

제1장 기획 연구 과제의 개요

제1절 기획 연구의 필요성

1. 과제 추진 필요성

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

- 도로 및 주변 시설물을 유지 관리하기 위하여 많은 지자체 예산과 인력이 소요되며, 수작업이 필요하기 때문에 상시 유지 관리가 어려움. 재정이 취약한 중소 도시의 경우 도시 시설물의 유지 보수비용을 줄일 수 있는 유지 관리 최적화 시스템의 도입이 시급함
- 기존 시스템들은 시설물에 따라 유지관리 방법이 다르며 최적화되어 있지 않음. 전체 관리 비용을 최소화하기 위해서는 개별 관리되는 시설물들을 통합하여 유지 관리하는 시스템 필요함

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

- 시민들의 휴식처 역할을 하는 각종 하천에는 매년 많은 부유쓰레기 발생 ('07년도 15개 주요 하구의 쓰레기 발생량은 131천 톤. 소요 예산 92.7억 원, 출처: 공감코리아). 수상의 부유쓰레기는 도시의 미관을 해칠 뿐만 아니라 바다로 흘러 연안의 환경오염의 주범이 되기 때문에 부유쓰레기 수거 문제는 지방자치단체의 주요 현안임
- 수상의 부유쓰레기는 주로 물살이 약한 강의 둔치에 집중적으로 분포되어 있음. 현재 수심이 높은 곳은 선박이나 전문 인력을 활용하여 수작업으로 쓰레기를 수거하지만, 운행되고 있는 청소선은 수심 1m 이하인 곳에서는 쓰레기 수거활동이 불가능한 구조이며, 따라서 수거되지 못한 부유쓰레기가 침전되어 수중쓰레기로 변하는 데에 따른 수거의 비용과 시간은 곱절로 늘어나고 있는 실정임. 따라서, 발생한 부유쓰레기의 효과적인 제거를 위해, 저수심 상시 운항이 가능한 수상 자동 청소 시스템이 필요함

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

- 정부는 국가재정운용계획에서 사회간접자본(SOC) 예산을 지속적으로 감액하고 있으며, 2014년까지 연평균 1.7%씩 감축. 사회간접자본 운용에 있어서 예산 절감이

가능하며, 사회기반시설을 장기적으로 유지·관리가 가능한 지속적인 시설물 모니터링이 시스템이 필요함. 특히, 중소규모 도시의 경우 재정자립도 향상을 위해 도시 관리 비용을 절약할 수 있는 저비용 고효율의 도시 시설물 관리 시스템이 필요함

- 공공기관 및 민간 사용자들이 정보에 쉽게 접근하여 시설물 관리 및 재난 방지에 능동적으로 대처할 수 있는 QR 코드 기반 혹은 센서 퓨전 및 상황인지 기반의 정보 시스템 구축이 요구됨

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템

- 충청권 신도시 부지 조성과 기존 도시의 방재 및 유지관리를 위하여 도시 하부 지반의 3차원 평가가 필요함. 특히 최근 전 세계적으로 빈발하는 지진으로 인해 국내지진 발생가능성이 점차 확대되고 있음. 이러한 지진 재해에 대한 방재를 위해서는 도시의 중요 구성요소들을 중심으로 한 지진재해도의 작성이 필요하며, 이러한 지진재해도 작성은 도시 하부지반의 평가를 통해 이루어짐
- 도시 하부 지반 평가를 위해서는 다양한 잡음의 존재 및 협소한 실험공간이라는 도시환경에 걸맞는 신뢰할 수 있는 평가방법이 필요하며, 동시에 시험대상부지의 광역화로 인한 신속하고 자동화된 평가방법이 필요함. 도시 환경하에서 인력 및 시간을 절감하기 위한 자동화된 로봇 기반 도시하부 지반 평가 시스템이 필요함
- 충청권의 신규 도시 권역 및 대규모 연구 단지의 홍수 방재 대책은 2011년 7월에 발생한 서울지역의 집중호우 피해 사례에서와 시급히 해결해야 할 현안이며, 도시의 개발 단계에서부터 도시 홍수 방재 및 유지 관리를 위한 시스템의 구축은 향후 충청권 대규모 단지의 안정적인 그리고 경제적인 발전에 필요함. 따라서, 홍수 방재를 위해 홍수 위험도 평가 연구를 실시하고, 이를 바탕으로 도시 홍수 방재를 위한 로봇 기반의 도시 우수관망 관리 시스템이 필요함

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

- 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳(보령, 서천, 태안, 당진)의 석탄 화력발전소에서 생산되고 있으며 그에 따른 석탄회 처리 및 매립지 부족의 어려움을 겪고 있음
- 지식경제부 ‘제5차 전력수급 기본계획’에 따라 최근 2015년부터 3년간 당진, 보령, 태안 등 서해안 3개 시·군에 7천MW 규모의 화력발전시설이 신·증설될 예정이며 발생하는 석탄회에 따른 매립지 관련 문제 및 인근지역 환경오염 문제가 증가할 것으로 예상

- 충청권 내 진행되고 있는 다수의 신도시 사업(세종특별자치시, 황해경제자유구역, 국제과학비즈니스벨트)으로 인해 충청권 내 지반채움재 및 건설용 골재수요가 증대될 것으로 예상되며, 석탄회 활용 건설재료의 대규모 테스트베드 시행가능
- 충청권 내 석탄화력발전소 인근 지역을 중심으로 석탄회 처리, 건설재료, 2차 제품 제조 및 시공관련 산업을 위치시켜 석탄회 활용 시스템 구축 및 침체된 경기의 중소도시 산업 활성화 필요

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발 기술

- 본 연구과제의 가장 큰 의의는 알루미늄 규산염 물질의 알칼리 활성화 및 지반중합화 거동을 체계적으로 밝혀내는데 있음. 기존의 국내·외 연구들은 이상적인 상태의 인공 포졸란들을 대상으로 국한되어 있어, 실제 지각물질에 대한 접근 및 시도는 전무한 상태이며, 이는 관련 분야의 성장과 발전을 저해하고 있는 가장 큰 요소임. 따라서 본 연구에서는 실제 지반물질인 현장발생토를 이용한 현실적이고 보편타당한 연구를 수행할 것임
- 한편, 기존 연구들은 주로 SEM 촬영과 파괴강도 측정을 통한 물리적 접근에 치우쳐 연속적인 거동 특성 파악에 어려움이 많음. 하지만 본 연구에서는 SEM 과 압축강도 측정뿐만 아니라, 탄성파, 전자기파, pH, 열전도도 등의 비파괴연속 측정을 통한 연속적인 거동 해석을 토대로 아직 명확하게 밝혀지지 않은 알칼리 활성화 과정상의 입자 분해 과정과 입자들의 중합화 및 고분자화 과정에 대한 규명이 이루어질 것으로 예상됨
- 나아가 현장발생토의 최적화된 알칼리 활성화 및 지반중합화 조건을 찾아내고, 이를 활용한 친환경·저탄소 지반 건설 결합재료 개발이 이루어질 것임. 이를 통해 기존의 지구온난화 유발 시멘트와 인공 포졸란을 대체하여 이산화탄소의 배출 저감은 물론, 2050년에 ton당 50\$(Synapse Energy Economics 2006)에 이를 것으로 예상되는 이산화탄소배출권(ET) 확보 효과도 함께 얻을 것으로 예상되며, 또한 다양한 응용 및 실용화를 통해 21세기 저탄소 녹색건설 산업에 대한 선도적인 입지를 굳힐 수 있을 것으로 예상

2. 연구개요

- 본 기획연구에서는 충청권에 우선 적용이 가능한 스마트 그린 도시 관리 시스템의 핵심인 시설물 자동 관리용 로봇 시스템, 도시 기반 시설 최적 관리 기술, 도시 부산물 및 재생 자원 관리 기술 개발에 대한 기획 연구를 수행. 따라서 연구기

획 범위를 아래와 같이 나누어 각 기술 범주에 대한 상세 기획연구를 수행함.

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

- 자동 유지 관리 로봇 설계 및 프로토타입 개발 기술
- 육상 환경에서 효과적인 작업이 가능한 Mobility 인프라 관련 기술
- 다개체 로봇을 이용한 시설물 유지 관리 및 보안 시스템 기술

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

- 수상 청소선 설계, 개발 및 인프라 관련 기술
- 수상 및 수변 청소 로봇 시스템의 설계 및 개발
- 수상 및 수변 청소 로봇용 생태 환경 모니터링 시스템 개발

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

- QR Code 기반 스마트 도시 시설물 관리 최적화 시스템
- 센서퓨전 및 상황인지 기반 중소도시 시설 모니터링 플랫폼 개발

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템

- 지오센트리퓨지 시설을 이용한 도시 시설물 지진 및 홍수 안정성 시뮬레이션 기술
- 도시 환경에서 사용할 수 있는 자동화된 하부지반 평가 시스템
- 도시 하부 지반 평가를 위한 자동화된 하부지반 평가 시스템

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

- 특수 콘크리트 개발 기술
- 충청권 신도시 내 시범 적용을 통한 구체적인 실용화 방안 제시

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발 기술

- 현장발생토를 이용한 성토 및 무시멘트 포장재료 개발 기술
- 현장발생토를 이용한 녹지 및 근린 공간 조성 기술
- 현장발생토 처리 및 운송 과정 최적화 시스템



[그림 1.1.1] 기획연구개발 최종 목표 및 세부개발 기획내용

3. 연구의 중요성

- 충청권 신도시는 택지 개발 촉진법, 기업 도시법, 혁신 도시법, 경제 자유 구역법 등의 특수법에 의한 국내 모든 형태의 신도시 형태를 망라하고 있어서 각종 기술을 적용하기 위한 테스트베드로서 적합함. 따라서 충청권의 현황 및 개발 수요를 반영한 맞춤형 기술 개발을 통해 지역 업체를 통한 사업화가 가능하고, 각종 기반 산업 활성화 등 충청권 지역 경제 활성화에 크게 기여가 가능함으로 본 기획연구는 매우 중요함

제2절 기획 연구 목표 및 내용

1. 연구의 최종 목표

가. 기획 연구의 최종목표

(1) 최종목표

- (가) 충청권에 우선 적용이 가능한 스마트 그린 도시 관리 시스템의 핵심인 시설물 자동 관리용 로봇 시스템, 도시 기반 시설 최적 관리 기술, 도시 부산물 및 재생 자원 관리 기술에 대한 핵심 요소기술을 도출
- (나) 각 핵심 요소기술에 대한 세부과제를 설정하고, 이를 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 세부과제별 연구 개발 사업제안서(RFP)를 제시

2. 기획 연구 내용

가. RFP에 제시된 6개 기술에 대한 동향 (시장, 기술, 특허, 정책) 조사 실시

나. 연구단의 비전 및 최종목표 도출

다. 세부과제 및 세세부과제 도출

라. 성과물 도출 및 활용방안 제안

마. 테스트베드 추진 전략 수립

바. 기대효과 분석

3. 방법론

가. 동향 조사 및 분석

- (1) 시장, 기술, 특허, 정책 조사 실시
- (2) 충청권 지방자치단체 공무원 및 관련 기술 전문가, 국내·외 전문가 의견 조사
- (3) STEEP/SWOT 분석 방법을 이용한 관련 기술의 현황 분석 및 대응전략 수립

나. 연구단 비전 및 목표 도출

- (1) 시장·기술·정책 분석을 통해 도출된 SO 전략과 충청권 전문가 자문 의견을 바탕으로 각 세부 기술별로 요소 기술을 도출
- (2) KJ mapping¹⁾을 이용하여 도출된 요소 기술을 분류 및 그룹화

(3) 그룹명을 바탕으로 키워드 도출 한 뒤 이를 바탕으로 최종 목표 및 비전을 수립함

다. 세부과제 및 세세부과제 도출

(1) 기 기획단계에서 제시된 6개의 세부기술에 따라 동향 및 환경 분석을 수행하였으나 아래와 같은 문제점이 존재하였음

- 충청권과의 부합성 부족
- 세부 기술 간의 연계성 부족

(2) 이에 각 기술의 동향 분석, 기술 수요 예측 조사, 충청권 자문위원 의견을 바탕으로 충청권에 적합하고 각 중점 분야의 연계성을 극대화 시킬 수 있는 기획 방향을 수립

(3) 도출된 세세부과제는 과제별 요소 기술을 도출하고, QFD²⁾ 조사를 실시하여 우선순위를 평가함

1) KJ mapping : 일본의 가와키타 지로 (Kawakita Jiro) 박사가 창시하였으며, 불분명하여 잘 알 수 없는 상태, 즉 혼돈된 상태에서 관심의 대상으로부터 언어 데이터를 수집하고, 그 수집한 언어 데이터를 상호의 친화성에 의해 정리해 나감으로써 해결해야 할 문제의 구조를 명확하게 하려는 수단

2) QFD(Quality function deployment: 품질 기능 전개): 수요자의 요구를 품질 특성으로 변환하여 제품의 설계, 부품 계획, 공정 계획, 생산 계획과 판매 까지 모든 단계를 통해 고객의 요구가 최종 제품과 서비스에 충실이 반영되도록 하여 고객의 만족도를 극대화하는데 초점을 맞추고 있는 품질 경영의 방법론 중 하나임. 본 과제에서는 세세부기술별 요소기술을 도출하고 충청권 자문위원, 연구관계자 등을 대상으로 QFD를 실시하여 요소 기술의 우선순위를 도출함으로써 전문가의 의견을 반영함

제2장 국내외 동향 분석

제1절 시장 동향 분석

1. 시장 동향 분석 개요

- 건설교통 관련 온라인 데이터베이스 서비스를 이용한 국내외 산업, 기술, 연구 동향 자료 수집 (과학기술정보통합서비스(NDSL), 국토해양지식시스템(Landmark))
- 각 6개 세부 기술 분야에 대하여 국내/국외 자료를 수집
- 국내외 기술 및 제품 시장 동향 파악
- 전체적인 시장 규모 파악 및 향후 시장규모 전망 분석

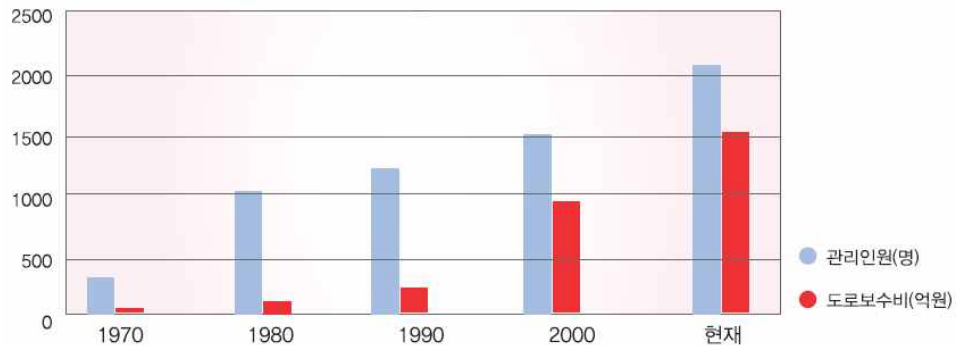
2. 기술별 국내외 시장 동향 분석

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

(1) 국내 시장 규모 및 전망

(가) 도로 유지 관리 인원 및 예산

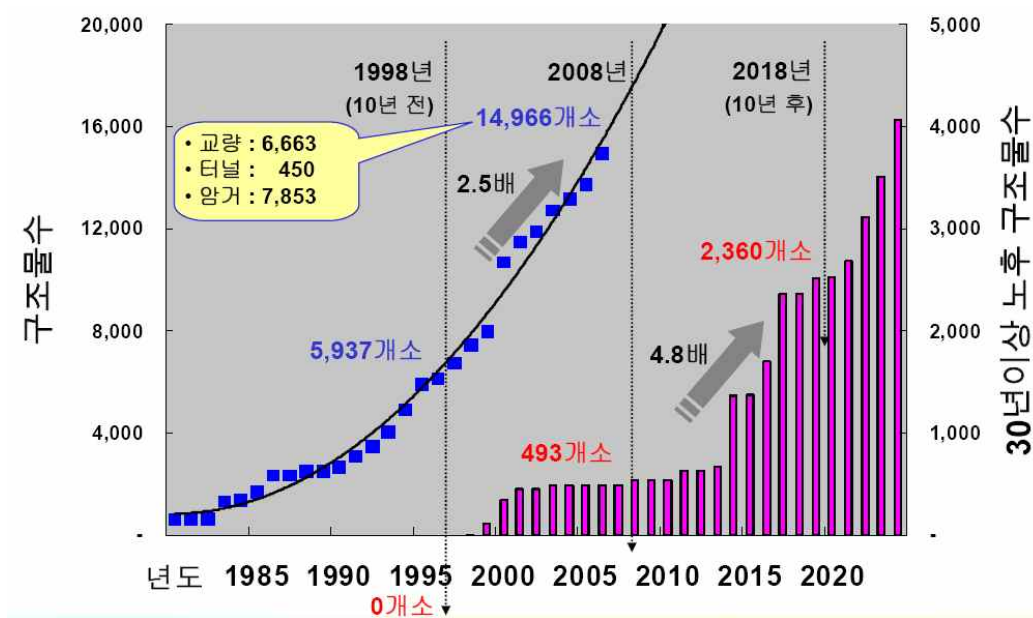
- 고속도로의 경우 유지관리 인원이 연평균 2.6% 증가하여 2009년 기준으로 약 2,138명에 달하고, 유지관리 비용은 1970년 24백만 원이었으나 연 평균 11% 증가하여 2009년에는 1,603억 원에 달하고 있음¹
- 국도는 전체 도로의 13%에 해당되므로 약 320여명의 유지관리 인원과 약 240억 원의 유지 관리비가 예상됨
- 도로보수비는 도로의 노후화와 관리연장의 급증으로 인해 점차 기하급수적으로 늘어날 것으로 예상됨



[그림 2.1.1] 유지관리 인원 및 예산의 변화

(나) 구조물 유지 환경 시장²

- 1995년 이후로 2.5배의 속도로 구조물수가 증가하였으며 30년 이상 노후 구조물 수는 2010년 이후로 4.8배의 증가량을 보이고 있음
- 그러나 전문성을 가진 구조물 관리 인력은 부족한 실정으로, 점검과 평가가 가능한 전문 인력은 15명 내외 (도로교통연구원 포함)이며 순환보직으로 구조물 담당자 평균은 근무기간 2년 이내임



[그림 2.1.2] 관리 구조물의 급격한 증가 및 노후화

(다) 건설 로봇 산업 동향³

- 건설로봇은 1980년대를 전후로 하여 도입되기 시작하였으나 아직까지는 건설공사의 불확실한 요소, 대량 생산의 문제점 등 특수성에 따라 그 시장 규모가 전

산업대비 1~2%로 매우 미흡한 실정임

- 08년 국내 로봇산업시장은 9,033억 원으로 추정, 성장률은 14.6%이며, 제조업 로봇시장이 전체 83%를 차지, 성장률 12.2%를 유지
- 국내 로봇시장의 규모가 2000억 원으로 예측된 것을 감안할 때 40억 원 이상으로 예상되며, 타 산업분야에 비해서는 아직은 매우 미약한 단계임
- 2004년부터는 건설로봇이 본격으로 건설현장에 도입되어 2010년부터는 건설현장에서 로봇이 상용화 될 것으로 예상되며, 이는 기능 인력의 부족, 공사의 대형화 및 복잡화, 안전에 대한 욕구 그리고 건설로봇에 대한 꾸준한 연구의 결과로 추측됨
- 건설로봇 시장은 2010년에는 모든 건설현장에서 상용화될 것으로 예측되며, 그 규모를 공사원가 구성의 변화와 건설공사의 유형별로 로봇활용비율을 고려할 때 건설로봇시장은 공사원가의 약 8.5%로 예측됨
- 따라서 2010년 건설시장 규모 102조 600억 원을 기준으로 할 경우 약 8조 6700억 원으로 예측됨

[표 2.1.1] 로봇산업 동향 (단위: 억원)

구분	'05	'06	'07	'08	전년대비 증감률(%)	연평균증감 률(%)
개인서비스	248	377	354	442	24.9	21.2
전문서비스	42	84	89	94	5.6	30.8
제조업	5,354	6,253	6,447	7,563	17.3	12.2
로봇부품	354	463	740	933	26.1	38.1
합계	3,452	7,178	7,629	9,033	18.4	14.6

출처: 로봇산업 실태조사, 한국로봇산업협회 (2008)

(2) 국외 시장 규모 및 전망

(가) 로봇 산업 시장⁴

- 2007년 세계 로봇시장은 2002년 이후 연평균 18.7% 증가하면서 81억 달러를 상회하고 있으나 건설용 로봇의 경우는 시장 형성단계로 아직 경쟁체계가 구축되어 있지 않았음
- 일본은 산업용 로봇 뿐만 아니라 건설로봇 분야에서도 세계의 선두를 달리고 있으며, 특히 건설회사내의 연구소를 중심으로 지난 1980년대부터 꾸준히 기술

개발에 투자한 결과 콘크리트 마감작업 등의 작업 기능을 가진 로봇이 일부 실용화 단계에 이르렀음

- 미국은 주로 연구소와 카네기멜론, MIT, 스탠포드 등 대학을 중심으로 건설로봇의 접근과 조사 방법등 방법론적 연구가 많이 진행되고 있으며, 실용화 가능성이 높은 기초연구가 활발히 진행되고 있으며 건설 로봇에 대한 시장 진출을 준비 중임
- 그 밖에 프랑스 그레노블 국립기술연구소, 영국의 브리스톨공과대학, 독일의 프라운호퍼 등과 이스라엘, 헝가리, 스웨덴, 네덜란드, 싱가포르, 핀란드가 소규모의 연구를 개시하고 있으며 시장 확보를 위한 킬러 어플리케이션의 발굴에 투자가 이루어지고 있음

[표 2.1.2] 로봇산업 동향 (단위: 백만 달러)

구분	'02	'03	'04	'05	'06	'07	전년대비 증감률(%)	연평균증 감률(%)
개인서비스	-	372	427	352	300	544	81.3	10.0
전문서비스	-	262	433	1,821	1,229	1,688	37.3	59.3
제조업	3,452	3,817	4,471	5,597	5,305	5,894	11.1	2.6
합계	3,452	4,451	5,601	7,771	6,834	8,126	18.9	18.7

출처: World Robotics 2008, IFR (2008)

[표 2.1.3] 건설 작업용 로봇의 세계 시장 규모 예측

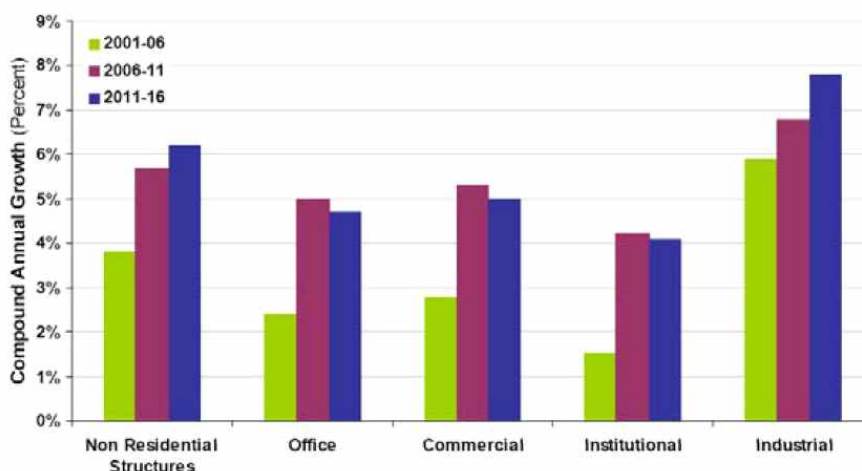
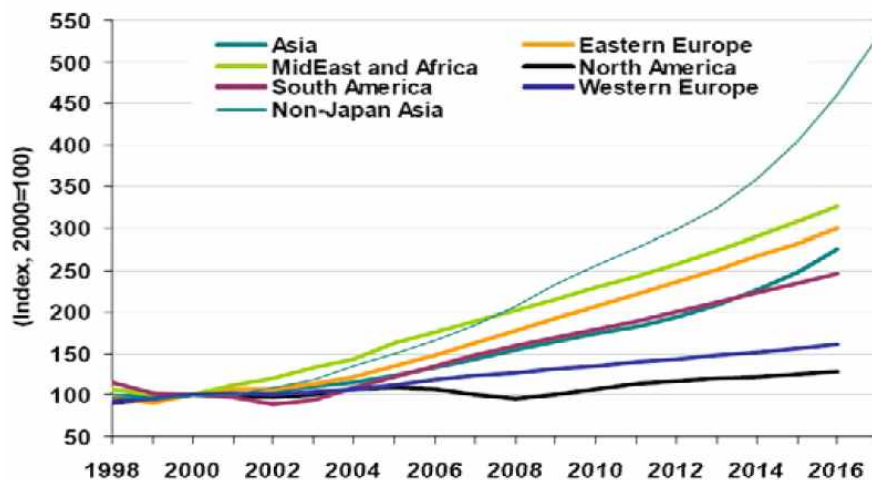
구분	2005년	2005년	2005년	2005년	2005년
물량(천대)	3.98	4.73	6.10	9.84	18.29
매출(백만달러)	300	432	674	1,314	2,957

출처: 지능형로봇기술로드맵 2006

(나) 건설-IT 융합 시장⁵

- 세계 건설시장은 융합화, 극한화, 지능화로 발전하고 있는 첨단 IT기술과 건설산업의 융합으로 생산성 향상 및 새로운 시장 창출을 도모
- 에너지 절감 및 환경 친화적 건설로 삶의 질을 향상하고 에너지 절감 추세로 발전

- 세계 건설시장의 총 규모는 2007년 1월 기준으로 약 4조 5천억달러로 추산
- 아시아권(일본 제외) 국가들에서 2000년 대비 2016년 5.5배 확장될 전망이며 비주거 시설은 연평균 6% 성장 전망 (2007 Global Insight, Inc.)
- 세계 각국은 건설 분야에 IT기술 융합을 통해 시너지 효과 및 고부가가치 창출을 추진
- 미국 NSF 산하에 토목기계시스템(CMS)를 두어 NT/IT/ET 융합 육성, 일본의 건설 IT를 위한 JACIC사업, 영국의 Sixth EU Framework 프로그램 등
- 세계 건설시장에서 IT융합 부문은 2012년 2,890억 달러 전망 (해외건설협회 (07.12) 자료활용)



출처 : 2007 Global Insight, Inc.

[그림 2.1.3] 권역별 세계 건설시장 전망과 비주거 시설 연평균 성장 전망

(다) 도로 유지보수 시장⁶

- 우리나라 정부의 도로관련 예산의 92%가 신규 도로건설에 투입되고 도로의 유지보수 및 운영 등의 활동에는 6.7%가 투입되는 것으로 조사되어 이에 대한 투지비중이 상대적으로 미흡한 것으로 나타남 (국외의 경우 도로건설 대비 도로 운영비의 비중은 대부분 40% 이상임)
- 외국에 비해 우리나라는 신규 건설투자 비중이 상대적으로 높은 것은 도로 스톡 자체가 부족하여 신규 투자에 치중하는 것으로 풀이되며 향후 스톡의 증가 및 시설의 노후화가 진행됨에 따라 유지관리비의 비중은 점증할 것임

[표 2.1.4] 도로 건설투자 대비 도로 운영비 비중 비교

구분	한국	오스트리아	벨기에	핀란드	노르웨이	포르투갈	스웨덴
비중(%)	7.3%	45.0%	45.0%	85.0%	80.0%	10.0%	90.0%

출처: 건설교통부, 2007

(3) 소결 및 시사점

- 도로의 노화와 연장으로 인해 도로 유지 관리 인원 및 예산이 기하급수적으로 늘어날 전망이다 도로 자동 유지 관리를 위한 시스템 도입이 불가피함
- 노화 구조물 또한 2010년 이후로 4.8배의 증가량을 보이고 있으나 전문성을 가진 인력은 부족한 실정임
- 우리나라의 로봇 산업은 꾸준히 발전하고 있으며, 특히 전문 서비스 로봇 시장의 성장률은 30%를 상회하고 있으며 건설-IT 융합 시장 역시 증가 추세에 있으므로 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리에 로봇 시스템을 도입할 최적의 상황임

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

(1) 국내 시장 규모 및 전망

(가) 로봇 시장 현황 및 전망

- 2011년 한국 로봇 산업 협회의 로봇산업 실태 조사 결과에 따르면 국내 로봇 시장의 규모는 전년대비 약 75% 성장한 1조 7,848원으로 추정되며, 분야별로는

제조용 로봇 시장의 규모가 전년대비 69.5% 증가한 1조 4,111 억 원이며, 전문 서비스용 로봇은 995 억 원, 개인서비스용 로봇은 1,717 억 원으로 추정됨⁷

- IFR 2011년 세계 산업용 로봇 시장 동향에 따르면, 2010년 국내 총 23,500 종류의 로봇이 판매되었으며 이는 세계에서 가장 높은 수치임 (일본이 2위로 2010년 21,900개 종류의 로봇이 판매되었음)⁸
- 국내 로봇 시장의 경우 제조업용, 전문 서비스용, 개인 서비스용 로봇 산업 시장 모두 확대될 전망이다 특히 개인 서비스 로봇 산업은 2005년 기준 2000만 달러로 추정되고, 2010년에는 2억 4000만 달러, 2020년경에는 19억 7000만 달러로 급성장 할 것으로 기대됨⁹

[표 2.1.5] 국내 로봇산업 시장 전망 (단위: 백만달러, %)

	2005	2010	2015	2020	연평균 성장률	
					2005~2010	2010~2020
제조업용 로봇	530(450)	850(800)	1,370(1,440)	1,930(2,200)	9.9(12.2)	8.5(10.6)
전문서비 스 로봇	20(6)	80(30)	280(150)	640(390)	31.9(38.0)	23.1(29.2)
개인서비 스 로봇	20(30)	240(300)	890(1,240)	1,970(3,160)	36.9(58.5)	23.4(26.5)

주: ()안의 수치는 생산액 기준.

(나) 수중 및 수상 청소 시장

- 청소 로봇 시장의 경우 가정용이 대부분이며 수중·수상 청소 로봇시장의 경우 근래 선박 형태의 청소로봇에 대한 수요가 발생하고 있음. 그 예로 서울시 한강 시민공원 사업소에서는 2006년부터 2010년까지 한강의 환경 정화 능력을 증대시키기 위하여 청소선 (16톤급)을 4척을 배치하여 운영하고 있음¹⁰
- 지식경제부에서는 하천에서 수중 환경 감시가 가능한 물고기 로봇을 개발 중에 있으며 (총 사업비 60억, 개발기간은 3년), 이는 바다 혹은 강물의 수중 생태계를 감시하며 4대강 수질 오염 측정에 활용될 전망이다¹¹
- 한국생신기술연구원에서는 수중 및 수상 로봇 시장으로 양식장 청소·관리용 수중 로봇에 대한 시장이 형성 될 것으로 예측함
- 양식장 청소·관리 로봇이 개발될 경우, 상용화되는 2012년 경 7~14억원의 시장이 형성될 것으로 추산되고 있으며, 점차 확대되어 2018년 경 14~28억 원의 시

장이 형성될 것으로 예측¹²

[표 2.1.6] 양식장 청소·관리 로봇 연도별 시장규모 전망 (단위: 백만원, %)

경쟁력	규모	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Good	점유율	20	22	25	28	32	36	40
	시장규모	1,393	1,563	1,755	1,970	2,211	2,482	2,785
	총합							14,158
Bad	점유율	10	11	13	14	16	18	20
	시장규모	696	782	877	985	1,105	1,241	1,393
	총합							7,079

주: Good, Bad 는 각각 판매호조, 판매미진을 가정.

(다) 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 시장규모 추산

- 국내 수상 및 수변 청소 시장 현황을 바탕으로 국내 하천(국가하천, 지방하천, 소하천 포함)의 규모를 추산하고, 이 가운데 자동 청소 시스템이 커버할 수 있는 규모를 고려하여 시장 규모를 추산
 - 전국 하천 길이: 국가하천-3,260km, 지방 1급-1,183km, 지방 2급-25,753km, 소하천-34,705km총 64,903km
 - 국내 댐,호수 면적: 약 78,300km²
 - 자동 청소 시스템 1대당 연간 관리할 수 있는 하천 길이: 10km, 댐 유역 면적: 5km²
 - 로봇의 유지 관리 비용: 연간 300만원
 - 자동 청소 시스템 1대 당 한해 수거할 수 있는 부유 쓰레기 규모 산정: 100톤
 - 로봇의 유지관리 비용을 연간 3백만원으로 가정
- 자동 청소 시스템의 시장 규모는 가격대비 제품의 성능을 고려하여 추산
- 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템이 개발될 경우, 상용화되는 2017년 경 약 2~4억 원의 시장이 형성될 것으로 추산되고 있으며, 점차 확대되어 2023년 경 약 46억~93억 원의 시장이 형성될 것으로 예측됨

[표 2.1.7] 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 시장규모 전망 (단위: 백만원, %)

경쟁력	규모	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Good	점유율	2	4	6	8	12	16	20
	시장규모	940	1,879	2,818	3,758	5,636	7,516	9,396
	총합							31,943
Bad	점유율	1	2	3	4	6	8	10
	시장규모	470	940	1,409	1,879	2,818	3,758	4,698
	총합							15,972

주: Good, Bad 는 각각 판매호조, 판매미진을 가정.

