건설교통기술촉진연구사업

R&D / 13CTAP-C06499-01

건설연구인프라 2단계 기본설계

[발췌 2] 기후변화대응 다환경 실험시설

2013. 8. 28

주관연구기관 / 건설연구인프라운영원

공동연구기관 / (주)날리지웍스

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

Land Infrastructure and Transport R&D Report

목 차

제1장 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 필요성 ····· 1

제1절 정책적 필요성 ····· 1

1. 관련 법률과의 연계성 ····· 1
2. 국가 상위계획과의 연계성 ····· 2
3. 국토교통부 정책과의 연계성 ····· 9
4. 국내 대형실험시설 구축현황 ····· 14

제2절 산업·경제적 필요성 ····· 17

1. 산업적 필요성 ····· 17
2. 기후변화 대응 다환경 실험시설 관련 시장동향 ····· 26

제3절 기술적 필요성 ····· 29

1. 기술수준 ····· 29
2. 국가연구개발과제 분석 ····· 30
3. 논문 분석 ····· 31

제2장 기후변화대응 다환경 실험시설 기본설계 ····· 34

제1절 실험시설 정의 ····· 34

제2젤 연구동향 및 실험시설 현황 ····· 38

제3절 실험시설 최소요구성능 ····· 63

제4절 실험시설 구축계획 ····· 74

제5절 소요예산(안) ····· 93

제6절 경제성 분석 ····· 95

제3장 기대효과 ····· 106

제1장 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 필요성

제1절 정책적 필요성

1. 관련 법률과의 연계성

가. 과학기술기본법

- '과학기술기본법' 중 연구개발에 필요한 시설·장비의 확충·고도화 및 공동 활용의 추진과 관련 기관 지원에 대한 법령은 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축의 추진 근거가 됨

- '과학기술기본법'은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술의 혁신 및 국가경쟁력의 강화를 목적으로 함

  - **(법 제28조 연구개발 시설·장비의 고도화)** 정부는 효율적이고 균형 있는 연구개발을 추진하기 위해 연구개발 시설과 장비 등을 늘리고 현대화하기 위한 시책을 세우고 추진해야 함

    - 정부는 연구개발 시설·장비의 고도화를 추진하기 위해 시행령 제42조에 따라 지원할 기관을 지정하고 운영에 필요한 경비를 지원할 수 있음

  - **(시행령 제42조 연구개발 시설·장비의 고도화 추진)** 관계 중앙행정기관의 장은 연구개발 시설·장비 현황을 주기적으로 조사한 결과를 반영하여 계획을 수립하고, 국가연구개발 사업에 대한 중·장기계획에 반영해야 함

    - 관계 중앙행정기관 장이 수립해야 하는 계획은 관련 연구개발 사업에 필요한 연구개발 시설·장비의 확충 계획, 연구개발 시설·장비의 운영 및 공동 활용 계획, 연구개발 시설·장비의 고도화계획임

    - 관계행정기관장은 대학, 연구기관 및 기업에 연구개발 시설·장비의 확충 및 운영에 필요한 경비의 전부 또는 일부를 지원할 수 있음

나. 건설기술관리법

- 건설기술관리법에 따르면 국토교통부장관은 건설기술 연구·개발에 필요한 시설·장비에 지원이 가능하므로 건설연구인프라 2단계 실험시설은 법률적 추진 타당성을 확보함

- '건설기술관리법'은 건설기술의 연구·개발을 촉진하고 건설기술을 효율적으로 이용·관리함으로써 건설기술 수준의 향상과 건설공사의 적정한 시행을 이루고 건설공사의 품질과 안전을 확보하는 것을 목적으로 함

- 이 법의 대상이 되는 건설공사는 '건설산업기본법 제2조2제4호'에 명시된 토목공사, 건축공사, 산업설비공사, 조경공사, 환경시설공사 등으로 건설연구인프라2단계기본설계의 5개 실험시설 분야가 모두 포함됨

- **(법 제16조의6 연구시설 및 장비의 지원 등)** 국토교통부장관은 건설기술의 연구기반 확충을 위해 연구기관의 시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원하거나 필요한 시책을 수립·추진할 수 있음

2. 국가 상위계획과의 연계성

가. 박근혜정부 국정과제[1)]

- '박근혜정부 국정과제'(이하 국정과제)는 '국민행복과 국가발전이 선순환하는 새로운 패러다임의 시대'라는 국정비전 하에 4대 국정기조, 14대 추진전략, 140대 국정과제를 수립함

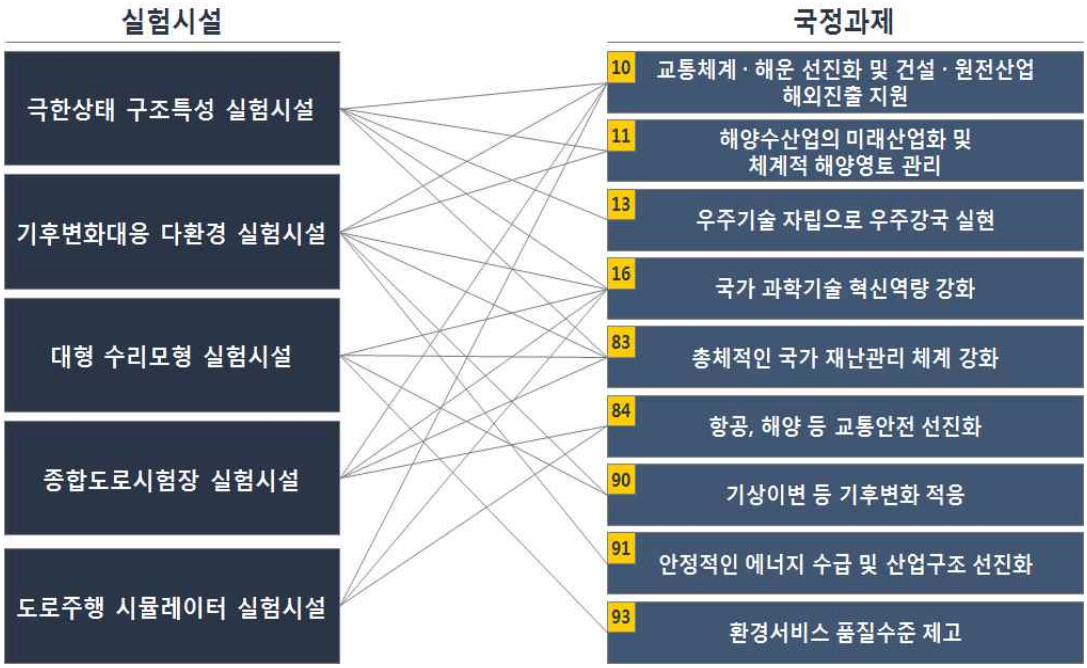
  - 4대 국정기조 및 14대 추진전략은 다음과 같음

〈표 1-1〉 '박근혜정부 국정과제' 4대 국정기조 및 14대 추진전략

국정기조	추진전략
경제 부흥	1. 창조 경제
	2. 경제 민주화
	3. 민생 경제
국민 행복	4. 맞춤형 고용 · 복지
	5. 창의 교육
	6. 국민 안전
	7. 사회 통합
문화 융성	8. 문화참여 확대
	9. 문화 · 예술 진흥
	10. 문화와 산업의 융합
평화통일 기반구축	11. 튼튼한 안보
	12. 한반도 신뢰 프로세스
	13. 신뢰 외교
	14. 신뢰받는 정부

1) 박근혜정부 국정과제, 관계부처 합동, 2013

- 140대 국정과제 중 9개의 과제에 건설연구인프라 2단계 실험시설이 기여할 수 있음



[그림 1-1] '박근혜정부 국정과제'와의 연계성

- **(10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원)** 세부과제인 '교통체계 및 해운·물류 선진화', '해외건설·플랜트 및 원전산업 진출 지원'에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '교통체계 및 해운·물류 선진화' 세부과제의 '교통체계 선진화' 추진계획은 도시혼잡도로 지원 확대, 교통수요관리 강화 및 도시교통체계 개선을 추진함

    - '종합도로시험장 실험시설'의 기하구조 실험시설을 통해 도로시설 종합평가, 도로 시설들의 실물시험이 가능하므로 교통체계 개선에 기여할 수 있음

    - '도로주행 시뮬레이터 실험시설'을 통해 실제 주행환경 재현이 가능하므로 보행자 위주의 도로 및 교통시설의 설계를 통한 교통체계 개선에 기여할 수 있음

  - '해외건설·플랜트 및 원전산업 진출 지원' 세부과제의 '해외건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련' 추진계획은 R&D를 통한 원천기술 확보 및 아프리카/중남미 등 해외시장 진출 강화를 추진함

    - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 충돌/폭발 상황에 대비한 설계기술 연구 및 원천기술 확보가 가능하므로 해외건설시장 진출을 위한 고부가가치 기술 확보에 기여할 수 있음

    - '기후변화대응 다환경 실험시설'을 통해 해외 기후환경을 모사하여 건축재료 연구 수행이 가능하므로 국내 건설기업의 해외 진출에 기여할 수 있음

- **(11. 해양수산업의 미래산업화 및 체계적 해양영토 관리)** '해양 신성장 동력 창출 및 체계적 해양영토 관리' 세부과제의 '경제영토개척' 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '경제영토개척' 추진계획은 남극 장보고기지 건설, 북극 항로개척, 극지에서의 기초 · 응용 연구확대 등을 추진함

    - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 극한(寒)온도 상태에서 실험 수행이 가능하므로 극지환경에 적용 가능한 건물의 구조/재료 개발에 기여할 수 있음

    - '기후변화대응 다환경 실험시설'을 통해 극저온 환경에서의 건축물/건설자재의 성능평가가 가능하므로 극지환경에 효율적인 건축물/공조기기 등의 연구에 기여할 수 있음

- **(13. 우주기술 자립으로 우주강국 실현)** '한국형 발사체 개발을 통한 인공위성 자력발사 능력 확보' 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '한국형 발사체 개발을 통한 인공위성 자력발사 능력 확보' 추진계획은 1.5톤급 실용위성을 지구저궤도에 발사할 수 있는 한국형 발사체 독자개발, 한국형 발사체를 활용한 달 궤도선과 달 착륙선 자력발사를 추진함

    - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 온도변화환경 및 진공환경 조성이 가능하므로 우주환경에 적용할 수 있는 구조/재료의 개발에 기여할 수 있음

- **(16. 국가 과학기술 혁신역량 강화)** '국가 R&D 투자규모 확대와 효율성 제고를 위한 투자전략 정비' 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '국가 R&D 투자규모 확대와 효율성 제고를 위한 투자전략 정비' 추진계획은 '기초연구에 집중/융합·공공기술 개발/사업화연구'와 '중소·중견기업 R&D에 대한 지원 강화'를 추진함

    - 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 기초/융합/사업화 연구에 필요한 실험 인프라가 제공되어, 중소·중견기업 자체적 수행이 어려운 실험 연구 수행 및 이를 통한 R&D역량 강화와 사업화 확대가 가능함

- **(83. 총체적인 국가 재난관리체계 강화)** '재난·안전 관리체계 강화 및 안전문화운동 확산', '유비쿼터스형 국민중심 안전망 구축', '홍수·산사태 등 재해 걱정 없는 안심국토 실현' 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '재난·안전 관리체계 강화 및 안전문화운동 확산' 추진계획은 예방적 ·선제적 재난관리로의 전환을 위한 맞춤형 재난·안전 R&D 기능 강화를 추진함

    - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 충돌/폭발 등을 유발하는 재난/재해 에 내구성을 갖는 구조/재료 개발이 가능하며, 이를 통해 예방적 재난관리에 기여할 수 있음

- ‘유비쿼터스형 국민중심 안전망 구축’ 추진계획은 GPS를 이용한 신고자 위치확인 등 U-119 신고서비스 환경개선, 현장 중심의 U-안전관리시스템 구현을 추진함
  - ‘종합도로시험장 실험시설’을 통해 교통사고 발생 시 자동 신고 및 상황정보 전달 연구를 수행하여 교통 안전 체계를 구축하는 데 기여할 수 있음
- ‘홍수·산사태 등 재해 걱정 없는 안심국토 실현’ 추진계획은 도시예방적 토지이용체계 확립, 도시하천유역 종합치수계획 마련, 비탈면 정비, 침수로부터 안전한 하수도 인프라 확충 및 산림재해 안전망 구축을 추진함
  - ‘대형 수리모형 실험시설’의 급경사 수로 및 대형 수조를 이용하여 치수계획 수립, 도시 침수피해 예방, 도시 저류시설 평가, 급경사지 재해발생 시 방지 대책 등에 기여할 수 있음

(84. 항공, 해양 등 교통안전 선진화) ‘스마트하고 안전한 도로 구현 및 안전인프라 확충’, ‘차량 안전도에 대한 소비자 알권리 강화 및 안전기술 확산’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘스마트하고 안전한 도로 구현 및 안전인프라 확충’ 추진계획은 도로 취약시설 개선, C-ITS 도입, 위험도로 개선사업 등을 추진함
  - ‘종합도로시험장 실험시설’을 도로 시설물 및 ITS 실험을 수행함으로써 도로 안전인프라 확충 및 ITS 적용 확대에 기여할 수 있음
  - ‘도로주행 시뮬레이터 실험시설’을 통해 의 모의주행을 통해 다양한 도로환경을 시뮬레이션 함으로써 위험도로 환경의 개선에 기여할 수 있음
- ‘차량 안전도에 대한 소비자 알권리 강화 및 안전기술 확산’ 추진계획은 차선유지·자동비상 제동장치 등 첨단안전장치 보급 및 신기술 안전성 평가기술 개발을 추진함
  - ‘종합도로시험장 실험시설’을 통해 실제 도로상황을 재현하여 자동차의 첨단안전장치 실증 실험 수행 및 기술개발에 기여할 수 있음

(90. 기상이변 등 기후변화 적응) ‘기후변화 감시·예측 능력 확보 및 이상기후 대응능력 강화’, ‘지속가능한 물순환 체계 구축’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘기후변화 감시·예측 능력 확보 및 이상기후 대응능력 강화’ 추진계획은 기후변화 감시·예측능력 강화, 이상기후 위험요인에 대응한 환경영향평가체계 구축을 추진함
  - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’은 다양한 기후조건 하에서 건물에 의해 발생되는 탄소배출량 등 환경에 영향을 주는 요인들을 측정해 환경영향평가체계 구축에 필요한 정보들을 얻는 데 기여할 수 있음

- ‘지속가능한 물순환 체계 구축’ 추진계획은 개발사업 추진 시 환경 저영향개발기법 적용/빗물 이용시설/중수도 등의 확대를 추진함

  - ‘대형 수리모형 실험시설’의 대형 저수조 시설 등을 활용하여 친환경적인 도시 우수 저장기술의 연구개발이 가능하므로 빗물 이용시설 확대에 기여할 수 있음

- **(91. 안정적인 에너지 수급 및 산업구조 선진화)** ‘에너지 수요관리 강화’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘에너지 수요관리 강화’ 추진계획은 에너지 절약형 건물 확대, 연비향상 등 시스템형 절약정책을 추진함

  - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’을 통해 건축물의 단열성능/에너지효율에 대한 Overall 평가가 가능하므로 에너지 절약형 건물 확대에 기여할 수 있음

- **(93. 환경서비스 품질수준 제고)** ‘건강한 물환경 조성’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘건강한 물환경 조성’ 추진계획은 오염사고 예방을 위한 완충저류시설 확대 설치, 복개하천에서 생태하천으로의 복원을 추진함

  - ‘대형 수리모형 실험시설’을 통해 효과적인 저류시설 설계 및 유사수리 연구가 가능하므로 하천 오염 예방 및 복원에 기여할 수 있음

나. 제3차 과학기술 기본계획

- ‘제3차 과학기술기본계획’은 ‘창조적과학기술로 여는 희망의 새시대’를 비전으로 경제부흥과 국민행복을 위해 5개의 추진전략 하의 19개 분야 78개 과제를 추진함

〈표 1-2〉 '제3차 과학기술 기본계획' 5개 추진전략 및 19개 분야

추진전략	분야
R&D 투자 확대	1. 국가 R&D투자 확대 및 효율화
국가전략기술 개발	2. IT 융합 신사업업 창출
	3. 미래성장 동력 확충
	4. 깨끗하고 편리한 환경 조성
	5. 건강장수 시대 구현
	6. 걱정없는 안전사회 구축
중장기 창의역량 강화	7. 창의적 기초연구 진흥
	8. 창의·융합형 인재 양성·활용
	9. 국가발전의 중추거점으로 출연(연) 육성
	10. 과학기술 글로벌화
	11. 새로운 지역혁신체계 구축
	12. 창의적 과학문화 조성
신산업 창출 지원	13. 중소·벤처기업 기술혁신 지원
	14. 지식재산 생태계 ㅈ성
	15. 기술이전·사업화 촉진
	16. 신시장 개척 지원
과학기술 기반 일자리 확대	17. 창업 주체별 지원체계 구축
	18. 기술창업 생태계조성
	19. 새로운 과학기술 일자리 창출

- 78개 추진과제 중 건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 과제는 총 5개임

  - **(1-5 과학기술 인프라의 개방과 공유 활성화)** 국가연구시설·장비의 확충 및 공동 활용을 촉진하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

    - 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 실험시설·장비를 연구기관·대학과 공유하는 것이 가능함

  - **(2-4 스마트 교통·물류 시스템 구축)** 세부 기술인 지능형교통시스템 기술, IT기반 친환경 도로기술을 개발하는데 2단계 실험시설이 연계됨

    - '종합도로시험장'을 통해 첨단기술을 접목한 테스트베드를 구현하는 등의 신개념 도로시설에 대한 연구가 가능하므로 도로기술 개발에 기여할 수 있음

  - **(3-4 우주·항공·국방의 성장동력화)** 세부 기술인 미래형 유인 항공기기술, 우주발사체 개발기술, 우주비행체 개발 및 관제 운영기술, 차세대 가속기 기술을 개발하는데 2단계 실험시설이 연계됨

    - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 극한 환경에 적용 가능한 재료·소재 단위의 개발을 위한 소재시험이 가능하므로 우주환경에 적용 가능한 시설물 개발에 기여할 수 있음

- **(3-5 해양·수산의 미래산업화)** 세부 기술인 해양플랜트 실용화 기술 개발에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 극한온도·압력에 대한 구조물의 성능평가 및 재료 소재 단위의 개발을 위한 소재시험이 가능하므로 해양 플랜트의 실용화 기술 개발에 기여할 수 있음

- **(4-3 생활공간 편의성 향상)** 세부 기술인 고효율 에너지 빌딩기술, 슈퍼 건설재료 및 자재기술, 초고층 건물 건설기술 개발에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 극한상태 하중에 대한 구조물의 성능평가와 소재시험이 가능하므로 슈퍼 건설재료 및 자재, 초고층 건물 건축 기술을 개발하는 데 기여할 수 있음

  - '기후변화대응 다환경 실험시설'을 통해 건축물의 에너지분야 종합성능 평가 및 건축부재 단위의 개별성능 평가가 가능하므로 고효율성 빌딩을 구축하는 기술개발에 기여할 수 있음

- **(6-2 사회적 재난 대응체계 확보)** 세부 기술인 기반시설 기능유지 및 복구·복원기술 개발에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 극한 압력, 충돌에 대한 기반시설의 성능평가가 가능하므로 도로, 교각 등의 기반시설의 기능이 장기간 유지되도록 하는 기술 개발에 기여할 수 있음

  - '대형 수리모형 실험시설'을 통해 방재수리 실험이 가능하므로 댐 등의 기반시설의 기능을 유지하는 기술개발에 기여할 수 있음

  - '종합도로시험장'을 통해 도로 악천후 재현 및 도로 기하구조 성능 실험이 가능하므로 도로의 기능이 장기간 유지되도록 하는 기술 개발에 기여할 수 있음

- **(7-2 세계적 수준의 기초연구 거점 조성)** 중이온 가속기, 핵융합연구장치 등 세계적 수준의 초대형 연구시설 확충 및 이에 기반한 글로벌 협력을 강화하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

  - 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 대형 실험시설들이 마련되고 세계적 수준의 실험시설을 바탕으로 글로벌 협력의 확대가 가능함

- **(10-3 전략분야 국제공동연구 추진)** 기후변화, 에너지 등 전지구적 문제해결을 위한 협력 강화와 우주·항공·해양 등 거대과학분야 대규모 국제공동연구 참여하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

  - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 우주·해양 환경에 적응 가능한 구조물의 성능평가 및 소재시험이 가능하므로 우주·해양과 관련된 연구에 기여할 수 있음

  - '기후변화대응 다환경 실험시설'을 통해 다양한 기후조건에 맞는 건축물 성능평가 및 구조물의 에너지 성능시험이 가능하므로 기후변화·에너지 등 전지구적 문제해결에 기여할 수 있음

- **(11-2 지역수요에 기반한 기술개발 지원)** 자연재해, 오염 등 지역체감형 연구개발사업 기획을 추진하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

- '다환경 수리모형 실험시설'을 통해 방재수리 분야의 실험이 가능하므로 자연재해 관련 연구에 기여할 수 있음

◯ **(13-2 중소기업 기술혁신인프라 강화)** 공공기관 소유 연구장비 활용을 지원하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

- 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 중소기업의 연구개발에 필요성은 있으나 자력으로 구축하기 어려운 실험환경을 제공하여 중소기업의 연구개발에 기여할 수 있음

3. 국토교통부 정책과의 연계성

가. 국토해양 R&D 발전전략[2)]

■ 국토교통부(구 국토해양부)는 국토해양 R&D의 비전 · 목표를 재설정하고, '저탄소 녹색성장'에 부합하는 발전전략을 마련하여 제2의 도약을 추구하기 위해 국토해양 R&D 발전전략을 수립함

◯ (비전) 품격높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader

◯ (목표) 선진국 대비 녹색기술수준 90%, 세계 1위기술 10개, 해외시장 점유율 7%, 사회·경제적 비용 5% 절감, 글로벌 대표기업 5개

■ '국토해양 R&D 발전전략'에서는 4대 전략 및 16개 실천과제를 설정하였으며, 이 중 기술성과 검증을 위한 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 계획이 포함됨

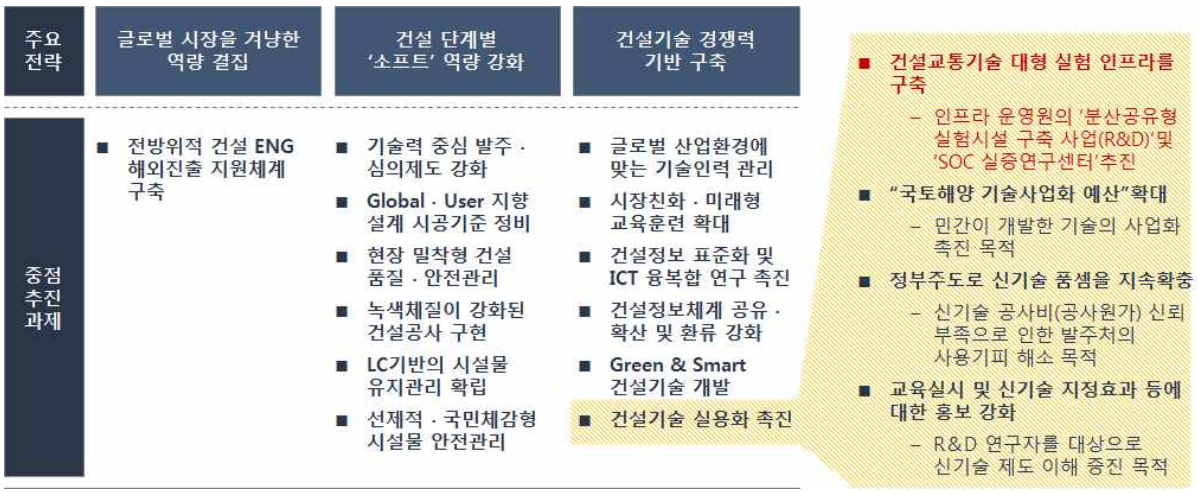
◯ R&D 성과창출 및 인프라 구축과제의 기술성과 검증 인프라 확충 실천과제에 실물크기 현장실험이 가능한 대규모 복합실험장 및 분산공유 2단계(건설연구인프라 2단계) 추진계획이 포함됨

[그림 1-2] '국토해양 R&D 발전전략'과의 연계성

2) 국토해양 R&D 발전전략, 국토해양부, 2010

나. 제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017)[3)]

- 국토교통부(구 국토해양부)는 향후 5년('13~'17)간 신정부와 함께 할 건설기술정책 로드맵과 미래 건설기술 발전 청사진의 제시가 필요함에 따라 제5차 건설기술진흥 기본계획(이하 기본계획)을 수립함
  - (비전) "건설기술 한류"로 여는 5대 건설강국
  - (목표) 건설ENG 해외수주비율 5%('16년), 건설기업 설계 경쟁력 10위('16년)
- 기본계획에서는 3대 주요전략 및 13대 중점추진과제를 설정하였으며, 중점추진과제 중 하나인 건설기술 실용화 촉진 과제의 추진방안으로써 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축을 제시함
  - 대형 실험 인프라를 구축하여 건설 신기술 시험에 공동 활용하는 것을 지원하는 방안으로 건설연구인프라 2단계 실험시설과 SOC 실증연구센터 구축을 제시함
    - 제시된 2단계 실험시설은 극한상태 구조특성 실험시설, 기후변화대응 다환경 실험시설, 대형 수리모형 실험시설, 종합도로시험장, 도로주행시뮬레이터 등임



[그림 1-3] '제5차 건설기술진흥기본계획'과의 연계성

3) 제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017), 국토해양부, 2012

다. 2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획

- '2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획'에서는 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축을 위한 예산 계획을 수립하였음
  - 건설교통기술촉진연구사업의 장비시설인프라 구축 일환으로, 건설연구인프라 2단계 실험시설 중 2개 실험시설에 대한 1차년도 구축 예산계획이 수립됨
    - 예산계획이 수립된 2개 실험시설은 극한상태 구조특성 실험시설과 기후변화 대응 다환경 대형실험시설임

구분	~ '09	'10	'11	'12	'13
국제기술협력	0	0	0	1,250	1,250
기술사업화 지원	5,960	4,240	4,100	4,000	3,060
원천·모험연구 지원	0	0	0	0	39,730
장비시설인프라	0	0	0	0	6,000
공공기반기술	32,980	6,070	5,000	2,960	3,429
정책개발	1,328	690	800	500	0
합계	39,260	11,000	9,900	8,710	53,469

(단위 : 백만원)

구분	내용	'13	'14이후 예산
건설연구인프라 2단계 기본설계	2단계 5종 실험시설 기본설계	1,000	-
극한상태 구조특성 실험시설 구축	실험시설 유치기관 선정 및 실시설계	1,800	15,400
기후변화 대응 다환경 대형실험시설 구축	실험시설 유치기관 선정 및 실시설계	1,800	16,180
건설연구 인프라 운영고도화	통합 Networking 및 Grid 시스템 구축 등	1,400	8,300
합계		6,000	39,880

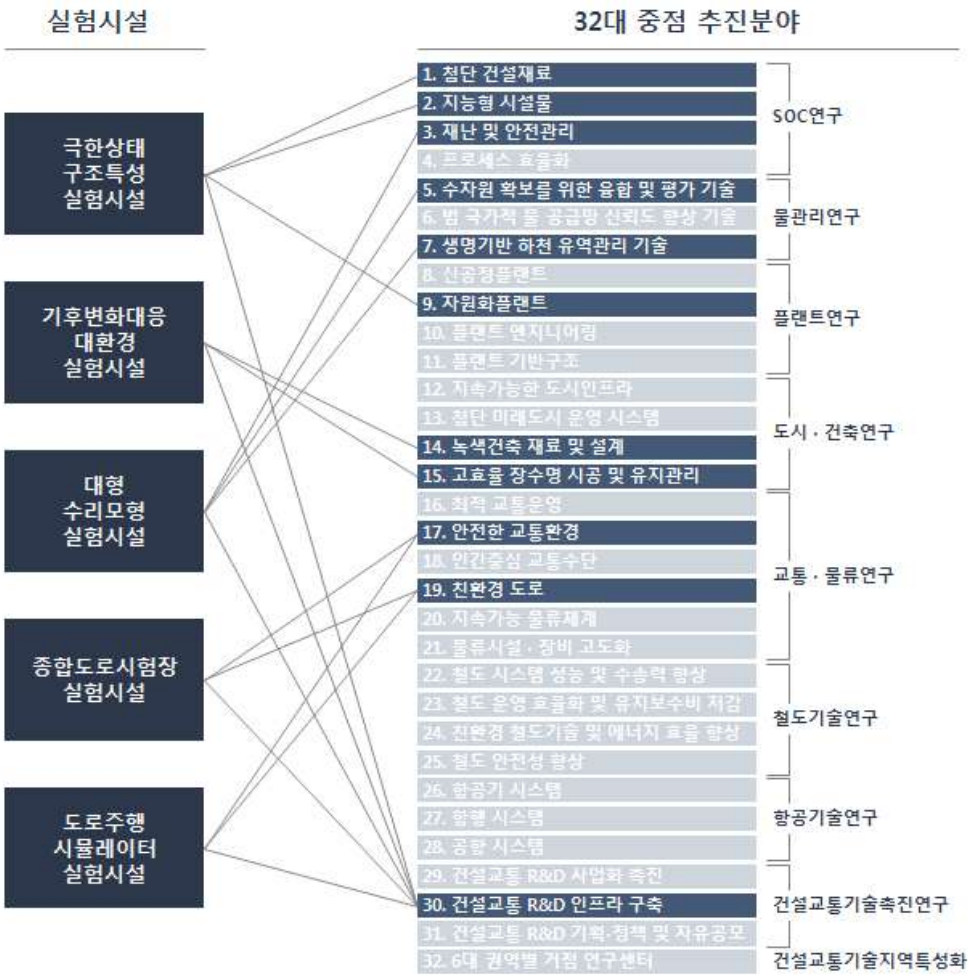
[그림 1-4] "2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획"과의 연계성

라. 건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)[4]

- 국토교통부(구 국토해양부)는 미래 여건변화에 대응하고 현행 과학기술정책 및 녹색성장 기조에 부합하는 효과적인 건설교통 R&D 수립 필요성이 대두됨에 따라 '건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)'(이하 중장기계획)을 수립함
  - (비전) 인간중심의 미래가치를 창조하는 건설교통 Smart Leader
  - (목표) 에너지 · 자원의 효율적 이용, 인간중심 사회 및 도시구현, 미래 경제가치 창출, 융복합 첨단기술 확보, 위험으로부터의 안전한 사회 실현

4) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

- 중장기계획에서는 5대 목표 달성을 위한 32대 중점추진분야를 설정하였으며, 이 중 11개 중점추진분야에 건설연구인프라 2단계 실험시설이 기여할 수 있음



