	목표	4,156	5,183	6,463	8,059	10,050	12,532	15,628	19,488	24,301	30,304
· 국민안전 불안감 개선율	%	목표	35.0	34.2	33.0	31.3	30.9	30.1	29.1	27.6	27.3	26.6
· 시설장비 가동률	%	목표	67.0	69.8	72.6	75.4	78.2	81.0	83.8	86.6	89.4	92.2
· 시설장비 공동활용률	%	목표	69.6	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.2	84.3	86.4	88.5

단기 목표성과 및 지표

[표 5-33] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 성과지표

<table>
<tr><th colspan="2">단기
성과지표명</th><th>단위</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정방법 및 시기</th><th>성과
유형</th><th>지표
유형</th><th>질적
지표</th></tr>
<tr><td rowspan="3">단기 성과지표</td><td>기반구축
계획대비
공정률</td><td>%</td><td>· 설정방법 : 구축단계별 실증단지/장비/부지의 계획 예산 집행 현황을 목표치로 설정
〈실증단지/장비/부지 공정률〉
<table><tr><th>연도</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th><th>2023</th><th>2024</th></tr><tr><td>단계</td><td>기본 설계</td><td>실시 설계 및 시공사 선정</td><td colspan="2">실증단지 /장비/부지 시공</td><td>실증 단지 준공 및 시운전</td></tr><tr><td>공정률</td><td>10%</td><td>30%</td><td>50%</td><td>70%</td><td>100%</td></tr></table>* 종합 실증단지 기본계획 수립시 해당 공정률에 따른 조정 예정</td><td>· 대상 : 실증단지 및 장비
· 산출방법 :
구축 단계별 집행률(%)
= (구축 단계별 공정율 / 전체 공정율)
· 시기 :
단기성과 기간(2020~2024) 기준</td><td>인프라</td><td>산출,
결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>전담
운영인력</td><td>명</td><td>· 설정방법 : 첨단융합형 국토교통기술 종합클러스터 조성 기획연구 보고서 상 종합 실증단지의 비용편익 분석에 따른 적정 인원산출 자료 기반으로 단기 및 중장기 전담 운영 인력을 목표치로 설정
* 출처 : 2017 첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성 기획연구, KOCED, 2017</td><td>· 대상 : 실증단지 운영기관
· 산출방법 :
전담 운영인력(명) = (시설 구축 전담 인력 + 장비 전담인력)의 합계
※ 시설장비 전문기술인력(정규직, 무기계약직) : 시설장비에 대하여 교육이수하고, 연구자는 아니나 연구개발 활동에 직접적으로 지원 하여 업무에 종사하는 자</td><td>인프라</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>실증단지
장비 성능
수준</td><td>%</td><td>· 설정방법 : 실증단지의 장비 도입시 최고기술 보유국 대비 기술격차를 줄이기 위해 실증단지별 장비 성능 수준을 분야별 도입 목표치를 반영하는 것으로 설정
〈종합 실증단지의 장비 수준 및 목표(%)〉
<table><tr><th>구 분</th><th>제로
에너지</th><th>스마트
물순환</th><th>내진
성능</th><th>평균</th></tr><tr><td>현 수준</td><td>70</td><td>80</td><td>30</td><td>60</td></tr><tr><td>성능 목표</td><td>90</td><td>95</td><td>92.5</td><td>92.5</td></tr></table>※ 실증단지 장비 수준은 종합실증 클러스터의 전문가 그룹의 설문조사를 통해 도출된 현 시점의 장비 수준과 실증단지 조성시 장비 성능 목표치 조사 결과를 반영
* 출처 : 2017 첨단융합형 국토교통기술 종합실증 클러스터 조성 기획연구, KOCED, 2017</td><td>· 대상 : 실증단지 도입 장비
· 산출방법 :
장비 성능 수준도(%)
= (실증단지 도입 장비의 성능 / 해당 분야의 장비 최고 성능) × 100
※ 전문가 장비 성능조사로 실증단지 도입 성능 수준 평가</td><td>기술적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
</table>



[표 5-34] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 성과지표

<table>
<tr><th colspan="2">중장기
성과지표명</th><th>단위</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정방법 및 시기</th><th>성과
유형</th><th>지표
유형</th><th>질적
지표</th></tr>
<tr><td rowspan="4">중장기 성과지표</td><td>학술지
게재
논문건 수</td><td>건</td><td>· 설정방법 : 동 사업과 유사한 성격의 사업인 국토교통 대형실험시설의 최근 학술지 게재 논문건 수의 평균값을 초기연도 목표치로 설정
〈국토교통 대형실험시설 논문건 수〉
<table><tr><th>구 분</th><th>2015</th><th>2016</th><th>평 균</th></tr><tr><td>논문건 수</td><td>83</td><td>93</td><td>88</td></tr></table>· 목표치 설정근거 : 국토교통 대형실험시설의 연평균 증가율 12% 반영
* 출처 : 국토교통 대형연구시설 공동활용 성과조사 및 분석 보고서, KOCED, 2017</td><td>· 대상 : 연간 실증단지 활용기관
· 산출방법 : 학술지 게재 논문건 수(건)=연간 학술지 게재 논문건 수의 합계 (국내/국외)
· 시기 : 당해연도 연말 성과측정 – 성과조사 분석 보고서 활용</td><td>과학적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>기술
사업화
지원건 수</td><td>건</td><td>· 설정방법 : 국토교통 기술사업화 지원사업(2009년~2012년)의 중소기업 기술사업화지원 건수를 기준으로 평균값을 초기연도 목표치로 매년 2% 증가 수준으로 설정
〈국토교통 기술사업화 지원사업(건)〉
<table><tr><th>2010</th><th>2011</th><th>2012</th><th>평 균</th></tr><tr><td>11</td><td>14</td><td>17</td><td>14</td></tr></table>* 출처 : 국토교통과학기술진흥원 실적현황 분석 자료 참고</td><td>· 대상 : 실증단지 활용기관
· 산출방법 : 기술사업화 지원 건수(건)=연간 기술사업화 지원 건 수의 합계
· 시기 : 당해연도 연말 기준 – 성과조사 분석 보고서 활용</td><td>기술적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>기술
사업화
단축기간
비율</td><td>%</td><td>· 설정방법 : 실증단지의 기술 사업화 특성 분석시 전문가 집단을 통해 도출된 기술 사업화 기간에서(24개월) 구축 후 연간 5.5%의 기간 단축으로 10년간 약 50% 기간 단축 목표치 설정
* 출처 : 실증단지 기술사업화 특성분석 및 전략 추진방향 보고서, KOCED, 2017</td><td>· 대상 : 실증단지 활용기관
※ 실증단지를 통해 기업의 기술 실용화까지의 단축된 기간을 측정하기 위한 지표
· 산출방법 : 기술 사업화 단축기간(월) = (실증단지 활용 기업의 기술 실용화 소요기간 / 기존 기업의 기술 실용화 소요기간)×100</td><td>기술적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>실증기술
비용
절감액</td><td>억원</td><td>· 설정방법 : 최근 3년간 국토교통 대형연구시설 활용기관의 실험 비용 절감액 평균값을 기준으로 대형연구시설과 실증단지 구축예산 비율 증가분을 반영하여 구축 완료 후 차년도부터(2025년) 연간 10% 증가를 목표치로 설정
〈국토교통 대형연구시설 기술개발 비용절감액(백만원)〉
<table><tr><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>평 균</th></tr><tr><td>14,334</td><td>1,050</td><td>158</td><td>5,181</td></tr></table>* 출처 : 국토교통 대형연구시설 공동활용 성과조사 및 분석 보고서, KOCED, 2017</td><td>· 대상 : 실증단지 활용기관
· 산출방법 : 실증기술 비용 절감액(원) = (자체 실증시 소요비용 – 실증단지 사용 소요비용)
· 시기 : 당해연도 연말 성과측정 – 연말 파생성과 조사 보고서 활용</td><td>경제적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
</table>

[표 5-35] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 성과지표 (계속)

<table>
<tr><th colspan="2">중장기
성과지표명</th><th>단위</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정방법 및 시기</th><th>성과
유형</th><th>지표
유형</th><th>질적
지표</th></tr>
<tr><td rowspan="3">중장기 성과지표</td><td>실증기술
기술유발
매출액</td><td>억원</td><td>· 설정방법 : 최근 2년간 국토교통 대형연구시설에서 실험 수행 후 활용기관의 기술 유발 매출액 평균값을 기준으로 대형연구시설과 실증단지 구축예산 비율 증가분을 반영하여 구축 완료 후 유발 매출 발생 시기 2년 후부터 (2026년) 연간 20% 증가를 목표치로 설정
〈국토교통 대형연구시설 유발매출액(백만원)〉<table><tr><th>구 분</th><th>2015</th><th>2016</th><th>평균</th></tr><tr><td>유발 매출액</td><td>8,410</td><td>4,950</td><td>6,680</td></tr></table>* 출처 : 국토교통 대형연구시설 성과분석 보고서, 2016~2017, KOCED</td><td>· 대상 : 실증단지 활용기관
· 산출방법 : 실증기술 유발 매출액(억원) = 연간 실험수행 활용기관의 유발 매출액의 합계
· 시기 : 당해연도 연말 성과측정
※ 파생성과 조사시 최근 2년내 실험 수행한 활용기관 대상 (유발 매출액 발생을 위한 기간 포함)</td><td>경제적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>현장
실증
성공률</td><td>%</td><td>· 설정방법 : 활용기관에서 개발된 기술을 실증단지의 실증 및 검인증으로 현장 실증 성공률 100%를 목표치로 설정
※ 해당 지표는 종합 실증단지의 실증 및 검인증을 통해 도출되는 값으로 실증단지의 구축완료 후 활용기관의 실증 성공률 100%를 목표로 설정</td><td>· 대상 : 실증단지 활용기관
· 측정방법 : 연간 실증 성공률(%) = (연간 기술 실증 성공 건수/연간 실증 신청 건수)×100
· 시기 : 당해연도 연말 기준 – 성과조사 분석 보고서 활용</td><td>경제적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>교육
훈련
이수자 수</td><td>명</td><td>· 설정방법 : 최근 3년간 국토교통 대형연구시설의 교육훈련 현황을 기준으로 대형연구시설과 실증단지 구축예산 비율 증가분을 포함하여 초기연도 목표치로 설정하고, 연평균 증가율 24.7%를 반영하여 목표치를 설정
〈국토교통 대형연구시설 교육훈련 현황〉<table><tr><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>평균</th></tr><tr><td>960</td><td>1,269</td><td>1,493</td><td>1,241</td></tr></table>– 연평균 증가율(CAGR) : 24.7%
* 출처 : 국토교통 대형연구시설 성과분석 보고서, 2014~2016, KOCED</td><td>· 대상 : 교육훈련 이수자
· 산출방법 : 연간 실증단지 교육훈련 이수자 수의 합계
· 시기 : 당해연도 연말 기준 – 성과조사 분석 보고서 활용</td><td>사회적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
<tr><td>국민
안전
불안감
개선율</td><td>%</td><td>· 설정방법 : 사회조사 결과(통계청) 중 건축물 및 시설물에 대한 안전 인식도 결과와 국민 불만족률 결과를 기반으로 4년간 5%씩 절감을 목표치로 설정
〈건축물 및 시설물에 대한 안전 인식도(%)〉<table><tr><th>2012</th><th>2014</th><th>2016</th><th>평균</th></tr><tr><td>21.3</td><td>51.3</td><td>33.8</td><td>35.5</td></tr></table>· 연차별 목표치 설정 근거 : 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 내 시설안전에 대한 국민 불만족률을 17%로 설정하고 있어(4년간 5%씩 절감 목표) 구축완료시 35%에서 연간 1.25% 감소시키는 것을 목표치 반영
* 출처 : 2016년 사회조사 결과, 통계청, 2016, 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 보고서, 국토교통부, 2013</td><td>· 대상 : 일반 국민
· 산출방법 : 설문조사를 활용하여 시설물의 안전 및 유지관리에 대한 국민 불만족율을 측정하고 전년대비 개선율을 측정
· 시기 : 연말 안전인식도 조사 기준 (국토교통부 및 통계청)</td><td>사회적</td><td>결과</td><td>정량</td></tr>
</table>



[표 5-36] 국가 첨단인프라 종합 실증단지 성과지표 (계속)

중장기 성과지표명		단위	목표치 설정방법 및 근거	측정방법 및 시기	성과 유형	지표 유형	질적 지표
중장기 성과지표	시설장비 가동률	%	· 설정방법 : 최근 3년간 국토교통 대형연구시설의 가동률을 기준으로 연평균 증가율 2.8%를 반영하여 초기연도 목표치로 설정 〈최근 3년간 가동률 실적〉 2014: 65.2 / 2015: 66.8 / 2016: 68.9 / 평 균: 67.0 – 연평균 증가율(CAGR) : 2.8% * 출처 : 국토교통 대형연구시설 통합운영전략, 2017, KOCED	· 대상 : 국가연구시설장비진흥센터(NFEC) 등록 장비 · 산출방법 : 시설장비 가동률(%) = (시설 장비 가동시간* / 시설장비 가용시간) × 100 * 실제 시설/장비 활용을 위해 준비시간, 전처리시간, 실제 가동시간을 포함한 시간을 의미함 ※ 시설/장비 가용시간은(주5일×50주×8시간)을 기준을 함 · 시기 : 당해연도 연말 기준 – 성과조사 분석 보고서 활용	인프라	결과	정량
	시설장비 공동활용률	%	· 설정방법 : 최근 3년간 국토교통 대형연구시설의 공동활용률 실적을 기반으로 실증단지 구축 완료 후부터 연간 2.8% 증가율을 목표치로 설정 〈최근 3년간 공동활용률 실적〉 2014: 65.2 / 2015: 66.8 / 2016: 68.9 / 평 균: 67.0 – 연평균 증가율(CAGR) : 2.8% * 출처 : 국토교통 대형연구시설 성과분석 보고서, 2017, KOCED	· 대상 : 국가연구시설장비진흥센터(NFEC) 등록 장비 · 산출방법 : 시설장비 공동활용률(%) = (공동 활용된 시설장비 수 / 전체 시설장비 수) × 100 * 근거자료 : 기관보유 3천만원 이상 시설장비 수, 실제 공동활용된 시설장비 수, 외부 활용기관 수와 기관명, 시설장비 이용료 수입액 · 시기 : 당해연도 연말 기준 – 성과조사 분석 보고서 활용	인프라	결과	정량

제 6 장

비용추정 및 재원 조달 방안



제6장 비용추정 및 재원 조달 방안

제 1 절 구축단계

1. 시설구축비 산정

1.1 시설구축비 산정 기준

■ 시설구축비 산정 기본 원칙

○ 시설구축비는 공사비, 시설부대비, 용지보상비, 예비비로 구분하고 다음과 같이 산정기준을 적용하여 구축비용을 추정함

[표 6-1] 시설구축비 항목 산정 기준

구 분		세부 내용
A. 공사비	A-1. 부지조성공사	- 부지조성공사 비용 미적용 ※ 새만금 산업단지 내 한국농어촌공사에서 부지조성공사 중인 토지를 매입하는 방안 검토
	A-2. 토목공사비	- 조달청 공공건축물 중에서 유사시설 토목공사비 적용
	A-3. 건축공사비	- 조달청 공공건축물 중에서 유사시설 건축공사비 적용
	A-4. 기계/전기/통신 등 설비공사비	- 조달청 공공건축물 중에서 유사시설 기계/전기/통신공사비 적용
	A-5. 제경비 등	- 조달청 공공건축물 중에서 유사시설 제경비 적용
B. 부대비	B-1. 설계비	- 기획재정부 「2018년도 예산안 작성 세부지침」(2017.4) 적용
	B-2. 감리비	- 기획재정부 「2018년도 예산안 작성 세부지침」(2017.4) 적용
	B-3. 측량비 및 조사비	- 부가세 등을 제외한 공사비의 1% 적용(예타 표준지침 반영)
C. 용지보상비		- 용지구입비 적용(지장물보상비 미적용)
D. 예비비		(A+B+C)×10%(또는 5%)
E. 총 시설구축비		A+B+C+D

■ 공사비 산정 기준

○ 연구시설

- 건축 및 설비에 소요되는 적정 공사비를 도출하기 위해 다음의 2가지 방법을 검토

① 조달청에서 발주한 최근 2년간('15~'16년) 일반연구시설 10곳의 유사사례 벤치마킹

* 최근 법 개정으로 인하여 친환경건축물등급 인증, 신재생에너지 도입 등에 대한 비용이 포함되어야 하므로, 이와 관련된 비용 등이 이미 공사비에 반영되어 있는 사례들을 적용하기 위하여 최근 2년 이내에 발주한 유사 사례를 검토

② 건축사무소를 통한 개략 설계예산 산정

- 유사사례의 공사금액은 건축, 기계, 전기, 통신, 소방, 토목 등의 공종별로 구분하여 m^2당 평균단가 및 공종별 평균 비율을 계산하여 적용

– 조사 결과, 연구시설에 대한 단위면적당 평균공사비(관급자재 포함)는 1,891,918원(제경비 및 VAT 제외)

* 직접공사비에는 관급자재비를 포함하여 분석하였고 제경비에 포함된 부가가치세는 별도로 분리 적용함

* 토지보상비, 설계비, 건설사업관리비, 각종 인입비, 100톤 이상의 폐기물처리비 등은 미포함

[표 6-2] 공종별 직접공사비(관급자재 포함) 비교 ('15~'16년 10개 사업 평균, 조달청)

공 종		2015년도					2016년도					평균
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
건축	금액(천원)	7,578,585	21,190,692	13,590,332	2,080,147	36,471,928	4,922,529	17,770,2270	3,561,510	5,591,058	9,506,977	12,226,398
	원/m^2	833,086	887,494	794,199	788,831	741,495	793,061	657,669	819,303	915,666	1,025,675	789,518
	비율	57.07%	45.28%	38.19%	45.55%	37.84%	42.31%	35.54%	58.75%	52.76%	52.63%	41.73%
기계	금액(천원)	2,386,583	9,723,511	11,523,891	1,203,918	29,834,8119	2,977,941	4,029,394	385,733	1,796,872	1,675,557	6,553,821
	원/m^2	262,348	407,233	673,439	456,548	606,559	479,771	149,126	88,735	294,280	180,770	423,212
	비율	17.97%	20.78%	32.38%	26.36%	30.95%	25.60%	8.06%	6.36%	16.95%	9.28%	22.37%
전기	금액(천원)	1,960,255	6,694,423	4,457,147	835,225	14,254,6430	1,647,575	5,055,713	1,157,729	1,579,257	3,999,921	4,164,189
	원/m^2	215,484	280,371	260,469	316,733	289,805	265,438	187,110	266,328	258,640	431,537	268,902
	비율	14.76%	14.30%	12.52%	18.29%	14.79%	14.16%	10.11%	19.10%	14.90%	22.14%	14.21%
통신	금액(천원)	470,777	3,588,113	1,859,922	323,557	5,743,151	693,965	2,775,663	221,974	514,167	490,757	1,668,205
	원/m^2	51,751	150,275	108,691	122,699	116,762	111,804	102,726	51,064	84,207	52,946	107,724
	비율	3.55%	7.67%	5.23%	7.09%	5.96%	5.97%	5.55%	3.66%	4.85%	2.72%	5.69%
소방	금액(천원)	391,408	1,789,943	1,514,744	45,029	3,723,992	420,211,000	786,727,000	150,512,000	192,474,000	469,582,000	948,462,200
	원/m^2	43,026	74,965	88,519	17,076	75,711	67,700	29,116	34,624	31,522	50,662	61,247
	비율	2.95%	3.82%	4.26%	0.99%	3.86%	3.61%	1.57%	2.48%	1.82%	2.60%	3.24%
부대시설 (토목,조경)	금액(천원)	492,145	3,812,554	2,643,294	78,822	6,363,587	971,658	19,577,933	584,668	924,151	1,920,980	3,736,979
	원/m^2	54,100	159,675	154,470	29,891	129,375	156,542	724,572	134,499	151,351	207,248	241,315
	비율	3.71%	8.15%	7.43%	1.73%	6.60%	8.35%	39.16%	9.64%	8.72%	10.63%	12.76%
합계	금액(천원)	13,279,753	46,799,236	35,589,330	4,566,698	96,392,112	11,633,879	49,995,657	6,062,126	10,597,979	18,063,774	29,298,054
	원/m^2	1,459,795	1,960,013	2,079,788	1,731,778	1,959,707	1,874,316	1,850,320	1,394,554	1,735,666	1,948,837	1,891,918
	비율	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%



– 각 공종별 평균공사비(관급자재 포함) 비율은 건축공사비는 41.73%, 기계공사비는 22.37%, 전기공사비 14.21%, 통신공사비 5.69%, 소방공사비 3.24%, 부대시설(토목 및 조경)공사비 12.76%로 조사됨

– 제경비 비율은 직접공사비(관급자재 포함) 비용에 평균 19.31%를 적용함

[표 6-3] 단위면적당 공사비 비교 ('15~'16년 10개 사업 평균, 조달청)

2015년도	1	2	3	4	5
연면적(m^2)	9,097	23,877	17,112	2,637	49,187
총공사비(천원) (A+B+C)	17,589,259	62,094,441	46,843,330	6,087,660	123,822,586
직접공사비(A)	13,279,753	46,799,236	35,589,330	4,566,698	96,392,112
제경비(B)	2,710,482	9,650,256	6,995,515	967,538	16,173,875
부가가치세(C)	1,599,024	5,644,949	4,258,485	553,424	11,256,599
제경비 비율(B/A)	20.41%	20.62%	19.66%	21.19%	16.78%

2015년도	1	2	3	4	5	전체 평균
연면적(m^2)	6,207	27,020	4,347	6,106	9,269	–
총공사비(천원) (A+B+C)	14,724,222	65,929,247	8,040,727	14,067,365	25,311,126	–
직접공사비(A)	11,633,879	49,995,657	6,062,126	10,597,979	18,063,774	29,298,054
제경비(B)	1,751,777	9,940,022	1,247,626	2,190,535	4,946,341	5,657,397
부가가치세(C)	1,338,566	5,993,568	730,975	1,278,851	2,301,011	3,495,545
제경비 비율(B/A)	15.06%	19.88%	20.58%	20.67%	27.38%	19.31%

목업 실증 건축물

– 제로에너지빌딩의 목업 실증 건축물은 일반 건축물이 아닌 실험용 건축물로서, 다양한 실증실험이 가능한 설비들이 포함되어야 함으로, (1안) 공공건축물 연구시설 산정기준을 적용한 경우와 (2안) 설계사 계략설계를 적용한 2가지 안을 검토함

태양광발전설비

– 제로에너지빌딩 실증시설의 Active house 적용을 위한 신재생에너지 설비 구축비용으로, 관련 업체 사례를 바탕으로 부지 확보시 1MW급 발전설비 공사단가를 적용함

지열발전설비

– 제로에너지빌딩 실증시설의 지열발전설비 구축비용으로, 기존 사례를 바탕으로 건축설계사의 개략 설계비용을 적용함(Geothermal System 등)

시설부대비 산정 기준

○ 시설부대비는 '연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침[제2-1판]('16.11, KISTEP)'에 따라 설계비(기본·실시설계 모두 포함), 감리비, 측량비 및 조사비 등을 포함하며, 공사비 금액을 기준으로 산정함

[표 6-4] 부대비 산정 기준

구 분	산정 기준
설계비	· 기획재정부 「2018년도 예산안 작성 세부지침」(2017.4)의 건축설계 대가요율(공공발주사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준)
감리비	· 기획재정부 「2018년도 예산안 작성 세부지침」(2017.4)의 건축 감리 요율
측량비 및 조사비	· KDI의 「도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」(2008)
기타비용	· 건축공사비 예정가격의 보정 적용

○ 기획재정부 「2018년도 예산안 작성 세부지침」(2017.4)에 따른 각 대가요율은 다음 표와 같음

[표 6-5] 건축부문 설계/감리 대가요율 (단위 : %)

공사비	종별	제3종(복잡)				제2종(보통)				제1종(단순)			
	도서의양	상급	중급	기본	감리	상급	중급	기본	감리	상급	중급	기본	감리
5,000만원		11.83	9.86	7.88	2.46	10.75	8.96	7.17	2.24	9.68	8.06	6.45	2.02
1억원		11.11	9.26	7.41	2.32	10.10	8.42	6.74	2.11	9.09	7.58	6.06	1.90
2억원		8.87	7.39	5.91	1.85	8.06	6.72	5.38	1.68	7.26	6.05	4.84	1.51
3억원		8.09	6.74	5.39	1.70	7.36	6.13	4.90	1.54	6.62	5.52	4.41	1.39
5억원		7.58	6.31	5.05	1.57	6.89	5.74	4.59	1.43	6.20	5.17	4.13	1.29
10억원		6.48	5.40	4.32	1.35	5.89	4.91	3.93	1.23	5.30	4.42	3.54	1.11
20억원		5.97	4.97	3.98	1.24	5.42	4.52	3.62	1.13	4.88	4.07	3.25	1.02
30억원		5.76	4.80	3.84	1.20	5.23	4.36	3.49	1.09	4.71	3.92	3.14	0.98
50억원		5.65	4.71	3.77	1.18	5.14	4.28	3.42	1.07	4.62	3.85	3.08	0.96
100억원		5.50	4.59	3.67	1.14	5.00	4.17	3.34	1.04	4.50	3.75	3.00	0.94
200억원		5.33	4.44	3.56	1.11	4.85	4.04	3.23	1.01	4.36	3.64	2.91	0.91
300억원		5.29	4.41	3.53	1.10	4.81	4.01	3.21	1.00	4.33	3.61	2.89	0.90
500억원		5.19	4.32	3.46	1.08	4.72	3.93	3.14	0.98	4.24	3.54	2.83	0.88
1,000억원		5.10	4.25	3.40	1.07	4.63	3.86	3.09	0.97	4.17	3.47	2.78	0.87
2,000억원		5.03	4.19	3.35	1.05	4.57	3.81	3.05	0.95	4.11	3.43	2.74	0.86
3,000억원		4.95	4.13	3.30	1.03	4.50	3.75	3.00	0.94	4.05	3.38	2.70	0.85
5,000억원		4.88	4.07	3.26	1.02	4.44	3.70	2.96	0.93	4.00	3.33	2.66	0.84

주) "공사비"라 함은 건축주의 공사비 총예정금액(자재대 포함)중 용지비, 보상비, 법률수속비 및 부가가치세를 제외한 일체의 금액을 말한다.



[표 6-6] 건설부문 설계/감리/시설부대비 대가요율 (단위 : %)

구 분 / 공사비	기본조사 설계비	실시설계비	공사감리비1]	시설부대비
5천만 원까지	3.24	6.49	3.02	1.08
1억 원까지	3.04	6.07	2.85	0.90
2억 원까지	2.42	4.85	2.26	0.72
3억 원까지	2.22	4.43	2.06	0.72
5억 원까지	2.01	4.03	1.89	0.72
10억 원까지	1.77	3.55	1.66	0.63
20억 원까지	1.63	3.27	1.53	0.36
30억 원까지	1.57	3.15	1.48	0.36
50억 원까지	1.54	3.09	1.45	0.27
100억 원까지	1.51	3.01	1.41	0.25
200억 원까지	1.46	2.91	1.37	0.23
300억 원까지	1.45	2.90	1.35	0.23
500억 원까지	1.41	2.84	1.33	0.23
1,000억 원까지	1.40	2.79	1.30	0.23
2,000억 원까지	1.38	2.76	1.28	0.21
3,000억 원까지	1.37	2.72	1.25	0.19
5,000억 원까지	1.34	2.70	1.23	0.17
5,000억 원 초과 (소수점 셋째자리에서 반올림)	기본설계요율 = (2.75×(공사비)–0.0265–0.006822) 실시설계요율 = (5.0×(공사비)–0.0229) 공사감리요율 = (3.4816×(공사비)–0.0386–0.00084) 시설부대비 = (28.3833×(공사비)–0.1895–0.00223)			

1] "공사감리" 란 비상주 감리를 말한다. ※ 위 기준요율은 '16년 신규사업부터 적용

[표 6-7] 통신부문 설계/감리/시설부대비 대가요율 (단위 : %)

구 분 / 공사비	기본조사 설계비	실시설계비	공사감리비1]	시설부대비
5천만 원까지	4.09	12.28	2.70	1.08
1억 원까지	3.84	11.55	2.53	0.90
2억 원까지	3.06	9.18	2.02	0.72
3억 원까지	2.79	8.38	1.84	0.72
5억 원까지	2.54	7.59	1.68	0.72
10억 원까지	2.24	6.71	1.48	0.63
20억 원까지	2.07	6.16	1.36	0.36
30억 원까지	1.99	5.95	1.31	0.36
50억 원까지	1.95	5.85	1.29	0.27
100억 원까지	1.89	5.70	1.25	0.25
200억 원까지	1.84	5.53	1.22	0.23
300억 원까지	1.82	5.49	1.21	0.23
500억 원까지	1.80	5.37	1.18	0.23
1,000억 원까지	1.76	5.30	1.16	0.23
2,000억 원까지	1.74	5.20	1.14	0.21
3,000억 원까지	1.72	5.11	1.13	0.19
5,000억 원까지	1.70	5.05	1.11	0.17
5,000억 원 초과	기본설계요율 = (3.16×(공사비)–0.023–0.000634) 실시설계요율 = (12.02×(공사비)–0.0323) 공사감리요율 = (2.3088×(공사비)–0.0271–0.00262) 시설부대비 = (28.3833×(공사비)–0.1895–0.00223)			

1] "공사감리" 란 비상주 감리를 말한다. ※ 위 기준요율은 '16년 신규사업부터 적용

[표 6-8] 전면 책임감리비 대가요율

공사비 (억 원)	개 산 요 율 (%)			비 고
	단순한 공종	보통의 공종	복잡한 공종	
100	7.67	8.52	9.37	
200	6.14	6.81	7.50	
300	5.34	5.92	6.52	
400	4.81	5.34	5.88	
500	4.44	4.94	5.43	
700	4.02	4.47	4.91	
1,000	3.66	4.06	4.46	
1,500	3.20	3.56	3.92	
2,000	2.89	3.21	3.53	
3,000	2.54	2.82	3.09	
5,000	2.15	2.39	2.62	
5,000억원 초과	단순 = 12,933.1967×(공사비)–0.3230 보통 = 14,498.7284×(공사비)–0.3234 복잡 = 16,006.0775×(공사비)–0.3236			

※ 건설기술진흥법 제39조 제2항의 규정에 의한 감독 권한대행 건설사업관리의 경우에 적용한다.
※ 위 기준요율은 '16년 신규사업부터 적용

설계비

– 설계비는 적정공사비를 기준으로 공사비에 건축설계 대가요율을 곱하여 산정하였음

– 동 사업의 건축물은 교육연구시설에 해당하기 때문에 건축물의 종별 구분에 의거하여 '제2종(보통)'을 적용하였고, 설계도서의 양은 '공공 발주사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준'(국토교통부 고시, 2015) 제10조 종별 구분과 도서작성 구분에 의거하여 '중급'을 적용