(2) 국외 시장 규모 및 전망

(가) 로봇 시장 현황 및 전망

- 2011년 IFR 보고서에 의하면, 2010년 세계 전문 서비스용 로봇 시장 규모는 전년대비 15% 성장한 32억 달러로 추산되며, 판매된 로봇의 75%는 국방 혹은 필드 로봇임, 개인용 서비스 로봇 시장의 경우 청소 로봇, 레저용 로봇, 교육용 로봇 등의 가정용 로봇 시장이 대부분이며 규모는 총 5.38 억 만 달러로 추정되며 이는 전년대비 35% 증가한 수치임¹³
- 청소 로봇 시장의 경우 가정용 (일반 청소로봇, 잔디 깎기 로봇) 이 대부분이며 수중·수상 청소 로봇시장의 경우 근래 선박 형태의 청소로봇에 대한 수요가 발생하고 있음
- 미국 메사추세츠 공대(MIT)에서는 수상에서 움직이면서 기름을 제거하는 ‘시스왐(seaswarm)’로봇을 개발하였으며, 이 로봇은 자동으로 유출된 기름을 찾고 이를 제거함. 상용화시 가격은 2만 달러에 이를 것으로 추정됨
- 2011년 한국 로봇 산업 협회의 로봇산업 실태 조사 결과에 따르면 국내 로봇 시장의 규모는 전년대비 약 75% 성장한 1조 7,848원으로 추정되며, 분야별로는 제조용 로봇 시장의 규모가 전년대비 69.5% 증가한 1조 4,111 억 원이며, 전문 서비스용 로봇은 995 억 원, 개인서비스용 로봇은 1,717 억 원으로 추정됨¹⁴

[표 2.1.8] 세계 로봇산업 시장 전망 (단위: 백만 달러, %)

	2005	2010	2015	2020	연평균 성장률	
					2005~2010	2010~2020
제조업용 로봇	5,330	7,440	10,193	13,324	6.9	6.0
전문서비스 로봇	4,200	9,327	19,000	30,288	17.3	12.5
개인서비스 로봇	2,550	7,938	19,800	28,162	25.5	13.5
합계	12,080	24,705	48,993	71,774	16.6	10.7

- IFR 2011년 세계 산업용 로봇 시장 동향에 따르면, 2010년 국내 총 23,500 종류의 로봇이 판매되었으며 이는 세계에서 가장 높은 수치임 (일본이 2위로 2010년 21,900개 종류의 로봇이 판매되었음¹⁵)

(3) 소결 및 시사점

- 연구기관들 중심으로 수상 및 수중 로봇에 대한 개발이 이루어지고 있으며, 최근 기업체로의 기술이전이 이루어지면서 사업화를 추진하는 실정임
- 지자체를 중심으로 하천, 호수의 수질 관리, 청소에 대한 수요가 점차 늘어나고 있는 실정이며, 앞으로 시장이 형성될 것으로 기대됨

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

(1) 국내 시장 규모 및 전망

(가) QR코드 활용 전망^{16,17}

- 스마트폰이 보편화 되고 스마트폰을 단말기로 하는 2차원 바코드 어플리케이션 사용이 증가됨에 따라 상업적 용도 뿐 아니라 다양한 용도로 QR코드가 사용될 것으로 전망
- 2010년 서울특별시에서 지방자치단체 최초로 시정안내에 QR코드를 도입한 이래로, 2011년에는 서울특별시 성북구, 청주시 등에서 시설물 모니터링에 QR코

드를 도입하여 유지관리에 활용할 계획

[표 2.1.9] 국내 스마트폰 가입자 추이

구분	'09. 12월	'10. 3월	'10. 6월	'10. 9월	'10. 12월	'11. 3월	'11. 6월
가입자 수	80만	152만	247만	442만	722만	1,036만	1,487만

(나) 시설물 유지관리 수요 및 시장^{18,19,20}

- 우리나라의 경우 SOC 시설물 재고는 약 1,800조원에 달하고 있는 것으로 추정되며, 시설물 재고에 대한 외국의 평균 투자율인 1%를 적용할 경우 시설물 재고에 대한 유지관리 수요는 약 18조원 정도로 추정
- 현재 시설물 유지관리 시장 규모는 대략 1천 억 정도로 추정되며, 파악된 안전진단전문기관의 수는 충청·대전 31개소를 포함한 420여개 소로 시장규모에 비해 다수의 업체가 존재하지만, 대부분의 등록 기관이 최소한의 등록기준을 충족시키고 있는 업체로서 기술자 확보, 기술개발 및 장비투자 등이 어려운 실정

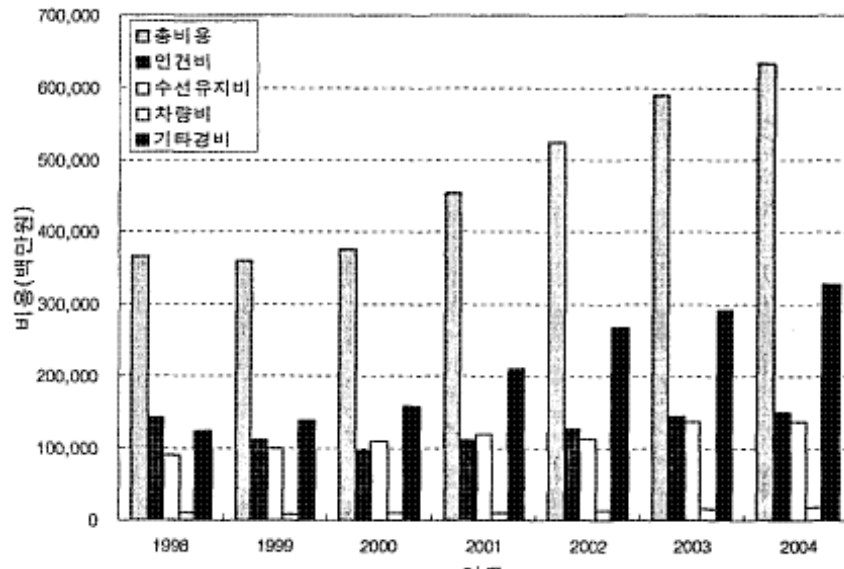
[표 2.1.10] 안전진단전문기관 분야별 등록현황

구분	합계	토목 및 건축분야				토목분야	건축분야
		소계	4개분야	3개분야	2개분야	1개분야	1개분야
총 등록업체	418	96	16	21	59	118	204

- 신규건설 투자는 2001년에 들어 약 73조원으로 신규 건설투자 대비 유지관리 수요는 2000년대 들어 약 25% 수준을 점하여, 연평균 약 20조원~23조원의 투자가 필요
- 서울특별시의 경우 매년 약 120% 정도의 유지관리비용 증가를 보이고 있으며, 내부순환도로 등 대규모 시설물(약 80%)이 증가함에 따라 서울특별시의 전체관리비용의 증가율은 더욱 커질 것으로 분석
- 한국도로공사의 도로관리 사업비 집행실적을 보면 매년 그 비용이 지속적으로 증가하여 2002년 5,250억 원에서 2007년 현재 8,089억 원에 이르고 있는 등 그 비용이 지속적으로 커지고 있어 인프라 유지관리 비용을 효율적으로 사용할 수 있는 최적화 시스템의 개발이 필요

[표 2.1.11] 시설물 유지관리 예산 현황 (서울특별시 사례)

년도	1994	1995	1996	1997	2002
예산(억원)	299	1,592	2,153	2,593	3,415
증가율	100%	532%	135%	120%	132%



[그림 2.1.4] 한국도로공사 도로관시 사업비 집행실적 (출처: 생애주기 비용에 기초한 시설물 최적 유지관리 시스템 개발, 한국시설안전기술공단 (2005))

(2) 국외 시장 규모 및 전망

(가) QR코드 관련 시장^{21,22,23}

- 전세계 스마트폰 판매량은 3억대 수준으로 향후 꾸준한 증가세를 유지하여 2015년은 현재의 2배 수준으로 예상
- 스마트폰용 QR코드 어플리케이션 증가. 관련 광고시장 규모는 2010년 253백만 달러에서 2011년에는 2배이상인 566백만 달러로 성장할 것으로 전망
- 미국 휴대폰 사용자들을 대상으로 2011년 6월 한 달 간 QR코드 사용 현황을 조사한 결과 전체 휴대폰 사용자의 6.2%인 1,400만 명이 QR코드를 사용한 것으로 조사되었으며, 이 중 공공장소에서의 활용 비율이 12.6%로 나타남



[그림 2.1.5] Global Smart Phone 판매량 추이

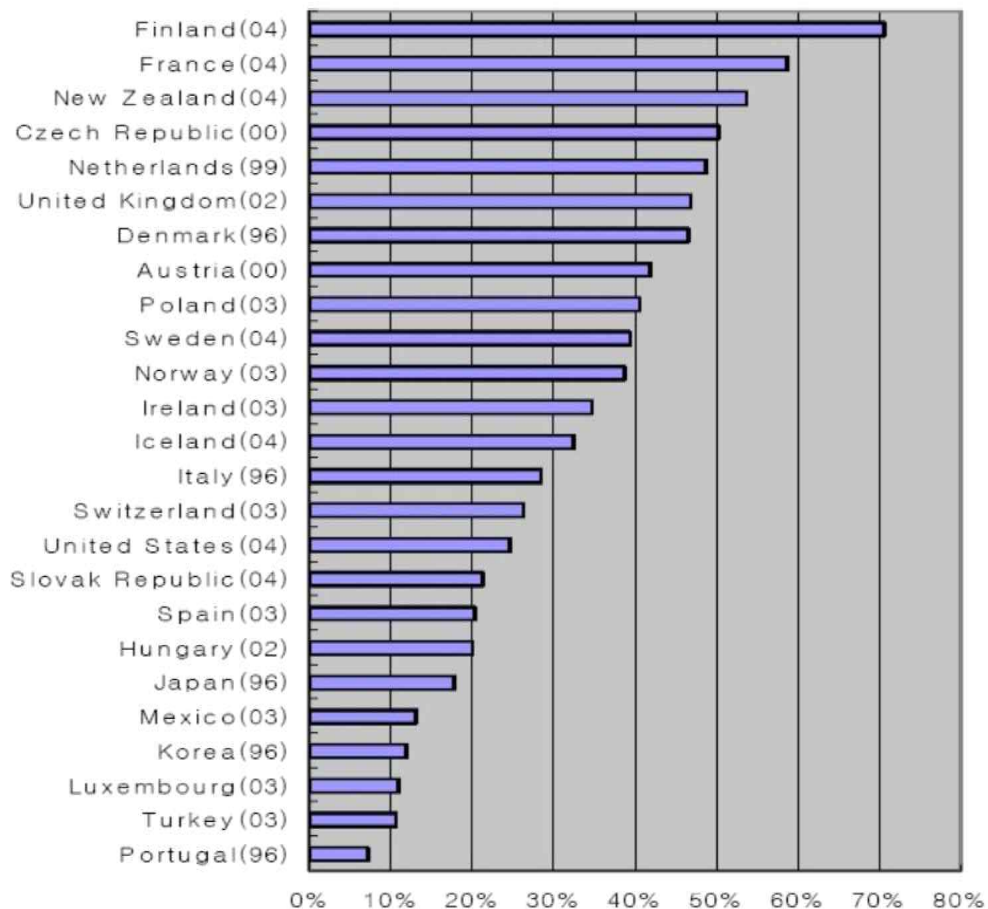
[표 2.1.12] 미국 휴대폰 사용자들의 QR코드 사용 장소 분석

	QR코드 사용자 수 (명)	QR코드 사용자 비율
QR코드를 스마트폰으로 스캔한 총 사용자	14,452	100.0%
집 안	8,382	58.0%
소매상점	5,688	39.4%
식료품점	3,546	24.5%
업무중	2,844	19.7%
집 밖 혹은 대중교통	1,827	12.6%
식당	1,095	7.6%

- 2010년 대비 2011년도 QR코드 스캔은 4589% 상승하였으며, 포춘 50개 기업 중 11개 기업이 마케팅 전략의 일환으로 QR코드를 사용

(나) 인프라 유지관리 및 최적화 시스템^{24,25}

- 미국, 캐나다, 호주 등은 경제부흥에 힘입어 1970년대부터 도로시설 건설을 확대해 왔으며, 2000년대부터 기존에 건설된 도로시설의 노후화가 가중되면서 유지관리 비용이 급격히 상승하고 이는 국가재정에 부담이 되기 시작함



[그림 2.1.6] OECD 국가의 도로투자 중 유지관리투자의 비중 비교

- 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드 등 나라들은 최소의 비용으로 도로시설의 기능을 유지 또는 개선하기 위한 방안으로서 사전 예방적 유지관리 방식을 기반으로 한 자산관리 체계를 도입하였으며, 이에 대한 수요는 증가하고 있는 추세이다.
- 전 세계적으로 많은 유지관리 시스템이 개발되었고, 운영 중에 있지만, 가장 앞서있는 국가는 미국이라고 볼 수 있으며, 대표적인 소프트웨어로는 교량 유지관리 시스템인 PONTIS(교량)와 HERS-ST(도로)가 있음

(3) 소결 및 시사점

- 일반 기업들에게 QR 코드는 단순한 정보제공을 넘어 이벤트 및 광고와 같은 다양한 방면으로 활용되며 마케팅에 활용되고 있으나, 도시 시설물에 적용되어 사용자와 지방자치단체간의 커뮤니케이션에 사용된 사례는 극히 드문 실정
- 시설물 유지관리 및 최적화 시스템에서는 실시간 정보처리 기술의 부족이나 현장관리 및 오피스간의 이원화가 효율성과 직결되고 이는 곧 관리유지비로 이어

지게 됨

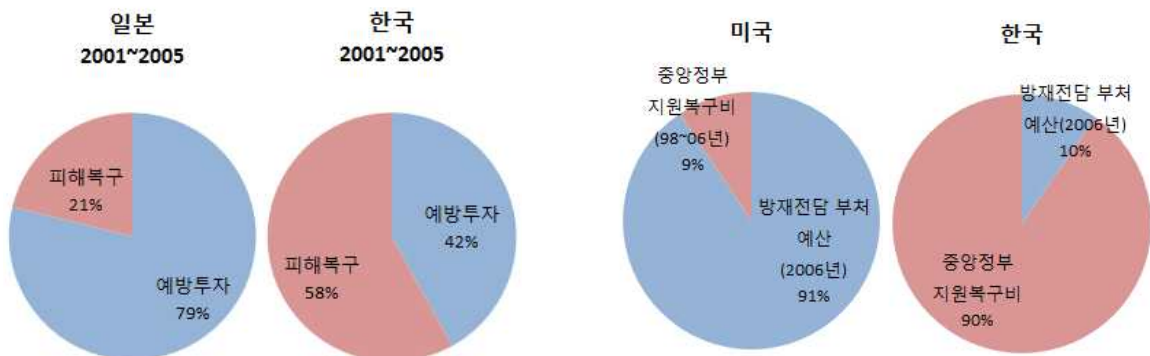
- 스마트폰의 보급에 따라 기관 및 시민들이 QR코드를 쉽게 접할 수 있게 되었으며, QR코드는 많은 양의 정보를 담을 수 있고, 특허권이 행사되지 않는 기술이므로, 시설물 유지관리에 사용될 경우 정보에 대한 접근성 향상과 비용 감소 효과를 기대할 수 있음
- QR코드와 시설물 관리 시스템의 연계는 시설물, 지방자치단체, 시민 사이의 원활한 정보 소통에 기여할 것으로 기대할 수 있으며, 기존 시설물 관리 시스템의 효율성을 극대화할 수 있을 것으로 예상됨

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 기반 평가 시스템

(1) 국내 시장 규모 및 전망

(가) 한국과 미국, 일본의 재난관리분야 예산투자규모 비교^{26,27}

- 일본과 우리나라의 재난관리 분야 예산투자규모를 비교하면, 일본은 예방투자에 피해복구의 3.7배에 이르는 투자를 하는 것에 비해, 우리나라는 0.7배로 피해복구에 더 많은 예산이 투입되고 있음. 또한 미국의 방재전담 부처의 예산이 중앙정부 지원복구비의 약 10배에 달하는데 비해 우리나라는 일반예산에 비해 지원복구비가 약 10배가 더 많아 상반된 지출양상을 보임



[그림 2.1.7] 한국과 일본의 재난관리분야 [그림 2.1.8] 한·미간 방재분야의 재정지출 예산투자규모 비교

(나) 국내 도시침수 방지사업^{28,29}

- 도시의 하수관거 정비와 우수저류시설 확충 등 도시 침수방지를 위한 사업이

국내에서 활발하게 진행되고 있으며, 미국 및 일본의 지하 방수로와 같이 서울시 내 광화문 및 강남역 등 침수 취약지구의 대심도 빗물배수로의 건설사업도 진행 중에 있음

- 도시침수 방지를 위해 하수관거 정비와 빗물유출저감시설 확충에 7000억 원이 투입될 예정이며, 재난 예측 및 대응 시스템 개선에도 3000억 원이 투입될 예정입니다
- 소방방재청은 “2012년 우수저류시설 설치사업 조기추진 점검회의”에서 도심지 침수피해를 막기위한 시설인 우수저류시설 설치사업을 총 21곳(신규 16곳)에 설치할 예정입니다. 사업예산은 820억원으로 사업을 처음 시작한 2009년의 사업비 250억원과 비교해 3배이상 확대됨

[표 2.1.13] 지역별 신규 우수저류시설 설치계획

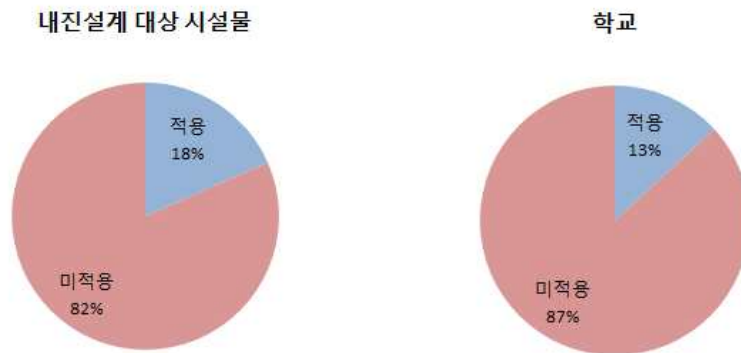
지역	경기도	충북	전북	전남	경북	경남
	1	1	3	4	2	5

[표 2.1.14] 연도별 우수저류시설 사업비(지방비포함)

연도	2009	2010	2011	2012
	250억원	627억원	618억원	820억원

(다) 사회기반시설물의 내진설계 현황

- 현재 댐은 100%, 공항은 94.5%, 도로는 93.2% 등 주요 SOC 시설에 대한 내진설계 비율은 높은 편이나 전체 시설, 건축물을 놓고 보면 내진비율은 상당히 낮은 실정임. 소방방재청에 따르면 내진 설계 적용 대상 건물 중 18.4%만 적용되었으며, 특히 지진 발생 시 피난처 역할을 하는 학교 시설은 13.2%만이 내진설계가 적용되었음



[그림 2.1.9] 국내 내진설계 현황 (소방방재청, 2010)

(라) 건설 분야에서의 지반 조사 시장 현황^{30,31}

- 2005년 기준 건설 분야 총 업체 수는 3,125개이며, 수주건수는 31,611건, 총수주액은 3,265,558백만 원임. 이를 업무범위별로 구분 시, 표2.4.3에서 보이는 것과 같이 시험 및 조사 분야는 10~15%내외로 매해 비슷한 수준으로 유지되고 있음

[표 2.1.15] 건설업무범위별(시험 및 조사) 수주실적 현황

구분	01'		02'		03'		04'		05'	
	건수	구성비	건수	구성비	건수	구성비	건수	구성비	건수	구성비
시험 및 조사	2,647	9.4%	4,166	12.9%	4,787	12.6%	5,475	14.4%	5,485	14.9%

출처 : 한국엔지니어링진흥협회, 엔지니어링 통계편람(2007)

- 매년 50~60억 정도의 지반조사비용이 투입되고 있으며, 전체 건설공사비의 1~2%를 차지하는데, 대부분 시추공에 의한 지반 조사로 높은 보링단가비와 장시간의 작업시간으로 인해 전체 공사면적당 조사 지역은 매우 적음. 시추공에 의한 지반조사는 수많은 건축물과 도로 및 인구밀집지역인 도심지에서의 부적합성과 더불어 시추공들 간의 넓은 분포성은 국부적 지반 특성을 나타낼 수 없는 한계성을 지님
- 비파괴 시험인 현장 탄성과 시험이 현업에서 일부 사용되고는 있으나, 시험장비 외에도 해석프로그램까지 국외기술이 도입되어 있음. 그러나 대부분의 비파괴시험은 노동집약적 기술에 크게 의존하여 매출규모 대비 1인당 생산성이 매우 낮은 수준임

(2) 국외 시장 규모 및 전망

(가) 방재를 위한 물 관리 해외 시장규모³²

- 환경 분야 및 수자원관련분야, 수문관련 계측기기 분야의 연 12% 고속성장이 예상되는 것을 근거로 2003년 기준 2010년의 규모를 예측한 결과 세계시장은 약 8배 증가, 일본시장 규모는 약 12배, 한국시장규모는 약 10배 증가할 것으로 예상됨
- 현재의 시장 규모는 비교적 작으나, 근시일내에 사회적, 경제적 수요는 증가할 것으로 예상됨. 국내의 적용 가능한 분야로서는 건설교통부의 홍수관리시스템과 행정자치부의 홍수피해 저감 프로그램 등에 활용할 수 있을 것으로 판단됨

[표 2.1.16] 물 관리의 해외시장 규모

구 분	기준 시장규모(2003년)	예상되는 시장규모(2010년)
세계시장규모	2조 6664 억원	21조 3210 억원
일본시장규모	1320 억원	1조 5840 억원
한국시장규모	263 억원	2640 억원

* 출처: 96년 일본 통상 상업백서 : 미래세계의 산업구조 예측 보고서, 일본 건설성

(나) 사회기반시설물의 내진설계 현황

- 뉴질랜드의 경우 1930년대 강진을 경험한 이후 엄격한 건축기준을 도입함으로써 규모 7 이상의 지진에도 불구하고 사망자가 한 명도 나오지 않았음. 건축부지에 대한 철저한 평가와 보강 후 건축을 진행함
- 일본의 경우 세계 지진의 약 16% 가 발생하며, 강도 7정도의 대규모 지진에서도 붕괴되지 않도록 설계기준 의무화

(다) 사회기반시설물의 방재성능 관련 해외 원심모형실험

- 현재 200g·ton 이상의 대형 원심모형시험기가 프랑스, 이태리, 일본, 네덜란드, 독일, 미국, 중국 등 전 세계적으로 설치되어 있음. (지반공학회, 1997)



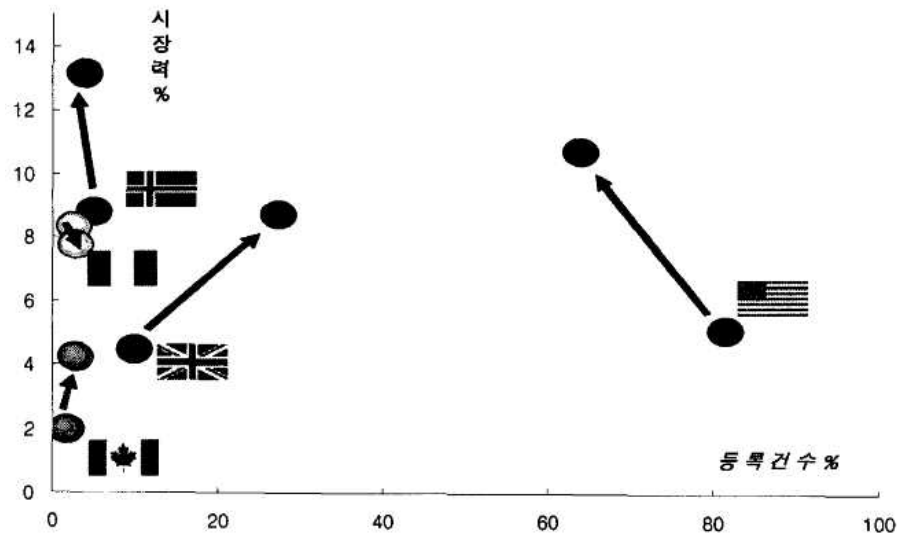
출처 : 대한토목학회지, 제 54권 제 10호, 2006년 10월

[그림 2.1.10] 국외 주요 원심모형시험기 현황 및 분류(1998년 기준, 총 103대)

- 실제로 그리스 Rion-Antirion Bridge의 경우 기초성능 검증을 위하여 수행된 원심모형실험 결과를 직접 설계 시공에 반영하였으며, 미국에서는 2005년 New Orleans 지역의 허리케인 Katrina로 인한 제방붕괴 원인 규명에서도 핵심적인 검증기술로 활용된 바 있음

(라) 지반 조사의 세계 시장 현황^{33,34}

- 지하의 구조조사를 목적으로 발전해온 물리 탐사는 차츰 지반물성을 파악하는데 적용되어 왔으며, 최근에는 방재분야에도 적용되면서 건설 분야에서의 유효성이 인정되고 있음. 이를 통해 물리 탐사의 세계 시장의 추이는 아래와 같음
- 세계 시장 확보 현황은 시장력 확보지수(Patent Family)를 통해 알아볼 수 있음. 이는 해외 특허 출원 시 많은 비용이 소모되므로 상업적 이익 또는 기술경쟁 관계가 있을 경우만 주로 해외 특허 출원을 하기 때문에 각 국가마다 출원된 특허를 통한 시장성 확보를 판단할 수 있으며, 상대적으로 특허의 기술적 중요성 또는 기술적 가치가 높다고 볼 수 있음
- 이를 통해 2000년을 기준 전후 5년간의 시장력 확보지수를 이용한 시장력 변화 추이를 보면 노르웨이 및 프랑스, 미국, 영국 등으로 나타나 유럽 국가들의 시장력이 강한 것으로 나타났으며, 시장력이 증가하고 있는 국가로는 미국, 노르웨이, 영국, 캐나다로 나타남



[그림 2.1.11] 시장 확보 측면에서 본 각국의 시장력 변화추이

- 물리탐사 분야 관련 기술에서 탄성과 탐사 관련 기술 분야가 특히 점유율이 582건으로 65%를 차지하여 연구가 가장 활발함. 그 외에 물리 검증 기술 12%, 전기비저항 탐사기술 4% 등의 점유율을 가짐

(3) 소결 및 시사점

- 방재산업은 첨단산업임과 동시에 고부가가치 산업으로 발전할 수 있는 잠재력을 가지고 있음. 또한 재난을 사전에 예방하는 공공성이 매우 강한 측면을 가지고 있으며 잠재수요가 매우 클 것으로 예상되기 때문에 시장성과 함께 공공성을 동시에 구현할 수 있는 장점을 가지고 있음
- 국내 건설시장에서의 지반조사 시장은 매년 비슷한 수준으로 대부분시추공에 의한 것으로, 경제성에 의해 전체공사면적당 조사 지역이 매우 적음
- 따라서 도시지역이라는 특수성(조사공간의 협소 및 잡음 상존)에 근거한 비파괴적이며 신속한 도시지역에서의 하부 지반 평가 시스템의 도입이 필요하며, 인력 중심의 현행 비파괴 시험이 아닌 자동화에 근거한 하부 지반 평가 시스템 도입이 필요함
- 국내의 방재관리예산은 일본 및 미국과 같은 선진국에 비하여 방재예방을 위한 예산보다는 피해복구예산이 크게 책정되어 있으나 도시침수방지 사업 및 홍수 예측과 같은 재해방지를 위한 예산이 증가하는 추세임
- 도시홍수 방재산업은 사회기반 시설관리 분야에서 고부가가치산업으로 발전할 수 있는 잠재력을 가지고 있으며 국가간 기후변화 협약(UNFCCC) 및 개발도상

국의 공적지원기금(ODA) 원조를 통하여 한국의 도시방재관련 산업의 해외시장 진출이 가능할 것으로 판단됨

- 원심모형실험기술은 지반공학 관련 건설기술의 개발 과정에서 그 활용가치가 크고, 기존의 지반구조물의 안전성 규명에도 손쉽게 이용될 수 있으므로, 설계 기준의 제정, 설계 및 시공기술 개발 등에 대한 활용도가 높음. 같은 맥락에서 강우, 홍수, 지진과 같은 자연재해에 대한 현상규명과 방재대책 수립을 위한 연구에도 적극적으로 활용될 수 있음

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

(1) 국내 시장 규모 및 전망

(가) 국내 화력 발전소 운영 현황

- 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳(보령, 서천, 태안, 당진)의 석탄 화력발전소에서 생산되고 있으며 그에 따른 석탄회 처리 및 매립지 부족의 어려움을 겪고 있음
- 지식경제부 ‘제5차 전력수급 기본계획’에 따라 최근 2015년부터 3년간 당진, 보령, 태안 등 서해안 3개 시·군에 7천MW 규모의 화력발전시설이 신·증설될 예정이며 발생하는 석탄회에 따른 매립지 관련 문제 및 인근지역 환경오염 문제가 증가할 것으로 예상됨³⁵
- 2009년도 사용된 석탄으로부터 발생한 석탄회는 유연탄이 700만 톤, 무연탄이 135만 톤으로서 합계 835만 톤이며 이는 2005년도에 비해 약 1.5배 증가하였음. 향후 한국전력의 장기 전력 수급계획에 따라 신규 석탄화력 후속기들이 건설되고 있으며, 이에 따른 2012년도와 2015년도의 전체 석탄회 발생량은 각각 843만 톤과 936만 톤으로서 지속적인 증가가 예상됨. 이와 같이 지속적으로 증가하는 석탄회를 재활용하지 않고 회처리장에 매립할 경우 기존 회처리장 용량 부족으로 신규 회처리장을 확보해야하는 문제가 발생하며, 이 경우 막대한 건설 예산 뿐만 아니라 다양한 환경문제를 동반하게 됨. 따라서 석탄회의 재활용 확대는 발전소의 안전운영을 위해서도 선결되어야 할 필요성이 큼³⁵

(나) 석탄회 재활용 현황

- 플라이애시는 주로 콘크리트의 혼화제로써 개발이 활발히 이루어져 재활용율이

75%를 육박하고 있으나, 바텀애쉬는 현재 약 39% 만이 활용되고 많은 양이 회 처리장에 매립되고 있는 형편임. 이는 국내 발전소에서 사용되고 있는 석탄이 수입 국가별, 탄종별로 그 품질이 다양하기 때문에 생산되는 바텀애쉬 또한 품질이 일정하지 않으며, 직접 처리방식에 의한 습식매립으로 인하여 열 재활용시 건조 및 탈수에 많은 비용이 추가되고, 또한 바닷모래, 부순모래 등 아직까지 국내 골재자원의 공급에 대한 여지가 있어 대체 골재에 대한 수요가 많지 않다는 이유를 들 수 있음³⁶

- 발전소별 석탄재 재활용 현황 : 국내에서의 석탄회 발생 비율은 플라이애쉬 85%, 바텀애쉬 15%로 석탄회 재활용율은 2009년 기준으로 석탄화력을 보유하고 있는 남동, 중부, 서부, 남부, 동서 등 5개 발전회사의 평균이 플라이애쉬 68%, 바텀애쉬 39% 임

(다) 국내 건설 시장 및 석탄회 재활용 시장 전망

- 건설투자는 중기적으로 성장률이 둔화될 것으로 전망되나, 향후 10여 년 간 지속적으로 일정수준을 유지할 가능성이 높음. 건자재 시장 규모도 향후 10여 년 간 현재 이상의 규모를 유지할 것으로 관측됨³⁷
- 건설시장의 규모 및 건설투자에서 건자재 부문의 점유율(2000년 기준 38%) 등으로 판단할 때, 건자재 시장규모는 2010년 현재 60.4조원, 2015년에는 65.1조원, 2020년에는 68.4조원, 2030년에는 71.9조원으로 전망됨³⁸
- 향후 건설재료 및 자재시장은 전 세계적으로 지구환경보존에 따른 저탄소 녹색성장 정책과 친환경문화 정착에 따른 친환경 건설재료, 자재시장이 급속하게 성장할 것으로 예상됨³⁸, 따라서 석탄회, 고로슬래그 등 산업부산물을 재활용한 건설재료 시장은 점차 증가할 것으로 전망
- 석탄회를 활용할 수 있는 국내 건설시장의 규모는 2010년 기준으로 약 159조이며, 건설자재 시장 규모는 2010년 기준으로 60.4조원 규모으로 판단됨³⁸
- 석탄회 재활용 분야를 OPC 대체재료만 사용한다고 가정하고, 석탄회 생산량은 국내·외 모두 매년 약 5% 증가하는 것을 가정한다면, 2018년 국내 석탄회 재활용 시장 규모는 약 140억 원에 이르고, 2020년에는 318억 원에 이를 것으로 추정됨

[표 2.1.17] 국내 석탄 화력발전소 운영 현황³⁹⁾ (2012년도와 2015년도는 각 발전소에서 산출한 예상 값임)

구분	발전 회사	발전 소	설비(예정) 용량(MW)	준공연도 (예정연도)	석탄회 발생량 (천 톤)				
					2005	2009	2012	2015	
유 연 탄	남동	삼천 포	560×4/ 500×2	’83~’98	849	824	831	828	
		영흥	800×2/ 870×2/ (870×2)	’04~’09/ (’14)	483	1003	1003	1504	
		여수	(320×1/ 330×1)	(’11/’14)	-	-	100	213	
	중부	보령	500×6	’84~’94	866	1224	1226	1227	
	서부	태안	500×8	’95~’07	879	1297	1309	1309	
	남부	하동	500×6/ 500×2	’01~’09	1033	1209	1169	1172	
	동서	당진	500×8/ (1000×1)	’99~’07(’14)	706	1326	1390	1757	
		호남	250×2	’85	146	125	126	126	
	유연탄 소계					4962	7008	7154	8136
	무 연 탄	남동	영동	125×1/ 200×1	’73~’79	239	271	271	271
중부		서천	200×2	’83	278	373	407	348	
동서		동해	200×2	’98~’99	473	702	602	602	
무연탄소계					990	1346	1280	1221	
총계					5952	8354	8434	9357	

주: 충청권역 내 화력 발전소는 중부(보령, 서천), 서부(태안), 동서(당진) 발전소임.