[그림 1-5] '건설교통 R&D 중장기계획'과의 연계성

- 기후변화대응 다환경 실험시설은 32대 중점추진분야 중 3개 분야의 연구에 기여할 수 있음
  - '건설교통 R&D 인프라 강화' 분야의 전략프로젝트인 '기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화'와 연계됨
    - 세부계획인 건설연구 인프라 구축(2단계)의 최종 성과물을 극한상태 구조특성 실험시설 등 5개 연구실험시설로 설정하였음
  - '녹색건축 재료 및 설계' 분야의 전략프로젝트인 '세계 선도형 콘크리트 구조물 혁신기술', '주거복지 구현기술' 연구에 기여할 수 있음

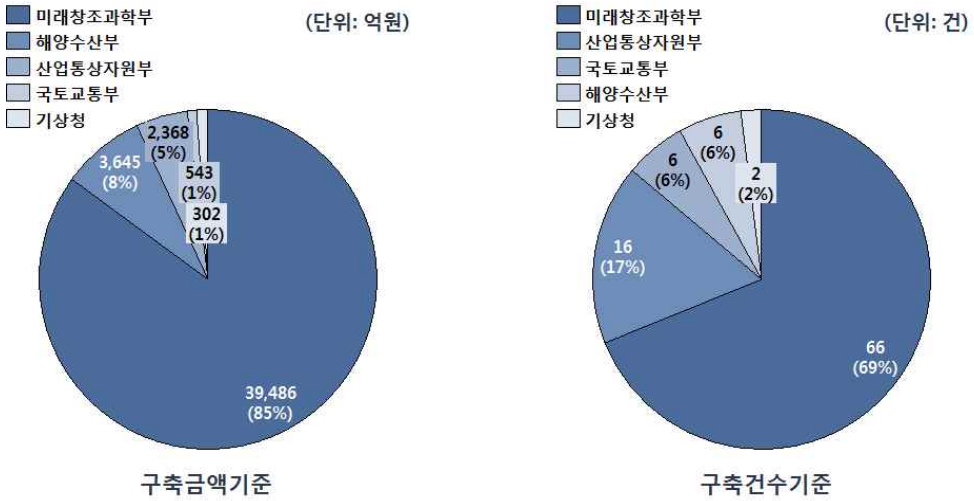
전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
세계 선도형 콘크리트 구조물 혁신기술	고성능 다기능 경량 건축구조 부재 개발 및 조립·가변형 건축물 실현	'14~'16	기존 대비 30%이상 가벼운 고성능 콘크리트 패널 제품 경량 패널을 이용한 환경친화 및 가변형 건축물 설계·시공 기술	대형 인공 기후 시설 온열환경 모사시설
주거복지 구현기술	한국형 목조건축 기술 개발	'13~'17	한국형 목조건축 및 지원제도	대형 인공 기후 시설 온열환경 모사시설
	한옥 기술 개발	'11~'14	한옥 부재 라이브러리 한옥 부재	대형 인공 기후 시설 온열환경 모사시설

- '고효율 장수명 시공 및 유지관리' 분야의 전략프로젝트인 '제로에너지 그린홈 건축재료 및 정책개발', '건축물 에너지 제어 및 유지관리' 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
제로 에너지 그린홈 건축재료 및 정책개발	능동형 그린빌딩 선도기술 개발	'13~'17	패시브 공동주택의 외단열 ·열교저감·기밀화 기술 자연채광 및 일사조절 기술	대형 인공 기후 시설
	제로에너지 그린홈 건축기술 개발	'13~'17	고성능 고효율 통합 신재생 에너지 시스템	대형 인공 기후 시설
건축물 에너지 제어 및 유지관리	시장 수요기반 녹색 건축물 실용화 연구	'11~'15	건물에너지 관리 및 최적화 기술	대형 인공 기후 시설
	건축물 부위별 ·요소별 에너지 성능 진단 및 최적 관리 기술	'14~'18	건축물 능동형 유지관리 시스템 IBS 연계형 커미셔닝 기술	대형 인공 기후 시설
	지능형 건물에너지 관리 시스템 및 능동 제어 기술	'15~'18	건물에너지 관리시스템 Open BIM 기반 에너지 평가 및 예측 시스템	대형 인공 기후 시설

4. 국내 대형실험시설 구축현황

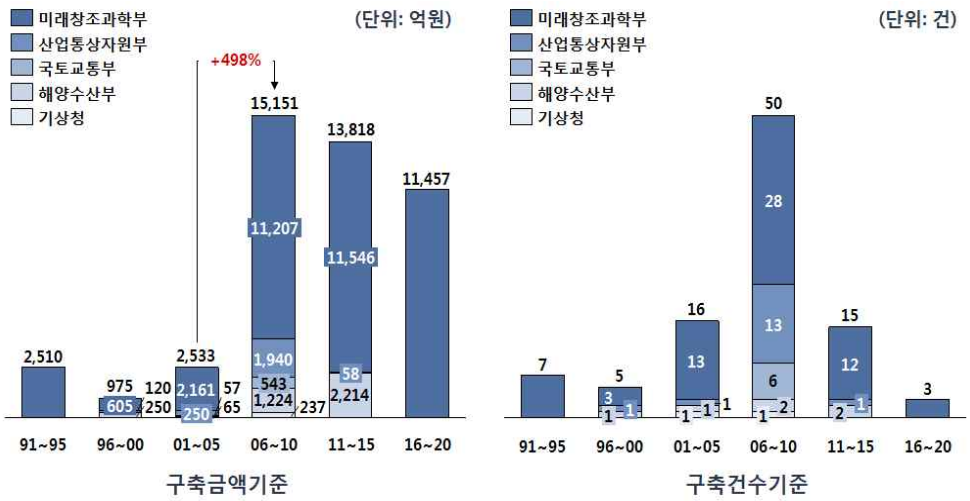
- 국가연구시설장비관리서비스의 대형연구시설 DB를 활용하여 국내 대형실험시설의 구축현황을 파악함
  - 1990년 이후 구축된 대형연구시설에 대하여 분석 수행하였으며, 대형연구시설의 기준은 구축비용이 50억 원 이상 투자된 실험시설로 설정함
- 대형실험시설에 대한 투자는 미래창조과학부, 해양수산부, 국토교통부 등에서 이루어지고 있으며, 이중 미래창조과학부의 비중이 상대적으로 높고 국토교통부의 비중은 매우 낮음



[그림 1-6] 부처별 대형실험시설 구축현황

- 부처별 대형실험시설 구축현황(금액, 건수)으로 판단할 때, 미래창조과학부에서 대형실험시설의 투자 비중이 타 부처 대비 상대적으로 높음
- 미래창조과학부 뿐만 아니라 해양수산부, 산업통상자원부, 국토교통부, 기상청에서도 대형실험시설에 대한 투자가 이루어짐
- 국토교통부의 대형실험시설 투자비중은 총 구축금액 대비 1% 비율을 차지함

- 연도별 구축현황(부처별) 분석결과 구축된 대형 실험시설 축축 금액 및 건수가 '06~'10년 기간 동안 급격히 증가하였으며, '11년 이후에는 실험시설 당 구축금액이 높은 특징을 나타냄



[그림 1-7] 구축연도별 대형실험시설 구축현황(부처별)

- '06~'10년 사이에 '98~'07년까지의 많은 정부연구개발 예산을 바탕으로 한 대형실험시설의 완공이 이루어져 전기('01~'05)대비 높은 증가율을 보임

  - 우리나라 정부연구개발 예산은 대통령의 강력한 과학기술투자 확대의지가 정책에 반영되어 급격하게 증가됨

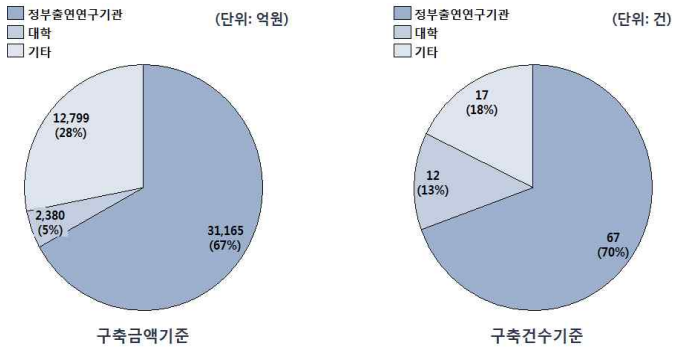
  - 특히, '98~'07년(김대중, 노무현 정부) 까지 정부연구개발예산의 연평균 증가율이 12%로 동기간 정부예산의 연평균 증가율 5.3%보다 2.3배가 높음

- '11년 이후 기초과학분야에서 실험시설 당 구축금액이 높은 기초분야의 대형실험시설이 구축(예정)되었음

  - '11~'15년 동안에는 중이온가속기('15완공, 4600억), 양성자가속기('12완공, 3075억) 등이 구축(예정)임

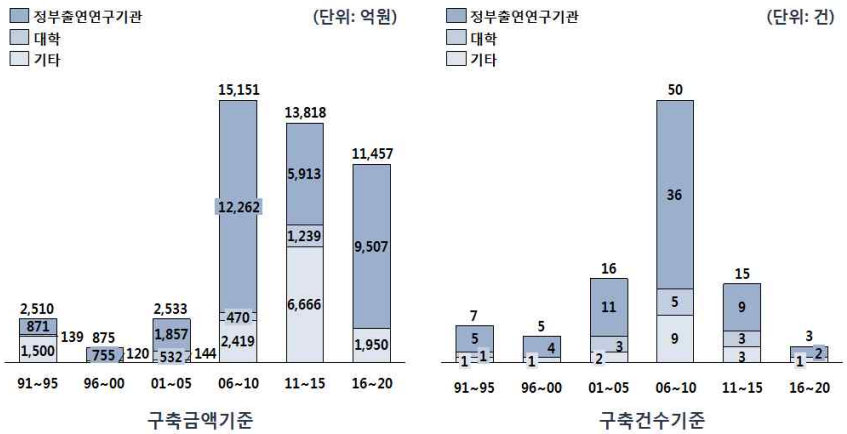
  - '16~'20년 사이 대형연구시설 투자는 국제핵융합실험로('19완공, 8767억), 의료용중입자가속기('16완공, 1950억), 거대마젤란망원경('18완공, 740억)으로 구성됨

- 각 부처에서 투자된 대형연구시설은 대부분 정부출연 연구기관에 설치되었으며, 정부출연 연구기관 중 한국원자력 연구원과 한국항공우주연구원의 비중이 타 출연(연)대비 높은 편임
  - 정부출연 연구기관에 전체건수대비 70%에 해당하는 총 67건의 대형실험시설이 구축됨
  - 정부출연 연구기관에 전체금액대비 67%규모에 해당하는 31,165억원의 금액이 대형실험시설 구축에 사용됨
  - 총 96개의 대형실험시설 중 한국원자력 연구원(16건)과 한국항공우주연구원(12건)의 비율이 29%를 차지함



[그림 1-8] 관리기관별 대형실험시설 구축현황

  - '11~'15년 사이에 기초과학연구원의 중이온가속기 완공으로 인해 구축금액의 기타항목 비율이 증가함5)



[그림 1-9] 구축연도별 대형실험시설 구축현황(관리기관별)

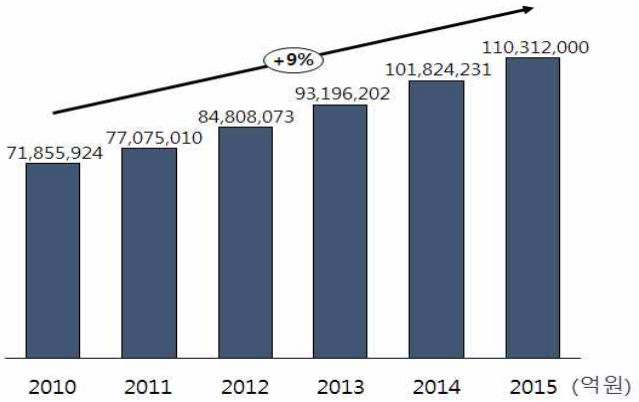
5) '11~'15년 기타항목은 중이온가속기('15완공, 4600억, 기초과학연구원), 포항방사광가속기('11완공, 1000억, 포항가속기연구소), 남극장보고과학기지('14완공, 1066억, 극지연구소)로 구성됨

제2절 산업·경제적 필요성

1. 산업적 필요성

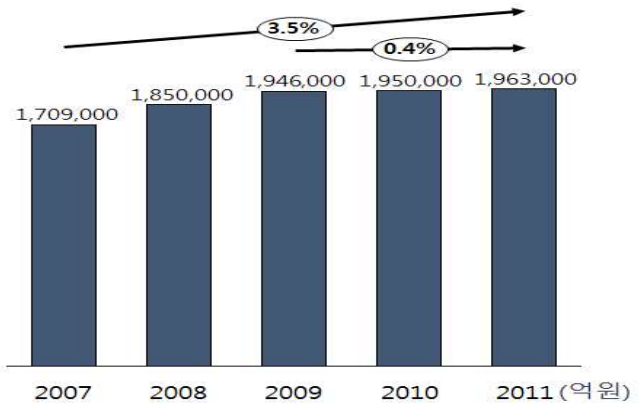
- 전세계 건설시장은 향후 꾸준한 성장세를 나타낼 것으로 예상되나, 국내 건설시장은 성장률이 둔화되어 정체되어 있는 실정임

  - 2010년 기준 전세계 건설시장은 7,185조원 규모로 추정되며 향후 연평균 9% 수준으로 성장할 것이 예상됨[6)]



[그림 1-10] 전세계 건설시장 규모(1$=1,000\ 으로 산정)

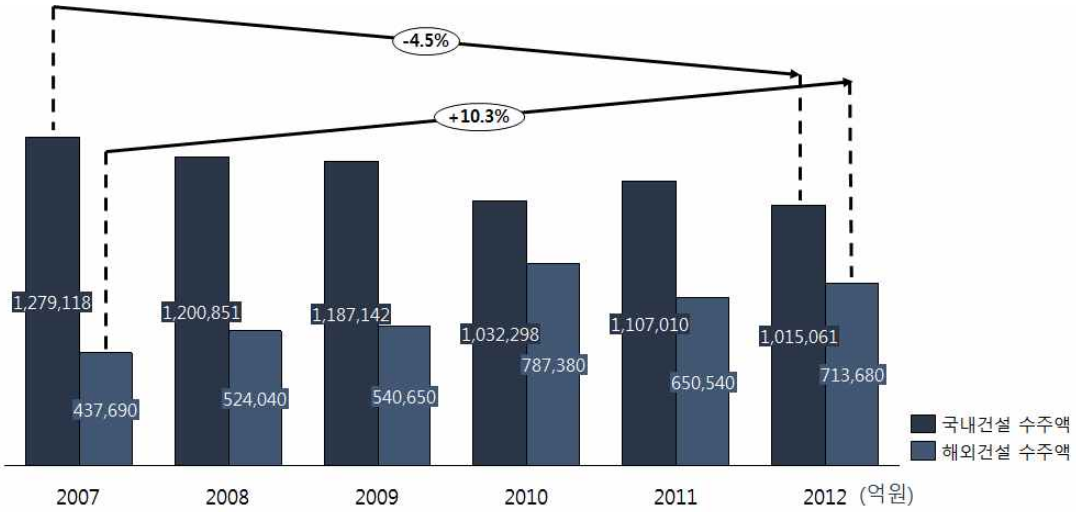
  - 국내 건설투자는 2011년 기준 196조원 수준으로 '07년 이후 연평균 3.5% 성장하였으나, '09년 이후 건설투자 규모는 정체되어 있음[7)]



[그림 1-11] 국내 건설투자 규모

6) Global Construction Outlook 2011, Global Insight, 2011
7) 주요건설통계 2012. 4/4분기, 대한건설협회, 2012

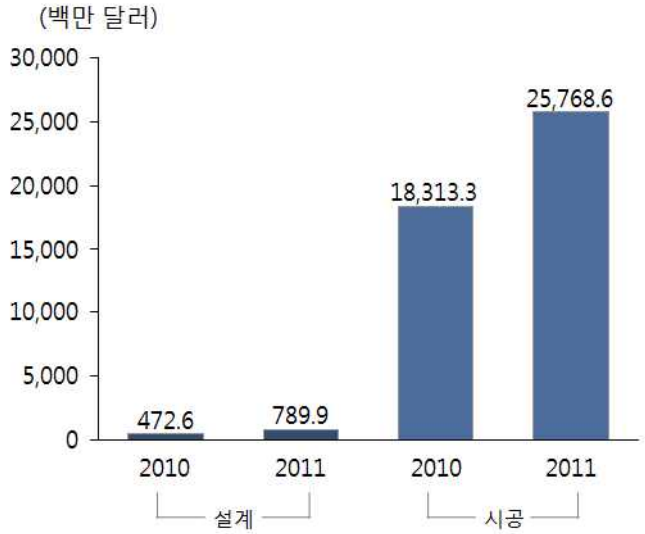
- 국내 건설기업의 국내시장 건설 수주액은 감소세에 있는 반면 해외시장 건설 수주액은 증가세에 있어 해외시장의 중요성이 점차 증대되고 있음
  - 국내시장에서의 건설 수주액은 '12년 기준 101조원 규모로 '07년 이후 연평균 4.5% 감소하였음
  - 해외시장에서의 건설 수주액은 '07년 기준 71조원 규모로 '07년 이후 연평균 10.3% 증가하였음



[그림 1-12] 국내 건설기업 국내/해외 수주액(1$=1,000원으로 산정)

- 국내 건설 산업의 해외 설계 및 시공 매출 상위기업 검토 결과 우리나라의 해외건설 매출 비중이 낮은 수준이며, 시공 분야 대비 설계 분야의 경쟁력이 낮음
  - 국내 건설기업의 해외설계로 인한 매출액은 2011년 4억 7,260만 달러에서 2012년 7억 8,990만 달러로 증가하였으며, 해외시공으로 인한 매출액은 2011년 183억 1,330만 달러에서 2012년 257억 6,860만 달러로 증가하였음[8)]

8) McGraw Hill에서 발간된 ENR(Engineering News-Record) 보고서



[그림 1-13] 2010년~2011년 국내기업의 해외 설계/시공 매출액

- 세계 200대 설계기업 중 국내기업의 비중은 3.63%('11) 수준이며, 세계 225대 시공기업 중 국내기업의 비중은 5.33%('11) 수준임

  - 세계 200대 설계기업 중 국내 기업의 수는 2010년 6개, 2011년 7개 수준임
  - 세계 225대 시공기업 중 국내 기업의 수는 2010년 11개, 2011년 12개 수준임

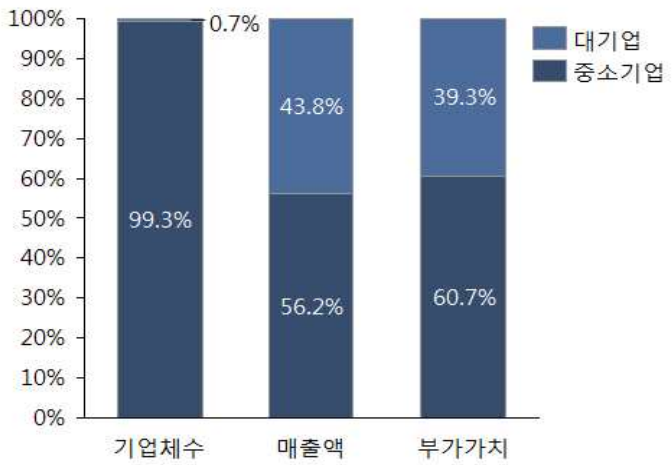
〈표 1-3〉 2010년~2011년 설계분야 해외 매출액 상위 기업

2010년			2011년		
회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위	회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위
현대엔지니어링(주)	243	54	현대엔지니어링(주)	289.3	47
한국전력기술	107.1	83	SK건설	237.8	55
SK건설	65.7	104	한국전력기술	190.8	67
포스코건설	22.6	173	포스코엔지니어링	27.3	157
(주)대우건설.,	19.3	183	(주)삼우종합건축사사무소	15.2	189
희림종합건축사사무소	14.9	199	포스코건설	14.8	192
-	-	-	도화엔지니어링	14.7	193
소계	472.6		소계	789.9	

〈표 1-4〉 2010년~2011년 시공분야 해외 매출액 상위 기업

2010년			2011년		
회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위	회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위
현대건설	4,308.9	23	삼성엔지니어링(주)	5,907.3	15
삼성엔지니어링(주)	3,070.0	34	현대건설	4,248.9	25
대림산업(주)	2,383.0	41	GS건설	3,300.0	32
GS건설	1,969.4	48	대림산업(주)	2,704.0	40
삼성물산	1,625.2	56	SK건설	2,433.9	45
대우건설	1,612.2	57	대우건설	2,170.9	50
SK건설	1,434.8	63	삼성물산	1,571.5	63
쌍용건설	669.4	106	포스코건설	1,549.4	66
포스코건설	574.4	123	한화건설	771.2	101
한화건설	501.6	132	쌍용건설	462.0	134
대우엔지니어링	164.4	221	두산건설	332.3	163
-	-	-	포스코엔지니어링	317.2	170
소계	18,313.3		소계	25,768.6	

- 대기업 대비 경쟁열위에 있는 중소 건설기업의 경쟁력 강화를 위해서는 연구개발투자가 필요하나, 중소기업이 연구개발에 필요한 시설 및 장비구축을 자체적으로 대응하기에는 어려운 실정임
  - 전체 건설업체 중 중소 건설업체의 업체수의 비율은 99.3%인데 비해 매출액은 전체의 56.2%, 부가가치 생산비중은 60.7% 수준으로 대기업 중심으로 시장이 점유되고 있음[9)]



[그림 1-14] 기업규모별 매출액, 부가가치 비중 (2011년)

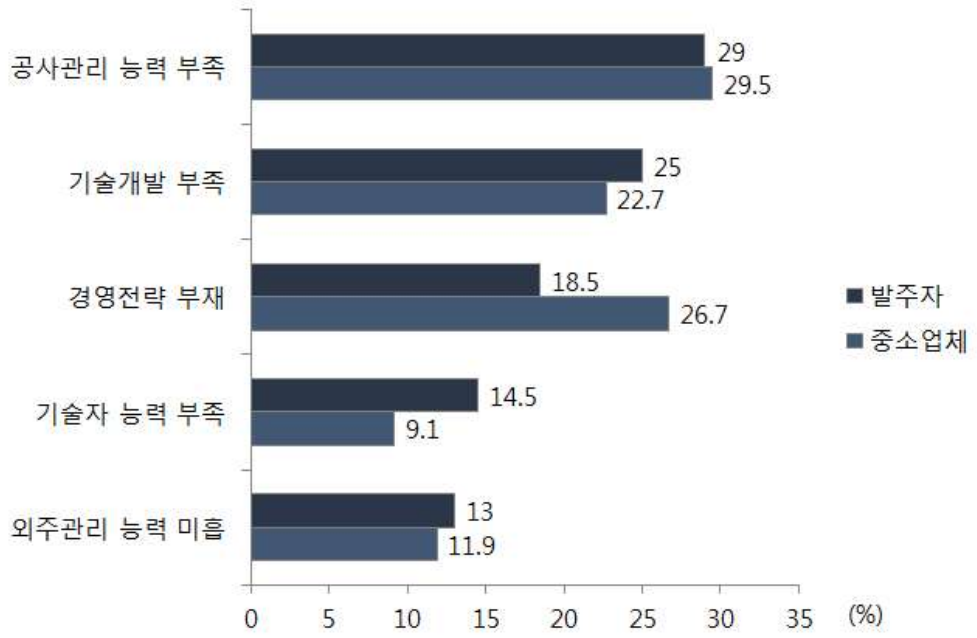
9) 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012

- 대기업 대비 중소기업의 상대적 경쟁력 또한 평균 54%수준으로 낮은 실정임 10)

〈표 1-5〉 대기업 대비 중소 건설업체의 상대적 경쟁력 수준

구분		중소기업 경쟁력 수준 (평균) (대기업=100)
건축공사	주택	55.9
	비주택	55.6
토목공사	일반토목(도로, 철도 등)	59.1
	기타 토목(상하수도, 조경 등)	58.7
영업력		48.6
구매조달 능력		51.1
공사수행 능력		62.3
견적 능력		55.3
금융 능력		43.7

- 건설관련 산업 종사자 설문 결과 대기업에 비해 중소기업의 경쟁력이 낮은 이유로 중소건설업체 임직원의 25%, 발주기관 실무자 22.7%가 기술개발 부족을 지적함11)

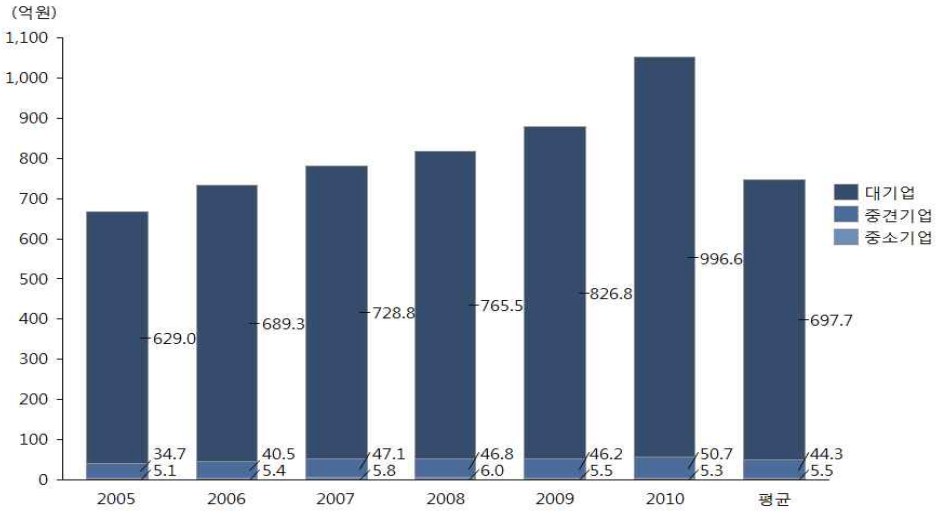


[그림 1-15] 대기업 대비 중소건설업체의 경쟁력 부족 사유

10) 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012
11) 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012

- 중소기업의 경우 기업당 연구개발비는 대기업·중견기업에 비해 낮으며, 이 중 연구시설장비 투자액은 매우 미약한 수준임

  - 중소기업의 기업당 연구개발비는 2005년~2010년 평균 5.5억원으로 대기업697.7억원, 중견기업 44.3억원에 비해 매우 낮음[12)]



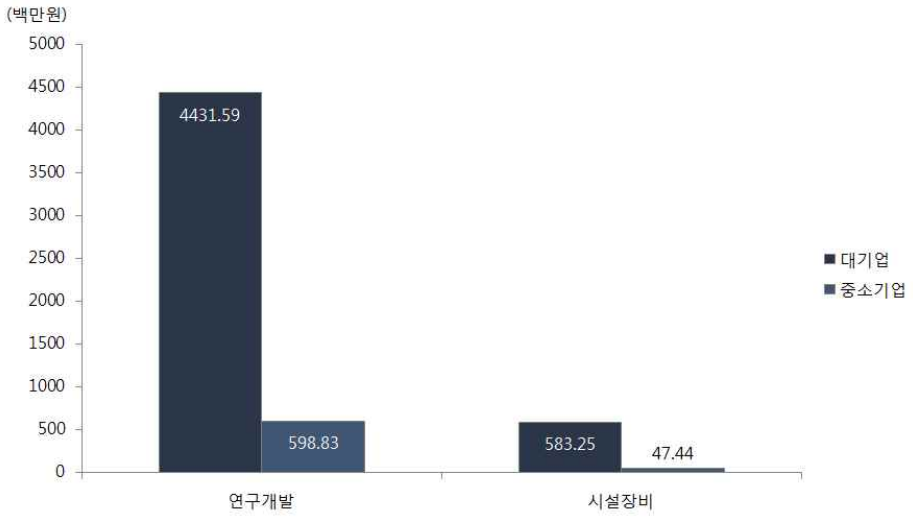
[그림 1-16] 기업당 평균 연구개발비 추이

  - 중소기업의 연구개발비 중 시설 및 장비구축에 투자하는 비용은 기업 당 4,744만원 수준으로 실증 실험이 가능한 연구시설을 확보하기에는 투자규모가 부족한 수준임[13)]

〈표 1-6〉 연구개발/시설장비 투자액 비교

분야	구분	연구개발비 투자액 (백만원)	시설장비 투자액 (백만원)	기업수	기업당 연구개발비 투자액 (백만원/기업)	기업당 시설장비 투자액 (백만원/기업)
건설	대기업	430.353	62,009	101	4260.92	613.95
	중소기업	167,750	12,634	299	561.04	42.25
교통	대기업	345,175	40,059	74	4464.53	541.34
	중소기업	116,696	9,901	176	663.05	56.26
합계	대기업	775,528	102,068	175	4431.59	583.25
	중소기업	284,446	22,535	475	598.83	47.44

12) 지속가능성장을 위한 중소기업 R&D 현황 및 투자 지원 방향, 한국과학기술기획평가원, 2012
13) 국토교통기술연구개발활동조사, 국토해양부, 2011
연구개발비 구분은 연구개발예산의 목적별 사용현황을 기준으로 함(정책/기획, 기존기술 개선, 신기술/신공법개발, 시설 및 장비구축, 인력양성 및 국제협력, 기술표준화, 기타)



[그림 1-17] 기업규모별 연구개발/시설장비 투자액 비교

- 건설분야 R&D 성과의 설계단계 적용 시 비용절감효과가 기획/시공/유지관리 등의 단계에 적용 시에 비하여 높아 설계기술 개발에 따른 경제적 효과가 높음
  - 설계분야 기술개발로 인한 현장비용절감액은 현장당 평균 80억원, 기획분야는 현장당 14억, 시공분야는 현장당 9억원의 절감효과가 있음[14)]

〈표 1-7〉 기술적용 프로세스 단계별 현장당 비용 절감액

기술적용 프로세스	비용절감액 (백만원)	적용현장수 (개수)	현장당 비용절감액 (백만원/개소)
기획	50,396	35	1,440
설계	1.395,454	173	8,066
시공	76,835	86	893
유지관리	180	14	13
기타	359,911	315	1,143
합계	1,882,776	623	3,022

14) 건설R&D성과의 경제적 파급효과 분석, 한국건축시공학회 논문집, 2010

- 국내 건설기술의 해외 의존도가 높고 이로 인한 외화 유출 또한 상당하므로, 국내 건설의 독자적 기술 확보를 위한 투자가 필요함

  - 국내 기업들이 해외로 기술을 판매한 건수는 '08~'10년 동안 총 7건인 반면 해외에서 구매한 기술은 동기간 동안 총 55건으로 판매건수에 비해 약9배 수준임[15)]