* 본 건축물은 단순 연구시설이 아닌 실증실험시설로서 다양한 실험설비들과의 구성이 복잡함을 고려함

– 건축설계 대가요율은 앞서 단위면적당 공사비를 이용해서 추산된 총공사비에서 부가가치세를 제외한 순공사비에 대해서 공사비 사이의 구간을 직선보간법을 적용하여 요율을 산정하였음

* 〈표 6-5〉의 건축설계 대가요율은 기본조사 설계와 실시설계를 합친 요율임

– 건설공사에 대한 설계비는 「엔지니어링산업 진흥법」 제31조제2항에 따라 「엔지니어링사업대가의 기준」(산업통상자원부 고시, 2017)의 별표 1의 건설부문의 요율을 적용하였으며, 공사비 중간 값은 해당 구간에서의 직선보간법을 적용함

감리비

– 감리비는 2018년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(2017. 04, 기획재정부)에 따라, 설계비 산정과 같은 교육연구시설에 대해 건설분야는 제2종(보통)을 적용하고, 건축부문은 전면 책임감리 요율을 적용하였음

측량 및 조사비

– 측량 및 조사비는 각종 측량, 조사, 시험 및 검사, 문화재지표조사, 환경·재해·교통 등에 관한 영향평가에 추가적으로 소요되는 비용으로서, 공사비의 1%를 적용하여 계상함

* KDI의 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』(2008)의 적용기준 반영

용지보상비 산정 기준

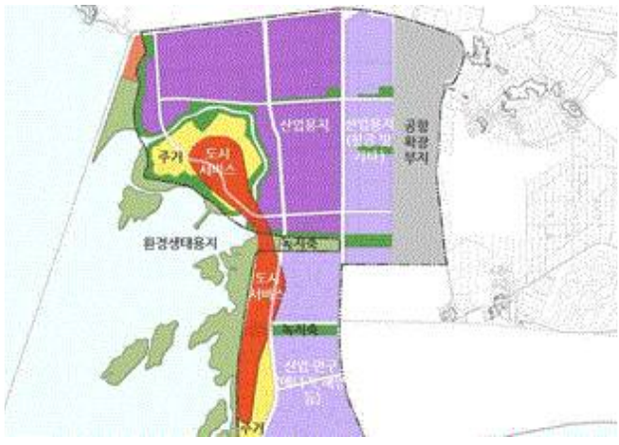
- 예비타당성조사에서 용지보상비는 용지구입비와 지장물보상비로 구성됨
  * 용지구입비 : 예비타당성조사 검토 대상인 공익사업에 필요한 토지를 취득 또는 수용하는데 드는 비용
    지장물보상비 : 해당 토지 위에 있는 건물, 구축물, 농작물, 수목 등에 대한 보상비
- 본 사업은 종합실증단지 구축을 위한 부지가 확정되지 않은 상태로 미래 확장성 등을 고려할 때, 대단위 부지가 필요
  – 사업 추진시에 지자체 공모 등을 통해 부지 현물 매칭의 방식을 검토할 필요가 있으나 지자체에서 대단위 부지 확보 및 매칭이 쉽지 않을 것으로 판단됨
- 그 대안으로 지역균형발전 및 국토교통분야 실증을 위한 환경적, 지리적 조건 등을 감안할 때 '새만금 간척지'가 가장 적합할 것으로 사료됨
- 따라서 용지보상비 산정 기준은 현재 새만금개발사업으로 한국농어촌공사에서 산업단지를 조성하여 분양하고 있는 비용을 용지구입비로 적용하고, 지장물보상비는 제외함
  – 새만금개발 기본계획(용지조성계획)에 따르면 '산업·연구용지'로 41.7km^2 면적을 계획중
  – 산업단지지역(18.7km^2)은 현재 한국농어촌공사에서 매립 및 기반시설 조성공사 중
- 새만금 토지가격[1]은 151,249원/m^{2}으로 인천 송도(3.3m^{2}당 170만원), 영종도(3.3m^{2}당 400만원) 및 부산(3.3m^{2}당 179만원) 등 타 지역의 매립지·간척지에 비해 매우 저렴
  – 대구 사이언스파크 조성원가 294,230원/m^2, 포항 블루밸리 국가산업단지 조성원가 223,663원/m^2, 구미 하이테크밸리(5단지) 용지가격 261,609원/m^2

새만금산업단지 중 산업·연구용지 개요(새만금개발청)

- 면적 : 41.7km^2 (※ 산업단지지역 18.7km^{2}은 매립 및 기반시설 조성공사 중)
- 한국농어촌공사가 개발하는 새만금산업단지와 그 인근지역을 포함
- 주력산업과 신성장동력산업 및 관련 연구시설의 집적지로 개발
- 국내·외 앵커기업의 개별적인 투자수요 및 연관기업과의 집적화단지 개발수요 등에 대처하기 위한 용도로 개발



〈새만금개발 기본계획〉



〈산업·연구용지 토지이용구상 개념도 예시〉

1) 출처) 새만금투자 guide(2016.01, 새만금개발청)

예비비 산정 기준

- 예비비는 국가재정법 제22조의 규정에 의해 예측할 수 없는 예산 외의 지출 또는 예산초과 지출액을 충당하기 위한 자금으로 공사비, 부대비, 용지보상비 합계의 10%를 적용하여야 하나, 본 사업비 산정 시에는 실제 설계사 공사비 견적을 적용하였기에 변동성이 적다고 판단하여 5%로 적용함

잔존가치 산정

- 잔존가치란 경제성분석 기간이 종료된 이후에도 존재하는 가치를 평가하는 것으로서 토지, 건축물 및 장비의 감가상각방식을 적용하여 산정함
  - (장비) 일반적인 장비의 경우, 내용연수가 평균 5년으로 경제성분석 기간(구축 후 5년)을 적용하면 잔존가치는 0원임
  - 반면에 실규모 진동대 장비의 경우에는 실제 연구기관에서 사용하는 진동대의 수명(약 10년)을 적용하여 경제성분석 기간을 10년으로 산정하였으며, 잔존가치는 0원임
  - (부지) 부지의 경우에는 용지구입비만을 잔존가치로 산정하되, 토지는 내용연수가 무한하므로 감가상각 대상에서 제외함
  - 따라서 토지의 잔존가치는 용지구입비 전액인 249.74억 원으로 고려함
  - (건축물) 예비타당성조사 일반지침에 근거하여 과학단지 사업의 건축물은 30년으로 적용하고 있어, 본 연구 시설의 시설구축비 총액인 1,426.1억 원의 25/30인 1,188.4억 원을 반영함

1.2 시설구축비 산정

(1-1안) 조달청의 공공건축물 준공사례('15~'16년) 적용 (예비비 10% 적용)

구 분		산정기준	적용기준 (원,%)	제로에너지 건축물 실증시설		스마트 도시물순환 실증시설		내진성능 실증시설	신기술,R&DT/B 1단계총부지 (21만평)	합 계
				종합실증타워	목업실증건축물	스마트그린인프라	스마트워터그리드			
건축물 개요	부지면적			40,000	2,200	26,700	29,500	20,000	706,600	825,000
	건축면적			2,400	1,196	2,700	2,700	5,000		13,996
	연면적			33,860	2,560	4,800	8,100	8,000		57,320
용지 보상비	용지구입비	새만금개발청(농어촌공사 택지조성) m^2당 단가 신기술,T/B부지는 공유수면 단가(1만원/m^2) 적용	151,249	6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
	지장물보상비	(해당없음)		0	0	0	0	0	0	0
	소계			6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
공사비	단지조성공사비	새만금(국유지, 농림부) m^2당 단가		0	0	0	0	0		0
	시설공사비(계)	연구소 사례(조달청 '15-'16): m^2당 평균단가(직접공사비+관급자재)	1,891,918	64,060,343,480	4,843,310,080	9,081,206,400	15,324,535,800	15,135,344,000	0	108,444,739,760
	토목/조경공사비		12.76%	8,170,923,694	617,766,233	1,158,311,687	1,954,650,972	1,930,519,479	0	13,832,172,065
	건축공사비		41.73%	26,733,081,853	2,021,166,259	3,789,686,736	6,395,096,368	6,316,144,561	0	45,255,175,777
	기계/전기/통신/소방		45.51%	29,156,337,933	2,204,377,587	4,133,207,976	6,974,788,460	6,888,679,961	0	49,357,391,917
	특수시설공사비	내진시설(반력벽, 반력바닥 반영)		0	0	0	0	2,500,000,000	0	2,500,000,000
	제경비	연구소 사례(조달청 '15-'16): 직접비의 19.31%	19.31%	12,370,052,326	935,243,176	1,753,580,956	2,959,167,863	3,405,384,926	0	21,423,429,248
	부가가치세		10.0%	7,643,039,581	577,855,326	1,083,478,736	1,828,370,366	2,104,072,893	0	13,236,816,901
	소계			84,073,435,387	6,356,408,582	11,918,266,091	20,112,074,029	23,144,801,819	0	145,604,985,908
시설 부대 경비	설계비	(기본설계+실시설계) 요율 / 순공사비 기준		2,469,223,639	186,686,725	350,037,610	590,688,467	679,759,207		4,276,395,648
	건설부문	엔지니어링사업대가기준 적용 (단지조성 미반영)		0	0	0	0	0		0
	건축부문	2015년 공공발주사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준 적용(제2종 보통-중급 적용)	3.855%	2,469,223,639	186,686,725	350,037,610	590,688,467	679,759,207	0	4,276,395,648
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	감리비	순공사비 기준		2,530,737,566	191,337,512	358,757,836	605,403,848	696,693,541		4,382,930,304
	건설&건축부문	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(전면 책임감리 적용)	3.95%	2,530,737,566	191,337,512	358,757,836	605,403,848	696,693,541	0	4,382,930,304
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	조사,측량,영향평가비 등	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 적용	1.0%	640,603,435	48,433,101	90,812,064	153,245,358	176,353,440		1,109,447,398
	시설부대비(건설부문)	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침 적용	0.270%	0	0	0	0	0		0
	부가가치세		10.0%	564,056,464	42,645,734	79,960,751	134,933,767	155,280,619	0	976,877,335
	소계			6,204,621,105	469,103,072	879,568,261	1,484,271,440	1,708,086,807	0	10,745,650,685
예비비			10.0%	9,632,801,649	715,825,945	1,683,618,265	2,605,819,097	2,787,786,863	706,600,000	18,132,451,819
총 계				105,960,818,140	7,874,085,400	18,519,800,917	28,664,010,066	30,665,655,489	7,772,600,000	199,456,970,012

(1-2안) 조달청의 공공건축물 준공사례('15~'16년) 적용 (예비비 5% 적용)

구 분		산정기준	적용기준 (원,%)	제로에너지 건축물 실증시설		스마트 도시물순환 실증시설		내진성능 실증시설	신기술,R&DT/B 1단계총부지 (21만평)	합계
				종합실증타워	목업실증건축물	스마트그린인프라	스마트워터그리드			
건축물 개요	부지면적			40,000	2,200	26,700	29,500	20,000	706,600	825,000
	건축면적			2,400	1,196	2,700	2,700	5,000		13,996
	연면적			33,860	2,560	4,800	8,100	8,000		57,320
용지 보상비	용지구입비	새만금개발청(농어촌공사 택지조성) ㎡당 단가 신기술,T/B부지는 공유수면 단가(1만원/㎡)적용	151,249	6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
	지장물보상비	(해당없음)		0	0	0	0	0	0	0
	소계			6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
공사비	단지조성공사비	새만금(국유지, 농림부) ㎡당 단가		0	0	0	0	0		0
	시설공사비(계)	연구소 사례(조달청 '15-'16): ㎡당 평균단가(직접공사비+관급자재)	1,891,918	64,060,343,480	4,843,310,080	9,081,206,400	15,324,535,800	15,135,344,000	0	108,444,739,760
	토목/조경공사비		12.76%	8,170,923,694	617,766,233	1,158,311,687	1,954,650,972	1,930,519,479	0	13,832,172,065
	건축공사비		41.73%	26,733,081,853	2,021,166,259	3,789,686,736	6,395,096,368	6,316,144,561	0	45,255,175,777
	기계/전기/통신/소방		45.51%	29,156,337,933	2,204,377,587	4,133,207,976	6,974,788,460	6,888,679,961	0	49,357,391,917
	특수시설공사비	내진시설(반력벽, 반력바닥 반영)		0	0	0	0	2,500,000,000	0	2,500,000,000
	제경비	연구소 사례(조달청 '15-'16): 직접비의 19.31%	19.31%	12,370,052,326	935,243,176	1,753,580,956	2,959,167,863	3,405,384,926	0	21,423,429,248
	부가가치세		10.0%	7,643,039,581	577,855,326	1,083,478,736	1,828,370,366	2,104,072,893	0	13,236,816,901
	소계			84,073,435,387	6,356,408,582	11,918,266,091	20,112,074,029	23,144,801,819	0	145,604,985,908
시설 부대 경비	설계비	(기본설계+실시설계) 요율 / 순공사비 기준		2,469,223,639	186,686,725	350,037,610	590,688,467	679,759,207		4,276,395,648
	건설부문	엔지니어링사업대가기준 적용 (단지조성 미반영)		0	0	0	0	0		0
	건축부문	2015년 공공발주사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준 적용(제2종 보통-중급 적용)	3.868%	2,469,223,639	186,686,725	350,037,610	590,688,467	679,759,207	0	4,276,395,648
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	감리비	순공사비 기준		2,530,737,566	191,337,512	358,757,836	605,403,848	696,693,541		4,382,930,304
	건설&건축부문	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침 (전면 책임감리 적용)	4.14%	2,530,737,566	191,337,512	358,757,836	605,403,848	696,693,541	0	4,382,930,304
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	조사,측량,영향평가비 등	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 적용	1.0%	640,603,435	48,433,101	90,812,064	153,245,358	176,353,440		1,109,447,398
	시설부대비(건설부문)	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침 적용	0.270%	0	0	0	0	0		0
	부가가치세		10.0%	564,056,464	42,645,734	79,960,751	134,933,767	155,280,619	0	976,877,335
	소계			6,204,621,105	469,103,072	879,568,261	1,484,271,440	1,708,086,807	0	10,745,650,685
예비비			5.0%	4,816,400,825	357,912,973	841,809,133	1,302,909,548	1,393,893,431	353,300,000	9,066,225,910
총 계				101,144,417,316	7,516,172,427	17,677,991,785	27,361,100,517	29,271,762,058	7,419,300,000	190,390,744,103

(2-1안) 설계사 실제 계략견적비용(공사비) 적용(시설부대경비 등은 1안과 동일하게 적용) (예비비 10%적용)

구 분		산정기준	적용기준 (원,%)	제로에너지 건축물 실증시설		스마트 도시물순환 실증시설		내진성능 실증시설	신기술,R&DT/B 1단계총부지 (21만평)	합계
				종합실증타워	목업실증건축물	스마트그린인프라	스마트워터그리드			
건축물 개요	부지면적			40,000	2,200	26,700	29,500	20,000	706,600	825,000
	건축면적			2,400	1,196	2,700	2,700	5,000		13,996
	연면적			33,860	2,560	4,800	8,100	8,000		57,320
용지 보상비	용지구입비	새만금개발청(농어촌공사 택지조성) ㎡당 단가 신기술,T/B부지는 공유수면 단가(1만원/㎡)적용	151,249	6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
	지장물보상비	(해당없음)		0	0	0	0	0	0	0
	소계			6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
공사비 (설계사 산정)	단지조성공사비	새만금(국유지, 농림부) m당 단가		0	0	0	0	0		0
	시설공사비(계)	설계사 설계자료		53,748,130,230	4,501,511,184	7,109,198,400	12,250,869,300	14,140,280,000	0	91,749,989,114
	토목/조경공사비			6,452,869,500	292,868,400	529,980,000	1,310,883,750	1,125,300,000	0	9,711,901,650
	건축공사비			31,931,285,730	3,197,397,384	4,401,218,400	7,264,610,550	9,384,980,000	0	56,179,492,064
	기계/전기/통신/소방			15,363,975,000	1,011,245,400	2,178,000,000	3,675,375,000	3,630,000,000	0	25,858,595,400
	특수시설공사비	내진시설(반력벽, 반력바닥 반영)		0	0	0	0	2,500,000,000	0	2,500,000,000
	제경비	설계사 설계자료	22.0%	11,824,588,651	990,332,460	1,564,023,648	2,695,191,246	3,660,861,600	0	20,734,997,605
	부가가치세		10.0%	6,557,271,888	549,184,364	867,322,205	1,494,606,055	2,030,114,160	0	11,498,498,672
	소계			72,129,990,769	6,041,028,009	9,540,544,253	16,440,666,601	22,331,255,760	0	126,483,485,391
시설 부대 경비	설계비	(기본설계+실시설계) 요율 / 순공사비 기준		2,079,004,560	174,120,704	274,987,350	473,869,752	643,654,353		3,645,636,718
	건설부문	엔지니어링사업대가기준 적용 (단지조성 미반영)		0	0	0	0	0		0
	건축부문	2015년 공공발주사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준 적용(제2종 보통-중급 적용)	3.868%	2,079,004,560	174,120,704	274,987,350	473,869,752	643,654,353	0	3,645,636,718
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	감리비	순공사비 기준		2,224,411,240	186,298,798	294,220,111	507,012,453	688,671,879		3,900,614,481
	건설&건축부문	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(전면 책임감리 적용)	4.14%	2,224,411,240	186,298,798	294,220,111	507,012,453	688,671,879	0	3,900,614,481
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	조사,측량,영향평가비 등	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 적용	1.0%	537,481,302	45,015,112	71,091,984	122,508,693	166,402,800		942,499,891
	시설부대비(건설부문)	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침 적용	0.270%	0	0	0	0	0		0
	부가가치세		10.0%	484,089,710	40,543,461	64,029,944	110,339,090	149,872,903	0	848,875,109
	소계			5,324,986,812	445,978,076	704,329,389	1,213,729,988	1,648,601,936	0	9,337,626,200
예비비			10.0%	8,350,493,758	681,975,388	1,428,322,194	2,211,624,209	2,700,483,770	706,600,000	16,079,499,319
총 계				91,855,431,338	7,501,729,273	15,711,544,136	24,327,866,297	29,705,321,465	7,772,600,000	176,874,492,510

〈주〉 1. 도시물순환 실증시설 중 옥외시설 제외
2. 내진실증센터의 특수시설(반력벽/반력바닥) 비용은 25억원 적용
3. 공과잡비(30%)에는 이윤, 기타 제경비 등 포함)
4. 설계사의 공사비 내역에는 설계, 감리비, 조사비, 예비비 등 미포함

(2-2안) 설계사 실제 계략견적비용(공사비) 적용(시설부대경비 등은 1안과 동일하게 적용) (예비비 5%적용)

구 분		산 정 기 준	적용기준 (원,%)	제로에너지 건축물 실증시설		스마트 도시물순환 실증시설		내진성능 실증시설	신기술, R&DT/B 1단계총부지 (21만평)	합 계
				종합실증타워	목업실증건축물	스마트그린인프라	스마트워터그리드			
건축물 개요	부지면적			40,000	2,200	26,700	29,500	20,000	706,600	825,000
	건축면적			2,400	1,196	2,700	2,700	5,000		13,996
	연면적			33,860	2,560	4,800	8,100	8,000		57,320
용지 보상비	용지구입비	새만금개발청(농어촌공사 택지조성) ㎡당 단가 신기술,T/B부지는 공유수면 단가(1만원/m2)적용	151,249	6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
	지장물보상비	(해당없음)		0	0	0	0	0	0	0
	소계			6,049,960,000	332,747,800	4,038,348,300	4,461,845,500	3,024,980,000	7,066,000,000	24,973,881,600
공사비 (설계사 산정)	단지조성공사비	새만금(국유지, 농림부) ㎡당 단가		0	0	0	0	0		0
	시설공사비(계)	설계사 설계자료		53,748,130,230	4,501,511,184	7,109,198,400	12,250,869,300	14,140,280,000	0	91,749,989,114
	토목/조경공사비			6,452,869,500	292,868,400	529,980,000	1,310,883,750	1,125,300,000	0	9,711,901,650
	건축공사비			31,931,285,730	3,197,397,384	4,401,218,400	7,264,610,550	9,384,980,000	0	56,179,492,064
	기계/전기/통신/소방			15,363,975,000	1,011,245,400	2,178,000,000	3,675,375,000	3,630,000,000	0	25,858,595,400
	특수시설공사비	내진시설(반력벽, 반력바닥 반영)		0	0	0	0	2,500,000,000	0	2,500,000,000
	제경비	설계사 설계자료	22.0%	11,824,588,651	990,332,460	1,564,023,648	2,695,191,246	3,660,861,600	0	20,734,997,605
	부가가치세		10.0%	6,557,271,888	549,184,364	867,322,205	1,494,606,055	2,030,114,160	0	11,498,498,672
	소계			72,129,990,769	6,041,028,009	9,540,544,253	16,440,666,601	22,331,255,760	0	126,483,485,391
시설 부대 경비	설계비	(기본설계+실시설계) 요율 / 순공사비 기준		2,079,004,560	174,120,704	274,987,350	473,869,752	643,654,353		3,645,636,718
	건설부문	엔지니어링사업대가기준 적용 (단지조성 미반영)		0	0	0	0	0		0
	건축부문	2015년 공공발주사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준 적용(제2종 보통-중급 적용)	3.862%	2,079,004,560	174,120,704	274,987,350	473,869,752	643,654,353	0	3,645,636,718
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	감리비	순공사비 기준		2,224,411,240	186,298,798	294,220,111	507,012,453	688,671,879		3,900,614,481
	건설&건축부문	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(전면 책임감리 적용)	4.08%	2,224,411,240	186,298,798	294,220,111	507,012,453	688,671,879	0	3,900,614,481
	통신부문	엔지니어링사업대가기준 적용	건축에 포함							0
	조사, 측량, 영향평가비 등	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 적용	1.0%	537,481,302	45,015,112	71,091,984	122,508,693	166,402,800		942,499,891
	시설부대비(건설부문)	2018년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침 5적용	0.270%	0	0	0	0	0		0
	부가가치세		10.0%	484,089,710	40,543,461	64,029,944	110,339,090	149,872,903	0	848,875,109
	소계			5,324,986,812	445,978,076	704,329,389	1,213,729,988	1,648,601,936	0	9,337,626,200
예비비			5.0%	4,175,246,879	340,987,694	714,161,097	1,105,812,104	1,350,241,885	353,300,000	8,039,749,660
총 계				87,680,184,459	7,160,741,579	14,997,383,039	23,222,054,193	28,355,079,581	7,419,300,000	168,834,742,850

〈주〉 1. 도시물순환 실증시설 중 옥외시설 제외
2. 내진실증센터의 특수시설(반력벽/반력바닥) 비용은 25억원 적용
3. 재경비(22%)에는 이윤, 기타 공과잡비 등 포함
4. 설계사의 공사비 내역에는 설계, 감리비, 조사비, 예비비 등 미포함



1.5 시설구축비 종합

- 시설구축비의 경우 (1안) 조달청의 공공건축물(연구시설) 준공사례 적용의 경우와 (2안) 설계사의 실제 계략공사비 산출 견적 적용으로 검토함
- 각 (안)에 대해서 예비비를 10%와 5%로 적용한 경우 및 부지 고려 여부에 대해 추가 검토함
- 최종적으로 예비비 5%를 적용하면, 부지구입비를 고려한 경우에는 1,688.3억 원, 부지구입비를 고려하지 않은 경우에는 1,426.1억 원이 시설구축비로 추정됨

[표 6-9] 종합실증단지 전체 시설구축비 추정 분석

구 분		설계금액 기준				
		용지구입비	공사비	시설부대경비	예비비	계(A)
1-1안 (예비비 10%)	부지 고려	24,973,882	145,604,986	10,745,651	18,132,452	207,997,177
	부지 미고려	0	145,604,986	10,745,651	15,635,064	171,985,700
1-2안 (예비비 5%)	부지 고려	24,973,882	145,604,986	10,745,651	9,066,226	190,390,744
	부지 미고려	0	145,604,986	10,745,651	7,817,532	164,168,168
2-1안 (예비비 10%)	부지 고려	24,973,882	126,483,485	9,337,626	16,079,499	176,874,493
	부지 미고려	0	126,483,485	9,337,626	13,582,111	149,403,223
2-2안 (예비비 5%)	부지 고려	24,973,882	126,483,485	9,337,626	8,039,750	168,834,743
	부지 미고려	0	126,483,485	9,337,626	6,791,056	142,612,167

[표 6-10] 종합실증단지 전체 시설구축비 내역 (2-2안 적용시)

구 분	비 목	사업비(원)		비 고
		부지 고려	부지 미고려	
제로에너지 빌딩 종합실증시설	A. 공사비	78,171,018,778	78,171,018,778	
	B. 부대비	5,770,964,887	5,770,964,887	
	C. 용지보상비	6,382,707,800	0	
	D. 예비비	4,516,234,573	4,197,099,183	전체의 5% 적용
	소 계	94,840,926,038	88,139,082,848	
스마트 도시물순환 종합실증시설	A. 공사비	25,981,210,853	25,981,210,853	
	B. 부대비	1,918,059,377	1,918,059,377	
	C. 용지보상비	8,500,193,800	0	
	D. 예비비	1,819,973,202	1,394,963,512	전체의 5% 적용
	소 계	38,219,437,232	29,294,233,742	
실대형 내진성능평가 실증시설	A. 공사비	22,331,255,760	22,331,255,760	
	B. 부대비	1,648,601,936	1,648,601,936	
	C. 용지보상비	3,024,980,000	0	
	D. 예비비	1,350,241,885	1,198,992,885	전체의 5% 적용
	소 계	28,355,079,581	25,178,850,581	
신기술, R&D T/B 지원 부지	A. 공사비	0	0	용지구입비만 적용(동일) 예비비는 전체의 5% 적용
	B. 부대비	0	0	
	C. 용지보상비	7,066,000,000	0	
	D. 예비비	353,300,000	0	
	소 계	7,419,300,000	0	
합계 (설계금액 기준)	A. 공사비	126,483,485,391	126,483,485,391	
	B. 부대비	9,337,626,200	9,337,626,200	
	C. 용지보상비	24,973,881,600	0	
	D. 예비비	8,039,749,660	6,791,055,580	
	소 계	168,834,742,850	142,612,167,170	



2. 연구장비 구축비 산정

2.1 장비구축비 산정 기준

- 연구장비는 관련 업체 견적 가격 또는 NTIS 검색을 통한 기존 장비 가격으로 추정함
- 상세 설계가 필요한 시스템/설비 등은 관련 업체 견적 또는 관련 분야 전문가 의견을 반영함

2.2 제로에너지 빌딩 종합실증시설

- 제로에너지 빌딩 종합실증시설의 실험설비 및 연구장비 구축비용은 총 541.46억원
  - 종합실증타워의 실험 및 검인증 장비에 419.42억원, 건축물 유형별 실증 Test-Bed에 34.04억원, 옥외 태양광 발저설비 8.0억원 및 실증단지 통합네트워크 및 운영시스템 80.0억원으로 구성됨

[표 6-11] 제로에너지 빌딩 종합실증시설의 연구장비 구축비용

설치장소	장비명	단가(천원)	수량	금액(천원)	비고
종합실증타워 1~3층	실증형 챔버(저/중/고층)	9,845,000	1식	9,845,000	
	냉난방기	2,024,000	〃	2,024,000	
	대항류사각형냉각탑	215,000	〃	215,000	
	공기조화기	1,672,000	〃	1,672,000	
	가습설비	405,000	〃	405,000	
	제습설비	1,760,000	〃	1,760,000	
	강우/강설 모사	1,980,000	〃	1,980,000	
	일사장비	3,800,000	〃	3,800,000	
	공조덕트/배관 및 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비	2,500,000	〃	2,500,000	
	DAQ시스템	195,000	〃	195,000	
	센서 및 계장계기	546,000	〃	546,000	
	탈부착용 외피 설치장치	1,500,000	〃	1,500,000	
	Over head crane	560,000	〃	560,000	
종합실증타워 6~9층	열회수형 환기시험장치	660,000	〃	660,000	
	G-Value 시험장치	400,000	〃	400,000	
	냉난방 열원 환기 탈부착 시스템	1,000,000	〃	1,000,000	
	통합자동제어시스템	380,000	〃	380,000	
종합실증타워 옥외 및 지하1층	태양광 성능 검인증 장비	1,500,000	〃	1,500,000	
	Geothermal 시스템 운영 성능 실증 시스템	5,000,000	〃	5,000,000	
	BIPV 시스템 운영 성능 실증 시스템	3,000,000	〃	3,000,000	
	ESS/TES 시스템 운영 성능 실증 시스템	3,000,000	〃	3,000,000	
	소계	41,942,000		41,942,000	

[표 6-12] 제로에너지 빌딩 종합실증시설의 연구장비 구축비용 (계속)

설치장소	장비명	단가(천원)	수량	금액(천원)	비고
건축물 유형별 실증 Test-Bed	공조덕트/배관 및 건물 구조체 경계(바닥/천장/내외벽 등) 항온항습 구현 시설 및 설비	1,500,000	1식	1,500,000	
	DAQ시스템	130,000	〃	130,000	
	센서 및 계장계기	364,000	〃	364,000	
	G-Value 시험장치	266,000	〃	266,000	
	자동제어시스템	380,000	〃	380,000	
	공기조화기(공공시설형)	104,000	〃	104,000	
	냉난방 열원 환기 탈부착 시스템	660,000	〃	660,000	
	소계	3,404,000		3,404,000	
옥외 태양광 발전 설비	1MW급 태양광 발전 설비	800,000	1식	800,000	
	소계	800,000		800,000	
실증단지 통합 네트워크 및 운영시스템	네트워크	3,600,000	1식	3,600,000	
	부대시설	540,000	〃	540,000	
	서버시스템	630,000	〃	630,000	
	관제센터	1,200,000	〃	1,200,000	
	원격실험관찰	730,000	〃	730,000	
	운영시스템	1,300,000	〃	1,300,000	
	소계	8,000,000		8,000,000	
합계		54,146,000		54,146,000	



2.3 스마트 도시물순환 종합실증시설

- 스마트 도시물순환 종합실증시설의 연구장비 구축비용은 총 183.28억원
  - 옥외에 설치되는 실증시설/설비에 77.34억원, 스마트그린인프라 실증시설에 47.84억원 및 스마트워터그리드 실증시설에 58.10억원으로 구성됨

[표 6-13] 스마트 도시물순환 종합실증시설의 옥외 실증시설/설비 구축비용

설치장소	옥외실증장	단가(천원)	수량	금액(천원)	비고
스마트그린인프라 실증시설	옥상녹화 실증장	14,200	3	42,600	
	그린플랜트박스 실증장	21,700	20	434,000	
	그린보도 실증장	70,700	2	141,400	
	그린도로 실증장	180,300	3	540,900	
	그린주차장 실증장(투수아스팔트/콘크리트)	1,413,300	1	1,413,300	
	그린주차장 실증장(투수블록형)	1,695,900	1	1,695,900	
	그린빗물정원 실증장	324,000	3	972,000	
	그린생태저류지형 실증장	123,500	4	494,000	
	도심수로 실증장	200,000	1	200,000	
	소계			5,934,100	
스마트워터그리드 실증시설	다중수원 저장시설	550,000	1	550,000	
	이동식수처리장치 실증 및 검증설비	1,000,000	1	1,000,000	
	지능형관망모형시설 배수지	250,000	1	250,000	
	소계			1,800,000	
합계				7,734,100	