[표 2.1.18] 발전사별 석탄회 재활용 현황과 전망⁴⁰⁾

구분		발생량 (천 톤)			재활용량 (천 톤)			재활용율 (%)		
		2005	2009	2015	2005	2009	2015	2005	2009	2015
남동 발전	플라이 애시	1290	1760	2112	350	1300	1584	27	74	75
	바텀 애시	290	340	704	60	110	225	21	32	32
중부 발전	플라이 애시	950	1360	1181	500	860	886	53	63	75
	바텀 애시	200	240	394	3	30	51	2	13	13
서부 발전	플라이 애시	760	1150	982	640	890	737	84	77	75
	바텀 애시	120	140	327	20	30	69	17	21	21
남부 발전	플라이 애시	920	970	879	530	490	659	58	51	75
	바텀 애시	110	240	293	10	120	147	9	50	50
동서 발전	플라이 애시	960	1610	1769	760	1120	1326	79	70	75
	바텀 애시	360	550	590	160	300	295	44	55	50
합계	플라이 애시	4880	6850	6923	2780	4660	5192	57	68	75
	바텀 애시	1080	1510	2308	250	590	786	23	39	39

주: 충청권역 내 화력 발전소는 중부(보령, 서천), 서부(태안), 동서(당진) 발전소임.

[표 2.1.19] 플라이애쉬 및 바텀애쉬의 재활용 분야 (2009년)⁴⁰⁾

구분	발생량 (천 톤)	재활용량 (천 톤)					매립 등
		시멘트 원료	레미콘	골재	기타	소계	
플라이 애시	6850	502 (7.3%)	3990 (58.2%)	-	158 (2.3%)	4650 (67.9%)	2200 (32.1%)
바텀 애시	1610	100 (6.6%)	-	456 (30.2%)	42 (2.8%)	598 (39.6%)	912 (60.4%)

[표 2.1.20] 국내 건설재료 및 자재 시장규모 추정과 전망⁴¹ (단위 : 조 원, 2005년 기준가격)

구분	2010	2015	2020	2030
건설투자	159	171	180	189
건자재 매출액	60.4	65.1	68.4	71.9
연평균 증가율(%)	-0.9%	1.5%	1.0%	0.5%

주: 1. 건설시장은 한국은행 발표 건설투자액 기준. 2010년 이후는 한국건설산업연구원의 예측치.
 2. 건자재 시장의 비중은 2000년도 기준 산업 연관표에 의할 때 건설부문 총 산출액은 99.3조원을 생산하기 위해
 서 자재는 37.6조원이 투입되어 투입비중은 38%를 차지하고 있음.(서비스 투입은 18.0조원 18.1%, 노동투입
 은 26.7조원 26.9% 임)

[표 2.1.21] 석탄회 재활용 예상시장 총 매출액⁴² (단위: 억 원)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
국내	143	318	528	781	1,082	1,442	4,294
국외	653	1,453	2,404	3,541	4,886	6,501	19,439
계	796	1,771	2,932	4,322	5,969	7,943	23,733

주: 시장규모는 2009년 석탄회 생산량 8,350천톤 및 재활용율 62.8%를 기준으로 국내시장 규모를 산출함. 국외는
 2009년 석탄회 생산량 2,190,800 천 톤 및 재활용율 58.7%를 기준으로 함⁴³
 - 석탄회 재활용 분야를 OPC 대체재로만 사용한다고 가정함
 - 석탄회 생산량은 국내·외 모두 5%로 증가하는 것을 가정함
 - 국내 재활용율은 2015년 80%로 증가하고, 2030년에는 90%로 증가하는 것으로 가정하였으며, 국외 재활용율은
 2015년까지 4.4% 증가하고, 이후부터는 2030년까지 매년 0.82% 증가하는 것으로 가정함
 - 국내 시멘트 가격은 65,000원/톤, 해외는 80\$/톤을 기준으로 함

(2) 국외 시장 규모 및 전망

(가) 세계 주요국의 화력 발전소 매립회 재활용 현황

- 유럽연합(EU)은 국토면적이 좁고 자원이 적어 서간회의 재활용에 가장 적극적
 이며, 유럽 석탄부산물협회 (ECOPA: European Coal Combustion Products
 Association)를 구성하여 재활용 활성화에 노력하고 있음. 2001년도 ECOPA에
 서 작성한 유럽 연합의 석탄 연소 부산물 재활용 현황을 통하여 유럽 연합의
 Bottom Ash 재활용 현황에 따르면, EU 15 개국에서는 Bottom Ash 재활용률
 이 40% 정도로 상당히 높은 재활용률을 보이고 있음. 주 재활용분야는 콘크리
 트 블록 제조 분야였으며, 그 밖에도 노반재, 채움재 등 토목 분야의 다양한 재
 활용은 물론 시멘트 산업과 농업분야의 토양 개량제로까지 이용이 확대되고 있
 음⁴⁴

- 일본은 국토 면적이 좁고 우리나라와 같이 자원이 적어 재활용이 활발하며, 특히 일본석탄이용종합센터(CCUJ; Center of Coal Utilization, Japan)를 발족시켜 재활용 활성화에 적극 노력하고 있음. 재활용분야는 주로 시멘트 분야이며, 특히 폐광산, 비료용 등 다양한 분야에 재활용 중임. 유럽과 일본의 재활용률이 86.9%와 80.7%로서 같은 해 우리나라의 석탄회 재활용인 42.5%를 크게 앞서고 있으며 그 활용 범위도 상당히 다양함⁴⁵

(나) 미국의 석탄회 재활용 동향

- 미국의 경우는 회사장(매립지) 축조가 원활하고, 물류비 문제로 아직까지는 Bottom Ash를 비롯한 매립회의 활용율이 높은 편은 아니지만, 주 재활용분야는 우리나라와 같이 시멘트 분야에 가장 많이 재활용되고 있으며, 특히 구조물 충전재, 도로 노반재, 지붕재, 폐기물 안정재, 또는 고형화재, 광산 메움재 등 우리나라에서 재활용되지 않는 분야를 활발하게 연구개발 중임⁴⁵
- 미국은 국내에서 생산되는 전력의 50% 이상을 석탄에 의존하고 있으며 그 비율은 계속해서 증가하고 있는 추세임. 따라서 석탄연소 후 부산물로서 발생하는 석탄회의 처리 및 활용에 대한 관심 또한 증가하고 있는데, 이는 넓은 국토면적에도 불구하고 석탄회의 처리가 문제가 될 만큼 많은 양의 석탄회가 매년 발생되기 때문임. 2010년 기준 한 해에 발생한 석탄회의 양은 약 1억 3천만여 톤으로서, 이 중 평균 40% 정도 재활용되고 있음. 전통적인 석탄회 이용분야인 시멘트 및 콘크리트 분야 이외에도 다양한 분야에서의 활용을 위한 노력이 이루어지고 있으며, 특히 통상 다량의 재료를 필요로 하는 도로 건설재료로서의 이용은 석탄회의 소비를 극대화할 수 있다는 장점 때문에 다양한 연구가 진행되어 오고 있음⁴⁵
- 해외 석탄회 재활용 시장 규모는 석탄회 재활용 분야를 OPC 대체재료만 사용한다고 가정하고, 석탄회 생산량은 국내·외 모두 매년 약 5% 증가하는 것을 가정한다면, 2018년에는 약 650억 원에 이르고, 2020년에는 2400억 원에 이를 것으로 추정됨

[표 2.1.22] 세계 주요국의 석탄회 생산량 및 활용 현황 비교⁴⁶

Country/ Region	CCPs Production(Mt)	CCPs Utilization(Mt)	Utilization Rate(%)	Year	References
USA	136.1	60.6	44.5	2008	(ACAA, 2009)
China	120.0	69.6	58.0	2000	(Wang & Wu, 2004)
India	90.0	11.7	13.0	2000	(Kalyoncu, 2001)
EU	61.2	55.4	89.3	2007	(ECOA, 2009)
Australia	14.6	4.6	31.0	2008	(ADAA, 2009)
Japan	11.0	10.7	97.2	2006	(JCOAL, 2010)
Canada	6.8	2.3	33.0	2004	(CIRCA, 2005)

[표 2.1.23] 미국의 석탄회(CCP)의 활용 분야 및 이용량 (2010년) (단위: 1000 tons)⁴⁷

	fly ash	bottom ash	boiler slag	FGD Gypsum
CCP Production	67700	17800	2332	22000
CCP Use				
Cement/Concrete/Growth	11016	615	0	21
Blended cement/ Raw Feed for Clinker	2046	949	3	1135
Flowable Fill	135	52	0	0
Structural Fills/ Embankments	4676	3125	79	454
Road Base/Sub-Base	243	715	3	0
Soil Modification/Stabilization	786	162	0	0
Snow and Ice Control	0	550	41	0
Blasting Grit /Roofing Granules	86	20	1258	0
Mining Applications	2400	529	0	836
Gypsum Panel Products	109	0	0	7662
Waste Stabilization/Solidification	3259	41	0	0
Agriculture	22	4	0	481
Aggregate	6	555	27	0
Miscellaneous/Other	1047	224	8	124
Total	25723	7541	1419	10713
Use Percentage (%)	37.90	42.30	60.8	48.60

(3) 소결 및 시사점

- 전 세계적으로 석탄회의 재활용률을 높이기 위해 다양한 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있으며, 특히 유럽과 일본의 경우는 석탄회 활용률이 90%를 육박하고 있음.
- 우리나라는 현재 석탄회 활용률에서 플라이애쉬 70%, 바텀애쉬 39% 정도에 머물러 있으며, 특히 충청권내에 있는 당진, 보령, 태안 화력 발전소가 신·증설될 예정에 있으므로, 이에 대비하여 석탄회의 활용률을 높이기 위한 다양한 분야의 연구가 필요함.
- 석탄회의 활용률을 높임으로 인해 오는 경제적 효과로는 회처리장 건설비 및 유지관리 비용절감, 석탄회 매립지 부족현상 및 환경오염 예방, 매립지 조성비용 및 향후 복구비용 등의 절감 등이 있음. 또한 건설 산업에서의 천연골재의 고갈에 따른 골재 수요 충족 위하여 석탄회를 활용한 인공경량골재 및 기반재로의 개발은 신도시 개발 사업이 진행되고 있는 충청권 내 골재 부족문제를 해결하고, 경제적 효과를 기대할 수 있음

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발

(1) 국내 시장 규모 및 전망

(가) 2012년 골재수급계획

- 국토해양부는 2012년도의 골재수급 안정을 위하여 2.01억 m^3 의 골재수요와 2.16억 m^3 의 골재공급을 주요골자로 하는 2012년도 골재수급계획을 확정하였음.
- 골재수요는 2010년도의 레미콘 출하량과 광역단위 금년도 수요추정치를 바탕으로 2.01억 m^3 를 산정하였으며, 골재공급은 수급의 안정을 위하여 수요보다 7.4% 많은 2.16억 m^3 로 계획하였음.
- 골재공급은 지자체에서 자체적으로 공급을 하는 것을 원칙으로 하고, 부족분에 대하여는 인접지자체간 반출·입 물량으로 조정하였음.

[표 2.1.24] 2011년도 골재수급계획 총괄표 (국토해양부, 2011) (단위 : 천 m³)

구 분	수 요	공 급 (A+B -C+D)	골재원별 허가공급계획(A)					비허가 (신고 량) (B)	반 출 (C)	반 입 (D)
			하천	바다	산림	육상	계			
계	207,339	226,499	4,634	35,900	88,403	7,192	136,129	90,370	82,058	82,058
수도권	69,104	77,207	-	10,000	40,752	82	50,834	22,368	24,322	28,327
강 원	9,478	9,951	1,230	-	3,873	2,540	7,643	2,808	500	-
충 북	10,093	10,761	300	-	4,492	1,510	6,302	3,764	-	695
대전충남	24,797	25,422	400	8,000	9,000	300	17,700	12,322	12,320	7,720
전 북	11,643	11,680	-	-	5,368	1,339	6,707	3,311	738	2,400
광주전남	18,688	18,942	-	-	10,364	336	10,700	3,954	3,425	7,713
대구경북	23,465	23,477	1,043	-	9,398	1,417	11,858	11,619	3,273	3,273
부산경남	27,737	32,443	-	-	15,368	42	15,410	11,383	9,110	14,760
제 주	6,100	6,208	-	-	2,410	878	3,288	170	-	2,750
EEZ		-	-	13,950	-	-	13,950	0	13,950	-

(나) 순환골재 이용에 따른 편익

- 순환골재의 가격은 지역의 수용와 공급에 의한 경제여건에 따라 상이하므로 일률적으로 책정하기 어려우나, 대체로 천연골재 가격의 30~70%에서 형성됨.
- 순환골재는 품질 측면에서 천연골재와 차이가 거의 없음에도 불구하고, 단순히 ‘재생골재’라는 부정적 인식으로 사용을 기피하고 있는 것이 현실임. 기술 개발을 통해 현장발생토를 이용한 성토용 골재의 성능을 향상시킨다면 경제적으로도 저렴한 성토용 순환골재의 사용이 촉진될 것으로 기대됨.

[표 2.1.25] 천연골재와 순환골재 가격 비교 (골재협회, 2004)

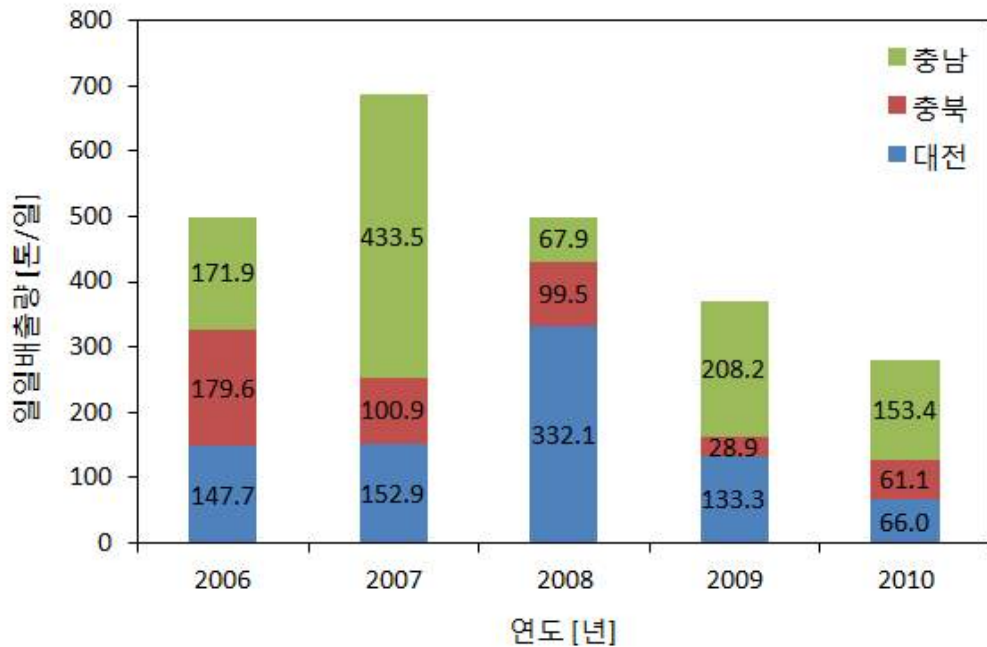
구분		서울	경기.여주	대전	대구	광주
천연골재	자연자갈	22,000	14,000	16,000	14,000	15,000
	쇄설골재	17,000	15,000	15,000	14,000	14,000
	혼합골재	15,000	15,000	12,000	14,000	12,000
순환골재		4,000~6,000				

(다) 충청권 건설폐토석 배출량¹⁵⁴⁻¹⁵⁸

- 2012년 6월 현재까지 환경부에 의해 파악된 건설폐기물 배출량 통계에 따르면, 충청권역에서 발생하는 건설폐토석의 일일배출량은 280.5톤~687.3톤으로 집계되었음. 이는 1년 단위로 환산시 연간 10만톤~25만톤임
- 2008년 세계금융위기 이후 건설경기의 침체로 배출량이 줄어드는 경향을 확인할 수 있으나, 그럼에도 불구하고 충청권역에서의 건설폐토석 배출량은 방대한 양임을 확인할 수 있음.

[표 2.1.26] 충청권역 연도별 건설폐기물 일일배출량 및 건설폐토석 일일배출량

연도		2006	2007	2008	2009	2010
전체 건설폐기물 [톤/일]	대전	4010.8	3808.5	6011.1	4997.7	4400.9
	충북	5606.2	6273.0	5896.5	7073.8	8359.8
	충남	9429.0	9128.8	9884.1	11274.4	11112.3
	계	19046.0	19210.3	21791.7	23345.9	23873.0
건설폐토석 [톤/일]	대전	147.7	152.9	332.1	133.3	66.0
	충북	179.6	100.9	99.5	28.9	61.1
	충남	171.9	433.5	67.9	208.2	153.4
	계	499.2	687.3	499.5	370.4	280.5
건설폐토석과 전체 건설폐기물 배출량 비율 [%]		2.62	3.58	2.29	1.59	1.17



[그림 2.1.12] 충청권역 연도별/지역별 건설폐기물 일일배출량

(2) 국외 시장 규모 및 전망

(가) 미국의 건설폐기물 처리 및 순환골재 재활용 시장

- 미국의 경우 건설폐기물의 증가에 따른 폐기물의 적정처리와 재활용을 위해 주 정부나 지방자치단체들도 폐기물 처리 및 재활용에 대한 기준을 강화하고 있음. 지금의 건설폐기물 처리 및 재활용 시장의 성장 추세가 계속 이어진다면 향후 10년 동안 적어도 평균 10%정도 시장성장률을 보일 것으로 예측됨⁴⁸⁾.
- 최근 들어 골재 채취에 따른 관련 법령의 강화와 환경보호 인식의 고취, 건설폐기물 처리 및 재활용을 통한 수익창출의 기회 등에 힘입어 건설폐기물 처리 및 재활용 시장이 급속히 성장하면서 이 분야가 지속적 인 성장세를 보일 것으로 예상되고 있음.
- 건설자재 재활용협회(Construction Material Recycling Association)의 추정에 따르면 약 1000여개 건설폐기물 처리업체, 3,100여개의 콘크리트, 아스팔트 재활용 공장, 600여개 정도의 혼합폐기물 처리업체가 있는 것으로 추산되었음.

[표 2.1.26] 미국의 건축물 관련 건설폐기물의 처리 실태 (1996)

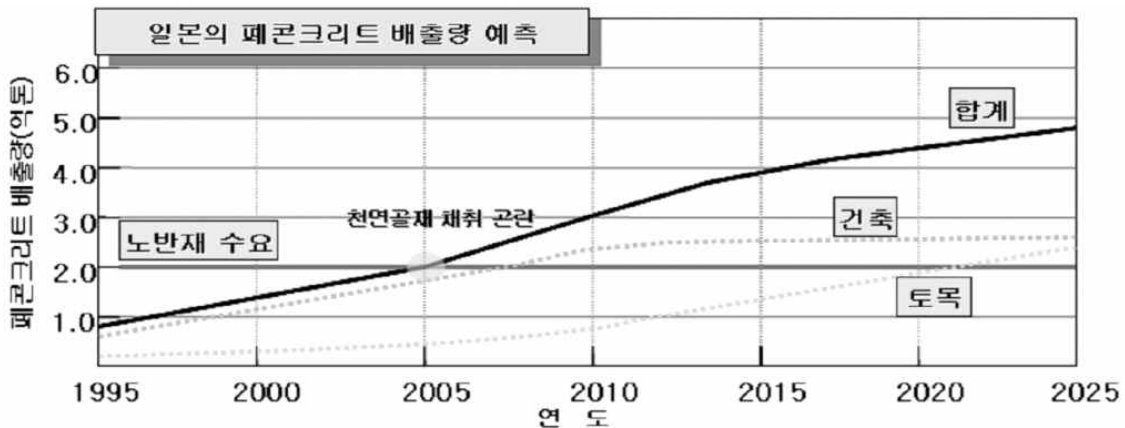
처리방법	연 평균 (단위:백만 톤)	퍼센트 (%)
재활용	25~40	20~30
건설 폐자재 매립	45~60	35~45
일반 쓰레기 매립	40~55	30~40
계	136	100

(나) 독일의 건설폐기물 처리 및 순환골재 재활용 시장

- 독일 연방정부는 1990년 “건설폐자재를 위한 목표 결정안”을 발표하여 16억 8천만톤 정도의 건설잔토 재이용과 건설폐재의 매립 최소화 및 재활용률 증가를 위하여 연방정부 차원에서의 대책을 마련하였음. 이러한 골재 채취 억제책에 따라 독일을 비롯한 유럽권에서는 건설폐기물의 재활용을 위한 관련 플랜트 처리의 수요가 증가하고 있음.
- 현재 독일에서는 순환골재를 천연골재의 약 1/8가격으로 판매하여 보도블럭, 방음벽, 대지 및 노반 조성재, 구조물 뒷채움재, 토지개량재 등에 재활용하고 있음

(다) 일본의 건설폐기물 처리 및 순환골재 재활용 시장

- 일본의 경우, 폐콘크리트 배출 예측량 및 건축/토목분야의 노반재 수요예측량을 비교한 결과, 2005년에는 건축과 토목분야의 노반재 수요예측량이 폐콘크리트 배출량을 초과할 것으로 예측되었고 따라서 순환골재를 천연골재 대체재로의 전환해야 한다는 필요성이 대두되었음.



[그림 2.1.12] 일본의 폐콘크리트 배출량 예측

- 이에 따라 일본은 순환 골재 관련정책의 개발, 고품질 순환골재 회수기술 개발, 재생콘크리트 적용기술 개발 등을 통하여 순환골재의 적용범위를 확장해 나가고 있는 추세임.

(3) 소결 및 시사점

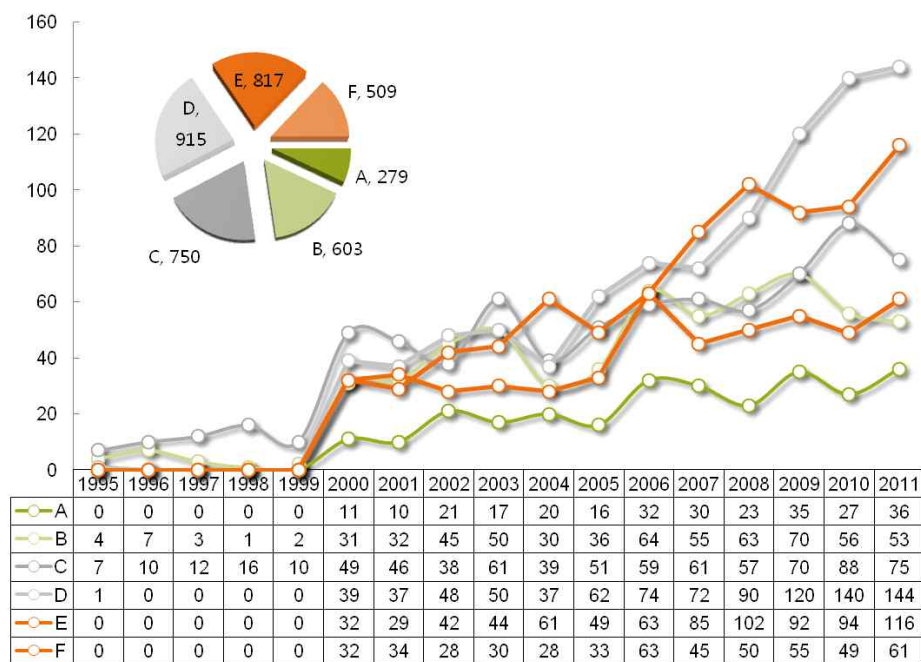
- 국내나 해외 모두에서, 장기적으로 천연 골재의 의존을 줄여나가기 위한 노력이 활발히 이루어지고 있음. 이는 첫 번째로는 천연 골재의 채취와 운반 비용이 높기 때문이며, 두 번째로는 천연 골재의 채취를 통해 발생하는 표토 및 자연 지반의 훼손과 오염을 막기 위한 것임.
- 특히 토양 오염에 대한 인식이 점차 확산됨에 따라서 천연 골재 대신 건설 현장 또는 해체 현장에서 발생하는 건설 폐기물 및 현장발생토 등을 활용한 순환(재생) 골재의 수요와 시장 규모가 앞으로 계속하여 확대될 전망이다.
- 따라서 현장발생토를 저렴하고 친환경적인 건설재료로 활용할 수 있는 기술의 개발이 시급함.

제2절 기술 동향 분석

1. 기술 동향 분석 개요

가. 논문 분석 개요

- (1) 조사 대상: 충청권 도시 자동화 및 부산물 활용 기술 분야
- (2) 조사 범위: 2011년까지 발행되어진 논문
- (3) 검색 데이터베이스(DB): Web of Science (총 3860편의 논문을 분석하였으며, 연도별 논문건수는 아래의 표와 같음)



[그림 2.2.1] 기술별 연도별 논문동향

나. 기술 현황 분석 개요

- (1) 내용: 가 기술분야 별로 중/소분류 수준으로 핵심기술을 분류하여 기술확보현황 및 동향조사를 실시하여 기술발전 단계 및 연구개발방향을 전망
- (2) 분석 대상: 주요 포털(NDSL, LandMark 등)의 기술 보고서 조사, 각종 기술 현황 분석 자료

2. 기술별 국내외 기술 동향 분석

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

(1) 논문 분석

(가) 국가별 논문 동향 분석

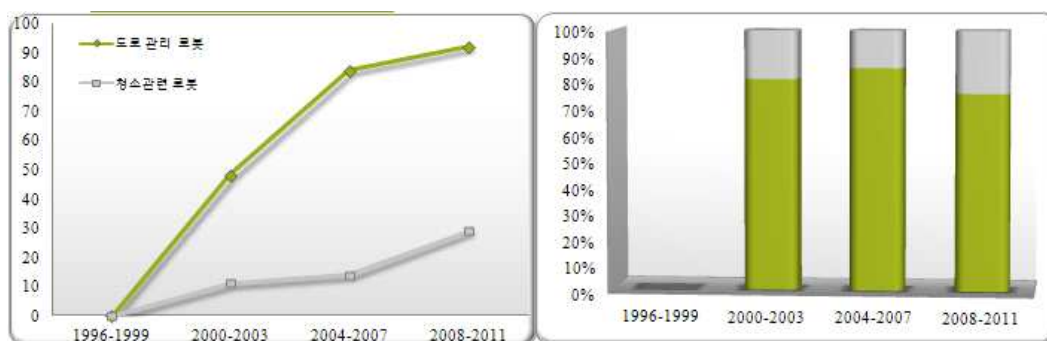
- 유럽과 미국에서 연구개발 활성화가 이루어지는 것으로 관찰되며, 특히 **도로 및 주변 시설물 관리 로봇 시스템(AA)** 기술 분야는 전체 국가에서 연구 활동이 활발히 이루어지고 있음



[그림 2.2.2] 주요 국가별 중분류A의 논문동향

(나) 부상 기술 분석

- 2000년도 초반부터 중반까지 도로 및 주변 시설물 관리 로봇시스템(AA) 기술 분야에서 급격한 성장률 및 높은 점유율을 나타내고 있으나 최근 5년 사이에는 다소 낮은 폭의 증가율을 보이고 있으며, 도로 및 주변 시설물 청소 로봇 시스템(AB)에서도 상대적으로 출원건수는 많지는 않지만 증가세 추이를 보임



[그림 2.2.3] 중분류A의 추세를 통한 부상기술

(2) 국내 기술 현황 분석

(가) 로봇 관련 기술

- 유진로봇(주)에서는 캐터필러와 플리퍼를 결합한 형태의 구동부를 사용하여 로봇 뿐만 아니라 험지에서도 주행이 가능한 로봇 플랫폼을 개발함⁴⁹
- 동부로봇(주)에서는 전방향 감지 범퍼 메커니즘 및 LPS 기반 위치인식을 이용한 안정적인 주행이 가능한 로봇을 개발함⁵⁰
- (주)한울로보틱스에서는 무한궤도 바퀴 이동 베이스를 이용한 장애물 극복 능력으로 건물 내,외 어디서나 구동이 가능하며 적외선 카메라, 로봇의 이동 거리 측정 및 후방 카메라를 이용하여 폭넓은 관측 및 측정을 할 수 있음⁵¹
- 풍림산업(주)에서 제안한 고층 구조물 외벽 유지관리용 로봇 시스템은 수평트러스, 와인더, 수평 이동로봇으로 구성되는 시스템이며, 유지보수를 위한 청소 등 다양한 톨을 로봇에 장착할 수 있도록 모델링 함⁵²
- KAIST에서 개발한 무인 전기 자동차는 자율주행을 위한 차량 제어기, 레이저를 이용한 거리 탐지 스캐너, 정밀 GPS 위치 센서, 관성 센서(Inertial Measurement Unit) 및 진행 방향을 측정할 수 있는 방향 센서 등을 부착해 자신의 위치를 추정하고, 다양한 조건 하에서 차도의 인식과 차선을 인식하며 안전하게 운행할 수 있음⁵³
- 한국전자통신연구원에서 개발한 "RLS(Robotic Localization Service 위치인식서비스규격)" 는 로봇이 자신의 위치를 인식하고 표현하기 위해 처리하는 정보데이터를 표준화한 것이며, 이는 또 다른 위치인식 센서와 이를 작동하게 하는 여러 소프트웨어와의 호환도 가능함⁵⁴
- 한국도로공사에서 개발한 무인교량시스템은 4관절 붐과 붐의 말단에 장착될 로봇 플랫폼으로 구성되어 있으며 로봇 플랫폼에 장착될 카메라의 줌과 회전기능을 고려하여 편도 3차선 교량의 점검에 충분히 적용 가능하도록 개발됨⁵⁵
- 카이스트에서 개발한 전방향 이동 로봇은 4개의 메카닉 바퀴를 적용함으로써 로봇의 이동 자유도를 최대화 하였으며 카메라를 사용하여 장애물 회피 및 물체 인식이 가능함⁵⁶

[표 2.2.1] 로봇 관련 기술 현황

국내 기업 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	유진로봇(주)	위험 지역 시설물 관리 로봇	- 관리자가 접근하기 어려운 지역 및 시설물을 실시간 관리 가능 - 무선 조정이 가능하며 열 영상 카메라와 시야 확보 라이트 장착 - 케터필러를 사용한 높은 기동성	판매 및 상용화
	동부로봇(주)	위치인식기 반자율주행 기술	- 센서병합 기반 장애물 감지 및 회피 - URC 연동 정보서비스	판매 및 상용화
	(주)한울로보 틱스	다목적용 탱크로봇 제작	- 주 / 야간 운용이 가능한 Infrared camera 장착 - 폭넓은 관측을 위한 카메라 Elevation 및 Panning 기능 - 편리한 조종을 위한 조이스틱 인터페이스를 이용한 원격제어	판매 및 상용화
	풍림산업(주)	고층 구조물 외벽 유지관리 기술	- 옥상에 레일을 설치하여 수직 바 형태로 로봇이 이동함 - 다양한 평면 및 입면에 적용 가능하도록 분리형 프레임 구조로 설계	논문기재
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국과학기술 연구원	무인 로봇 주행 기술	- 자율주행을 위한 차량 제어기 - 레이저를 이용한 거리 탐지 스캐너 - 정밀 GPS 위치 센서	특허 보유
	한국전자통 신연구원	지능형로봇 위치인식 기술	로봇의 위치를 인식하고 표현하기 위한 정보데이터의 표준화	국제표준 안으로 채택
	한국도로공 사	로봇을 이용한 교량유지관 리기술	4관절 하단 붐을 장착한 굴절 로봇차 개발 - GPS 시스템을 이용하여 점검위치를 정확히 측정하는 기술	상용화
	카이스트	전방향 이동 로봇 제어 기술	- 메카닉 바퀴를 이용한 전방향 이동 - 전후방에 장착된 카메라로 안정된 주행 가능	논문기재

(나) 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리를 위한 스마트 센서 관련 기술

- 국내에서는 KAIST, 부경대학교에서 무선 센서를 활용한 토목 구조물의 모니터링에 관심을 가지고 있으며 연구를 수행하여 좋은 성과물을 여러 학회에 게재 또는 발표를 하고 있음
- 학계뿐만 아니라, 위드로봇(주), 스마트제어계측, 한국유지관리(주)에서 또한 구조물 모니터링을 위한 무선 센서를 연구, 판매하고 있음

[표 2.2.2] 스마트 센서 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	위드로봇(주)	무선 센서 플랫폼 제작 기술	• 교량을 모니터링하기 위해 동기화 된 방식으로 RF통신을 이용해 데 이터를 취득	심각한 교량에 제품을 성실히 실험
	스마트제어계측	소형 무선 센서 모듈 제작	• 작은 크기의 무선 센서를 제작하여 휴대성을 높여, 현장 계측이 용이 • 도로 및 교량의 진동을 일회성 측정시 용이	판매 및 상용화
	(주)한국 유지관리	무선 전송 모듈 제작	• 기존의 유선센서를 활용하되, 데이 터 전송을 무선으로 하기위한 모듈 • 기존 유선센서를 사용하므로 추가적 인 센서 개발이 필요없음	판매 및 상용화
	(주) 코아칩스	에너지 하베스팅	• 복합 압전재료 개발 및 에너지 하베스팅 장치 개발 • 무전원 센서 기술 보유	판매 및 상용화
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 상용화
	한국과학기술원	무선 센서의 실 교량 적용	• 제2진도대교에 실제 무선 센서를 설치하여 3년간의 안정성 테스트 및 적용성 확인	저널 기재
	부경대학교	무선 센서를 활용한 글로벌 모니터링	• 무선 센서에 가속도 센서, 압전센서 를 활용하여 전반적 및 국부적인 손상 파악 기술 연구	저널 기재
	한국과학기술원	에너지 하베스팅	• 열·압전 기반의 에너지하베스팅 기술 연구 및 개발	저널 기재