〈표 1-8〉 연도별 기술 판매/도입 건수

구분	2008	2009	2010	합계
기술 판매 (건수)	5	2	0	7
기술 구매 (건수)	9	0	46	55

  - 국내 건설관련 연구기관, 대학, 기업들이 연구개발을 위해 해외에 지출한 금액은 총 99억원임[16)]

    - 기관별 연구개발예산 해외지출 규모는 연구기관이 8억 3400만원, 대학이 9억 6100만원, 기업이 81억 500만원으로 나타남

〈표 1-9〉 연구개발 주체별 연구개발예산 해외지출 현황

구분		해외 지출(백만원)
연구기관		834
대학		961
기업체	대기업	7,796
	중소기업	309
	소계	8,105
합계		9,900

  - 해외건설 수주의 70% 이상인 플랜트의 경우 고부가 가치 분야인 기자재의 높은 해외의존도로 인해 외화 가득률이 30%로 선진국(40~45%)에 비해 낮은 수준임

    - 플랜트의 경우 기자재 비용이 총 계약금액의 52~67%로 높은 비중을 차지하므로 국산 기자재를 사용할 경우 수익성 증가할 수 있음[17)]

    - 플랜트 분야의 기자재 산업의 국산화율은 60.4%이고, 회전기계와 패키지류의 국산화율이 저조함[18)]

15) 국토교통기술연구개발활동조사, 2011
16) 국토교통기술연구개발활동조사, 2011
17) 플랜트 기자재 국산화 방안, 대한기계학회
18) 플랜트 기자재 국산화 방안, 대한기계학회

〈표 1-10〉 플랜트 전체 가격 중 기자재의 비중

구분	Oil & Gas	해양	정유	석유화학	발전담수	평균
엔지니어링비	9.0	4.1	10.4	12.3	9.8	9.2
현지공사비	35.0	43.7	32.8	35.3	23.0	33.1
기자재비	56.0	52.1	56.8	52.4	67.2	57.7

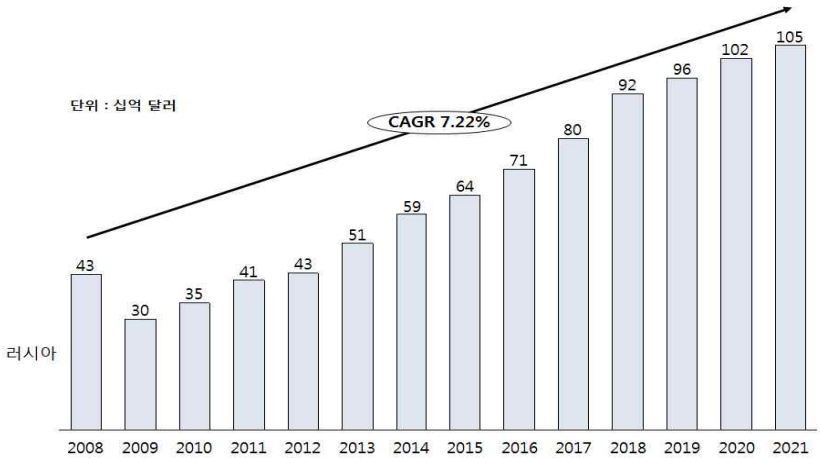
〈표 1-11〉 플랜트 기자재 종류별 국산화율

구분		기자재 비중 (%)	국산화율 (%)
기계	고정장치	22.7	74.5
	회전장치	15.6	36.1
	패키지류	11.0	38.7
배관	밸브	6.5	51.3
	벌크	14.0	70.4
전기		10.2	78.0
계장		9.4	68.5
기타		10.7	66.4
국산화율 평균			60.4

2. 기후변화 대응 다환경 실험시설 관련 시장동향

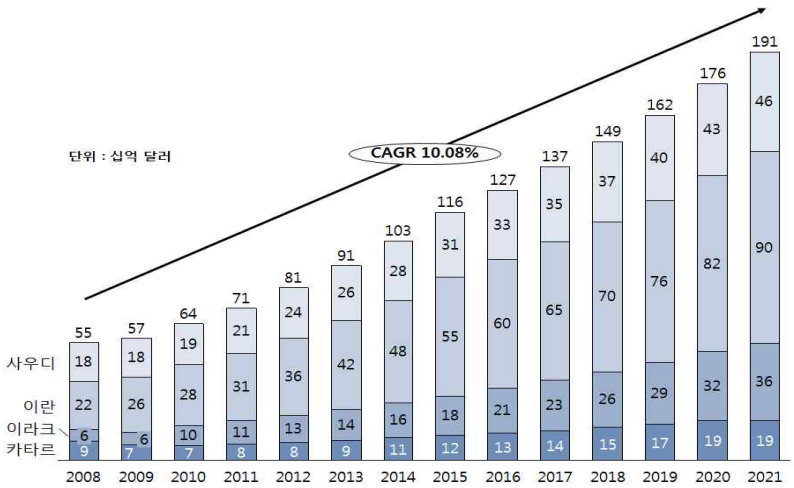
가. 기후별 시장동향[19)]

- **(극한기후)** 러시아는 2014년 소치 동계올림픽, 2018년 피파월드컵 등을 준비하면서 건설시장이 성장하고 있으며, 호텔, 숙박시설 등의 건축시장은 2008년 430억 달러에서 2021년 1,050억 달러 규모로 연평균 7.2% 성장할 것으로 전망됨



[그림 1-18] 러시아 건축시장(2008 - 2021년)

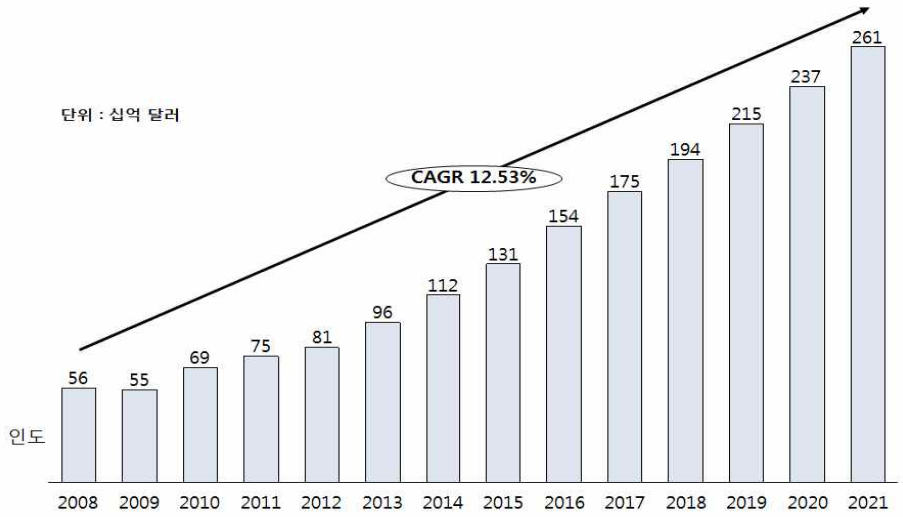
- **(고온건조기후)** 중동 국가인 사우디·이란·이라크·카타르의 건설시장은 오일머니를 바탕으로 빠른 속도로 성장 중이며, 주택·학교·병원 등의 건축 시장은 2008년 550억 달러에서 2021년 1,910억 달러 규모로 연평균 10.08% 성장할 것으로 전망됨



[그림 1-19] 중동 건축시장(2008 - 2021년)

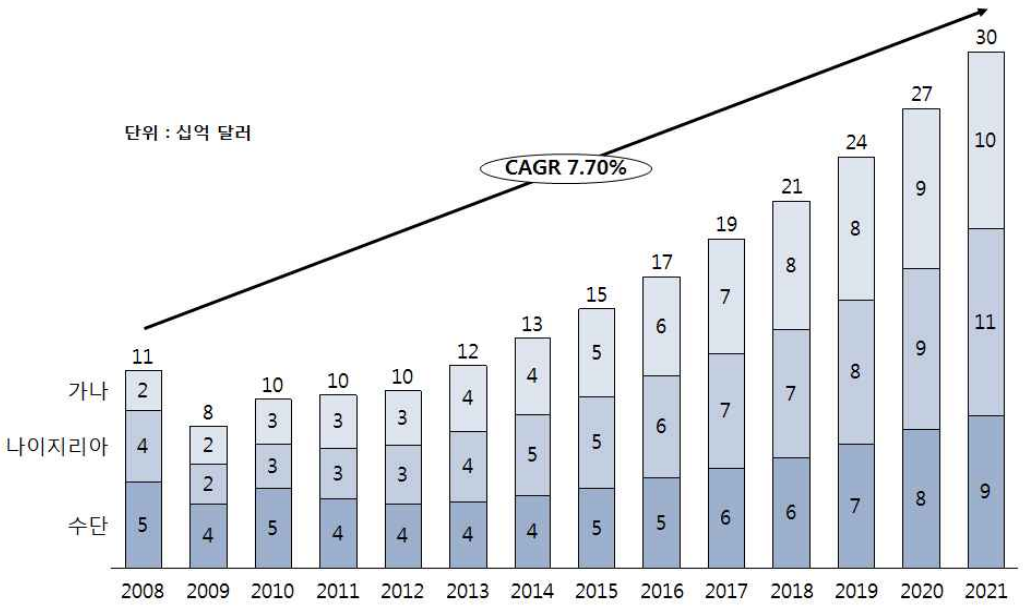
19) BMI Infrastructure Report, Businessmonitor, 2012

- **(열대몬순기후)** 인도는 세계에서 2번째로 인구가 많은 국가이고 인구수가 꾸준히 증가하고 있어, 주택 시장의 성장속도가 빠르며, 2008년 560억 달러에서 2021년 2,610억 달러 규모로 연평균 12.53% 성장할 것으로 전망됨



[그림 1-20] 인도 건축시장(2008 - 2021년)

- **(극서기후)** 가나·나이지리아·수단과 같은 중앙아프리카 국가들은 천연자원의 수출이 증가함과 동시에 경제 성장이 이루어지고 있으며, 대부분의 건물들이 낡고 열악하여 신축 시장이 성장하고 있는데, 2008년 110억 달러에서 2021년 300억 달러 규모로 연평균 7.7% 성장할 것으로 전망됨

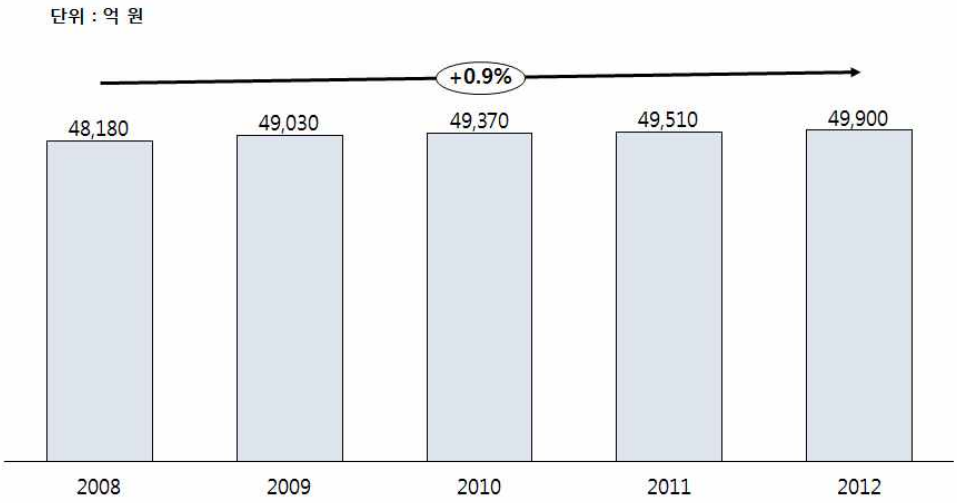


[그림 1-21] 중앙아프리카 건축시장(2008 - 2021년)

나. 건축자재 시장 동향[20)]

- 세계 건축자재 시장규모는 2010년 약 2조 7천억달러, 그린 건축자재 시장은 2013년 5,710억달러로 추정함
  - 주요 건축 자재로는 유리, 기능성 도료 및 석고보드 등이 있음
  - 그린 건축자재 시장은 세계 경제침체에도 불구하고 경제적, 정책적 구동력으로 지속적인 성장 중
    - 2008년 4,600억달러에서 매년 5% 성장하여, 2013년 5,710억달러로 예측함

- 2012년 국내 건축자재 시장규모는 약 5조원이고, 2008~2012년까지 연평균 0.9%로 성장 중
  - 건설시장 침체에 따른 수요부진 및 중국산 저가 물량공세에 따른 경쟁 심화로 당분간 큰 폭의 상승세는 없을 것으로 전망됨



[그림 1-22] 국내 건축자재 시장 추이

20) 글로벌 건축소재 시장동향 및 전망, 한국세라믹기술원, 2011

제3절 기술적 필요성

1. 기술수준

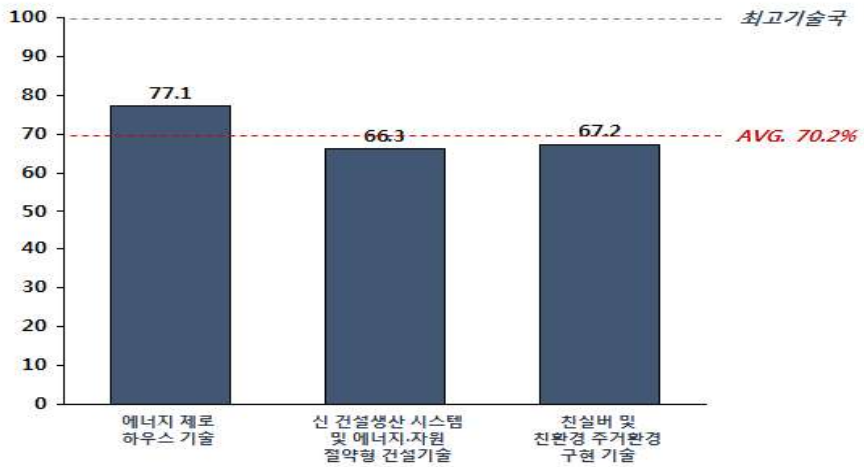
- 국내 건설교통 분야 기술수준은 전반적으로 낮은 실정이며, 엔지니어링 분야의 핵심기술인 원천기술 및 기본설계기술의 경쟁력이 취약함
  - 국내 건설교통 기술수준은 궁극기술 대비 평균 61.8%이며, 최고기술보유국 대비 기술격차는 16.6%(4.8년)임[21)]
  - 엔지니어링 분야 최고기술국(미국=100) 대비 원천기술 수준은 72.8, 기본설계기술 수준은 73.4%로 취약하며, 유럽·일본에 비해서도 다소 열등한 수준임[22)]

〈표 1-12〉 경쟁국과의 건설기술수준 비교 (미국 = 100)

국가	원천기술	기본설계 기술	상세설계 기술	기자재	시공관리
EU	92.3	91.1	91.3	87.1	88.2
일본	90.3	88.4	89.1	87.2	88.2
한국	72.8	73.4	85.0	81.5	82.6

- 기후변화대응 다환경 실험시설과 관련된 건설기술 분야의 기술수준은 최고기술국 대비 평균 70% 수준임
  - '에너지 제로 하우스 기술' 분야의 최고기술국은 EU이며, 한국의 기술수준은 77.1%임[23)]
  - '신 건설생산 시스템 및 에너지 · 자원 절약형 건설기술' 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국의 기술수준은 66.3%임[24)]
  - '친실버 및 친환경 주거환경 구현 기술' 분야의 최고기술국은 EU이며, 한국의 기술수준은 67.2%임[25)]

21) 제5차 건설기술진흥 기본계획, 국토해양부, 2012
22) 엔지니어링플랜트기술센터, 2011 / 제5차 건설기술진흥 기본계획, 국토해양부, 2012
23) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010
24) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010
25) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010



[그림 1-23] 기후변화대응 다환경 실험시설 관련 기술수준

2. 국가연구개발과제 분석

가. 분석방법

- 최근 3년(2010~2012) 동안 수행된 국가연구개발 과제 중 건설연구인프라 2단계 실험시설과 연관성을 갖는 과제에 대하여 분석을 수행함
  - 국가연구개발과제 DB는 국가과학기술지식정보 서비스인 NTIS[26] DB를 활용함
  - 실험시설 별 주요 키워드가 과제명에 포함된 과제 중 실험시설과 연계성을 갖는 과제 목록을 도출함
    - 키워드는 각 실험시설 전문가 그룹에서 도출함
    - 과제명에 최소 1개의 키워드가 포함되어 있는 과제를 대상으로 1차 List를 도출함
    - 1차 List에 대하여 실험시설 별 전문가 그룹에서 실험시설과의 연계성을 검토하여 최종 List를 도출함
  - 도출된 과제 목록에 대하여 연구개발 수행 주체별(출연연구소, 중소기업, 대기업, 대학, 국공립 연구소, 기타)로 연도별 총 과제 수 및 총 연구비를 분석함

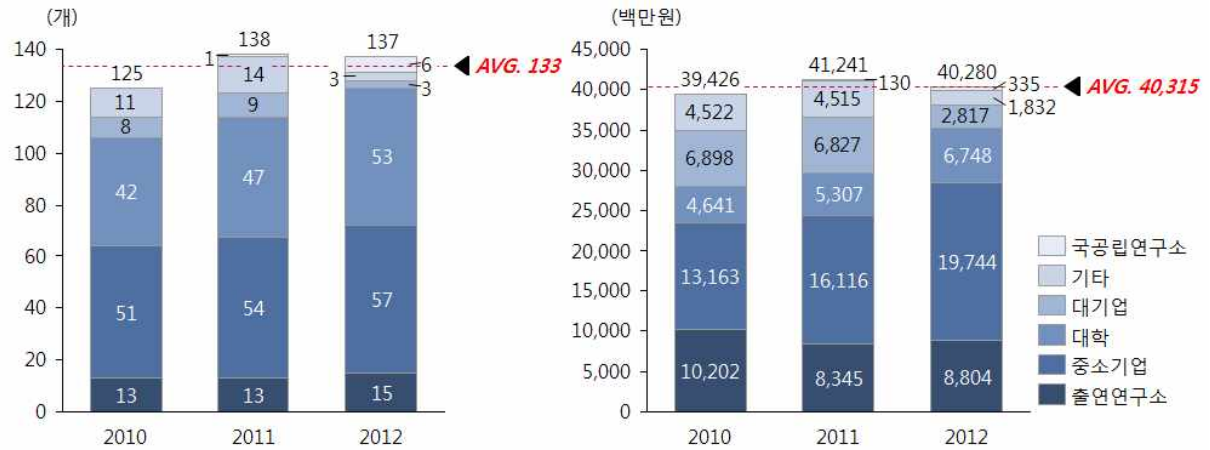
26) www.ntis.go.kr

〈표 1-13〉 국가연구개발과제 분석에 이용된 키워드

구분	키워드
기후변화대응 다환경 실험시설	기후, 공조, 냉방, 난방, 단열, 에너지절감, 에너지절약, 그린홈, 녹색빌딩, 실내공기질, 외장재, 내장재, 창호, 배관, 덕트, 에너지효율, 에너지성능, 기밀, 열교, 열환경, 환기, 열교환기

나. 분석결과

- 실험시설이 구축되기 전임에도 불구하고 실험시설 관련된 연구가 상당수 진행되고 있어, 건설연구인프라 2단계 실험시설의 활용 수요가 있음을 확인함
  - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’ 관련 분야의 국가연구개발과제를 평균 133건 수행하고 있으며, 연구비는 매년 평균 403억 1500만원 투자하고 있음



[그림 1-24] ‘기후변화대응 다환경 실험시설’ 관련 국가연구개발과제의 연도별/연구수행주체별 과제수(좌) 및 총 연구비(우)

3. 논문 분석

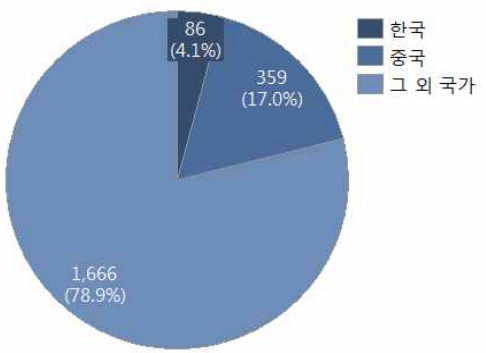
- 최근 5년(2008~2012년) 동안 국내외 SCI급 저널에 실린 논문들 중 건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 논문에 대하여 분석을 수행함
  - 논문 분석은 Thomson Reuter사의 Web of Science DB를 활용함
  - 각 실험시설별 키워드는 실험시설 별 전문가 그룹이 도출하였으며, 도출된 키워드를 조합한 검색식을 통해 관련 논문을 추출함

- 각 실험시설과 관련된 학문분야를 필터링하여 결과의 신뢰성을 높임

〈표 1-14〉 논문분석에 이용된 검색식 및 학문분야

구분	검색식	학문분야
기후변화 대응 다환경 실험시설	(building or indoor) and (energy or temperature* or thermal* or air) and (consumption or conservation or efficien* or effect* or performance* or green or qualit*) and (heat* or cool*)	Engineering Construction Building Technology Architecture

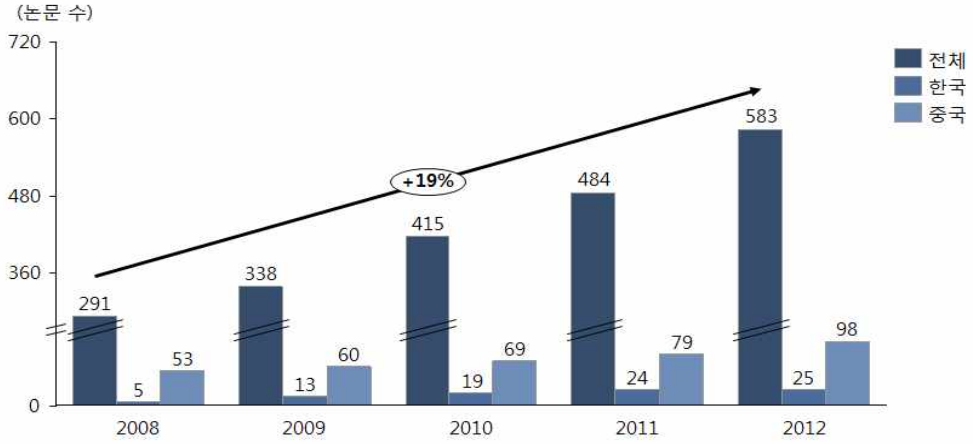
- 건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 전체 논문 중 국내 학술지에 개재된 논문의 비중은 매우 낮음
  - 전체 논문 중 국내 학술지 논문의 비중은 2~5% 수준이며, 이는 중국에서 발표된 논문의 비중인 10~16%에 비해서도 낮은 수준임
  - 기후변화대응 다환경 실험시설과 관련된 2,111개의 논문 중 국내에서 발표된 논문은 86개(4.1%)이고, 중국에서 발표된 논문은 359개(17%)임



[그림 1-25] 기후변화대응 다환경 실험시설 관련 국내외 논문 수 (2008년~2012년)

- 건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 분야의 논문의 수는 지속적으로 증가하고 있어 관련분야의 학술적 중요성이 점차 증대됨을 확인할 수 있음

- 기후변화 대응 다환경 실험시설 관련 국내외 논문은 2008년 291개에서 2012년 583개로 연평균 19% 증가하였음



[그림 1-26] 기후변화대응다환경실험시설 관련 논문 수 추이

제2장 기후변화대응 다환경 실험시설 기본설계

제1절 실험시설 정의

가. 실험시설의 정의

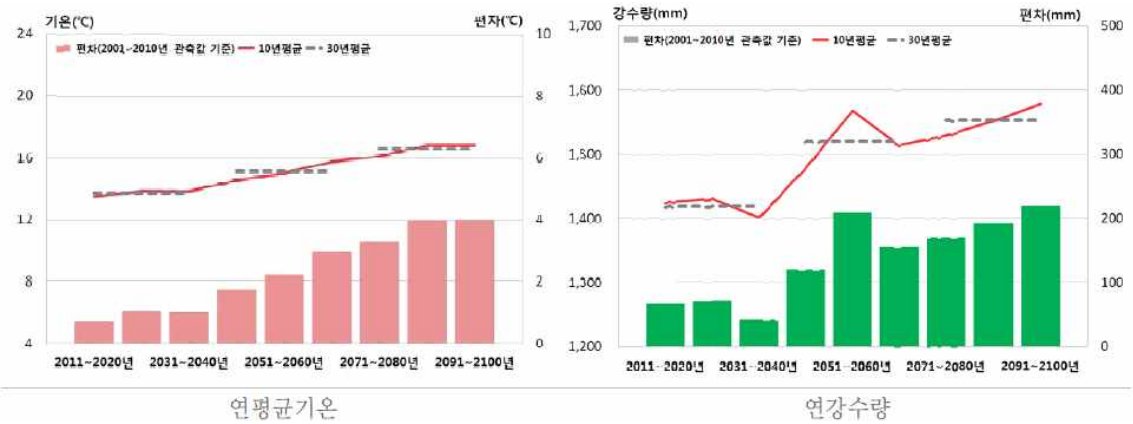
- 기본설계를 통해 도출한 기후변화대응 다환경 실험시설의 정의는 다음과 같음
  - (Needs) 국내 기후변화 대응 요구 및 다양한 기후환경(고온다습, 고온건조, 한랭건조, 극냉, 극서 등)의 해외 건설 시장 진출 필요성이 급증함에 따라,
  - (Purpose) 실물 규모 시설의 종합 성능(Overall Performance) 평가, Mock-up 시험체 규모 시설 및 부재 단위(Component scale) 성능 평가, 자재/건축설비/기기의 특정 성능 평가 실험이 이루어질 수 있도록,
  - (Performance) 주요 기후요소(온도, 습도, 일사, 강우, 강설 등)의 인공적 발생 및 제어 시설을 갖춘 다환경 멀티 실험시설
- 기후변화대응 다환경 실험시설을 통해 수행 가능한 실험 분야는 거시 자연 기후환경 모사, 미시 특정 환경 모사, 수직 고층환경 모사의 세 분야로 구분함
  - 거시 자연 기후환경 모사 분야는 국내외 기후조건 및 극냉/극서 기후환경을 모사하여 실물규모의 구조물 종합 성능 및 시험체/부재 단위의 구조물 부위별 성능과 실내환경 및 건축설비/기기/장비 성능을 평가하는 것을 의미함
  - 미시 특정환경 모사 분야는 시험규격 등에서 규정된 조건 하에서 창호, 외벽/지붕/바닥 구조체 등의 특정 성능에 대하여 평가하는 것을 의미함
  - 수직 고층환경 모사 분야는 중고층 건물에서의 배관, 덕트 등에 대한 압력 실험을 수행하는 것을 의미함
  - 기후변화대응 다환경 실험시설 세부분야별 실험영역은 다음과 같음

〈표 2-1〉 기후변화대응 다환경 실험시설 세부분야 및 실험영역

분야	세부분야	실험영역
거시 자연 기후환경 모사	대형 기후환경 모사 실험	▪ 구조물 단열성능 및 3차원 열교부위 평가실험 ▪ 구조물 에너지 소요량, 열순환 평가 실험 ▪ 구조물 내부/표면결로 실험 및 내/외부 복사 평가 실험 ▪ 열원/공조기기 사용에 따른 에너지 소비량 평가 실험
	중형 기후환경 모사 실험	▪ 구조체 부위 단열성능 3차원 열교부위 평가실험 ▪ 구조물 계획에 따른 실내열, 빛, 음, 공기환경 평가 ▪ 건물 배치, 개구부 계획에 따른 열쾌적 실험 ▪ 보일러, 냉동기 등 열원/공조 기기 성능, 효율 실험
	소형 기후환경 모사 실험	▪ 구조체 부위 일사획득 실험 ▪ 구조체 부위 열순환 및 내부/표면결로 실험 ▪ 말단기기 효율 및 성능평가 실험 ▪ 가전제품 등의 내부발열 평가실험
미시 특정환경 모사	특정성능 평가 실험	▪ 창호, 외벽/지붕/바닥 구조체 단열/결로방지 성능 평가 ▪ 창호, 외벽/지붕/바닥 구조체 기밀/수밀 성능 평가
수직 고층환경 모사	타워 실험	▪ 급배수 설비, 공조설비 소음 측정 실험 ▪ 배관, 덕트 계획에 따른 저항 실험

나. 실험시설의 필요성

- 국내 기후환경 변화함에 따라 에너지 소비량 증가가 예상되나, 건물 부문의 온실가스 감축을 위한 에너지 절감 요구는 더욱 강화되고 있으므로 기술적 대응이 시급한 실정임
  - 국내 기후환경이 아열대 기후로 점차 변화함에 따라 평균기온 상승, 태풍 및 집중호우 증가, 사계절 구분의 불명확화 현상이 발생하고 있음
  - 국내 평균기온은 지난 100년간 1.7℃나 상승하여 세계 평균 상승률을 크게 상회하였으며 향후 환경과 생태계에 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨
  - 우리나라 부근 해수 온도가 과거보다 높아져 태풍 및 집중호우도 빈번하게 발행하며, 이에따른 막대한 피해가 발생하고 있음
  - 강수 패턴도 급격히 변화하여 대기 불안정에 의한 지역성 집중호우가 빈번하게 발생함으로써 여름철 강수량은 증가한 반면, 겨울은 반대로 강수량이 적어지면서 강수량의 연교차가 심해짐
  - 강수량 변화에 따른 습도 변화는 인체 열쾌적 주요 인자인 실내 습도에 영향을 미치게 되어, 여름철 제습 및 겨울철 가습에 대한 요구가 급증하고 있음



[그림 2-1] 우리나라 연평균 기온 및 연강수량 미래 전망(2011년~2100년)

- 온도, 습도, 일사 조건 등 해외 건설시장의 다양한 시공 환경에 대해서도 예측하여 대응할 필요가 있음
  - 중동, 아시아, 아프리카, 극지 등에 위치한 해외 각 국의 건설시장이 활성화 되면서, 포화상태의 국내시장을 피하여 해외로 눈을 돌리는 기업이 증가하고 있음
  - 성장세에 있는 해외 플랜트나 기간시설 분야 건설시장을 확보하기 위해서는 각 나라의 기후(중동/아프리카 극서기후, 러시아 등 극한기후)를 고려할 필요가 있음.
  - 각 국의 법규 및 기준이 상이하므로 건물의 성능 관점에서 이를 종합적으로 고려해야 함
  - 다양한 기후조건 하 건설현장에서의 건물 종합 성능 및 시공 품질 등을 예측하기 위해서는 대공간이면서도 다양한 환경조건을 실험할 수 있는 실험시설이 요구됨
- 시설의 종합 성능(Overall Performance) 관점에서의 연구 필요성이 증대됨
  - 기존의 사양중심 설계(Prescriptive Design)에서 성능기반 설계(Performance Based Design)로의 변화가 활발히 진행되고 있음
    - 건물이나 건조물이 시방에 따른 설계에서 그치는 것이 아니라, 실제로 구현되는 성능을 평가하여 이를 반영한 설계가 강조되고 있음
    - 초기 성능기반 설계에서는 각 부재 단위의 개별 성능을 평가한 후 전체를 가늠하는 방식이었으나, 각 요소가 결합할 때도 다양한 오차요인이 발생함
    - 현재까지는 공간, 비용적인 문제에 의하여 활발히 이루어지지 않고 있지만, 건설 산업의 발전을 위해서는 꼭 필요한 연구라 볼 수 있음
- 단일 실험만을 수행하는 실험시설보다 복수의 실험을 수행할 수 있는 멀티 실험시설이 요구됨