※ 옥외시설은 시스템설비로 보고 감리비는 제외하고 설계는 비용에 포함

[표 6-14] 스마트 그린인프라 실증시설의 연구장비 구축비용

설치장소	장비명	단가(천원)	수량	금액(천원)	비고
스마트 그린인프라 실증시설	우수저류 및 순환시설	289,700	1	289,700	통합관리센터 (장비)
	물순환효율성 검증장비	150,000	1	150,000	
	오염저감 효율성 검증장비	300,000	1	300,000	
	역학적 물성분석장비	150,000	1	150,000	
	이동형 강우모사기	80,000	1	80,000	
	소계			969,700	
	기초수문 모니터링시스템	25,000	2	50,000	통합관리센터 (모니터링 시스템)
	물순환 모니터링시스템	50,000	25	1,250,000	
	수환경 모니터링시스템	100,000	6	600,000	
	열순환 모니터링시스템(온도,열화상캠 등)	50,000	5	250,000	
	영상 모니터링시스템	7,000	5	35,000	
	수위 모니터링시스템(지하수위 포함)	25,000	4	100,000	
	자동제어 IoT 센서/통신 장비	729,000	1	729,000	
	통합자료관리/분석 서버 및 부대시설	800,000	1	800,000	
	소계			3,814,000	
합계				4,783,700	

주】 스마트그린인프라 통합모니터링시스템은 실증장내 통합관측센터 내부에 구축계획

산출근거 : 부산대학교 "국가 저영향개발 실증실험단지 및 연구센터 신축공사" 의 요소기술별 시공단가(면적대비 시공금액)

[표 6-15] 스마트 워터그리드 실증시설의 연구장비 구축비용

설치장소	장비명		단가(천원)	수량	금액(천원)	비고
스마트 워터그리드 실증시설	다중수원취수	해수취수설비	200,000	3	600,000	다중수원 및 이동식 수처리
		지하수관정 및 취수설비	100,000	2	200,000	
		염지하수관정 취수설비	100,000	2	200,000	
		기수취수설비	100,000	1	100,000	
		하수 및 오수 방류수 취수설비	50,000	1	50,000	
	이동식 수처리 장치실증 및 검증시설	다중수원 원수공급 관망	200,000	1	200,000	
		배수라인 구축	30,000	1	30,000	
		수배전 및 옥외통신 설비	100,000	1	100,000	
		공급원수별 수질 계측	150,000	1	150,000	
	소계				1,630,000	
	지능형 관망모형시설	관계관망 설치	300,000	1	300,000	지능형 관망 및 검침인프라
		배급수펌프 검증설비	100,000	1	100,000	
		계측설비 검증설비	100,000	1	100,000	
		밸브류 검증설비	50,000	1	50,000	
		옥외 수배전설비	130,000	1	130,000	
	AMI 실증 및 검증설비	AMI 검증설비	1,200	500	600,000	
		콘트롤 밸브	500	500	250,000	
		통신 인프라	100,000	1	100,000	
	누수탐지 실증시설	배관자재 인증설비(지상설비)	100,000	1	100,000	
		관파손 인증설비	150,000	1	150,000	
		배관매설(누수탐사 감지 인증라인)	1,000,000	1	1,000,000	
		관접합 및 수충격실증	200,000	1	200,000	
		누수 복구 인증 설비	100,000	1	100,000	
		통신 인프라	200,000	1	200,000	
	소계				3,380,000	
	GC/MS/MS		150,000	1	150,000	장비
	HPLC		150,000	1	150,000	
	ICP		100,000	1	100,000	
	IC		100,000	1	100,000	
	다항목 수질정밀 자동분석장비		200,000	1	200,000	
	총 유기탄소 분석기		100,000	1	100,000	
	소계				800,000	
합계					5,810,000	

* 산출근거 : 스마트워터그리드 지능화 연구단 데모플랜트 구축비용 근거



2.4 실대형 내진성능평가 실증시설

◎ 실대형 내진성능평가 실증시설의 연구장비 구축비용은 총 644.46억원
* 국산제작 : 진동대 프레임, 기초 구조물, 안전설비 등

[표 6-16] 진동대 등 장비 소요비용 추정

구 분	장 비	비 고	가격(백만원)
실대형 진동대	· 1,000톤급 3자유도 초대형 진동대	외자	39,550.0
	· 200톤급 대형 다자유도 진동대	외자	19,775.0
	소 계		59,325.0
기타 장비 및 설비	· Hybrid Simulation System(Actuator 4기 포함)	외자	791.0
	· 냉각시스템		195.6
	· 30ton 이상 오버헤드크레인 2EA		600.0
	· 대형 전동지게차(2ton, 10ton 등)		300.0
	· 시저리프트(시저형 고소 작업대 12m 등) 등		
	· 공압공급 및 작업공구류(에어컴프레셔 외)		
	· 실험보조장치(Zig 등 제작)		150.0
	소 계		2,036.6
계측장비 및 센서	· DAQ(Data Aquisition) 계측시스템		200.0
	· 가속도계(10EA)		50.0
	· 변위(속도)계측시스템(변위계, 비접촉식 변위계 포함)		150.0
	· 기타 디지털 카메라, 동영상 촬영장치 등		50.0
	소 계	견적가	450.0
부대경비	· 외자 장비(실구조용 진동대 2기 외) 도입 경비	[표6-11]	2,634.4
합 계			64,446.0

◎ 진동대 2기, Hybrid Simulation System의 외자구입에 따른 부대경비(운임, 관세 등) 세부 내역

[표 6-17] 진동대 구매 세부견적 금액

비용 구분			USD($)	금액(원)	산출기준	비고
A	FOB 물품대금	1,000톤급 진동대	35,000,000	39,550,000,000	환율 1,130원/$	15m×15m
		200톤급 진동대	17,500,000	19,775,000,000		7m×7m
		Actuators	700,000	791,000,000		Hybrid Simulation System
B	Freight Charge		532,000	601,160,000	1.00%	해상운임 (중량×1%)
CFR 합계(A+B)			53,735,000	60,717,160,000		
C	Insurance		59,105	66,788,876	0.01%	보험료(CFRx110%×0.1%)
CIF 합계(A+B+C)			53,791,105	60,783,948,876		
D	조달수수료		537,911	607,839,489	1.00%	CIF 금액의 1%
E	국내운송료		53,200	60,116,000	0.10%	
F	관세		–	–	0.00%	한미FTA 적용 가정
G	부가세		1,149,120	1,298,505,600	2.16%	
부대비용 합계(D+E+F+G)			1,740,231	1,966,461,089		
구매 예산 합계			–	62,750,409,965		

2.5 장비 구축비 종합

- 종합실증단지의 장비(실증시설·연구장비) 구축 총 비용은 1,369.2억원
  - 제로에너지 빌딩 종합실증시설의 장비비가 541.5억원(39.5%), 스마트 도시물순환 종합실증시설의 장비비가 183.3억원(13.4%), 실대형 내진성능평가 실증시설 장비비가 644.5억원(47.1%)의 비중을 차지함

[표 6-18] 국토교통 종합실증단지의 장비 구축비

구 분		장비 구축비 (천원)	비고
제로에너지 빌딩 종합실증시설	종합실증타워	41,942,000	
	건축물 유형별 실증 Test-Bed	3,404,000	
	옥외 태양광 발전 설비	800,000	
	실증단지 통합 네트워크 및 운영시스템	8,000,000	
	소계	54,146,000	39.5%
스마트 도시물순환 종합실증시설	스마트 그린인프라 실증시설	4,783,700	
	스마트 워터그리드 실증시설	5,810,000	
	옥외 실증장	7,734,100	
	소계	18,327,800	13.4%
실대형 내진성능평가 실증시설	실대형 진동대	59,325,000	
	기타 장비 및 설비	2,036,600	
	계측장비 및 센서	450,000	
	부대경비	2,634,400	
	소계	64,446,000	47.1%
합계		136,919,800	100.0%



3. 구축단계 연구비·관리비 산정

3.1 연구비·관리비 산정 기준

기본 원칙

- 실증단지 구축단계는 구축비용(직접비) 이외에 다양한 국내외 사례의 벤치마킹, 설계 검토, 상세 운영·활용전략 수립 및 수많은 용역(건축, CM, 장비 등) 관리를 위한 사업단 관리비용이 소요됨
- 구축비용(직접비) 이외의 비용은 사업관리 분야에 R&D 연구비 항목으로 인건비, 연구활동비 및 연구과제추진비, 연구수당, 간접비로 구분함

  * 실증단지는 단순히 건축물을 구축하는 것이 아니라 다양한 기술검증이 가능한 실증시설·설비가 기획·설계·구축되어야 하고 이 과정에서 다양한 해외 선진기술 및 신기술 등을 적용해야하므로 연구개발과제의 예산항목을 고려함

타 사례 벤치마킹 : 분산공유형 건설연구인프라 구축사업(2단계, 국토교통부)

- 국토교통부에서 '13년~'18년까지 추진 중에 있는 분산공유형 건설연구인프라 구축사업(2단계)의 투입인원 및 연구개발 예산을 검토하여 본 사업의 구축단계 연구비(사업관리비용)를 추정함
- 각 실험시설의 시설구축 개요 및 연구개발 투입인원은 [표 6-17]과 같으나, 참여율이 모두 상이하여 총 인건비를 기준으로 직급별 실 투입인원(100% 참여 기준)을 재산정함

[표 6-19] 2단계 건설연구인프라 구축사업 개요(연구개발계획서 기준, 구축기간 각 4년)

구 분	유치기관	부지면적 (m^2)	건축연면적 (m^2)	구축예산 (억원)	연구인원 (4년간)
극한상태구조특성실험시설	서울대학교	5,194	3,736	220.8	89
기후변화대응 다환경실험시설	한국건설생활환경시험기관	9,369	6,386	204.5	35
생활밀착형 주택성능품질실험시설	한국토지주택공사	19,685	8,840	281.0	144
대형수리모형 실험시설	한국농어촌공사	46,188	27,721	164.6	56
기상환경재현 도로성능평가실험시설	한국건설기술연구원	15,450	6,900	143.7	60
도로주행시뮬레이터 실험시설	한국도로공사	1,890	2,315	179.5	58
합 계		97,776	55,898	1,194.1	442

[표 6-20] 2단계 건설연구인프라 구축사업 연구개발비(연구개발계획서 기준) (단위 : 억원, %)

센 터	총 연구개발비	인건비(현물포함)		연구시설장비		기타연구비	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율
극한상태구조특성실험시설	220.8	12.08	5.47	200.44	90.78	8.28	3.75
기후변화대응 다환경실험시설	204.5	5.85	2.86	193.88	84.81	4.77	2.33
생활밀착형 주택성능품질 실험시설	281.0	23.27	8.28	248.75	88.52	8.98	3.20
대형수리모형 실험시설	164.6	4.76	2.89	158.84	96.50	1.00	0.61
기상환경재현 도로성능평가실험시설	143.7	11.52	8.02	126.11	87.76	6.07	4.22
도로주행시뮬레이터 실험시설	179.5	9.24	5.15	163.52	91.10	6.74	3.75
합계/평균	1,194.1	66.72	5.59	1,091.54	91.41	35.84	3.00

- 6개 실험시설의 평균 예산비율은 연구시설장비 구축비용이 91.41%, 연구인건비 5.59%, 기타 연구비가 3.00%로 이루어짐
- 또한 "국가연구개발사업 기관별 간접비 계상기준"(과기부)에 따르면, 간접비 비율을 정하지 않은 비영리 연구기관 및 대학은 직접비의 17%를 일괄 적용함
  - 상기 기준에 따르면 기반구축중심 연구개발사업은 다음과 같은 예외 사항을 두고 있음
    * (1안) 시설장비비용을 제외한 수정직접비에 기관별 간접비를 곱하여 계상
    * (2안) 기관별 간접비 비율에 1.0 이하의 조정비율을 곱하여 총 직접비 대비 간접비 계상
    * (3안) 수정직접비는 기관 간접비요율을 적용하고 시설장비비용은 조정간접비 비율을 적용하여 합산하여 계상
  - 벤치마킹 사례에서는 간접비 비율은 전체연구비 대비 평균 1.3%로 나타남
- 연구인건비를 기준으로 100% 참여율의 총 인원을 재산정하기 위해 〈표 6-21〉과 같이 각 직급별 평균급여를 고려하여 투입인원을 〈표 6-22〉과 같이 추정함
  - 사례분석 대상사업의 경우, 전체 투입인원은 30명으로 추산됨
    * 투입 인건비는 4년간 총 66.72억 원으로 1년 평균으로는 총 16.68억 원
    * 직급별 적정인원으로 재배치하여 100% 참여율로 산정하면, 1년간 총 투입인원은 약 30명 수준
  - 사례분석 사업은 연간 30명을 기준으로 4년간 총 120명이 투입되는 것으로 추산됨

[표 6-21] 6개 실험센터의 직급별 평균인건비(월급여) (단위 : 천원)

	수석급 (정교수)	책임급 (부교수)	선임급 (박사,주임)	원급 (박사과정,석사)	연구원보 (석사과정,학사)
평균 월급여	7,300	6,100	5,100	3,200	2,100

[표 6-22] 6개 실험센터의 직급별 투입인원 추정 (단위 : 천원, 명)

	수석급 (정교수)	책임급 (부교수)	선임급 (박사,주임)	원급 (석사,포닥)	연구원보 (학사)	계
월급여	7,300	6,100	5,100	3,200	2,100	
연봉	87,600	73,200	61,200	38,400	25,200	
투입인원	4	5	8	10	3	30
소요인건비	350,400	366,000	489,600	384,000	75,600	1,665,600

- 본 사업의 연구개발 투입인원 산정을 위해 사례분석 사업에 대한 건축연면적 m^2당 소요인원을 계산하면, 매년 투입인원은 0.00054명/m^2이 필요
  - 반면, 구축예산 기준으로는 1억 원당 투입인원은 매년 0.1005명



3.2 구축단계 연구비·관리비 산정

- 건축연면적이 있는 3개 실증시설은 건축연면적 및 구축예산을 기준으로 필요인원을 검토하였고, 그렇지 않은 2개 분야는 별도 각 3명씩을 투입하는 것으로 산정
  - 건축연면적 기준으로 산정한 투입인원이 연간 37.0명, 구축예산 기준은 연간 286.9명으로 나타남
  - 따라서 소요인력이 적은 건축연면적 기준을 적용하면 연구개발 투입인력은 연간 37명에 5년간 총 185명 필요하며, 인건비는 연간 2,058백만 원에 5년간 총 10,290백만 원 소요

[표 6-23] 본 사업의 구축단계의 투입인원 추정

핵심과제 (실증시설)	부지면적 (㎡)	건축연면적 (㎡)	구축예산 (억원)	소요인원 추정			
				건축연면적 기준		구축예산 기준(5년)	
				기준 (명/㎡)	필요인원	기준 (명/억원)	필요인원
제로에너지 빌딩	42,200	36,420	1,423	0.00054	19.7	0.1005	143.0
스마트 도시물순환	56,200	12,900	476	0.00054	7.0	0.1005	47.9
실대형 내진성능평가	20,000	8,100	896	0.00054	4.4	0.1005	90.1
분산형 SOC시설물	706,600	–	–		3.0		3.0
신기술 현장시험 부지		–	–		3.0		3.0
계	825,000	60,260	2,795		37.0		286.9

[표 6-24] 본 사업의 구축단계의 직급별 투입인원 규모 및 연간 인건비 예산 (단위 : 천원, 명)

구 분	직급별 투입인원 및 연간 인건비					계
	수석급	책임급	선임급	원급	연구원보	
연 봉	87,600	73,200	61,200	38,400	25,200	–
투 입 인 원	4	8	10	10	5	37
연 간 인 건 비	350,400	585,600	612,000	384,000	126,000	2,058,000

- 실증단지 구축비(직접비)를 제외한 구축단계 연구비·관리비 예산은 총 156.51억 원 소요

[표 6-25] 본 사업의 구축단계의 총 연구비용 (단위 : 천원)

연구비 비목		소요예산	산정기준	비율(%)
시설장비 구축비		279,531,967	· 시설구축비 및 장비구축비 반영	94.70
인건비		10,290,000	· 사례분석 결과를 반영한 인건비 추정액 ※ 총 시설구축비(부지비 제외) 대비 약 4% 수준	3.49
연구활동비/추진비 등		2,058,000	· 인건비의 20% (사례분석 6종 실험시설은 평균 21%)	0.70
연구수당		1,029,000	· 국가연구개발 기준 적용(인건비의 20% 이내) → 10% 적용	0.35
간접비	1안	2,274,090	· 구축비를 제외한 연구비(인건비+연구활동추진비+연구수당)의 17%(비영리연구기관 기준)	0.77
	2안	4,961,959	· 간접비 조정비율 0.1(17%*0.1) 적용	–
	3안	7,026,133	· 시설장비구축비 제외 연구비는 17%, 시설구축비는 조정비율 적용	–
총 연구비		295,183,057	· 간접비는 1안 적용	100

4. 재원조달 방안 및 연차별 투자계획

4.1 구축비 재원조달 방안

- 지원형태
  - (1안) 정부출연 100%(부지 무상, 현금 100%)
  - (2안) 정부출연 100%(현금: 구축비, 연구사업비, 부지: 국유지 장기 무상임대)
  - (3안) 정부출연 92.2%(현금: 구축비, 연구사업비), 지자체 7.8%(현물: 공유부지 장기 무상임대)
- 재원분담율 : 국고(R&D 예산)
  - 구축단계: 국고 100%(R&D 예산)
  - 운영단계: 자체조달(실증시설을 활용한 R&D 병행 추진 시 자체 수익사업으로 운영 가능)
- 시설운영비 충당방식
  - 시설 구축 후, 운영단계에서의 인건비, 경상운영비 및 시설장비 유지관리비 등이 필요하며 자체 수익사업을 통해 충당할 계획임
  - 주 수익모델은 시험검인증, 실증시설·장비 공동활용 및 신기술·R&D 테스트베드 부지임대 등이며, 실증시설을 활용한 R&D 연구개발 사업 등을 병행이 필요

총 연구비 (부지 미포함)

- 총 연구비는 2,951.83억 원으로, 시설 구축 이후 운영경비는 자체 조달하는 것으로 구축단계의 비용만을 고려함

[표 6-26] 연구개발사업 소요재원 (단위: 억원)

구 분		총사업비			
대항목	소항목	합계	국고	지방비	민자
제로에너지 빌딩 종합실증시설	시 설	88,139,082,848	88,139,082,848	-	-
	장 비	54,146,000,000	54,146,000,000	-	-
스마트 도시물순환 종합실증시설	시 설	29,294,233,742	29,294,233,742		
	장 비	18,327,800,000	18,327,800,000		
실대형 구조물 내진성능 실증시설	시 설	25,178,850,581	25,178,850,581	-	-
	장 비	64,446,000,000	64,446,000,000	-	-
분산형 SOC실증 인프라 조성	시 설	0	0	-	-
	장 비	0	0	-	-
신기술 및 R&D 테스트베드 부지·환경 제공	시 설	0	0	-	-
	장 비	0	0	-	-
연구비·관리비	연구비	15,651,090,000	15,651,090,000		
합 계		295,183,057,170	295,183,057,170	-	-



4.2 투자계획

연차별 예산 투입계획

○ 연차별 예산 투입계획은 “2018년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침”(기재부)을 참고하되, 연구인프라 구축사업의 특성(부지매입비, 설계비의 조기 투입 및 건설공사비의 압축 투입)을 고려하여 5년간 각 연차별 투입계획을 수립

– (1안: 부지 미포함) 2020년(1차년도)에 설계비 50.67억원 전액을 포함한 286.76억원 투입 필요

– (2안: 부지 포함) 2020년(1차년도)에는 부지매입비 249.74억원 및 설계비 50.67억원 전액을 포함한 467.63억원 투입 필요

– 2021년~2023년은 건설 부대공사 및 실증시설 건축비를 위주로 투입하고, 2022~2024년은 실험설비·장비 등에 대한 제작 및 구매, 시운전 예산을 반영함

* 1차년도 : 시설 기본조사 설계 및 실시설계 / 장비 사양 설계
* 2차년도 : 시설공사 착공 / 주요 장비 상세설계 및 발주
* 3차년도 : 시설공사 계속 / 장비 제작 및 2차 장비 발주
* 4차년도 : 시설공사 준공 / 장비 도입 및 2차 장비 제작
* 4차년도 : 2차 장비 도입 및 시험운영

[표 6-27] 연차별 예산 투입계획(1안) (부지 포함, 단위: 억원)

구 분		총사업비	연차별 투자계획					비율 (%)
			'20	'21	'22	'23	'24	
계		3,214.06	467.63	644.43	918.27	796.31	387.41	
비율(%)		100%	14.5%	20.1%	28.6%	24.8%	12.0%	
재원 구분	국 고	3,214.06	467.63	644.43	918.27	796.31	387.41	100%
	지방비	0	0	0	0	0	0	–
	민 자	0	0	0	0	0	0	–

[표 6-28] 연차별 예산 투입계획(2안) (부지 포함, 단위: 억원)

구분		총사업비	연차별 투자계획					비율 (%)
			'20	'21	'22	'23	'24	
계		2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62	
비율(%)		100%	9.7%	21.8%	31.0%	24.4%	13.1%	
재원 구분	국 고	2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	285.62	100%
	지방비	0	0	0	0	0	0	–
	민 자	0	0	0	0	0	0	–

[표 6-29] 실증시설별 연차별 투자계획(1안), 부지 포함 (단위: 억원)

구 분			총사업비	연차별 투자계획				
				'18	'19	'20	'21	'22
합 계			3,214.06	467.63	644.43	918.27	796.31	387.41
제로에너지 빌딩 종합 실증시설		국 고	1,489.87	211.95	346.06	454.35	333.12	144.40
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
스마트 도시물순환 종합실증시설		국 고	565.47	135.04	115.99	152.64	112.35	49.46
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
실대형 구조물 내진성능 실증시설		국 고	928.01	97.17	147.96	276.85	242.22	163.82
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
분산형 SOC실증 인프라 조성		국 고	-	-	-	-	-	-
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
신기술 및 R&D 테스트베드 부자환경 제공		국 고	74.19	0.00	0.00	0.00	74.19	0.00
		지방비	-	-	-	-	-	-
		민 자	-	-	-	-	-	-
연구개발·사업관리비		국 고	156.51	23.48	34.43	34.43	34.43	29.74
		지방비						
		민 자						
계	금액	국 고	3,214.06	467.63	644.43	918.27	796.31	387.41
		지방비						
		민 자						
	비율	국 고	100.0%	14.5%	20.1%	28.6%	24.8%	12.1%
		지방비						
		민 자						

주1) 대항목의 부문별 사업비 비중(%)은 소수점 한자리까지 반드시 기재

주2) * 공 사 비 : 예산안편성지침의 시설비목에 해당하는 경비로서 건축공사, 토목공사, 조경공사, 설비공사, 전기공사, 통신공사비 등
* 시설부대비 : 공사비 및 용지비를 제외한 설계비, 감리비, 조사비 등 기타 부대비용
* 일반 장비 : NTIS 장비DB에 포함되어 단가분포 정보가 있는 장비
・NTIS장비 DB : 국가연구시설장비 관리 표준지침에 제시된 8개 대분류, 48개 중분류, 209개 소분류로 구분한 자료
* 특수장비 : 일반장비와 달리 고가이거나 국가과학기술종합정보시스템에 등록되어 있지 않은 장비를 의미, 세부 산출 근거 기재
* 기 타 : 연구개발, 연구시설 및 장비구축 이외의 연구관리, 인력양성 등의 부대사업



[표 6-30] 실증시설별 연차별 투자계획(2안), 부지 미포함 (단위: 억원)

구 분			총사업비	연차별 투자계획				
				'20	'21	'22	'23	'24
합 계			2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62
제로에너지 빌딩 종합 실증시설		국 고	1,422.85	147.48	345.42	453.71	332.48	143.76
		지방비	–	–	–	–	–	–
		민 자	–	–	–	–	–	–
스마트 도시물순환 종합실증시설		국 고	476.22	49.18	115.14	151.79	111.50	48.61
		지방비	–	–	–	–	–	–
		민 자	–	–	–	–	–	–
실대형 구조물 내진성능 실증시설		국 고	896.25	66.62	147.65	276.55	241.91	163.51
		지방비	–	–	–	–	–	–
		민 자	–	–	–	–	–	–
분산형 SOC실증 인프라 조성		국 고	–	–	–	–	–	–
		지방비	–	–	–	–	–	–
		민 자	–	–	–	–	–	–
신기술 및 R&D 테스트베드 부자환경 제공		국 고	–	–	–	–	–	–
		지방비	–	–	–	–	–	–
		민 자	–	–	–	–	–	–
연구개발·사업관리비		국 고	156.51	23.48	34.43	34.43	34.43	29.74
		지방비						
		민 자						
계	금액	국 고	2,951.83	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62
		지방비						
		민 자						
	비율	국 고	100.0%	9.7%	21.8%	31.0%	24.4%	13.1%
		지방비						
		민 자						

연차별 인력 투입계획

○ 동 사업에서 구축단계에 투입이 필요한 총 인원은 185명

[표 6-31] 본 사업의 구축단계의 연차별 인원투입 계획

핵심과제	직급	연차별 투입인원					계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
제로에너지 빌딩 종합실증시설	수석급	1	1	2	2	1	7
	책임급	1	2	3	3	2	11
	선임급	2	4	4	4	4	18
	원급	1	4	5	5	3	18
	연구원보	2	2	2	2	2	10
	소계	7	13	16	16	12	64
스마트 도시물순환 종합실증시설	수석급	1	1	2	2	1	7
	책임급	1	2	2	2	2	9
	선임급	2	2	3	3	2	12
	원급	2	2	3	3	3	13
	연구원보	–	2	2	2	2	8
	소계	6	9	12	12	10	49
실대형 구조물 내진성능 실증시설	수석급	1	1	2	2	1	7
	책임급	1	2	2	2	2	9
	선임급	2	2	2	2	2	10
	원급	1	2	2	2	2	9
	연구원보	–	1	2	2	2	7
	소계	5	8	10	10	9	42
분산형 SOC실증 인프라 조성	수석급	0	0	0	0	0	0
	책임급	1	1	1	1	1	5
	선임급	1	1	1	1	1	5
	원급	1	1	1	1	1	5
	연구원보	–	–	–	–	–	–
	소계	3	3	3	3	3	15
신기술 및 R&D 테스트베드 부자환경 제공	수석급	0	0	0	0	0	0
	책임급	1	1	1	1	1	5
	선임급	1	1	1	1	1	5
	원급	1	1	1	1	1	5
	연구원보	–	–	–	–	–	–
	소계	3	3	3	3	3	15
계	수석급	3	3	6	6	3	21
	책임급	5	8	9	9	8	39
	선임급	8	10	11	11	10	50
	원급	6	10	12	12	10	50
	연구원보	2	5	6	6	6	25
	합계	24	36	44	44	37	185

– 구축단계 5년, 운영단계 5년으로 구분

(구축단계) 설계, 구축, 장비도입, 시운전, 운영전략, 법제도화 등 업무별 구분 일정계획 수립

(운영단계) 종합실증단지를 활용한 기술 검인증 및 신기술/R&D Test-Bed 운영 등



○ 학위 기준으로 재 산정시, 박사급 인력은 65명, 석사급 인력은 80명, 학사급 인력은 40명이 소요되는 것으로 산정됨

[표 6-32] 인력투입계획

		연차별 투입인원					합계
		'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	
제로에너지 빌딩 종합실증시설	박사급(명)	2	5	5	5	4	21
	석사급(명)	3	6	7	7	6	29
	학사급(명)	2	2	4	4	2	14
스마트 도시물순환 종합실증시설	박사급(명)	2	3	5	5	3	18
	석사급(명)	3	4	5	5	5	22
	학사급(명)	1	2	2	2	2	9
실대형 구조물 내진성능 실증시설	박사급(명)	2	3	4	4	3	16
	석사급(명)	3	4	4	4	4	19
	학사급(명)	0	1	2	2	2	7
분산형 SOC실증 인프라 조성	박사급(명)	1	1	1	1	1	5
	석사급(명)	1	1	1	1	1	5
	학사급(명)	1	1	1	1	1	5
신기술 및 R&D 테스트베드 부자환경 제공	박사급(명)	1	1	1	1	1	5
	석사급(명)	1	1	1	1	1	5
	학사급(명)	1	1	1	1	1	5
계	박사급(명)	8	13	16	16	12	65
	석사급(명)	11	16	18	18	17	80
	학사급(명)	5	7	10	10	8	40
합계		24	36	44	44	37	185

제 2 절 운영단계

1. 운영비용 추정

1.1 개요

◎ 종합실증단지의 운영비용은 크게 인건비, 경상운영비, 실증실험 직접비 및 시설·장비 유지관리비로 구분

– (인건비) 유사 실증단지·실험시설 운영기관 등의 사례분석을 통해 추정함

* 유사 연구기관의 인건비 평균수준과 국토교통부 대형연구시설 운영관리기관인 국토교통연구인프라운영원의 인건비 수준 및 실증단지의 인원규모를 고려하여 산정

– (경상운영비) 실증실험의 수행과 관련 없이 발생하는 비용으로서 관리 및 운영인력의 인건비, 시설의 감가상각비, 일반관리비 등으로 구성되며, 한국과학기술기획평가원에서 작성한 예비타당성 조사보고서의 유사 공공연구기관의 사례분석을 통해 적용함

* 실험시설의 감가상각비는 현금의 유출이 발생하지 않으므로 추정대상 경상운영비에서 제외

* 실증시설·장비에 대한 감가상각비는 시험비용 수수료에 반영됨

– (실증실험 직접비) 실증단지에서 이루어지는 실험에 직접 소요되는 비용으로 직접인건비, 실험재료비, 가설자재 등의 비용이 있으며, 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 국가연구시설장비 시험비용 산정지침에 따라 실증실험 수수료에 포함되므로 운영비용 산정에서는 제외함

* 실증실험 직접비는 연간 사업계획상 실험규모(외부 사용자 의뢰)에 따라 발생금액이 정해지므로 사전에 비용규모를 산정 하기 어렵고, 비용을 조달하는 재원이 국비 이외에도 실험의뢰자 부담분 등 다양하므로 운영비용의 추정대상에서 제외

– (시설·장비 유지관리비) 실증시설 및 장비에 대한 유지관리비(건축물 자체의 일반관리비는 제외) 등으로 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 국가연구시설장비 시험비용 산정지침에 따라 실증실험 수수료에 포함되므로 운영비용 산정에서는 제외함

1.2 사례분석 및 산정 기준

■ 운영인력

◎ (유사사례 분석) 실증단지와 유사한 클러스터 및 기술센터 조성사업 예타조사보고서를 분석한 결과, 건축연면적의 단위면적당 운영인원이 0.0004명/m^2 ~ 0.00259명/m^2으로 제시됨

– '모바일융합기술센터'의 경우(최근 3년간 운영현황 고려) 전체 건축연면적이 7,011m^2이며 운영인원은 15명으로, 단위면적당 운영인원은 0.00214명/m^2