- KAIST는 한·미·일 공동연구를 통해 개발된 스마트 무선 센서를 제2진도대교에 설치하여 3년간 운영하여 장기간 성능 평가를 수행함
- 부경대학교에서는 모드해석 기법이 내장된 가속도기반 무선센서 노드를 개발하고, PSC 거더모형에 설치하고 기존 구조물 건전도 모니터링 시스템과의 성능비교를 통해 검증함
- 부경대학교에서는 무선센서노드를 이용하여 하이브리드 모니터링 기법을 연구하였으며, 강관형 철도교량의 전반적인 손상인 휨 강성저하와 국부손상인 볼트 풀림을 효과적으로 모니터링 기술 개발함
- 위드로봇(주)에서는 40개의 무선센서노드 개발하였으며, 해당기술을 인천대교에 시공 시 설치하여 제품의 성능을 검증함

- 스마트제어계측에서는 휴대용 무선 센서 모듈 제작하였으며, 해당 기술을 통해 도로 및 교량의 물리량 계측에 사용함
- 한국유지관리(주)에서는 데이터만을 무선으로 전송하는 시스템을 만들었다. 해당 기술을 통해, 센서를 무선 데이터 로거에 연결하여 사용함
- 국내의 무선센서의 에너지하베스팅 기술을 보유한 대표 업체로는 코어칩스가 있으며, 복합 압전재인 PZT 센서 기반의 에너지 하베스팅 기술을 보유하고 있음. KAIST은 열과 압전을 이용한 하베스팅 기술을 연구·개발하고 있음

(다) 교량 검사를 위한 이동 로봇 관련 기술

- 국내 교량 유지 관리와 관련된 로봇 기술 구축 현황은 아직 개발 및 도입 단계라고 할 수 있으며, 대학 또는 연구소를 중심으로 연구를 진행 중임
- 국내에서는 외벽 이동로봇에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으나 사용되고 있는 부착 메커니즘의 다양성이 부족함. 주로 진공 흡착식이나 강교량에 적용하기 위한 자력의 활용에 대부분 그치고 있음
- 국토해양부에서는 교량 검사를 위한 ‘교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발 (2005.12~2008.12)’ 프로젝트를 수행하였으며, 현재 발달하고 있는 컴퓨터, 측정 및 계측장비, 구조 안전성 평가기법, 보수 및 보강 등을 기반으로 작업의 안전성을 확보하고 화상 검측 된 열화상 손상자료를 영상 처리 기법을 사용하여 유지관리 전 과정을 자동화 및 객관화 할 수 있는 새로운 교량 유지관리 시스템을 개발함
- KAIST 명현 교수 연구팀에서는 ‘거대 구조물 건전도 모니터링용 임베디드 로봇 시스템 개발 (한국연구재단, 2009.5~2012.4)’ 프로젝트를 수행중이며 레이저와 비전 센서를 이용한 구조물의 선형 및 회전 변위를 측정하는 시스템을 개발 중임
- 성균관 대학교에서 진공 흡착 기술을 사용하여 외벽이동이 가능한 MRWALLSPECT 로봇 시리즈를 개발. 영상처리 기술을 탑재해 교량의 외벽 검사가 가능함
- (주)일심글로벌은 포항지능 연구소와 공동 연구를 통해 자력을 이용하여 로봇이 창문에 붙어서 이동 가능한 메커니즘을 개발하고 창문 정소기술을 융합해 상품화하였음. 국내/외로 판매중이며 2013년 약 500억 시장 매출을 예상됨
- (주)우리기술은 진공 흡착기술 및 자력을 이용하여 외벽에 부착/이동 가능한 로봇 기술을 제시하여 특허 출원함

[표 2.2.3] 건설 로봇 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	(주)일심글로벌	모바일로봇의 창문 이동기술	- 창문을 사이에 두고 두 개의 자력을 가진 로봇이 창에 붙어서 자세를 유지하며 주행 - 창문 위를 이동하며 청소 수행	판매 및 상용화
	(주)우리기술	로봇의 외벽 이동 기술	진공 흡착기술을 사용하여 로봇이 외벽이나 창문에 붙어 이동하며 청소를 수행	특허 출원
	(주)한국유지관리	기간산업 시설 물의 점검용 로 봇 기술	- 진공 흡착기술을 사용하여 건축 구조물의 외벽에 부착/이동 가능한 로봇 기술 특허보유 - 강구조물의 표면 이동을 위해 자석을 사용하여 외벽에 부착/이동 가능한 로봇 기술 특허보유 - 해당 로봇에 영상처리 장치를 탑재하여 콘크리트의 상태 파악 기술 특허보유	특허 출원
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국과학기술연구원	모바일 로봇의 창문 이동 기술	진공 흡착 기술을 사용하여 로봇이 창문에 붙어 이동하며 청소를 수행하는 기술	특허출원
	성균관대학교	교량 검사를 위한 외벽 이동 로봇 기술	- 다리형 로봇에 진공 흡착 기술을 사용하여 교량 외벽을 이동 가능 - 영상처리 장비를 탑재하여 교량 외벽의 상태 검사 수행 가능	저널 기재
	국토해양부	교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발	교량 상부의 갓길 폭 내에 정차할 수 있는 소형 트럭과 카메라가 장착된 원격제어 로봇, 로봇을 원하는 위치로 이동시킬 수 있는 로봇 팔, 영상의 정확한 위치를 파악할 수 있는 GPS로 구성된 교량 검사용 로봇 개발	저널 기재
	한국과학기술원	거대 구조물 건전도 모니터링용 임베디드 로봇 시스템 개발	기술적용레이저 및 비전 센서를 사용하여 구조물의 6자유도 변위(3자유도 선형 및 회전변위)를 측정하는 임베디드 로봇 시스템 개발	저널 기재

(라) 통합 시스템

- 시설물의 정기적 또는 비정기적 안전 점검에 이외에도 시설물에 대한 효과적 유지관리를 위하여 시설물의 관리 주체는 설계도서, 시공관련 자료, 안전점검 및 정밀안전진단 자료 등에 의존해야 하는데 이를 위해서 시설물정보통합관리 시스템이 2003년 개발됨⁵⁷
- 국내 교량의 경우 국도 및 지방도 관리를 위해서 1985년 개발된 BMS는 이후 명칭을 KOBMS로 변경 후 현재 건설 CALS.EC 사업군에 포함되어 건설기술연

구원에 위탁 운영되고 있으며 건설 교통부가 관리하고 있어 점검, 진단, 유지보수, 하자보수 등의 업무를 수행하고 있음

[표 2.2.4] 교량 통합 시스템 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적 용 효과
	한국도로공사	스마트 교량 내하력 평가기법	- 교통통제 없이교량안전성을 평가할 수 있는 최첨단 기술 - 미국 노후교량 점검시장에 진출 (2011)	판매 및 상용화
	한국시설 안전공단	철도교량의 유지관리를 위한 LCC 분석시스템	- 철도교량의 생애주기동안 발생가능한 모든 비용항목을 분석하여 국내 실정에 적합한 합리적이고 실용적인 설계단계 경제성분석 의사결정 시스템 개발 - 철도교량의 효율적인 유지관리 방안 및 DB 구축	연구개발
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	인하대학교	차량탐재 교량진단시스 템 개발	- 이동차량탐재 데이터 수집기를 이용한 교량진단 모니터링 기법 개발 - 첨단화 무선화 계측시스템 및 센서네트워크를 이용한 미래지향적 교량 진단 시스템 개발	저널기재
	한국과학기술원	국부손상감지 기법 개발	- 내장형센서를 사용한 교량 국부손상 감지기술 개발 - 환경 및 사용하중에 영향을 최소화하는 손상 진단 시스템 구축	저널기재
	고려대학교	생애주기 교량관련 시스템 개발	- 생애주기 교량 관리 모델 개발 및 기존 관리모델 개선 - 교량 생애주기 상태 및 성능 평가 모델 수립 및 데이터 구축	저널기재

- 고속도로 교량의 경우 한국도로공사에서 개발한 HBMS에 의해 기본적인 관리가 이루어지고 있으나 이와는 별개로 시설물의 관리 정보는 시설물정보통합관리시스템에도 저장되고 있어 이중적인 DB 구조를 가지고 있음. 하지만, DB 구축후 10여년의 기간밖에 지나지 않아 시간이 필요함⁵⁸
- 현재 통용되고 있는 교량 유지관리 기법또는 시스템은 현황 파악을 위한 DB수준의 시스템이 대부분으로 유지관리 공법 및 시기 결정등 주요 의사결정 지원기능을 제대로 갖추지 못한 상황이라서 차세대 유지관리를 구축하기 위해서는 교량 전 생애주기 걸쳐 축적된 자료를 바탕으로 의사결정을 할 필요가 있음⁵⁸

(마) 기술사례: 건설기술과 로봇기술의 융합⁵⁹

- 건설로봇은 기계공학과 메카트로닉스는 물론 건설 설계시공 기술과 정보통신, 컴퓨터 공학, 생체공학 등을 융합한 최신 기술의 경연장이고 시험대이며 결정판임
- 우리나라에서는 교량의 정기점검 및 정밀점검을 자동화해 작업자의 안전을 확보하고 객관적이며 신뢰성 높은 데이터를 획득하여 통합 유지관리 시스템에 적용하는 교량유지관리 로봇, 필요한 자재를 조립해야 할 위치로 옮겨주고 이송한 자재를 조립하는 등의 일을 수행하는 고층건물 시공 자동화로봇, 지반형상을 Mapping해 3D모델을 구축하고 최적경로를 탐색해 굴삭을 해주는 무인굴삭기 로봇 관련 연구들이 활발히 진행 중임
- 현재 전 세계적으로 개발된 로봇 사례를 보면 기존 크레인의 불안정한 작업 수행을 개선하기 위해 정확한 통제 및 정밀한 작업을 수행토록 하는 원격조정 크레인, 콘크리트 작업의 마감/연마/청소들을 위한 미장로봇, 벽돌쌓기용 로봇, 자율주행 로봇, 외벽 이동 로봇, 빔 용접 자동화 로봇, 재해복구용 무인굴삭기 로봇, 낙석방지 작업용 4족보행 로봇, 화재 복구용 로봇, 도로면 크랙실링 로봇 등이 있음

(3) 국외 기술 현황 분석

(가) 로봇 관련 기술

- RoboTech srl에서는 도로 및 인도의 바닥을 청소하는 로봇을 개발하였으며, GPS측정 및 비컨을 이용하여 로봇의 정밀 위치추정이 가능하도록 함. 로봇의 전면부에 부착된 두 개의 브러쉬를 이용하여 바닥의 먼지 및 쓰레기를 흡입함⁶⁰
- iRobot에서는 로봇 주행기술 및 위험물질 탐지 기술을 활용한 로봇을 개발하였으며, 로봇에 장착된 로봇 팔로 지뢰 및 위험물질을 제거하는 등의 각종 임무 수행이 가능함. 또한 캐터필러를 활용하여 험지에서도 임무를 수행할 수 있음⁶¹
- 카네기 멜론 대학교에서는 각종 카메라와 센서, GPS 시스템과 지능형 알고리즘, 컴퓨터 소프트웨어 등을 활용해 주변 상황과 도로 지형을 파악해 목적지까지 갈 수 있는 무인 차량을 개발함⁶²
- 스텐포드 대학교에서는 레이저 기반 거리센서, 야간 카메라, 가스 탐지기 및 자이로스코프를 이용한 광산 탐사용 로봇을 개발하여 광산의 3D 맵을 생성함⁶³

[표 2.2.5] 로봇 관련 기술 현황

국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	RoboTech srl (Italy)	도심 상에서의 로봇 위치추정 도로 및 인도 청소	• GPS 및 비컨을 이용한 정밀 위치추정 • 브러쉬를 이용한 먼지 및 쓰레기 청소	판매 및 상용화
	iRobot (미국)	로봇 주행 기술 및 위험물질 탐지 기술	• 폭탄제거 및 정찰 등 실제 상황에서 활용 • 로봇팔을 장착하여 다양한 임무 수행 가능	판매 및 상용화
국외기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	카네기멜론 대학교 (미국)	도심지 무인자동차 주행기술 개발	• 거리센서 및 카메라를 이용한 360도 상황 파악 기술 • GPS 시스템과 지능형 알고리즘 등을 활용해 주변 상황과 도로 지형을 파악	DARPA Urban Challenge 우승
	스텐포드 대학교 (미국)	광산 탐사용 로봇 기술 개발	• 레이저 기반 거리센서, 야간 카메라, 가스 탐지기 및 자이로 스코프를 이용한 무인 로봇 탐사 기술 • 3D 맵 빌딩 기술	저널 게재

(나) 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리를 위한 스마트 센서 관련 기술

- 일리노이주립대학교와 미시간대학교에서 주도적으로 무선 센서를 활용한 토목 구조물의 모니터링에 관심을 가지고 연구를 수행함. 일리노이주립대학교에서는 상용화된 센서인 Imote2 플랫폼을 활용하여 이에 맞는 하드웨어 및 소프트웨어를 개발, 이를 활용하여 실 구조물의 모니터링 및 손상 탐지에 관한 연구를 수행함
- 미시간대학교에서는 자체적으로 개발한 무선 센서를 통해 구조물의 물리량 측정 및 제어분야에도 활용. 가속도계 혹은 piezoelectric, sensor/actuator, piezoelectric patch 등의 다양한 종류의 센서를 활용하여 구조물의 전역적, 국부적 손상을 파악하는 연구를 수행 중에 있으며, 최근에는 탄소나노튜브를 이용한 sensing skin 과 같이 신소재를 활용한 센서개발에 대한 연구를 진행 중에 있음
- 관련 국외 업체로는, 대표적으로 NATIONAL INSTRUMENTS와 MICRO STRAIN이 있으며 구조물 모니터링을 위한 무선 센서를 연구, 판매하고 있음
- NATIONAL INSTRUMENT에서 무선으로 데이터 계측 및 처리를 위한 모

들을 판매하고 있다. 해당기술을 이용하여, 실시간 무선 데이터 취득이 가능하며 휴대성이 좋아 일회성 계측에 효율적임

- MICRO STRAIN에서는 다양한 센서의 소형 무선 모듈 및 사용을 위한 에너지 하베스터를 개발하였으며, 해당 기술을 이용하여, 에너지 공급이 필요없는 무선 데이터 계측이 가능함
- 에너지 하베스팅에 관한 연구는 U.C Berkeley와 펜실베이니아 대학, Virginia Polytechnic Institute에서 압전 기반의 에너지 하베스팅에 관한 연구를 수행하고 있음

[표 2.2.6] 스마트 센서 관련 기술 현황

국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	NATIONAL INSTRUMENT (미국)	데이터 수집 하드웨어 및 소프트웨어 개발	• 실시간 무선으로 데이터 취득 가능 • 다양한 센서와의 호환성	판매 및 상용화
	MICRO STRAIN (미국)	무선 계측 센서 개발 및 에너지 하베스터 제작	• 실시간 안정적인 데이터수집 • 에너지 하베스터와 결합으로 외부전원이 필요없음	판매 및 상용화
국외기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	일리노이주립 대학교 (미국)	상용 무선 센서 플랫폼을 활용, 토목 구조물에 적용하기 위한 센서 하드웨어 및 소프트웨어 개발	• 상용화된 무선 센서를 활용하여 실제 토목구조물에 적용성 실험 • 다양한 알고리즘을 센서에 내장하여 구조물의 실제 손상 추정연구	저널 기재
	미시간대학교 (미국)	자제적인 무선 센서 하드웨어/소프트웨어 개발	• 자체 개발된 센서를 활용하여 실제토목 구조물에 적용성 실험 • 구조물의 제어 및 안전성 모니터링 분야에 적용성 실험	저널 기재
	U.C. Berkeley (미국)	에너지 하베스팅 기술 및 장치 개발	• 진동 기반 energy harvesting에 대한 이론적, 실험적 연구 진행	저널 기재
	펜실베이니아 주립대학 (미국)	효율적인 에너지하베스팅용 회로 개발	• energy harvesting 기술과 관련된 회로 측면에서 연구 진행	저널 기재
	Virginia Polytechnic Institute (미국)	수 Watt급 에너지 하베스팅 장치	• 압전 재료 및 장치들을 이용한 energy harvesting에 대한 연구를 주로 진행	저널 기재

(다) 교량 검사를 위한 이동 로봇 관련 기술

- 미국의 스탠포드 대학이 관련 요소기술을 가장 많이 보유하고 있으며 매우 활발한 연구가 다방면으로 진행되고 있음
- 스탠포드 국제연구소(SRI international) 및 스탠포드 대학은 고분자 기술을 활용한 로봇의 외벽 흡착 메커니즘, 전자흡착 기술을 활용한 외벽 흡착 메커니즘 등을 개발 하였으며 다양한 어플리케이션으로 적용 가능성을 시사함
- 일본의 동경대학에서는 4개의 다리를 가지는 로봇에 진공흡착 기술을 사용, 각 다리에 진공패드를 부착하여 외벽 이동이 가능한 메커니즘을 개발 하였으며 영상처리 기술을 탑재하여 건축물 및 산업구조물의 외벽 검사가 가능한 로봇을 개발함

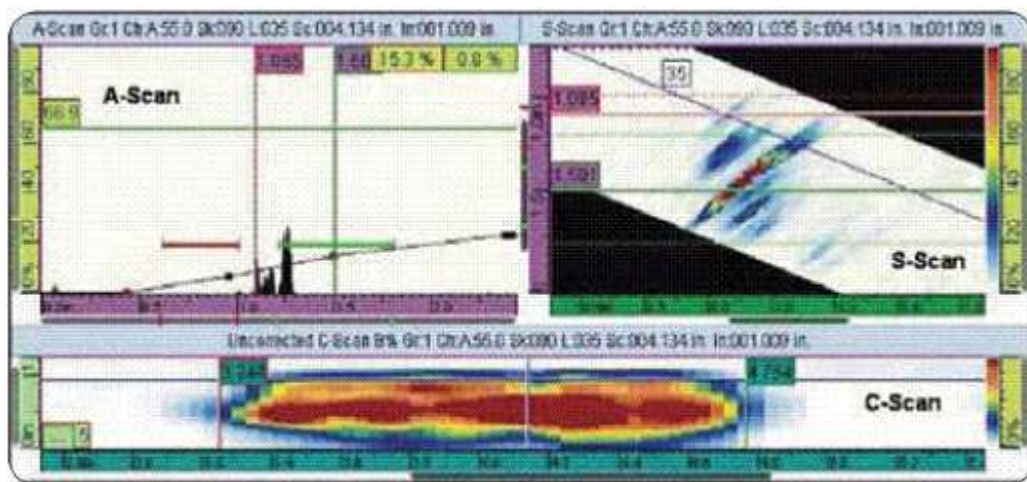
[표 2.2.7] 건설 로봇 관련 기술 현황

국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	VORTEX (미국)	진공 흡착 기술을 활용한 벽면 이동 로봇 메커니즘	• 진공 흡착 기술을 활용하여 벽면을 이동가능한 모바일로봇을 개발 • 해당 로봇에 카메라를 탑재하여 건축물 및 산업구조물의 검사가능	판매 및 상용화
	테크니컬 링크 (일본)	영구자석을 이용한 강교량의 외벽 이동 로봇 메커니즘	• 영구자석을 이용하여 강교량의 외벽에 부착/이동 가능한 로봇 메커니즘을 개발 • 해당 로봇에 초음파 센서를 달아 구조물의 건전도를 점검	판매 및 상용화
국외기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	동경 공업대학교 (일본)	진공패드를 사용한 벽면보행이동 로봇 개발	• 4개의 다리와 각각에 진공패드를 장착하여 이를 이용해 벽면을 보행하는 기술	저널 기재
	스탠포드 대학교 (미국)	Hand-hold 형태의 이동/부착 메커니즘 개발	• hand-hold 형태의 이동/부착 메커니즘을 개발하여 벽면을 보행 하는 기술	저널 기재
	뉴욕 대학교 (미국)	진공흡착 방식을 사용한 외벽 부착기술	• 진공 흡착 기술을 사용하여 모바일로봇을 벽면에 부착/이동하는 메커니즘 개발	저널 기재
	스탠포드 대학교 (미국)	고분자 기술을 활용한 로봇의 벽면 부착 기술	• 특수한 고분자 폴리머 물질을 개발하여 이를 사용한 패드를 제작 후 패드와 벽면간의 분자력을 이용하여 외벽에 부착/이동 가능한 로봇 메커니즘 개발	저널 기재
	SRI international (미국)	전자흡착기술을 개발하여 벽면이동이 가능한 모바일로봇 개발	• 3~5kV의 전압을 생성하여, 정전기를 발생시키고, 이를 이용하여 벽면에 부착하는 메커니즘 개발	저널 기재

- 미국의 업체 중 VORTEX는 VMRP 라는 wall climbing robot을 개발함. 진공 흡착기술을 사용하여 외벽의 이동이 가능하며, 카메라를 탑재하여 건축 구조물의 검사가 가능한 로봇을 개발함
- 일본의 테크니컬링크 사 는 영구자석을 활용하여 강교량의 외벽이동이 가능한 로봇을 개발함. 영상처리 기술을 융합하여 교량 외벽 검사가 가능한 로봇을 개발/상용화 하였음

(라) 기술사례: 비파괴 평가 기법 기술 동향⁵⁹

- 미국연방도로국(FHWA) 산하의 비파괴평가센터(NDEC)는 도로교의 점검을 개선시키기 위해 1998년도 설립되었음
- 강교에 대한 실험은 주로 피로 균열 감지 및 모니터링에 중점을 두고 균열의 위치, 형상 및 진행 상태를 알 수 있도록 개선, 현재까지 실험실에서 비파괴 평가기법을 평가했으며 향후에 교량 현장 점검을 수행할 예정임. 비파괴 평가기법은 균열 탐지 기법과 균열 모니터링 기법으로 나뉘며, 이 프로그램에서 평가되는 균열탐지 기법은 위상배열 초음파 검사(PAUT, Phased Array Ultrasonic Testing) 시스템과 배열와전류센서(ECAS, Eddy Current Array Sensors)임. 균열 모니터링 기법은 전기화학적 피로 센서(EPS)와 음향방출 (Acoustic Emission) 시스템을 평가했음



[그림 2.2.4] PAUT 시스템 복합 스캔 형상

- NDEC에서는 콘크리트의 비파괴 평가를 위한 벤치마킹을 수행하고 있음. 본 사업은 콘크리트에서 부식 전파를 감지하기 위해 비파괴시험을 평가하는 것으로서 베를린 공대, 버몬대, 캘리포니아대 등 미국과 유럽의 부식 및 비파괴 전문

가들로 위원회를 구성함. 평가를 위해 피복두께를 다르게 한 철근이 있는 교량 바닥판과 긴장재에 응력을 가하지 않은 박스 거더 플레이트 시편을 제작하였고, 평가 시에는 반자동 NDE 스캐너 시스템을 적용함



[그림 2.2.5] 반자동 스캐너 전경

(4) 소결 및 시사점

- 도로 및 시설물 유지 관리에 로봇 시스템이 도입되는 추세이나 현재 상용화 된 환경이 제한적임
- 기존의 로봇 기술과 스마트 센서 기술을 융합하여 도로, 교량 관리 및 시설물 유지 관리에 특성화된 로봇 시스템 개발이 시급함

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

(1) 논문 분석

(가) 국가별 논문 동향 분석

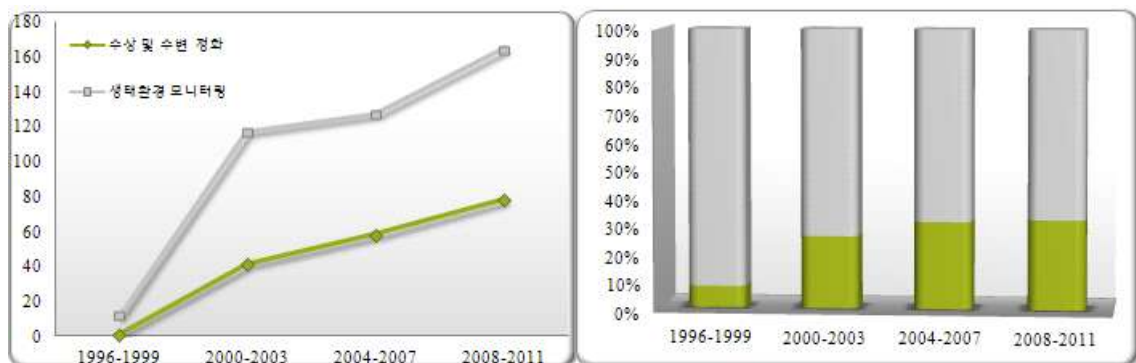
- 주요 개발국은 유럽과 미국으로 관찰되며, 수상(중) 및 수변 생태환경 모니터링 시스템(BB) 기술분야는 각국에서 공통적으로 많은 논문발행건수를 보이고 있음



[그림 2.2.6] 주요 국가별 중분류B의 논문동향

(나) 부상 기술 분석

- 수상(중) 및 수변 생태환경 모니터링 시스템(BB) 기술 분야에서 상대적으로 높은 점유율을 확보하며 최근 5년 사이에도 높은 증가율을 나타내고 있음. 반면, 수상(중) 및 수변 청소 시스템(BA) 기술분야는 해당분야에서 낮은 점유율을 차지하는 가운데 상대적으로 출원건수는 많지는 않지만 점진적인 증가세 추이를 보임



[그림 2.2.7] 중분류B의 추세를 통한 부상기술

(2) 국내 기술 현황 분석

(가) 수상 로봇 관련 기술

- 국내에서는 국방과학연구소, 한국해양연구원, KAIST에서 무선수상선 플랫폼을 개발하여 내비게이션, 경로계획, 제어 알고리즘 등 관련 연구를 수행하고 있으며 성과물을 저널 및 학회에 발표를 하고 있음

- 한국해양연구원⁶⁴에서는 무인수상선이 자율 운항이 가능하도록 항법, 유도, 제어가 가능한 알고리즘을 개발하여 적용 및 성능 실험을 수행하였음

[표 2.2.8] 무인수상선 관련 기술 현황

국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 상용화
	한국해양 연구원	근거리용 무인수상선의 자율운항시스템	한국해양연구원에서 개발된 무인수상선에 자동으로 항법, 유도 및 제어가 가능한 자동 운항 알고리즘 개발	실제수상 무인선에 적용 실험, 성능실험 실내실험
	한국해양 연구원	무인수상선의 동적 위치 제어 시스템	- 수중 탐사 선단과 모선 혹은 육상 제어실 간의 통신을 중계하기 위한 소형 무인수상선 개발 - 고정된 두 개의 추진기를 갖는 무인수상선의 동역학적인 모델링 및 제어시스템 개발	저널 지재
	한국과학 기술원	다수의 모바일하버를 위한 내비게이션 시스템	- 여러 대의 모바일 하버가 충돌하지 않기 위해 중앙 집중 방식과 분산 방식을 융합한 경로 계획 방법 개발 - 시뮬레이션을 통해 검증	
	한국과학 기술원	해파리 성체 제거용 수상로봇	- 해파리 성체 제거용 SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull) 형태의 수상 로봇 개발 - 카메라의 영상 정보를 이용하여 해파리를 인식하고, 수상 로봇의 하단부에 설치된 해파리 절단용 그리드를 이용하여 제거	

- 또한 수중 탐사 선단의 다양한 운용 기술을 확보하기 위해 수중 탐사 선단과 모선 혹은 육상 제어실 간의 통신을 중계하기 위한 소형 무인수상선을 개발하였으며⁶², 무인 수상선의 자율 운항 기술 중 동적 위치 제어(Dynamic Positioning), PTP(Point-to-Point) 제어 실험을 실험실에서 수행하였음
- KAIST¹⁸에서는 다수의 모바일 하버가 서로 충돌하지 않도록 중앙 집중 방식과 분산 방식 경로 계획을 융합하여 내비게이션 시스템을 설계하였다. 시뮬레이션을 통해 시스템의 성능을 검증하였음
- KAIST에서는 군집(Swarm) 로봇 협업 시스템을 이용한 해파리 제거용 수상로봇을 연구하고 있음. GPS, 비전 센서를 장착하고 있으며, 다개체 로봇의 협업을 통해서 넓은 영역에 퍼져 있는 해파리를 효과적으로 제거할 수 있도록 함

(나) 하천 및 해양 자동 청소시스템 관련 기술

- (주)동인진공준설이엔씨⁶⁷에서는 포항지능로봇연구소로부터 기술 이전을 받아 현장에 사용할 수 있도록 로봇을 개량하여 상용화를 추진 중에 있다. 로봇을 이용하여 90여회의 수중 청소와 준설 작업, 200여km 이상 하수관거 청소, 면적 약 2만7000m²의 하천과 호수를 청소하였음
- (주)원준설⁶⁸에서는 원통형 회전 브러쉬를 이용한 무흔탁 SCRUB 방식의 오토크 준설공법으로 얇은 퇴적층을 쓸어내어 준설하거나 닦아냄으로써 오염물질을 제거하는 기술을 보유하고 있으며, 관련 특허를 보유하고 있음
- (재)포항지능로봇연구소⁶⁹에서는 담수와 해수 등 다양한 수중 환경에서 수중 청소가 가능한 다기능 수중 청소로봇 (PIRO-U3)을 개발하여 저수지와 연근해의 수중 청소에 활용하고 있음

[표 2.2.9] 수상 및 수변 자동 청소 시스템 기술 현황

	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술	(주)동인진공 준설이엔씨	다목적 수중청소 로봇(PIRO-U3)	• 포항지능로봇연구소에서 개발한 PIRO-U3를 개량하여 하수관 청소 및 준설, 호수 및 하천의 슬러지 청소 등으로 활용 가능하도록 상용화	판매 및 상용화
	(주)원준설	호수, 하천, 연못 등의 준설 기술	• 원통형 회전 브러쉬를 이용하여 얇은 퇴적층을 쓸어내어 준설하거나 닦아냄 • 4~5m의 비교적 깊은 곳에서부터 0.5m의 낮은 수심에서도 운항 및 작업 가능	특허 출원 및 상용화
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	(재)포항지능 로봇연구소	다목적 수중청소로봇(PIRO-U3) 개발	• 담수와 해수 등 다양한 수중 환경에서 수중 청소가 가능한 다기능 수중 청소 로봇 개발 • 시간당 30~60톤을 청소하며 수심, 수온, 염분, 탁도 측정 센서가 장착되어 수중 탐사용으로 활용 가능	특허출원 및 기업체 기술이전

(3) 국외 기술 현황 분석

(가) 수상 로봇 관련 기술

- 미국의 벤처기업 Hydronalix⁷⁰에서는 해상인명구조로봇 EMILY (Emergency Integrated Lifesaving Lanyard)를 개발하였으며, 시간당 30km를 이동할 수 있고 원격조정을 통해 움직인다. 물의 흐름을 3차원 지도로 만들 수 있는 음파장치와 수중 조난자와 관련된 움직임이나 소리를 감지할 수 있는 센서 등을 갖추고 있음
- 호주의 CISRO⁷¹ (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)에서는 수중 및 수상 환경 모니터링을 목적으로 하는 무인수상선을 개발하고 비전 및 GPS 센서를 장착하여 선체제어가 이루어지도록 하였다. 태양전지를 장착하여 장시간 운항이 가능하도록 하였으며 다양한 날씨변화에도 강인하게 동작하는 것을 실험을 통해 검증하였음
- 이탈리아의 CNR-ISSIA⁷²에서는 무인수상선의 프로토타입을 제작하여 내비게이션과 경로 계획, 기본적인 제어에 관해 연구를 수행함. GPS와 compass 센서를 이용하여 EKF (Extended Kalman Filter)와 PID 제어를 이용한 무인수상선의 기본적인 경로 제어에 대해 실험한 후, 효율성과 성능에 대한 분석이 이루어짐
- 미국의 SSC (Space and Naval Warfare Systems Center)에서는 자율 내비게이션 기능을 가지는 무인수상선인 SSC San Diego USV^{73,74}를 개발하였음. 저가로 시스템을 구현하기 위해 스포츠용 제트보트로 구현되었으며 센서는 레이더와 카메라가 사용됨. 자율 운항을 위해 장애물 회피, 경로계획, 목표물 탐지 등의 기술이 탑재되어 있음
- 미국의 Univ. of Maine에서는 해양 환경에 대한 데이터를 수집하기 위해 다개체 수중 및 수상 시스템⁷⁵을 개발하였음. 수중 및 수상의 군집 로봇들에게 해양 환경 조사를 위한 수행 목표를 주면 다른 로봇들과 협력하여 주어진 문제를 해결하는 연구 등이 진행 중

[표 2.2.10] 국외 무인수상선 관련 기술 현황

국외 기업 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	HYDRONALIX (미국)	해양인명구조를 위한 원격 조정 수상 로봇	- 높은 파도 속에서도 시간당 38km 이동 가능 - 물의 흐름을 지도로 만들 수 있는 음파장치 조난자의 움직임이나 소리를 감지할 수 있는 센서 장착	관매 및 상용화
국외 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 상용화
	CISRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) (호주)	무인수상로봇 개발	- 수중 및 수상 환경 모니터링을 목적으로 하는 무인수상로봇 개발 - 비전센서, GPS를 기반으로 전제 제어, 대상물 추적 등이 가능	실제수상 무인선에 적용 성능 실험 실대 논문
	CNR-ISSIA (이태리)	프로토타입의 무인수상로봇 개발	- 무인수상로봇의 내비게이션과 경로 계획 기본적인 제어시스템 개발 - GPS와 Compass 센서를 이용하여 EKF (Extended Kalman Filter) 와 PID 제어를 이용한 USV의 기본적인 경로 제어 실험 및 분석	실제수상 무인선에 적용 성능 실험 실대 논문
	SSC(Space and Naval Warfare Systems Center) (미국)	자율 내비게이션 기능을 가진 무인수상로봇 개발	- 스포츠용 제트보트에 레이더와 카메라 센서를 장착하여 저가로 시스템 구현 - 장애물 회피, 경로계획, 목표물 탐지 등의 자율 운항 시스템 개발	실제수상 무인선에 적용 성능 실험 실대 논문
	Univ. of Maine (미국)	해양환경 데이터 수집을 위한 다개체 무인수상로봇 시스템	- 해양 환경 조사를 위해 무인수상로봇들을 이용하여 다개체 시스템 개발 - 수중 및 수상로봇들이 서로 협력하여 주어진 문제를 해결하는 시스템 개발	학술대회 논문