- 다양한 실험이 비교되거나 관련되는 경우, 다른 실험시설에서 다른 조건 하에 실험을 진행하게 되어, 그 신뢰성은 낮아지게 됨
- 실험실 수요가 높아지는 현재의 추세에서, 관련되는 다양한 연구를 한 실험시설에서 수행할 수 있으면, 실시간으로 비교/모니터링이 가능하다는 장점이 있음

제2절 연구동향 및 실험시설 현황

가. 연구동향

(1) 거시 자연 기후환경 모사

- 녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 개발 (한국건설기술연구원 이승언, 국토교통부)
  - 국가 온실가스 감축목표(2020년 BAU대비 30%감축)달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등과 관련하여 건물의 에너지효율화를 위한 구체적인 법제적 대책 마련이 시급한 상황으로, 현행 에너지절약계획서의 정성적 평가방식을 정량적 평가방식으로 개선하고, 건축물의 에너지절약 관련 법제의 개정을 위한 중장기 계획을 수립할 필요가 있음
  - 이에 따라 총량적 에너지 절약을 위한 에너지절약 설계기준의 개정 및 제로에너지 건축물 설계 기준안을 마련하고 에너지절약계획서 관리시스템 구함. 또한 건축물 에너지소비총량 예측 프로그램 개발 및 용도별 제한 기준을 마련함
  - 건축물 에너지소비총량은 건물 외피의 개별 부재 및 장비·설비의 성능이 종합적으로 반영되어 나타나는 결과물로, 구조물 종합 열 및 에너지성능의 관점에서 평가가 필요한 분야임
- 건물에너지성능 평가모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발 (단국대학교 김회서, 국토교통부)
  - 건물 에너지소비량의 정량적 산출이 가능한 표준 평가모델 구축, 건물 에너지 성능, 설계변수의 분석, 표준계산방법 정립, 용도별 에너지성능계수(EPC)지표의 산출과 평가모델 표준화, 정밀 시뮬레이션(EnergyPlus 등) 대비 5% 이내 정확도 확보
  - 기존 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 평가가 필요한 분야임
- 시장수요기반 기존 건축물 녹색화 확산 연구 (한국건설기술연구원 이건호, 국토교통부)
  - 기존건축물 녹색리모델링의 활성화를 목표로 국내 기존건축물의 녹색리모델링 실시를 위한 설계/시공 프로세스의 정립 및 상세기술의 적용 방안 제시, 기존건축물의 노후화 평가 및 증축을 위한 경량구조 기술 개발, 외피 리모델링 프로세스 구축 등을 수행하고 실증 연구를 통해 이를 검증함
  - 기존 노후 건축물을 녹색리모델링을 통해 에너지효율을 개선하기 위한 연구로서, 각종 녹색리모델링 기술의 적용에 따른 에너지 효율 개선 효과를 구조물 종합 성능의 관점에서 판단하여야 하는 분야임

- 시장수요기반 신축 건축물 녹색화 확산 연구 (연세대학교 이승복, 국토교통부)
  - 신축 녹색건축물 녹색화 확산을 목표로 신축 녹색건축물 사업화 실행모델 구축, 녹색건축물 통합설계 프로세스 구축, 녹색기술의 경제성/시공성 평가, 녹색건축물 분석 방법 및 성능모니터링 시스템 개발, 시공 단계별 평가 및 커미셔닝 방법 개발, 녹색건축물 최적운영 기법 및 유형별 유지관리 프로세스 개발 등 구조물 종합 성능의 관점에서의 평가가 필요한 연구임
- 공공청사 건물의 에너지절약을 위한 설계 및 설비의 녹색화 방안 개발(건국대학교 김용식, 국토교통부)
  - 건축물의 에너지 절약은 건축계획 및 설계단계에서부터 시작되며 설비설계에서는 건물의 용도별 부하특성에 따른 운전 효율 및 설비의 운전기술을 고려해야 하는 등 건축전반에 걸쳐 이루어져야 함
  - 본 연구에서는 국내의 녹색건축 관련 인증제도 및 법규를 각 국의 설계시스템을 바탕으로 해외의 녹색건축 관련 인증제도와 비교, 분석하고 성남시청사를 비롯한 공공청사 건물의 에너지소비현황을 건축과 건축설비 등 구조물의 종합적인 열 및 에너지 성능 측면에서 분석하고자 함
- 축열 성능이 향상된 슬래브를 이용한 저에너지 복사냉난방시스템 개발 (이화여자대학교 임재한, 국토교통부)
  - 국가적인 건물에너지 정책에 부합하는 제로에너지 건물의 복사냉난방시스템으로서 PCM을 활용한 구체축열 PC 슬래브 부재를 개발하고, 이를 건축 설계에 적용하기 위한 PCM 재료 및 구체축열 콘크리트의 배합 기술, 구체축열 PC 슬래브의 최적 구조설계 기술 및 냉난방 설계 기술을 개발함
  - 또한, 이를 위해 건축재료 및 건축구조, 건축설비 분야의 세부적인 기술로 구분하여 단계별 성능목표 수준을 수립하고, 구체축열 공조시스템의 설계 기술 및 가이드라인을 제시함. 슬라브의 축열성능에 따른 냉난방 부하는 구조물의 연간 에너지성능에 영향을 미치는 것으로 종합 성능의 관점에서 평가가 필요함
- 제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도 기준 정립 및 측정방법(KS) 개발 (인하대학교 조재훈, 국토교통부)
  - 국가적인 에너지절약 정책에 부합하는 국내 건물의 제로에너지 구현을 위해 필수적인 건물 유형별 '기밀도 기준'을 정립하고 이를 실행하기 위한 KS규격 기반의 '기밀도 측정방법'을 개발함. 건설산업 분야에서 이러한 기밀도 기준이 구체적으로 실현되기 위한 건물 설계/시공과정에서 필요한 '기밀화 프로세스' 및 '기밀도 표준안'을 마련함
  - 기밀도는 구조물이 완공된 후 측정이 가능한 것으로 구조물 접합부위 설계, 시공에 따른 구조물 종합 성능의 관점에서의 평가가 필요한 분야임

- 제로에너지 그린홈 건축재료 및 정책개발 기획 (한국건설기술연구원 최경석, 국토교통부)
  - 국가연구개발사업으로서 '2025년 제로에너지 그린홈 주택 공급'을 위한 기술개발 및 정책 추진을 위한 혁신적인 기획 연구 필요
  - 에너지자립형 제로에너지탄소 그린홈 건축기술은 진공유리, 삼중로이유리, 진공단열재 등 고효율 원천기술과 건축기술을 융복합한 고효율 외피시스템 및 여기에 BEMS 에너지관리기술과 신재생에너지를 통합하여 건물에너지소비 및 이산화탄소 배출을 제로수준으로 최소화 하는 그린홈 구현 기술임
  - 선진국은 기술성숙화 단계인 패시브 건축기술을 기반으로 IT융합을 통한 에너지관리기술 및 신재생에너지 융합을 통해 시장 주도권을 확보하고 있으나, 국내는 기술 자립화 단계로 보급 및 상용화가 미흡한 수준임
  - 우리 정부의 저탄소 녹색성장 추진에 따라 국내 친환경 저에너지 관련 제품 및 엔지니어링 기술 개발이 가속화될 것으로 전망됨
  - IEA, APP 등 국제적 연계 프로젝트가 활성화되고 있으며, 동 제품 분야의 글로벌 스탠다드가 ISO 등을 중심으로 추진 중임
  - 그러나 지금 수준의 기술 및 제품을 유지할 경우, 국내기술의 해외진출보다 해외기술의 국내진출이 오히려 강화될 가능성이 크기에 원천기술을 포함한 저에너지 건축기술 개발이 시급한 실정임
  - 에너지자립형 건물 구현은 현재 국가 주도의 기술개발사업 추진에 따라 여러 요소기술의 융복합 및 실증시범사업이 계획중임
  - 주요 기술개발 방향은 건물기술과 에너지기술의 모듈화 및 융복합, 그린홈/그린빌딩 건축물 설계/시공/관리기술, 에너지자립형 건물 평가, 인증 및 모니터링 기술 등에 대한 시장수요 전망임
  - 2025년까지 Zero 에너지 주택공급 및 온실가스의 획기적 감축을 위한 "제로에너지 그린홈"구현이 필수적이며, "제로에너지 그린홈"의 구현과 보급활성화를 위한 건축재료, 기술, 시스템 및 정책개발이 필요함
  - 이에 국가 비젼인 저탄소 녹색성장 패러다임에 따라 미래지향적 사업체계를 구축과 신성장동력을 창출할 새로운 건축분야인 '제로에너지 그린홈'의 개발과 실현을 위하여 기술개발 동향 및 환경분석, 기술개발전략 수립, 연구개발과제 도출, 연구범위 설정, 타당성 조사 등을 통하여 국가 연구개발사업으로서 당위성을 확보할 수 있도록 기획연구 수행 필요함
- 데이터센터의 냉방에너지 사용량 50% 감축 가능한 공조시스템 개발 (홍익대학교 장현재, 국토교통부)

- 국내 컴퓨터 사용의 급속한 증가 및 IT산업의 폭발적인 팽창과 더불어 서버컴퓨터의 집합체인 데이터센터의 수요가 급증하고 있음
- 데이터센터는 이들 서버컴퓨터의 발열에 의한 냉방 에너지 소모량이 일반 건물과는 비교도 안 될 정도로 커서 700 ~ 2,200W/m^2의 냉방부하를 발생시킴
- 녹색기술이 새로운 경쟁력이 되고 있는 세계 산업의 변화 동향에 비추어 볼 때, 데이터센터의 에너지 절약 공조시스템 기술은 데이터센터가 갖추어야 할 경쟁력의 근간을 이룬다고 할 수 있으므로 에너지 절약적인 데이터센터의 공조시스템을 개발함

- 실내공기질(U-IAQ) 진단시스템과 통합관리 시스템 개발 및 구축 (가천대학교 윤동원, 환경부)
  - 실내 적용성 평가를 통한 U-IAQ 프로그램 통합관리 시스템 개발, 현장 측정을 통한 진단시스템의 적용성 평가 및 보완, 통합 진단 데이터 구축방안 제시, 실내 및 실외 통신 시스템 통합 운용 시험 및 보완, U-IAQ 통합관리 시스템 제작 등을 통한 실내공기질 통합관리시스템 구축
- 실내공간에서의 유해물질 관리기술 / 악취 특성평가 및 저감기술 (서울시립대학교 김신도, 환경부)
  - 실내공간 유해물질 관리기술 분야와 악취 특성평가 및 저감기술 분야의 산업체 수요에 따른 맞춤식 최고급 전문가 양성 프로그램을 구축하여 산학연 연계, 산업기반의 전문화 및 경쟁력 강화
- 친환경 아파트 단열외벽재 개발 (한국건설생활환경시험연구원 조병영, 국토교통부)
  - 차열 및 고반사율의 목표 성능을 만족하는 세라믹도료 개발, 무기질계 단열패널 구성재료의 최적배합 기술 개발, 목표 성능기준을 만족하는 무기질계 내/외벽 단열패널 개발, 구조물 일체형 단열 시스템 개발 등 공동주택 단열성능을 향상시키기 위한 기술 및 재료를 개발함

(2) 미시 특정환경 모사

- 열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발 (전자부품연구원 장세홍, 국토교통부)
  - 국내 건물부문의 에너지소비량은 국가 총에너지 소비량의 약 25% 정도로 연간 약 17조원을 상회하는 에너지비용이 소모되고 있으며 지속적인 증가 추세에 있음
  - 창호는 벽체에 비해 8~10배 이상 낮은 단열특성을 가지기 때문에 창호를 통한 열손실량은 전체 건물 열손실량의 20~45%를 차지할 정도를 심각함
  - 창호 열성능 2배 향상 시 건물에너지 절감율 30% 달성할 수 있을 것이나, 건물 외피에 대한 창면적비의 증가로 에너지성능 향상에 큰 장애요인 부각되고 있음

- 주거용 건물의 발코니 확장 합법화로 창면적의 증대 및 열적 완충공간의 감소 에 따른 결로 발생 문제가 심각한 수준임
- 창문의 결로 방지를 위한 투명 발열체 및 발열체의 에너지원을 PV로 연계하는 개발기술이 상용화 될 경우, 파급 효과와 보급률이 매우 높을 것으로 예상됨
- 종래의 창호기술개발은 설계 및 구조변경 등 간접적인 방식으로 접근하였으며, 소재개발 및 타 분야 기술과의 융.복합을 통한 시너지효과를 창출할 수 있는 새로운 대체기술 개발은 미미한 실정임
- 따라서 나노기술 접목을 통해 현재의 창호가 직면한 낮은 단열효율에 대한 직접적 해결방안 제시는 물론 전혀 새로운 기능을 부가함으로서 파괴적 개념의 새로운 창호 개발을 추진함

■ 난연 및 단열성이 우수한 EPS-우레탄 복합소재 개발

- 본 연구는 조립식 건축자재로 많이 사용되는 샌드위치 및 복합패널의 단열재로 주로 사용되는 EPS 단열재(스티로폴)와 경질 우레탄폼 단열재의 단점과 유해성을 보완하는 건축용 난연 단열재 개발에 관한 것임
- 개발하고자 하는 복합단열재는 EPS 단열재의 단점인 화재위험과 우레탄 단열재의 단점인 연기독성 문제를 동시에 해결하며, 무기질 단열재와 비교하여 환경유해성이 적고 단열성이 월등히 우수하여 쾌적한 주거환경을 제공하고 자원절약을 꾀할 수 있는 대체 단열재로서 그 중요성을 부여할 수 있음
- 난연화에 소요되는 비용이 획기적으로 낮아져 가격경쟁력이 우수한 단열재로서도 그 중요성이 크다고 할 수 있음
- 건축물의 외피에 사용되는 조립식 자재는 난연3등급을 획득한 제품을 사용하도록 되어 있으나, EPS의 경우는 난연화가 매우 어려운 소재로써 규격제품을 생산하는 업체가 미미한 상태이며, 우레탄의 경우는 원가가 높고, 연소시 독성 가스를 방출하는 문제점을 가지고 있음
- 본 과제에서는 이러한 단점을 보강할 수 있도록 EPS와 우레탄 소재를 개선하고 최종적으로 이 두 소재를 복합화 함으로써 우레탄 소재에 근접하는 높은 단열성과 함께 난연 3등급을 충족하는 단열소재를 개발하고자 함

■ 실내공기질 개선을위한 친환경적 제습기능 공기청정기 개발 실증화 (태진금속 최승배, 환경부)

- 미세분진 제거 효율 80%, 오존 발생량 10ppb 전기집진시스템 개발, 집진/제습/청정 하이브리드 시스템 개발, 제습 능력 10L/day, 제습 에너지 효율 0.040L/day.W급 하이브리드 제습기 설계기술 개발, 집진 시스템과 호환형 제습시스템 최적설계, 하이브리드 제습 시스템 성능 평가 등 제습기능 공기청정기 개발을 통해 실내공기질 개선 도모

- 공기 이온 활용 실내 미세먼지 및 기상 부유균 동시저감 시스템 개발 (연세대학교 황정호, 환경부)
  - 바이러스 저감 시스템 개발, 미세입자/바이오에어로졸 동시저감 성능평가, 요소 기술 통합화 및 최적화 등을 통해 실내 미세먼지 및 부유세균을 저감시켜 실내공기질 개선 도모
- 노후공동주택 구조 및 설비성능개선 기술 개발 (아주대학교 신동우, 국토교통부)
  - 노후 공동주택 개선 방법으로 재건축이 가장 많이 활용되고 있으나, 천연골재의 부족, 폐기물 발생으로 인한 자연환경 파괴, 국가적 자원의 낭비, 재건축 단지 인근 지역의 전세대란 초래 등으로 인하여 향후 급격하게 증가하는 노후 공동주택을 대상으로 산업적 정책적인 측면에서 더 이상 재건축을 적극적으로 추진하기 어려운 실정임
  - 따라서 무분별한 재건축 추진을 억제하고, 노후 공동주택 개선방안으로 리모델링을 활성화할 수 있도록 노후 공동주택 구조 및 설비성능개선 기술을 개발함
- 성능평가 기능을 갖춘 건축설비(기계, 전기)설계기준 개발 (국민대학교 한화택, 국토교통부)
  - 기계, 전기설비분야에서 국가시책인 저탄소, 녹색성장이 가능하고 국제수준과 대등한 선진화된 설계 및 시공 방법에 의한 기대효과, 기존방법과 정량적 비교 분석을 통한 체계화된 건축설비 설계기준 정비방안 마련
  - 건축물에 설치되는 설비설계기준을 선진국 체계에 유사하게 체계화시키기 위해, IMC, IPC, IRC, IFGC, IECC의 국제코드를 국내화(KMC, KPC, KRC, KFGC, KECC) 연구를 수행함
  - 건축전기설비 설계기준의 선진화를 위해 성능 중심으로 국제표준에 따라 설계하기 위해 상세 설계 데이터 등 현장적용을 위한 설계기준 및 이에 따른 하위 기술기준을 개발함

(3) 수직 고층환경 모사

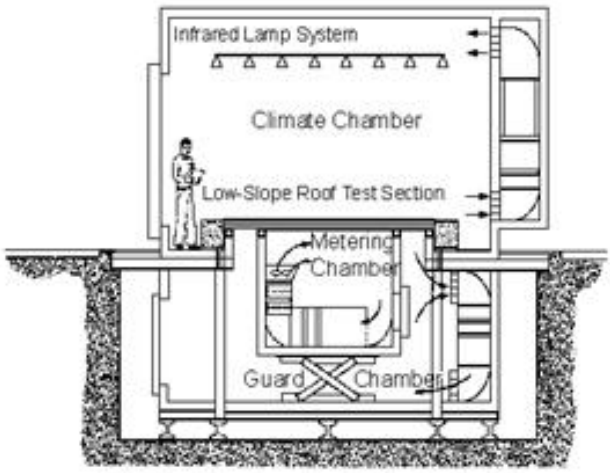
- 초고층빌딩 설계기술 연구단-에너지저감 환경 기술 개발(서울대학교 김광우, 국토교통부)
  - 초고층 복합빌딩의 친환경적 거주성 향상과 혁신적인 에너지 절약을 목표로 외피시스템 개선을 통한 에너지부하 절감, 외피시스템 성능평가 기준 개발, 신재생에너지 활용 에너지시스템 기술개발, 신재생에너지 시스템 최적화 기술개발, 신재생에너지 활용을 통한 에너지 효율 향상, 공간 활용을 극대화하는 저 에너지형 환경조절 설비시스템 구축 등 구조물 종합 열 및 에너지 성능 관점에서의 연구를 수행함
- 실내 환경 조절용 샤프트 시스템 연구(일명 : 에코샤프트)

- 현대 건물들이 고층화 되면서 외기와 면하기 힘든 중심공간은 환경은 계속 취약해 지고 있는 것이 사실임
- 대부분의 경우 중심 공간의 환경 개선을 위해서 기계적 해결을 통해 진행되고 있음
- 하지만 이 방법은 영구적이지 못하고, 환경의 질도 좋지 못하며, 에너지를 계속 소비하여야 하는 문제점을 낳고 있음
- 이에 착안하여, 환경이 열악한 중심(core)공간에 샤프트를 만들고 그 샤프트를 통해 자연 채광과 자연 환기를 이루어 중심공간의 거주성을 개선하는 한편, 거주성이 나쁜 중심부의 환경 개선을 위해 사용되던 전기 에너지를 절약하고 부수적인 기계장치를 없애 생애 주기상 에너지와 비용을 절감하게 하는 연구임
- 보다 진보된 샤프트 시스템으로 진전되기 위해, 본 연구에서는 다양한 아이템들(제연덕트 겸용, 소형 풍력발전, IBS도입)을 샤프트와 정합시키기 위한 연구가 진행될 예정이며, 국내특허에 이은 신기술 인증을 취득하기 위한 업무도 진행될 예정임

나. 해외 실험시설

<table>
<tr><th colspan="4">미국 NIST[27]</th></tr>
<tr><td>개요</td><td colspan="3">Large Truck Chamber는 중규모 실험실 (14.6m X 7.3m X 4.2m)로서, 구조물 부재단위 열성능 평가가 가능함</td></tr>
<tr><td rowspan="9">장비
및
시설</td><td colspan="3">Large Truck Chamber</td></tr>
<tr><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td>분야</td><td colspan="2">미시 특정환경 모사</td></tr>
<tr><td rowspan="6">성능</td><td>온도</td><td>O (-7~65℃)</td></tr>
<tr><td>습도</td><td>O</td></tr>
<tr><td>바람</td><td>X</td></tr>
<tr><td>일사</td><td>X</td></tr>
<tr><td>강우</td><td>X</td></tr>
<tr><td>강설</td><td>X</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="2">▪ 온도와 습도를 넓은 범위에서 조절하여 다양한 기후 조건을 모사할 수 있음
▪ 35℃, 상대습도 50에서 최고 35㎾의 열이 이 챔버에서 제거됨</td></tr>
<tr><td>특징</td><td colspan="2">▪ 극한 온열환경에서의 실험에 이용되며, 건구온도과 이슬점은 ±0.1℃ 에서 제어됨</td></tr>
</table>

27) NIST 홈페이지 (http://www.nist.gov/el/facilities_instruments/hvacr_eqpt_environ_chambers_fac.cfm)

미국 ORNL[28]			
개요	Large-scale Climate Simulator은 소규모 실험실 (3.8m X 3.8m)로서, 구조물 부재단위 열성능 평가가 가능한 실험실		
장비 및 시설	Large-scale Climate Simulator		
	 Sketch of the Large Scale Climate Simulator		
	분야	거시자연 기후환경 모사 - 소형 기후환경 모사	
	성능	온도	O (-40~65℃)
		습도	O
		바람	O
		일사	O
		강우	X
		강설	X
	내용	온습도 조건 조절용 기후시뮬레이터로서, responses of thermocouples and resistance temperature devices, heat-flux transducers, relative humidity sensors, mass flowrate meters, load cells, current shunts or any transducer that produces a voltage output 기록할 수 있음	
	특징	10ton, 6ft 규모의 부재 조합까지 측정 가능함	

28) ORNL Research Facility 홈페이지 (http://www.ornl.gov/sci/roofs+walls/tour/LSCS.html)

일본 건축연구소 건축환경실험동[29]			
개요	▪ 인공기상실, 업무용 공조설비성능평가실험실 및 통풍실험실이 있음 ▪ 인공기상실은 중규모 실험실로서 건축물의 기밀성능, 결로방지 성능, 덕트/배관성능실험이 가능함 ▪ 업무용 공조설비성능평가실험실은 업무용 공조설비의 성능을 평가하기 위한 다수의 챔버로 구성됨 ▪ 통풍실험실은 대규모 실험실로 풍향 풍속에 따른 단독주택의 통풍성능 평가 실험이 가능함		
장비 및 시설	인공기상실		
	분야	거시자연 기후환경 모사 - 중형 기후환경 모사	
	성능	온도	O (-10~40℃)
		습도	O (30~90%)
		일사	O
		강우	X
		강설	X
		규모	10m X 10m X 15m
	내용	연돌효과를 고려한 건물 환기성능 실험, 건물 외피 기밀성능에 따른 내부결로 발생 실험, 디퓨저의 환기량 평가 실험, 하이브리드 환기시스템의 자연환기용 개구부 부분의 환기량 평가 실험, 건물 외피 재료의 투습저항 실험 등 수행 가능	
	특징	인간의 심리와 생리에 관한 측면, 구조체와 설비의 물리적 측면을 병행하여 연구	

29) 국토교통성 건축연구소 (http://www.kenken.go.jp/japanese/information/introduction/facilities/index.html)

일본 건축연구소 건축환경실험동 (계속)			
장비 및 시설	통풍실험동		
	분야	미시 특정환경 모사 - 특정성능 평가	
	성능	온도	X
		습도	X
		일사	X
		강우	X
		강설	X
		규모	17.25m X 15.5m X 8m
		풍속	O (~5m/s)
	내용	▪ 다양한 통풍구를 갖고 있는 실제 크기의 건축물에 대하여 매초 5m까지의 바람을 임의의 방향으로부터 받을 수 있음 ▪ 개구부 및 실 배치, 외부풍속 및 풍향 등과 통풍량 관계 분석, 통풍량 예측 모델의 작성 및 검증, 통풍 수치계산법의 검증, 풍압계수분포의 실험, 실용적 통풍계획 수법의 개발 등의 연구에 활용	
	특징	통풍현상의 가시화 및 정량화를 행할 수 있는 회류식 대형 풍동이 있고, 창이나 방의 배치를 변경할 수 있는 실물 크기의 건물임	

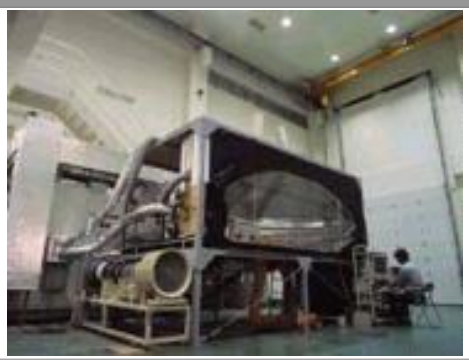
일본 건축연구소 건축환경실험동 (계속)			
장비 및 시설	업무용 공조설비 성능평가 실험실		
	분야	미시 특정환경 모사 - 특정성능 평가	
	성능	온도	O (-10~40℃)
		습도	O (30~90%)
		일사	X
		강우	X
		강설	X
		규모	실내기용 3Set, 실외기용 1Set
	내용	실내외 환경 조건에 따른 업무용 공조설비 (히트펌프 등)의 성능, 효율, 에너지 소요량 등의 평가 가능	
	특징	대규모 공간에 특정성능을 평가할 수 있는 장비 4 Set 및 제어반, 부대 실험시설 등이 구비되어 있어, 동시에 여러 가지(Multi) 실험 수행 가능	

일본 TAISEI[30]			
개요	인공기상실은 중규모 실험실로서, 구조물 부재단위 열성능 실험이 가능함		
장비 및 시설	인공기상실		
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 중형 기후환경 모사	
	성능	온도	O
		습도	O
		바람	X
		일사	O
		강우	O
		강설	X
	내용	다양한 기상 조건을 재현하는 것으로, 재료 평가에서부터 각종 건물 실내외의 온열 환경 평가까지 가능함	
	특징	극한 지에서 사막 지역까지 전세계의 기상 조건을 재현 할 수 있음	

30) TAISEI 기술센터 (http://www.taisei.co.jp/giken/action/research/index.html)

일본 HAZAMA ANDO 기술연구소[31]			
개요	▪ 인공기후실은 소형 실험실(3.7m X 3.6m X 3.4m)로서, 구조물 부재단위 열성능/내후/내구성실험이 가능함 ▪ 대형항온항습실은 중형 실험실 (5.5m X 8.6m X 3.4m)로서 구조물 부재단위 열성능실험이 가능함 ▪ 공조실험실은 대형 실험실 (15m X 10m X 10m)로서 구조물 실물 규모에 대한 종합성능 평가실험이 가능함		
장비 및 시설	인공기후실		
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 소형 기후환경 모사	
	성능	온도	O(-30~80℃)
		습도	O (40~95%)
		일사	O (0~800kcal/m^2h)
		강우	O (0~100mm/h)
		강설	O (0~25mm/h)
		규모	3.7m X 3.6m X 3.4m
	내용	온도, 습도, 일사, 강우, 강설까지 다양한 인공기후를 조성할 수 있음	
	특징	설비 기기 · 재료의 열적 성능과 내후성을 확인하기 위한 시험과 쾌적성 평가를 수행하는 피험자 실험 실시 가능	

31) Hazama 기술연구소 (http://www.ad-hzm.co.jp/tr/giken/kan.html)

일본 HAZAMA ANDO 기술연구소 (계속)			
장비 및 시설	대형 항온항습실		
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 중형 기후환경 모사	
	성능	온도	O(-30~80℃)
		습도	O (40~95%)
		일사	X
		강우	X
		강설	X
		규모	5.5m X 8.6m X 3.4m
	내용	인접한 인공 기후 실 격벽에 샷시 등의 전장 건축 자재를 장착 한 후, 온습도를 조절하여 결로, 단열 성능 시험 등을 실시	
	특징	중규모로서, 실내 공간에서 각종 모형실험을 수행함	
	공조실험실		
			
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 대형 기후환경 모사	
	성능	온도	O(15~35℃)
		습도	O (40~85%)
		일사	O (0~800kcal/m^2h)
		강우	X
		강설	X
		규모	15m X 10m X 10m
	내용	실험용 냉온수 열원시설, 모형 실험용 냉온풍 공급 설비 등 대규모 장비 및 실물 규모 건축물의 시험 실시	
	특징	대규모이며 실내 공간에서 각종 실물실험을 수행함	

일본 Fukui Prefecture 공업기술센터[32]			
개요	인공적으로 다양한 기상 조건을 만들어 그 환경에서 건축자재, 기능성 재료 뿐 아니라 전자, 기계 부품, 의류 등 각종 제품 및 재료의 성능을 평가 · 확인할 수 있는 다환경 실험시설		
장비 및 시설	인공기상실		
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 소형 기후환경 모사	
	성능	온도	O(-40~80℃)
		습도	O (30~90%)
		일사	X
		강우	O (0~200mm/h)
		강설	O (0~20mm/h)
		규모	4m X 5m X 4.5m
	내용	온도, 습도, 강우, 강설까지 다양한 인공기후를 조성할 수 있음	
	특징	복합 기상 조건을 정밀하게 변화시키면서 컨트롤이 가능하여, 복합적인 동적 환경에서 제품 전체를 동적으로 평가할 수 있음.	