– '빛가람 사물인터넷 혁신클러스터 구축사업' 예타조사보고서에 따르면, 건축연면적 5,561m^2에 대해 운영인원 13명을 인정하여, 단위면적당 운영인원은 0.00234명/m^2

– '모터스포츠산업 클러스터조성사업'의 경우에는 연면적 82,193m^2에 총 212.5명으로, 단위면적당 운영인원을 0.00259명/m^2으로 추산함

– '녹색환경산업복합단지 조성사업' 예타조사보고서에 따르면, 단위면적당 필요인원을 0.0004명/m^2으로 추산함

– '디지털방송콘텐츠 클러스터건립사업'은 건물연면적 60,186m^2에 대해 24명으로, 단위면적당 필요인원을 0.0004명/m^2으로 추산함

– '대구 물산업클러스터 조성사업'의 경우, 물융합연구동 및 산학캠퍼스의 경우 단위면적당 0.0004명/m^2, 글로벌 비즈니스센터의 경우에는 0.00057명/m^2을 적용함



○ 운영단계 필요인력은 국토교통부에서 '04년~'09년까지 분산공유형 건설연구인프라 구축사업(1단계)으로 전국에 6개 실험시설을 분산 구축 후, '09.07월부터 현재까지 운영 중에 있는 6종 실험시설을 벤치마킹하여 기준을 설정함

– 건축연면적 m^2당 운영단계 소요인원은 0.00235명/m^2

[표 6-33] 1단계 건설연구인프라 실험시설 개요('17년 9월 기준)

기 관	실험센터	부지면적 (m^2)	건축연면적 (m^2)	구축예산 (억원)	운영인원
국토교통연구인프라운영원	(운영총괄)	–	–	–	9
명지대학교(용인)	하이브리드구조실험센터	10,206	3,603	126.3	10
KAIST(대전)	지오센트리퓨지실험센터	1,980	3,328	85.4	7
부산대학교(양산)	지진방재연구센터	10,200	3,932	152.5	22
계명대학교(대구)	첨단건설재료실험센터	6,600	4,808	112.8	8
전북대학교(전주)	대형풍동실험센터	4,368	3,449	85.6	4
전남대학교(여수)	해안항만실험센터	3,930	8,115	135.0	4
합 계		37,284	27,235	697.6	64

※ 운영총괄 인력은 2단계 실험시설(6종) 구축관리 인력 등을 제외한 전체 인력의 50%만 반영

○ 본 사업은 신기술 시험시공 현장부지의 운영관리 등에 따라 단순히 건축연면적만으로 추정하기는 어려우나, 기존 국토부에서 운영하고 있는 분산공유형 건설연구인프라 1단계 사업으로 추정한 운영단계 소요인력은 0.00235명/m^2으로 타당하다고 판단됨

– 종합실증단지의 총 건축연면적은 57,320m^2으로, 단위면적당 운영단계 소요인원을 계산하면 총 135명(57,320m^2×0.00235명/m^2)이며, 초기 운영단계 투입인원을 68명 수준으로 고려

인건비

○ 국토교통연구인프라운영원의 직급별 평균인건비를 적용하여 본 사업의 운영단계 인건비를 추정

[표 6-34] 벤치마킹 기관의 직급별 평균연봉 (단위 : 천원)

직 급	기관장	연구위원	수석급	책임급	선임급	연구원	연구원보
평균 연봉	109,932	90,048	78,228	56,012	44,058	36,256	28,223

○ '2017년도 학술연구용역 인건비 기준단가'(기획재정부)는 연구개발시 인건비 단가를 추정하기 위한 것으로 운영단계에 있어서는 국토교통연구인프라운영원의 직급별 평균연봉을 인건비 산정기준으로 적용하여도 무리가 없을 것으로 판단되어 현재 운영사례를 반영함

[표 6-35] 2017년도 학술연구용역 인건비 기준단가(기재부) (단위 : 천원)

직 급	책임급	선임급	연구원	연구원보
기준 연봉	74,645	57,237	38,261	28,697

경상운영비

- 본 사업의 경상운영비를 추정하기 위하여 '탄소산업 클러스터 조성사업 예비타당성조사 보고서('17.02, 한국과학기술기획평가원)'를 인용*
  * 특성이 유사한 공공 연구기관 8곳의 경상운영비 자료를 통해 제시된 연구기관의 1인당 평균 경상운영비 18.97백만원(2014년 기준)를 본 사업의 경상운영비 산정 기준가격으로 활용
- 본 사업의 운영단계 1차년도에 해당하는 2020년도의 1인당 경상운영비 추정은 〈표 6-36〉의 '10년 및 '14년도의 평균 증가율을 반영하여 연평균 2.24%를 반영하여 추정함
- 최종적으로 본 사업의 운영·활용단계에서 1인당 경상운영비는 연간 19,750천원으로 산정

[표 6-36] 유사 연구기관의 1인당 경상운영비 (단위 : 백만 원)

주요 연구소명	임직원(명) (A)	경상운영비 (B)	1인당 경상운영비(B/A)		
			'10년 기준가격	'14년 기준가격	'20년 추정가격
한국생산기술연구원	440	12,429	28.5	30.79	31.94
한국전자통신연구원	1,998	22,794	11.1	12.44	13.11
한국기계연구원	319	5,344	16.5	18.26	19.14
재료연구소	217	3,326	15.33	16.71	17.40
한국에너지기술연구원	376	4,916	13.07	14.25	14.84
한국전기연구원	384	5,438	14.16	15.43	16.07
한국화학연구원	359	6,080	16.94	18.46	19.22
안전성평가연구소	171	3,990	23.33	25.43	26.48
평 균	533	8,040	17.41	18.97	19.75

출처: 한국과학기술기획평가원, 2011.(재인용)

1.3 운영비용 추정

- (인건비 산정) 운영조직 대안의 총 인력의 약 50%수준으로 반영한 운영단계 시작 시점의 인력 68명 기준으로 인건비를 추정함
  - 사례분석과 같이 국토교통연구인프라운영원의 직급별 인건비 수준을 고려할 경우, 종합실증단지의 연간 총 예상 인건비는 약 33.99억원 수준임

[표 6-37] 인건비 추정 (단위 : 천원)

구 분	임원	수석	책임	선임	연구원	연구원보	합계
인원수	2	9	15	20	19	3	68
평균인건비 수준	99,990	78,228	56,012	44,058	36,256	28,223	
인건비 추정액	199,980	704,052	840,180	881,160	688,864	84,669	3,398,905

※ 임원은 기관장과 연구위원의 평균 연봉 적용



◎ (경상운영비 산정) 유사기관의 인건비 대비 경상운영비의 규모를 추정

– 국토교통연구인프라운영원은 '17년도 인건비 1,154백만원에 경상운영비는 400백만원으로 인건비 대비 운영비 비율은 34.7% 수준

– 대덕연구단지는 '14년도 기준 인건비 5,471백만원에 경상운영비는 2,565백만원으로 인건비 대비 운영비 비율은 46.9% 수준

– 한국과학기술기획평가원의 예비타당성 조사보고서를 기준으로 1인당 운영관리비를 추정시 연간 19,750천원(사업이 시작되는 '20년 기준으로 환산)으로 75명에 대해 총 1,481백만원으로 총 예상 인건비 3,640백만원 대비 40.7% 수준

[표 6-38] 유사기관 운영비 구성비율

구 분	인건비 대비 운영비 비율	본 사업		
		기준인원	연간 추정인건비	연간 추정 경상운영비
(1안) 국토교통연구인프라운영원 적용	34.7%	68명	3,398,905	1,179,420
(2안) 대덕연구단지 적용	46.9%	68명	3,398,905	1,594,086
(3안) 유사기관 사례 평균 적용 (한국과학기술기획평가원, 2011)	40.7%	68명	3,398,905	1,383,354

– 경상운영비는 기관별 차이가 큰 부분으로 다양한 시험연구기관의 사례를 바탕으로 추정한 (1안)의 결과를 적용하면, 종합실증단지의 연간 경상운영비는 11.79억 원 수준으로 추정됨

◎ (연간 운영비용의 추정) 종합실증단지의 연간 운영비는 인건비 33.99억 원, 경상운영비 11.79억 원으로 총 45.78억 원이 소요될 것으로 예상됨

– 운영단계 사업기간을 장비 내구연수(평균 5년) 기간으로만 운영되는 것으로 계산하면, 투입인력 68명으로 변화가 없다고 하면 총 운영비용은 243.05억 원 소요(매년 3% 증가하는 것으로 가정)

[표 6-39] 본 사업의 운영단계의 연차별 인원투입 및 운영비 계획

구 분	운영단계 연차별 투입인원 및 운영비					계
	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	
인 원	68	68	68	68	68	340
운영비	45.78	47.15	48.57	50.03	51.53	243.05

1.4 연구시설 · 장비 유지보수비 산정

연구시설 · 장비 유지보수비

- 연구시설·장비 유지보수비는 구축한 장비의 수선, 정비, 부품교체 등의 운영에 소요되는 비용으로 표준 유지보수 요율에 따라 연간 유지보수비를 매년 산정함
  * 「연구장비 유지보수비 산정기준」, 국가연구시설장비진흥센터, Manual No.16 (2014.02)
- 내용연수를 초과하면 초기구입비와 동일한 비용이 재투자되는 것으로 가정하여야 하나, 본 사업에서는 장비 내구연수(평균 5년)에 해당하는 기간만 운영단계 사업기간으로 반영하였고 재투자 비용은 총 비용에 반영하지 않음
  * 「내용연수」, 조달청고시 제2016-40호, (2016.12)
- 연구시설·장비에 대해서는 NFEC의 국가연구시설장비 표준지침에 따라, 연구장비의 표준분류 및 규모별 유지보수요율을 적용함

연구장비의 내용연수 산정 기준*

* 회계적 수명과 관리적 수명(NFEC, 2014.11.03.)

- 내용연수는 유형고정자산이 활동에 사용될 수 있는 예상기간, 즉 자산의 수명을 말하며 유형고정자산이 사용불능이 되어 폐기할 때까지의 추정연수를 말함
- 내용연수란 유형고정자산이 수익획득과정에서 사용될 것으로 기대되는 기간을 말하며, 지방세법의 경우 과세표준을 결정하기 위한 목적으로 내용연수를 도입하여 사용하고 있음. 또한 내용연수는 물리 적 감가와 기능적 감가를 모두 고려하여 결정되어야 하지만 회계실무에서는 물리적인 요인만 고려하 거나 세법의 내용연수표에 따라 내용연수를 정하며, 내용연수는 법인세법 시행규칙 별표에 자산별 · 업 종별로 법정되어 있는데, 이를 '기준내용연수(基準耐用年數)'라 함
- 기준내용연수는 세법상 상각 범위액을 계산하는 경우에 적용할 상각률(償却率)을 구하는데 사용되며, 이와 같은 내용연수는 감가상각비를 계산하는데 취득원가, 잔존가치와 함께 필수적인 요소임
- 법인세법 시행규칙 제15조(내용연수와 상각률)에 근거하여 시험연구용자산의 내용연수와 한국표준산업 분류상 3 대분류 4, 중분류 5 에서 사용되는 자산의 내용연수에서 연구장비의 회계적 수명을 찾아볼 수 있음

회계적 수명의 내용연수

- 시험연구용자산은 일반적인 장비와 달리 장시간 시험, 가속 시험이나 극한환경 시험 등으로 자산의 내구성이 빠르게 감소되므로 내용연수가 짧음
- 시험연구용자산의 자산범위는 아래와 같이 정의됨
  * 새로운 지식이나 기술의 발견을 위한 실험연구시설
  * 신제품이나 신기술을 개발할 목적으로 관련된 지식과 경험을 응용하는 연구시설



* 신제품이나 신기술과 관련된 시제품, 원형, 모형 또는 시험설비 등의 설계, 제작 및 시설을 위한 설비
* 새로운 기술에 수반되는 공구, 기구, 금형 등의 설계 및 시험적 제작을 위한 시설
* 직업훈련용 시설

– 법인세법 시행규칙 제15조에 따르면, 시험연구용자산은 (1)건물부속설비, (2)구축물, (3)기계장치 는 내용연수가 5년이며, (4)광학기기, (5)시험기기, (6)측정기기, (7)공구, (8)기타 시험연구용 설 비는 3년으로 책정됨

◎ 업종별자산의 기준내용연수 및 내용연수 범위

– 한국표준산업분류상 해당업종에 사용되는 자산을 기준으로 기준내용연수 및 내용연수범위를 하한~상한까지 책정함

– 연구장비는 대분류상 전문, 과학 및 기술 서비스업에 속하며, 중분류상 70. 연구개발업, 72. 건축기술, 엔지니어링, 기타 과학기술 서비스업, 73. 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업에 해당함

– 연구장비의 기준내용연수는 5년이며, 내용연수범위는 하한 4년~상한 6년임

연구장비의 표준분류별, 규모별 유지보수율 적용 기준

◎ 연구장비 유지보수비 산정기준(NFEC, 2014. 02. 17)에 따라 대분류별, 장비 규모별 중간값을 적용

– 기계가공·시험장비 : 중소형 3.81%, 중형 3.86%, 중대형 3.86%

– 전기·전자 장비 : 중소형 3.37%, 중형 3.41%, 중대형 3.52%

– 데이터 처리장비 : 중소형 3.97%, 중형 3.82%, 중대형 4.02%

– 물리적 측정장비 : 중소형 3.60%, 중형 3.63%, 중대형 3.57%

◎ 소프트웨어(운영시스템)의 경우에는 연간 유지보수율(13.8%~20%)의 평균인 16.9%를 적용

[표 6-40] 종합실증단지의 연구장비 유지보수요율 기준

대분류	중소형		중형		중대형	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
광학전자 영상장비	2.68	4.38	2.93	4.56	3.21	4.42
화합물 전처리·분석 장비	2.92	4.58	3.08	4.52	3.11	4.58
기계가공·시험장비	3.16	4.45	3.24	4.47	3.33	4.38
전기·전자 장비	3.10	3.64	3.23	3.59	3.26	3.77
데이터 처리장비	3.71	4.22	3.30	4.33	3.73	4.30
물리적 측정장비	3.39	3.81	3.39	3.87	3.38	3.76
임상의료 장비	3.87	4.42	3.77	4.26	3.78	4.38
환경조성·사육시설	3.98	4.66	3.77	4.52	3.73	4.38

* 중소형 : 취득가액 3천만원 이상 ~ 1억원 미만 연구장비
* 중형 : 취득가액 1억원 이상 ~ 10억원 미만 연구장비
* 중대형 : 취득가액 10억원 이상 ~ 50억원 미만 연구장비

[표 6-41] 제로에너지 빌딩 종합실증시설 예상 연간 유지보수비

구분	시설·장비명	구축비용 (천원)	장비구분		내규 연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
			분야	규모			
제로에너지 빌딩 종합성능 실증타워	실증형 챔버(저/중/고층)	9,845,000	시험장비	대형	5	3.86	380,017
	냉난방기	2,024,000	시험장비	중대형	5	3.86	78,126
	대항류사각형냉각탑	215,000	시험장비	중형	5	3.86	8,299
	공기조화기	1,672,000	시험장비	중대형	5	3.86	64,539
	가습설비	405,000	시험장비	중형	5	3.86	15,633
	제습설비	1,760,000	시험장비	중대형	5	3.86	67,936
	강우/강설 모사	1,980,000	시험장비	중대형	5	3.86	76,428
	일사장비	3,800,000	시험장비	대형	5	3.86	146,680
	구조체경계 항온항습 설비	2,500,000	시험장비	중대형	5	3.86	96,500
	DAQ시스템	195,000	데이터처리	중형	5	3.82	7,449
	센서 및 계장계기	546,000	시험장비	중형	5	3.86	21,076
	탈부착용 외피 설치장치	1,500,000	시험장비	중대형	5	3.86	57,900
	Over head crane	560,000	시험장비	중형	5	3.86	21,616
	열회수형 환기시험장치	660,000	시험장비	중형	5	3.86	25,476
	G-Value 시험장치	400,000	시험장비	중형	5	3.86	15,440
	냉난방열원·환기 탈부착시스템	1,000,000	시험장비	중대형	5	3.86	38,600
	통합자동제어 시스템	380,000	데이터처리	중형	5	3.82	14,516
	태양광 성능 검인증 장비	1,500,000	시험장비	중대형	5	3.86	57,900
	Geothermal 실증 시스템	5,000,000	시험장비	대형	5	3.86	193,000
	BIPV 실증 시스템	3,000,000	시험장비	중대형	5	3.86	115,800
	ESS/TES 실증 시스템	3,000,000	시험장비	중대형	5	3.86	115,800
	소 계	41,942,000					1,618,731
건축물 유형별 통합검증 Test-Bed	구조체경계 항온항습 설비	1,500,000	시험장비	중대형	5	3.86	57,900
	DAQ시스템	130,000	데이터처리	중형	5	3.82	4,966
	센서 및 계장계기	364,000	시험장비	중형	5	3.86	14,050
	G-Value 시험장치	266,000	시험장비	중형	5	3.86	10,268
	통합자동제어시스템	380,000	데이터처리	중형	5	3.82	14,516
	공기조화기(공공시설형)	104,000	시험장비	중형	5	3.86	4,014
	냉난방열원·환기 탈부착시스템	660,000	시험장비	중형	5	3.86	25,476
	소 계	3,404,000					131,190
옥외태양광 발전설비	1MW급 태양광 발전 설비	800,000	시험장비	중형	5	3.86	30,880
	소 계	800,000					30,880
실증단지 통합 네트워크 및 운영시스템	네트워크	3,600,000	데이터처리	중대형	5	4.02	144,720
	부대시설	540,000	전기전자	중형	5	3.41	18,414
	서버시스템	630,000	데이터처리	중대형	5	4.02	25,326
	관제센터	1,200,000	전기전자	중대형	5	3.52	42,240
	원격실험관찰	730,000	전기전자	중형	5	3.41	24,893
	운영시스템	1,300,000	데이터처리	중대형	5	16.90	219,700
	소 계	8,000,000					475,293
합 계		54,146,000					2,256,095



[표 6-42] 스마트 도시물순환 종합실증시설 예상 연간 유지보수비

구분	장비명	구축비용 (천원)	장비구분		내구연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
			분야	규모			
스마트 그린인프라	옥외실증시설(9개)	5,934,100			5	3.80	225,496
	우수저류 및 순환시설	289,700	시험장비	중형	5	3.86	11,182
	물순환효율성 검증장비	150,000	물리적측정	중형	5	3.63	5,445
	오염저감 효율성 검증장비	300,000	물리적측정	중형	5	3.63	10,890
	역학적 물성분석장비	150,000	물리적측정	중형	5	3.63	5,445
	이동형 강우모사기	80,000	시험장비	중소형	5	3.81	3,048
	기초수문 모니터링시스템	50,000	데이터처리	중소형	5	3.97	1,985
	물순환 모니터링시스템	1,250,000	데이터처리	중대형	5	4.02	50,250
	수환경 모니터링시스템	600,000	데이터처리	중형	5	3.82	22,920
	열순환 모니터링시스템	250,000	데이터처리	중형	5	3.82	9,550
	영상 모니터링시스템	35,000	데이터처리	중소형	5	3.97	1,390
	수위 모니터링시스템	100,000	데이터처리	중형	5	3.82	3,820
	자동제어 IoT 센서/통신 장비	729,000	전기전자	중형	5	3.41	24,859
	통합자료관리/분석 서버	800,000	데이터처리	중형	5	3.82	30,560
	소계	10,717,800					406,840
스마트 워터그리드	옥외실증시설(3개)	1,800,000			5	3.80	68,400
	다중수원 취수	1,150,000	시험장비	중대형	5	3.86	44,390
	이동식수처리장치 검증시설	480,000	시험장비	중형	5	3.86	18,528
	지능형관망모형시설	680,000	시험장비	중형	5	3.86	26,248
	AMI 실증 및 검증설비	950,000	전기전자	중형	5	3.41	32,395
	누수탐지 실증시설	1,750,000	데이터처리	중대형	5	3.86	67,550
	GC/MS/MS	150,000	물리적측정	중형	5	3.63	5,445
	HPLC	150,000	물리적측정	중형	5	3.63	5,445
	ICP	100,000	물리적측정	중형	5	3.63	3,630
	IC	100,000	물리적측정	중형	5	3.63	3,630
	다항목 수질정밀 자동분석장비	200,000	물리적측정	중형	5	3.63	7,260
	총 유기탄소 분석기	100,000	물리적측정	중형	5	3.63	3,630
	소계	7,610,000					286,551
합계		18,327,800					693,391

[표 6-43] 대형 실규모 내진성능평가 실험시설 예상 연간 유지보수비

구분	장비명	구축비용 (천원)	장비구분		내구 연수 (년)	연간 유지보수 요율(%)	연간유지 보수비 (천원)
			분야	규모			
실대형 내진성능 평가 실증시설	1,000톤급 3자유도 초대형 진동대	39,550,000	시험장비	대형	10	2.00	791,000
	200톤급 대형 다자유도 진동대	19,775,000	시험장비	대형	10	2.00	395,500
	하이브리드 실험용 유압시스템	791,000	시험장비	중형	5	3.86	30,533
	(부대설비)냉각시스템	195,600	시험장비	중형	5	3.86	7,550
	DAQ(Data Aquisition) 계측시스템	200,000	물리적측정	중형	5	3.63	7,260
	전동지게차, 시저리프트 등	300,000	시험장비	중형	5	3.86	11,580
	30ton 이상 오버헤드크레인 2EA	600,000	시험장비	중형	5	3.86	23,160
	실험보조장치(Zig 등)	150,000	시험장비	중형	5	3.86	5,790
	가속도계 등 센서류	200,000	물리적측정	중형	5	3.63	7,260
	동영상 촬영장치 등	50,000	광학전자	중소형	5	3.74	1,870
합계		61,811,600					1,281,503

연구시설·장비의 유지보수비용 종합

- 종합실증단지의 전체 실증시설·연구장비에 대한 연간 유지보수비용은 42.31억 원으로, 운영기간 5년간 총액은 211.55억 원
  - 실증시설·연구장비의 연간 유지보수비용은 제로에너지 빌딩 종합실증시설이 22.56억 원, 스마트 도시물순환 종합실증시설이 6.93억 원, 실대형 내진성증평가 실증시설이 12.82억 원

1.5 운영비 종합

- 종합실증단지 구축 이후 운영기간(5년간) 중 시설·장비의 운영 및 유지보수 등을 위한 총 비용은 454.60억 원이 소요될 것으로 추정됨
  - 첫해 소요비용은 88.09억원 수준으로, 인건비가 33.99억원(38.6%), 경상운영비가 11.79억원(13.4%), 연구장비 유지보수비가 42.31억원(48.0%)의 비중을 차지함
- 운영조직을 기존 기관(R&D 전문기관)에서 담당하도록 하여 소요인력을 68명에서 42명 수준으로 줄이면, 인건비 및 경상운영비에서 5년간 약 93억 원의 비용절감 가능

[표 6-44] 국토교통 종합실증단지의 운영기간(5년간) 총 운영비용

구 분	운영단계의 연간 소요 운영비(억원)					계
	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	
인건비	33.99	35.01	36.06	37.14	38.26	180.46
경상운영비	11.79	12.14	12.51	12.88	13.27	62.59
시설장비유지보수비	42.31	42.31	42.31	42.31	42.31	211.55
계	88.09	89.46	90.88	92.34	93.84	454.60



2. 재원조달 방안

2.1 유사기관 재원조달 사례

■ 물산업 클러스터

- (수익사업) 공업용수 공급으로부터 발생하는 수익으로서, 1입방미터당 610원 정도의 이용료 부과
- (부가수익사업) 글로벌 비즈니스센터 관람료를 부과하여 수익을 창출함
- (정부 출연금) 추진기획단 구성부터 업체 및 감독 선정, 기업 유치 및 클러스터 협의회 구성까지의 단계별로 사업을 추진하면서 2015년부터 3년에 걸쳐 국고에서 2,961억 원, 지방비로 558억 원, 총 3,519억 원을 투자받음
- (민간 출연금) 입주기업이 1,560억원을 투자하여 시설건립에 기여

■ 경기테크노파크

- (수익사업) 수익사업 수입은 전체 수입의 28.8%이며, 이중 80%는 임대료 수익으로, 임대료는 평당 21,700원 ~35,400원임

[표 6-45] 경기테크노파크 임대료

시 설	면 적	층	임대료(원/3.3m²)
지원편의동	3,573m²	3층	23,900
		4층	21,700
기술 고도화동	16,427m²	1층	30,000
		2층	26,200
		3층	23,900
		4~9층	21,700
Pilot Plant	1동 : 6,982m²	1층	35,400
		2층	25,100
		3층	22,800
		4층	22,800
	2동 : 4,260m²	1층	35,400
		2층	25,100
		3층	22,800
RIT센터	11,774m²	1층	33,000
		2층	30,200
		3층	27,900
		4~8층	25,700

- (부가 수익 사업) 편의시설 및 어린이집 운영을 통해 부가적인 수익을 창출함
- (정부 출연금) 설립 후 2013년 까지 총 2,838억원의 사업비가 투자되었으며, 이 중 중앙정부가 739억원, 경기도가 654억 원, 안산시가 719억원 경기 TP 재단에서 729억원을 조달함
- (민간 출연금) –

건설기계기술센터

- 경산지식산업지구 내 건설기계부품특화단지 조성을 위해 2012년 7월부터 2019년 6월까지 7년간 총 사업비 8,990억원(국비 1,334억원, 도비 281.13억원, 시비 281.13, 민자 7,094)이 투자될 예정임
- (수익사업) 현재 수익은 기술 지원 및 교육을 통해 발생하며, 향후 건설기계부품특화단지 완공 이후에는 부지/시설이용료 및 입주기업 임대료를 통한 수익 창출이 예상됨

[표 6-46] 건설기계기술센터 기술지원 사업 수익

사 업	구 분	사 용 료
설계지원협업시스템	일반기업	1,800,000원/160시간
	파트너기업	1,600,000원/160시간
기술지원사업	-	기술용역 내용에 따라 상이

- (부가 수익 사업) 건설기계부품특화단지 완공 이후 단지 내 상업시설 입주 예정으로, 이를 통한 부가 수익 창출이 예상됨
- (정부 출연금)
  - 융복합센터 구축 : 건설비로 국비 92억원, 도비 274.13억원, 시비 274.13억원 및 장비 85종 구비에 국비 525억원 조달 예정임
  - 종합기술지원사업 : 국비 88억원, 도비 7억원, 시비 7억원 조달 예정임
  - 전략핵심기술 : 국비 629억원 조달 예정임
- (민간 출연금)
  - 종합기술지원사업 : 98억원 조달 예정임
  - 기업전문단지조성 : 6,691억원 조달 예정임
  - 전략핵심기술개발 : 305억원 조달 예정임

2.2 운영비 재원조달 방안

■ 실증단지 주요 재원조달 방법과 사업별 재원조달 방안

- (재원조달 방법) 수익사업 수행, 신기술 사업화 투자수익, 정부/민간 출연금 및 교육사업, 시설 장비 대여 등 부가수익
- (사업별 재원조달 방안) 검인증사업을 통한 검인증 수수료, 신기술 사업화 사업을 통한 정부 R&D 투자금 및 투자수익, 공동활용을 통한 이용료 수익, 교육/컨설팅 사업 및 부대시설의 이용 수익으로 구분



[그림6-1] 종합실증단지의 주요 사업별 재원조달 방안

[표 6-47] 종합실증단지의 수익구조별 재원조달 방법

구 분	재원조달 방법
수익사업 수행	· 검·인증 사업 수행 · 신기술 사업화 지원 · 공동활용 시설·장비 이용료
신기술 사업화 투자수익	· 현물지원 혹은 자금지원을 통한 지분 획득 후, 지분가치에 따라 발생하는 수익
기타 부가수익	· 교육사업 수익 · 시설·장비 대여 수익 · 부대사업 수익
정부 출연금	· 선도기술 연구를 위한 출연금 · 시설투자 출연금
민간 출연금	· 공동활용설비 도입 등을 위한 투자 · 기타 출연금

수익사업의 수행

○ (검인증 사업) 검인증 사업을 실시하는 운영기관은 검인증 신청자 및 기업이 납부하는 수수료를 통한 수익 창출이 가능하며, 수수료는 검인증 종류에 따라 상이함

– 한국시설안전공단 녹색건축 인증 : 지속가능한 개발의 실현과 자원절약형이고 자연 친화적인 건축물의 건축을 유도하기 위한 제도로서 관련 항목을 심사하고 인증 등급에 따라 녹색건축 인증서를 발급함. 지방공사, 지방공단, 국립·공립 학교에서 연면적 3,000m^2 이상 건축물 신축, 증축 시 의무적인 녹색건축 인증 취득 필요

[표 6-48] 한국시설안전공단 녹색건축 인증 수수료

구 분	규 모	본인증	예비인증
공동주택	1,500세대 미만	7,960,000원	5,210,000원
	1,500세대 이상	9,280,000원	6,310,000원
비 공공주택	100,000m^2 미만	12,173,100원	8,528,700원
	100,000m^2 이상	13,042,700원	9,137,900원

– NET(New Excellent Technology) 신기술 인증 : 이론으로 정립된 기술을 시작품 등으로 제작하여 실증화 실험을 통해 정량적 평가지표를 확보한 개발완료기술로서 신청일을 기준으로 향후 2년 이내에 상용화가 가능하거나, 향후 기존 제품 성능, 생산성 및 품질을 현저히 개선시킬 수 있는 기술을 인증함. 수수료는 1차(서류·면접)심사 200,000원, 2차(현장)심사 500,000원임

○ (신기술 사업화) 신기술 사업화 시행 시 벤처기업 및 일반기업의 신기술 사업화 비용 자기부담금을 통한 수익 창출이 가능함. 신기술 사업화를 위해서는 기술개발, 산업재산권 출원 및 인증, 시제품 제작 등을 위한 비용이 지출되며, 이 중 기업의 자기부담금이 발생함

– 한국산업단지공단 생산기술사업화 지원 : 현장맞춤형 기술개발 부문, 이전기술사업화 부문에서 2,000,000원 이내에서 일정 비율에 따라 국비 지원이 이루어지며, 이 외의 금액은 민간부담금으로 발생함

[표 6-49] 한국산업단지공단 생산기술사업화 지원

참여기업 수	참여기업 유형 및 구성	정부출연금 지원 비율
2개이상	중소기업 또는 중견기업 2/3 이상	연도별 사업비의 75.0% 이하
	그 밖의 경우	연도별 사업비의 50.0% 이하



- (연구장비 공동활용) 공동활용사업에 참여하는 기업 및 민간 연구기관이 실증단지 시설을 이용·임대하며, 이용료 및 임대료가 발생함. 유사 시설에서는 평균 9,387원/m^2의 임대료를 부과함

[표 6-50] 유사시설의 연구시설 임대활용 현황

(단위 : 원/m^2)