(나) 하천 및 해양 자동 청소시스템 관련 기술

- 미국의 MIT에서는 해상에서 원유 유출 사고 시 오염된 지역을 찾아가 기름만을 흡수하는 Seaswarm 로봇⁷⁶을 개발하였으며, 로봇은 길이 5m, 폭 2m 크기의 로봇은 원유를 감지할 수 있는 센서를 내장하고 있음. 로봇의 컨베이어 벨트는 로봇 무게의 20배에 달하는 기름을 흡수할 수 있으며, 기름띠 영역을 정확히 파악해 해양을 정화하는 방식이 이 로봇이 가진 가장 큰 장점임. 로봇이 항해하는데 필요한 전력은 내장한 태양전지로 충당함
- 중국의 Yantai 대학⁷⁷에서는 호수의 쓰레기를 청소하기 위한 소형 청소 로봇 시

스텝 프로토타입을 구현하였음. 태양전지로 필요한 전력을 충당하며 전방의 초음파 센서 등을 통해 부유물을 감지함. 경로계획, 장애물 회피 등의 기본적인 내비게이션 시스템이 갖추어져 있음

[표 2.2.11] 국외 청소로봇 관련 기술 현황

국외 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 상용화
	MIT (미국)	원유유출 사고 시 수상의 기름을 제거하는 Seaswarm 로봇 개발	- 원유를 감지할 수 있는 센서를 장착하여 기름으로 오염된 지역을 찾아가 기름을 흡수하는 수상로봇 개발 - 컨베이어 벨트를 이용하여 로봇의 20배에 달하는 기름을 흡수 - 다수의 로봇을 적용하는 다개체 (swarm) 시스템 개발	프로토타입 개발
	Yantai 대학 (중국)	프로토타입의 무인수상로봇 개발	- 호수의 부유물(쓰레기)를 모으기 위한 무인 수상 로봇의 프로토타입을 개발 - 초음파 센서를 이용하여 부유물을 감지 - 태양전지를 사용하였으며, 장애물회피, 경로계획 등 기본적인 내비게이션 시스템이 갖추어져 있음.	프로토타입 개발 학술대회 논문

(4) 소결 및 시사점

- 무인수상로봇 개발은 미국, 호주를 중심으로 대학, 연구기관, 관련 기업 등에서 활발한 연구가 진행 중이나, 국내에서는 수상 로봇에 대한 연구가 미미한 실정임
- 수상 및 수변 자동 청소시스템의 경우 국내에서는 다목적 수중 로봇을 이용하여 청소하는 로봇의 상용화가 시도되고 있음. 하지만 하천, 호수와 같이 넓은 영역을 청소하는 데에는 기계를 이용하여 준설하거나 오염물질을 제거하며 자동화 된 기술은 아직 미미한 실정임

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

(1) 논문 분석



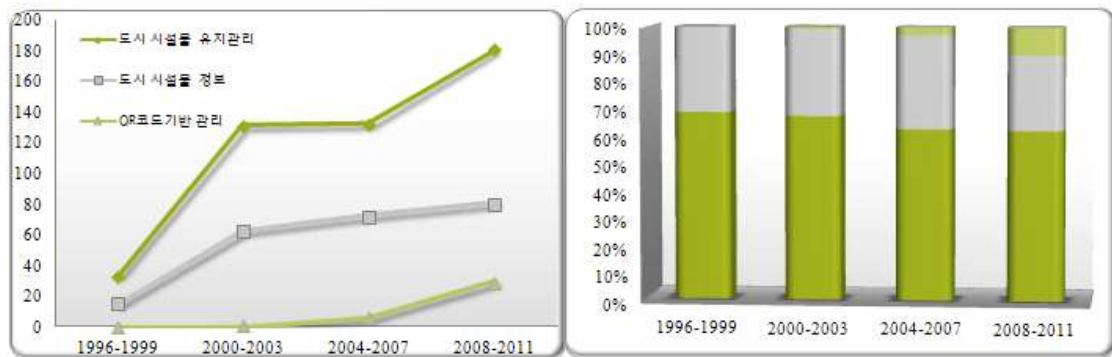
[그림 2.2.8] 주요 국가별 중분류C의 논문동향

(가) 국가별 논문 동향 분석

- 유럽과 미국이 압도적으로 많은 논문활동을 보이며, 도시 시설물 유지관리 시스템(CA)과 도시 시설물 정보 시스템(CB) 기술분야는 전체 국가에서 연구개발을 활발히 진행하고 있는 것으로 관찰되어짐

(나) 부상 기술 분석

- 최근 5년 사이에 도시 시설물 유지관리 시스템(CA) 기술분야에서 급격한 증가세 추이를 보이는 가운데 높은 점유율을 관찰되며, 도시 시설물 정보 시스템(DB) 기술분야에서도 1990년대 후반부터 점진적인 성장세 추이를 보이고 있으나 QR코드기반 시설물 관리 시스템(CC) 기술분야에서는 낮은 점유율을 보이며, 2000년대 중반부터 미미한 증가추이를 보이고 있음



[그림 2.2.9] 중분류C의 추세를 통한 부상기술

(2) 국내 기술 현황 분석

(가) 시설물 자산관리 시스템 현황⁷⁸

- 국내의 시설물에 대한 자산관리는 국토해양부, 한국시설안전공단 등에서 관리시스템을 개발하여 운영하고 있음
- 국토해양부에서는 ‘도로관리통합시스템 (1997. 12 ~2003. 5)’ 프로젝트를 수행하여 기존 도로 관련 시스템(도로대장전산화, 포장관리시스템, 교량관리시스템, 교통량조사시스템, 도로절개면유지관리시스템)에서 공통적으로 사용할 수 있는 위치정보관리체계를 개발하여 도로관리 통합 데이터베이스를 구축하고 도로관리용 수치지도와 연계하여 각종 도로 관련 정보들을 관리할 수 있도록 함⁷⁹
- 국토해양부 산하 한국도로공사에서는 교량관리시스템을 운영하여 구조물의 안전점검 및 안전관리 조치를 시행하고 있으며, 서해대교관리시스템의 경우 구조물의 안전성 감시, 실시간 기상 정보 제공, 비상방송 시스템 등을 운영하고 있음
- 한국시설안전공단에서는 시설물의 안전 확보 및 효율적인 유지관리를 위해 시설물의 생애주기에 대한 정보를 통합 관리할 수 있는 시설물정보통합관리시스템을 개발하여 운영
- 지노시스템(주)는 도시 현황 파악 및 도시 계획, 도시 정비, 도시 기반 시설 관리 등을 효과적으로 수행할 수 있는 도시기반시설물관리시스템 및 웹 GIS 기술을 통해 이러한 정보들을 상호 공유할 수 있도록 구축된 지하시설물통합관리시스템에 대한 솔루션을 제공하고 있음⁸⁰

[표 2.2.12] 시설물 자산관리 관련 시스템 개발 현황

기관	운용시스템	기술 특징	기술적용 효과
국토해양부	도로대장전산화	- 도로상태 및 각종시설물의 도면과 현황을 데이터베이스화 - 체계적이고 능률적인 관리에 용이	실제 자산관리에 적용
	포장관리시스템	- 포장을 지속적으로 유지관리하고 보수하기 위해 도입 - 포장 서비스 품질의 기준미달 시점을 예측하고 필요한 예산 산출	실제 자산관리에 적용
	교량관리시스템	- 구조물 안전점검 및 안전관리 조치 - 교량의 수명 연장 및 기능 극대화	실제 자산관리에 적용
	교통량조사 시스템	도로교통량조사, 통계자료 분석, 전자 지도에 관련 된 정보를 제공	실제 자산관리에 적용
	도로절개면 유지관리 시스템	- 국가적 차원의 재해대책계획 수립 - 방재 차원의 데이터베이스 시스템으로 관리	실제 자산관리에 적용
	도로관리통합시스템	도로관련 시설물의 정보 DB 시스템 통합	실제 자산관리에 적용
한국시설안전공단	시설물정보통합 관리시스템	해당 시설물이 존치하는 동안에 실시된 모든 이력정보를 등록	실제 자산관리에 적용

(3) 국외 기술 현황 분석

(가) QR코드 기술

- QR코드는 1994년 개발되고, 2000년과 2007년에 각각 ISO 국제규격, 한국산업규격으로 제정되었으나, 개발사인 일본 덴소웨이브사가 특허권을 행사하지 않을 것을 선언하여 현재 누구라도 쉽게 제작 및 사용이 가능함⁸¹
- QR코드는 국내외 포털사이트를 포함한 인터넷 사이트에서 쉽게 제작할 수 있으며, 별도의 단말기 없이 스마트폰 애플리케이션을 통해 쉽게 인식할 수 있음
- 규격 공개를 통해 대중화가 되어 보안상의 문제가 제기되고, 해커들의 악성코드 유포 사례가 보고되고 있으며, 이에 대응하여 노턴 시만텍에서는 악성코드 방지 애플리케이션을 발표

(나) 자산관리용 소프트웨어 현황⁸²

- 사회기반시설 유지관리 방식에는 사후 대응형과 사전 예방형 방식이 있으며, 시설물의 상태, 평가를 통해 성능을 예측하고 파손 및 훼손을 사전에 방지하는 사전 예방형이 더욱 적극적인 유지관리 방식임

- 공학적·경제적 관점을 종합적으로 고려하여 제한된 예산을 효율적으로 집행하고, 최적의 의사결정을 지원하기 위해 미국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드 등의 나라들은 사전 예방적 방식으로 도로시설물 유지관리를 위한 자산관리용 소프트웨어를 개발·활용하고 있음

[표 2.2.13] 도로시설의 사전 예방적 유지관리를 위한 자산관리 소프트웨어 현황

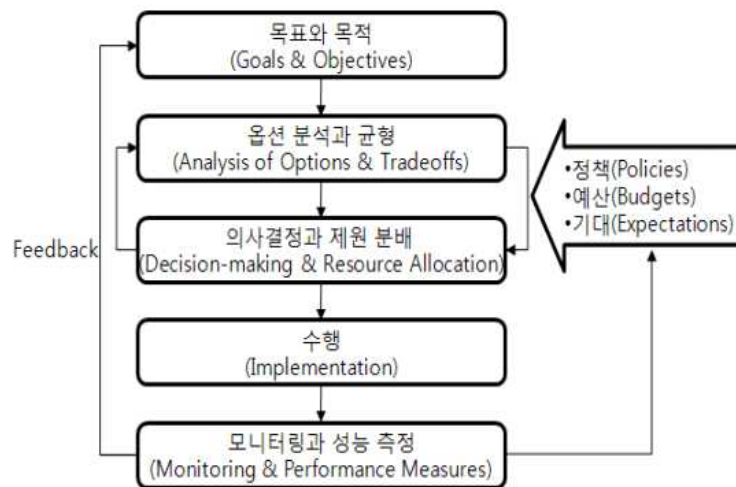
기관 / 업체	소프트웨어명	기술 특징
FHWA	Bridge LCCA	• 생애주기 비용 분석 • 교량별 비용 모델 분석
HDM Global	HDM-4	• 네트워크와 프로젝트 수준의 투자 대안에 대한 경제적 분석 • 고속도로 투자의 수요, 상태, 성능을 고려한 시뮬레이션
FHWA	HERS/ST	• 도로시스템 상태 및 성능간의 관계 분석 • 투자대비 성능 분석
FHWA	STEAM	• 투자 대안과 경제성 평가 • 비용/편익 분석, 위험 분석
AASHTO	PONTIS	• 교량의 상태 검측 및 성능 측정 • 교량의 수요예측 및 유지보수 우선순위 선정
FHWA	BCA.NET	• 도로 성능 향상을 위한 비용/편익 분석을 수행 • 수요와 프로젝트 평가
FHWA	IDAS	• 대안의 비용, 편익과 현재 도로시스템 평가 • 비용/효과 분석, 위험 분석
FHWA	REALCOST	• 포장공사에 대한 비용/편익 분석 수행 • 수요 및 프로젝트 평가
Texas Transportation Institute	MicroBENCOST	• 도로개선 비용 및 편익 분석 • 투자 대비 성능 분석
RAMM Software	RAMM	• 도로자산 목록, 상태 평가, 포장설계시스템과의 연계
Deighton	dTIMS CT	• 도로, 교량의 자산데이터 관리, 최적화 분석 • 의사결정을 통해 예산계획 수립 지원
IBM	Maximo	• 자산 배치, 사양, 조정, 원가관리 • 유지보수작업 관리, 자산데이터 관리

(다) 시설물 자산관리 시스템 현황⁷⁸

- 자산관리는 외국의 도로 및 공공분야 조직에서 수년에 걸쳐 연구·개발되어 왔

으며, 각 나라별로 구체적인 기술적 이론 및 방법론이 구축되어 있음

- 미국의 경우 AASHTO와 FHWA에서 도로시설물의 자산관리에 대한 핵심적 아이디어와 이슈를 정식화하고 NCHRP 프로젝트를 통해 각 주의 자산관리 연구 참여를 유도하였으며, 이에 따라 각 주 도로국은 독자적인 시설물 관리 시스템과 의사결정 및 실행계획 모델을 수립
- 호주와 뉴질랜드는 도로 및 교통국의 협력조직(Austroad)을 통해 고속도로의 통합개발, 유지관리, 운용에 대한 전략적인 방향을 제시하고자 하였으며, 포장, 교량, 터널, 보도, 가로등, 표지판, 교통량 제어 표지판 등을 도로자산 범위에 포함한 자산관리 결정 시스템을 도입



[그림 2.2.10] 미국 FHWA의 자산관리 기본체계⁸³

(4) 소결 및 시사점

- 사회기반시설물에 대한 자산관리는 계속해서 발전하고 있는 분야로서, 외국에서는 이미 많은 연구가 수행되어 공공시설에 자산관리 개념을 도입한 유지관리시스템 기술을 운용
- 우리나라에서도 도시 시설물의 다양화 및 노후화에 따라 현행 시설물 유지관리 체계를 넘어 예산 절약 및 시설물 수명 연장을 위한 관리 시스템의 도입이 요구되고 있음
- 시설물의 경제적인 유지관리를 위하여 정보관리시스템 수준을 넘어 생애주기에 근거한 경제성 분석 및 유지관리시스템의 도입이 필요함

- 다양한 종류의 시설물을 효율적으로 유지관리하고 최적화하기 위하여 자원의 할당, 의사결정 및 데이터베이스의 통합, 차세대 관리 시스템 도입, 생애주기 해석 등의 능력을 강화할 필요가 있음
- 시설물 관리 시스템의 접근성 향상을 위해 QR코드 기술이 유용할 것으로 예상되며, 원활한 활용을 위해 보안 문제의 해결이 수반되어야 함

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템

(1) 논문 분석

(가) 국가별 논문 동향 분석

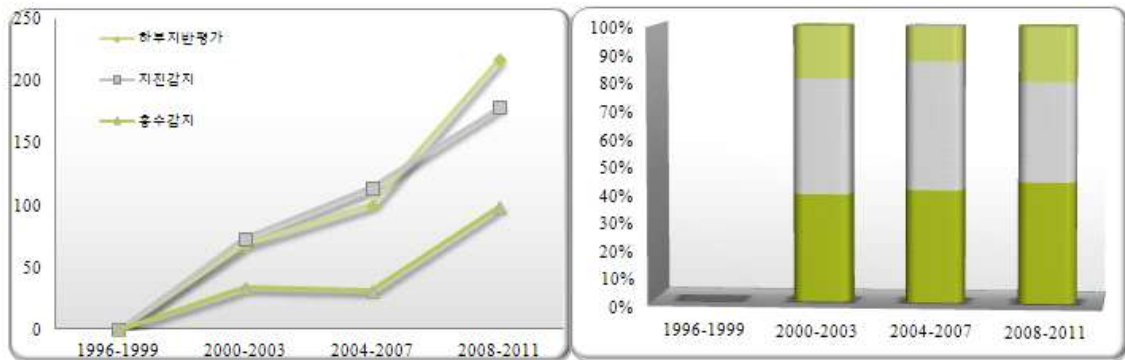
- 유럽이 상대적으로 많은 논문발행 건수를 보이며, 한국을 제외한 각국에서는 하부 지반 평가 시스템(DA)과 지진 감지 시스템(DB) 기술 분야에서 활발한 연구 개발을 보임



[그림 2.2.11] 주요 국가별 중분류D의 논문동향

(나) 부상 기술 분석

- 도시방재 및 유지관리를 위한 하부지반평가 시스템 기술 분야에서 전체적으로 성장세 추이를 보이고 있으며, 최근 5년 사이에 하부지반 평가 시스템(DA)과 홍수 감지 시스템(DC) 기술 분야에서 급격한 성장세를 보이는 가운데 점유율 변화폭의 증가추이가 관찰됨 이는 해당 기술의 연구개발의 가속화가 진행되고 있음을 시사함



[그림 2.2.12] 중분류D의 추세를 통한 부상기술

(2) 국내 기술 현황 분석

(가) 국내 실정에 맞는 내진설계 기준 개발 및 검증 필요

- 국내 지반 특성에 적합한 내진설계기준 개발 및 실험적 검증, 수치해석 모델을 검증하고, 재료 및 경계 조건 특성에 대한 수치해석의 한계성을 극복 할 수 있는 평가가 필요
- 현행 국내 내진설계기준 제정 당시 국가적 내진 대책의 조속한 체계화를 위해 필수적 사전 검토 과정인 지반 조건에 따른 증폭 특성의 정량적 평가 없이 UBC 97 등 미국 내진설계기준의 지반분류 방법 및 지반 증폭계수를 도입하였으며, 이는 일반적인 국내의 지반특성을 제대로 반영하지 못함

(나) 원심모형실험 기술 현황

- 국내에서는 90년대 중반 이후 기업체 및 대학을 중심으로 원심모형시험 시설이 도입되어 연구가 진행되기 시작되었고, 현재 가장 최근 도입된 KOCED 지오센트리퓨지 실험센터를 포함하여 대우건설기술연구소, 강원대학교, 충북대학교에서 총 4기의 원심모형시험 시설이 운영 중에 있음
- KOCED 지오센트리퓨지 실험센터의 동적 원심모형시험 시설이 도입되기 전까지는 지진 모사와 관련된 장비의 부재로 인하여 국내 적용 및 연구 사례가 전무한 상황임

(다) 현행 현장 지반 조사기술 현황^{84,85}

- 국내의 지반조사 기술은 괄목할 만한 성장을 하고 있으며 상당한 수준에 도달

- 그러나 아직도 지반조사 중요도에 대한 인식부족, 조사수량의 부족 및 누락에 따른 분석의 미실시로 인해 지반에 대한 충분한 정보 없이 제한된 시험 데이터나 문헌 자료를 그대로 적용하는 경우가 많음
- 국내 지반조사에 첨단장비들이 많이 사용되고 있지만 대부분이 외산으로 수입된 장비를 사용함에 따라 유지 관리 측면에서 상당한 어려움이 발생
- 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 현장 시험들에는 표준관입시험(SPT), 콘관입시험(CPT), 프레스 미터(PMT) 등으로, 이러한 시험법들은 보링공이 필요로 함
- 근접 지표 지구물리탐사(near-surface geophysical explorations)는 최대 지표면 하부에서 수백 미터를 넘지 않으며, 대부분 수십 미터 이내의 지하 매질의 정보를 획득할 수 있음
- 이러한 물리탐사기술은 탄성과 탐사법, 굴절과 탐사법, 전기 비저항탐사법, 레이더 탐사 등이 있음

(라) 도시 침수관리^{86,87}

- 건설교통부(현 국토해양부)는 건설핵심기술 연구개발 사업의 중점연구과제로 2003년부터 2008년까지 도시홍수재해관리기술연구단을 구성하고, 이를 통하여 도시홍수 재해해석 기술, 예경보 및 침수예측 기술, 재해경감 기술, 그리고 홍수 방어계획 및 관리 기술 등의 4개의 분야에서 연구를 진행하였음

[표 2.2.14] 도시홍수 재해관리연구단 연구 분야

세부과제	연구개발 내용
• 도시홍수 재해해석 기술	• 유출해석 기술 • 하천설계 기술 • 배수계통 설계기술 • 도시하천 수리해석 • 도시하천 복원기술
• 도시홍수 예경보 및 침수예측기술	• 강우 분석 및 예측기술 실용화 • 예경보 실용화 기술 • 제방붕괴 특성 및 수리해석 기술 • 침수예측 기술
• 도시홍수 재해경감 기술	• 제방붕괴 실험을 통한 설계기술 • 다목적 지하 저류지 설계기술 • 도시유역 홍수유출 저감시설 설계
• 도시홍수 방어계획 및 관리기술	• 내배수 시설의 운영 및 유지관리 • 피해발생 잠재위험도 및 평가 • 홍수 대응기술

- 교육과학기술부/국토해양부는 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단을 구성하고, 2001년부터 2011년까지 3단계의 연구과제를 수행하고 있으며, 이를 통해 수자원의 확보를 위한 연구를 주로 수행하고 있음. 침수관리와 관계된 연구로 현장 지원사업 과제 중 안양천 기술지원사업 세부과제를 통해 하천유역 모니터링에 관한 시스템을 구축함.

(마) 도시 배수시스템 홍수대응 기술^{86,87}

- 국토해양부에서는 건설기술혁신사업을 통하여 ‘차세대홍수방어기술개발 연구단 (2008년-2013년)’사업이 진행 중이며, 이중 ‘도시 배수시설 설계 선진화 기술’이라는 주제의 세부과제가 도시유역에서의 효과적인 침수대응 능력 향상을 위하여 연구 중임.

(바) 탄성과 탐사 기술 현황

- 국내에서는 탄성과 탐사, 전기, 전자, GPR탐사 등 개별적인 기술에 대한 연구가 진행되어져 왔으며, 이를 통해 복합 물리탐사를 이용한 해석을 통한 기반 기술의 축적이 이뤄지고 있음
- 현장 탄성과 기술은 현업에서 가장 활발히 적용되고 있으나 국외 기술을 도입하여 사용하고 있으며 이로 인해 장비부터 해석 프로그램에 이르기까지 외산기술에 의지하고 있음
- 최근 이러한 문제점을 해결하기 위한 국내 기술 개발이 활발히 이뤄지고 있으며, 국내 기술 개발 사례로는 아래 표와 같음

[표 2.215] 국내 탄성파 탐사 기술 연구 현황

연구 기관	연구 기술	연구 내용
경희대 목영진 교수 연구팀	공내 탄성파 탐사 ^{88,89}	크로스홀 가진원 개발, 인홀 시스템 개발
한성대 정보공학부 연구팀	3차원 반사법 및 크로스홀 토모그래피 기법 ⁹⁰	P파와 S파속도 영상화
KAIST 김동수 교수 연구팀	SPT 업홀 기법 ⁹¹	SPT 업홀 기법 시스템 구축
중앙대 조성호 교수 연구팀	SASW 기법 ⁹² 표면파-전기비저항 병합 기법 ⁹³	표면파 기법과 전기비저항 기법의 이중결합을 통한 도심지 적용을 목적으로 함
KAIST 김동수 교수 연구팀, 충남대 박형춘 교수 연구팀	HWAW 기법 ^{94,95}	표면파 기법인 HWAW 방법을 이용한 2차원 및 3차원 지반 영상화 기법 개발

(3) 국외 기술 현황 분석

(가) 국외 동적원심모형실험을 이용한 지진시 거동 평가

- 지진 등 진동 관련 자연 재해를 모사하는 방재 기술 분야에서는 그동안 강력한 도구로서 사용되어온 수치 모델링 기법의 발전이 한계에 부딪히면서 실물 크기의 물리적 모델링이 가능한 대규모 진동대 실험시설 및 동적 원심모형시험 시설의 구축이 증가

[표 2.2.16] 동적원심모형실험 시설을 보유한 대표적 국외 기관 현황

기관	국가	구분	선도 기술
Cambridge	영국	대학	- 원심모형시험 및 해석 기술 개발, 이미지프로세싱 기술
LCPC	프랑스	연구소	- 4자유도 로봇 등 부대장비 개발
RPI	미국	대학	- 센서, Visualization, Network 활용 - 지진 액상화에 대한 말뚝기초 거동
UC Davis	미국	대학	- 센서, Visualization, Network 활용 - 지반 구조물 및 기초 지진응답특성 평가
C-Core	캐나다	연구소	- 해양 기초

(나) 실험사례 : Hurricane Katrina에 의한 New Orleans 지역 피해 관련 연구

- 2005년 여름 미국 New Orleans 지역에 Hurricane Katrina로 인한 수많은 피해를 입음. 이와 관련하여 U.S. Army Corps of Engineers는 Rensselaer Polytechnic Institute와 공동으로 붕괴된 대표적인 설계 단면을 선정하고, 그 지역으로부터 채취한 유기질 연약 점토(peat) 등을 활용하여 현장 상태와 유사한 조건의 모델을 제작하였으며, 원심모형실험을 통하여 하천 부분의 수위를 인위적으로 상승시킴으로써 현장에서의 제방 붕괴를 재현하였음. 이러한 연구를 토대로 제방 붕괴 피해 원인을 규명하고, 향후 설계 기준을 보완함으로써 유사한 피해를 예방하였음.(RPI, 미국)



[그림 2.2.13] New Orleans 제방 붕괴 모사 실험(RPI, 미국)

(다) 도시구역 내배수시스템에 관한 기술동향⁹⁶

- 도시구역의 강우유출 해석모형: 미국의 경우 ILLUDAS, SWMM 등의 모형을 1970~1980년대에 개발하였으며, GIS 및 위성 자료와 연계하여 활용하고 있음. 유럽의 경우에는 EU 각국별로 자체모형을 개발하여 사용하거나 대표적인 모형을 활용하고 있으며, 일본의 경우 미국 등의 모형을 일본 특성에 맞게 활용하는 동시에 GIS 등과 연계하여 활용함.
- 도시구역 침수예측 모형: 미국의 경우 인공위성 및 GIS 등을 이용한 하천 범람 및 도시침수모형을 개발하여 사전 예측 및 시설 개보수 우선순위 설정 등에 활용하고 있으며, 유럽에서는 GIS 등과 연계한 범람 확산 모형 등을 개발하여 활용함. 일본에서는 지자체별로 대표적인 모형을 적용하여 지역별 침수위험도를 파악하는 한편 사전 대피 및 시민의 위험도 인지 유도를 위해 활용함.
- 의사결정지원시스템: 미국에서는 도시홍수에 따른 주민 대피, 복구 대응 에에

있어서 의사결정지원시스템을 구축하고 있으며, 유럽의 경우 GIS 등과 강우-유출 해석과 연계하여 대응체계를 위한 의사결정지원시스템을 구축하고 있음. 일본의 경우에는 시설물 및 주변 상황에 대한 모니터링을 통하여 주민 대피 예경보를 의사결정지원시스템 구축하에 IT 기술을 활용하여 효율적인 전파 체계의 구축.

- 내배수 홍수분담과 관련된 주요 연구로 미공병단은 “유역 치수사업 및 내수성 구조물 설계과 시공 연구”, 국가안보국에서는 “홍수피해 최소화 대책과 관리” 연구, 미환경청은 “도시유역 유출 저감 및 우수처리 기술” 개발연구등을 시행하여 오고 있음.
- 네덜란드의 Delft Hydraulics에서는 레이더 자료구축, 유역 및 하천 홍수추적, 범람해석, EAP 구축 등에 의한 내배수 재해를 포함한 통합홍수예경보시스템을 구축하여 운영하고 있음. 호주의 CSIRO에서는 도시하천유역 치수대책을 연구 개발하고 있음.

[표 2.2.17] 도시유역 내배수시설의 국외 기술동향

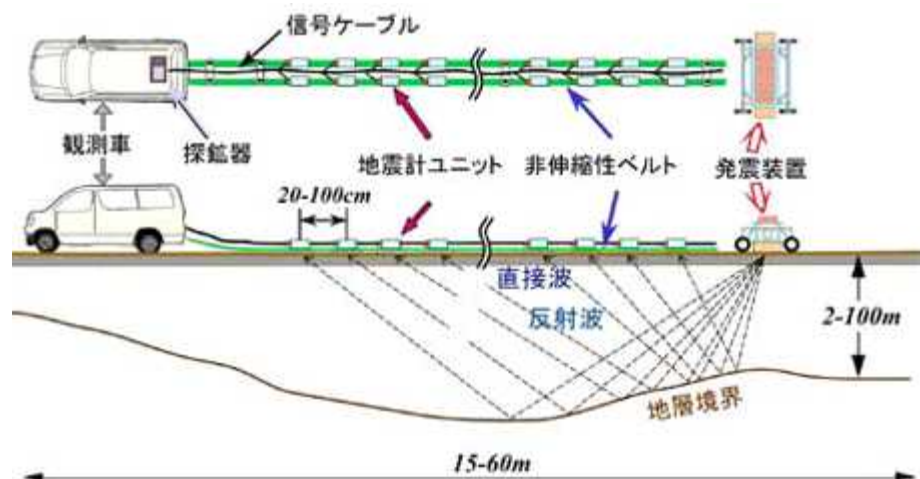
	미국	유럽	일본
도시유역 강우유출 해석모형	ILLUDAS, SWMM 등의 모형을 1970~1980년대에 개발하였으며, GIS 및 위성 자료와 연계하여 활용	EU 각국별로 자체모형을 개발하여 사용하거나 대표적인 모형을 활용	미국 등의 모형을 일본 특성에 맞게 활용하는 동시에 GIS 등과 연계하여 활용
도시유역 침수예측모형	인공위성 및 GIS 등을 이용한 하천 범람 및 도시침수모형을 개발하여 사전 예측 및 시설 개보수 우선순위 설정 등에 활용	GIS 등과 연계한 범람 확산 모형 등을 개발하여 활용	지자체별로 대표적인 모형을 적용하여 지역별 침수위험도를 파악하는 한편 사전 대피 및 시민의 위험도 인지 유도를 위해 활용
의사결정지원 시스템	도시홍수에 따른 주민 대피, 복구 대응 등에 있어서 의사결정지원시스템은 구축	GIS 등과 강우-유출 해석과 연계하여 대응체계를 위한 의사결정시스템을 구축	시설물 주변 상황에 대한 모니터링을 통하여 주민 대피 예경보를 의사결정지원시스템 구축하에 IT 기술을 활용하여 효율적인 전파 체계를 구축

(라) 국외 탄성과 탐사 기술

- 국외 물리탐사 기술별 분포를 살펴보면 탄성과탐사가 가장 중점적으로 기술 개발이 이뤄지고 있으며, 그 다음으로 레이다탐사, 전기비저항, 전자탐사에 대한 기술 개발이 이뤄지고 있음. 이는 지반조사와 관련하여 탄성과 탐사는 직접적으로 지반정수를 제공하기 때문임⁹⁷
- 탄성과 탐사에 대한 장비 개발, 신호처리 및 영상화 기법 분야에서의 연구가 활발히 이뤄지고 있음
- 미국의 학계를 중심으로 하여 탄성과 탐사의 기술 개발을 통해 2차원 및 3차원적인 지반 구조 및 지반 물성치 도출을 위한 시험법 개발이 이뤄지고 있음

(마) 기술사례: 도로지반탐사방법 개발

- 도심지하 공간을 개발하면서 지반 조사 및 이와 관련된 물리 탐사에 대한 필요가 높으나 실제로 도시 지역에서의 물리 탐사 방식의 적용은 미비
- 일반적으로 도시 지역에서는 소음 및 진동 레벨, 전기 노이즈 등의 잡음이 높고, 일반적으로 정음 환경 하에서의 물리 탐사 조건이 요구되기 때문
- 표층부 물리 탐사의 경우 포장도로에서의 물리탐사 실시를 위해 통행 차량 충격을 없애는 것과 센서의 설치임
- 일본의 NEDO 지질조사종합센터에 의해 개발된 랜드스트리머장치는 포장도로, 센서의 등간격 정렬, 스파이크 고정, 이동 재설치를 용이하게 하고, 등간격으로 센서를 벨트에 부착하여 배치하도록 일체화함으로써, 쉽게 이동 재설치할 수 있게 함



[그림 2.2.14] 랜드스트리머 구성도

(4) 소결 및 시사점

- 국외에서는 동적원심모형실험을 이용하여 주요 시설물의 내진설계기준 개발 및 실험적 검증, 수치해석 모델을 검증이 활발하게 이루어지고 있음. 그러나 국내 상황에서는 실험관련 인프라의 부족으로 인하여 수치모델링을 이용한 검증이 대표적으로 활용되어 왔으나 KOCED 지오센트리퓨지실험센터에 위치한 동적원심모형실험시설을 이용하여 실험을 통한 지반시설물의 신뢰성 있는 내진성능 평가 필요함
- 국토해양부는 도시홍수재해관리기술연구단 및 차세대홍수방어기술개발 연구단 등의 건설기술개발사업을 통하여 도시유역의 효과적인 홍수방재 연구를 진행 중에 있음
- 미국, 유럽 및 일본과 같은 선진국은 홍수관련자료의 관측에서부터 실시간 강우 및 홍수 예측 자료, 그리고 홍수 경보 정보등을 서로 공유할 수 있도록 함. 또한 GIS 및 IT 기술을 도입하여 효과적인 도시방재 시스템 구축에 대한 연구가 진행 중임.
- 국내의 통합적인 침수방어기술과 관련된 국내의 연구는 미흡하나 미국이나 일본 등에서는 다양한 연구를 통하여 상대적으로 우월한 기술수준을 보유하고 있음. 추후 국내의 지형, 기상, 도시 및 지자체 특성이 종합적으로 반영된 통합적인 침수방어기술의 개발이 필수적임
- 국내외적으로 지반 평가를 위한 지반 탐사분야에서의 연구에 따른 기술의 발전이 이뤄져옴. 그러나 잡음의 존재 및 협소한 실험 공간이 있는 도시에서의 지반 탐사 수행과 인력 및 시간을 절감하기 위한 단순화 및 자동화된 지반 탐사 기술 개발은 미비하거나 이뤄지지 않음