32) Fukui Prefecture 기술연구소 (http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/machines/list/00734.html)

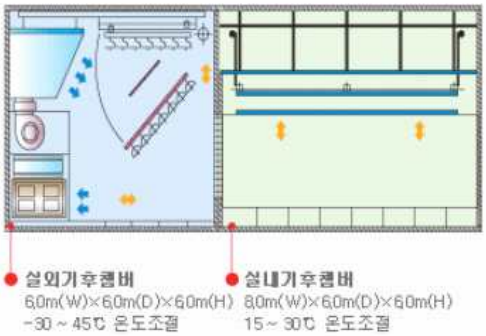
<table>
<tr><th colspan="4">일본 Tokyu 건설 기술연구소33)</th></tr>
<tr><td>개요</td><td colspan="3">▪ 온도, 습도, 일사량, 강우, 강설, 바람 등 자연의 기상 조건을 실험실에서 재현할 수 있는 실험시설
▪ 건축물에 관련된 각종 재료 및 기계 장치는 물론, 다른 제품 및 장비 등의 열성능 등 다양한 성능을 모든 기상 조건에서 실험 할 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="10">장비
및
시설</td><td colspan="3">인공기상실</td></tr>
<tr><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td>분야</td><td colspan="2">거시 자연 기후환경 모사 - 중형 기후환경 모사</td></tr>
<tr><td rowspan="6">성능</td><td>온도</td><td>O (-50~60℃)</td></tr>
<tr><td>습도</td><td>O (10~90%)</td></tr>
<tr><td>일사</td><td>O (0~1000Wl/m^2)</td></tr>
<tr><td>강우</td><td>O (0~300mm/h)</td></tr>
<tr><td>강설</td><td>O (0~12.5mm/h)</td></tr>
<tr><td>규모</td><td>5m X 12.5m X 5.6m</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="2">외벽이나 창문 등의 단열 성능 실험, 벽이나 바닥 등의 결로 실험, 공조 · 환기에 의한 실내 환경 실험, 환기구 등 외부 개구부의 방수, 방풍 실험, 채광 관련 실험, 태양광, 태양열 이용 기기의 성능 실험, 각종 기기의 내한 · 내열성 실험 등이 가능한 실험시설</td></tr>
<tr><td>특징</td><td colspan="2">실험실이 크기 때문에 거의 실물에 가까운 크기의 시험체를 이용한 실험이 가능.</td></tr>
</table>

NRC-IRC[34]			
개요	Envelope Environmental Exposure Facility는 소규모 실험실(2.43m X 2.43m) 로서, 구조물 부재단위 열성능 실험이 가능함		
장비 및 시설	Envelope Environmental Exposure Facility (EEEF)		
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 소형 기후환경 모사	
	성능	온도	O (-47~48℃)
		습도	O (10~100%)
		바람	O (1~15m/s)
		일사	X
		강우	O (0.4~4L/분m^2)
		강설	X
	내용	▪ NRC 내의 Hygrothermal performance of buildings 부분에서 활용되는 facility로써, 온습도, 풍속, 풍압, 강우를 모사할 수 있음 ▪ 외부 기후에 따른 벽체 성능을 실험할 수 있음	
	특징	▪ 바람 부분에서는 풍속은 물론 풍압까지 모사할 수 있음 ▪ 비교적 많은 부분의 열이 적외선 영역으로 들어오도록 하였고, 강우 모사를 위한 스프레이도 다른 두 가지 타입을 적용함	

33) Tokyu건설 기술연구소 (http://const.tokyu.com/lab/03.html)
34) NRC IRC 홈페이지 (http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/facilities/hygrothermal.html, http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/eng/facilities/irc/environmental-exposure.html)

일본 도시재생기구 기술연구소			
개요	철골조 108m의 타워를 활용하여 특히 현장 검증이 필요한 과제의 실험 · 연구를 실시		
장비 및 시설	초고층주택 실험타워		
	분야	수직 고층환경모사- 타워 실험시설	
	성능	높이	108m
	내용	초고층 주택의 발코니 형상에 따른 거주성 연구, 옥외 폭로실험, 초고층 주택의 급배수 설비 등의 연구, 높은 위치에서의 온습도 환경 연구, 강풍 시의 거주성 연구 등에 대한 실험에 활용	
	특징	풍속, 풍향의 장기 측정도 가능	

다. 국내 실험시설

<table>
<tr><th colspan="4">대우건설 기술연구원[35]</th></tr>
<tr><td>개요</td><td colspan="3">설비실험동의 실외기후챔버는 소규모 실험실(6.0m X 6.0m X 6.0m)로서, 구조물 부재단위 열성능실험이 가능함</td></tr>
<tr><td rowspan="9">장비 및 시설</td><td colspan="3">설비실험동 - 실외기후챔버</td></tr>
<tr><td colspan="3">
인공기후 실험챔버


일사장치

강우장치

실내기후챔버 내부</td></tr>
<tr><td>분야</td><td colspan="2">거시 자연 기후환경 모사 - 소형 기후환경 모사</td></tr>
<tr><td rowspan="6">성능</td><td>온도</td><td>O (-30~45℃)</td></tr>
<tr><td>습도</td><td>O (30~90%)</td></tr>
<tr><td>바람</td><td>X</td></tr>
<tr><td>일사</td><td>O (0~1000 W/m^2)</td></tr>
<tr><td>강우</td><td>O (30~100mm/h)</td></tr>
<tr><td>강설</td><td>X</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="2">설비실험동은 인공기후 실험 챔버 및 IAQ(Indoor Air Quality) 분석실 등을 구축하여 건축환경 및 설비에 관한 연구를 종합적으로 수행할 수 있도록 설계됨</td></tr>
<tr><td>특징</td><td colspan="2">역학시험, 음향 및 진동시험 관련 KOLAS 인증 공인 시험기관임</td></tr>
</table>

35) 대우건설기술연구원 홈페이지 (http://www.dwconst.re.kr)

삼성건설 기술연구소[36]			
개요	결로성능실험실의 저온실은 소규모 실험실 (2.3m X 4.0m X 3.2m)로서, 구조물 부재단위 열성능 평가가 가능한 실험실		
장비 및 시설	결로성능실험실 - 저온실		
	분야	미시 특정환경 모사 - 특정성능 평가	
	성능	온도	O (-15~30℃)
		습도	X
		바람	X
		일사	X
		강우	X
		강설	X
	내용	건축물의 투명외장재 적용 증가로 인한 에너지 소비량 증가, 기밀성능향상에 따른 환기 부족 등의 문제를 효과적이고 친환경적으로 대응할 수 있도록, 외주부 열부하 저감기술, 환기 성능 개선기술, 단열성능 평가관련 연구를 진행	
	특징	열 및 온도측정에 대한 시험업무는 1999년 국제공인시험기관 (KOLAS: Korea Laboratory Accreditation Scheme)인정 획등	

36) 삼성건설기술연구센터 홈페이지 (http://www.secc.co.kr/samsungtech/index.html)
강영길, 삼성건설 기술연구소의 친환경 저에너지 연구시설과 연구동향, 그린빌딩(한국그린빌딩의회지) v.8 v.4, 2007

현대건설 연구시설[37]			
개요	인공기후실의 저온실은 소규모 실험실 (8.9m X 3.6m X 8.6m)로서, 구조물 부재단위 열성능 평가가 가능한 실험실		
장비 및 시설	인공기후실		
	분야	거시 자연 기후환경 모사 - 중형 기후환경 모사	
	성능	온도	O (-40~60℃)
		습도	O (30~85%)
		바람	O (5~15m/s)
		일사	O (0~1000W/m^2)
		강우	O (15~35, 45~100mm/h)
		강설	O
	내용	온도, 습도, 풍속, 강우 및 일사량 등의 기후요소 조절을 통한 다양한 기후모사(혹한, 혹서, 강우, 강설)가 가능하며, 온열감, 열교 및 열부하, 온도차 환기, 재료물성치, 각종 모형실험, 온습도에 따른 기기 효율 평가에 활용함	
	특징	다양한 열성능 이외에 재료실험 양생에도 사용되고 있음	

37) 현대건설 홈페이지 (http://www.hdec.kr/)
이상형, 현대건설 건축기술부 실험시설 및 연구동향, 그린빌딩(한국그린빌딩의회지) v.8 v.4, 2007

라. 소결

- 기존의 시방설계(PD : Prescriptive Design)에서 성능위주설계(PBD : Performance Based Design)로의 변화가 활발히 진행되고 있음
  - 건물이나 건조물이 시방에 따른 설계에서 그치는 것이 아니라, 실제로 내는 성능을 평가하여 이를 반영한 설계가 강조되고 있음
  - 초기 PBD에서는 부재 단위의 성능(Individual Performance)을 평가하였는데, 이는 각 요소를 평가하여 전체를 가늠하는 방식이었으나, 각 요소가 결합할 때도 다양한 오차요인이 발생하므로, 전체 성능(Overall Performance) 평가가 대두되고 있음
  - 현재까지는 공간, 비용적인 문제에 의하여 활발히 이루어지지 않고 있지만, 건설 산업의 발전을 위해서는 꼭 필요한 분야임
- 현재까지는 특정 실험의 수행에 목적을 두고 단일 실험장만을 갖춘 실험시설을 건설하였으나 실험실 수요가 높아짐에 따라 복수의 실험 수행이 가능한 실험시설이 필요함
  - 다양한 실험이 비교되거나 관련되는 경우, 다른 실험시설에서 다른 조건 하에 실험을 진행하게 되어, 그 신뢰성은 낮아지게 됨
  - 관련되는 다양한 연구를 한 실험시설에서 수행할 수 있으면, 실시간으로 비교/모니터링이 가능하다는 장점이 있음
- 현존하는 거시 자연환경 모사 실험시설은 기후요소 제어 및 규모에 한계점이 있음
  - 국내외 모든 기후요소를 제어할 수 있는 실험시설은 매우 부족하며, 해외의 경우도 건설 구조물 아닌 차량(벤츠社 실험시설) 등에 대한 성능평가 목적의 실험시설임
  - 국내에서 기후요소 제어 가능한 실험시설은 중형 수준으로(현대건설 기술연구소 8.9 x 8.6 x 3.6m) 건물이나 기간시설 등 건축물 실물 규모의 종합성능 평가는 어려움
- 단일 목적으로 운영되는 미시 특정환경 모사 실험시설이 대부분이며 수용 포화상태임
  - 열관류율, 결로방지성능, 기밀/수밀성능 등 특정성능에 대한 평가만이 가능한 단일 목적 미시 특정환경 모사 실험시설이 대부분임
  - 고효율 기자재 인증제도, 창호 에너지효율등급제도 등이 시행됨에 따라, 기존 실험시설의 수용능력이 포화상태로 장시간 대기해야 할 뿐 아니라, 연구목적 이용이 어려운 상황임

- 복수의 성능을 복합적으로 동시에 평가할 수 있는 실험시설은 전무한 실정임

- 국내외에서 수직 고층 건축환경에 대한 연구가 활발히 수행중이나 국내에 관련 연구 시설은 없음
  - 국내에 고층 환경에서의 배관/덕트 등 반송기기 성능평가가 가능한 시설은 없음
  - 초고층 건축물 건설 사례가 증가함에 따라 초고층 건축물에서의 환경성능 및 설비성능 개선기술 개발 연구 활발히 수행 중
  - 초고층 건축물에서의 덕트/배관을 통한 유체 수직반송 성능에 대한 평가하는 연구도 활발히 수행 중

〈표 2-2〉 국내외 실험시설 현황 비교

구분	실험시설	거시 자연 기후환경															미시 특정환경	수직 고층환경
		대형 기후환경					중형 기후환경					소형 기후환경					특정성능 평가	타워 실험시설
		온도	습도	일사	강우	강설	온도	습도	일사	강우	강설	온도	습도	일사	강우	강설		
해외	미국 NIST																○	
	미국 ORNL											○	○	○				
	일본 건축연구소						○	○	○								○	
	일본 TAISEI						○	○	○	○								
	일본 HAZAMA ANDO	○	○	○			○	○				○	○	○	○	○		
	일본 Fukui Prefecture											○	○		○	○		
	일본 Tokyu건설						○	○	○	○	○							
	캐나다 NRC-IRC						○	○		○								
	일본 도시재생기구																	○
국내	대우건설											○	○	○	○			
	현대건설						○	○	○	○	○							
	삼성건설																○	
	한국건설생활시험연구원																○	
기존 최대 성능 (기능, 규모,개수)		15~35℃	40~85%	930 W/m^2			-50~60℃	10~95%	1000 W/m^2	300 mm/h	12.5 mm/h	-30~80℃	40~95%	930 W/m^2	100 mm/h	25 mm/h	국제 규격 시험 가능 수준	높이 108m
		15m x 15m x 10m, 1Set					5m x 12.5m x 5.6m, 1Set					3.7m x 3.6m x 3.4m, 1Set						

제3절 실험시설 최소요구성능

가. 실험시설 구축 주안점

- 실험시설의 활용도의 극대화가 필요함
  - 연구 기능(Research) 및 용역 기능(Service)을 동시에 확보하여야 함
    - 연구 기능을 주용도(70%)로 다양한 건축 환경 분야의 실험을 수행할 수 있도록 설계하는 것을 원칙으로 함
    - 부가적으로 용역을 수행(30%)할 수 있도록 함으로써 실험시설 활용도를 극대화 함
  - 실험시설이 국제적인 기준에 적합한 역량을 갖추도록 해야함
    - 국제적 기준을 포괄하는 성능 평가를 통해, 국제 기준의 국내 적용 및 관련 분야 기술 개발을 유도할 수 있는 역할을 수행하도록 함
    - KS 및 EN, ASTM, ISO 등 국제적 기준을 만족시키는 실험 시설 구축을 통하여 국제적 기준에 의거한 실험을 수행할 수 있도록 함
    - 기후변화대응 다환경 실험시설의 규모/목표 성능은 세계 수준을 목표로 함
  - 다양한 기후 및 환경조건에 대한 실험 수행을 가능하게 하며, 대상 실험체를 다양화하여 활용성을 높임
    - 기후 뿐 아니라, 냉동시설 등의 인공적인 특정 극한 환경에서의 다양한 제품에 대한 성능을 실험할 수 있어 시설 활용도가 극대화됨
    - 건물 및 구조물 이외에도 환경이 조절되는 상태 하에서의 실험이 필요한 자동차, 소형 비행기, 철도 등의 시험도 가능하도록 설계함
- 실험시설의 에너지 효율을 면밀히 고려한 설계/구축이 필요함
  - 실험시설의 건축, 장비 및 기기가 에너지 효율적으로 설계되어야 함
  - 실험시설 운영 측면에서의 에너지 효율성을 제고하여야 함
- 실험시설의 효율적인 공간운영이 필요함
  - 실험체의 설치 및 해체가 용이한 구조를 확보하여야 함
    - 고정된 시험체(예, 주택 등)가 있을 경우 타 시험이 불가하므로, 설치 및 해체가 용이한 실험체를

이용함으로써 실험시설의 활용도 및 운영 효율성 제고 가능함

- 실험체 동선을 분리하여 시설 활용 효율성을 높임
  - 실험체를 외부에서 만들어 레일 또는 크레인을 활용하여 실험시설 내부로 반입하도록 하는 등 실험체 동선을 분리함
  - 레일로 이동하는 실험체의 경우, 실험체 이동을 위한 레일을 마련하고, 해당 동선에 방해물이 없도록 설계하며 단순한 경로를 이용할 수 있는 형태로 레일을 설계함
  - 주요한 곳에 크레인을 설치하고 해당 크레인의 적용범위에 따라 실험체의 동선을 분리하며, 크레인의 최대 하중을 고려하여 설계하되 과하지 않은 범위에서 동선을 설계함

- 실험시설 활용 안전성을 확보하여야 함
  - 화학적 위험(화재, 폭발, 중독, 오염)에 의한 실험자의 피해를 최소화해야 함
    - 시설 전체에 방화를 고려한 자재를 활용해야 하며 가연성 물질과 폭발의 위험이 있는 물질은 별도 보관하여야 함
    - 유독성, 오염 물질을 별도 보관하여야 함
  - 물리적 위험에 의한 실험자의 피해(화상, 동상, 난청, 절단 등 신체상해)를 최소화하여야 함
    - 극냉/극서 실험 시, 비상등 점등 및 자동 및 수동 개폐 장치를 설치하여 실험자나 방문객의 피해를 막음
    - 소음이 많이 나는 기기 주변에는 방음을 하여 청각 손상을 방지함
    - 각 기기에는 기기 사용 시 발생할 수 있는 인체 상해에 대한 경고문을 부착하여 인체 상해를 최소화 함
  - 본 시설에서는 전기사용량이 많아 전기사고의 발생가능성이 높으므로 전기 위험에 대비한 실험시설 구축이 요구됨
    - 붕괴, 침하, 비래에 의한 실험자의 피해를 최소화할 수 있도록 위험에 대비한 시설 구축이 요구됨
    - 설치되는 시설 및 반입되는 재료 및 시설의 하중을 견딜 수 있도록 바닥 하중을 계산함
    - 간헐적으로 그물막 등 비래하는 물질을 막을 수 있는 안전장치를 설치함

나. 실험시설 후보시설

- 거시 자연 기후환경 모사 분야의 후보시설은 기후환경 실험시설임

- 기후환경 실험시설은 인공기후를 조성하여 실제 자연의 기후를 모사할 수 있도록 하는 시설임

- 미시 특정환경 모사(열환경) 분야의 후보시설은 외피 열류 실험시설, 외피 일사 실험시설, 외피 기밀도 실험시설, 온열 쾌적 실험시설, 환기 실험시설임
  - 외피 열류 실험시설은 열성능, 압력, 기밀도, 수밀도 등을 실험할 수 있는 시설임
  - 외피 일사 실험시설은 창호의 에너지 성능을 실험할 수 있는 시설임
  - 외피 기밀도 실험시설은 창호 시스템 및 커튼월, 컴포넌트의 기밀도를 실험할 수 있는 시설임
  - 온열 쾌적 실험시설은 온열환경 제어실험, 주광 제어실험, 외피를 실험할 수 있는 시설임
  - 환기 실험시설은 환기 및 통풍성능 실험을 할 수 있는 시설임

- 미시 특정환경 모사(공기환경) 분야의 후보시설은 IAQ 실험시설과 대형/중형/소형 챔버임
  - IAQ 실험시설은 IAQ 실험과 관련된 제반 시설임
  - 대형, 중형, 소형 챔버는 다양한 규모의 자재 및 재품에 대한 오염물질 방출 정도를 실험할 수 있는 시설임

- 미시 특정환경 모사(기계설비) 분야의 후보시설은 온열 환경 실험시설과 환기 시스템 실험시설임
  - 온열 환경 실험시설은 기계설비에 의한 온열 환경 조성에 대한 실험을 수행하는 시설임
  - 환기 시스템 실험시설은 기계설비에 의한 환기 실험을 수행하는 시설임

- 미시 특정환경 모사(Intelligence) 분야의 후보시설은 Intelligence 실험시설임
  - Intelligence 실험시설은 사무실 및 주거환경에서의 증강현실 및 In situ experiment 실험시설임

- 미시 특정환경 모사(빛환경) 분야의 후보시설은 Sky Simulator, 인공조명 실물 대모형 실험실, 조명 이미지 분석실, 인공광원 성능시험실, 조명실험 준비실임
  - Sky Simulator는 건축물의 자연채광성능, 조명에너지 등을 실험할 수 있는 시설임
  - 인공조명 실물 대모형 실험실은 인공조명 성능 및 조명에너지 등을 실험할 수 있는 시설임
  - 조명 이미지 분석실은 야간경관조명 및 광공해 분석을 위한 디지털 조명 분석을 위한 시설임
  - 인공 광원 성능시험실은 개발된 신형 전기 조명원 및 조명기구의 성능을 실험할 수 있는 시설임

- 조명실험 준비실은 조명성능분석을 위한 건축모형 제작 및 인공조명 실물대모형 제작시설임

- 미시 특정환경 모사(전기설비) 분야의 후보시설은 Work place Facility, House Facility, 자동제어 유비쿼터스 실험실임
  - Work place Facility는 사무실에서의 전기설비 실험이 수행 가능한 시설임
  - House Facility 주거환경에서의 전기설비 실험이 수행 가능한 시설임
  - 자동 제어, 유비쿼터스 실험실은 전기설비 관련 제어 및 측정기기 설치하여 실험할 수 있는 시설임
- 미시 특정환경 모사(친환경 에너지) 분야의 후보시설은 환경공생 실험야드와 친환경기술 실험동임
  - 환경공생 실험야드는 실제 외부 환경이 모사되어 있는 시설임
  - 친환경기술 실험동은 재료, 설비시스템 등 친환경 요소를 전체적으로 실험할 수 있는 시설임
- 수직 고층환경 모사 분야의 후보시설은 타워 실험시설임
  - 타워 실험시설은 자연 상태의 고지대 환경, 고풍압, 수압, 고층 배수 낙하 등을 모사할 수 있도록 하는 시설임
- 후보시설별 세부사항은 다음과 같음

〈표 2-3〉 기후변화대응 다환경 실험시설 후보시설

구분		후보시설	세부내용
거시 자연 기후환경 모사		기후환경 실험시설	▪ 인공 강수, 인공 강설, 일사 장치 등을 갖춘 대형 인공기후 돔
미시 특정 환경 모사	열환경	외피 열류 실험시설	▪ 실물 벽체/창호/지붕재/바닥재 시험용 챔버 및 Performance Box ▪ 열성능/압력/기밀도/수밀도 시험 등
		외피 일사 실험시설	▪ 창호의 에너지성능 실험
		외피 기밀도 실험시설	▪ 건물의 창호 시스템(문, 창문)과 커튼월의 기밀도 측정 ▪ 실제 건물에 설치된 유형이 아닌 해당 component의 기밀도 측정.
		온열 쾌적 실험시설	▪ 온열환경 조성장치, 빛환경 조성장치, Thermal Mannequin ▪ 온열환경 제어실험, 주광 제어실험, 외피 실험 등 ▪ 인체 쾌적 실험 등
		환기 실험시설	▪ 대형 풍동 및 개구부/방배치 변경 가능한 Mock-up 건물 ▪ 환기 및 통풍성능 실험, 자연환기구 성능 실험 등

구분		후보시설	세부내용
	공기 환경	IAQ 실험시설	▪ IAQ 실험 관련 제반 시설
		대형, 중형, 소형 챔버	▪ 다양한 규모의 자재/제품 오염물질 방출 실험
	기계 설비	온열 환경 실험시설	▪ 실험환경을 조성하기 위한 냉난방열원기기, 공조기, 송풍기, 펌프 등을 설치하기 위한 기계실 ▪ 덕트/디퓨저/FCU/VAV 유니트 등을 설치하기 위한 실물규모 공간 ▪ 실험데이터를 저장 분석하고 제어하기 위한 제어실 ▪ 열원기기 및 측정장비
		환기 시스템 실험시설	▪ 실물규모의 환기시스템을 설치하기 위한 실험공간 ▪ 실험환경조성을 위한 열원기기, 공조기, 펌프 등 기기를 설치하기 위한 기계실 ▪ 실험데이터를 저장 분석하고 제어하기 위한 제어실 ▪ 열원기기 및 측정장비
	Intelli-gence	Intelligence 실험시설	▪ 사무실 또는 주거환경에서 증강현실 및 In situ experiment를 위한 시설
	빛환경	Sky Simulator	▪ 천공의 인위적 설정을 위한 실험 장치 ▪ 건축물의 자연채광성능 평가 ▪ 조명에너지 절감량 분석 ▪ 직사광의 빛환경 영향 평가 ▪ 인공태양을 이용한 음영 평가 ▪ 법적 일조시간 측정 및 분석 ▪ 원격제어형 인공태양 구비 ▪ 헬리오돈 및 Light Box (10'X10'X10') 구비
		인공조명 실물 대모형 실험실	▪ 인공조명 성능 평가를 위한 실험 장치 ▪ 조명 환경의 심리적 선호도 평가 ▪ 조명에너지 소비량 분석 ▪ 인공조명 환경 내 연색성 분석 ▪ Model Scope, Image capturing system 등으로 시각자료 측정
		조명 이미지 분석실	▪ 야간경관조명 및 광공해 분석을 위한 디지털 조명 분석 ▪ 경관조명의 색채 분석 ▪ 경관조명의 심리적 선호도 조사 ▪ Lighting modeling system / digital image capturing system / pro-metric system 등으로 분석시스템 구성
		인공 광원 성능시험실	▪ 개발된 신형 전기 조명원 및 조명기구의 성능 실험 ▪ 전기 조명원 및 조명기구의 배광 특성 및 광속 측정
		조명실험 준비실	▪ 조명성능분석을 위한 건축모형 제작 ▪ 인공조명 실물대모형 제작
	전기	Work place	▪ 사무실에서의 전기설비 실험을 위한 시설

구분		후보시설	세부내용
	설비	Facility	▪ 실물 규모의 Mock-up 건물을 요함
		House Facility	▪ 주거에서의 전기설비 실험을 위한 시설 ▪ 실물 규모의 Mock-up 건물을 요함
		자동 제어 유비쿼터스 실험실	▪ 전기설비 관련 제어와 측정 기기를 설치할 수 있는 제어실
	친환경 에너지	환경공생 실험야드	▪ 실제 외부 환경이 모사되어 있는 실험야드
		친환경기술 실험동	▪ 재료, 설비시스템 등 친환경 요소를 전체적으로 실험할 수 있는 실험동
수직 고층환경 모사		타워 실험시설	▪ 초고층 주거의 발코니 형상에 따른 거주성 실험 ▪ 층별 온도, 습도, 일사량 계측, 풍속, 풍량, 풍향 측정 등 ▪ 초고층 외피구조 특성 실험 ▪ 배관시스템을 설치하기 위한 High-rise Piping Tower ▪ 펌프 등 수반송 기기를 설치하기 위한 기계실 ▪ 실험데이터를 저장 분석하고 제어하기 위한 제어실 ▪ 열원기기 및 측정장비

다. 후보시설 우선순위 평가

- 후보시설과 국내 관련분야 기존 실험시설과의 중복성 평가 결과 중복성 있는 후보시설은 없는 것으로 평가됨

- 후보시설에 대한 우선순위는 본 실험시설에 반드시 구축되어야 할 후보시설은 1순위로, 유치기관이 자율적으로 선택할 수 있는 후보시설은 2순위로 평가함

  - 기후환경 실험시설은 환경성능과 장비성능을 모두 실험할 수 있으며, 규모 및 구현기능 측면에서 국내외 실험시설과의 유사성이 낮으므로 1순위로 평가함

    - 본 기후환경 실험시설은 온도, 습도, 일사, 강우, 강설을 모두 모사할 수 있으며, 대형 규모로 건설하여, 건축 및 타 분야에서 다양한 규모에 대한 R&D에 활용될 수 있는 시설임

    - 국내의 시설로는 건물이나 기간시설 등 건축물 실물 규모의 종합성능 평가가 어려움

    - 기존 국내 및 국외 사례와 부분적으로 유사하나, 대형 규모로서 온도, 습도, 일사, 강우, 강설을 모두 모사할 수 있으므로 중복성은 낮다고 판단됨

  - 타워 실험시설의 경우 국내에서 본 실험시설과 같이 고층 환경에서의 배관/덕트 등 반송기기 성능을 평가할 수 있는 시설이 없어 1순위로 평가함

    - 타워 실험시설은 국내에는 아직 건설되지 않은 시설이나, 해외에는 필요에 의해 건설된 시설이라는 점에서 중요성이 있음

    - 국외의 시설을 벤치마킹하여 국내의 현실에 맞도록 건설할 필요가 있음

  - 미시특정환경 모사 분야 중 열환경, 공기환경, 기계설비 분야 시설은 활용 수요가 높고, Intelligence 분야 시설은 연구분야의 향후 발전 가능성이 높아 1순위로 평가함

  - 미시특정환경 모사 분야 중 빛환경, 전기설비, 친환경/에너지 분야의 후보시설 중, 공간적, 비용적 문제와 중복성을 고려하여 적합한 후보시설을 유치기관이 자율적으로 포함시킬 수 있음

〈표 2-4〉 후보시설 우선순위 평가 결과

분야		후보시설	우선순위	중복성
거시 자연 기후환경 모사		기후환경 실험시설	1	없음
미시 특정환경 모사	열환경	외피 열류 실험시설	1	없음
		외피 일사 실험시설	1	없음
		외피 기밀도 실험시설	1	없음
		온열 쾌적 실험시설	1	없음
		환기 실험시설	1	없음
	공기환경	IAQ 실험시설	1	없음
		대형, 중형, 소형 챔버	1	없음
	기계설비	온열 환경 실험시설	1	없음
		환기 시스템 실험시설	1	없음
	Intelligence	Intelligence 실험시설	1	없음
	빛환경	Sky Simulator	2	없음
		인공조명 실물 대모형 실험실	2	없음
		조명 이미지 분석실	2	없음
		인공 광원 성능시험실	2	없음
		조명실험 준비실	2	없음
	전기설비	Work place Facility	2	없음
		House Facility	2	없음
		자동 제어 유비쿼터스 실험실	2	없음
	친환경 에너지	환경공생 실험야드	2	없음
		친환경기술 실험동	2	없음
수직 고층환경 모사		타워 실험시설	1	없음

라. 목표 성능수준

- 기후환경 실험시설은 거시적 자연 기후환경(global climate)을 모사할 수 있는 시설로, 환경조절 가능 범위에 따라 대형(1개), 중형(2개), 소형(2개) 실험실로 다시 세분화하여 구성함
  - 대형 기후환경 실험시설의 목표 성능수준 도출 근거는 다음과 같음
    - 10m×10m 공동주택 1개 세대 실험이 가능하여야 함
    - 공동주택 4개층, 업무시설 2개층, 단독주택 2층+박공지붕 규모의 실험체 실험 이 가능한 수준이어야 함
    - 10m×10m 주택 지붕면적 기준으로 일사 조사량을 산정함
    - 실험실 규모(대형)를 반영하여 온습도 조절 범위를 결정함
  - 중형 기후환경 실험시설의 목표 성능수준 도출 근거는 다음과 같음
    - Mock -up 실험체의 실험이 가능한 수준이어야 함
    - 중규모 건축설비의 극한/극서 실험이 가능한 수준이어야 함
    - 동시 비교 실험이 가능하도록 2 Set가 구비되어야 함
  - 소형 기후환경 실험시설의 목표 성능수준 도출 근거는 다음과 같음
    - 소규모 건축설비 기기의 극한/극서 실험이 가능한 수준이어야 함
    - 건축 부재의 극한/극서 실험이 가능한 수준이어야 함
    - 전자 제품 등 소규모 기타 품목의 극한/극서 실험이 가능한 수준이어야 함
    - 동시 비교 실험이 가능하도록 2 Set가 구비되어야 함
- 특정성능 평가 실험시설은 미시적인 특정 환경조건 하에서의 환경/장비 성능 평가를 실험시설로, 평가항목과 목적에 따라 필요 시 설치 및 변경이 가능하도록 공간과 설비를 구성함
  - 특정성능 평가 실험시설의 목표 성능수준 도출 근거는 다음과 같음
    - 다양한 실험시설들을 설치할 수 있는 공간을 확보해야 함
    - 실험시설 내의 기기가 원활히 작동할 수 있는 온도 및 습도 수준을 확보해야 함
    - 실험자가 쾌적을 느끼는 정도의 온도 및 습도 수준을 확보해야 함
- 타워 실험시설 고층건물의 배관 및 덕트 성능실험을 수행할 수 있도록 구성함