시 설	구 분	월보증금	임대료	환산임대수익	전용률
경기 테크노파크	기술고도화동	77,121	7,712	7,776	약 62.5% 추정
	RIT센터	88,486	8,848	8,922	
인천 테크노파크	미추홀타워 본관	69,187	6,919	6,976	약 52% 추정
	갯벌타워	64,839	6,484	6,538	
광교 테크노벨리	경기중기센터 본관동	82,939	7,464	7,533	약 51% 추정
	경기 R&D 센터	101,818	8,485	8,570	
	광교비즈니스센터 사무실	112,727	9,394	9,488	
	광교비즈니스센터 실험실1	123,636	10,303	10,406	
	광교비즈니스센터 실험실2	116,364	9,697	9,794	
판교 테크노벨리	바이오센터	–	15,864	16,012	약 53% 추정
	글로벌 R&D 센터	–	12,086	12,207	
평 균		93,013	9,387	8,841	–

신기술사업화에 따른 투자수익

- (신기술사업화 지원수익) 신기술사업화와 관련하여 실증단지에서 제반 기술, 인력, 기타 서비스의 지원을 통하여 획득하는 수익
- (신기술사업화 투자수익) 신기술사업화와 관련하여 실증단지가 현물지원 혹은 자금지원을 하는 방법으로 지분을 획득하여 향후 사업화에 성공하여 지분가치가 상승함에 따라 발생하는 수익

기타 부가 수익

- (교육사업 수익) 전문기술 교육, 자격증 교육, 검인증 교육 등 각종 유료교육 프로그램을 통하여 발생하는 수익
- (임대수익) 실증단지가 건물, 시설 등을 입주자에게 임대하여 발생하는 수익
- (부대사업 수익) 호텔, 컨벤션, 기타 편의시설로부터 발생하는 수익

정부 출연금

- (선도기술연구를 위한 출연금) 선도기술 연구 등을 위한 정부 R&D 출연금 및 보조금 수입
- (시설투자 출연금) 인프라의 개선, 확충 등을 위한 정부출연금

수익사업 수익 산정방안

○ (연구장비 공동활용 및 검인증 서비스 수익) 기술시험비용은 시설장비이용료와 시험컨설팅수수료로 구성되며, 시설장비 이용료 산정은 장비임대비와 직접비, 간접비로 구성되고, 시험컨설팅수수료는 컨설팅 지원 인건비와 전문과 활용비로 구성됨. 이에 대한 산정방안은 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정 지침을 통해 규정되어 있음
※ 국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 관한 매뉴얼(NFEC, '16.12) 참조

[표 6-51] 국가교통 대형실험시설 시설장비 이용료 산정방법

비목	세비목	시설장비이용료 산정방법
장비임대비		= 시간당 이용단가 × 사용시간 × 사용률 ※ 시간당 이용단가 = $\frac{\text{장비취득가액} \times \text{대부율(6\%)}}{\text{연간 표준활용시간(1,000hrs = 8hr/일 × 125일/년)}}$ ※ '대부율'은 물품관리법 시행령을 따름 ※ '연간 표준활용시간'이 1,000시간 이상일 경우 실제시간을 적용할 수 있음
직접비	재료비	※ 설치 및 해체비용(시험체제작, 외부용역, 건설장비사용 등 포함) (※ 정부예산 지원 시 차감)
	유지 보수비	= $\frac{\text{장비취득가액} \times \text{표준 유지보수요율(6\%)}}{\text{연간 표준활용시간(1,000hrs)}}$ × 사용시간 × 사용률 ※ '표준 유지보수요율'은 '연구장비 유지보수 산정기준(2014, NFEC)'에 따른 유지보수요율을 적용 (※ 정부예산 지원 시 차감)
	직접 인건비	= $\frac{\text{직접운영인력의 기준 인건비}}{\text{연간 표준활용시간(1,000hrs)}}$ × 사용시간 × 참여율 ※ 정부예산 지원 시 차감
간접비	전기료	= 장비 단위소비전력 × 전력단가 × 사용시간 × 사용률 ※ 정부예산 지원 시 차감
	용수료	※ 실비계상 (※ 정부예산 지원 시 차감)
	감가상각비	= $\frac{\text{장비취득가액} \times (1 - \text{정부지원율})}{\text{내용연수} \times \text{연간 표준활용시간(1,000hrs)}}$ × 사용시간 × 사용률 ※ '내용연수'는 조달청 고시를 따름 ※ '정부지원율'은 구축과제시 각 유치기관별 정부출연금 비율을 따름 ※ 신규 도입된 시설·장비의 경우 각각의 정부출연금 비율을 따름
	간접 인건비	= $\frac{\text{간접지원인력의 기준 인건비}}{\text{연간 표준활용시간(1,000hrs)}}$ × 사용시간 × 참여율 ※ 정부예산 지원 시 차감
	시험성적서 발급 수수료	※ KOLAS 인증 등 공인인증된 성적서를 발급할 경우 성적서 발급에 대한 정액으로 산정된 금액 (※ 정부예산 지원 시 차감)
	기관공통경비	= [이용단가 + 직접비 + (간접비 − 기관공통경비)] × 기관O/H요율 ※ '기관O/H요율'은 25%를 적용함 (※ 정부예산 지원 시 차감)

[표 6-52] 국가교통 대형실험시설 시험 컨설팅 수수료 산정 지침

비목	세비목	시험 컨설팅 수수료 산정방법
시험 컨설팅 수수료	컨설팅 지원 인건비	= $\frac{\text{직접운영인력의 기준 인건비}}{\text{연간 표준활용시간(1,000hrs)}}$ × 사용시간 × 참여율 ※ 정부예산 지원 시 차감
	전문가활용비	전담 관리기관의 「전문가 활용규칙」에 따라 산출



제 3 절 총 사업비 및 총 비용

1. 총 사업비

- 본 사업의 총 사업비는 2,951.83억 원 (부지비 제외시)
- 기반구축사업으로 3개 실증시설에 총 2,795.32억 원이 소요되며, 건축물(시설) 구축에는 1,426.12억 원 (48.3%), 장비 구축에는 1,369.20억 원(46.4%)을 투입
- 또한 본 사업의 구축관리(연구개발·사업관리)로 총 156.51억 원(5.3%)을 투입할 계획임
- 순수 연구개발이나 지자체 유치 인프라사업 등이 아니므로 총 사업비를 국고 100%로 제시함
  – 다만, 사업 시행 단계에서 지자체 매칭 공모가 가능할 경우 부지비용을 현물 대응하는 방안 검토

[표 6-53] 총 사업비 (단위 : 억원)

구 분			총사업비			
형 태	대항목	소항목	합계	국고	지방비	민자
기반구축	제로에너지 빌딩 종합실증시설	시 설	881.39	881.39	–	–
		장 비	541.46	541.46	–	–
	스마트 도시물순환 종합실증시설	시 설	292.94	292.94	–	–
		장 비	183.28	183.28	–	–
	실대형 구조물 내진성능 실증시설	시 설	251.79	251.79	–	–
		장 비	644.46	644.46	–	–
	분산형 SOC실증 인프라 조성	시 설	–	–	–	–
		장 비	–	–	–	–
	신기술 및 R&D 테스트베드 부지·환경 제공	시 설	–	–	–	–
		장 비	–	–	–	–
연구개발·사업관리		구축단계 연구비	156.51	156.51		
합 계			2,951.83	2,951.83	–	–

2. 총 비용

- 본 사업은 시설장비 구축 이후(사업종료) 시설·장비로 인해 편익이 발생하는 사업으로서, 편익이 최종적으로 발생하는 기간을 장비의 평균 내용연수 기간(6년)까지로 설정하여 운영비용 및 시설장비 유지보수비 등을 반영하여 총 비용을 산정함
  - 사업기간('20~24년, 5년간) 및 회임기간 2년을 고려하였으며, 실증시설·장비의 활용 종료는 장비 내용연수 기간 5년으로 가정
    * 회임기간 : 실증기간 1년 + 실증성과 회임기간(사업화 소요기간) 1년 = 총 2년을 적용
  - 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용은 총 2,951.83억 원이며, 3개 실증시설 소요 재원 중 장비구입비를 제외한 순수 시설구축비 1,426.12억 원
  - 실증시설(건축물)의 활용 종료 이후의 잔존가치는 1,188.43억 원
  - 따라서 3개 실증시설의 시설물 잔존가치를 제외한 순비용은 237.69억 원임

[표 6-54] 총 비용 추정 (부지 미고려) (단위: 억원)

연도		시설구축	장비구축	연구관리비	운영비용*	합계(명목)	합계(현가)
구축단계	'20	194.83	68.46	23.48		286.76	
	'21	471.29	136.92	34.43		642.64	
	'22	471.29	410.76	34.43		916.48	
	'23	275.13	410.76	34.43		720.32	
	'24	13.58	342.30	29.74		385.62	
운영단계	'25	-1,188.43			(88.09)	-1,188.43	
	'26				(89.46)		
	'27				(90.88)		
	'28				(92.34)		
	'29				(93.84)		
계		237.69	1,369.20	156.51	(454.61)	1,763.40	

* 운영단계 운영비용은 자체 수익사업을 통해 조달 가능하므로 총 비용에서 제외함. 또한, 운영비용은 신규 독립 조직(68명)으로 고려한 예산으로 기존 기관을 활용할 경우 약 38.2%(약 93억 원)의 예산 절감 가능

제 7 장

경제성 분석



제7장 경제성 분석

제 1 절 수요 추정 (운영단계)

1. 검인증 시험서비스 사업 수익 추정

1.1 제로에너지 빌딩

시험서비스

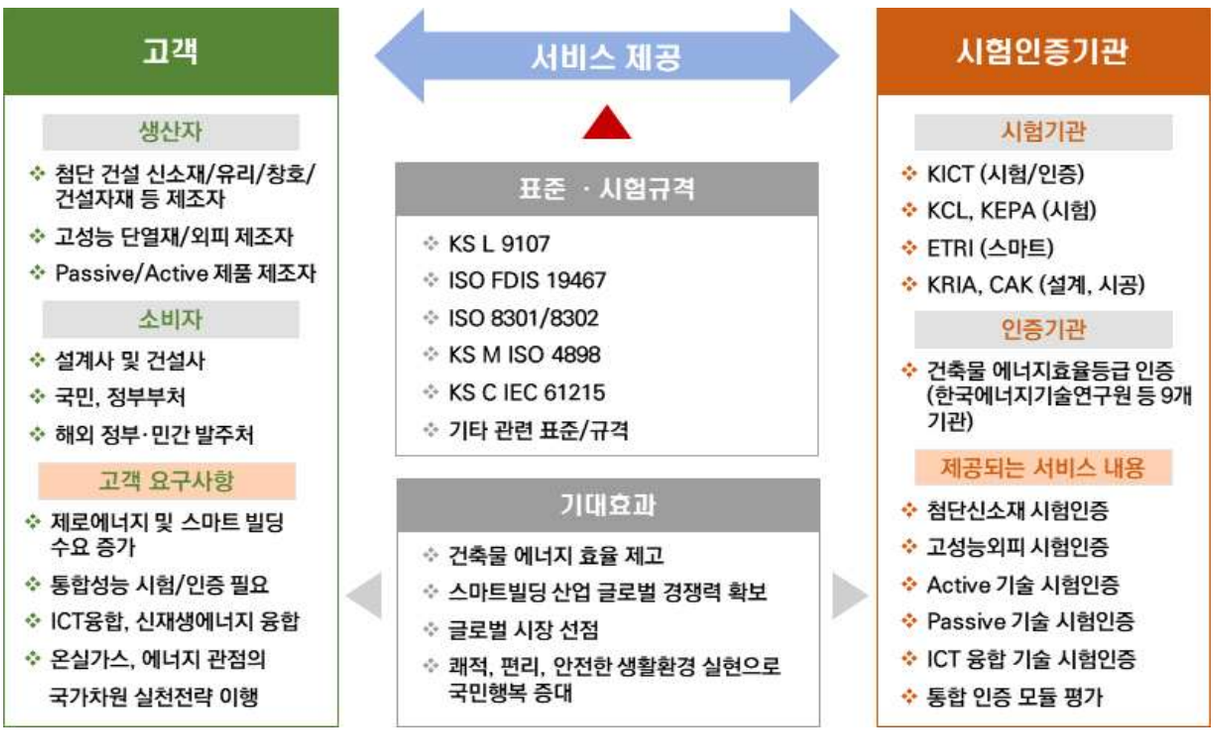
- 패시브·액티브 기술 및 제로에너지 빌딩 관련 설계·시공, 건축자재·부품 및 에너지관리시스템 등에 대한 시험서비스를 통해 수익 창출
  - 첨단 신소재(VIP 진공단열재, VIG 진공유리, RI 반사형 단열채 등), Super Insulation에 대한 단열성능 시험 및 친환경 인증 서비스
  - 고성능·고기능성 창호, EFIS 외단열시스템, SHGC 태양열 취득률 등 Passive 기술에 대한 시험인증 서비스
  - 지능형·능동형 외피기술, BIPV 융합시스템 기술 등 신재생에너지를 포함한 Active 기술에 대한 시험인증 서비스
  - ICT 융합 건물에너지 저감기술(BEMS, HEMS 등) 국제표준개발 및 시험인증 서비스
- 관련분야 표준 규격
  - (국내) KS F 2277 건축용 구성재의 단열성 측정방법 등 15종
  - (국제) ISO 8301(2010) Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus 등 19 종
  - (기타) ASTM C1199(2012) Standard Test Method of Measuring the Steady-State Thermal Transmittance of Fenestration Systems Using Hot Box Methods 등 24종

인증제도

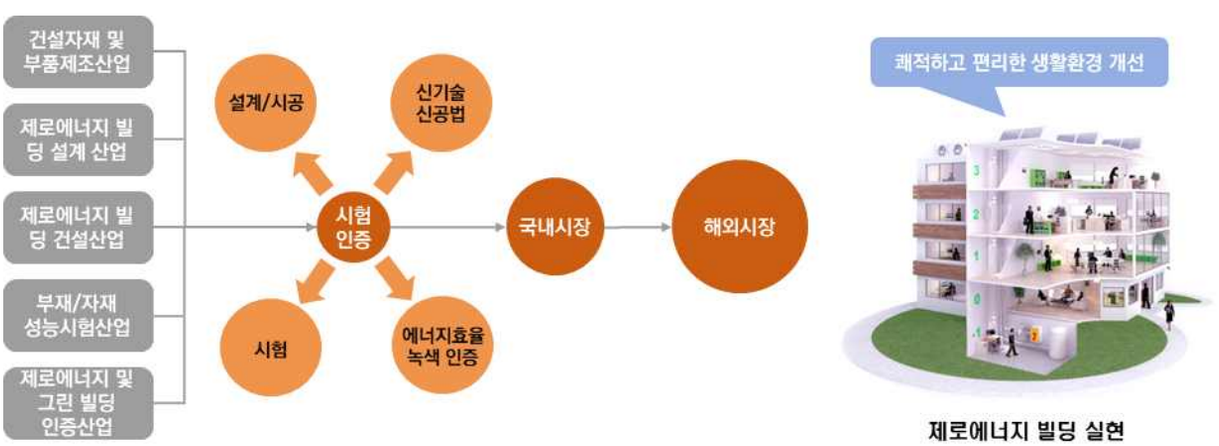
- 미국(HERS, Home Energy Rating System), 영국(SAP, Standard Assessment Procedure) 등은 건물의 친환경 성능을 종합 평가하는 인증제도(LEED, BREEAM)를 운영중
- 독일은 패시브하우스 의무화, 환경마크 인증시행을 통해 저에너지 친환경 주택 및 빌딩건설을 확대 추진중
- 국내의 경우, 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준(국토교통부)을 마련하여 '17년도부터 시행중이나 제로에너지 건물에 대한 종합시험인증시스템은 구축되어 있지 않음
  - 건축물 에너지효율등급 인증기관(9개) : 한국건설기술연구원, 한국시설안전공단, LH 토지주택연구원, 한국에너지기술연구원, 한국교육환경연구원, 한국환경건축연구원, 한국건물에너지기술원, 한국생산성본부인증원 주식회사, 한국감정원

서비스 모형 및 서비스 시나리오

○ 제로에너지 분야 건설자재·제품이 제조자 및 소비자(설계·건설사 및 정부)의 요구사항을 반영한 건축물 에너지 성능에 대한 종합성능평가(One stop service) 제공



[그림7-1] 시험인증 서비스 모형



[그림7-2] 시험인증 서비스 시나리오

○ 생산자 요구사항 (기술개발 및 제품 제조자)

– 제로에너지 및 스마트 빌딩에 대한 소재·부품 및 통합 시험인증 서비스 필요

* VIP, VIG, EFIS, SHGC, HEMS/BEMS 등 시험인증

– 급격한 시장환경 변화에 따른 개발제품의 신속한 시험인증

– 국내 및 해외시장 진출시 다양한 시험인증 필수

– 관련 분야 R&D 확대로 새로운 기술·제품 개발 및 성능 검증 수요 증가



◎ 소비자 요구사항 (정부·민간 발주자)

– (국내) 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 의무화

– (해외) LEED, BREEAM, ISO 13790 등에 부합하는 국제수준의 인증 요구

◎ 시험기관의 기반구축 및 서비스 제공

– 주거용·비주거용 표준 건물에 대한 제로에너지 종합성능평가 시스템 구축

– 실증 검증에 따른 건물 설비, 설계, 운영 등 reference 가이드 제공

– 신기술·공법에 대한 내구성, 안전성 등에 대한 공인 시험인증 제공

– 첨단 신소재 단열재에 대한 내구성, 단열성능 등 시험인증

– 고성능 창호, 외피시스템 등 Passive 기술에 대한 시험인증

– 지능형 외피, 신재생에너지를 포함한 Active 기술에 대한 시험인증

– ICT 융합 건물이 에너지저감기술(BIM, BEMS, HEMS 등) 시험인증 및 국제표준 개발 지원

* 국내 건설자재 및 부품분야 전문 공인시험기관은 KCL, KICT, KTR, KTL, SGS, KFPA 등

[표 7-1] 제로에너지 및 스마트빌딩 시험인증 서비스 분야 및 수요기업

기술분야	시험/인증 규격	적용 항목	수요기업
Passive 기술	KS L 9016, 3808 KS M ISO 4898 KS F 2277, 2278 ISO 8990 ISO 12567-1,2 ISO DIS 19467	· 첨단 신소재 단열재 – 진공단열재, 진공유리 – 반사형단열재 – 슈퍼단열재 · 고성능 외피기술(EFIS)	LG하우시스벽산, OCI, KCC 등
Active 기술	KS C IEC 61215 IEC 61215	· 지능형 외피기술 · BIPV 시스템 · Geo-Thermal 시스템 · ESS 기술	KCC, 이건창호, S-energy, SDI 신성솔라 등
ICT 융합 기술	BEMS 표준규격	· BEMS · HEMS · BAS(FMS, EMS)	한국하니웰, 지멘스코리아 등
통합 인증 모듈	LEED, BREEAM ISO 13790 Energy Plus 건축물 에너지 효율등급인증 및 제로에너지건축밀 인증	· 건물에너지 평가	삼성물산, 현대건설, 대우건설, POSCO건설 등

수요예측

◎ 2017 유망시험인증 서비스 전략로드맵(국가기술표준원, 한국산업기술시험원)의 '스마트 에코 빌딩 시험인증' 자료를 기반으로 제로에너지 및 스마트 빌딩 분야에 대한 국내 시험인증 규모로부터 실증단지의 연간 시험인증 규모를 추정

– 관련 분야 국내 시험인증 규모는 연역적 방법과 귀납적 방법의 평균으로 2016년말 기준 약 350억 원임

– 국내 건설자재 및 부품분야의 대표적인 전문 공인시험기관은 10개 이내로서 전체 시장의 10%를 종합실증단지에서 점유하는 것으로 가정할 경우, 제로에너지빌딩 분야의 검인증서비스 수익은 연간 약 25억 원 수준임

* 검인증 수익 = 국내 시장규모(500억원) × 대형 시험기관의 점유율(50%, 추정) × 종합실증단지의 점유율(10%, 가정)
* 국내 시험인증 능력은 해외 선진국 대비 50~60% 수준(건설/생활분야 57%)
* 국내 1,600여개 시험기관 중 매출 500억원('12년 기준) 이상의 대형기관은 7개에 불과하며, 대다수가 영세 소기업으로 종업원 50명 미만이 전체의 90% 이상
* 건설분야는 공공기술 특성상 민간시장에서 시험규격 개발 등을 위한 투자는 한계

[표 7-2] 제로에너지 및 스마트빌딩 시험인증 서비스분야 수요예측

구 분		근거(출처)	2016년말	2020년(예측)
시험인증 시장 규모		연역적 방법 및 귀납적 방법의 평균	350억원	500억원
연역적 방법	모산업 규모(A)	국토해양부 2015년 건설 매출 자료 (건축시장)	600,000억원	1,000,000억원
	시험인증 서비스 밀도(B)	건설시장 규모 대비 시험인증 시장 규모 비율(추정)	0.05%	0.05%
	시험인증 시장규모(A*B)	연역적 방법으로 추정한 시장 규모	300억원	500억원
귀납적 방법	총 수요 기업수(C)	창·문 50개사, 단열재 100개사 외단열 50개사 (인증 산업 수)	200개사	250개사
	기업당 건수(D)	인증현황에 대한 산업부 통계자료 (고효율 창호 총 1,000건/3년) (단열재 총 500건/년)	100건	100건
	건당 수수료(E)	원가를 고려한 건당 수수료	0.02억원	0.02억원
	시험인증 시장 규모(C*D*E)	귀납적 방법으로 추정한 시장규모	400억원	500억원

(출처) 2017 유망시험인증 서비스 전략로드맵(국가기술표준원, 한국산업기술시험원)
산업통산부의 산업기술혁신사업(국가표준기술력향상사업)

[표 7-3] 제로에너지 실증시설의 검인증 시험서비스 분야

구분	분류	대상품목	인증기준	규격	평가지표	시험·인증 기관
패시브 요소	벽체	창세트	단열	KS F 2278 창호의 단열성 시험방법	열관류율	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
			기밀	KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법	누기량	
			열차단	KS L 9107 태양열 취득률 측정 시험방법	태양열 취득률	한국건설생활환경시험연구원 외 1개 기관
		문세트	단열	KS F 2278 창호의 단열성 시험방법	열관류율	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
			기밀	KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법	누기량	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
		유리	단열	KS L 2514 판유리의 가시광선 투과율, 반사율, 방사율, 태양열 취득률 시험 방법	열관류율	한국건설생활환경시험연구원 외 4개 기관
			열차단		방사율	
					태양열 취득률	
		단열재	단열	KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법	열전도율	한국건설생활환경시험연구원 외 3개 기관
	바닥	바닥재	방열	KS B 8025	온도변화율	한국건설생활환경시험연구원 외 1개 기관



[표 7-4] 제로에너지 실증시설의 검인증 시험서비스 분야 (계속)

구분	분류	대상품목	인증기준	규격	평가지표	시험·인증 기관
설비	환기	열회수형 환기장치	효율	KS B 6879 열회수형 환기장치	엔탈피	한국건설생활환경시험연구원 외 6개 기관
		환풍기	환기비 효율	KS C IEC 60665 가정용 환풍기 및 조절기의 성능측정방법	풍량	한국산업기술시험원 외 2개 기관
		송풍기	공칭 효율	KS B 6311 송풍기의 시험방법	풍량	한국산업기술시험원 외 1개 기관
	냉난방 급탕	보일러	열효율	KS B 6205 육용강제 보일러의 열 정산 방식	발열량	에너지관리공단 외 6개 기관
		히트펌프	냉난방 효율	KS B 8052 가스히트펌프 – 비덕트형 KS B 8053 가스히트펌프 – 덕트형 KS B ISO 15042 멀티에어컨디셔너 및 히트펌프의 성능 시험 방법	열량	한국냉동공조인증센터 외 1개 기관
		냉동기	에너지 효율	KS B 6365 냉동용 압축기의 성능 시험 방법	열량	한국산업기술시험원 외 3개 기관
		냉온수기	냉난방 능력	KS B 6271 흡수식 냉동기 KS B 6205 육상용 보일러의 열 정산 방식	온도	한국산업기술시험원 외 2개 기관
	조명	형광 램프용 등기구	광효율	KS C IEC 60598 등기구 KS C 7801 무전극 형광램프	광출력	한국기계전기전자시험연구원
		LED	광효율	KS C 7652 : 2009 컨버터 외장형 LED램프 KS C 7651 : 2009 컨버터 내장형 LED램프 KS C 7653, LED 매입형 및 고정형 LED등기구	광출력	한국산업기술시험원 외 10개 기관
신재생	저장	전력저장 장치	효율	SPS-KBIA-10104-02-1999 배터리에너지저장장치용 리튬이차전지 SPS-SGSF-04-2012-07-1972 에너지저장시스템용 전력변환장치	전력량	한국산업기술시험원 외 2개 기관
	태양열	태양열 집열기	열성능	KS B 8295 태양열 집열기	집열량	한국에너지기술연구원 외 1개 기관
		태양열 온수기	열성능	KS B 8296 태양열 온수기	집열량	한국에너지기술연구원외 2개 기관

[표 7-5] 제로에너지 실증시설의 검인증 시험서비스 분야

구분	분류	대상품목	인증기준	규격	평가지표	시험·인증 기관
신재생	태양광	태양전지	발전성능	KS C 8561 결정질 실리콘 태양광발전 모듈 KS C 8562 박막 태양광발전 모듈	최대출력	한국건설생활환경시험연구원 외 5개 기관
	지열	지열원 열펌프 유닛	냉난방 성능계수	KS B 8292 물-물 지열원 열펌프 KS B 8293 물-공기 지열원 열펌프 KS B 8294 물-공기 지열원 멀티형 열펌프	냉난방 용량	한국냉동공조인증센터
	바이오	목재펠릿 온수보일러	난방효율	KS B 8901 목재 펠릿 보일러	발열량	한국에너지기술연구원 외 2개 기관
	연료전지	고분자연료전지 시스템	발전효율	KS C 8569 고분자 연료전지 시스템	발열량	한국에너지기술연구원
	풍력	소형 풍력발전시스템	출력계수	KS C 8570 소형 풍력터빈	순유효 출력	한국에너지기술연구원 외 1개 기관
제어	건물에너지 관리시스템		건물 에너지 이용 효율	KS F 1800 (제정 중) 건물에너지관리시스템	1차 에너지 소비량	없음
종합	제로에너지 종합성능		-	건축물 에너지 효율등급인증 및 제로에너지건축밀 인증제도	-	없음



1.2 스마트 도시물순환 실증시설

- 스마트 도시물순환 분야의 시험인증분야는 녹색건축 인증기준이 2016년 9월부터 시행중
- 정부 인증기준은 있으나 표준/시험규격이 부재하여 시험인증 서비스 수익을 추정하기 어려움
- 따라서 관련분야 시험표준 개발과 연계한 R&D 사업 수행 및 실증실험(연구시설·장비 공동활용) 수익으로 대체함

[표 7-6] 기존 그린인프라 및 LID 관련 인증제도

법령명	법령 종류	인증심사기준 中 물순환관리 평가항목		비고
녹색건축 인증에 관한 규칙((舊), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙, 국토해양부령)	국토교통부, 환경부령	신축 주거용 건축물	빗물관리, 빗물 및 유출지하수 이용, 절수형 기기 사용, 물사용량 모니터링	녹색건축 인증기준 (국토부고시, 2016.9.1. 시행)
		신축 단독주택	빗물 및 유출지하수 이용, 절수형 기기 사용	
		신축 비주거용 건축물	빗물관리, 빗물 및 유출지하수 이용, 절수형 기기 사용, 물사용량 모니터링	
		기존 주거용 건축물	물사용량 모니터링, 물절약 관리지침 운영	
		기존 비주거용 건축물	물사용량 모니터링, 물절약 관리지침 운영	
		그린리모델링 주거용	절수형 기기 사용	
		그린리모델링 비주거용	절수형 기기 사용	

[표 7-7] 도시물순환 관련 인증항목

구분	인증항목		내용	필요장비 및 시설	인증 유무	
					국내	국외
스마트 그린인프라	식생 체류지	빗물연못	• 도시계획시설 분류상 건축형, 도로형, 주차장형, 산업체형, 공원형으로 구분 • 세부적으로는 식생체류지, 옥상녹화, 기타 등으로 구분하여 세부 제품별 평가 • 물순환 제품의 수량 및 수질성능 인증 및 평가	통합모니터링 시스템, 통합기상관측장비, 요소기술 물순환효율성 검증기기, 요소기술 수질분석기기, 이동형 강우모사기, 초음파 유량계, 수질센서 등	×	Δ*
		생태저류지			×	
		수목여과박스			×	
		수목여과박스 침투화분			×	
		인공습지			×	
		침투저류지			×	
	옥상녹화	옥상녹화			×	
	빗물정원	빗물정원			×	
		수변완충대			×	
	투수성포장	투수성포장			×	
		보수성포장			×	
	침투 트렌치	침투도랑			×	
		침투측구			×	
		침투통			×	
	빗물통	빗물이용시설			×	
		빗물이용장치			×	
		지하저류탱크			×	
	식생수로	식생수로			×	
	기타	비점오염저감시설			×	
		비점오염처리시설			×	
		유공관			×	
	구획		지구단위별 물순환 정량효과 인증	지구단위 물순환 분석 시스템	×	Δ**
	프로젝트		전체사업 or 프로젝트의 성능목표 달성여부를 수량과 수질로 구분하여 분기별로 인증	물순환 성능목표 분석 시스템	×	O
스마트 워터그리드	장치, 제품	스마트워터미터	스마트워터미터 측정정확도 및 전파 적합성 인증	유량계, 수질측정 장치, 전파테스트 장치		
		AMI 통신장비	AMI 통신장비 기능 및 전파 적합성 인증	모형실험장치, 전파테스트 장치		
		스마트 다항목 수질센서	수질측정 정확도 및 데이터 수집기능 인증	수질측정 장치, 모형실험장치		
		이동식 수처리 장치	수처리 효율 및 에너지 효율 인증	유입수공급장치, 수질측정장치, 분석장치		
		누수탐지 장치	누수탐지 정확도 인증	모형실험장치, 유량계		
	공정		지능형 물 생산 공정	–		
	프로그램		지능형 수운영 프로그램 및 앱 인증	–		



1.3 실대형 내진성능평가 실증시설

- 내진성능평가 관련 시험 검인증 분야는 시설물의 경우 설계기준에 따른 검증실험 위주의 실험이 이루어지고 있고, 비구조요소 분야는 전기설비 분야 국제표준을 적용하고 있기는 하나 시험서비스 시장규모가 없어 추정이 어려움
- 따라서 관련분야 시험표준 개발과 연계한 R&D 사업 수행 및 실증실험(연구시설·장비 공동활용) 수익으로 대체함