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

(1) 논문 분석

(가) 국가별 논문 동향 분석

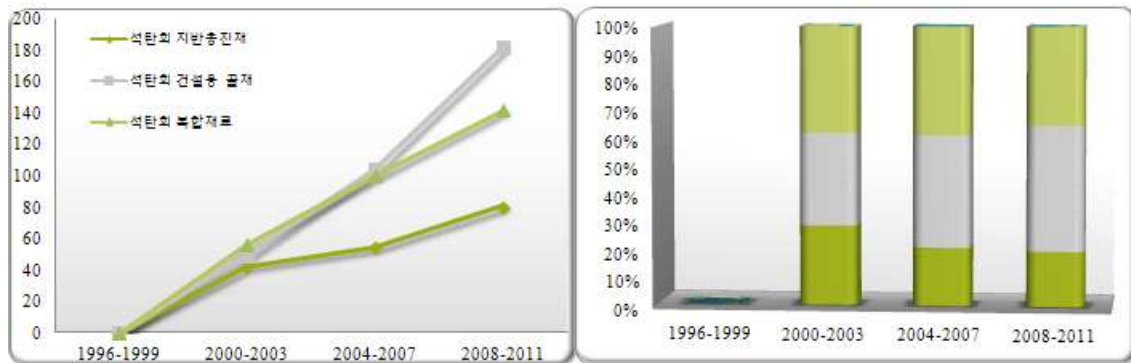
- 유럽이 압도적으로 많은 논문활동을 보이며, 최다 논문발행건수를 확보하고 있는 유럽에서는 석탄회를 활용한 건설용 골재(EB)와 석탄회를 활용한 복합물(EC) 기술 분야에서 연구개발을 활발히 진행하고 있는 것으로 관찰되어짐



[그림 2.2.15] 주요 국가별 중분류E의 논문동향

(나) 부상 기술 분석

- 전체적으로 성장세 추이를 보이고 있으며, 석탄회를 활용한 건설용 골재(EB) 기술분야는 1990년도 초기구간부터 최근까지 급격한 성장세를 보이는 가운데 석탄회를 활용한 건설용 골재(EA) 기술분야는 상대적으로 출원건수는 많지 않지만 점진적인 증가 추이로 특허동향에서와 유사한 경향을 보임



[그림 2.2.16] 중분류E의 추세를 통한 부상기술

(2) 국내 기술 현황 분석

(가) 석탄회 활용 콘크리트 개발

- 국내 경우 발생된 석탄회 중 플라이애쉬는 시멘트 부원료, 레미콘 혼화재 등으로 활용되고 있으며, 바텀애쉬는 시멘트 부원료 및 프리캐스트 콘크리트 골재, 성토용 골재로서 활용 되고 있음. 그러나 비정제 플라이애시 및 바텀애시는 해

안에 건설된 회처리 전용 매립지 등에 매립처분 되고 있는 실정

- 국내 석탄회는 미연탄소의 함량이 2~10% 정도로 변동이 심하여 품질관리가 어려움. 특히 미연탄소 함량이 높은 석탄회를 콘크리트 혼화재로 사용할 경우, 유동성 저하와 단위수량의 증가를 가져와 일정하고 한국산업규격에 맞는 석탄회를 제조하기 위한 처리시설 및 저장시설이 필수적임⁹⁸. 세계 각국에서는 플라이애쉬 중에 포함된 미연탄소분을 5~6%로 이하로 규제하고 있음⁹⁹
- 플라이애시는 콘크리트용 혼화재로서 이미 활발한 연구가 진행되었으며, 최근에는 재활용율을 높이기 위한 플라이애시 치환율 50% 이상의 High-volume 플라이애시 콘크리트에 대한 연구가 진행되고 있으나, 배합조건 및 양생방법에 따라 상반된 연구 결과들이 발표되고 있어 지속적인 연구 필요¹⁰⁰
- 바텀애쉬를 골재로 활용한 콘크리트에 대한 연구는 주로 경량 또는 기포 콘크리트에 집중 되었으며, 2000년도 후반부터 차츰 보통 콘크리트에서 이루어지고 있음. 바텀애시를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위해서는 염화물 함유량 및 조립률에 대한 충분한 고려가 요구됨
- 바텀애쉬의 재활용에 장애요인이 되는 염분세척 및 입도분리 등의 공정을 개선하기 위하여 신규로 건설되는 석탄화력 후속기는 바텀애쉬 처리시스템을 담수 또는 건식처리를 채용하고 있어 재활용의 확대를 위해 노력하고 있지만, 건식처리된 바텀애쉬의 상이한 물리적 특성과 미연 탄소분 함량 등을 고려하면 콘크리트 혼화재로서의 재활용은 현재까지는 아직 한계에 있음⁹⁹
- 한국 건설생활환경시험연구원에서는 국내 발전소별 매립회에 대한 공학적 특성과 역학적/내구 성능을 평가하였고, 그 결과 매립회의 콘크리트 골재로서의 사용가능성과 성능을 확인하였음¹⁰¹
- 충남대학교에서는 석탄회를 활용한 환경배려형 고성능 포러스폴리머 콘크리트 복합체의 개발 및 석탄회를 대량 활용한 환경부하저감형 콘크리트의 제조기술 개발, 산업폐기물을 이용한 공공기반시설 및 해양목장조성용 친환경 신경화고기능콘크리트 복합체의 개발 연구를 수행함^{102,103}
- 경기대학교에서는 석탄바닥재와 준설토가 포함된 인공 경량 골재 제조 및 물성 분석에 대한 연구를 수행하였고, 경량 콘크리트 또는 세라믹 분야에 적용 가능함을 확인하였음¹⁰⁴
- 현재까지 인공경량 골재의 실용화 실적은 없지만 구조물의 대형화, 고층화 및 리모델링 산업의 발전과 함께 경량 콘크리트의 수요가 증가하고 환경 녹화 사업에도 적극 응용될 수 있어 향후 인공 경량골재의 수요는 지속적으로 증가할 전망이다⁹⁹

- 그 밖에 바텀애쉬의 높은 보수력 및 통기성 등의 특성은 농업 분야에 활용이 가능하여 수입에 의존하는 펄라이트, 질석을 대체하는 상토 분야와 옥상 녹화분야의 육성토양, 배수층 골재, 골프장 및 조경 분야에 자갈과 모래 대용으로 활용 가능할 것으로 예상됨¹⁰⁵

(나) 석탄회 활용 기반재료 개발

- 매립회는 미립의 구형입자 이므로 공극을 잘 메울 수 있어 우수한 성토용 재료로 알려져 있으며 일본 및 유럽의 각국에서는 노반재를 포함한 각종 성토재에 플라이애시 뿐만 아니라 바텀애시도 적극적으로 활용하고 있음¹⁰⁶
- 최근 발생 석탄회 중 재활용되지 않고 매립 처분되고 있는 매립 석탄회는 부지 조성 성토재, 도로 배수재, 연약지반 고화처리용 및 골프장 조성 성토재 등으로 재활용이 확대되고 있음. 또한 매립 석탄회의 경제적인 대량 유효 이용을 위해 저장도 고유동 경량 채움재료 개발, 활용 및 CSP(Coal ash Slurry Placing system) 공법을 개발하기 위한 연구개발이 진행되고 있음¹⁰⁷
- 따라서 석탄회를 활용한 항만 매립공사나 연약지반 개량 등 대규모 토목공사와 전력구 공사, 하수관거 공사의 지중 충전, 지하 구조물 및 지하공동 채움 등의 토목, 건축 재료로서 활용성이 증대가 기대됨⁹⁹
- 한양대학교에서는 화력발전소 부산물인 석탄회의 공학적 특성에 관한 연구를 통해서 지반 뒷채움재료의 활용은 투수계수가 상대적으로 큰 무연탄을 사용하는 발전소에서 부산되는 석탄회를 사용하는 것이 효과적임을 보였으며¹⁰⁸, 또한 성토 및 매립재료로서의 석탄회의 활용에 관한 연구를 통하여 비회와 저회의 적절한 배합비를 제시하였음¹⁰⁹
- 김상철 등(2009)은 바텀애쉬를 경량 기포콘크리트의 골재로 혼입함으로써 측압 경감 및 하중 감소를 이용한 옹벽 배면 타설 및 연약지반 개량 목적의 모의 시험을 수행함¹¹⁰
- 그러나 현재까지 석탄회를 도로 성토재 및 채움재료로서 활용하기 위한 연구가 일부 시행되었으나, 국외의 적용 사례와 비교하면 실적용을 위한 실증적인 연구가 매우 부족하며 관련 규격 및 지침 등의 미비로 석탄회 활용 실적은 저조한 실정임¹¹¹

(다) 기술개발 현황 및 전망

- 석탄회를 도로성토재 및 채움재료로서 활용하기 위한 연구가 일부 시행되었으나, 국외의 적용 사례와 비교하면 실적용을 위한 실증적인 연구가 매우 부족한 현

실업¹¹¹

- 대량의 석탄회를 활용한 건설재료 실용화 기술은 회사장 신·증축에 소요되는 비용을 절감하고, 환경 친화적 성장의 선도가 될 수 있으며, 특히 골재로 활용할 경우 초경량 비구조용 인공골재부터 레미콘 믹스에 사용할 수 있는 구조용 인공골재까지 생산이 가능해 초고층 빌딩, 재건축/리모델링 사업과 단열재, 흙음/흙습재 등 다양한 상품개발로 위촉된 국내 건축시장의 활성화에도 긍정적인 효과 기대됨¹¹¹
- 또한 저급 석탄회의 지반재료용 대량 활용 기술 개발은 현재 발생하고 있는 성토용 재료 중 가장 경제적이고 환경 친화적인 건설재료로서 인공경량 토양 및 안정제 기술개발을 통한 성능 확보와 이를 기반으로 한 관련 규격 및 지침의 개발을 통해 석탄회의 지속적인 재활용이 가능할 것으로 기대됨¹¹¹
- 충청권 내에 진행되고 있는 다수의 신도시 사업(세종특별자치시, 황해경제자유구역, 국제과학비즈니스 벨트)으로 인한 충청권 내 지반 채움재 및 건설용 골재 수요가 증대될 것으로 예상되는 상황에서, 본 개발을 통하여 이에 대한 골재 부족문제를 해결하고, 경제적 효과를 기대할 수 있음

[표 2.2.18] 석탄회 활용 콘크리트 및 건설재료 기술 현황

	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 채움재 기술	(주) 아이포에코	고분자화합물을 이용한 석탄회 재활용 투수블럭	• 고분자 화합물을 이용한 저회재활용 투수블럭 특허 확보 • 성능 향상, 시험 생산 및 설비 생산 체계 확립 • 환경 성능 기준 확보	판매 및 상용화
	(주) 두영티앤에스	국내 석탄회(bottom ash)를 이용한 터널 보수보강 모르타르 개발	• 구조물 보수/보강 적용 보수 모르타르 품질 향상 및 국산화 개발 • 석탄회 치환량 증가 위한 최적 조합제품 개발	판매 및 상용화
	한국전력공사전 력연구원	비정제 석탄회를 이용한 소음저감재 개발	• 비정제 석탄회 및 다공성 경화체의 현장 파악 • 비정제 석탄회를 이용한 수열합성 반응 연구 • 비정제 석탄회를 이용한 소음저감재의 현장 시공성 연구	연구개발
	(주) 한일	석탄회(bottom ash)이용한 보수 및 단열모르타르 개발	• 바텀애시를 이용한 초속경 보수재료 생산 요소기술 개발 • 바텀애시 이용 초속경 보수재료 역학적, 내구성 평가	상품화
국내 기관 연구 개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	충남대학교	산업부산물을 이용한 사회기반시설용 환경배려형 고성능	• 도로포장, 호안녹화, 도시배수로의 수질정화시설용 고성능 폴리머 콘크리트 복합체	저널기재

		포러스폴리머 콘크리트 복합체의 개발 및 응용에 관한 연구	의 최적배합도출, 흡음성, 열섬현상, 환경친화성, 수질정화 기능, 등 환경복합성능 평가	
	순천대학교	석탄회의 알칼리 활성 반응을 이용한 대체시멘트 개발의 기초연구	- 활성화물질과 석탄회의 반응메커니즘 규명, 플라이애쉬 트와 골재의 최적배합비를 연구 - 시공성 확보, 내구성 및 내산성 이 뛰어난 고강도 알칼리활성 플라이애시 콘크리트 제조기술 개발	저널기재
	충남대학교	석탄회를 대량 활용한 환경부하저감형 콘크리트의 제조기술 개발	- 플라이애시와 바텀애쉬를 대량 활용한 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구 - 석탄회 종류에 따른 석탄회를 대량 사용한 콘크리트의 내구 특성 연구	저널기재
	요업기술원	석탄폐석을 활용한 환경친화 및 에너지 절감형 점토벽돌 제조기술 개발	- 석탄 폐석을 활용한 점토 벽돌의 기본물성 확보 - 석탄폐석의 활용에 따른 생산 공정에서의 에너지 절감확립	저널기재
	경기대학교	석탄바닥재를 이용한 기능성 건설재 제조 및 토목공학 특성 평가	- 석탄 바닥재이용 기능성 건설재 제조, 적용 기술 개발 - 치적함수비, 건조단위 중량, 압축강도, 투수계수, 내부마찰각 등 토목공학 특성 분석 - 중금속 용출도, 기공분포, 흡수율, 부피비중, 미세구조 분석	저널기재
	한국건설기술연구원	바텀애시를 다량 활용한 CO2 배출 저감형 콘크리트 기술 개발	- 국내 화력발전소별 바텀애시 발생 현황 및 품질변동 분석 - 물리적, 화학적 기법에 의한 바텀애시의 성능 향상 기술개발 - 고온 양생에 의한 반응 활성화 기법 개발 - 바텀애시를 다량 활용한 콘크리트의 활용 기술 개발	저널기재
	한국건설생활환경시험연구원	산업부산물 및 저품위 골재를 활용한 건설용 혼합골재 표준개발	- 혼합골재의 기초물성평가와 보조기초용 혼합골재의 적합성 평가를 통해 도로용 혼합골재의 품질기준안 마련 - 혼합골재의 기초물성/적합성 평가와 콘크리트의 물성 및 양생성 평가를 통해 콘크리트용 혼합골재의 품질기준안 마련	저널기재
	한국건설생활환경시험연구원	바텀애쉬를 이용한 칼라무늬 보/차도용 경량 콘크리트 인터로킹 블록의 개발	- 바텀애쉬 경량 몰탈 개발 - 칼라 무늬 경량 콘크리트 인터로킹 블록 개발	저널기재
	충남대학교	산업폐기물을 이용한 공공기반시설 및 해양목장 조성용 친환경 신형복합체의 개발 및 응용에 관한 연구	다량의 산업부산물을 이용한 도로기반, 항만, 홍안, 옹벽 등의 친환경 사회기반시설 및 해양목장 조성용 어초, 어소블록, 조초블록 등 신형화고기능콘크리트 복합체 제품개발	저널기재

[표 2.2.19] 석탄회 활용 지반 재료 기술 현황

국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	(주) 삼안	건설현장 발생토를 이용한 무다짐 유동화 처리공법의 실용화 연구	• 석탄회를 첨가한 유동화 처리토의 배합특성 • 현장 시험 시공을 통한 적용성 평가 • 유동화 처리토의 설계 프로세스 및 시방서 개발	판매 및 상용화
	(주) 미래이엔씨	bottom ash를 활용한 chemical compaction pile 제조 및 시공기술 개발	• chemical compaction pile 공법을 이용한 효과적인 연약지반 처리를 위한 최적의 배합재료와 배합비 도출 • 지중 타설시 지반개량 메카니즘을 이론적으로 규명	판매 및 상용화
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 상용화
	한양대학교	석탄회 활용 경량 유동성 채움재(flowable fills) 제조공정 개발	• 미연탄소 함량 1% 이하 고품위 석탄회 습식 정제기술 개발 • coal ash CLSM(controlled low strength material) 제조 공정 개발 • 현장 적용성 및 환경 영향성 평가	저널기재
	진주 국제대학교	옹벽 및 사면의 동토방지용 bottom ash 단열 골재 개발	• 도로, 사면, 옹벽 등에 적용 가능한 차별화된 단열용 골재 기술개발	저널기재
	한국건설자재시험 연구원	발전소 매립회 의 친환경적 활용을 위한 규격화 요소기술	• 친환경 활용을 위한 전처리 요소기술 개발 • 용도별 적용을 위한 염화물 및 미립분 제거기술 • 매립회의 토질/도로포장용 재료로의 핵심요소기술 개발	저널기재
	부경대학교	bottom ash 재활용을 위한 친환경 보수/보강재 개발	• 보수/보강 뒤채움 재료의 최적의 배합설계 DB 구축 • 뒤채움재 특성을 고려한 ABAQUS 전산해석 기법 제시 • 도로하부구조물 설계 바안 제시 • 환경 영향 평가	저널기재

(3) 국외 기술 현황 분석

(가) 콘크리트용 골재

- 바텀애쉬는 시멘트 모르타르, 콘크리트, 블록, 그라우팅, 아스팔트 콘크리트와 같은 시멘트계 및 아스팔트계 복합체에 입도조절용 혼화재 및 골재로서 다양하게 활용될 수 있음
- Ghafoori and Bucholc (1996, 1997)는 일반 콘크리트 압축강도의 성능과 동등한

천연 잔골재 대체율 50%로 제조된 바텀애쉬 콘크리트를 연구, 개발하였음¹¹²

- Bakoshi 등 (1998)은 잔골재 대체율 일본산 바텀애쉬를 사용한 콘크리트의 내구성 연구를 수행하였으며, 그 결과로 바텀애쉬 대체율 10~40 %는 동결융해 저항성에 있어서 효과적임을 보임¹¹³
- Cheriaf 등 (1999)은 수산화칼슘과 반응하는 잔골재용 바텀애쉬의 포졸란 반응을 연구하였으며, 바텀애쉬의 포졸란 반응은 초기에는 느리게 진행되나 28일 이후에는 점차 가속화되는 것을 보임¹¹⁴
- 또한 Yüksel 등 (2007)은 그들의 연구결과로부터 잔골재용 바텀애쉬 대체율의 최적비는 유동성, 압축강도, 휨강도, 인장강도, 흡수율, 콘크리트 내구성의 관점에서 10~30% 가 적절하다고 보고함¹¹⁵
- 지금까지 바텀애쉬의 콘크리트용 잔골재 사용에 대한 실험적 연구들을 통해서 적절한 바텀애쉬 양을 사용한 콘크리트는 역학적, 내구적 성능이 일반 콘크리트와 거의 동등할 수 있음을 보여줌.
- 그러나 바텀애쉬 콘크리트의 현장 적용성을 떨어뜨리는 단점으로는 첫째, Interlocking 작용에 의한 유동성 감소, 둘째, 바텀애쉬 표면의 다공성질에 의한 흡수율 증가 및 페이스트 흡수량 증대, 셋째, 미연탄소분 존재 등이 있음

(나) 석탄회의 토질용 대량활용 기술

- 미국에서는 1968년에 ACAA를 설립하여 석탄회를 자원으로써 재활용하기 위한 기술을 개발하여 현재 여러 방면에서 석탄회를 재활용하고 있음
- Margaron and Cross (1966) 는 교량공사에서 교대 뒤편채움재로서 플라이애시의 적용성에 관한 연구를 수행하여 플라이애시로 뒤편채움을 할 경우 조립토보다 침하가 상대적으로 적다고 보고¹¹⁶
- Sherwood and Ryley (1966) 는 영국에서 생산되는 플라이애시에 대한 강도특성과 이들 플라이애시에 시멘트나 석회를 첨가했을 때의 강도특성, 그리고 플라이애시와 석회 혼합물로 여러 종류의 모래를 안정처리 하였을 때 강도특성에 대한 실내실험을 근거로 도로 포장재로서의 플라이애시의 활용에 대한 연구를 수행하였음¹¹⁷
- Gray and Lin(1972)는 석탄회의 낮은 비중으로 장기적으로 기존의 입상충전재에 비해 수평토압을 감소할 수 있다는 점을 응용하여 압축성이 큰 지반의 뒤편채움재로의 활용¹¹⁸
- Faber and Digioia (1974)는 대규모 성토재 및 채움재로서 석탄회의 사용과 현장적용 등에 대해 보고하였으며¹¹⁹, Joshi 등(1981)은 석탄회를 연약지반 개량재

로서의 활용에 대하여 연구하였음¹²⁰

- Leonards and Bailey (1982)는 미국에서 생산된 플라이애쉬와 바텀애쉬의 다양한 특성을 연구하여, 인디애나 주의 화력발전소 집진장치 기초를 지지하는 구조 채움재로서 활용함¹²¹
- Karim 등 (1997)은 구조용 채움재로서 석탄회의 압축강도, 전단강도에 대한 바텀애쉬, 플라이애쉬의 적정 혼합비를 연구하였음. 그 결과, 바텀애쉬 80%와 플라이애쉬 20%가 단위 중량과 강도 측면에서 가장 적절하다고 보고함¹²²
- Kumar 등 (2003)은 Pulverized coal combustion (PCC) 바텀애쉬의 지반 공학적 성능에 대한 다양한 연구를 통하여 지반 재료로서의 적용성을 연구하였음. 바텀애쉬에 벤토나이트 (bentonite) 첨가량에 따른 강도, 수리전도도(hydraulic conductivity), 습도-밀도 관계(moisture - density relationship)를 시험함¹²³
- 미국은 플라이애쉬의 경우 시멘트 및 콘크리트 제조공정에서 활용되고 있으며, 바텀애쉬의 경우 주로 유동성 채움재나 구조물의 뒷채움재 (Structural Fill)로 재활용되고 있는 것으로 파악됨
- 국내의 석탄회 재활용 분야는 대부분 레미콘 혼화재, 시멘트 제조용 원료로 사용되고 있는 반면, 미국은 다방면에 석탄회의 재활용이 이뤄지고 있음

(다) 석탄회의 저장도 고유동화 재료에 적용 (CLSM, Controlled Low Strength Materials)

- 유동성 뒤채움재는 주로 모래, 플라이애쉬, 시멘트 및 물을 적절히 혼합하여 만들며 초기에는 물과 플라이애쉬의 영향으로 충분한 유동성(flowability)을 가지지만 시간이 지나면서 시멘트 성분이 양생되며 소정의 강도와 강성을 갖음¹²⁴
- CLSM은 일반적으로 압밀된 토질을 대신하는 충전재료로 활용하여 유동성과 압밀의 불필요 때문에 재료의 타설이 용이하고 압밀이 어려운 접근 불능 지역에 저장도 고유동 충전재로 시공됨¹²⁵
- 이 재료는 다른 이름으로 '유동성 모르타르(Flowable mortar)', '빈배합 뒤채움재(Lean-mix backfill)', '강도조절 채움재(Controlled low strength fill)', '다짐조절 채움재(Controlled density fill, CDF)', '유동성 플라이애쉬(Flowable fly ash)'로 불림
- 1970년대 중반 이후 서구에서는 파이프의 지지력을 감소시키는 파이프의 바닥과 하부 사이의 물의 침입을 막기 위해 저장도 고유동 충전재와 같은 낮은 강도로 제어된 재료로 파이프 및 지하매설관의 하부를 충전함¹²⁵
- Pierce 등(2002)은 CLSM의 장기강도 증진에 관한 연구를 수행하였으며, 구조적

최소 강도와 굴착을 위한 최대 강도 제한을 만족하는 연구를 수행함. 배합 및
 되비빔 시간, 습도 환경에 따른 장기강도를 평가¹²⁶

- Katz and Kovler (2004) 는 플라이애쉬와 바텀애쉬를 포함한 다양한 산업 부산
 물로 제조된 controlled low-strength material (CLSM)의 역학적 성능을 검증하
 였음¹²⁷
- 또한 Katz and Kovler (2004)는 바텀애쉬의 포졸란 반응 때문에 쇄석을 포함하
 는 일반골재를 바텀애쉬 골재로 대체하는 것은 굳은 CLSM의 압축강도를 증가
 시킬 수 있다고 보고함¹²⁷
- Nataraja and Nalandd 는 산업부산물인 Fly ash, Rice husk ash(RHA), Quarry
 dust(QD) 등을 활용하여 CLSM을 제조하였고, 유동성(flowability), 비구속 압
 축강도(unconfined compressive strength), 응력-변형률 거동(stress-strain
 behaviour), 밀도, 흡수율 그리고 체적변화 등의 다양한 실험을 수행하였고, 그
 적용가능성을 보여줌¹²⁸

[표 2.2.20] 석탄회 활용 콘크리트 및 지반재료 기술 주요 현황

국외기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	서던일리노이 대학교	바텀애쉬 잔골재를 활용한 콘크리트 개발	• 일반 콘크리트 압축강도의 성 능과 동등한 천연 잔골재 대체 율 50% 로 제조된 바텀애쉬 콘크리트	저널 기재
	산타카타리나 주립대학교	잔골재용 바텀애쉬의 포졸란 반응 연 구	• 바텀애쉬의 포졸란 반응은 초 기에는 느리게 진행되나 28일 이후에는 점차	저널 기재
	Zonguldak Karaelmas University	바텀애쉬 잔골재 사용시 최적 대체율 제시	• 유동성, 압축강도, 휨강도, 인 장강도, 흡수율, 콘크리트 내구 성의 관점에서 대체율 10~30% 가 적절하다고 제시	저널 기재
	Shikoku research institute	잔골재 대체용 일본산 바텀애쉬를 사용한 콘크리트의 내구성 연구 수행	• 바텀애쉬 대체율 10~40 %는 동결융해 저항성에 있어서 효 과적임 보임	저널 기재
	퍼듀 대학교	구조용 채움재로서 Pulverized Coal Ash 를 연구	• 미국에서 생산된 플라이애쉬와 바텀애쉬의 다양한 특성을 연 구하여, 인디애나 주의 화력발 전소 집진장치 기초를 지지하 는 구조 채움재로서 활용	저널 기재
	테네시대학교	구조용 채움재로서 바텀애쉬와 플라이애쉬의 적정 혼합비를 연구	• 바텀애쉬 80%와 플라이애쉬 20%가 단위 중량과 강도 측면 에서 가장 적절한 값 제시	저널 기재
	이스라엘 공과대학교	바텀애쉬의 포졸란 반응을 활용한 바텀애쉬 골재 활용 CLSM 개발	• 바텀애쉬의 포졸란 반응 때문 에 쇄석을 포함하는 일반골재 를 바텀애쉬 골재로 대체하는 것은 굳은 CLSM의 압축강도를 증가시킬 수 있다고 보고됨	저널 기재

(4) 소결 및 시사점

- 바텀애쉬를 골재로 활용한 콘크리트에 대한 연구는 주로 경량 또는 기포 콘크리트가 있으나, 바텀애쉬 콘크리트의 현장 적용성을 떨어뜨리는 몇 가지 단점(Interlocking 작용에 의한 유동성 감소, 바텀애쉬 표면의 다공성질에 의한 흡수율 증가 및 페이스트 흡수량 증대, 미연탄소분 존재) 등으로 인하여 콘크리트 혼화재로서의 재활용은 현재까지는 아직 한계에 있음
- 따라서 바텀애쉬의 재활용 기술을 선진국 수준으로 향상시키기 위해서는 구체적이고 실증적인 연구개발을 통한 자료의 축적이 필요함
- 국내의 석탄회 재활용 분야는 대부분 레미콘 혼화재, 시멘트 제조용 원료로 사용되고 있는 반면, 미국은 플라이애시의 경우는 시멘트 및 콘크리트 제조공정에서 활용되고 있으며, 바텀애시의 경우 주로 유동성 채움재나 구조물의 뒷채움재(Structural Fill)로 재활용되고 있는 것으로 파악됨
- 석탄회는 미립의 구형입자 이므로 공극을 잘 메울 수 있어 우수한 성토용 재료로 알려져 있으며 일본 및 유럽의 각국에서는 노반재를 포함한 각종 성토재에 플라이애시 뿐만 아니라 바텀애시도 적극적으로 활용하고 있음
- 따라서 석탄회를 활용한 항만 매립공사나 연약지반 개량 등 대규모 토목공사와 전력구 공사, 하수관거 공사의 지중 충전, 지하 구조물 및 지하공동 채움 등의 토목, 건축 재료로서 활용성이 증대가 기대됨
- 또한 저급 석탄회의 지반재료용 대량 활용 기술 개발은 현재 발생하고 있는 성토용 재료 중 가장 경제적이고 환경 친화적인 건설재료로서 인공경량 토양 및 안정제 기술개발을 통한 성능 확보와 개발을 통해 석탄회의 지속적인 재활용이 가능할 것으로 기대됨

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발

(1) 논문 분석

(가) 국가별 논문 동향 분석

- 유럽과 미국에서 양적으로 우세한 논문활동을 보이며, 현장발생토 활용한 성토 및 무시멘트 재료(FB) 기술분야에서 연구개발을 활발히 하고 있는 것으로 관찰됨

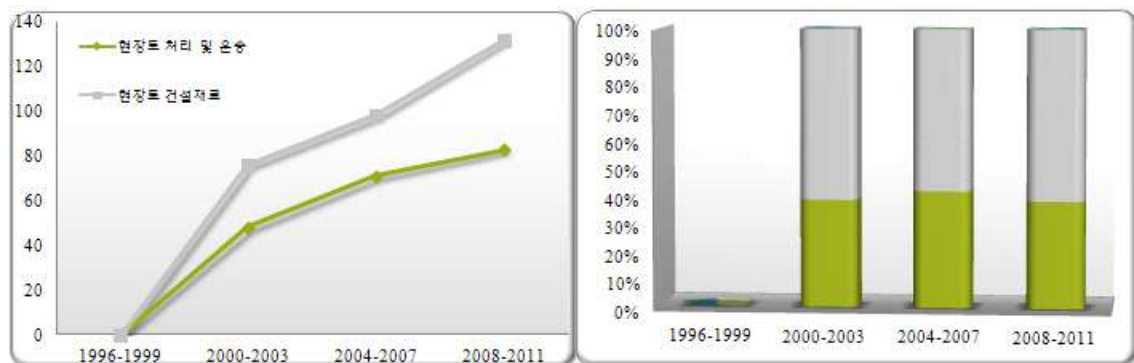


- FA(현장토 처리 및 운송 시스템)
- FB(현장토를 활용한 건설재료)

[그림 2.2.17] 주요 국가별 중분류F의 논문동향

(나) 부상 기술 분석

- 전체적으로 높은 성장세를 보이며, 현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료 (FB) 기술분야는 1990년도 초기구간부터 활발한 연구활동을 보이다가 최근 5년 사이에 급격한 증가추이를 보이는 가운데 현장발생토 친환경 처리 및 운송 시스템(FA) 기술분야는 2000년도 중반부터 다소 정체된 논문활동을 보이며 낮은 점유율을 확보함



[그림 2.2.18] 중분류F의 추세를 통한 부상기술

(2) 국내 기술 현황 분석

(가) 무시멘트 건설재료

- 친환경 지반 보강 재료 개발 분야에서는 한양대학교 천병식 교수 연구진이 2006년 무기질계 초미립자를 이용한 NDS (Natural and Durable Stabilizer) 공

법에 관한 연구를 수행하였으나, 공법 자체가 매우 고가인 문제가 있음

- 한국건설기술연구원(KITC)의 고경택 박사 연구진은 2008년 플라이애쉬와 고로슬래그를 혼합한 결합재를 이용한 무시멘트 건설재료에 관한 연구 결과를 보고했으나, 인공포졸란에만 의존하고 있는 한계를 보이고 있음
- 전남대학교 송진규 교수 연구진은 2008년 알칼리 활성화된 고로슬래그 건설재료의 배합에 따른 역학적 특성을 연구하였으나 이미 국외에서 널리 수행되고 있는 재령강도 측정에만 초점을 맞추고 있음

(나) 황토의 직접 이용

- 우리나라 대표 풍화잔류토인 황토를 직접 이용하기 위한 연구들도 시도 되었음. 경기대학교 양근혁 교수 연구진은 2007년 시멘트 대체 재료로써의 황토에 주목하였으나, 황토의 낮은 강도와 건조수축으로 인한 내구성 및 사용성 문제를 극복하지 못한 상태임
- 고승석 등 (2009)은 활성화황토(activated Hwangtoh)를 이용한 모르타르에 대한 연구를 수행하였으나, 황토를 순수 결합재로 사용한 것이 아니라, 기존 시멘트에 대한 혼화재로 첨가한 수준이며, 활성화황토 자체도 1400℃ 이상의 열을 가해야 하는 소성되는 재료이므로 이차적인 CO2 배출과 경제성이 크게 저하되는 문제를 갖고 있음

(다) 현장 시공 적용

- 현장발생토를 직접 이용하기 위한 실용화로 공주대학교 이관호 교수 연구진 등이 2006년 경량기포 및 시멘트결합재를 혼합한 CLSM (Controlled low strength material)의 국내 시공 적용을 추진한 사례가 보고됨. 하지만 CLSM 유동성뒤채움재 또한 시멘트에 의존하고 있고, 기포제 또한 동물성 재료를 사용하는 경우 지하수 오염 문제를 야기할 수 있는 한계가 있음

(라) 미생물을 이용한 바이오그라우팅 개발

- 미생물 주입을 통한 바이오그라우팅 기술 개발이 경북대학교 박성식 교수팀을 중심으로 추진되고 있으나, 기후변화가 다양한 국내 지반의 환경 조건으로 인해 기술 개발에 어려움을 겪고 있는 실정임