- 타워 실험시설은 10개층 규모의 고층건물을 모사할 수 있도록 성능을 도출함

〈표 2-5〉 기후변화대응 다환경 실험시설 목표 성능수준

실험분야	세부시설	설비/장비	목표 성능
거시 자연 기후환경 모사	대형 기후환경 실험시설	실험실	20m×25m×20m
		공기조화설비	온도 : -10℃ ~ +50℃ 습도 : 10% ~ 90%
		일사 모사장비	일사 : 1,000W/m^2 일사 조사면적 : 10m×10m
		강우 모사장비	강우 : 150mm/h
		강설 모사장비	강설 : 30mm/h
	중형 기후환경 실험시설	실험실	10m×10m×4.5m
		공기조화설비	온도 : -30℃ ~ +80℃ 습도 : 10% ~ 90%
		일사 모사장비	일사 : 1,000W/m^2 일사 조사면적 : 2m×2m
		강우 모사장비	강우 : 150mm/h
		강설 모사장비	강설 : 30mm/h
	소형 기후환경 실험시설	실험실	5m×5m×3.5m
		공기조화설비	온도 : -40℃ ~ +80℃ 습도 : 10% ~ 90%
		일사 모사장비	일사 : 1,000W/m^2 일사 조사면적 : 1.5m×1.5m
		강우 모사장비	강우 : 150mm/h
		강설 모사장비	강설 : 30mm/h
미시 특정 환경 모사	특정성능 평가 실험시설	규모	특정성능 실험장비 설치 가능 면적 (800m^2 내외)
		공기조화설비	각 실험 수행에 적정한 환경
		특정성능 실험장비	각 성능별 국제 수준 시험 가능 장비 (4 Set 이상)
수직 고층환경 모사	타워 실험시설	유체역학적 저항 실험시설	최대공급압력 : 10kgf/cm^2 최대공급유량 : 20LPM
		분배시스템 Mock-up 실험시설	공급온도범위 : 5 ~ 80℃

마. 차별성

- 다양한 거시적 자연 기후환경의(global climate) 모사가 가능함
  - 본 실험시설은 온도, 습도, 기류, 일사, 강우, 강설 등 6개 기후요소를 넓은 범위에서 제어할 수 있도록 설계됨
  - 극냉/극서 조건을 포함하는 국내외의 실제 자연 상태와 유사하게 기후환경을 인공적으로 구현할 수 있으므로, 국내외 기후와 관련한 모든 건설 관련 실험을 수행하는데 적합함
  - 광범위한 범위의 기후환경 조절 성능을 확보하여 다양한 기후 환경모사가 가능하므로 실험시설의 효율적 활용이 가능함
- 다양한 평가 목적과 항목에 대한 규모별 평가 수행이 가능함
  - 대형 기후환경 실험시설은 대규모로 계획하여, 건물과 건조물 단위의 종합 성능(Overall performance)을 평가할 수 있음
  - 중형 기후환경 실험시설은 국내외 기후환경(극냉/극서 포함)에서의 Mock-up 시험체 규모 시설의 열/에너지/실내환경/쾌적 성능 등과 대/중규모 건축설비/기기/장비의 성능을 평가할 수 있음
  - 소형 기후환경 실험시설은 국내외 기후환경(극냉/극서 포함)에서의 시설 부재단위 및 소규모 건축설비/기기/장비 성능을 평가할 수 있을 뿐 아니라, 국내외 기후환경에서의 전자제품 등 소규모 기타 품목의 성능 실험이 가능함
- 특정조건하에서의 특정성능 평가의 복합적 수행이 가능함
  - 특정 개별 실험 뿐 아니라 복수의 실험을 복합적으로 수행할 수 있으며, 실시간으로 비교/모니터링이 가능함
  - 미시적 환경조건에서의 특정성능에 대한 집중적 평가가 가능할 뿐 아니라, 실험시설의 설치 및 변경이 가능하여 평가 항목의 확장 및 추가가 용이함
- 실제 수직 고층 환경에서의 성능 평가 수행이 가능함
  - 중/고층 건물에서 높이에 영향을 받는 건물 및 설비 성능 평가가 가능함
- 공간 활용도 및 에너지 효율이 높은 실험시설임
  - 대형(Mock-up scale)/중소형(Component scale) 실험실이 분리/통합 운영됨
  - 설치 및 해체가 용이한 시험체 활용, 모형 동선 분리 등을 통해 실험시설 운영 및 배치 효율성을 확보함
  - Solar simulator 성능 고도화 및 에너지효율 제고함

제4절 실험시설 구축계획

가. 설치/배치계획

- 거시적 자연 기후환경 모사분야 실험시설은 환경조절 가능 범위에 따라 대형(1개), 중형(2개), 소형(2개)의 세부시설로 세분화하여 구성함

  - 각 실험실은 온습도 및 일사, 강우, 강설 조건을 달리하여 동시에 다양한 용도로 사용할 수 있도록 함

    - 대형, 중형, 소형으로 나누어진 기후환경 실험시설을 적절히 연결하여, 한 실험실의 기후를 다른 실험실에서도 이용할 수 있도록 함

  - 실험시설 내부의 시설·장치를 통해 단열이 되도록 하여 직사광선 차단 및 열손실 방지가 가능하도록 해야 함

    - 가능한 한 벽 외면에 직사일광을 받지 않도록 설계하며, 직사일광을 받는 경우에는 충분한 단열 시공을 하거나 이중벽을 통해 중간의 공기층을 공조하도록 함

    - 실내를 단열구조로 하고, 바닥, 벽, 천정, 출입구, 문 등에 단열재를 충전하여 되도록 열손실을 적게 함

    - 단열재 시공 시에는 열교를 만들지 않아야 하고, 특히 패널 접속부, 패널 고정부 등에서 열교가 발생하는 경우가 많으므로 특별히 주의를 요함

  - 실험시설 내부의 시설·장치를 통해 실험의 요구조건을 충분하게 만족시킬 수 있도록 고정된 환경(온도, 습도, 압력 등)을 유지하는 시설·장치가 필요함

    - 출입문 개폐에 따른 실내 온습도의 변동을 막기 위하여 전실을 마련해야 함

    - 저온이 가능한 연구실과 상온 공간 사이에는 급격한 온도변화가 없도록 조치해야 함

    - 챔버의 급격한 압력변화에 대처하기 위하여 릴리프 장치를 설치함

  - 실험시설의 효율적 운영을 위한 설비·장치가 필요함

    - 내부의 결로현상을 방지하기 위해서 방습층은 고온 측에 설치하고, 결로가 생길 때를 대비하여 결로수를 적절하게 배수할 수 있도록 함

    - 결로현상에 대비하여 단열 패널 위에 콘크리트를 타설하고 실험내용에 적합한 방수재·마감재로 바닥을 마무리 함

    - 습윤에 강하고 파손되지 않는 금속패널이나 각종 보드와 같은 자재로 벽과 천장을 마무리 함

- 냉기의 흐름을 막으면 결로가 생기거나 온도가 분포가 나빠지므로 실내기류의 흐름을 방해하는 부분을 설치하지 않아야 함
- 공조기 방식, 공조기의 설치장소, 제어 방식을 결정해야 하며, 적절한 환기가 필요함
- 실내온도와 배출공기와의 온도차를 적게 하여 공기분포가 균일하도록 취출구, 흡입구의 형식과 배치에 주의를 기울여야 하며, 천장 전면 취출도 고려해 볼 필요가 있음

◯ 인공기후 조절시 많은 에너지가 소요되므로 효율적인 에너지 사용을 위해 다양한 측면의 고려가 필요함

- 실험시설은 가능한 한 열부하와 변동이 적은 건물 중앙 또는 지층에 위치시켜야 함
- 미활용 에너지 활용 및 폐열의 재활용 등 에너지원을 다원화 할 필요가 있으므로 에너지 절약적인 열원 및 공조시스템을 적용함
- 기기의 유지보수, 적절한 환기 통풍, 조명의 조절, 적절한 소등이 필요함
- 컴퓨터에 의한 최적화 제어 등으로 운전제어의 효율화를 달성함
- 기후환경 조정 시, 최대한 자연 상태 조건을 만든 후에 추가적인 공조를 이용하여 온습도 상태를 만들어, 설비에서 사용되는 에너지를 절감함

◯ 실험 후 발생한 배수, 배기가스를 처리할 장치가 필요함

- 우수(인공강우/강설), 실험배수를 처리할 수 있는 배수장치가 필요함
- 강우가 미세한 노즐을 원활히 통과할 수 있도록 수처리 장치가 필요함
- 자동차 등 배기가스가 있는 물체에 대한 실험을 진행할 경우에 대비하여, 배기가스를 처리하는 장치도 마련되어야 함

■ 특정성능 평가 실험시설은 미시적인 특정 환경조건 하에서의 환경/장비 성능 평가를 실험시설로, 평가항목과 목적에 따라 필요 시 설치 및 변경이 가능하도록 공간과 설비를 구성함

◯ 대규모 공간을 필요 실험시설로 분할하여 효율적으로 사용할 수 있도록 하며, 필요 시 변경되는 실험시설에 필요한 전력, 급/배수, 가스설비 등 기반시설이 고려되어야 함

- 실험체의 규모에 따라 가변하게 조정하여 실험시설을 유연하게 활용할 수 있어야 함
- 배전반 및 분전반, 급/배수시설, 통신설비, 가스시설은 적절히 zoning 된 각 zone 마다 배치하여, 추후 배치 변화가 필요한 경우에도 유연한 활용이 가능하도록 함
- 각 zone 사이에는 장애물이 없도록 하여, 추후 복수의 zone을 활용하는 실험체도 수용할 수 있도록 함

- 실험시설의 내부의 시설·장치를 통해 실험의 요구조건을 충분하게 만족시킬 수 있도록 고정된 환경(온도, 습도, 압력, 열 등)을 유지하는 장치가 필요함
  - 기후환경 실험시설의 단수 혹은 복수의 면에 접하여, 외기와 기후환경 실험시설 사이에의 완충역할을 수행하도록 배치함
  - 가능한 벽 외면에 직사일광을 받지 않도록 설계하며, 직사일광을 받는 경우에는 충분한 단열 시공을 함
  - 설비의 운영을 원활하게 하고 극냉/극서 상태의 기계적 피해를 줄이며 재실자의 최소한의 쾌적을 보장하기 위해 전반적인 공조를 수행함
  - 벽과 천정은 습윤에 강하고 파손되지 않는 자재로 마무리 하고, 바닥은 방수재로 마무리 함
- 소음, 조도·진동의 변화에 대한 대책이 필요함
  - 소음이 많이 나는 실험실의 경우에는 다른 실험실들과 면하지 않도록 배치하거나 차음에 주의를 기울여야 함
  - 전반적인 조도를 200lux 안팎으로 유지할 수 있도록 하되, 국부 조명을 설치하여 특정 영역에서는 필요 조도를 확보할 수 있도록 함
  - 계량, 계측, 가공의 정밀도를 높이기 위한 진동대책을 필요함
- 실험에 직접적인 관련이 있는 시설·장비 외의 기기에 대한 안전대책이 필요함
  - 장, 캐비넷, 기기 등의 전도 가능 물체에 대한 대책이 필요하며 주변에는 반드시 경고 문구를 삽입해야 함
  - 장속의 서류, 소형 기구의 낙하에 대한 대책에 필요하며 가능한 물체를 높은 곳에 위치시키지 않아야 함
  - 기기장치 등을 탑재한 실험대 또는 실험대에 부착된 배선과 코드류의 이동에 의한 피해를 고려한 대책 마련이 필요하며 배선과 코드는 반드시 몰딩 속을 지나도록 하여 밖으로 드러나지 않게 함
- 기계와 장비의 반입 및 준비를 위한 전실을 마련해야 함
  - 다양한 규모 및 무게의 장비를 운반할 수 있는 운송로 및 크레인 또는 호이스트 등을 마련해야 함
- 다양한 목적의 실험을 동시다발적으로 실험하기 위해서는 많은 에너지가 소모되므로 효율적인 에너지 사용을 위해 다양한 측면의 고려가 필요함
  - 일반적인 공조에는 완화된 설정온도 (예를 들면, 겨울철 18℃, 여름철 28℃)를 적용하여 에너지를 절약함

- 실험자의 최소한의 쾌적함을 만족시키기 위하여 전반적 공조 이후 개별적으로 부분 냉난방설비가 필요함

- 타워 실험시설은 중앙의 엘리베이터홀과 홀을 둘러싸는 다방향 실험 구조체로 구성됨

  - 중앙에 엘리베이터 홀을 설치하여 엘리베이터는 승객용, 화물용 2가지로 배치하고, 엘리베이터 외에도 비상시에 사람이 이용할 수 있는 비상계단을 마련함

  - 엘리베이터 홀을 둘러싸는 다방향 실험 구조체를 설치하여 내부로는 실험자나 방문객이 다닐 수 있는 통로를 확보하고, 외부로는 목업 실험을 다양한 방향으로 수행할 수 있도록 함

  - 에너지의 효율적 사용을 위한 고려가 필요함

    - 엘리베이터 등의 설비의 수직 왕복운동, 수직으로 부재를 운반하는 크레인의 운전에 많은 에너지가 사용되므로 에너지 효율적인 장비 및 기기에 대한 고려가 필요함

  - 실험과 관련된 주요 시설 및 장비의 활용성을 높일 수 있도록 편의 시설을 확보하여야 함

    - 실험이 이루어질 수 없는 복도 부분을 실험시설 관측 또는 시설 답사 시 통로의 용도로 사용할 수 있도록 함

    - 각 층마다 목업을 운반할 수 있는 공간을 확보하여 목업과 관련한 시설들을 운반할 수 있도록 운반 장치를 설치함

    - 필요한 위치에 따라 통신, 가스 및 급배수 시설을 설치함

    - 기계실과 제어실을 위한 공간을 외기의 영향을 받지 않는 내부 공간에 독립적으로 갖추어 다른 실험시설과 분류하여 운영함

  - 실험자가 실험을 안전하게 수행할 수 있도록 안전시설이 설계되어야 함

    - 구조체는 외부의 영향으로부터 안전하도록 설계하여, 외부 환경의 영향이 실험자 또는 방문객에게 미치지 않도록 레이아웃과 설비기기를 설계함

    - 고층이므로 안전에 대한 고려가 반드시 하므로, 실험자와 방문객의 이동통로에 안전난간을 설치하고, 실험자 또는 방문객의 실족과 물건의 낙하 등에 대비하여, 안전그물을 설치하는 것을 고려함

    - 배수 등 물을 다루는 실험이 많으므로 부식, 누전 등의 전기 안전사고에 대비하여, 물이 실험자나 방문객에게 튀지 않도록 조치하고, 외부 환경에 쉽게 부식되거나 영향을 받는 재료는 배제하며, 전기설비는 물이 흐르는 곳으로부터 가장 멀리 설치 함

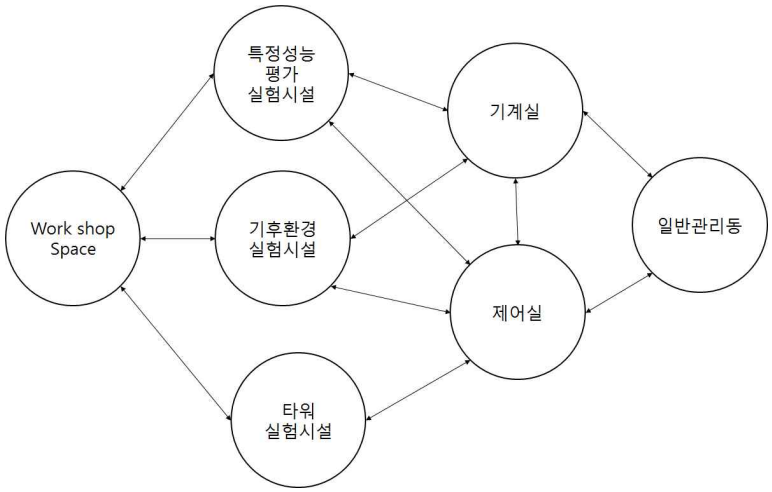
- 모든 실험시설에 공통적으로 실험시설의 주요설비 외의 보조설비들이 필요함

  - 전력설비의 부하설비로서 전등, 동력, 소화 등 안전을 위한 비상동력, 비상조명을 갖춰야 함

- 전력설비의 부하공급 수단설비로서, 간선, 축전지, 발전기, 변전, 수전, 중앙감시, 접지, 피뢰침 설비를 필요시 갖춤

- 정보설비 중 전화, 방송, 인터폰 등을 필요시 갖춤
- 방재설비 중 비상방송, 화재, 방재감시, 배연, 방범설비를 관련 규정에 근거하여 설치함

- Workshop Space는 재료 및 열원, 분배, 터미널 시스템을 조립, 가공, 실험할 수 있고, 잔재물을 처리할 수 있는 실험체 작업 및 준비공간임
  - 기후환경 실험시설과 특정성능 평가 실험시설에 적용될 실험체 조립을 위하여 각각 실험시설별로 workshop space를 확보하여야 함
  - 특정성능 평가 실험시설의 workshop space의 경우, 다양한 종류의 실험체를 다룰 수 있는 인프라를 구축함
- 공동으로 활용할 수 있는 기계는 소수의 기계실이 다수의 실험시설을 담당할 수 있도록 함
  - 기계실에는 열원기기 및 수송기기가 위치며 기계실 면적은 그레이드를 고려해서 결정해야 함
  - 제어실에는 측정, 모니터링 시설이 갖추어짐



[그림 2-2] 실험시설의 Function block diagram

나. 시설 건축계획

설계 개요

〈표 2-6〉 기후변화대응 다환경 실험시설 건축개요

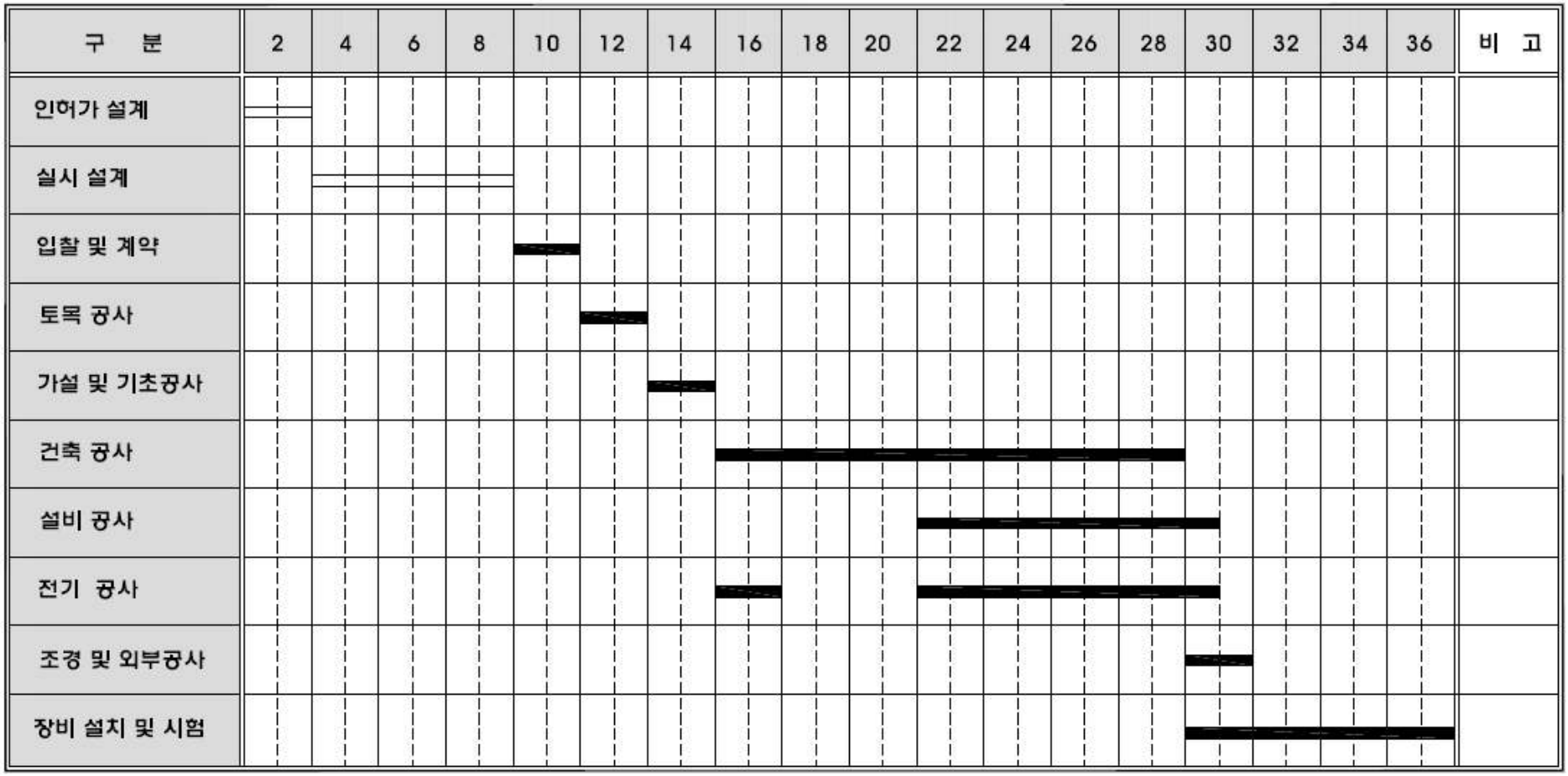
구분	내용
공사명	기후변화대응 다환경 실험시설
규모	지상 3층, 지상 10층 [타워 22m × 20m × 50m(H) 포함, 1개층 5m(H)]
구조	철근콘크리트조 + 철골조
외부마감	샌드위치 판넬 + 고밀도 압축목재패널 + 알루미늄 시트판넬
건축면적	4,824m^2 (1,459평)
연면적	13,364m^2 (4,042평)

층별 개요

〈표 2-7〉 기후변화대응 다환경 실험시설 층별개요

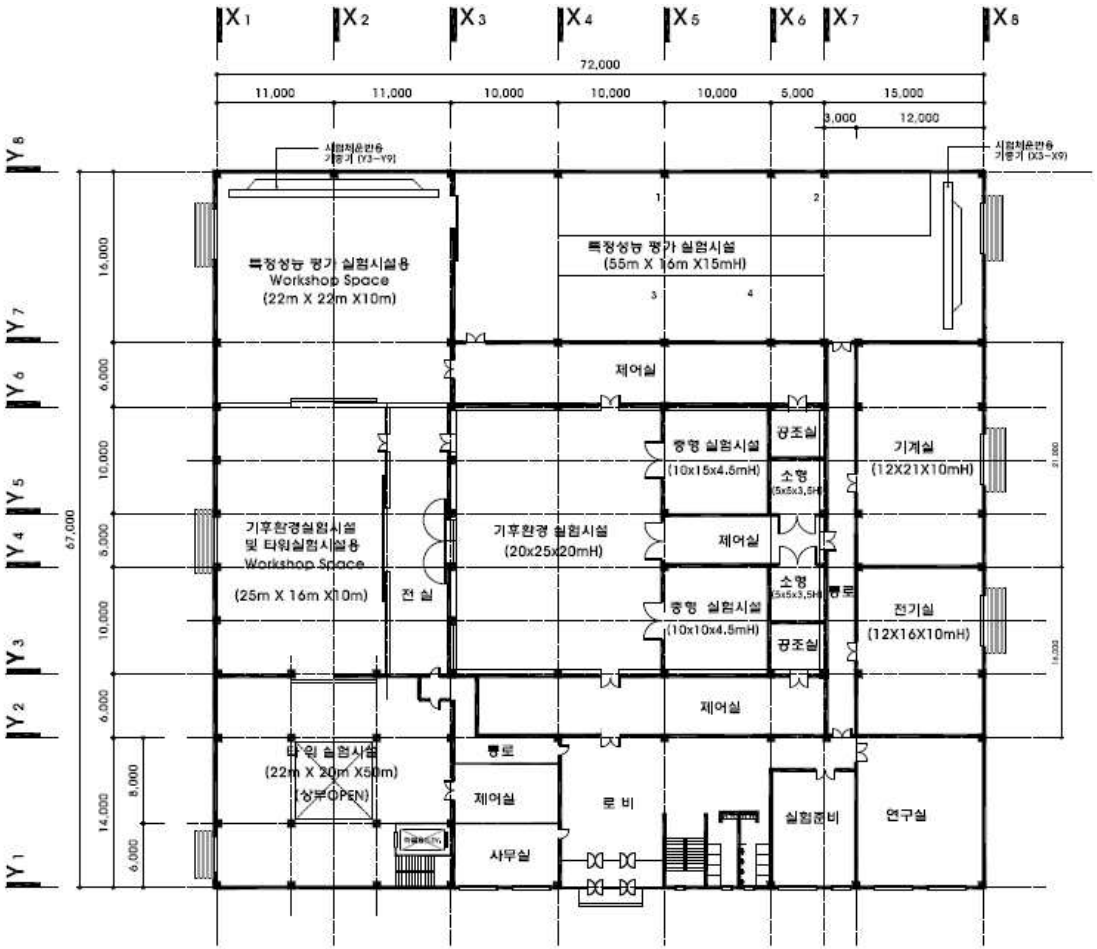
구분	면적	비고
지하 1층	2,550m^2	저수조, PIT
지상 1층	4,824m^2	기후환경 실험시설, 특정성능평가 실험시설, Workshop 1, Workshop 2. 타워, 유체수직반송모사
지상 2층	1,982m^2	사무실, 자료실, 연구실, 장비기계실, 제어기계실
지상 3층	1,376m^2	사무실, 자료실, 연구실
지상 4층~10층	2,632m^2 (376×7개층)	
합계	13,364m^2	

공사 공정표(단위: 개월)



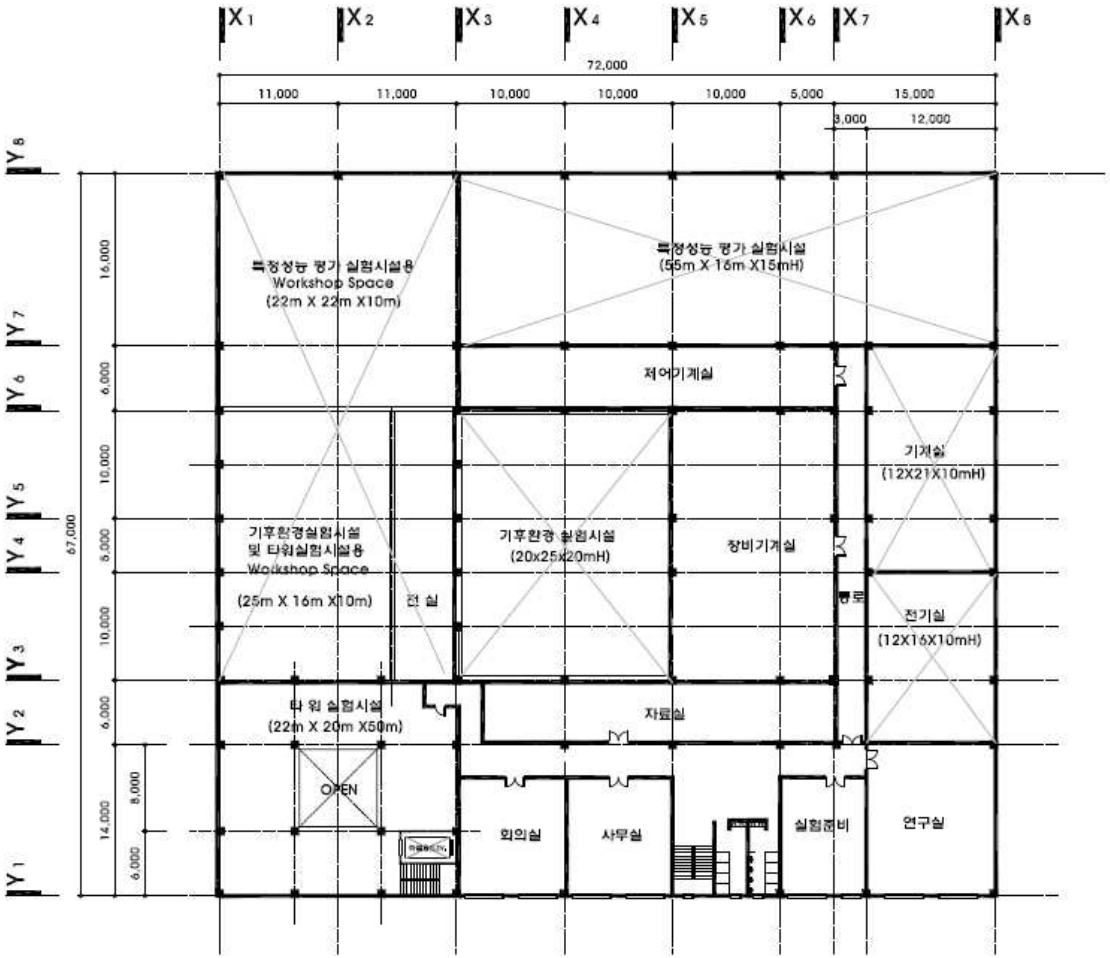
[그림 2-3] 기후변화대응 다환경 실험시설 공사공정표

1층 평면도(축척 : 1/400)