[표 7-8] 진동대 장비의 세부 활용분야 및 범위

분야	세부분야	실험영역	세부 실험 분야	국내외 인증/기준	실증 가능 여부	비고
내진 성능 검증	건축물 및 SOC 시설물	· 건축물의 내진성능 실증	· 아파트 구조 시스템 · 아파트 리모델링 공법에 따른 실증 · 비정형 저층 공동주택 내진성능		△	– 국내에서 대형구조물에 대한 내진성능 실증은 축소모형 형태로 수행
		· 도로, 교량, 철도(부품), 발전설비 등 SOC 실대형 구조 성능 실증			△	– 국내에서 대형구조물에 대한 내진성능 실증은 축소모형 형태로 수행
		· 각종 내진 구조, 재료, 제품의 신기술 및 설계기술 검증 등	· 면진장치 내진성능 실험		×	– 국내 실험기술력 부재로 미국 UCSD에서 실험 수행((주)에스코RTS, 유니슨이테크 등) – 실험비용, 수송비 약 2.5억원 소요
			· 제진장치 내진성능 실험		△	– KCL 면진장치 시험장비 보유하고 있으나,면진장체 자체에 대한 성능평가만 가능하며 전체 시스템의 성능평가는 불가능
내진, 진동 검증 (비구조요소)	수화력, 신재생 발전설비 및 건설해양기기	· 신재생 에너지 등 발전설비 구조물 내진성능 검증	· 송전탑 구조 및 관련 장비			–
		· 수·화력 발전용 설비기기의 진동 내구성 검증	· 내진배전반			
		· 태양광(열), 풍력발전 등 신재생 발전설비 내진동 성능평가	· 공조기, 발전기, 냉각탑 등 설비시설의 내진성능			
	해양, 수송 건설기계, 조선 및 차량의 중요 기자재	· 해양플랜트, 선박, 수송기기 전력설비, 배관계통 진동내구성	· 접합부 배근상세 내진성능 실험 · 배관 Flexible joint 등 내진성능			
		· 건설기계 및 중차량 주요 부품에 대한 진동내구성 검사				
		· 자동차, 철도차량, 건설기계의 캐빈 등에 대한 승차감 조사		△	○	– 철도차량의 차체, 대차 등 관련 기기 부품의 진동시험은 KS R 9144 – 철도 차량 설비의 충격 및 진동 시험은 IEC 61393 – 철도 함정탑재장비 진동시험 MIL-STD-167-1A

[표 7-9] 진동대 장비의 세부 활용분야 및 범위 (계속)

분야	세부분야	실험영역	세부 실험 분야	국내외 인증/ 기준	실증 가능 여부	비고
내진, 진동 검증 (비구조 요소)	기타	· 전기 통신설비의 내진성능평가			△	– Telcordia GR-63-CORE – IEEE Std 693 – ICC-ES AC156 – 국내 비구조 요소의 내진성능기준은 "전기통신설비의 내진시험"만 있음
		· 가스절연개폐기			△	
		· 고압 및 저압배전반, 고전압 변전설비			○	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156 – 국내 한국기계연구원, 지진방재연구센터에서만 실험이 가능하며 증가하는 수요에 대응하기 미흡함
		· 원자력 발전소의 E1급 배전반			○	– IEEE Std 344, IEEE Std 323, IEEE Std 382 – 국내 수행가능한 장비가 미흡하여 시험하중, 가진주파수 범위, 가속도를 하향하여 제한적으로 SGS와 한국산업기술시험원(KTL)에서 수행
		· 가스 및 상하수도 배관구조			○	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 천정(천정 부착물)과 벽체			○	– IEEE Std 382 – ICC-ES AC156
		· 전기 및 전력설비			○	– RIM test(sine sweeping test) – IEEE Std 382 – ICC-ES AC156
		· 산업용 펌프			○	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 소방안전시설			○	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 배관구조물, 덕트 등 옥외시설물			○	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
		· 건축물 바닥 마감재(이중마루, 외벽 재 마감재 등)			○	– IEEE Std 693 – ICC-ES AC156
내진설계 기준 검인증			· 내진설계기준 제정(기술적 검증) · 초고층 건축물 합성구조 설계안 · 비구조체 내진설계기준			



2. 표준개발 연구사업 수익추정

■ 시험표준개발 연구

◎ 국토교통부는 국토교통 연구인프라를 활용한 시험표준 개발과제 기획을 완료('15.11)하였고, 종합실증단지와 관련 12개 연구인프라 실험시설을 통한 표준개발 사업을 적극 추진할 계획임

* 사전 기획 완료 : 건설교통 기술·제품의 성능평가 검인증을 위한 실험절차 표준화 기획(` 15.11), 본과제 규모 총 5년간 19,750백만원 - 건설, 교통, 철도, 건축환경 등 총 14개 기술분야에 153개 실험표준 개발

– 또한 국토교통 R&D 종합계획에 따라 '국제수준 표준화·실증·인증 체계 구축'을 추진할 계획임

국제수준 표준화·실증·인증 체계 구축 추진방향(국토교통 R&D 종합계획 중)

○ 추진방향 : 국토교통 R&D의 표준화 인증지원 고도화, 기술지식 재산 확보지원, Total Test-Bed 활성화

○ 주요내용

– 글로벌 시장 진출을 위한 국제수준의 표준화·인증 체계 구축

– 국토교통 기술 지식재산 권리화를 위한 단계별 지원

– 국제적 수준의 연구성과 성능·안전성을 검증하기 위해 기술개발 및 실증-사업화가 동시 가능한 Total Test-Bed 활성화

– 범부처 차원으로는 산업분야별 국가표준(KS) 운영체계 정비를 추진 중(국가기술표준원)

* 국민생활 편익 증가, 기업의 인증부담 해소 및 애로(중복시험, 인증비용 부담 등) 해결을 위한 시험·인증 분야 개선

* (일치화) 부처의 기술기준과 해당 국가표준을 일치시키고, 인증중복 시험항목을 상호인정토록 개정하여 기업의 부담 완화와 인증취득 소요기간 단축

* (KS제정) 신기술 개발 및 신산업인프라 구축 지원에 요구되는 표준을 국제표준으로 제정하여 기업의 글로벌시장 경쟁력 강화

* (KS 개정) 최근의 소비자 요구수준에 맞게 관련 품질 및 서비스 사항을 반영·개정하여 소비자 혼란 방지, 불만 해소 및 신뢰도를 제고

◎ 현재 국토교통 연구인프라 1단계 6개 실험시설을 대상으로 관련 분야에 대한 시험표준개발 연구과제(4년간 99.2억원)*가 진행중

* 건설분야 기술·제품의 검증을 위한 성능기반 표준실험절차 개발('17.06~'21.05, 4년간, 99.2억원)



[그림7-3] 건설분야 표준실험절차 개발 과제 개요

◎ 건설분야 R&D는 타 산업에 비해 대부분이 공공·공익적 기술·제품들로서 안전성과 경제성 확보가 매우 중요하여 성능평가·검증이 필수적이나, 치수를 규격화 할 수 없어 일반 산업제품과 달리 한국산업규격(KS표준)의 적용에 한계가 있음

– 토건분야의 KS 규격은 '15.10월 기준, 총 KS 20,576종 중에서 836종(4.1% 수준), 단체표준은 3.4%로 매우 부족한 실정이며, 이들 대부분도 재료나 건자재 분야에 한정되어 있어 다양한 건설분야의 성능평가에 적용하기에는 매우 제한적임

* 토건분야 KS F는 총 836종으로, 전달표준 138종, 방법표준(시험·측정 등) 412종, 제품표준 286종으로 구성

** 건설분야의 국제표준(ISO)는 전체의 2.2% 수준으로 재료분야 23.4%, 유통을 포함한 교통분야 10.5%에 비해 매우 저조

*** 건설분야 국내 단체표준은 전체 4,071종(폐지 제외) 중에 139종(3.4%)

– 연구인프라는 지속 확대하고 있으나, R&D성과(기술·제품)에 대한 성능평가 및 검인증은 미흡

– 표준실험절차 및 단체표준 개발은 기술의 성능검증뿐만 아니라 설계기준·시방서 등에 표준화된 성능평가 시험규격 반영을 통해 성능기반의 설계기준 확보의 기반을 제공할 필요



[그림7-4] 건설R&D-표준화의 연계 중요성

– KS에 규정하지 않은 세부사항을 보완하고 건설분야 시험기관 단체들이 공통의 목적달성을 위한 가이드·매뉴얼로 활용하기 위해 산업표준화법에 근거하여 제정(국가기술표준원, 중소기업중앙회)하는 단체표준을 개발하여 건설분야 시험표준을 보완할 필요가 있음

◎ 따라서 본 사업에 포함된 3개 실증시설에 대해서 시험인증 규격/표준이 부족한 분야를 확대·적용 한다면, 실증단지를 통해 추진 가능한 표준실험절차 개발 R&D는 매년 약 12억원 규모로 추정함

* 표준실험절차 개발 R&D 예산 = 3개 실증시설 × 분야별 연간 개발건수(4건/분야) × 1건 당 연구개발비(1.0억원)



기타 실증단지 활용 연구개발 추정

- 현재 국토교통 대형연구시설을 기반으로 6개 실험센터가 국가 R&D 및 민간 연구용역을 수탁한 건수는 최근 4년간 156건으로 총 예산은 341.23억원(평균 연간 85.31억원 수준)

[표 7-10] 국토교통 연구인프라 1단계 실험센터(6종) 활용 연구개발 현황

구분		최근 4년간 연구/용역 수행 통계 (단위: 건, 백만원)				계
		2013년	2014년	2015년	2016년	
국가 R&D	건수	9	17	15	19	60
	금액	3,361	6,425	9,477	8,586	27,850
민간 수탁	건수	27	17	31	21	96
	금액	1,699	1,400	1,997	1,178	6,273
계	건수	36	34	46	40	156
	금액	5,060	7,824	11,475	9,765	34,123

- 실험센터별 다소 차이는 있으나 6개 실험센터로 나누면, 센터당 연간 14.2억 원의 R&D 과제 수주
- 따라서 종합실증단지의 3개 실증시설 기준으로 추정 시, 연간 R&D 및 민간 연구개발 용역 수주금액은 약 42.6억 원으로 예상됨

3. 신기술 사업화 지원사업 수익추정

■ 신기술 현장 시험시공 부지지원

○ 건설/교통 신기술 신청건수가 연간 평균 69.4건 신청

* 건설신기술은 '09~'16년까지 총 487건이 신청되었고 그 중에서 241건이 지정됨

* 교통신기술은 '10~'15년까지 총 51건 신청되었고 그 중에서 26건이 지정됨

○ 건설 신기술 성능 평가는 공사 현장과 유사한 상황에서 이루어져야하기 때문에 일정 규모 이상의 공간이나 시설이 필요

– 신기술 분야 중 50% 이상이 토질 및 기초, 상·하수도, 도로, 교량 분포되어 있으며 그 다음으로 철근콘크리트, 토목구조물 보수보강, 방수, 마감 등의 신기술이 비중을 차지하고 있음

– 시험시공 부지 및 환경 지원 시 적용 가능한 분야는 11개 분야로 그 비율은 50.6% 정도임

– 국내에서는 건설신기술에 대한 평균 토지면적 자료가 조사된 것이 없으나, 캐나다의 기술촉진기관(NRC, National Research Council Canada)에 따르면 최소 2,754m^2이 필요한 것으로 제시됨

○ 따라서 연간 신기술 신청건수 중에서 종합실증단지의 시험시공 점유율을 30%로 가정하면,

* 연간 부지임대료 = 연간 평균 신기술 신청건수(69.4건) × 종합실증단지 점유율(30%) × 건당 최소 부지면적(2,754m^2) × 부지임대 단가(1,000천원/m^2, 새만금) × 평균 임대기간(2년)

* 평균 임대기간은 시험시공 및 신기술 인정 기간을 고려하여 최소 2년으로 가정

* 국공유지 임대료는 1년간 임대시 공시지가의 약 1/100 수준이나 종합실증단지는 연구기반 조성 부지로서 2/100 적용

○ 종합실증단지의 신기술 현장 시험시공 부지임대 수익은 연간 약 1,147백만 원으로 추정됨

– 추가적으로 현장 시험시공의 객관성을 확보하기 위해 실증단지 운영기관은 신기술 현장시험시공 검증기관으로 지정하고 검토보고서를 작성 제출하도록 하는 정책을 마련하여 위탁 시행할 경우 추가적인 수익 창출이 가능함

– 실증단지는 또한 현장 시험시공 부지를 기업에 제공하고 부지 임대료로 운영이 가능하며 기업은 시험시공 현장 확보를 위한 별도의 부지를 마련하지 않아도 되며 인허가 등의 행정비용 및 기간을 절약할 수 있어 활용도가 클 것으로 예상

■ R&D Test-Bed 부지지원

○ 국토교통 R&D를 통해 '07~'22년까지 종료·진행 연구과제 581개(사업단 3, 연구단 119, 일반 459) 대상으로 실증 적용 계획을 조사한 결과 총 132건(22.7%)

* 정부출연금(총 1,623,818백만원): (사업단) 269,847백만원, (연구단) 932,976백만원, (일반과제) 420,995백만원

* 실증비용(총 352,903백만원, 21.7%): (사업단) 30,553백만원, (연구단) 252,583백만원, (일반과제) 29,767백만원

○ 연간 평균 22건으로 실증비용은 약 58,817백만원으로 추정 가능하며, 이 중에서 실증단지 점유율을 30%로 가정할 때 연간 6.6건 가능

– 따라서 실증단지의 R&D T/B부지 임대수익은 연간 약 818백만 원 예상

* 연간 부지임대료 = 연간 R&D 실증규모(22건) × 종합실증단지 점유율(30%) × 건당 부지면적(6,200m^2) × 부지임대 단가(1,000천원/m^2, 새만금) × 평균 임대기간(2년)



* 실증기간 및 과제 종료 이후에도 지속적 홍보와 사업화 reference로 활용 가능하므로 최소 2년의 임대기간 고려
* 건당 부지면적은 국토교통 연구인프라 1단계 6종 실험시설의 평균 부지면적 약 6,200m^2 적용

4. 연구시설·장비 공동활용 사업 수익추정

■ 중소기업 기술시험비용 및 시험컨설팅 지원 과제(R&D, 계속)

- 국토교통부는 현재 연구인프라가 부족한 중소기업 등이 국토교통분야 대형연구시설을 활용하여 기술개발 및 사업화할 수 있도록 중소기업의 기술시험비용 및 시험컨설팅 지원 과제(매년 8억원)를 시행하고 있음
- 향후 실증단지가 조성되면 실증단지를 포함한 연구인프라 12종을 연계하여 기술사업화 지원과제와 기술시험비용 및 시험컨설팅 지원과제를 확대 적용할 계획임
- 따라서 현재 진행되는 과제를 2배로 확대 시행하고 종합실증단지 운영기관에서 총괄 추진할 경우 관련 R&D로 매년 16억 원(현행 유지시 최소 8억 원)이 가능할 것으로 예상함

■ 실증시설·장비 활용 실험수익

- 국토교통 연구인프라 1단계 6종 실험시설의 실험실적을 근거로 종합실증단의 예상 실험수익을 추정함
  - 국토교통연구인프라운영원은 '09년부터 '16년까지 총 1,519건의 실험검증을 수행하였고 할인금액(94.75억원)을 제외하고 실제 계약한 수익금액은 192.0억원임
  - 실험시설당 '16년도 평균 실험수익은 약 7,017백만 원이며, 누계 기준으로 실험 1건당 평균 실험비용은 약 12.6백만 원 수준임

[표 7-11] 국토교통 연구인프라 1단계(6종) 실험시설의 활용실적 (단위 : 건, 천원)

구 분	'09~'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	누계
계약건수	510	227	231	256	295	1,519
할인금액	3,570,320	1,140,112	1,117,872	1,459,001	2,187,261	9,474,566
계약금액	6,413,142	2,490,290	2,826,414	3,260,477	4,210,071	19,200,394

  - 연간 가동률 추이는 '16년도 평균 70.6%로 꾸준한 활용 증가를 보이고 있음

[표 7-12] 국토교통 연구인프라 1단계(6종) 실험시설의 연간 평균가동률 추이

구 분	'09~'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
평균가동률(%)	58.4	70.1	65.5	66.9	70.6

- 따라서 이들 실험시설의 연평균 실험수익으로부터 종합실증단지의 연간 실험수익을 추정하면,
  - 검인증서비스 사업의 수익추정에 기 반영한 제로에너지 빌딩 실증시설을 제외한 2개 실증시설에서 연간 약 81.3건의 실험을 수행한다고 가정하면, 연간 실험비 수익은 약 1,024백만 원 수준
    * 연간 실험수행 건수 예상치 : {295건('16년 기준) ÷ 6개 시설} × 2개 시설 = 98.3건
    * 운영 시작연도 환산 수행건수 : {98.3건 ÷ 70.6%('16년도 가동률)} × 58.4%(초기 평균가동률) = 81.3건
    * 종합실증단지의 연간 실험비 수익 = 81.3건 × 건당 실험비(12.6백만원) = 1,024백만원
    ※ 종합실증단지의 실증시설이 1단계 6종 실험시설에 비해 활용범위나 규모가 크나 이는 고려하지 않음

5. 교육·홍보 등 부가사업 수익추정

◪ 건설기술자 위탁 교육

- 현재 국토교통 대형실험시설을 활용한 건설기술자 위탁교육은 (재)영남건설기술교육원으로부터 '13년부터 '16년까지 총 28건(160백만원, 교육인원 1,956명)으로 평균 매년 약 7회 시행중
  * 1회당 평균 위탁교육비 = 5,733천원
- 이를 실증단지 3개 실증시설로 확대 적용 시 현장실습교육 포함 건설기술자교육으로 매년 약 21건, 120백만 원 예상
  * 실증단지 활용 건설기술자 교육 : 3개 실증시설 × 7회/년 × 회당 위탁교육비(5,733천원) = 120,383천원
  – 특히, 국토교통부는 글로벌 건설 인력양성을 위한 맞춤형 교육체계 구축 및 인력양성 기관 육성을 전략으로 건설산업 경쟁력 강화 및 신성장 동력 창출을 위한 "Global Construction Star 육성 마스터플랜"을 수립('15.04)하여 양질의 건설전문가 육성 추진
  – 또한, '17년 1월 제로에너지 건축물 인증제 시행에 맞춰 2020년까지 공공부문, 2025년까지 민간부문까지 인증을 의무화하고 건물 에너지분야 전문인력 양성을 통해 양질의 일자리 창출 방침을 발표(건축설계사, 에너지 평가사, 대학·대학원생 등)함에 따라 관련 분야 인력교육이 크게 확대될 것으로 예상됨
- 또한 대학/대학원생 대상의 실험실습 위탁교육도 가능하나 이 분야는 비용 및 수익 금액 산정에서는 제외함
  * (사례) 1단계 6종 실험시설 활용 연간 교육활용(건설기술자 교육 포함)은 '16년도 기준 총 50회(연인원 605명)

◪ 기타 교육·홍보

- 추가적으로 신기술 및 실증T/B에 대한 국내외 발주기관 대상으로 reference 제공 및 기업의 기술 홍보에 대한 위탁사업도 가능
  * 다만, 관련 비용은 기업으로부터 홍보비용으로 분담금을 받아 진행이 가능하기 때문에 비용 및 수익 금액 산정은 제외함
- 또한 국토교통 연구인프라는 첨단 실험시설·장비를 기반으로 한 다양한 국제협력·공동연구 등을 추진하고 있어 추가적인 수익 창출이 가능
  * 유럽, 미국, 일본, 중국 등 해외 연구기관과의 MOU 체결, 공동연구 및 국제세미나 개최 등 추진('16년도 기준, 14개국과 23건 진행)



6. 운영수익 총괄

◎ 종합실증단지의 5개 수익모델에 대한 연간 예상수익 규모는 총 91.39억 원으로 추정됨

– (Top–down 방식) 수익모델별 국내 전체 수요를 추정한 후, 종합실증단지(실증시설별)의 점유율을 곱하는 산정하는 방식

* 수익모델별 국내 전체 수요 추정이 불가능하여 현실적으로 적용이 곤란하여, 시험인증서비스 시장규모가 있는 제로에너지 빌딩 분야만 적용됨

– (Bottom–up 방식) 종합실증단지(실증시설별)에서 각 수익모델별로 제공 가능한 지원 건수 사업 현황 등을 산출하여 연간 수익을 산정하는 방식

* 검인증 시험서비스를 제외한 나머지 수익모델에 적용되었으며, 주로 기 운영되고 있는 국토교통 연구인프라 실험시설의 운영성과로부터 추정함

[표 7–13] 수익모델별 연간 예상수익 규모 산정(총괄)

수익모델 구분	추정 분야 및 내용	연간 예상 수익 (백만원)	비고	적용방식
검인증 시험서비스	· 제로에너지 빌딩 분야 국내 시험인증 규모 추정치(연역적 & 귀납적 방법)로부터 종합실증단지의 점유율을 가정하여 추정	2,500	제로에너지 빌딩 분야만 고려	Top–down
표준개발 연구	· 시험표준개발 연구 : 현재 국토부에서 진행되고 있는 시험표준개발 과제를 근거로, 실증단지에서 추진 가능한 표준개발 건수로부터 산정	1,200 (600)	3개 분야 모두 포함 ※( ): 인건비, 간접비로 50% 적용시 금액	bottom–up
	· R&D 및 민간수탁 연구개발 : 국토교통 연구인프라(1단계, 6종) 실험시설에서 수행한 연구개발 과제로부터 추정	4,260 (2,130)		
신기술 사업화 지원	· 연간 신기술 신청건수로부터 종합실증단지에서 가능한 시험시공 점유율을 가정하고 신기술별 최소 부지면적과 부지임대단가를 가정하여 추정함	1,147	건설교통 전분야	bottom–up
	· R&D Test–Bed 부지지원은 국토교통 R&D의 연간 실증비용을 기준으로 실증단지에서의 점유율과 부지 임대비용을 적용하여 추정함	818		
연구시설·장비 공동활용	· 현재 국토교통부 R&D로 진행중인 중소기업 기술시험비용 및 시험컨설팅 지원 과제 적용	800	건설교통 전분야	bottom–up
	· 국토교통 연구인프라(1단계, 6종) 실험시설의 연간 활용실적으로부터 종합실증단지에서 점유 가능한 실험건수와 평균 실험비용으로부터 산정	1,024	2개 분야 (제로에너지 빌딩분야 제외)	bottom–up
교육/홍보 등 부가사업	· 건설기술자 위탁교육으로 현재 국토교통 연구인프라를 활용하여 수행중인 건설기술인 교육 실적으로부터 추정함	120	3개 분야 모두 포함	bottom–up
계		11,869 (9,139)		

제 2 절 편익 추정

1. 편익 추정 개요

- 연구개발부문 예비타당성조사에서는 해당 사업의 사업목표와 부합하면서 사업의 결과로부터 직접적으로 얻어지는 직접적 편익만을 인정
- 편익추정 방법은 시장수요접근법에 기반하여 시장수요 추청을 통한 생산자 중심의 편익 계산
  - 시장수요접근법에서는 해당 연구개발사업의 시행으로 인한 미래 시장규모의 증가분과, 연구개발사업의 기여로 창출될 직접적 편익을 한정시키기 위한 다양한 변수를 고려해 편익산정

편익 = 미래 시장규모×사업기여율×R&D기여율×R&D사업화성공률×부가가치율

* 자료 : KISTEP, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 (제2-1판), 2016

2. 편익 추정의 기본 가정

- 국토교통종합실증시설 1단계 구축 내용을 토대로 3개의 실증시설구축에 따른 편익유형을 부가가치창출과 비용절감으로 구분



[그림7-5] 국토교통종합실증시설 편익 유형 및 편익 항목

- 편익 추정의 기본 가정에서 회임기간과 편익기간을 설정
  - 회임기간 : 실증기간 1년 + 실증성과 회임기간(사업화 소요기간) 1년 = 총 2년을 적용
  - 편익기간 : 2027년~2048년, 실증시설 내 연구 장비의 내용연수, 실증기간1년, 실증기술의 기술수명 등을 고려해서 추정
    * 업종별자산의 기준내용연수 및 내용연수 범위를 기준으로 실증시설 연구 장비 내구연한을 5년으로 설정



[표 7-14] 업종별자산의 기준내용연수 및 내용연수 범위표

기준내용연수 및 내용연수 범위	적용대상자산	
	대분류	중분류
5년 (4년~6년)	건설업	42. 전문직별 공사업
	전문, 과학 및 기술 서비스업	70. 연구개발업
		71. 전문 서비스업
		72. 건축기술, 엔지니어링, 기타 과학기술 서비스업
		73. 기타 전문, 과학기술 및 서비스업

* 출처 : 법인세법 시행규칙 [별표6]

* 건축환경·에너지 기술 관련분야의 인용특허수명 평균 13.74년
* 스마트 물순환·물공급 기술 관련분야의 인용특허수명 평균 13.02년

◎ 사회적 할인율, 기준환율, R&D 기여율, 사업기여율, 부가가치율, 사업화 성공률을 고려해서 편익 추정 식에 적용

– 사회적 할인율 : 4.5%, 예비타당성 표준지침상의 사회적 할인율을 동일하게 적용

– 기준환율 : 1,145원/달러, 산업은행이 전망한 하반기 환율전망을 토대로 적용

– R&D 기여율 : 35.4%, 연구개발성과의 상업화를 통해 부가가치가 창출되었을 때 전체 부가가치 중 연구개발에 의한 기여분이 어느 정도인지 나타내는 지표, 국가연구개발부문 예비타당성조사의 R&D 기여율 35.4%를 동일하게 적용

– 사업기여율 : 미래시점 기준의 해당 기술분야 연구개발활동 중 사업이 차지하는 비중만 적용, 본 분석에서는 3가지 방법으로 사업기여율 산출

* (1안) 국내 국토교통분야 연구장비 인프라 투자규모 대비 본 사업의 비중 : 66.3%
* (2안) 전체 연구개발활동 중 실증단계의 비중 활용
* (3안) 2012~2016년 국가연구개발사업 투자 대비 연구시설·장비의 투자 비중 평균 5.2%

– 사업화 성공률 : 32.4%, 국토교통 대형실험시설 활용 기업의 사업화 성공률 32.4% 적용 (건설연구인프라운영원, 국토교통 대형실험시설 공동활용 성과조사 분석 보고서, 2016)

[표 7-15] 국토교통 대형실험시설 활용기업의 사업화 성공률 현황

구분	실험계약건수 (2009~2015)	현장적용·상용화 건수	사업화 성공률
중소기업	521	206	39.5%
중견/대기업	145	10	6.9%
합계	666	216	32.4%

* 자료 : 건설연구인프라운영원, 국토교통 대형실험시설 공동활용 성과조사 · 분석 보고서, 2016

3. 실증시설별 편익 분석

■ 제로에너지 빌딩 종합실증시설

○ 목표시장 : 세계 Zero-Carbon Building 시장을 목표시장으로 설정

– 2015년~2020년간 세계적으로 건물의 에너지 효율 향상을 위한 투자가 연평균 1천억 달러 규모 수준으로 전망

[표 7-16] 지역별 건축환경·에너지 개선 투자 전망 (단위 : B$)

구 분	North America	Europe	Asia-Pacific	Etc.	Total
The average annual investment on improving building energy efficiency for 2015-2020.	40	20	30	10	100

* 자료 : Frost&Sullivan, The Future of Zero Carbon Buildings, 2015

– 2020년 이후, 세계 건설시장 성장률 4%를 동일하게 적용하여 미래의 제로에너지 빌딩 관련 시장규모를 추정

– 2015년 세계 건설시장 규모는 전년대비 4% 성장한 8.8조 달러

– 세계 건설시장은 2018년까지 연 평균 4%씩 성장할 것으로 예상되며, 2018년 세계 건설시장은 10조 달러를 넘어설 전망[1)]

○ 시장점유율 : 2013년 우리나라의 해외건설시장 점유율을 토대로 미래 제로에너지 건축물 건설시장의 시장점유율을 설정

– 2013년 기준 해외건설시장 규모는 5,440억 달러 수준으로, 이 중 건축시장 규모는 1,120억 달러 규모

[표 7-17] 2013년 공종별 해외건설시장 현황 (단위 : B$)

구분	도로 교통	석유 화학	건축	전력	산업 시설	상수도	하수도	제조 공장	통신	유해 폐기물	기타	합계
규모	137	128	112	57	33	16	10	7	6	1	37	544

* 자료 : 한국수출입은행, 세계 건설시장 동향 및 시사점, 2015

– 2013년 해외건설시장에서 플랜트를 제외한 건축시장에서의 우리나라의 건설 수주액은 298억 달러로 시장점유율 2.66% 수준

[표 7-18] 2013년 공종별 우리나라의 해외건설 수주액 (단위 : B$)

구분	토목	건설	플랜트	기타	합계
규모	18.1	5.4	39.6	5.7	68.8

* 자료 : 한국수출입은행, 세계 건설시장 동향 및 시사점, 2015

– 본 분석에서는 2013년 기준, 해외건설시장에서 우리나라의 시장점유율 2.66%의 1/2 수준인 1.33%를 최대 시장점유율로 설정

– 전체 편익기간(2027년~2043년) 중 2/3 시점(2038년)에 최고 시장점유율 1.33%에 도달한다고 가정하여 연차별 시장점유율을 가정

1) 한국수출입은행, 세계 건설시장 동향 및 시사점, 2015



[표 7-19] 제로에너지 건축물 건설시장의 시장점유율 추정

구분	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
점유율	0.11%	0.22%	0.33%	0.44%	0.55%	0.67%	0.78%	0.89%	1.00%
구분	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	
점유율	1.11%	1.22%	1.33%	1.22%	1.11%	1.00%	0.89%	0.78%	

- 부가가치율 : 35.21%
  - 한국은행 산업연관표 상 관련 분야 부가가치율 평균 활용하여 로 설정

[표 7-20] 건축환경·에너지 관련 부가가치율 산정 근거

대분류	중분류	소분류	부가가치율
기계 및 장비 제조업	일반목적용기계 제조업	공기 및 액체 조절장치 제조업	22.2%
전기 및 전자기기 제조업	전기장비 제조업	전기변환,공급제어장치 제조업	33.4%
전력, 가스 및 증기업	전기업	전력 및 신재생에너지	36.0%
건설업	건물건설 및 건축보수업	주거용 건물 건설업	31.5%
		비주거용 건물 건설업	31.7%
		건축보수업	36.0%
전문, 과학 및 기술 서비스업	과학기술관련 전문 서비스업	건축·토목관련서비스	55.7%
평균			35.21%

* 한국은행의 2014년 산업연관표 투입산출 기초가격 기준

스마트 도시물순환 종합실증시설

- 목표시장 정의 : 세계 스마트 워터 그리드 시장 중 목표시장 설정
  - 세계 워터 그리드 시장은 2015년 61억 달러에서 2025년 103억 달러 규모로 연평균 5.3% 성장 전망

[표 7-21] 스마트 워터 그리드 시장 (단위 : M$)

구분	2014	2015	2025	CAGR(2015~2025)
시장 규모	5.9	6.1	10.3	5.3%

* 자료 : Hexaresearch, Smart Water Grid Market Size And Forecast, By Technology (Smart Infrastructure, Control & Automation, ICT & Analytical Software, Design & Engineering), By Application (Residential, Commercial, Utility), And Trend Analysis, 2014~2025, 2017

  - 스마트 워터 그리드 시장은 Design and Engineering Services, ICT/Software and Analytics, Automation and Control, Smart Water Infrastructure로 구성되며 본 분석에서는 스마트 워터 그리드 시장 전체를 목표시장으로 정의

[표 7-22] 스마트 워터 그리드 시장 중 목표시장 비중 (단위 : M$, %)