(3) 국외 기술 현황 분석

(가) 해외 지오폐리머 및 무시멘트 콘크리트의 연구 및 개발

- 호주 Monash 대학의 Sanjaya 교수팀은 50~70MPa 압축강도의 고로슬래그 활성 콘크리트를 개발하였음
- 호주 Curtin 대학의 Rangan 교수팀은 플라이애시를 기반으로 하여 나트륨규산염(Sodiumsilicate)과 NaOH으로 구성된 활성화제를 사용하여 90℃ 정도의 고온 양생을 걸쳐 압축강도 30~70MPa의 지오폐리머 콘크리트를 개발하고 있음
- Melbourne 대학의 Deventer 교수는 20~50MPa 정도의 지오폐리머 콘크리트를 레미콘에서 생산하는 기술을 개발하였으며, 여기서 생산되는 지오폐리머 콘크리트는 일반 포트랜드 시멘트를 사용한 콘크리트에 비해 CO₂ 배출을 80% 이상 저감시킬 수 있는 것으로 알려져 있음
- 일본 야마구치대학의 Ikeda는 2007년 플라이애시 등의 활성 필러, 석영 및 산화철 등의 비활성 필러 그리고 나트륨규산염(물유리) 등의 알칼리 활성화제를 이용하여 상온 양생으로 20~30MPa의 압축강도와 함께 습도 및 온도 조절 기능을 가진 지오폐리머 콘크리트를 개발하였음
- 미국의 Prof. Roy (Roy et al. 1991, Roy 1999), 스페인의 Dr. Palomo (Palomo and Glasser 1992, Alonso and Palomo 2001) 등이 자연 흡의 분해(dissolution)와 지반중합화를 통한 강도발현에 관한 연구를 수행하였으나 소성되지 않은 일반 흡의 경우 지반중합화 효율이 크게 떨어질 뿐만 아니라, 실제 알칼리 활성화제와 지반중합화의 지구화학적(geochemical) 거동에 대한 규명도 아직 명확하게 밝혀지지 않은 상태임
- 전반적으로 해외에서의 연구는 주로 알칼리활성화 및 지반중합작용, 즉 지오폐리머(Geopolymer) 재료에 크게 의존하고 있는 상황으로 판단됨. 지오폐리머 작용은 강도 측면에서는 우수하나, 고비용의 문제와 더불어, 강염기 활성화제 및 산업부산물을 이용한다는 측면에서 환경에 대한 우려가 제시되고 있어 향후 검정 및 보완이 필요한 기술로 평가됨

(나) 미생물 및 생명부산물을 이용한 Bio-Soil 관련 연구

- 미국 UC Davis의 DeJong 교수팀은 지난 2008년부터 미생물을 이용한 bio-cementation에 관한 기초 이론 연구를 수행하고 있고, Bio-initiatives를 연구회를 조직하여 관련 연구 증진에 힘쓰고 있음
- 미국 및 유럽의 몇 기업체(Geo-Solutions INC, BioSoil Co. 등)에서는 Bio기술

을 접목한 토양처리에 관한 현장 적용을 수행하고 있으나, 그 적용 실적은 미미한 수준임

(4) 소결 및 시사점

- 국내와 해외 모두 친환경 건설재료의 개발과 온실가스 배출재료인 시멘트를 대체하기 위한 수단으로 대체결합재 및 현장발생토의 건설재료화에 관한 연구가 활발히 수행되고 있으나, 주로 현장발생토에 포졸란재료 또는 시멘트가 아닌 결합재를 첨가하여 강도 및 공학적 특성을 증진시키는 연구에만 국한되어 있어, 본연의 친환경 건설이라는 취지에 다소 벗어나 있는 경향이 있음
- 특히, 현행 연구들이 모두 이상적인 심토 또는 화강토에 대해서만 이루어지고 있는 반면, 고유기질상태인 표토의 건설재료로의 이용에 관한 연구는 이루어지고 있지 않음
- 또한, 국내 뿐만 아니라, 해외에서 미생물 및 그 부산물의 지반공학적 적용에 관한 연구가 충분히 이루어지지 않아, 지금이 관련 분야에서 핵심기술을 선점하고 세계시장을 선도할 원천기술 확보의 최적기로 판단됨
- 따라서 화학적 결합재에 의존하지 않으면서, 상대적으로 현장 발생량이 많은 표토를 효율적으로 건설재료로 활용하기 위한 연구의 수행이 시급히 요구되고 있음. 이에 본 연구에서는 기존의 현장발생토 처리 개념의 패러다임 전환을 위해 Bio-Soil 개념을 접목한 현장발생토 및 표토 처리 및 건설재료화 기술 개발을 추진하고자 함

제3절 국내외 특허 동향 분석

1. 특허 동향 분석 개요

가. 특허 분석 개요

- (1) 특허 분석 전문 기관에 분석 의뢰
- (2) 조사 범위: 2011년까지 최근 20년간 출원공개 및 등록된 특허
- (3) 대상 국가: 한국, 일본, 미국 및 유럽
- (4) 검색 데이터베이스(DB) 및 검색 범위: [표 2.3.1] 참조

나. 특허 분석 방법

- (1) 특허 조사 전문 기관(법무법인 다래)을 선정하여 RFP와 과제 관련 자료 및 로봇/건설/토목 분야에서 사용되는 용어와 기획위원회가 제공하는 키워드에 의해 도출된 최종 키워드를 바탕으로 기술별 검색식³⁾을 도출하여 각국의 유효특허를 1단계·2단계로 나누어 조사
 - 1단계: 세부 기술별로 전반적인 동향 분석이 이루어졌으며 각 세부기술에 대한 부상 기술을 분석하고 핵심기술을 도출
 - 2단계: 도출된 핵심기술에 대한 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 및 시사점 도출

[표 2.3.1] 검색DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	Thomson innovation DB	~현재(2011.1 2)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본			특허공개 및 등록 전체문서
	미국			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 정량분석구간: 한국, 일본, 유럽 ~2011(출원년도),

※ 정성분석구간: 전체분석구간 대상 (~2011.12(검색일))

3) 각 세부기술별 도출된 검색식은 부록에 첨부되어 있음 (표 부록-1 참조)

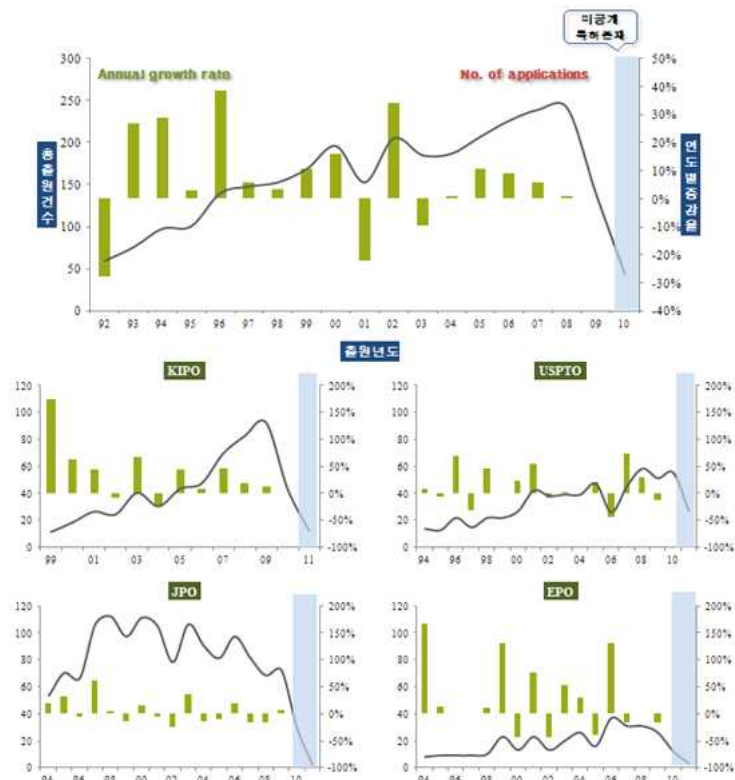
[표 2.3.2] 분석대상 기술 분류 기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
충청권 도시 관리 자동화 및 부산물 활용기술	도로 및 주변시설물 자동유지관리 로봇 시스템	도로 및 주변 시설물 관리 로봇 시스템	-도로 시설물 및 주변 시설물 -자동유지관리 로봇 시스템
		도로 및 주변 시설물 청소 로봇 시스템	-자율 이동 로봇 시스템 -무한궤도 플랫폼 기술
	수상(중) 및 수변 유지관리 자동화 시스템	수상(중) 및 수변 청소 시스템	-청소선이 수상의 쓰레기를 수거하고, 이를 모선으로 하여 여러 대의 소형 청소 로봇이 수변 공간의 쓰레기를 자동으로 수거하는 시스템
		수상(중) 및 수변 생태환경 모니터링 시스템	-생태 환경 모니터링 시스템
	스마트 도시 시설물 관리 시스템	도시 시설물 유지관리 시스템	-교량, 도로, 공공기관, 시설물 모니터링 및 유지 관리
		도시 시설물 정보 시스템	-시설물관리 능동적으로 대처할 수 있는 정보 시스템 구축
		QR코드기반 시설물 관리 시스템	-데이터 실시간으로 수집/모니터링 시스템 -QR코드를 활용한 기술
	도시방재 및 유지관리를 위한 하부지반평가 시스템	하부 지반 평가 시스템	-지진재해에 대한 방재를 위한 도시 하부 지반의 평가
		지진 감지 시스템	-자동화 도시 하부 지반 평가 시스템
		홍수 감지 시스템	-도시홍수방재 및 유지관리를 위한 자동화 시스템 구축
	석탄회 재활용 건설재료개발	석탄회를 활용한 지반 충진재	-특수 콘크리트 개발기술
		석탄회를 활용한 건설용 골재	-건설용 골재
		석탄회를 활용한 복합물	-지반 충진재
	현장발생토 친환경 처리 및 응용기술개발	현장발생토 친환경 처리 및 운송 시스템	-현장발생토의 친환경 처리방법 -오염토 처리기술
		현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료	-지반재료 및 충진재 -무시멘트

다. 특허 조사 요약

(1) 주요 시장국 연도별 특허 동향

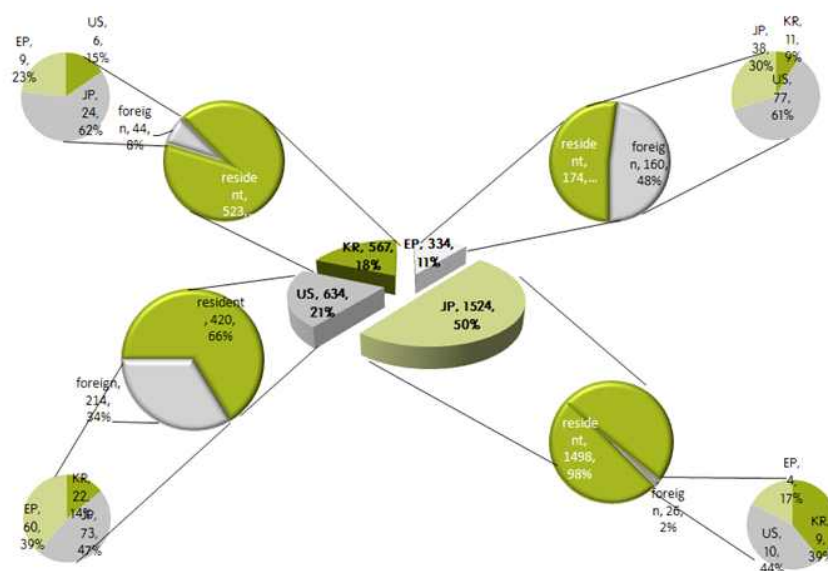
- 한국, 일본, 미국 및 유럽의 연도별 추이를 살펴봄으로써, 주요 시장국의 특허출원 Trend를 알아보고자 함
- 전체 시장국의 특허동향을 살펴보면, 분석 초기구간인 '92년부터 지속적인 증가세에 있다가 '01년도에 잠시 주춤하여 하락률을 보였으며 이는 일본의 경기불황으로 인한 사회적 요인이 작용하여 위축이 된 것으로 추측됨
- 이후 '08년을 최고점으로 저조한 성장률을 보이며, 이는 글로벌 금융위기 이후 국내외 경기회복세가 다소 둔화되어 출원활동이 저조한 것으로 사료되며 '10~'11년도에서는 특허출원 후 18개월 동안 미공개 되는 구간으로 출원량이 급감하는 것으로 나타남
- 결론적으로, 최근 환경문제 및 에너지 절약차원의 범국가적인 미래형도시개발에 따른 사회기반시설 고도화 시스템의 기술 트렌드가 대두되고 있는바, 도시 시설물 관리 자동화 및 도시 부산물 재활용 관련기술에 대한 연구 활동이 지속적으로 진행될 것이라 예상됨



[그림 2.3.1] 주요 시장국 특허동향

(2) 주요 시장국 내·외국인 특허 출원 현황

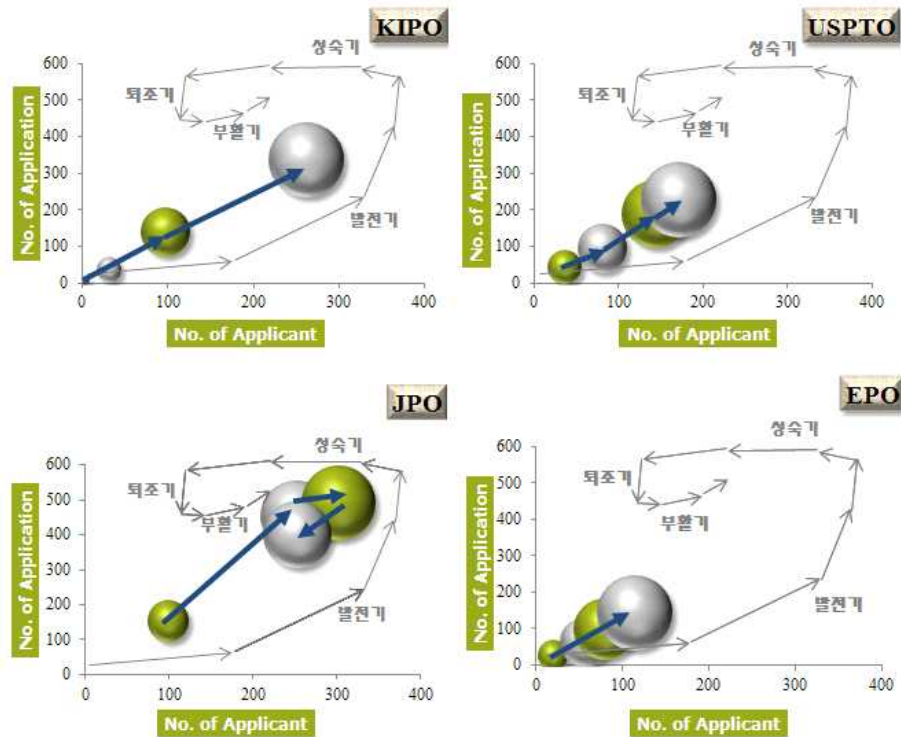
- 출원규모의 측면에서 주요시장국의 점유율을 살펴보면, 일본이 전체 절반 이상을 차지하며, 미국, 한국, 유럽 순으로 각 21%, 18%, 11%로 시장 점유율을 보임
- 주요시장국의 내·외국인 특허점유율을 살펴보면, 일본은 전체 분석대상 국가 출원규모의 50% 이상을 차지하는 가운데 각 주요 시장국에서도 일본 출원인의 활동이 두드러짐을 보임으로 해당분야의 연구개발이 대부분 일본시장과 출원인에 의해서 주도 되는 것으로 판단됨
- 주요 시장국에서 내·외국인 특허 출원현황은 전체적으로 자국기술이 리드하는 것으로 나타나며 미국과 유럽시장은 타 주요 시장국에 비해 높은 외국인 출원인 점유율을 보이고 있음
- 미국은 도로 및 주변시설물 관리 로봇시스템(AA), 수상 및 수변 청소시스템 기술분야(BA)에서 높은 비중을 차지하고 있음
- 유럽의 내국인 출원인은 현장발생토 친환경 처리 및 운송 시스템(FA), 현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료(FB) 기술분야에서 주된 연구활동을 하는 것으로 보이며, 수상 및 수변 청소시스템(BA), 도시 시설물 정보 시스템(CB)에서도 기술개발을 시도하는 것으로 보이나 외국인 출원인 중 높은 비중을 차지하는 미국 출원인이 수상 및 수변 청소시스템(BA), 도시 시설물 정보 시스템 기술분야(CB)에서 유럽 내 시장 선점을 통하여 기술력이 유입되고 있는 것으로 분석됨



[그림 2.3.2] 주요시장 내·외국인 특허 출원점유율

(3) 주요 시장국 기술 성장단계 파악

- 연도별로 4개의 구간으로 나누고 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 분석하여 기술의 성장 단계를 살펴봄. 1구간(1990년~1994년), 2구간(1995년~1999년), 3구간(2000년~2004년), 4구간(2005년~2009년)으로 나누었음
- 한국 시장의 경우, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 발전기의 단계에 있음. 또한 3구간부터 4구간까지 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어 급격한 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석되며 지속적으로 활발한 연구개발이 이뤄질 것이라고 예상됨
- 일본 시장의 경우, 1구간부터 2구간까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하면서 연구 개발의 가속화를 보이는 발전기의 단계에 이르렀지만 2구간부터 3구간까지는 출원 건수와 출원인 수가 조금씩 줄어드는 양상을 보이며 시장진입을 위한 출원인은 증가했지만 출원건수가 제자리에 머무르는 정체기를 보이며 성숙기 단계에 위치함
- 미국 시장의 경우, 1구간부터 4구간까지 출원건수와 출원인의 수가 지속적인 증가추세를 보이며 2구간부터 3구간까지 비약적인 증가세를 나타냄. 이 구간에 해당기술의 개발이 급속하게 발달한 것으로 분석됨
- 유럽 시장의 경우, 포트폴리오로 나타난 유럽특허의 기술위치는 1구간부터 4구간까지 출원건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 발전기의 단계에 있음. 급진적인 기술개발을 시도하지 않는 것으로 보이며 점진적인 연구 활동으로 향후에도 지속적인 성장세를 나타낼 것이라 예상됨



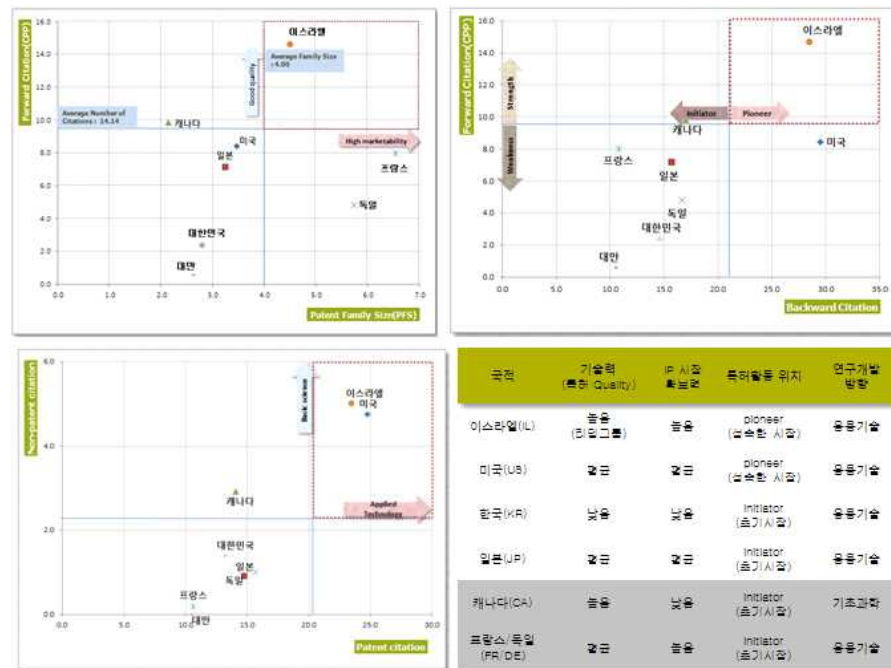
[그림 2.3.3] 기술시장 성장단계

(4) 미국 특허로 살펴봄 국가 간 기술 경쟁력 현황

가) IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력

- 기술적인 영향력(PII)과 기술력(TS)의 변화를 살펴보면, 1990년도에서 2000년도 사이에는 프랑스, 캐나다, 미국, 한국, 일본 순으로 높은 영향력 지수를 보였으며, 최근 10년간 추이를 살펴보면 이스라엘, 미국, 캐나다, 일본, 독일, 순으로 나타났으며 영향력 있는 IP를 보유한 국가로 이스라엘과 독일은 해당기술에서 질적으로 우수한 특허를 다량 보유하고 있는 국가로 등극함
- 이스라엘은 1990~2000구간에서는 순위에 없었지만 2001~2011년 구간인 최근 10년 사이에 국가 간 영향력 지수 1위를 차지하였으며, 양적으로 적은 특허출원 건수를 보임에도 미국과 일본 다음으로 높은 기술력 지수를 나타내어 최근 급격하고 집약적인 연구개발로 해당기술에서 영향력을 보이고 있음
- 연도 구간별 기술력 지수를 살펴보면 모집단인 미국특허에서 분석한 만큼 미국이 월등히 높았으며 양적으로 IP를 많이 보유한 일본 순으로 가장 높게 나타나며 최근 10년간까지도 높은 기술력을 보이고 있으나 캐나다, 프랑스는 기술력이 다른 국가에 비해 뒤처지고 있음. 특히 이스라엘의 경우 캐나다와 독일 등록건

수에 비해 적은 건수를 가졌음에도 불구하고 그들보다 우위를 차지하여 질적으로 우수한 IP를 확보하고 있는 것으로 나타남



[그림 2.3.4] IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력

나) IP로 본 각국의 기술력 추이

- 각국의 기술 질적 수준 및 시장 확보력을 분석한 결과, 이스라엘은 기술력과 시장 확보력이 모두 평균이상으로 기술력이 강하고 여러 국가에 패밀리 특허를 다수 출원하여 시장 확보력이 큰 것으로 나타나며 인용지수 및 기초과학 기술 뿐 아니라 응용과학까지 섭렵하여 리딩 그룹으로서 성숙한 시장을 구축하고 있는 것으로 분석됨
- 미국은 피인용지수와 시장력 지수는 다소 낮은 위치에서 기술력이 약한 후발그룹에 속하고 있지만 인용도 지수가 평균이상이며, 기초과학 및 응용 기술분야에서 두각을 보이고 있으므로 성숙한 개발 단계에 진입한 것으로 보이며 향후 지속적인 연구개발로 시장 확보력을 넓혀갈 것이라고 사료됨
- 프랑스와 독일은 시장 확보력을 갖추고 있으나 피인용도 지수 및 인용도 지수가 평균이하로 기술개발 초입단계에 위치하며 기술력이 부족한 것으로 나타남
- 한국, 일본, 캐나다, 독일 프랑스 등은 초기시장의 후발그룹에 속하며 캐나다는 기초과학 중심의 연구개발을 하고 있으며 프랑스와 독일에 비해 한국과 일본의 연구개발 방향은 응용과학에 가까운 것으로 분석됨

[표 2.3.3] IP로 본 국가별 영향력지수(PII)와 기술력지수(TS)

특허등록건수				영향력지수(PII)				기술력지수(TS)			
1990-2000		2001-2011		1990-2000		2001-2011		1990-2000		2001-2011	
미국	70	미국	184	프랑스	1.92	이스라엘	2.65	미국	74.09	미국	201.41
일본	22	일본	33	캐나다	1.47	미국	1.09	일본	16.60	일본	29.83
캐나다	4	캐나다	10	미국	1.06	캐나다	1.03	캐나다	5.87	이스라엘	15.91
프랑스	2	독일	10	대한민국	0.80	일본	0.90	프랑스	3.84	캐나다	10.31
영국	2	프랑스	9	일본	0.75	독일	0.78	대한민국	0.80	독일	7.77
대한민국	1	이스라엘	6	독일	0.72	프랑스	0.70	독일	0.72	프랑스	6.33
독일	1	대만	5	영국	0.04	영국	0.24	영국	0.07	영국	0.72

※ 분석기준

1. 피인용도지수(CPP : Cites per Patent) : 특허당 피인용횟수. 즉 인용되는 빈도(Forward Citation)가 높을수록 기술력이 강하고 반대로 낮을 경우에는 기술력이 약함을 의미
2. 시장력지수(PFS : Patent Family Size) : 한 발명에 대해 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 경우에만 해외에 특허를 출원하므로, 패밀리특허수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 시장확보력이 큼을 의미
3. 인용도지수 : 특허당 인용횟수. 즉 인용하는 빈도(Backward Citation)가 많으면 상대적으로 성숙단계에 들어선 기술임을 의미하며 반대로 적으면 기술의 개발단계가 초기임을 의미
4. 비특허문헌 인용지수(Non-Patent Citation) : 미국특허 출원시 인용한 문헌에 비특허 문헌이 많은 경우 기초과학 중심의 연구개발을 의미하며, 특허문헌이 많은 경우 기초과학과의 연계성이 낮아 응용기술 중심의 연구개발이 진행됨을 의미
5. 영향력지수(PII): 한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서, 특허 피인용횟수를 이용하여 특정 연구개발주체가 소유한 기술에 대해 질적수준을 측정하는 지수이며 영향력지수가 1이면 평균 인용빈도임을 나타내고 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용되는 것을 의미
6. 기술력지수(TS): 인용관계에 의한 영향력지수에 특허활동의 규모를 나타내는 특허건수를 곱해줌으로써 특허활동의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려한 평가가 가능하게 해주며, 기술력지수가 클수록 해당출원국가의 특허가 질적·양적으로 기술력이 높음을 의미

(5) 주요 시장국 연도별 특허 출원/등록 추이

- 해당출원인의 출원 수 중 주요 출원국가의 출원비중이 10% 이상인 국가를 추출한 결과, 주요 타깃으로 하는 IP 시장국은 일본과 미국으로 나타남
- 각 출원인의 주력 기술분야 중 도로 및 주변 시설물 관리 로봇시스템(AA), 하부지반 평가 시스템(CA), 석탄회 건설용 골재(EB) 기술분야에서 최근 급속한 증가세를 보이면서 최근 연구활동이 활발한 것으로 나타나며 해당 기술분야의 시장성이 유망한 것으로 판단됨
- IROBOT社, KAJIMA社, SONY社, HONDA社, 및 NOHMI BOSAI社는 시장확보력 및 기술력은 최상이나 IROBOT社를 제외하고 공통적으로 최근 성장률이 저조한 것으로 보이며, 각 출원인의 주력분야는 도로 및 주변 시설물 관리 로봇 시스템(AA)과 하부지반 평가 시스템(CA)으로 나타남

[표 2.3.4] 주요 출원인별 특허현황

출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)				IP시장국 종합*	3국 패밀리수 (건)	특허출원 증가율 (최근5년)	미국특허로 본		주력 기술 분야
		한국	미국	일본	유럽				시장확보 지수	피인용 지수	
TAIHEIYO	일본	1	1	53	1	일본	0	41.4%	하	하	석탄회 건설용 골재
MITSUBISHI	일본	0	0	43	0	일본	1	-29.3%	하	하	수상(중) 및 주변 청소
SUMITOMO	일본	0	0	41	0	일본	0	-24.0%	하	하	석탄회 건설용 골재
HITACHI	일본	1	8	29	3	일본	5	-6.9%	상	하	도로 및 주변시설물 관리 로봇 시스템
UBE	일본	0	0	31	0	일본	0	-15.9%	하	하	석탄회 건설용 골재
IROBOT	미국	1	23	1	3	미국	1	31.6%	상	상	도로 및 주변시설물 관리 로봇 시스템
CHUGOKU	일본	0	0	25	0	일본	0	-15.9%	하	하	석탄회 복합물
TOYOTA	일본	1	2	18	1	일본	4	41.4%	하	하	도로 및 주변시설물 관리 로봇 시스템
KAJIMA	일본	0	1	17	1	일본	3	18.9%	상	상	하부지반 평가 시스템
SONY	일본	2	1	15	1	일본	5	-100.0%	상	상	도로 및 주변시설물 관리 로봇 시스템
HONDA	일본	0	5	12	1	일본	5	-100.0%	상	상	도로 및 주변시설물 관리 로봇 시스템
NIPPON	일본	0	0	18	0	일본	0	-100.0%	하	하	현장발생토 건설재료
CHICHIBU ONODA CEMENT	일본	0	0	16	0	일본	0	-100.0%	하	하	석탄회 지반충진재
HITACHI	일본	0	1	14	0	일본	3	41.4%	상	하	하부지반 평가 시스템
TAISEI	일본	0	0	15	0	일본	0	18.9%	하	하	현장발생토 건설재료
CHUBU ELECTRIC POWER	일본	0	0	14	0	일본	0	-100.0%	하	하	석탄회 복합재료
TOSHIBA	일본	0	1	12	0	일본	0	18.9%	하	하	도시 시설물 유지관리 시스템
NOHMI BOSAI	일본	0	0	12	0	일본	0	-100.0%	상	상	도로 및 주변시설물 관리 로봇 시스템

(6) 주요 시장국 연도별 특허 출원/등록 추이

- 연도 구간별 세부기술 동향에서는 특허의 유효데이터를 중심으로 기술트리에서 지정한 세부기술에 대한 특허출원 건수를 그래프로 나타내며, 세부기술에 대한 연도 구간별 추세를 파악함
- 전체 연도별 각 세부기술의 출원동향을 살펴보면, 최다출원 기술분야는 도로 및 주변시설물 관리 로봇시스템(AA), 수상(중) 및 수변 청소시스템(BA), QR 코드 기반 시설물 관리 시스템(CA), 석탄회를 활용한 건설용 골재(EB)
- 도로 및 주변시설물 관리 로봇시스템(AA), 수상(중) 및 수변 청소시스템(BA), QR 코드기반 시설물 관리 시스템(CA)에서 최근 5년간 높은 증가세를 보임



[그림 2.3.5] 연도 구간별 세부기술 동향

- 수상(중) 및 주변 청소시스템(BA) 기술분야는 2006년도에 낙폭을 보이며 이는 해당기술의 많은 출원건수를 확보하고 있는 미국 경제의 영향을 받은 것으로 보임
- 도시 방재 시스템(DA, DB, DC)은 비교적 큰 규모를 필요로 하는 프로젝트로 연구개발이 이루어지는 특징을 가지며 따라서 큰 폭의 성장률이 기대하기 어렵지만, 전체적인 추이로는 지속적인 연구가 진행될 것이라고 사료됨

2. 기술별 국내외 특허 동향 분석

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

(1) 세부 기술 동향 분석

(가) 시장별 출원/등록 경향

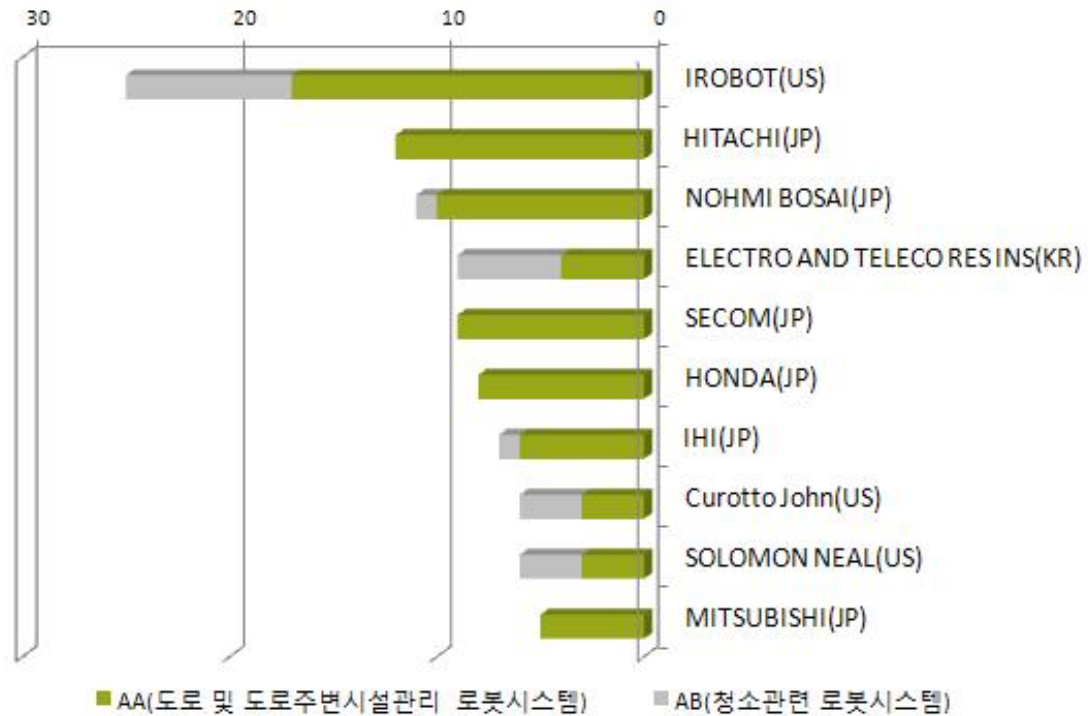
- 도로 및 주변시설물 자동유지관리 로봇 시스템 분야의 주요 시장국은 일본으로 관찰되어지며, 도로 및 주변 시설물 관리 로봇 시스템(AA) 기술 분야는 전체 시장국에서 연구 활동이 활발히 이루어지고 있음