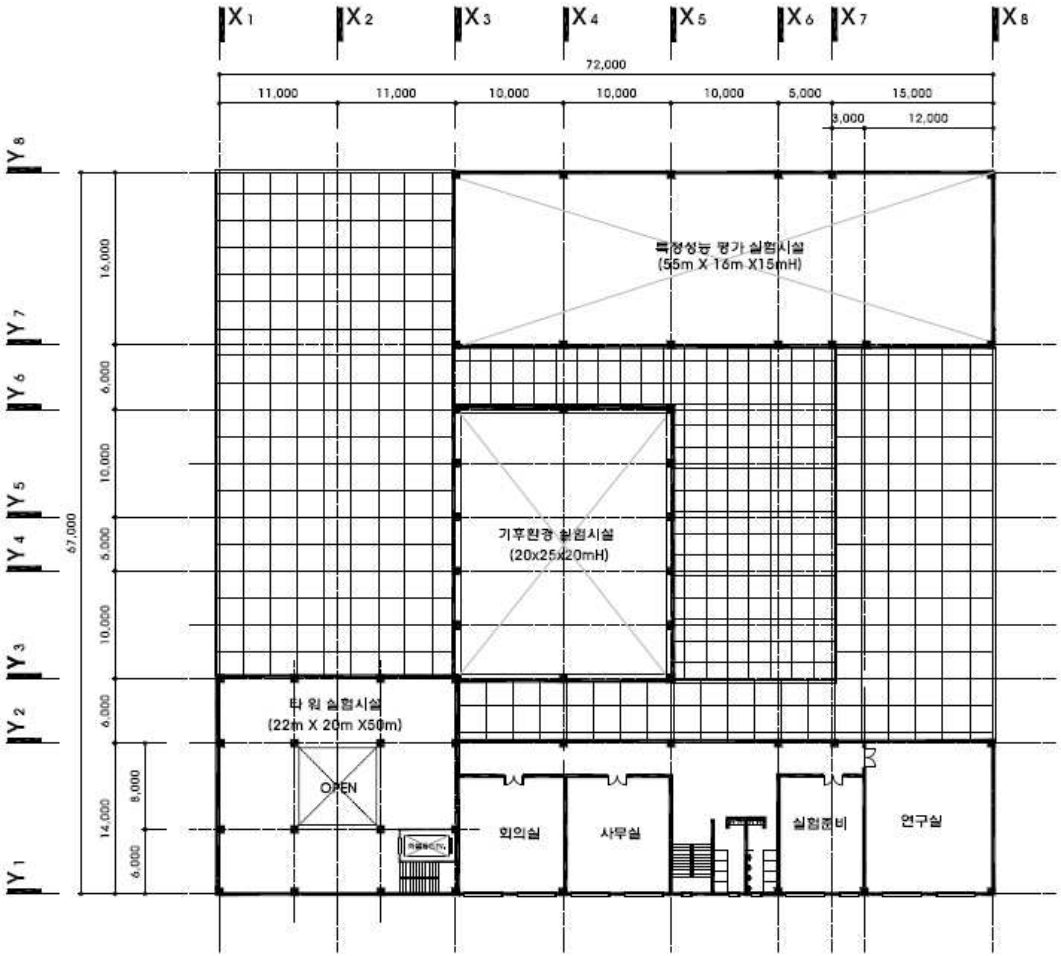
[그림 2-4] 기후변화대응 다환경 실험시설 1층 평면도

2층 평면도(축척 : 1/400)



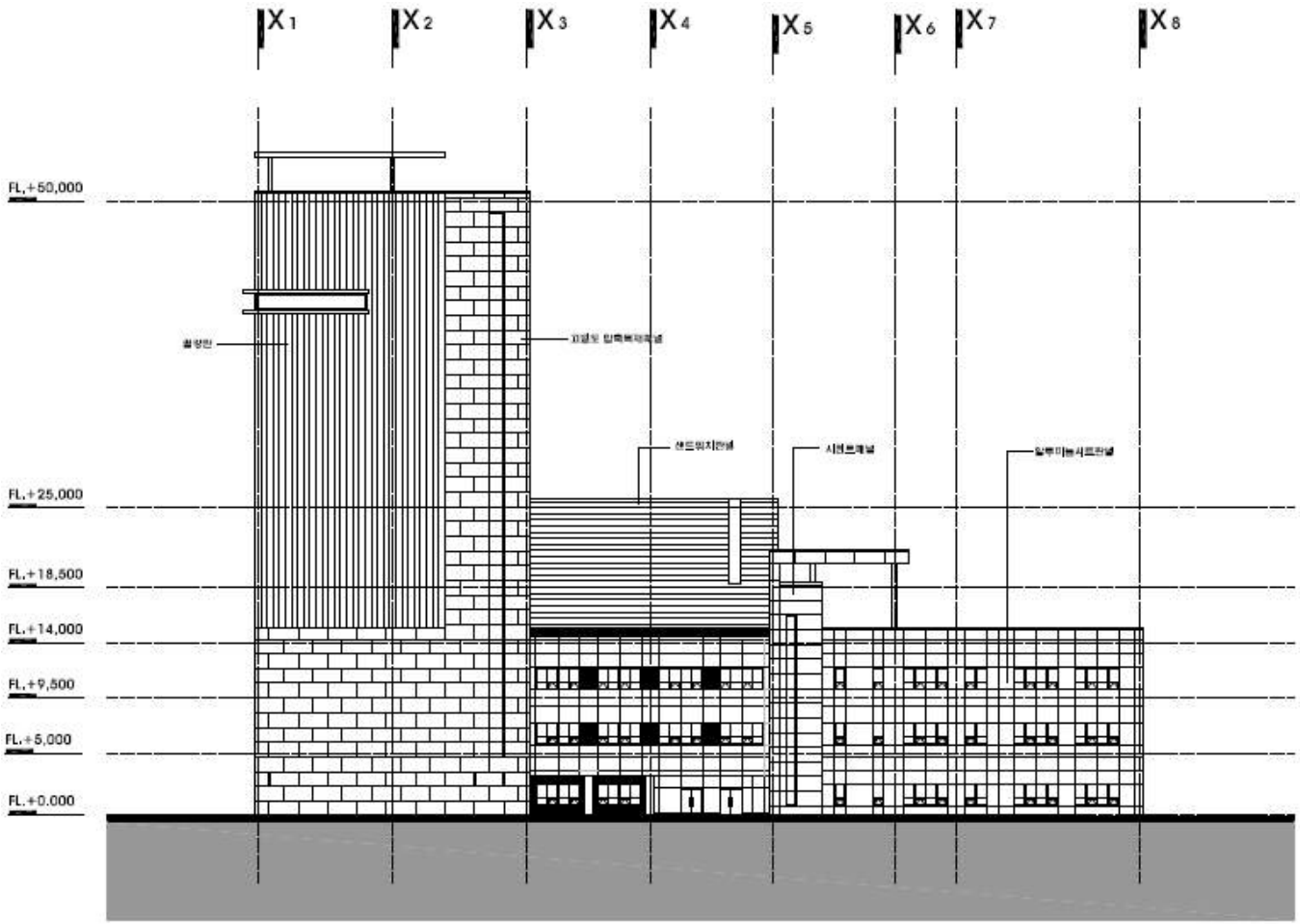
[그림 2-5] 기후변화대응 다환경 실험시설 2층 평면도

3층 평면도(축척 : 1/400)



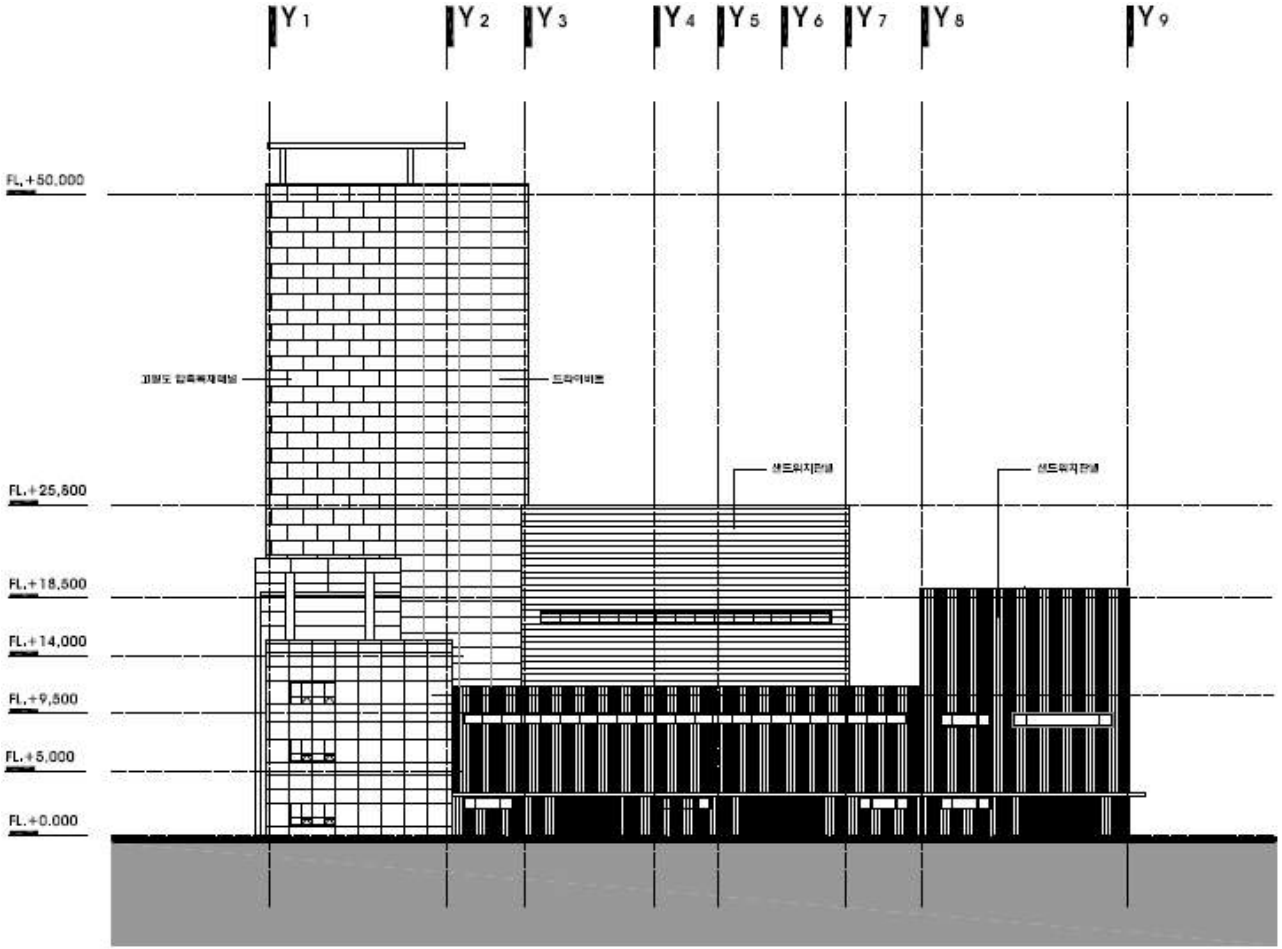
[그림 2-6] 기후변화대응 다환경 실험시설 3층 평면도

정면도(축척 : 1/400)



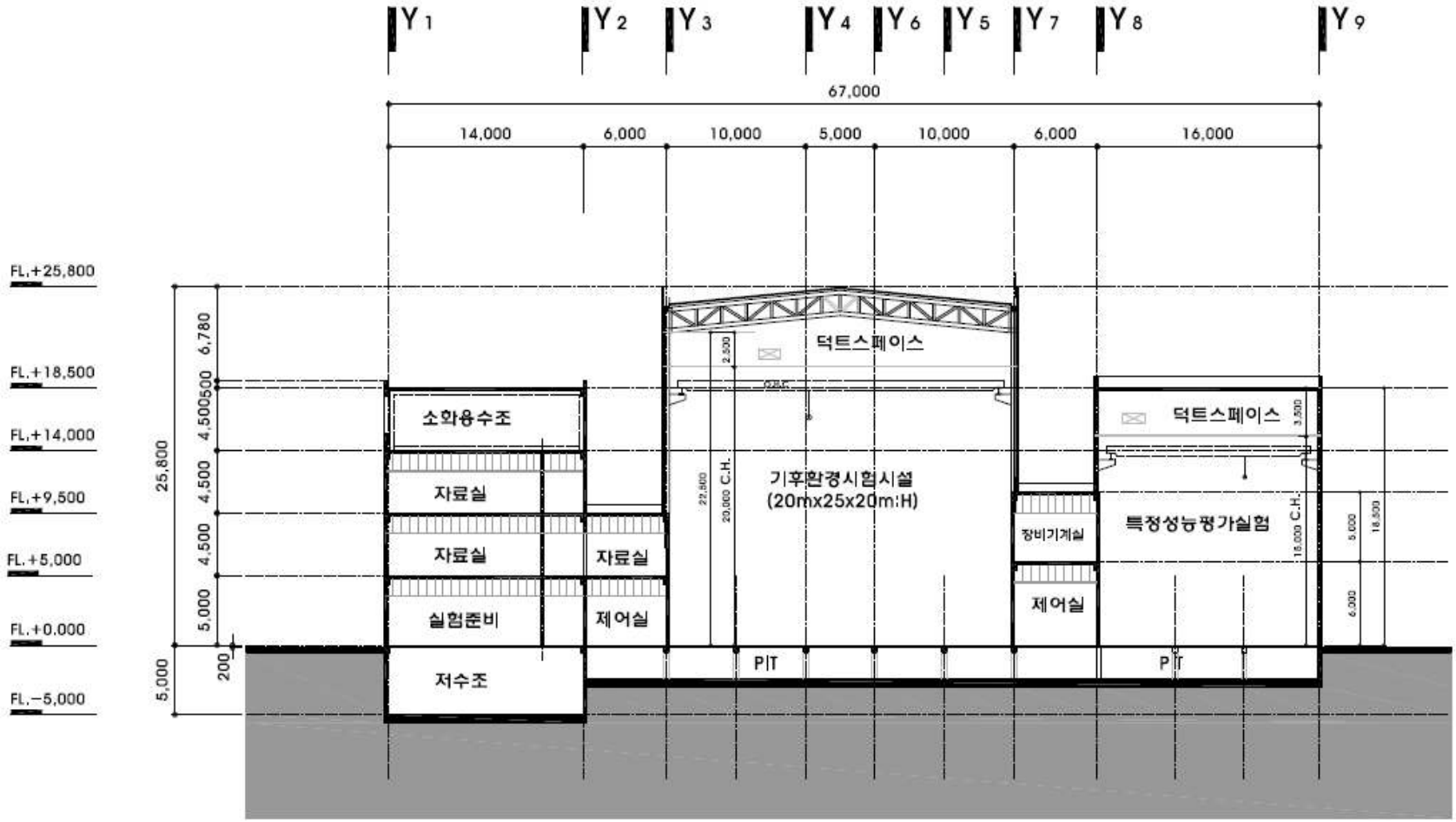
[그림 2-7] 기후변화대응 다환경 실험시설 정면도

우측면도(축척 : 1/400)



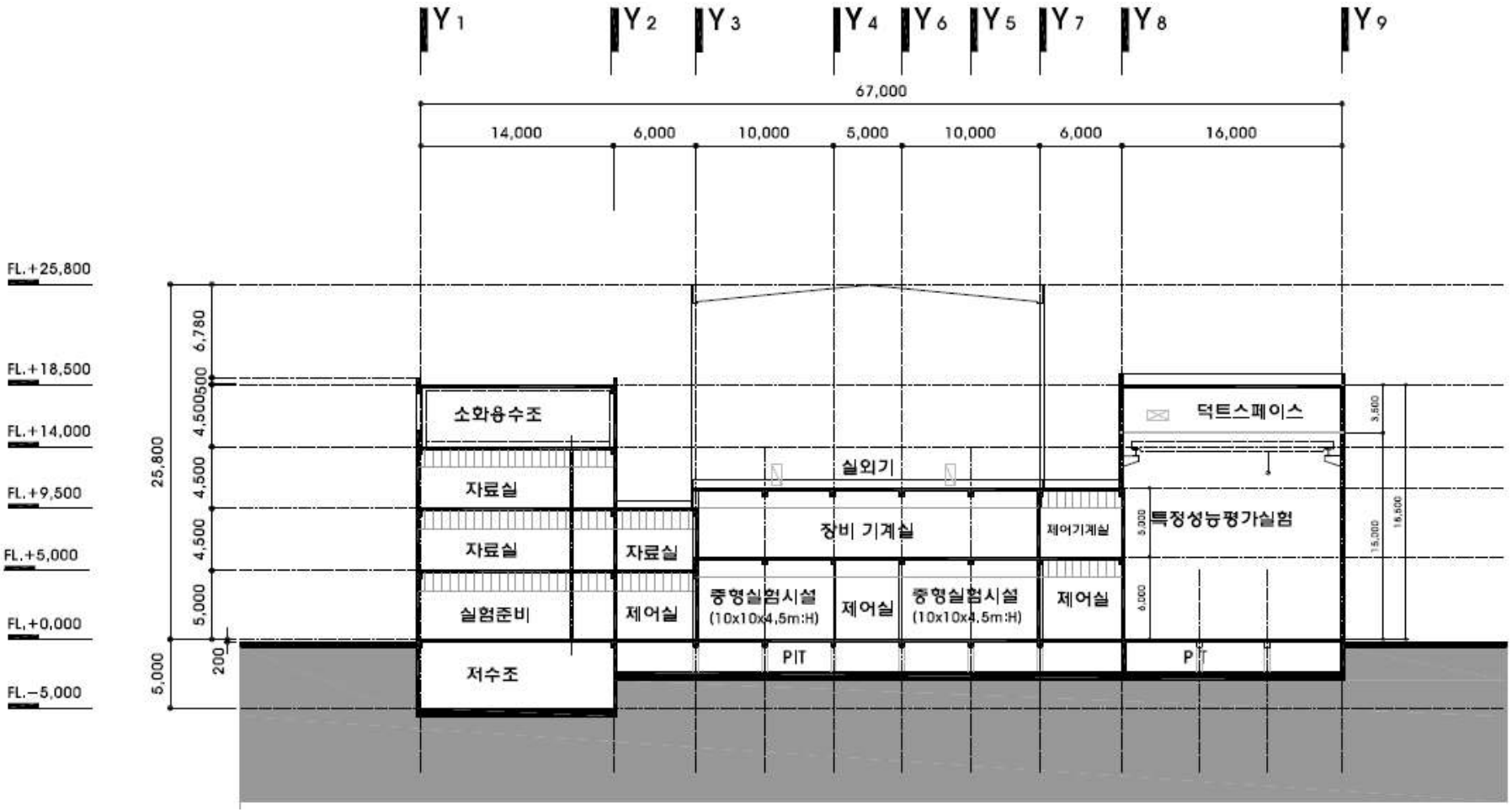
[그림 2-8] 기후변화대응 다환경 실험시설 우측면도

단면도 1(축척 : 1/400)



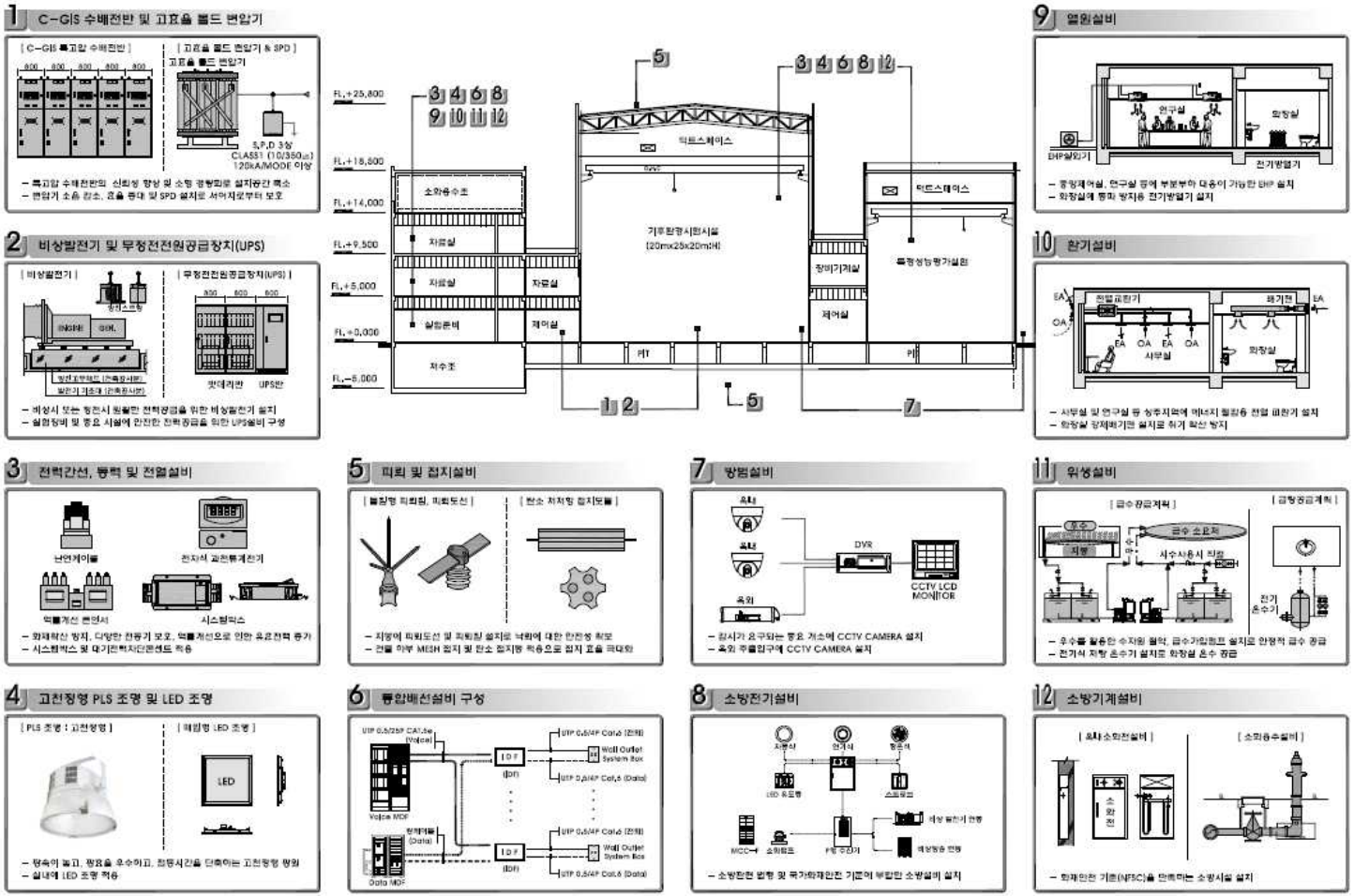
[그림 2-9] 기후변화대응 다환경 실험시설 단면도 1

단면도 2(축척 : 1/400)



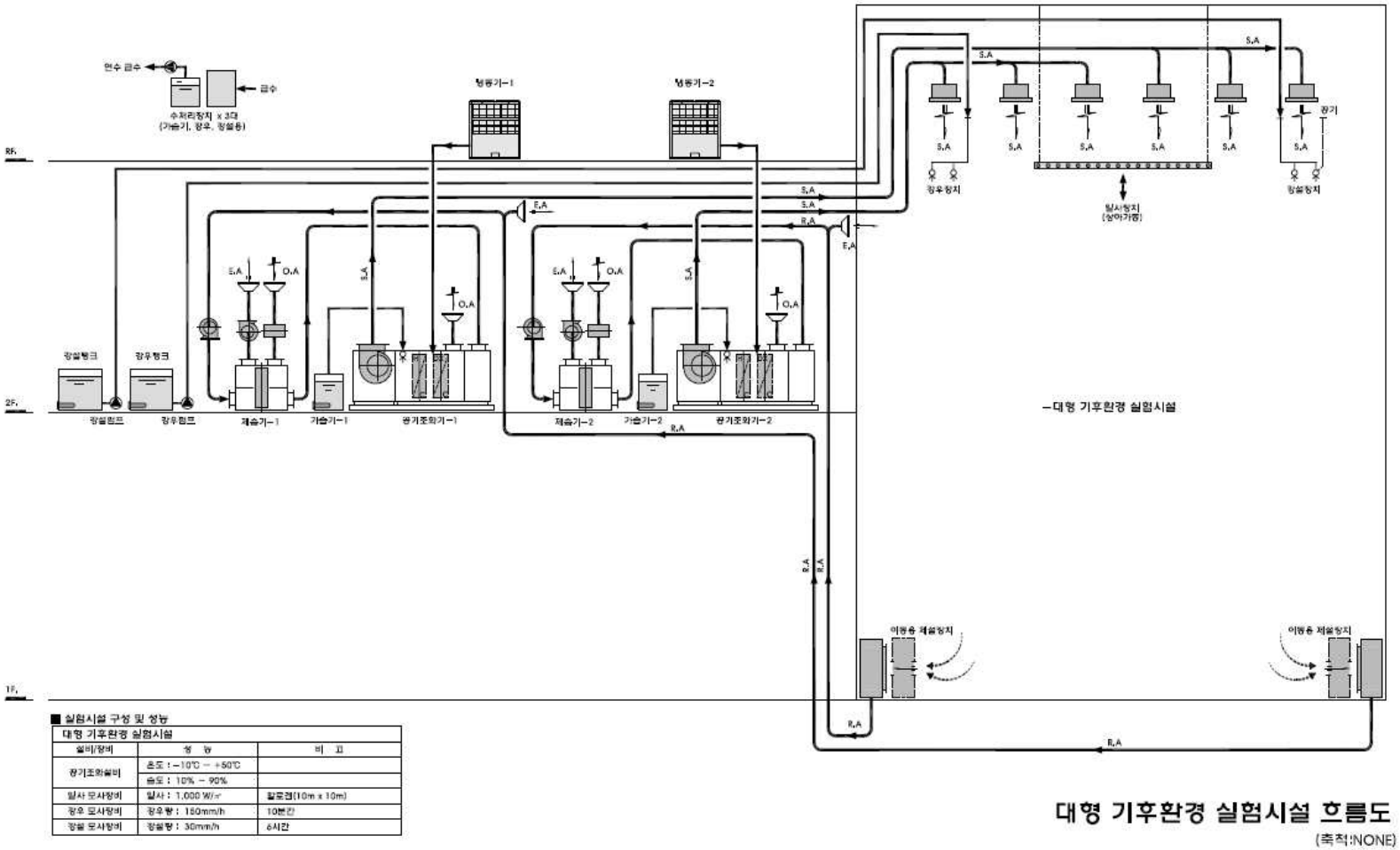
[그림 2-10] 기후변화대응 다환경 실험시설 단면도 2

설비 계획도



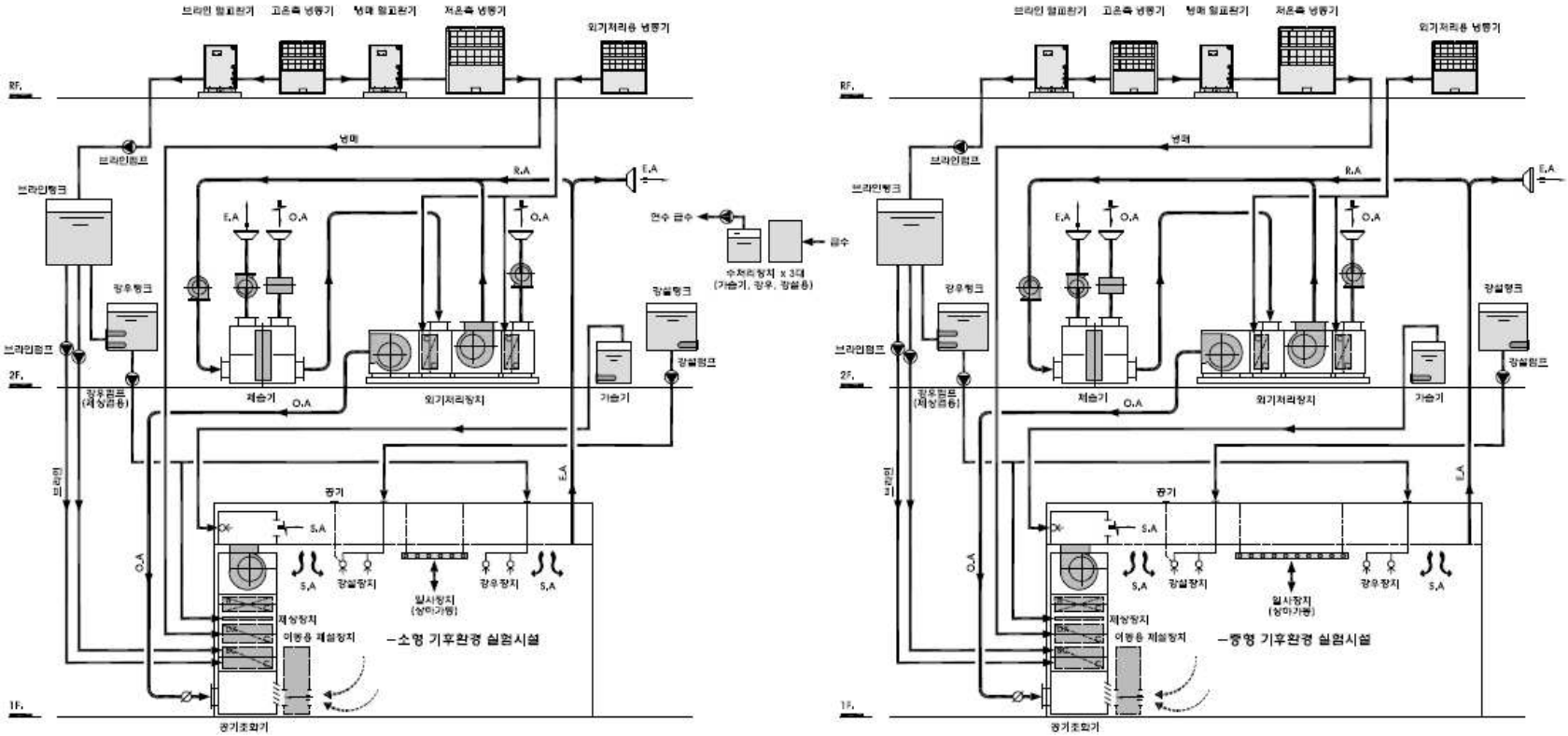
[그림 2-11] 기후변화대응 다환경 실험시설 설비 계획도

대형 기후환경 실험시설 흐름도



[그림 2-12] 기후변화대응 다환경 실험시설 - 대형 기후환경 실험시설 흐름도

소형, 중형 기후환경 실험시설 흐름도



■ 실험시설 구성 및 성능

소형 기후환경 실험시설		
설비/장비	성 능	비 고
공기조화설비	온도 : -40℃ ~ +80℃	
	습도 : 10% ~ 90%	
일사 모사장비	일사 : 1,000 W/㎡	HMI or Xenon(1.5m x 1.5m)
장우 모사장비	장우량 : 150mm/h	10분간
장설 모사장비	장설량 : 30mm/h	6시간