세부 시장	2010		2020		목표시장
	시장규모	비중	시장규모	비중	
Design and Engineering Services	335.0	5.8%	859.9	3.9%	100%
Automation and Control	1,050.0	18.1%	1,753.8	7.9%	
Smart Water Infrastructure	3,374.9	58.3%	9,698.1	43.7%	
ICT, Software and Analytics	1,030.3	17.8%	9,900.8	44.6%	

* 자료 : Frost&Sullivan, CEO 360 : Global Smart Water Grid Market, 2012

- 시장점유율 : 2013년 우리나라의 해외건설시장 점유율을 토대로 추정

[표 7-23] 스마트 도시물순환 건설시장의 시장점유율 추정

구분	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
점유율	0.11%	0.22%	0.33%	0.44%	0.55%	0.67%	0.78%	0.89%	1.00%
구분	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	
점유율	1.11%	1.22%	1.33%	1.22%	1.11%	1.00%	0.89%	0.78%	

- 부가가치율 : 41.6%
  - 한국은행 산업연관표 상 관련 분야 부가가치율 평균 활용하여 41.6%로 설정

[표 7-24] 스마트 워터 그리드 산업 부가가치율 산정 근거

대분류	중분류	소분류	부가가치율
기계 및 장비 제조업	일반목적용기계 제조업	펌프 및 압축기	30.2%
		공기 및 액체 조절 장치	22.2%
수도, 폐기물 및 재활용 서비스업	수도사업	수도	58.8%
	폐수처리업	폐수처리	45.9&
건설업	토목건설업	일반토목시설 건설	42.8%
		기타 건설	39.9%
전문, 과학 및 기술 서비스업	과학기술관련 전문 서비스업	건축·토목관련서비스	55.7%
평 균			41.6%

* 한국은행의 2014년 산업연관표 투입산출 기초가격 기준

■ 실대형 내진성능평가 실증시설

[국내 건축물 내진보강 비용절감]

- 편익 정의 : 국내 건축물 내진보강 비용을 편익 분석 대상으로 설정
  - 국민안전처의 기존 공공시설물 내진보강 기본계획을 토대로 국내 공공 분야 내진보강 지출 규모를 추정
    ① 2016년~2020년 사이 공공건축물의 내진보강을 위해 약 2,800억원의 지출 예상



[표 7-25] 공공건축물 2단계 내진보강 계획 (단위 : 개소, 백만원)

구 분		2016	2017	2018	2019	2020	합계
중앙 부처	건수	56	123	130	157	173	639
	예산	10,089	23,174	25,614	32,346	37,271	128,494
지자체	건수	83	140	152	178	233	786
	예산	14,359	25,321	28,747	35,203	48,186	151,816
합계	건수	139	263	282	335	406	1,425
	예산	24,448	48,495	54,361	67,549	85,457	280,310

* 자료 : 국민안전처, 2단계(2016~2020) 기존 공공시설물 내진보강 기본계획, 2015

② 공공건축물의 2단계 내진보강(2016~2020) 이후 2040년까지 공공건축물 내진보강에 약 5조 8,819억원 규모로 추정

[표 7-26] 공공건축물 단계별 내진보강 계획 (단위 : 개소, 백만원)

구 분		2021~2025	2026~2030	2031~2035	2036~2040
중앙 부처	건수	1,879	2,399	2,696	2,470
	예산	506,178	808,059	1,135,451	1,300,712
지자체	건수	1,124	1,457	1,644	1,395
	예산	290,649	471,081	664,622	705,152
합계	건수	3,003	3,856	4,340	3,865
	예산	796,827	1,279,140	1,800,073	2,005,864

* 자료 : 국민안전처, 2단계(2016~2020) 기존 공공시설물 내진보강 기본계획, 2015

– 최근 5년간의 국내 건설업 통계를 토대로 공공건축물 내진보강 공사 대비 민간 부문의 내진보강 시장 규모를 추정

① 2011년~2015년 사이 국내 건설산업 중 민간시장 비중은 70% 수준

[표 7-27] 국내 발주기관 유형별 계약실적 (단위 : 십억원)

구 분	합계	정부기관	지자체	공공단체	공기업	외국기관	민간	
							금액	비중
2011	333,753.7	19,756.7	30,659.6	15,406.9	48,377.8	1,733.6	217,818.9	65.3%
2012	343,000.4	18,093.1	26,242.8	16,141.7	49,164.4	1,229.2	232,128.8	67.7%
2013	345,464.1	17,895.2	25,939.3	14,383.3	46,026.4	1,165.6	240,053.9	69.5%
2014	352,717.1	14,355.8	24,165.4	12,254.7	43,920.8	1,248.5	256,771.7	72.8%
2015	364,628.5	12,870.4	22,936.2	11,690.1	40,390.4	1,213.9	275,527.3	75.6%
합계	1,739,563.8	82,971.2	129,943.3	69,876.7	227,879.8	6,590.8	1,222,300.6	70.3%

* 자료 : 대한건설협회 (발주기관별/세분공사종류별 계약실적 – 이월공사 포함)

② 2011년~2015년 국내 건설시장의 민간부문, 공공부문 비중을 토대로 2016년 ~2020년 민간 부문의 내진보강 시장 규모를 추정

[표 7-28] 국내 내진보강 시장 규모 추정(2016~2020) (단위 : 개소, 백만원)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	합계
공공	24,448	48,495	54,361	67,549	85,457	280,310
민간	57,045.3	113,155.0	126,842.3	157,614.3	199,399.7	654,056.7
합계	81,493.3	161,650.0	181,203.3	225,163.3	284,856.7	934,366.7

③ 동일한 방법으로 2020년 이후 2040년까지 국내 건축물 내진보강 시장규모를 약 5조 8,819억원 규모로 추정

[표 7-29] 국내 내진보강 시장 규모 추정(2021~2040) (단위 : 백만원)

구분	2021~2025	2026~2030	2031~2035	2036~2040	합계
공공	796,827	1,279,140	1,800,073	2,005,864	5,881,904
민간	1,859,263	2,984,660	4,200,170	4,680,349	13,724,443
합계	2,656,090	4,263,800	6,000,243	6,686,213	19,606,347

④ 공공건축물 내진보강의 단계별(2021~2040) 투자 계획에 의거하여 2041년 이후 국내 건축물 내진보강 투자 규모를 추정

[표 7-30] 국내 건축물 내진보강 단계별 투자 규모 전망 (단위 : 백만원)

구분	2021~2025	2026~2030	2031~2035	2036~2040	CAGR
투자 규모	796,827	1,279,140	1,800,073	2,005,864	36.0%

- 비용절감율 : 10% (가정치)

[국내 지진피해비용 절감]

◎ 편익 정의 : 국내 지진 발생에 따른 피해비용을 편익 분석 대상으로 설정

– 국민안전처는 지역별 특성을 고려하여 지역별 지진 발생에 따른 손실 및 복구 비용을 추정

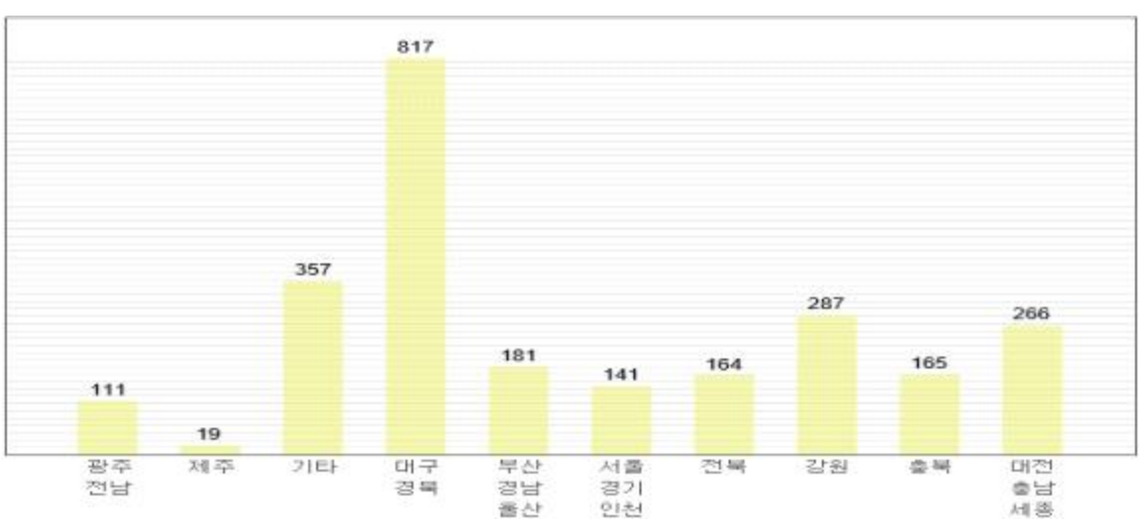
① 지진규모 5.0의 지진이 발생할 경우, 서울은 약 7,653억원의 경제·사회적 비용이 발생되며, 광주 지역 2,555억원, 부산 지역 2,498억원, 대전 1,534억원의 비용 발생 추정

[표 7-31] 지진규모 5 발생 시의 지역별 경제·사회적 비용 (단위 : 억원)

구분	서울	강원	대전	광주	대구	부산
부문손실M	185	0	44	30	7	50
부문손실S	1,784	1	368	613	101	623
반파	0	0	0	0	0	0
전파	0	0	0	0	0	0
구조/비구조요소 보수비용	5,600	0	1,100	1,900	300	1,800
내부시설 보수비용	0	0	0	0	0	0
생산손해비용	84	0	22	12	3	25
합계	7,653	1	1,534	2,555	411	2,498

* 자료 : 국민안전처, 지진재해로 인한 사회 경제적 피해예측 모델 개발, 2015

② 1999년~2017년간 지역별 지진 발생 횟수를 토대로 국내 지진 발생에 따른 지역별 가중치를 산출 (디지털 관측이 시작된 1999년 이후 데이터만 활용)
: 1988년~2017년간 국내에 총 2,520회의 지진이 발생했으며, 지역별 분포는 아래 그림과 같음



구분 : 지역별 (해역 제외)
발생 연도 : 1999 ~ 2017 ⇒ 총 2256회 (규모 5.0 이상 5회)
규모 : 0.0 ~ 7.0

* 자료 : 국가지진종합정보시스템(http://necis.kma.go.kr/)-지진통계-지역별 발생추이

[그림7-6] 국내 지역별 지진 발생 추이

: 국내 지진 발생시의 지역별 지진발생율은 대구·경북 지역이 32.6%로 가장 높으며, 그 다음으로 대전(충남·충북)이 17.2%, 강원 11.4%, 광주(전남·전북)이 11.0% 순

[표 7-32] 지역별 지진발생 비중

구분	서울 (경기,인천)	강원	대전 (충남,충북)	광주 (전남,전북)	대구 (경북)	부산 (경남,울산)	기타 (제주,기타)
발생횟수	114	266	401	260	773	169	273
발생율	5.1%	11.8%	17.8%	11.5%	34.3%	7.5%	12.1%

* 자료 : 국가지진종합정보시스템(http://necis.kma.go.kr/)-지진통계-지역별 발생추이

③ 국내 내륙지역에 지진 발생시의 지역별 경제·사회적 비용 규모와 지역별 지진발생율을 고려하여 국내 지진 발생에 따른 잠재적 경제·사회적 비용을 평균 1,285.62억원으로 추정

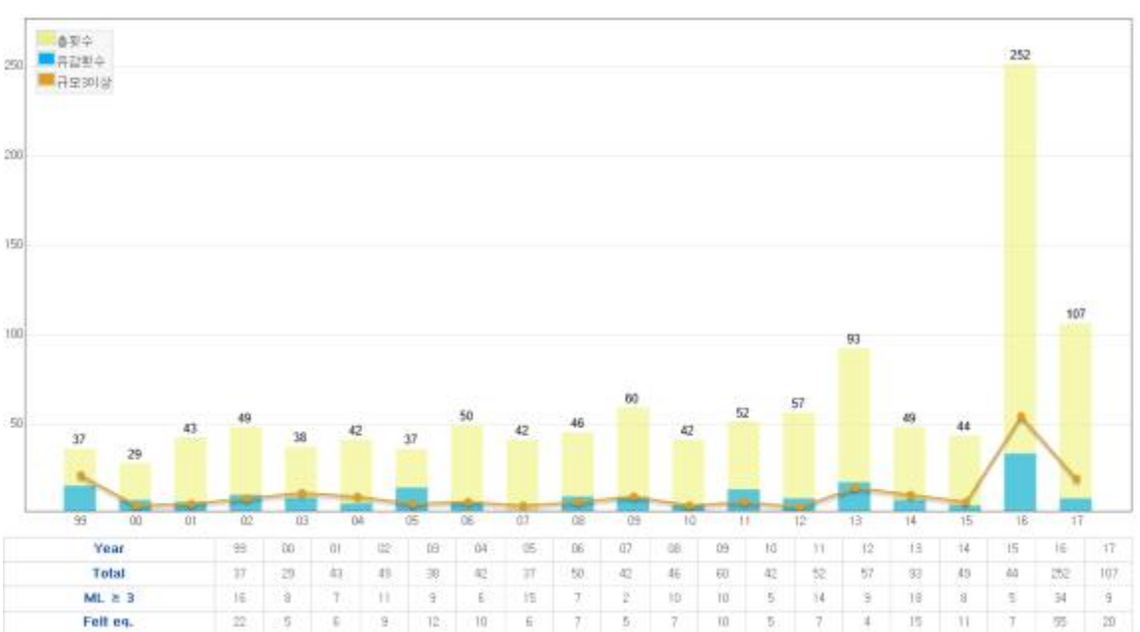
[표 7-33] 국내 지진규모 5 발생 시의 경제·사회적 비용 추정 (단위 : 억원)

구분	서울	강원	대전	광주	대구	부산
경제·사회적 비용	7,653	1	1,534	2,555	411	2,498
지진 발생율	5.1%	11.8%	17.8%	11.5%	34.3%	7.5%
잠재적 비용	390.30	0.12	273.05	293.83	140.97	187.35
	1,285.62					

- 기상청의 지진통계를 토대로 국내 지진발생 가능성을 추정

① 1999년~2017년 연도별 지진 발생 회수 중 지진규모 3.0 이상 규모의 지진발생 분포를 분석

: 1999년 연간 37회 수준 이던 국내 지진 발생 횟수가 지속 증가하여 2013년 93회까지 증가하였으며, 지진규모 5.0 이상의 지진이 발생한 2016년에는 연간 252회의 지진이 관측



* 자료 : 국가지진종합정보시스템(http://necis.kma.go.kr/)-지진통계-연도별 발생추이

[그림7-7] 국내 연도별 지진 발생 추이(1999년 ~ 2017년)



: 지진규모 3.0 이상의 지진 발생은 1999년~2017년간 총 203회 발생

[표 7-34] 연도별 지진규모 3.0 이상 지진발생 횟수

연도	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
횟수	16	8	7	11	9	6	15	7	2	10
연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
횟수	10	5	14	9	18	8	5	34	9	

* 자료 : 국가지진종합정보시스템(http://necis.kma.go.kr/)-지진통계-연도별 발생추이

: 기간별로 1999년~2008년간 연평균 9.1회 발생하던 것이 2009년~2017년 연평균 12.4회 발생하였으며, 동기간 중 연간 30회 이상 발생한 2016년을 제외한 2009년~2015년간 연평균 9.86회로 발생 빈도 8.4% 증가

[표 7-35] 연도별 지진규모 3.0 이상 지진발생 횟수

기간	1999년~2008년	2009년~2015년	2009년~2017년	1999년~2017년
총 발생횟수	91	69	112	203
연평균 발생 횟수	9.1	9.86	12.44	10.68

* 자료 : 국가지진종합정보시스템(http://necis.kma.go.kr/)-지진통계-연도별 발생추이

② 지진발생에 따른 경제·사회적 피해가 발생하는 지진규모 5.0 이상의 지진은 지진 관측을 시작한 1978년 이후 2017년까지 총 5회(내륙지역 발생 건수 기준) 발생하였으며, 이는 연평균 0.12회(=5회÷41년) 수준

[표 7-36] 국내 지진규모 5.0 이상 발생 사례

진원시(KST)	규 모	위 도	경 도	위 치
2016-09-12	5.8	35.76	129.19	경북 경주시 남남서쪽 8.7km 지역
2016-09-12	5.1	35.77	129.19	경북 경주시 남남서쪽 8.2km 지역
1980-01-08	5.3	40.2	125	북한 평안북도 삭주 남남서쪽 20km 지역
1978-10-07	5.0	36.6	126.7	충남 홍성군 동쪽 3km 지역
1978-09-16	5.2	36.6	127.9	경북상주시북서쪽32km지역

③ 지진규모 5.0 이상 지진의 연평균 발생 횟수와 지진규모 3.0 이상 지진의 증가율을 토대로 미래 지진발생 가능성을 추정

: 1978년~2017년간 지진규모 5.0 이상의 지진 발생 횟수 평균 : 0.12회/연

: 2009년~2017년 대비 2009년~2015년간 연평균 지진 발생 횟수 증가율 : 8.4%

[표 7-37] 기간별 지진규모 5.0 이상 지진발생 횟수 추정

기간	1978년~2017년	2018년~2027년	2028년~2037년	2038년~2047년
연평균 발생 횟수	0.12회/연	0.13회/연	0.14회/연	0.15회/연

* 자료 : 연구팀 자체 추정

- 국내 지진 발생에 따른 손실 및 복구 비용과 지진발생 가능성을 추정 결과를 토대로 지진규모 5.0이상의 지진 발생에 따른 경제·사회적 비용을 추정

◎ 비용절감율 : 100% (지진규모 5.0 완벽 내진을 통한 피해 예방)

4. 실증시설별 편익 분석 결과

제로에너지 빌딩 종합실증시설

○ 2027년~2043년간 발생하는 제로에너지 건축물 종합성능 실증시설의 총 편익은 다음과 같음

[표 7-38] 제로에너지 건축물 종합성능 실증시설 편익 산출 결과

구 분		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
세계시장규모	B$	131.6	136.9	142.3	148.0	153.9	160.1	166.5	173.2	180.1	187.3	194.8	202.6	210.7	219.1	227.9	237.0	246.5
	억원	1,506,741.9	1,567,011.6	1,629,692.0	1,694,879.7	1,762,674.9	1,833,181.9	1,906,509.2	1,982,769.5	2,062,080.3	2,144,563.5	2,230,346.1	2,319,559.9	2,412,342.3	2,508,836.0	2,609,189.4	2,713,557.0	2,822,099.3
시장점유율(%)		0.11%	0.22%	0.33%	0.44%	0.55%	0.67%	0.78%	0.89%	1.00%	1.11%	1.22%	1.33%	1.22%	1.11%	1.00%	0.89%	0.78%
시장점유 가치		1,670.0	3,473.5	5,418.7	7,514.0	9,768.2	12,190.7	14,791.3	17,580.6	20,569.3	23,768.9	27,191.6	30,850.1	29,410.5	27,806.3	26,026.7	24,060.2	21,894.8
사업기여 가치(65.2%)		1,107.2	2,303.0	3,592.6	4,981.8	6,476.3	8,082.4	9,806.7	11,655.9	13,637.4	15,758.8	18,028.1	20,453.6	19,499.1	18,435.6	17,255.7	15,951.9	14,516.2
R&D기여 가치(35.4%)		391.9	815.2	1,271.8	1,763.5	2,292.6	2,861.2	3,471.6	4,126.2	4,827.6	5,578.6	6,381.9	7,240.6	6,902.7	6,526.2	6,108.5	5,647.0	5,138.8
사업화 성공가치(32.4%)		127.0	264.1	412.1	571.4	742.8	927.0	1,124.8	1,336.9	1,564.2	1,807.5	2,067.7	2,346.0	2,236.5	2,114.5	1,979.2	1,829.6	1,665.0
부가가치(35.2%)		44.7	93.0	145.1	201.2	261.5	326.4	396.0	470.7	550.7	636.4	728.1	826.0	787.5	744.5	696.9	644.2	586.2
실증시설 이용율		20%	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	60%	40%	20%
실증시설 이용가치		8.9	37.2	87.1	160.9	261.5	326.4	396.0	470.7	550.7	636.4	728.1	826.0	787.5	595.6	418.1	257.7	117.2
현재가치(4.5%)		6.6	26.2	58.6	103.6	161.2	192.5	223.5	254.2	284.6	314.7	344.5	374.0	341.2	247.0	165.9	97.8	42.6

스마트 도시물순환 종합실증시설

○ 2028년~2044년간 발생하는 스마트 물순환·물공급 종합실증시설의 총 편익은 다음과 같음

[표 7-39] 스마트 물순환·물공급 종합실증시설 편익 산출 결과

구 분		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
세계시장규모	B$	11.38	11.98	12.62	13.28	13.98	14.72	15.50	16.32	17.18	18.08	19.04	20.04	21.10	22.22	23.39	24.62	25.92
	억원	130,333.6	137,213.4	144,456.4	152,081.7	160,109.5	168,561.1	177,458.8	186,826.2	196,688.1	207,070.5	218,001.0	229,508.4	241,623.3	254,377.7	267,805.3	281,941.8	296,824.4
시장점유율(%)		0.11%	0.22%	0.33%	0.44%	0.55%	0.67%	0.78%	0.89%	1.00%	1.11%	1.22%	1.33%	1.22%	1.11%	1.00%	0.89%	0.78%
시장점유 가치		144.5	304.2	480.3	674.2	887.3	1,120.9	1,376.8	1,656.5	1,962.0	2,295.0	2,657.8	3,052.5	2,945.8	2,819.4	2,671.4	2,499.9	2,302.9
사업기여 가치(65.2%)		95.8	201.7	318.5	447.0	588.3	743.2	912.8	1,098.3	1,300.8	1,521.6	1,762.1	2,023.8	1,953.1	1,869.2	1,771.1	1,657.4	1,526.8
R&D기여 가치(35.4%)		33.9	71.4	112.7	158.2	208.2	263.1	323.1	388.8	460.5	538.6	623.8	716.4	691.4	661.7	627.0	586.7	540.5
사업화 성공가치(32.4%)		11.0	23.1	36.5	51.3	67.5	85.2	104.7	126.0	149.2	174.5	202.1	232.1	224.0	214.4	203.1	190.1	175.1
부가가치(35.2%)		3.9	8.1	12.9	18.1	23.8	30.0	36.9	44.4	52.5	61.4	71.2	81.7	78.9	75.5	71.5	66.9	61.7
실증시설 이용율		20%	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	60%	40%	20%
실증시설 이용가치		0.8	3.3	7.7	14.4	23.8	30.0	36.9	44.4	52.5	61.4	71.2	81.7	78.9	60.4	42.9	26.8	12.3
현재가치(4.5%)		0.6	2.3	5.2	9.3	14.6	17.7	20.8	23.9	27.1	30.4	33.7	37.0	34.2	25.0	17.0	10.2	4.5



실대형 내진성능평가 실증시설

2028년~2048년간 발생하는 실대형 구조물 내진성능 실증시설의 국내 건축물 내진보강 비용절감 편익은 다음과 같음

[표 7-40] 실대형 구조물 내진성능 실증시설의 국내 건축물 내진보강 비용절감 편익 산출 결과

구 분	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
국내 내진보강지출 (억원)	8,527.6	8,527.6	8,527.6	8,527.6	12,000.5	12,000.5	12,000.5	12,000.5	12,000.5	13,372.4	13,372.4
비용절감액 (10%)	852.8	852.8	852.8	852.8	1,200.0	1,200.0	1,200.0	1,200.0	1,200.0	1,337.2	1,337.2
사업기여가치	556.0	556.0	556.0	556.0	782.4	782.4	782.4	782.4	782.4	871.9	871.9
R&D 기여가치	196.8	196.8	196.8	196.8	277.0	277.0	277.0	277.0	277.0	308.6	308.6
실증시설 이용율	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	100%
실증시설 이용가치	19.7	39.4	59.0	78.7	138.5	166.2	193.9	221.6	249.3	308.6	308.6
현재가치 (4.5%)	14.5	27.7	39.7	50.7	85.3	98.0	109.4	119.6	128.8	152.6	146.0

구 분	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
국내 내진보강지출 (억원)	13,372.4	13,372.4	13,372.4	18,191.0	18,191.0	18,191.0	18,191.0	18,191.0	18,191.0	18,191.0	18,191.0
비용절감액 (10%)	1,337.2	1,337.2	1,337.2	1,819.1	1,819.1	1,819.1	1,819.1	1,819.1	1,819.1	1,819.1	1,819.1
사업기여가치	871.9	871.9	871.9	1,186.1	1,186.1	1,186.1	1,186.1	1,186.1	1,186.1	1,186.1	1,186.1
R&D 기여가치	308.6	308.6	308.6	419.9	419.9	419.9	419.9	419.9	419.9	419.9	419.9
실증시설 이용율	100%	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
실증시설 이용가치	308.6	308.6	277.8	335.9	293.9	251.9	209.9	167.9	126.0	84.0	42.0
현재가치 (4.5%)	139.8	133.7	115.2	133.3	111.6	91.5	73.0	55.9	40.1	25.6	12.2

○ 2030년~2046년간 발생하는 실대형 구조물 내진성능 실증시설의 지진피해 비용절감 편익은 다음과 같음

[표 7-41] 실대형 구조물 내진성능 실증시설의 지진피해비용 절감 편익 산출 결과

구 분	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
지진규모 5.0 이상 지진 피해비용 (잠재)	167.1	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
비용절감액 (100%)	167.1	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
사업기여가치	109.0	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4
R&D 기여가치	38.6	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5
실증시설 기여율	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	100%
실증시설 기여가치	3.9	8.3	12.5	16.6	20.8	24.9	29.1	33.2	37.4	41.5	41.5
현재가치 (4.5%)	2.8	5.8	8.4	10.7	12.8	14.7	16.4	17.9	19.3	20.5	19.7

구 분	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
지진규모 5.0 이상 지진 피해비용 (잠재)	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8
비용절감액 (100%)	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8	192.8
사업기여가치	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7
R&D 기여가치	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5
실증시설 기여율	100%	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
실증시설 기여가치	44.5	44.5	40.1	35.6	31.2	26.7	22.3	17.8	13.4	8.9	4.5
현재가치 (4.5%)	20.2	19.3	16.6	14.1	11.8	9.7	7.7	5.9	4.3	2.7	1.3



제 3 절 경제성 분석 결과

1. 비용 분석

■ 국토교통종합실증시설 1단계 구축 비용 분석 – (1안) 부지 구입비 미포함

○ 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용은 총 2,951.8억원

[표 7-42] 소요예산의 명목가치 (단위 : 억원)

구 분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
제로에너지 빌딩 종합실증시설	147.48	345.42	453.71	332.48	143.76	1,422.85
스마트 도시물순환 종합실증시설	49.18	115.14	151.79	111.5	48.61	476.22
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	66.62	147.65	276.55	241.91	163.51	896.25
연구개발·사업관리비	23.48	34.43	34.43	34.43	29.74	156.51
합 계	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62	2,951.83

○ 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용을 2020년 현재가치로 환산하면 2,695.6억원

[표 7-43] 소요예산의 2020년 현재가치 (단위 : 억원)

구 분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
제로에너지 빌딩 종합실증시설	147.48	330.55	415.48	291.35	120.55	1,305.40
스마트 도시물순환 종합실증시설	49.18	110.18	139.00	97.71	40.76	436.83
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	66.62	141.29	253.25	211.98	137.11	810.26
연구개발·사업관리비	23.48	32.95	31.53	30.17	24.94	143.07
합 계	286.76	614.97	839.25	631.21	323.37	2,695.55

○ 단, 초기 구축장비의 내용연한이 종료되는 시점에서 장비구축비 외의 실증시설 잔존가치(716.89억원)를 고려한 순비용은 1,978.66억원

○ 3개 실증시설 소요재원 중 장비구입비를 제외한 순수 시설구축비 1,426.12억원의 시설별 활용종료 이후의 잔존가치는 1,145.50이며, 이의 2020년 현재가치는 716.9억원

[표 7-44] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 소요예산 구성 (단위 : 억원)

구 분	시설구축	장비구입	합계	회수기준	시설 잔존가치	현재가치
제로에너지 빌딩 종합실증시설	881.39	541.46	1,422.85	2030년	734.5	473.0
스마트 도시물순환 종합실증시설	292.94	183.28	476.22	2030년	244.1	157.2
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	251.79	644.46	896.25	2035년	167.9	86.7
합 계	1,426.12	1,369.20	2,795.32	–	1,146.5	716.9



○ 3개 실증시설별 소요재원에서 활용 이후의 잔존가치를 제외한 순비용은 1,978.66억원

[표 7-45] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 순비용 도출 (단위 : 억원)

구 분	총비용 (A)	시설 잔존가치 (B)	순비용 (A-B)
제로에너지 빌딩 종합실증시설	1,305.40	473.0	832.44
스마트 도시물순환 종합실증시설	436.83	157.2	279.64
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	810.26	86.7	723.52
연구개발·사업관리비	143.07	-	143.07
합 계	2,695.55	716.89	1,978.66

국토교통종합실증시설 1단계 구축 비용 분석 – (2안) 부지 구입비 포함

○ 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용 및 부지 구입비용은 총 3,214.06억원

[표 7-46] 소요예산의 명목가치 (단위 : 억원)

구 분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
제로에너지 빌딩 종합실증시설	211.95	346.06	454.35	333.12	144.4	1,489.87
스마트 도시물순환 종합실증시설	135.04	115.99	152.64	112.35	49.46	565.47
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	97.17	147.96	276.85	242.22	163.82	928.01
신기술 및 R&D 테스트베드	-	-	-	74.19	-	74.19
연구개발·사업관리비	23.48	34.43	34.43	34.43	29.74	156.51
합 계	467.63	644.43	918.27	796.31	387.41	3,214.06

○ 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 국토교통종합실증시설 1단계 구축 대상 3개의 실증시설 구축비용 및 부지 구입비용을 2020년 현재가치로 환산하면 2,947.87억원

[표 7-47] 소요예산의 2020년 현재가치 (단위 : 억원)

구 분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
제로에너지 빌딩 종합실증시설	211.95	331.16	416.06	291.91	121.09	1,372.17
스마트 도시물순환 종합실증시설	135.04	111.00	139.78	98.45	41.48	525.74
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	97.17	141.59	253.52	212.26	137.37	841.91
신기술 및 R&D 테스트베드	-	-	-	65.01	-	65.01
연구개발·사업관리비	23.48	32.95	31.53	30.17	24.94	143.07
합 계	467.63	616.68	840.89	697.80	324.87	2,947.87

○ 3개 실증시설의 잔존가치를 제외한 순비용은 2,230.98억원

[표 7-48] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 순비용 도출 (단위 : 억원)

구 분	총비용 (A)	시설 잔존가치 (B)	순비용 (A-B)
제로에너지 빌딩 종합실증시설	1,372.17	473.0	899.17
스마트 도시물순환 종합실증시설	525.74	157.2	368.54
실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	841.91	86.7	755.21
신기술 및 R&D 테스트베드	65.01	-	65.01
연구개발·사업관리비	143.07	-	143.07
합 계	2,947.87	716.89	2,230.98