■ 실험시설 구성 및 성능

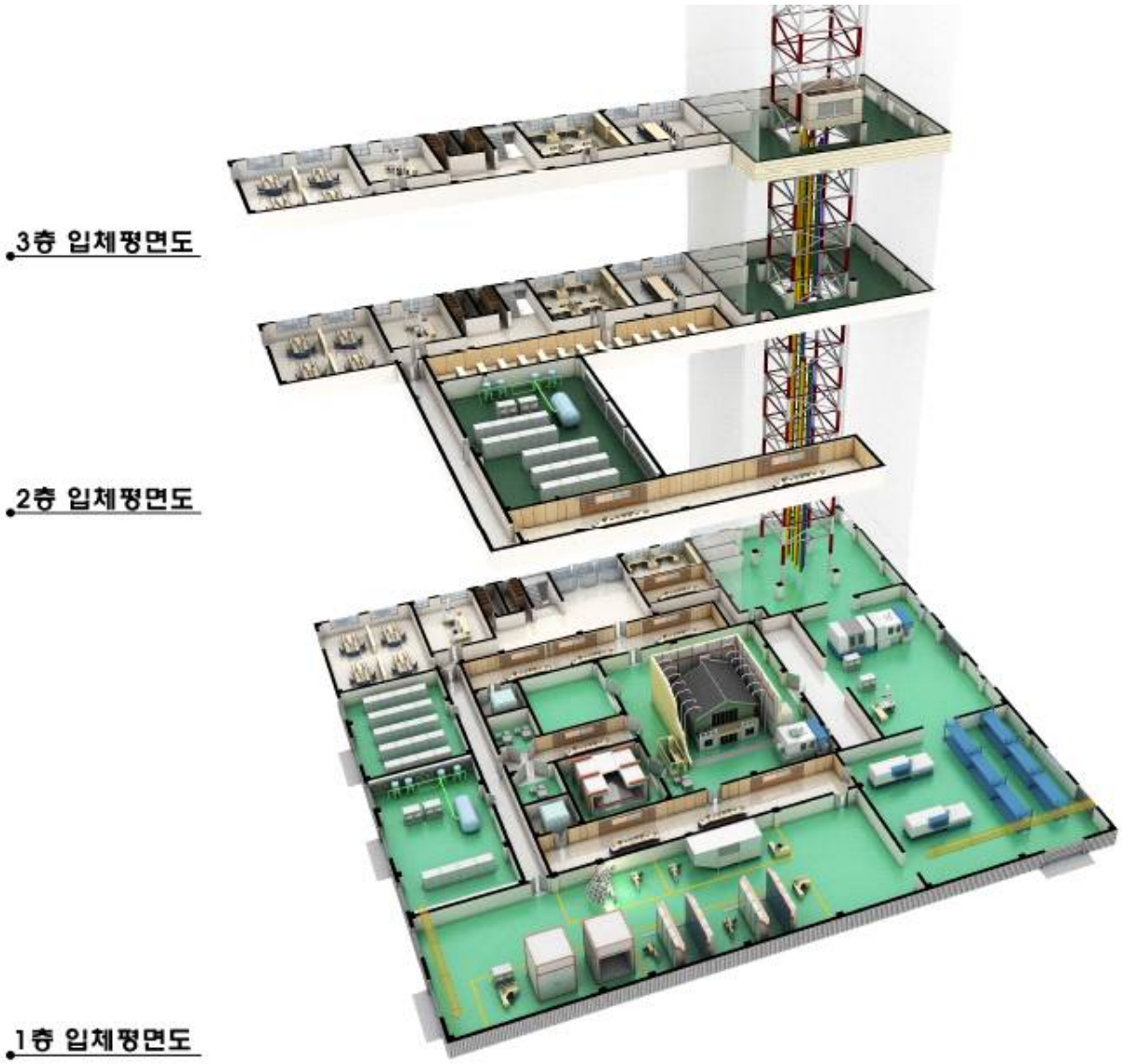
중형 기후환경 실험시설		
설비/장비	성 능	비 고
공기조화설비	온도 : -30℃ ~ +80℃	
	습도 : 10% ~ 90%	
일사 모사장비	일사 : 1,000 W/㎡	HMI or Xenon(2m x 2m)
장우 모사장비	장우량 : 150mm/h	10분간
장설 모사장비	장설량 : 30mm/h	6시간

[그림 2-13] 기후변화대응 다환경 실험시설 - 소형, 중형 기후환경 실험시설 흐름도

조감도

[그림 2-14] 기후변화대응 다환경 실험시설 조감도

입체평면도



[그림 2-15] 기후변화대응 다환경 실험시설 입체평면도

제5절 소요예산(안)

〈표 2-8〉 기후변화대응 다환경 실험시설 구축 예산(안)

구분	항목		세부항목	예산(원)
실험시설 구축	대형 기후환경 실험시설	설비/장비	냉동기	160,000,000
			공기조화기	240,000,000
			가습기	50,000,000
			제습기	250,000,000
			공조덕트/배관	280,000,000
			강우/강설 모사	540,000,000
			일사장치	800,000,000
			Over Head Crane	70,000,000
		자동제어설비	센서/계측기,컴퓨터	130,000,000
		소 계		2,520,000,000
	중형 기후환경 실험시설	설비/장비	냉동기	90,000,000
			공기조화기	120,000,000
			가습기	20,000,000
			제습기	80,000,000
			공조덕트/배관	140,000,000
			강우/강설 모사	90,000,000
			일사장치	170,000,000
		자동제어설비	센서/계측기,컴퓨터	80,000,000
		소 계		790,000,000
		소계 x 2		1,580,000,000
	소형 기후환경 실험시설	설비/장비	냉동기	40,000,000
			공기조화기	70,000,000
			가습기	10,000,000
			제습기	40,000,000
			공조덕트/배관	80,000,000
			강우/강설 모사	60,000,000
			일사장치	130,000,000
		자동제어설비	센서/계측기,컴퓨터	60,000,000
		소 계		490,000,000
		소계 x 2		980,000,000

구분	항목		세부항목	예산(원)
	특정성능 평가 실험시설	설비/장비	특정성능실험장비 (4 Set 약산)	2,500,000,000
			공기조화설비	150,000,000
			Over Head Crane	140,000,000
		자동제어설비	센서/계측기,컴퓨터	30,000,000
		소 계		2,820,000,000
	타워 실험시설	설비/장비	엘리베이터(50m)	185,000,000
			공기조화설비	80,000,000
		자동제어설비	센서/계측기,컴퓨터	15,000,000
		소 계		280,000,000
	합 계			8,180,000,000
건축비	건축 공사			6,341,936,000
	토목 공사			988,000,000
	설비 공사			777,135,000
	전기 공사			1,352,929,000
	기타			340,000,000
	합 계			9,800,000,000
총 계				17,980,000,000

제6절 경제성 분석

가. 시장관점에서의 경제성 분석

(1) 편익 추정

- ‘기후변화대응 다환경 대형 실험시설’ 개발 편익은 실험시설을 이용하는 기업의 건설 및 엔지니어링 시장에서의 영업이익 증대와 해외실험시설 이용 대체로 인한 비용 절감으로 인한 경제적 효과로 정의하였음

> 편익 = {(미래 시장규모 × 예상 시장점유율 × 영업이익률
> × 실험시설 기여율 × 예상 실험시설 이용률)}
> + (해외 실험시설 이용비용 절감액)

  - 실험시설 활용이 실험시설 이용기업의 기술경쟁력 제고에 영향을 미침으로써 해당 기업의 시장점유율 확대에 영향을 미칠 것이라는 가정 하에, 시장접근법 (Market Approach)을 사용하여 편익을 추정하였음
  - 실험시설 이용을 통한 해외실험시설 이용비용 절감 편익은 비용접근법 (Cost Approach)을 사용하여 추정하였음

- ‘기후변화대응 다환경 대형 실험시설’ 활용기업은 일반 빌딩 및 건축자재시장 전망자료를 활용하여 계산하였음
  - 보수적 관점에서 모든 구조물 보다는 다양한 기후조건의 해외건설 시장과 관련 있는 건축물 단위의 일반 빌딩(General Building) 및 건축 부재 단위인 건축자재 시장으로 한정하였음
    - 일반 빌딩(General Building) 시장에는 상업빌딩, 주택, 사무실, 가게, 교육기관, 정부기관, 병원, 호텔, 아파트 등의 건축물들이 포함되어 있음
    - 건축자재 시장에는 단열재, 벽지, 바닥재, 데코시트, 인조대리석, 창호재, 방수재 등이 포함되어 있음
  - 시장전망 데이터 중 일반 빌딩(General Building) 시장은 2007년부터 2011년까지의 ENR(Engineering News-Record) 보고서의 Engineering 및 Construction 시장전망자료, 건축자재 시장은 2012년 Research and Markets : Global Construction Materials 보고서를 토대로 추정하였음

〈표 2-9〉 General Building & 건축자재 세계 시장규모 예측치 (2018년~2032년)

연도	General Building				건축자재	
	엔지니어링		건설			
	시장규모 (백만원)	CAGR	시장규모 (백만원)	CAGR	시장규모 (백만원)	CAGR
2018	136,889,958	4.2%	1,783,018,462	4.4%	987,290,351	6.2%
2019	142,636,563		1,861,931,139		1,048,502,352	
2020	148,624,409		1,944,336,326		1,113,509,498	
2021	154,863,623		2,030,388,594		1,182,547,087	
2022	161,364,757		2,120,249,357		1,255,865,007	
2023	167,054,959	3.5%	2,199,073,119	3.7%	1,333,728,637	
2024	172,945,815		2,280,827,284		1,416,419,813	
2025	179,044,400		2,365,620,795		1,504,237,841	
2026	185,358,040		2,453,566,645		1,597,500,587	
2027	191,894,317		2,544,782,026		1,696,545,624	
2028	197,578,400	3.0%	2,624,251,456	3.1%	1,801,731,452	
2029	203,430,851		2,706,202,587		1,913,438,803	
2030	209,456,656		2,790,712,919		2,032,072,008	
2031	215,660,952		2,877,862,373		2,158,060,473	
2032	222,049,024		2,967,733,363		2,291,860,222	

- ENR 보고서는 Global Top 200/225대 기업의 매출 정보를 토대로 작성된 보고서로써, 전체시장 대비 약 19.12% 수준임을 반영하여 추정하였음[38)39)]

- 2012년 Research and Markets : Global Construction Materials 보고서는 2007년부터 2011년까지의 세계 건축자재 시장규모에 관한 보고서임[40)]

- 2007년부터 2011년까지의 연평균성장률(CAGR)은 일반 빌딩 엔지니어링 5% ·건설 5.3%임

- Global Insight에 명시된 세계 건설/엔지니어링 시장 성장률이 2010~2015 9.0%에서 2015~2020 7.5%로 성장률이 약 16% 감소하였으며, 이를 참고하여 5년마다 성장률이 약 16%씩 감소하는 것으로 반영함[41)]

- 건축자재 시장성장률은 2007년부터 2011년까지의 연평균성장률인 6.2%를 2032년까지 적용하였음

38) The Top 200 International Design Firms and The Top 150 Global Design Firms, ENR, 2008-2012
39) THE Top 225 International Contractor, ENR, 2008-2012
40) Global Construction Materials, Research and Markets, 2012.10
41) Global Construction Outlook 2011, IHS Global Insight, 2012

- 일반 빌딩(General Building)의 시장점유율은 실험시설 이용기업이 중국 수준의 시장점유율로 성장할 것이라 가정하였고, 건축자재 시장점유율은 현재 우리나라의 점유율을 유지한다고 정의하였음
  - 2011년도 엔지니어링 시장에서 국내기업 시장점유율은 일반 빌딩(General Building) 0.95%이며, 아시아에서 가장 높은 시장점유율을 확보하고 있는 중국은 평균 약 12% 수준임(Global Top 200기업 시장점유율)
  - 2011년도 건설 시장에서 국내기업 시장점유율은 일반 빌딩(General Building) 7.9%이며, 아시아에서 가장 높은 시장점유율을 확보하고 있는 중국은 평균 약 30% 수준임(Global Top 225기업 시장점유율)
  - 우리나라의 건축자재 시장점유율은 2012년 0.7% 수준임

〈표 2-10〉 General Building 엔지니어링/건설 & 건축자재 시장점유율 예측치 (2018년~2032년)

(단위: %)

연도	General Building		건축자재
	엔지니어링	건설	
2018	0.95	7.9	0.7
2019	3.74	12.89	0.7
2020	5.40	16.33	0.7
2021	6.58	18.77	0.7
2022	7.50	20.67	0.7
2023	8.24	22.22	0.7
2024	8.88	23.53	0.7
2025	9.42	24.66	0.7
2026	9.91	25.66	0.7
2027	10.34	26.56	0.7
2028	10.73	27.37	0.7
2029	11.09	28.10	0.7
2030	11.41	28.78	0.7
2031	11.72	29.41	0.7
2032	12	30	0.7

- 일반 빌딩(General Building)의 영업이익률은 엔지니어링협회와 건설협회 통계자료를 이용하여 5%를 적용하였고[42][43], 건축자재의 영업이익률은 국내 건축자재 관련 기업 Top10의 2012년 영업이익률을 적용함[44]

42) 엔지니어링서비스업 경영분석, 한국엔지니어링협회
43) 건설업 기업규모별 수익률 관계비율, 대한건설협회
44) DART, 금융감독원 전자공시시스템

- 실험시설기여율은 실험시설 이용기업의 매출발생에 실험시설이 기여하는 수준을 의미하는 것으로, 영업이익 발생에 대한 R&D 기여율과 R&D 비용 중 '연구기자재 및 시설비'와 '시제품 제작비'의 비중을 곱한 10.1%를 적용하였음
  - 기업이 시장점유율을 확대하기 위한 경쟁력 확보 시 R&D 활동의 기여율을 의미하는 'R&D 기여율'은 KISTEP에서 활용하는 28.1%를 적용하였음[45)]
  - R&D 활동에서 실험시설 활용이 차지하는 비중은 건설/엔지니어링 관련 기업의 'R&D 비용' 중 '연구기자재 및 시설비'와 '시제품 제작비' 비중 36%를 적용하였음[46)]
- 실험시설이용률은 2011년 기준 국내 모든 건설/엔지니어링 기업 중 1단계 실험시설 활용기업 비중, 실험시설을 100%(200일) 가동한다는 가정 및 실험시설 수요조사를 바탕으로 0.059%를 적용하였음
  - 국내 건설기업 총 업체수는 대한건설협회 통계자료 상의 2011년도 일반건설업 업체수인 11,545개를 적용하였음[47)]
  - 국내 엔지니어링기업 총 업체수는 한국엔지니어링협회 통계자료 상의 2011년도 업체수인 4,757개를 적용하였음[48)]
  - 건설연구인프라 1단계 실험시설 사용기업 수는 건설연구인프라운영원 성과 자료상의 2011년도 사용기업 수인 36개이고, 2단계 실험시설들은 100% 가동한다는 가정과 1단계 실험시설은 6개이고 2단계 실험시설은 5개임을 감안하여 사용기업 수를 43개로 적용하였음[49)]
  - 건설연구인프라 2단계 실험시설 수요조사에서 5개 실험시설 응답자 전체 중 '기후변화대응 다환경 대형 실험시설' 수요비중인 23.0%를 적용하였음[50)]
- 해외실험시설 이용비용 절감 편익은 1단계 실험시설 운영성과 데이터를 참고하여 2단계 실험시설의 예상매출액과, 해외실험시설 방문에 의한 인건비 절감비용으로 추정하였음
  - 1단계 실험시설의 가동일(가동율, 200일/1년 가동 시 가동률 100%)은 2009년부터 2012년까지 연평균 15.8% 수준으로 증가하였음
  - 1단계 실험시설의 2012년 기준 가동일 1일 당 평균 매출액 2,066,272원임

45) 신태영, 2004
46) 2011년도 국토교통기술연구개발활동조사, 기업체 매출액구분별 자체사용 비목별 현황
47) 일반건설업 등록현황, 대한건설협회
48) 엔지니어링산업실태조사 결과보고서, 한국엔지니어링협회, 2012
49) 건설연구인프라운영원 자체 자료
50) 건설연구인프라운영원 자체 자료

- 보수적 관점에서 2단계 실험시설의 가동일수도 1단계 실험시설과 유사한 패턴으로 증가한다는 가정하에, 첫해 100일(가동률 50%)로 시작하여 2023년부터 200일(가동률 100%)을 유지한다고 가정함
  - 1단계 실험시설이 1년에 일평균 0.2건 실험이 수행되었고, 2단계 실험시설도 일평균 0.2건 실험이 수행되어 첫해 20건으로 시작하여 2023년부터 40건의 실험이 수행된다고 가정함
- 보수적 관점에서 해외실험시설 방문인원은 3명, 체류기간 1주일로 가정하여 체류비 및 교통비를 산정함[51)]

〈표 2-11〉 연차별 해외 실험시설 이용비용 절감액 예측치

(단위: 원)

연도	2018	2019	2020	2021	2022
절감액	435,227,235	504,170,965	584,035,973	676,552,285	783,723,974
연도	2023	2024	2025	2026	2027
절감액	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469
연도	2028	2029	2030	2031	2032
절감액	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469

- 혜택기간은 건설연구인프라운영원이 실험시설을 운영하는 15년으로 설정하였음
  - 1단계 운영기준에 명시된 실험시설 운영기준(15년 동안은 운영원과 유치기관이 공동운영 후 운영권/소유권을 유치기관에 이관)을 토대로 서비스 시작 후 15년으로 설정하였음
  - '기후변화대응 다환경 대형 실험시설'은 2018년부터 서비스가 제공될 것이라 전제하여, 혜택기간은 2018년~2032년으로 정하였음
- 할인율은 KISTEP 예비타당성 수행 시 적용하고 있는 사회적 할인율 5.5%를 사용하였으며, 모든 가치를 2013년 기준 현가로 변환하여 계산하였음

51) 공무원 여비 규정, 국가법령정보센터, 2013년 개정

〈표 2-12〉 기후변화대응 다환경 대형 실험시설의 편익 추정치 (2018년~2032년)

(단위: 원)

연도	연차별 편익	연차별 편익의 현재가치
2018	834,812,938	638,744,058
2019	1,266,472,305	918,503,762
2020	1,590,928,363	1,093,662,717
2021	1,884,295,909	1,227,805,087
2022	2,171,563,680	1,341,221,271
2023	2,417,429,202	1,415,236,979
2024	2,569,321,060	1,425,743,239
2025	2,717,346,950	1,429,274,274
2026	2,863,719,139	1,427,737,764
2027	3,009,988,662	1,422,428,433
2028	3,144,389,977	1,408,476,187
2029	3,279,125,010	1,392,254,465
2030	3,414,889,681	1,374,310,500
2031	3,552,251,506	1,355,062,834
2032	3,691,685,972	1,334,836,330

(2) 비용 추정

- ‘기후변화대응 다환경 대형 실험시설’ 개발 비용은 국토교통기술촉진연구사업 2014년도 과제설명서에 명시된 비용(17,980백만원)을 이용하였음[52)]
  - 유치기관은 별도 대응자금을 부담하여 시설을 개발할 수 있으나, 이 부분은 예측도 불가능하고 정부 투자가 아님을 고려하여 비용에서 제외하였음
- 1단계 실험시설 성능개선 과제를 예산계획을 참고하여, 15년 동안 원활한 실험환경 제공을 목적으로 5년에 20억원씩 성능개선 비용이 투입된다고 가정하였음

〈표 2-13〉 기후변화대응 다환경 대형 실험시설의 비용 추정치 (2013년~2032년)

(단위: 원)

연도	개발 비용	개발 비용 현재가치
2013	1,800,000,000	1,800,000,000
2014	4,000,000,000	3,791,469,194
2015	6,800,000,000	6,109,476,427
2016	5,380,000,000	4,581,681,513
2017	0	0
2018	0	0
2019	0	0
2020	0	0
2021	0	0
2022	0	0
2023	2,000,000,000	1,170,861,159
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	0
2027	0	0
2028	2,000,000,000	895,866,096
2029	0	0
2030	0	0
2031	0	0
2032	0	0

52) 국토교통기술촉진연구사업(2014년도 지원대상 과제설명서), 국토교통과학기술진흥원, 2013.6.

(3) 경제성(B/C Ratio) 분석

- 기후변화대응 다환경 대형 실험시설의 비용편익 비율(B/C Ratio)은 1보다 높아 경제성을 확보하였다고 판단할 수 있음

〈표 2-14〉 기후변화대응 다환경 대형 실험시설의 비용편익분석

(단위: 원)

총비용	총비용의 현재가치	총편익	총편익의 현재가치
21,980,000,000	16,549,354,390	38,408,220,356	19,205,297,899
B/C Ratio	1.16		
순현재가치 (NPV)	2,655,943,509		

나. 사회적편익 분석

- ‘기후변화대응 다환경 대형 실험시설’ 개발에 따른 사회적 편익은 실험시설을 이용한 연구결과를 적용하여, 신규 건축물의 에너지 사용량 절감과 온실가스 배출량 절감에 따른 비용 절감으로 인한 효과로 정의함
  - 본 실험시설을 활용하여 구조물 종합성능(열/에너지/실내환경/쾌적 등) 및 열원기기 성능평가(효율 및 에너지 소비량 평가) 등이 가능하므로, 사회적 편익을 건축물 에너지 사용비용 절감과 온실가스 배출 비용 절감 중심으로 추정함
- 본 실험시설의 연구결과를 통한 연간 건축물 에너지 사용비용 절감효과는 81.8억원, 온실가스 배출 비용 절감 효과는 총 연간 약 15.9억원임

〈표 2-15〉 기후변화대응 다환경 대형 실험시설의 사회적 편익 예측치

(단위: 원)

사회적 편익	연간 사회적 편익
연간 건축물 에너지 사용비용 절감	8,179,256,148 / 1년
연간 온실가스 배출 비용 절감	1,589,368,519 / 1년

(1) 건축물 에너지 사용비용 절감

- 건축물에너지 사용비용 절감은 현재 국내 건축물 1동당 사용되는 에너지비용, 저에너지 친환경 건물 구현을 위해 국가가 목표로 삼고 있는 에너지 절감률, 연구 및 실험시설의 기여도 그리고 신규 건축물에 실험결과가 적용된다는 가정 하에 사회적 편익을 산출함

> 편익 = {(건축물 에너지사용량 × 건축물에너지비용)
> ÷ 국내 전체건축물 수)} × 에너지절감률
> × 연구 및 실험시설 기여도 × 건축물 증가수

- 2011년 기준 건축물(가정용 건축물과 상업용 건축물로 한정)에서 사용한 전력에너지 비용은 건축물 1동 당 317만원임[53]
  - 전체 건축물에서의 전력에너지 사용량은 15,758,000 TOE이고, 에너지 비용은 1TOE 당 1,138,500원이므로[54], 사용한 전력에너지 비용은 약 17.9조원임
  - 국내 전체 건축물 수는 2012년 기준 총 5,654,793 동임
- 에너지절감률은 국교부에서 추진하였던 저에너지 친환경 공동주택 그린홈 정책의 목표였던 40%[55]를 적용하였음
- 연구 및 실험시설의 기여도는 본 실험시설을 통한 R&D가 사회적 편익에 기여하는 정도와 R&D 수행 시 본 실험시설의 기여도에 관한 전문가 의견을 토대로 추정하였음
  - 본 실험시설을 활용한 건물 에너지 효율화 기술 적용시의 건물물 성능평가 연구는 건축물 에너지 절감에 있어 각각 30% 정도를 기여할 것이라는 전문가 의견 반영
  - 또한, R&D 수행 시 본 실험시설의 기여율(거시 자연 기후환경 모사 실험 수행을 통해 건물 에너지 효율화 기술 적용 시의 건축물 종합성능 검토 실험) 50% 정도가 될 것이라는 전문가 의견을 반영
  - '연구 및 실험시설 기여도'는 15% 정도로 추정할 수 있으나, 사회적 편익 분석에서는 10%를 적용하였음
- 건축물 증가수는 '11년 대비 '12년 증가분(64,452동)을 적용

53) 국토통계누리, 건축물 현황
54) 에너지통계연보, 국가에너지통계종합정보시스템, 2013
55) 국토교통부 보도자료, 그린홈 플러스

- 앞서 언급한 값들을 토대로 건축물에너지 사용비용 절감 편익을 추정한 결과 연간 약 82억원의 건축물에너지 소비비용을 감축할 수 있을 것으로 분석되었음

(2) 온실가스 배출 비용 절감

- 온실가스 배출 비용 절감은 현재 국내 건축물 1동당 사용되는 온시가스 배출권 비용, 저에너지 친환경 건물 구현을 위해 국가가 목표로 삼고 있는 에너지 절감률, 연구 및 실험시설의 기여도 그리고 신규 건축물에 실험결과가 적용된다는 가정 하에 사회적 편익을 산출함

> **편익 = {(건축물에너지 사용량 × 에너지 1TOE 생산시 발생되는 온실가스량 × 온실가스배출권거래가격) ÷ 국내 전체건축물 수} × 에너지절감률 × 연구 및 실험시설 기여도 × 건축물 증가수**

- 2011년 기준 우리나라의 온실가스 배출에 대한 비용은 건축물 1동 당 약 61만원임
  - 전체 건축물에서의 전력에너지 사용량은 15,758,000 TOE이고[56], 에너지 1TOE 생산 시 발생되는 온실가스량온 2.1tCO_2이며[57], 국제 온실가스 배출권 거래가격은 105,587원/tCO_2이므로[58], 온실가스 배출에 대한 총 비용은 약 3.48조원 임
  - 국내 가정용과 상업용 전체 건축물 수는 2012년 현재 5,654,793 동임[59]
- 에너지절감률은 국교부에서 추진하였던 저에너지 친환경 공동주택 그린홈 정책의 목표였던 40%를 적용하였음[60]
- 연구 및 실험시설의 기여도는 본 실험시설을 통한 R&D가 사회적 편익에 기여하는 정도와 R&D 수행 시 본 실험시설의 기여도에 관한 전문가 의견을 토대로 추정함
  - 본 실험시설을 활용한 시공 자재·부재·설비기기 성능 및 효율평가 연구는 건축물 에너지 절감에 있어 각각 30% 정도를 기여할 것이라는 전문가 의견 반영
  - 또한, R&D 수행 시 본 실험시설의 기여율(미시 특정 환경 모사 실험 및 수직 고층환경 모사 실험을 통해 자재·부재·설비기기 성능 및 효율 검토 실험) 30% 정도가 될 것이라는 전문가 의견을 반영

56) 에너지통계연보, 국가에너지통계종합정보시스템, 2013
57) 국가온실가스 감축목표 평가와 시사점, 한국경제연구원, 2010
58) 국가온실가스 감축목표 평가와 시사점, 한국경제연구원, 2010
59) 국토통계누리, 건축물 현황
60) 국토교통부 보도자료, 그린홈 플러스

- ‘연구 및 실험시설 기여도’는 9% 정도로 추정할 수 있으나, 사회적 편익 분석에서는 10%를 적용하였음

- 건축물 증가수는 ’11년 대비 ’12년 증가분(64,452동)을 적용

- 앞서 언급한 값들을 토대로 건축물에너지 사용비용 절감 편익을 추정한 결과 연간 약 16억원의 온실가스 배출량 비용 감축 효과가 예상됨

다. 소결

- ‘기후변화대응 다환경 실험시설’은 시장관점에서의 경제성과 사회적 편익 관점에서의 경제성 모두 우수한 실험시설이라 판단됨

  - 실험시설을 이용한 실험결과는 ‘General Building 건설/엔지니어링 산업’과 ‘건축 자재산업’의 해외시장 점유율 확대에 기여함으로써, 국내 관련 기업의 이익 증대에 기여할 수 있음

  - 또한, 실험시설을 이용한 실험결과를 국내 건축물에 적용할 경우 우리나라의 에너지 사용비용과 온실가스 배출을 절감함으로써, 국가적 차원에서 발생할 수 있는 비용을 절감하는데 기여할 수 있음

- ‘기후변화대응 다환경 실험시설’은 시장관점에서의 경제성도 우수하지만, 사회적 편익에 기여가 우수한 공익적 차원에서의 필요성이 요구되는 실험시설이라 판단됨

제3장 기대효과

- (과학기술적 측면) 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축
  - 건설교통분야 대형 실험시설인프라 강화를 통해 다양한 R&D 검증실험, 실용화 및 건설신기술 개발 지원이 가능하여 관련분야 기술경쟁력 제고에 기여
  - 대형실험시설을 기반으로 한 국가R&D 과제의 국내 실험 검증이 가능하여 건설교통기술의 해외 의존형(또는 도입형)에서 국내 창조형으로 기술개발 페러다임의 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 건설교통분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제표준화 등을 통해 국제적 기술선도 가능
  - 지역적으로 분산된 국내의 대형실험시설을 grid 네트워크로 연결하여 연구/실험 인프라의 효율적인 활용이 가능하고 연구개발 속도 극대화
  - 네트워크로 연결된 특성화된 대형건설실험시설을 확보함으로써 국제 공동연구가 가능하고 해외 기술검증에 대한 실험수요를 유치할 수 있으며, 이로 인한 건설분야의 국제적 위상 제고
- (사회·경제적 측면) 대형 국가실험인프라 구축을 통해 기업의 혁신 유도 및 검증과정을 통해 도출된 지식성과를 기반으로 경제적 가치 창출
  - 대형실험시설을 기반으로 국제협력연구를 통해 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대 가능
  - 타 기관의 실험시설에 대한 연계활용을 통한 국가 연구시설·장비의 중복 투자를 방지하고 공동활용을 통한 이용 효율성을 증대
  - 국내 건설기술력의 제고와 해외에서의 경쟁력 향상을 통해 해외 건설시장 진출이 활발하게 되어 국가 경상수지의 호전 기대
  - 국내 첨단실험시설 부족으로 기존에 해외에서 수행되던 중요 실험들을 국내에서 유치함으로써, 국가적으로 중요한 기술 및 외화의 해외유출 방지

- 첨단 실험시설의 확보를 통해 도시건축, 수자원 및 도로교통 분야 재해·재난·사고 등으로부터 시설물의 안전과 국민의 생명 보호
- 첨단 실험시설을 활용하여 도로 및 교통안전시설물의 체계적 설계와 검증이 가능하여 교통사고율을 OECD 교통선진국 수준으로 낮춤으로써, 국민의 삶의 질 제고와 눈높이에 맞춘 SOC 연구성과 달성 가능

- (인적자본 형성 측면) 대형실험시설을 기반으로 한 융복합 기술분야 국제 공동연구 및 학제간 공동연구를 통해 해외 우수인력 유인 및 연구역량 확보
  - 대형실험시설이 주축이 되는 교육/연구 융합 인프라 구축을 통한 전문 연구인력 양성 가능
  - 국내 연구환경에 대한 인식 전환으로 해외 우수 연구인력의 유입과 세계적 수준의 기술인력 양성 가능
- (정책적 측면) R&D 인프라 및 기술검증 인프라 기반 구축을 통한 국가 신성장동력 산업과 국가 R&D 전략의 효과적인 추진 가능
  - 건설교통분야 하부구조 기반 강화를 통한 연구개발 활성화 기대
  - 국토교통분야 국가연구시설·장비 확충 및 운영관리 시스템 구축으로 과학기술기본계획의 “과학기술 하부구조 고도화”사업과 연계하여 정부의 7대 과학기술강국 진입 목표에 기여
  - ‘국토해양 R&D 발전전략’의 목표 달성을 위한 기반시설 구축으로 사회·경제적 비용절감 및 녹색산업 성장, 글로벌 5대 녹색강국으로 도약하기 위한 발판 마련과 국토교통 R&D 수준 제고
  - 국가 R&D 지원 및 건설신기술 개발 촉진
  - 지역 분산된 대형연구시설을 거점으로 지역 클러스터가 형성되어 지역의 연구능력 및 기술력 향상과 균형적 발전 기대