국토교통종합실증시설 1단계 구축시설의 운영 비용 분석

○ 국토교통종합실증시설 1단계 구축시설의 2025년~2029년 운영 비용은 총 454.6백만원 규모

[표 7-49] 국토교통종합실증 1단계 구축시설 운영비용의 명목가치 (단위 : 백만원)

구분	2025	2026	2027	2028	2029	합계
인건비	33.99	35.01	36.06	37.14	38.26	180.46
경상운영비	11.79	12.14	12.51	12.88	13.27	62.59
시설장비유지보수비	42.31	42.31	42.31	42.31	42.31	211.55
합계	88.09	89.46	90.88	92.34	93.84	454.6

○ 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 국토교통종합실증시설 1단계 구축시설 2025년~2029년 운영비용을 2020년 현재가치로 환산하면 312.88백만원

[표 7-50] 국토교통종합실증 1단계 구축시설 운영비용의 2020년 현재가치 (단위 : 백만원)

구분	2025	2026	2027	2028	2029	합계
인건비	26.01	25.39	24.79	24.20	23.63	124.02
경상운영비	9.02	8.80	8.60	8.39	8.20	43.01
시설장비유지보수비	32.37	30.69	29.09	27.57	26.13	145.84
합계	67.40	64.88	62.47	60.16	57.96	312.88

국토교통종합실증시설 1단계 구축 사업의 비용 종합

○ 비용항목별 조합에 따른 사업비용의 2020년 현재가치는 다음과 같음

[표 7-51] 국토교통종합실증 1단계 구축시설 운영비용의 2020년 현재가치 (단위 : 백만원)

부지 비용	제외		포함	
잔존가치	포함	제외	포함	제외
운영비 제외	2,695.60	1,978.71	2,947.87	2,230.98
운영비 포함	2,698.73	1,981.84	2,951.00	2,234.11



2. 국토교통종합실증시설 구축사업의 B/C ratio

편익분석 결과

사업화 성공률에 따른 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 편익 분석 결과는 다음과 같음

[표 7-52] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 편익 분석 (단위 : 억원)

유형	구 분	편익 합계	2020년 현재가치
1안 (65.2%)	제로에너지 빌딩 종합실증시설	6,666.2	3,238.5
	스마트 도시물순환 종합실증시설	649.3	313.5
	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	4,829.3	2,203.6
	합 계	12,144.8	5,755.7
2안 (34.7%)	제로에너지 빌딩 종합실증시설	3,488.9	1,695.0
	스마트 도시물순환 종합실증시설	339.8	164.1
	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	2,527.5	1,153.3
	합 계	6,356.3	3,012.4
3안 (5.2%)	제로에너지 빌딩 종합실증시설	522.8	254.0
	스마트 도시물순환 종합실증시설	50.9	24.6
	실대형 구조물 내진성능평가 실증시설	378.8	172.8
	합 계	952.5	451.4

사업화 성공률에 따른 국토교통종합실증시설 1단계 시설의 운영편익 분석 결과는 다음과 같음

[표 7-53] 국토교통종합실증시설 1단계 시설 운영수익 (단위 : 억원)

구 분	2025	2026	2027	2028	2029	합계
운영수익 합계	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	457.0
2020년 현재가치	73.3	70.2	67.2	64.3	61.5	336.4

편익항목별 조합에 따른 편익의 2020년 현재가치는 다음과 같음

[표 7-54] 국토교통종합실증시설 1단계 시설 운영수익 (단위 : 억원)

운영편익 포함여부	제외			포함		
사업기여율	66.30%	34.70%	5.20%	66.30%	34.70%	5.20%
편익 합계	5,755.70	3,012.40	451.4	6,092.1	3,348.8	787.8

국토교통종합실증시설 1단계 사업의 B/C ratio

○ 비용-편익 산출 시나리오에 따른 국토교통종합실증시설 구축사업의 B/C ratio

[표 7-55] 국토교통종합실증시설 1단계 사업의 B/C ratio (단위 : 억원)

운영비용/수익 포함 여부		제외			포함		
사업기여율		66.30%	34.70%	5.20%	66.30%	34.70%	5.20%
부지비용 제외	잔존가치 포함	2.14	1.12	0.17	2.26	1.24	0.29
	잔존가치 제외	2.91	1.52	0.23	3.07	1.69	0.40
부지비용 포함	잔존가치 포함	1.95	1.02	0.15	2.06	1.13	0.27
	잔존가치 제외	2.58	1.35	0.20	2.73	1.50	0.35



제 4 절 종합실증 클러스터 구축사업의 경제적 파급효과

1. 산업연관분석을 통한 경제적 파급효과 분석

1.1 산업연관표와 산업연관분석

- 산업연관표(input-output table)는 국가경제에서 한 산업이 생산해 내는 재화와 용역이 다른 산업들 또는 최종소비자에 의해서 어떻게 사용되고, 또한 이러한 생산을 위해서 다른 산업에서의 생산물이나 노동, 자본 등 본원적 생산요소가 얼마나 투입되는가를 기록한 통계표
- 산업연관분석(input-output analysis 또는 inter-industry analysis)이란 산업연관표를 이용하여 산업간의 상호연관관계를 파악하고 이것을 국민경제구조의 분석, 장래의 경제예측 등에 사용하고자 하는 분석기법

[표 7-56] 산업연관표 구성

구분		내생부문					외생부문				수입 (공제)	총 산출액
		1	2	…	N	중간 수요계	소비	투자	수출	최종 수요계		
중간 투입	1	x_{11}	x_{12}	…	x_{1n}	W_1	C_1	I_1	E_1	Y_1	M_1	X_1
	2	x_{21}	x_{22}	…	x_{2n}	W_2	C_2	I_2	E_2	Y_2	M_2	X_2
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
	n	x_{n1}	x_{n2}	…	x_{nn}	W_n	C_n	I_n	E_n	Y_n	M_n	X_n
	중간투입계	U_1	U_2	…	U_n							
부가 가치	피용자보수	R_1	R_2	…	R_n							
	영업잉여	S_1	S_2	…	S_n							
	고정자본소요	D_1	D_2	…	D_n							
	간접세	T_1	T_2	…	T_n							
	부가가치계	V_1	V_2	…	V_n							
총투입액		X_1	X_2	…	X_n							

여기서, x_{ij} : 산업 i 에서 산업 j 로의 중간투입액
X_i : 산업 i의 총투입액(또는 총산출액)
V_j : 산업 j의 부가가치액

- 산업연관분석은 산업연관표를 이용하여 경제구조분석이나 경제예측 및 경제계획의 수립 등을 가능케 하는 경제 분석의 한 수단으로서 국민소득분석이나 부분균형분석이 잘 다룰 수 없는 문제를 보다 더 합리적으로 접근할 수 있도록 해주기 때문에 두 분석 방법을 보완한 방법이 널리 사용
- 경제 분석의 수단으로서 산업연관분석은 다른 분석 방법과 비교하여 다음과 같은 특성을 보유
  - 첫째, 산업연관분석은 국민경제를 구성하는 각 산업 간의 상호의존관계에 입각하여 경제전체의 제합성(齊合性)을 찾기 위한 분석이라는 점에서 일반균형분석(general equilibrium analysis)임
  - 둘째, 산업연관분석은 거시적 분석과 미시적 분석의 중간에 속하는 다부문분석(multi-sectoral analysis)임. 따

라서 거시적 분석방법으로 규명할 수 없는 개별산업의 분석이나 미시적 분석방법으로 파악되지 않는 총량적인 경제활동의 분석이 모두 가능함

– 셋째, 산업연관분석은 기본적으로 시간개념이 포함되지 않고 특정시점에 있어서의 균형 상태를 분석하는 정태분석(static analysis)임

- 이러한 특성으로 인해 산업연관분석은 그 자체로써 경제구조를 총량적으로 파악할 수 있을 뿐만 아니라 전체와 부분을 유기적으로 결합시키는 분석기능을 가지고 있으므로 그 실용성이 높이 평가되고 있으며 각종의 경제 분석에 다양하게 이용
- 이에 종합실증 클러스터 구축사업 시행에 따른 경제적 파급효과 분석을 위하여 본 분석에서는 산업연관표에 기반한 산업연관분석을 통해 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수입유발효과, 취업유발효과, 고용유발효과 등을 분석

1.2 산업연관분석을 위한 유발계수

- 재화 및 서비스 생산을 위해서는 원재료 및 연료 등의 중간 투입물과 노동 및 자본 등의 본원적 투입물을 사용하는데, 이 때 각 산업부문이 해당 부문의 재화나 서비스 생산에 사용하기 위하여 다른 부문으로부터 구입한 원재료 및 연료 등의 중간투입액을 총투입액으로 나눈 것이 투입계수
  – 투입계수는 산업간의 연관관계 또는 상호의존관계를 나타내어 해당 산업의 기술구조 또는 생산함수로 이해할 수 있는데, 산업연관표에서 나타나는 생산함수 형태를 레온티에프 생산함수[2]라고 함
  – 투입계수는 소비, 투자, 수출 등 외생적으로 결정되는 최종 수요와 총산출 수준을 연결하는 매개 역할을 하며, 그 과정에서 최종수요에 의한 직간접적인 생산변동을 생산유발효과라 함
  – 국민경제 전체로 보면 각 산업부문의 생산활동은 궁극적으로 최종수요를 충족시키기 위하여 이루어지며, 국민경제 전체의 총산출 규모는 최종수요의 수준에 따라 결정됨
  – 어떤 재화나 서비스에 대한 최종수요가 발생하는 경우 이를 충족시키기 위해서 직접적으로 필요한 동 재화 및 서비스 이외에 해당 재화 및 서비스 생산에 투입되는 중간투입재의 생산이 해당 재화 및 서비스의 투입계수에 따라 연속적으로 필요하게 됨

$$\text{투입계수 } a_j = \frac{x_{ij}}{X_j},\ \text{투입계수행렬 } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{\in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

- 산업부문수가 많은 경우 투입계수를 매개로 하여 생산파급효과가 무한히 반복될 수 있으며, 이 경우 생산파급효과 계산이 불가능하며, 이를 해결하기 위하여 생산유발계수를 도출하여 사용
  – 생산유발계수는 최종수요가 한 단위 증가하였을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직간접으로 유발되는 생산액 수준을 의미하며, 최종수요로부터 파생되는 파급효과를 나타내는 승수의 성질을 갖고 있음

2) 레온티에프 생산함수(고정비율생산함수) : 두 생산요소가 완전히 보완적인 관계를 나타내는 생산함수



생산유발계수행렬 $(I-A)^{-1}=\left(\begin{bmatrix}1&0&\cdots&\cdots&0\\0&1&\cdots&\cdots&0\\\vdots&\vdots&\vdots&\vdots&\vdots\\\vdots&\vdots&\vdots&\vdots&\vdots\\0&0&\cdots&\cdots&1\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}a_{11}&a_{12}&\cdots&a_{1j}&\cdots&a_{1n}\\\vdots&\vdots&&\vdots&&\vdots\\a_{i1}&a_{i2}&\cdots&a_{ij}&\cdots&a_{\in}\\\vdots&\vdots&&\vdots&&\vdots\\a_{n1}&a_{n2}&\cdots&a_{nj}&\cdots&a_{nn}\end{bmatrix}\right)^{-1}$

- 산업연관표에서는 공급능력이나 노동력 등은 충분하다는 암묵적 가정하에 최종수요의 변동이 국내생산의 변동을 유발하고, 생산활동에 의해서 부가가치가 창출되므로 결과적으로 최종수요의 변동이 부가가치 변동의 원천이라고 간주
  - 그 결과 산업연관표를 이용하여 최종수요와 생산수준간의 연관 관계 및 부가가치와의 기능적인 관계도 파악이 가능함

부가가치유발계수 행렬 $A^{v}=(1-A)^{-1}\times V,\quad V=\begin{bmatrix}\frac{V_1}{X_1}&0&\cdots&\cdots&0\\0&\frac{V_2}{X_2}&\cdots&\cdots&0\\\vdots&\vdots&\vdots&\vdots&\vdots\\0&0&\cdots&\cdots&\frac{V_n}{X_n}\end{bmatrix}$

- 한편 산업별 취업계수를 작성하고 이 취업계수와 산업연관표의 생산유발계수를 기초로 산출한 취업유발계수 등을 가지고 취업유발효과를 분석

취업유발계수 행렬 $L=(1-A)^{-1}\times l^{w},\quad l^{w}=\begin{bmatrix}\frac{l_1}{X_1}&0&\cdots&\cdots&0\\0&\frac{l_2}{X_2}&\cdots&\cdots&0\\\vdots&\vdots&\vdots&\vdots&\vdots\\0&0&\cdots&\cdots&\frac{l_n}{X_n}\end{bmatrix}$

* l_n = n 산업의 취업자수

2. 경제적 파급효과 분석 결과

2.1 산업재분류

- 종합실증 클러스터 구축사업의 산업연관분석을 위하여 한국은행이 발표한 산업연관표(2014)의 통합중분류를 기준으로 산업재분류 실시
  - 산업재분류는 종합실증 클러스터 구축사업이 관련 산업에 미치는 효과를 세부적으로 파악하기 위한 목적으로 실시
  - 2014년 산업연관표 통합중분류를 기준으로 종합실증 클러스터 구축사업과 연관된 9개 산업을 산업연관분석 대상 산업으로 재분류
    * 종합실증 클러스터 구축사업의 사업내용을 토대로 세부 내용을 '시설 구축', '장비 구축', '연구 관리' 3개 분야로 구분
    * 2014년 산업연관표 통합중분류를 기준으로 '시설 구축', '장비 구축', '연구 관리' 3개 분야별 연관 산업을 다음과 같이 재분류

[표 7-57] 종합실증 클러스터 구축사업 연관 산업 정의

사업 내용	연관 산업
시설 구축	051. 건물건설 및 건축보수 052. 토목건설 072. 사업관련 전문서비스
장비 구축	032. 일반목적용기계 033. 특수목적용기계 034. 전기장비 041. 정밀기기
연구관리	073. 과학기술관련 전문서비스 074. 사업지원서비스

2.2 충격 설정

○ 산업연관표를 이용하여 경제적 파급효과를 분석하기 위해서는 충격을 설정 필요

– 충격이란 경제학적 의미로 기존에 존재하지 않았던 새로운 경제적인 변화가 일차적으로 전체 산업에 발생시키는 독립적인 교란을 의미함

– 종합실증 클러스터 구축사업의 경제적 파급효과를 분석하기 위해서는 과거에는 존재하지 않았던 사업이 일차적으로 어느 산업에 어느 정도의 영향을 미치게 되는가를 결정해야 함

– 본 분석에서는 종합실증 클러스터 구축사업에 투입되는 사업비를 충격으로 설정하여 경제적 파급효과를 산출

* 2020년~2024년 종합실증 클러스터 구축사업 기간 동안 총 2,951.83억원을 투자 예정
* 연도별로는 2020년 286.8억원 투자를 시작으로 2021년 642.6억원, 2022년 916.5억원으로 증가했으며, 2023년 720억원, 2024년 385.6억원 수준으로 감소
* 세부 항목별로는 시설 구축에 1,426억원, 장비 구축에 1,369억원, 연구관리 비용으로 156.5억원을 투자 예정

[표 7-58] 종합실증 클러스터 구축사업 사업비 구성

(단위 : 억원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
시설 구축	194.83	471.29	471.29	275.13	13.58	1,426.12
장비 구축	68.46	136.92	410.76	410.76	342.30	1,369.20
연구관리	23.48	34.43	34.43	34.43	29.74	156.51
합계	286.76	642.64	916.48	720.32	385.62	2,951.83



2.3 산업유발효과 분석 결과

◎ 산업연관분석을 통해 종합실증 클러스터 구축사업의 산업연관효과를 다음과 같이 도출

– 2020년~2024년간 종합실증 클러스터 구축 1단계 사업에 총 2,951.83억원 투자 예정

– 종합실증 클러스터 구축 1단계 사업 투자를 통해 약 9,261.35억원의 산업유발효과와 4,104명의 취업유발효과 발생 예상

* 세부적으로는 생산유별효과 6,352.13억원, 수입유발효과 732.59억원, 부가가치유발효과 2,176.64억원 등의 산업유발효과 발생 예상

* 또한, 3,209.71명의 고용유발효과를 포함하여 총 4,104.09명의 취업유발 효과 발생 예상

[표 7-59] 종합실증 클러스터 구축사업의 산업유발효과

(단위 : 억원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
충격값	286.77	642.64	916.48	720.32	385.62	2,951.83
생산유발	606.04	1,367.19	1,979.13	1,559.66	840.11	6,352.13
수입유발	61.12	135.79	226.32	190.29	119.07	732.59
부가가치유발	220.69	495.66	676.85	520.57	262.86	2,176.64
취업유발	455.9	1,027.3	1,279.9	936.3	404.7	4,104.09
고용유발	356.4	800.2	998.8	733.3	321.1	3,209.71

제 8 장

기대효과 및 파급효과



제8장 기대효과 및 파급효과

제 1 절 기대효과

종합실증단지 기대효과

- 국토교통 신기술·R&D 현장부지 지원으로 연구개발 성과 및 실용화 기간 단축에 기여
- '기술–정책–시장' 연계 선순환형 종합실증단지 구축을 기술실용화율 향상에 기여
- 세계 수준의 연구인프라 구축을 통한 국가 기술경쟁력 강화 및 해외시장 선도형 기술 확보로 국가 이미지 향상에 기여
- R&D 연구장비 집적화를 통한 관리 효율화 및 공동활용 활성화로 연구개발 투자의 효율성과 생산성 극대화에 기여
- 국토교통R&D 기술을 포함한 국내외 민간시장에 100% 개방하여 실증의 경제적 혜택 제공으로 기술검증 활성화에 기여
- 국가 공공시설물의 성능 및 효율적 관리 기술개발로 국민의 불안감·불편 저감 등 대국민 생활안전 서비스 제공
- 신기술·R&D 개발기술의 검·인증체계 구축을 통한 기술의 안전성 및 신뢰성 등 사회인식 변화에 기여
- 국토교통 기술·산업의 경쟁력 강화를 통해 기술혁신, 산업 육성과 일자리 창출에 기여

제로에너지 빌딩 종합실증시설

- 실증인프라를 매개로 견인형 기술개발로 최고기술보유국과의 기술격차 단축에 기여
  * 국토교통 기술수준 68.7% → 95%로 목표 설정(2025년)
- 세계적 수준의 실증인프라를 통해 다양한 신기술·R&D 검증 및 실용화 지원으로 관련분야의 기술경쟁력 강화 기대
- 실증인프라를 활용한 국가 R&D 사업을 검증하여 국토교통기술의 해외 의존형에서 국내 창조형으로 기술개발 패러다임 전환 가능
- 건축환경·에너지 분야의 핵심기술을 자체적으로 개발함으로써 선진국에서의 기술도입 감소 및 개발기술의 해외유출 방지
- 시험·인증 기술의 체계적 개발을 통한 국제적 기술선도에 기여

스마트 도시물순환 종합실증시설

- 스마트워터인프라를 통한 물순환 건전화 실현에 기여
  - 물순환 건전화 실현(5mm(80‰)/홍수관리(50년 빈도, 90‰)
  - 저탄소 및 도시 미기후 저감(2℃), 냉난방비 절감

- 스마트워터그리드를 통한 물생산·물분배 통합관리기술 확보
  - 다수원 활용 물 자립율을 기존도시 대비 30% 이상 향상
  - 물 누수율 50% 저감 및 에너지 사용량 10% 저감
  - 스마트워터그리드 장비 및 S/W 기술 국산화

실대형 구조물 내진성능 실증시설

- 세계적 수준의 대형 실구조물 내진실험인프라를 통한 검·인증체계를 강화하여 시설물의 안전성 확보에 기여
  - 초고층, 장대 구조물의 효과적 상사비를 적용한 거동 예측은 해외 실험시설에 의존하였지만, 자체적 실험 및 해석이 가능하여 기술력 향상에 기여
  - 국토교통시설물(노후구조물, 저층, 학교, 수·화력, 원자력, 태양광, 풍력 등)의 내진성능 검증을 통한 구조물의 안전성 확보에 기여
- 내진설계기준 개선 및 관련 제도 정비를 통한 재난대응 역량 강화
  - 사회기반시설의 설계·시공·재료 등 핵심기술 확보로 국가 기술경쟁력 확보
  - 지진으로 인한 국민의 불안감·불편 해소로 건강한 사회실현

신기술 및 R&D 성과 테스트베드 부지·환경조성

- 신기술·R&D 실증 부지·환경 지원을 통한 사업화 성과 촉진 및 개발기술의 신뢰성 향상에 기여
  - 부지·현장 관련 지자체·택지개발사업단 등과의 매칭이 불필요하여 주관적 연구수행이 가능함에 따라 기술혁신 및 지속적 모니터링을 통한 핵심기술 강화에 기여
  - 실증부지 지원을 통한 개발기술의 효율적 성능검증으로 개발기간 단축에 기여
  - 국내 기술에 대한 현장성능 Reference 확보로 국토교통 분야의 글로벌 경쟁력 강화
- 신기술·R&D 기술을 현장·실증기반의 검·인증체계로 전환함으로써 시장에서의 기피현상 감소
  - 신기술·R&D 기술의 공공성 확보를 위한 환경적·제도적 지원으로 기술의 신뢰성 확보
  - 투자기간 단축 및 소요비용 감소로 정부 투자의 효율성 및 생산성 극대화에 기여
  - 개발기술의 사업화로 인한 신산업 창출 및 국민 일자리 창출에 기여



제 2 절 파급효과

제로에너지 빌딩 종합실증시설 구축

- 국가 온실가스 감축 및 에너지 소비 절감 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 국가 온실가스 감축량 : 67만TCO2eq
  - 국가 에너지 절감량 : 18만TOE
    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) – '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 국가 제로에너지건물 보급·활성에 기여
- 건물에너지·신재생에너지 분야 기술·제품의 성능·품질의 신뢰성 향상기반 조성
- 건물에너지 및 신재생에너지 분야 국내 산업활성 및 신산업창출 기여
- 국내기업의 기술·제품의 품질 경쟁력 강화 및 해외수출 지원을 위한 실증평가를 통한 개도국·선진국 시장개척 지원 및 高 기술력 확대
- 관련 산업 생산유발효과 및 고용창출효과 기대 (연간 건축허가 면적의 10%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우)
  - 관련 산업 생산유발 효과 : 現. 8조원 → 15조원(2030년)
  - 관련 산업 고용 효과 : 現. 2.7만명 → 5만명(2030년)
    * 출처 : (국토교통부 보도자료(2014.7.16) – '제로에너지빌딩! 미래건축에 대한 패러다임을 바꾸다')
- 본「종합실증시험시설」구축을 통해 기업의 혁신 유도 및 검증과정을 통해 도출된 지식성과를 기반으로 경제적 가치 창출
- 세계 최고 수준의 본「종합실증시험시설」구축으로 해당 소재 지역산업 발전에 기여
- 본「종합실증시험시설」을 거점으로 지역 클러스터가 형성되어 지역의 연구능력 및 기술력 향상과 균형적 발전 기대
- 국제협력연구를 통해 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대 가능
- 국내 건설기술력의 제고와 해외에서의 경쟁력 향상을 통해 해외 건설시장 진출이 활발하게 되어 국가 경상수지의 호전 기대
- 건물에너지의 성능을 종합적으로 평가할 수 있어 선진국의 건설공사기준을 무분별하게 차용하는 것이 아니라 국내 실정에 맞는 '한국형 제로에너지건물 분야의 성능기준' 개발 및 보급 확산에 기여

스마트 도시물순환 종합실증시설 구축

- 물생산 및 분배 통합관리기술 확보를 통한 물 자립율 향상 및 누수저감
  - 다중수원 활용을 통한 물 자립율 제고(물 자립율 기존도시 대비 30% 이상 향상, 평상시 공급수량의 30% 수준의 비상용수를 2주간 확보 등)
  - 지능형 물공급 기술을 통한 누수저감(기존대비 누수율 50% 저감) 및 에너지 사용량 절감 (기존대비 물 공급 펌

프 에너지 10% 절감)

– AMI 네트워크 시스템, AMI 보안기술 설계자료 및 소프트웨어, SWG 모델링/시뮬레이터 기술 국산화

◎ 기존도시 수자원 관리 인프라 개보수 및 지능화 시장 진출

– GWI에 의하면 스마트 물공급 인프라(Smart Water Network) 시장은 2018년 70억 달러까지 성장할 것으로 전망되며, 2025년에는 120억 달러까지 증가할 것으로 전망됨

– 따라서 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 5.9억달러의 신규시장 창출이 가능함

◎ 스마트시티 시장확대와 함께 창출되는 스마트 도시물관리 신규시장 진출

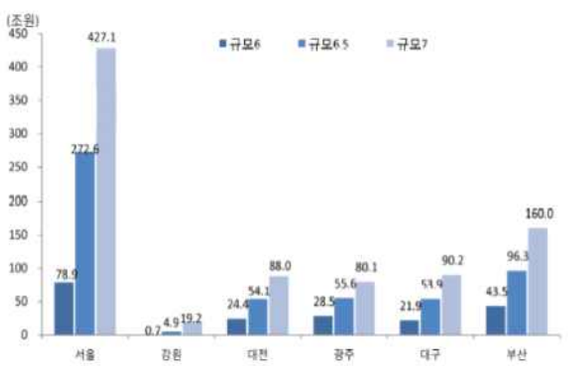
– Navigant Research에 의하면 스마트시티 시장은 2016년 368억 달러이었으며, 2025년에는 887억 달러까지 증가하며, 이 중 스마트 도시 물관리의 비중은 10~15%임

– 따라서 2025년까지 기술을 확보하여 시장을 진출하여, 전체 시장 중 5%만 점유하더라도 약 45억달러의 신규 시장 창출이 가능

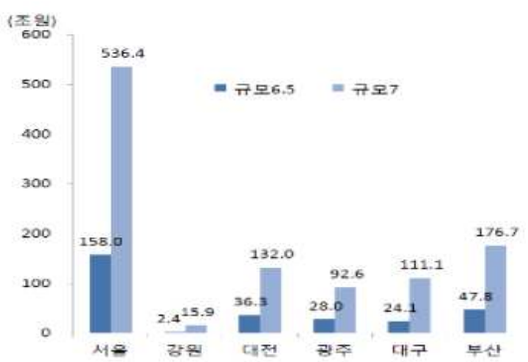
■ 실대형 구조물 내진성능 실증시설

◎ 내진관련 기술의 신뢰성 확보로 시설물의 지진 안전성 향상으로 SOC 복구 등 비용 절감

– 서울 규모 7.0 지진 발생시 건축물 피해 추정액은 427조원, 부산은 160조원, 간접손실 피해 추정액은 서울이 536조원으로 예상



[그림 8-1] 국내 대형지진 발생시 건축물 피해액 예측 모델



[그림 8-2] 지진시 사회경제적 피해 예측액 모델

■ 국내 시설을 이용한 내진성능 검증으로 경제성 확보

◎ (시험비용절감) 국내 기업의 해외 제품 수출에 따른 시험평가 및 인증 지원

◎ 구조·비구조요소에 대한 내진설계기준 개선 및 관련 제도 정비를 통한 지진재해대응 역량 강화

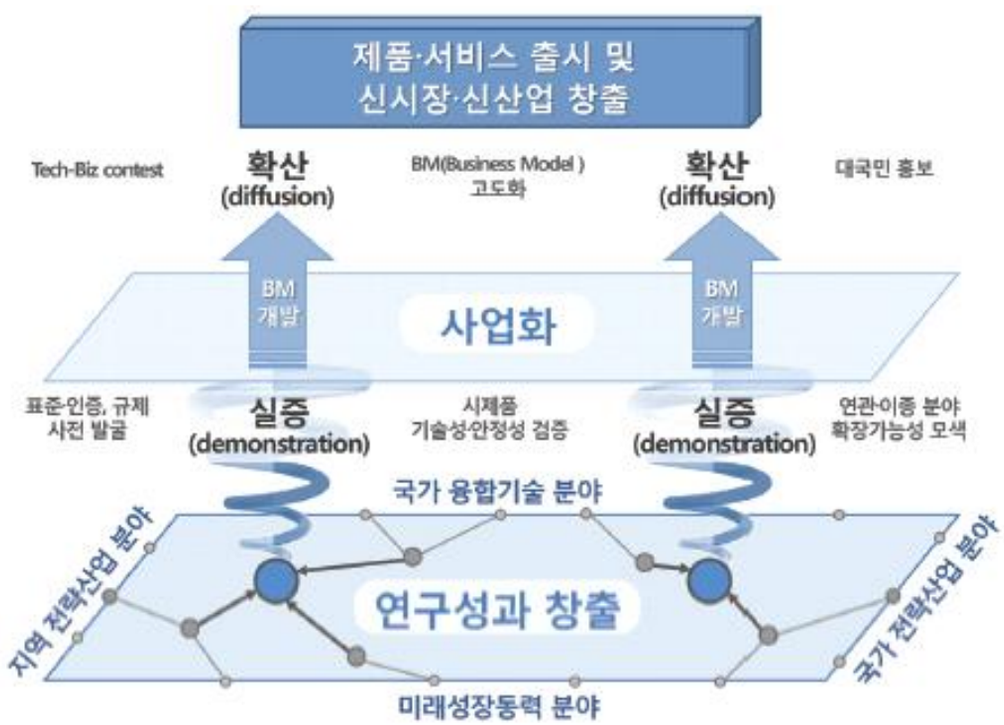
◎ 내진안전성 확보가 부족한 노후, 저층, 학교 구조물 등의 내진성능 실험

국토교통 실험 · 실증 연구인프라 활용도 제고 전략

- R&D 연계활용 분산형 Test-bed
- 안전진단, 보수·보강 등의 개발기술을 폐SOC 시설물에 적용하여 성능을 평가·검증함으로써 실용화·사업화 촉진에 기여
- 연구자들에게 연구 Test-bed를 제공함으로 산학연관 기술적 협업을 통한 기술의 시너지 효과 창출에 기여
- 실험이 종료된 실험체를 폐기물처리 하지 않고, 타기술에 적용·연계또는 교육용으로 활용함으로써 경제적 효과에 기여
- 기술·사회적 흐름에 따라 변하는 미래 안전진단·유지관리 기술의 변화에 선제적·능동적 대응 기여

신기술 및 R&D 테스트베드 부지·현장 제공

- 신기술·R&D의 실증과정을 통해 개발기술의 성공가능성 증대로 사업화를 촉진하고 신산업 창출에 기여



[그림 8-3] 실증을 통한 연구성과 사업화 확산

- 개발기술의 안정성·내구성을 실증환경 기반으로 검증하여 기술적·사업화·불확실성 감소
- 개발기술의 표준·인증 및 정책·제도개선 등 기술·사회 변화에 선제적으로 대응함에 따라 상용화 리스크 감소
- 실증과정에서의 새로운 핵심기술 발굴로 신시장 및 타 산업과의 융합을 통한 신부가가치 창출
  * (사례) 3D 프린팅: 실증과정에서 생체조직재생 기술과의 결합 가능성을 발견 다양한 의료제재 개발로 확장

- R&D·신기술 집적화로 인한 정부투자의 효율성 및 연구인프라 공동활용 촉진으로 연구성과 활성화에 기여

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.