[그림 2.3.6] 시장별 중분류A의 특허동향

(나) 다출원인 특허 집중도 현황

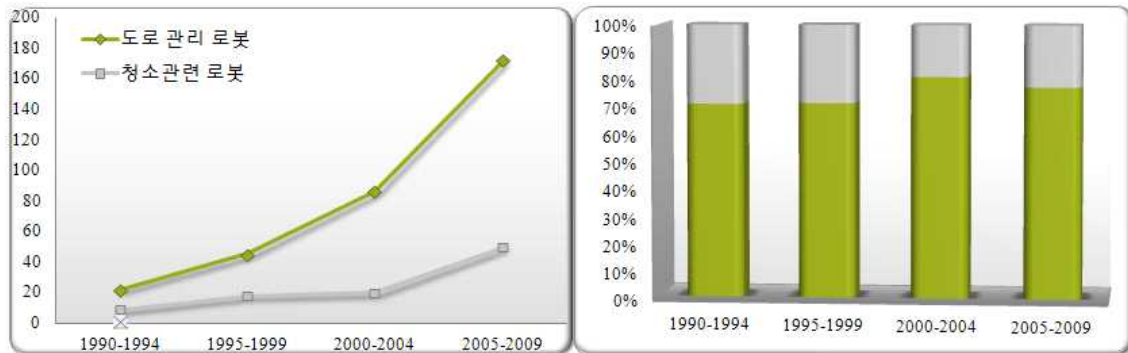
- 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템의 주요출원인 Top5는 IROBOT社, HITACHI社, NOHMI BOSAI社, ELECTRO AND TELECO RESINS(KR), SECOM社로 나타나며, 주력하는 세부기술분야는 도로 및 주변 시설물 관리 로봇 시스템(AA)로 관찰됨



[그림 2.3.7] 다출원인의 중분류A의 특허집중도 현황

(2) 부상 기술 분석

- 연도 구간별 세부기술 추세 동향분석 결과, 최근 5년 사이에 도로 및 주변 시설물 관리 로봇시스템(AA) 기술분야에서 연구개발의 활성화 및 특허출원 활동량이 높은 성장률을 나타내고 있으며 도로 및 주변 시설물 청소 로봇 시스템(AB)에서도 상대적으로 출원건수는 많지는 않지만 증가세 추이를 보임



[그림 2.3.8] 중분류A의 추세를 통한 부상기술

(3) 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 도출

(가) 기술 흐름도 분석⁴⁾

- 초기부터 현재까지 장애물 회피 기술과 이동 플랫폼 기술 분야에 대한 출원이 지속적으로 이루어지고 있음 최근엔 시설물 유지관리, 보안, 및 인명구조 로봇 시스템과 안정적이고 신속한 도로주행 플랫폼 기술의 출원이 주를 이루고 있음
- 국가별 특허출원을 살펴보면, 2000년대 이전의 주요 특허들은 미국 및 일본 특허가 주류를 이루고 있는 것으로 나타나는 반면 이후 국내에서 활발한 출원활동으로 해당분야에서 후발주자로 왕성한 연구개발을 추진하고 있음
- 미국 시장국의 경우 대부분의 주요 특허는 패밀리 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 관찰되어 해외시장에서 기술력을 확장을 하고 있는 것으로 보이며 따라서 국내에서도 해당분야의 해외시장에서의 기술 경쟁력을 확보하려는 적극적인 움직임을 보여야 할 것으로 사료됨

(나) OS 매트릭스 분석

- 해결하고자 하는 과제를 크게 간소화 및 저비용화, 자율이동 및 정밀주행, 시설물 보수청소 작업 및 콤플렉스 태스크(Complex Tasks)로 나눌 수 있음
- 해결수단으로는, 제어기기의 공용화, 자율회피수단, 환경조사 및 판정수단, 환경정보습득수단, 하이브리드 제어구조 기술 등이 도입되고 있는 것으로 나타남

4) 부록 [그림 부록-1], [그림 부록-2] 참조

중분류A			해결과제			
			A	B	C	D
			간소화 및 저비용화	자율이동 및 정밀주 행	시설물 보수 ·청소 작업	컴플렉스 태스 크(Complex Tasks)
해 결 수 단	A	제어기기 공용화	AA(1)	AB	AC	AD
	B	자율회피수단	BA	BB(3)	BC	BD
	C	환경조사·판정수 단	CA	CB(9)	CC(4)	CD
	D	환경정보습득	DA	DB(2)	DC(2)	DD(1)
	E	하이브리드 제어 구조(Hybrid Control Architecture)	EA	EB	EC	ED(1)

[그림 2.3.9] 중분류A의 OS-Matrix

- 도로 및 주변 시설물 자동유지관리 로봇 시스템의 해결과제별/해결수단별 분석 결과, 최근 연구개발 집중도가 높은 기술 중에 특허출원이 활발하여 현재와 미래의 시장가치가 높은 스타(Star) 기술⁵⁾은 환경정보 습득, 자율회피수단으로 나타났으며, 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하여 안정적으로 수익 창출의 가능성을 가지고 있는 캐시카우(Cash cow) 기술⁶⁾은 환경조사 및 판정수단으로 도출됨

5) 스타의 정의: 성장성도 높고 수익성도 높은 단계, 선정기준: 공개일 기준으로 최근 5년 사이에 출원된 특허로 연구개발 집중도가 높은 기술 중에 특허출원이 활발한 기술

6) 캐시카우의 정의: 성장성은 낮으나 시장점유율이 높은 단계, 선정기준: 과제별 연구개발 집중도가 높고 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하며 최근까지 특허출원이 활발한 기술



[그림 2.3.10] 중분류A의 종합분석

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

(1) 세부 기술 동향 분석

(가) 시장별 출원/등록 경향

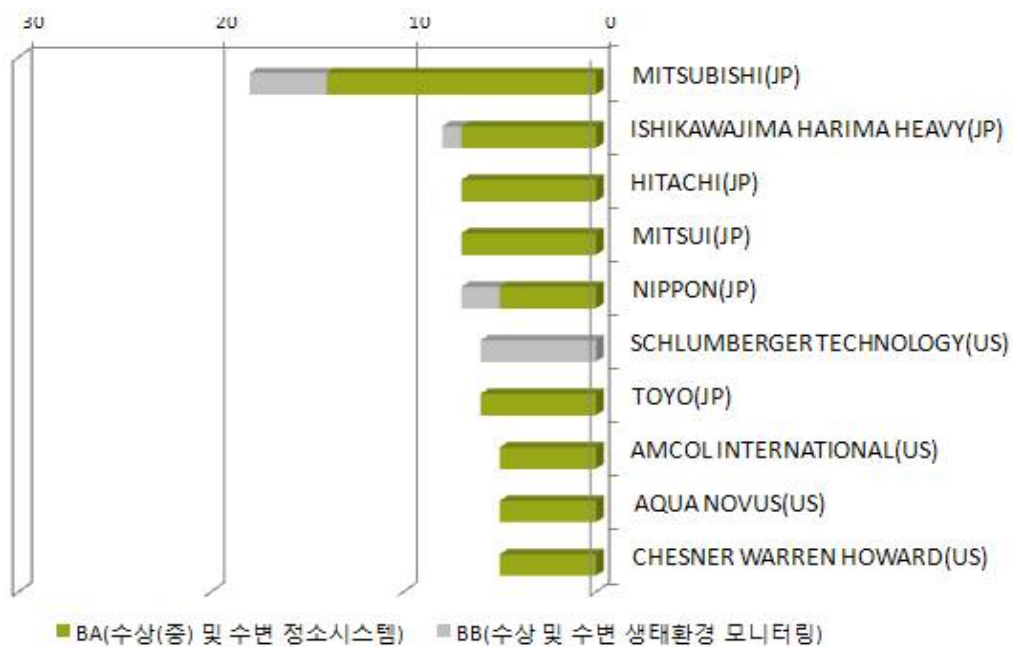
- 수상(중) 및 수변 유지관리 자동화 시스템 분야의 주요 시장국은 일본으로 관찰되어지며, 수상(중) 및 수변 청소 시스템(BA) 기술 분야는 전체 시장국에서 연구 활동이 활발히 이루어지고 있음



[그림 2.3.11] 시장별 중분류B의 특허동향

(나) 다출원인 특허 집중도 현황

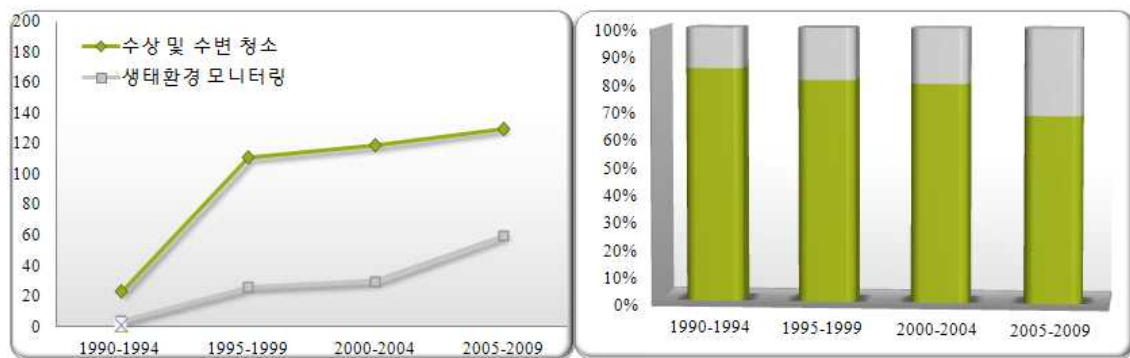
- 수상(중) 및 수변 유지관리 자동화 시스템의 주요출원인 Top5는 MITSUBISHI 社, ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY 社, HITACHI 社, MITSUI 社, NIPPON 社로 나타나며, 주력하는 세부 기술 분야는 수상(중) 및 수변 청소시스템(BA)로 관찰됨



[그림 2.3.12] 다출원인의 중분류B의 특허집중도 현황

(2) 부상 기술 분석

- 연도 구간별 세부기술 추세 동향분석 결과, 최근 5년 사이에 수상(중) 및 수변 생태환경 모니터링 시스템(BB) 기술분야에서 상대적으로 출원건수는 많지는 않지만 증가세 추이가 관찰되며, 수상(중) 및 수변 청소 시스템(BA) 기술분야는 해당분야에서 높은 점유율을 차지하는 가운데 1990~1999년도 사이에 활발한 연구개발로 높은 성장세를 보이지만 2000년도에 들어와서 미미한 증가추이를 보이며 정체 양상을 보임



[그림 2.3.13] 중분류B의 추세를 통한 부상기술

(3) 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 도출

(가) 기술 흐름도7) 분석

- 초기 구간부터 현재까지 회수율 향상을 위한 통합수거장치와 기름수거장치 기술분야에 대한 출원이 지속적으로 이루어지고 있으며, 최근에는 간소화 및 소형화를 위한 조립식 수거장치 출원활동이 진행되고 있음
- 해당분야의 종래기술은 수면에 떠있는 쓰레기를 바지선에 구비된 중장비로 수거하여 육지로 이동시킨 후 덤프트럭에 적재하여 처리장소로 이동시킨 다음 처리하게 되므로 시간과 비용이 많이 소요되는 문제점을 가지고 있었음
- 국가별 특허출원을 살펴보면, 2000년대 이전의 주요 특허들은 일본 특허가 주류를 이루고 있는 것으로 나타나는 반면 2000년대 이후에는 국내에서 활발한 출원활동으로 해당분야에서 후발주자로 왕성한 연구개발을 추진하고 있음

(나) OS 매트릭스 분석

- 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 간소화·소형화, 저비용·단시간 회수처

7) 부록 [그림 부록-3], [그림 부록-4] 참조

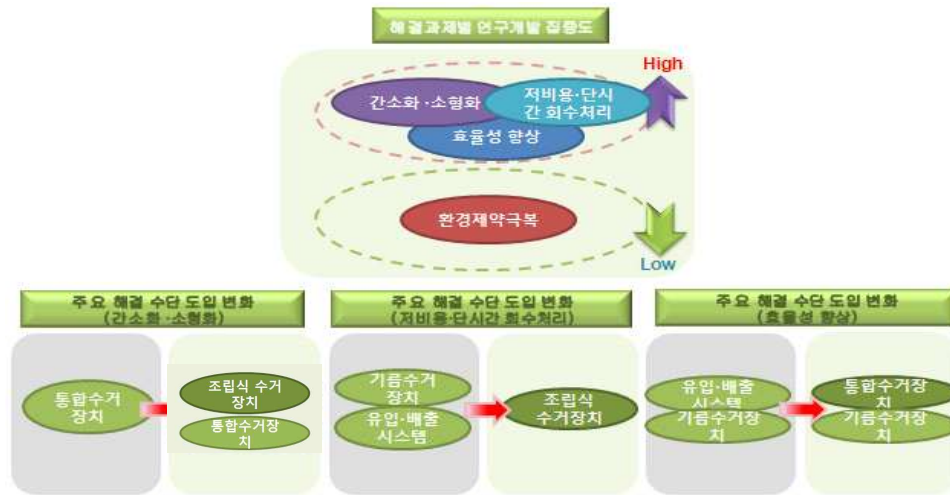
리, 부유물 회수 효율성 향상, 환경제약극복 등으로 나눌 수 있음

- 해결수단으로는 조립식 수거장치, 유입·배출 시스템, 기름수거장치, 통합수거장치, 순항해장치, 원격조정장치 등이 도입되고 있는 것으로 나타남

중분류B			해결과제			
			A	B	C	D
			간소화·소형화	저비용·단시간 회수처리	부유물 회수 효율성 향상	환경제약극복
해결수단	A	조립식 수거장치	AA(3)	AB(1)	AC	AD
	B	유입·배출 시스템	BA	BB(1)	BC(2)	BD
	C	기름수거장치	CA	CB(2)	CC(2)	CD
	D	통합수거장치	DA(2)	DB	DC(1)	DD
	E	순항해장치	EA	EB	EC	ED(2)
	F	원격조정장치	FA	FB	FC	FD(1)

[그림 2.3.14] 중분류B의 OS-Matrix

- 수상(중) 및 수변 유지관리 자동화 시스템의 해결과제별/해결수단별 분석결과, 최근 연구개발 집중도가 높은 기술 중에 특허출원이 활발하여 현재와 미래의 시장가치가 높은 스타(Star) 기술은 조립식 수거장치 수단으로 나타났으며, 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하여 안정적으로 수익 창출의 가능성을 가지고 있는 캐시카우(Cash cow) 기술은 기름수거장치와 통합수거장치로 도출됨



[그림 2.3.15] 중분류B의 종합분석

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

(1) 세부 기술 동향 분석

(가) 시장별 출원/등록 경향

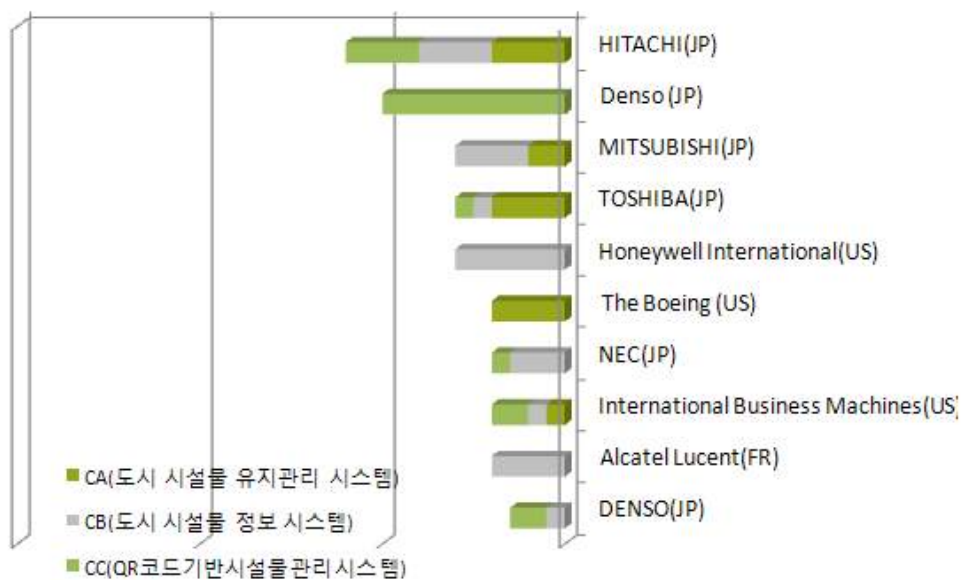
- 스마트 도시 시설물 관리 시스템 분야의 QR코드기반 시설물 관리 시스템(CC) 기술 분야는 일본이 압도적으로 많은 출원활동을 보이며, 도시 시설물 정보 시스템(CB)은 한국을 제외한 유럽, 미국, 일본, 그리고 도시 시설물 유지관리 시스템(CA)은 한국과 미국에서 상대적으로 연구 활동을 활발히 진행하고 있는 것으로 관찰되어짐. 또한, QR코드기반 시설물 관리 시스템(CC)을 제외한 스마트 도시 시설물 관리 시스템 분야는 도입 초기 단계로서 향후 국제적인 수요증가에 따른 연구개발 및 출원활동이 가열될 것으로 예상됨



[그림 2.3.16] 시장별 중분류C의 특허동향

(나) 다출원인 특허 집중도 현황

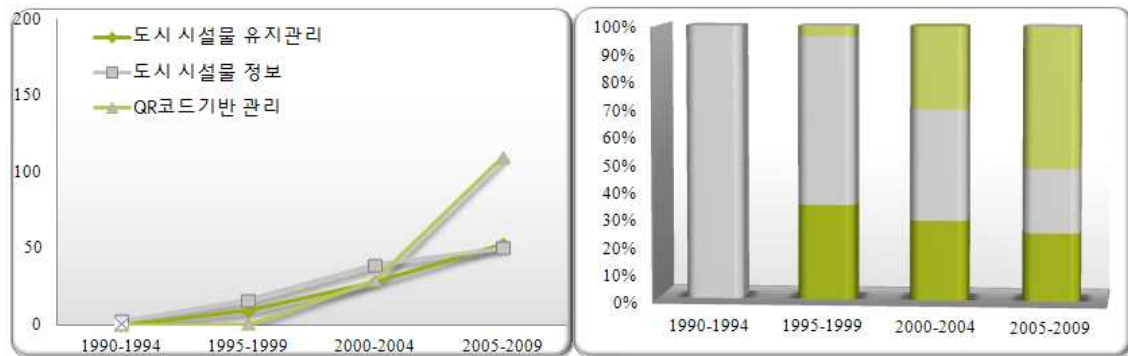
- 스마트 도시 시설물 관리 시스템의 주요출원인 Top5는 HITACHI社, DENSO社, MITSUBISHI社, TOSHIBA社, HONEYWELL INTERNATIONAL (US)로 나타나며, 주력하는 세부기술분야는 DENSO社의 경우 QR코드기반 시설물 관리 시스템, HONEYWELL INTERNATIONAL(US)의 경우 도시 시설물 정보 시스템 분야에서만 출원활동을 보이며 그 외 Top5 안에 있는 주요 출원인들은 각 세부기술별로 연구개발을 하고 있는 것으로 관찰됨



[그림 2.3.17] 다출원인의 중분류C의 특허집중도 현황

(2) 부상 기술 분석

- 연도 구간별 세부기술 추세 동향분석 결과, 최근 5년 사이에 QR 코드기반 시설물 관리 시스템(CC) 기술분야에서 급격한 증가세 추이를 보이는 가운데 점유율 증가 변화폭이 높게 나타나며 이는 해당 기술의 연구개발의 가속화가 진행되고 있음을 시사 함



[그림 2.3.18] 중분류C의 추세를 통한 부상기술

(3) 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 도출

(가) 기술 흐름도8) 분석

- 스마트 도시 시설물 관리 시스템 분야의 출원현황을 연도별로 살펴보면, 도시 시설물 유지관리 시스템을 위한 정보 축적 시스템에 관련된 기술들이 연구개발 초기에 이루어지기 시작하면서 그와 관련된 통합 시스템(Integration system) 구축에 관한 연구 활동을 진행하는 가운데 최근에는 점점 대형화되어가는 정보 시스템의 효율적인 관리를 위한 최적화 시스템(Optimization system)을 도입하여 특허활동 뿐 아니라 논문분야에서 더욱 활발한 연구 활동이 전개됨
- 국가별 특허출원을 살펴보면, 2000년대 이전의 주요 특허들은 미국 및 일본 특허가 주류를 이루고 있는 것으로 나타나는 반면 이후 국내에서 활발한 출원활동으로 해당분야에서 후발주자로 왕성한 연구개발을 추진하고 있음
- 미국 시장국의 경우 대부분의 주요 특허는 패밀리 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 관찰되어 해외시장에서 기술력을 확장을 하고 있는 것으로 보이며 따라서 국내에서도 해당분야의 해외시장에서의 기술 경쟁력을 확보하려는 적극적인 움직임을 보여야 할 것으로 사료됨

8) 부록 [그림 부록-5], [그림 부록-6] 참조

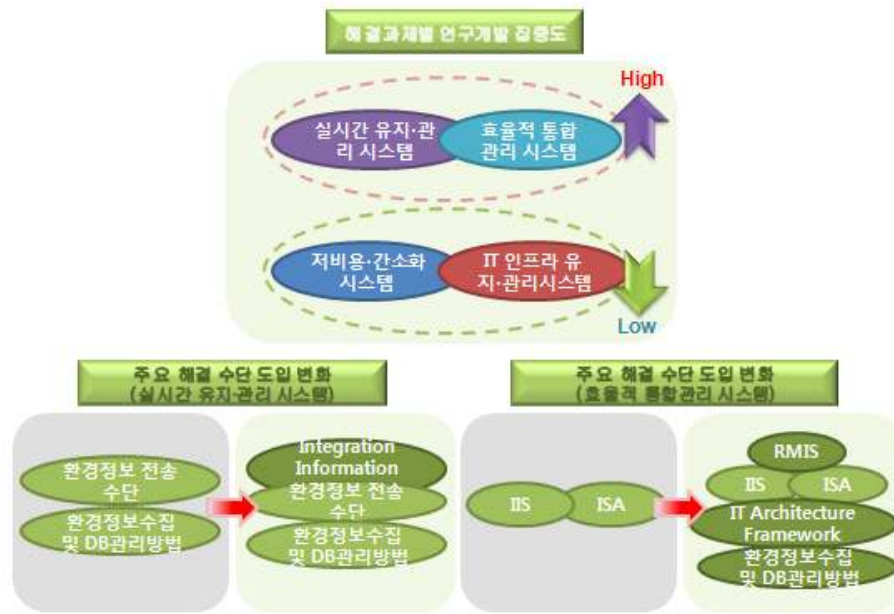
(나) OS 매트릭스 분석

- 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 저비용·간소화 시스템, 실시간 유지관리 시스템, 효율적 통합 관리 시스템, IT 인프라 유지관리시스템 등으로 나눌 수 있음
- 해결수단으로는 환경정보 전송수단, 환경정보수집 및 데이터베이스 관리방법, IIS(Integration Information System), ISA(Integrating Security and Access System), RMIS(Remote Managed Infrastructure Services), IT Architecture Framework 등이 도입되고 있는 것으로 나타남

중분류C			해결과제			
			A	B	C	D
			저비용·간소화 시스템	실시간 유지관리 시스템	효율적 통합 관리 시스템	IT 인프라 유지관리시스템
해결수단	A	환경정보 전송수단	AA(2)	AB(3)	AC	AD
	B	환경정보수집 및 데이터베이스 관리 방법	BA(4)	BB(2)	BC(1)	BD
	C	IIS(Integration Information System)	CA	CB(1)	CC(3)	CD
	D	ISA(Integrating Security and Access System)	DA	DB	DC(3)	DD
	E	RMIS(Remote Managed Infrastructure Services)	EA	EB	EC(1)	ED(1)
	F	IT Architecture Framework	FA	FB	FC(1)	FD(1)

[그림 2.3.19] 중분류C의 OS-Matrix

- 스마트 도시 시설물 관리 시스템의 해결과제별/해결수단별 분석결과, 최근 연구 개발 집중도가 높은 기술 중에 특허출원이 활발하여 현재와 미래의 시장가치가 높은 스타(Star) 기술은 환경정보 전송수단, 환경정보수집 및 데이터베이스 관리방법으로 나타났으며, 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하여 안정적으로 수익 창출의 가능성을 가지고 있는 캐시카우(Cash cow) 기술은 환경정보 전송수단, IIS(Integration Information System), ISA(Integrating Security and Access System)으로 도출됨



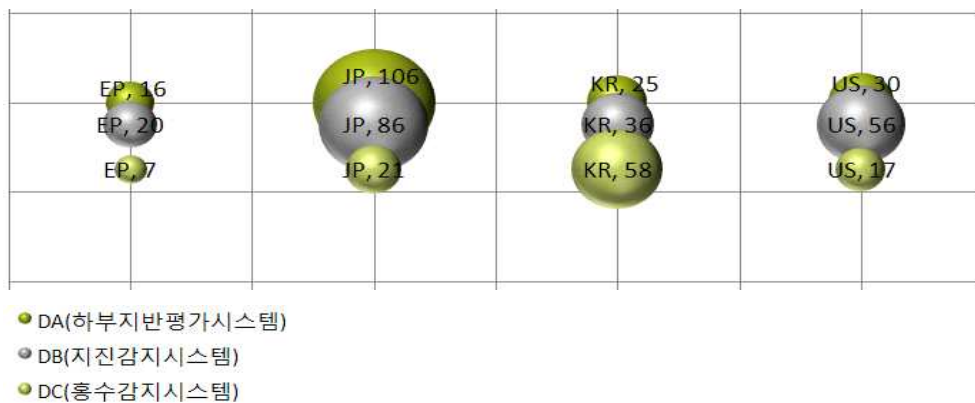
[그림 2.3.20] 중분류C의 종합분석

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템

(1) 세부 기술 동향 분석

(가) 시장별 출원/등록 경향

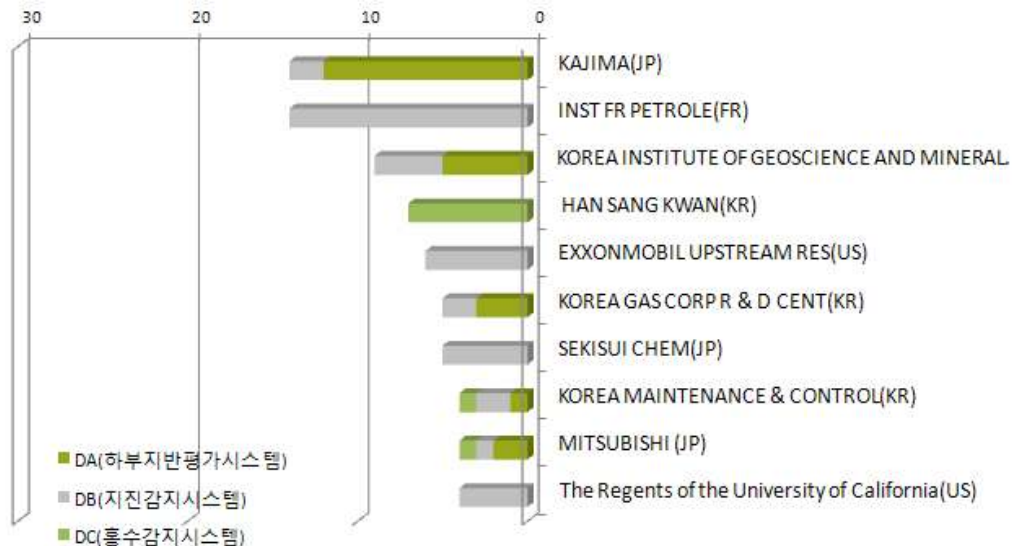
- 도시방재 및 유지관리를 위한 하부지반평가 시스템 분야의 하부 지반 평가 시스템(DA)과 지진 감지 시스템(DB)은 일본이 주요 시장국으로 관찰되어지며, 홍수 감지 시스템(BA) 기술분야는 한국에서 출원활동을 활발히 하는 것으로 나타남



[그림 2.3.21] 시장별 중분류D의 특허동향

(나) 다출원인 특허 집중도 현황

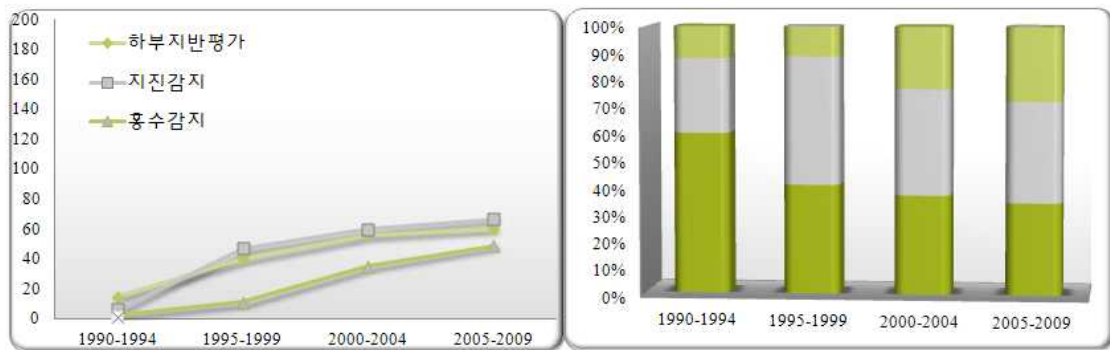
- 도시방재 및 유지관리를 위한 하부지반 평가 시스템의 주요출원인 Top5는 KAJIMA社, INST FR PETROLE(FR), KOREA INS OF GEOSCIENCE AND MINERAL(KR), HAN SANG KWAN(KR), EXXONMOBIL UPSTREAM RES(US)로 나타나며, 주력하는 세부기술분야는 지진 감지 시스템(DB)으로 관찰됨



[그림 2.3.22] 다출원인의 중분류D의 특허집중도 현황

(2) 부상 기술 분석

- 도시 시설물 유지관리 시스템(DA)과 도시 시설물 정보 시스템(DB) 기술 분야에서 1990년대 후반부터 점진적인 성장세 추이를 보이고 있음. 연도 구간별 세부기술 추세 동향분석 결과, 최근 5년 사이에 홍수 감지 시스템(DC) 기술 분야에서 출원건수는 많지는 않지만 높은 증가세 추이를 보이는 가운데 점유율 증가 변화폭이 높게 나타났으며 이는 해당 기술의 연구개발의 가속화가 진행되고 있음을 시사하며, 하부 지반 평가 시스템(DA)과 지진 감지 시스템(DB)은 1990년도 초기구간에서 활발한 출원활동을 보이다가 최근에는 낮은 성장폭을 보이고 있음



[그림 2.3.23] 중분류D의 추세를 통한 부상기술

(3) 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 도출

(가) 기술 흐름도⁹⁾ 분석

- 출원인별 특허출원을 살펴보면, 출원일 기준으로 1990년대 후반에는 일본 출원인에 의해 미동이나 지진파 등을 관측하는 지반 탐사 방법에 관련된 기술들이 출현하였으며, 이후 2000부터 최근 사이에는 미국과 유럽 출원인들에 의해 지표 탐사 및 모니터링 기술 및 자동화 홍수 방지 장치 및 자동 수문 개폐장치에 관련된 특허들이 다수 출원됨
- 홍수 방지를 위한 자동화 시스템 및 자동 수문 개폐 장치에 관련기술에 있어서 유럽과 미국 출원인들의 의해 PCT 출원 및 패밀리 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 비추어볼 때 해당분야에서 수익성 및 해외시장에서 매력적인 기술로 고 평가되고 있는 것으로 분석되며 특허장벽도 높아지고 있는 것으로 판단되므로 국내에서도 해당기술들의 추격을 위해 지속적인 연구개발 및 전략수립 필요할 것으로 사료됨
- 국가별 특허출원을 살펴보면, 2000년대 이전의 주요 특허들은 일본 특허가 주류를 이루고 있는 것으로 나타나는 반면, 이후 국내에서 활발한 출원활동으로 해당분야에서 후발주자로 왕성한 연구개발을 추진하고 있으며 특히 홍수 감지 시스템(DC)의 기술 분야에서 두각을 보임

(나) OS 매트릭스 분석

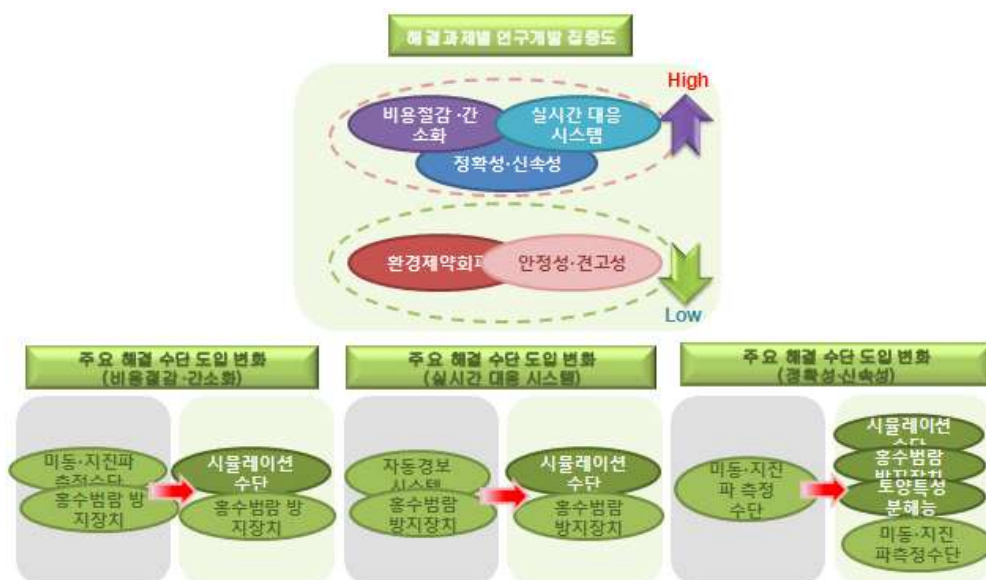
- 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 정확성,신속성, 비용절감, 간소화, 환경제약회피, 안정성, 견고성, 실시간 대응 시스템 등으로 나눌 수 있음
- 해결수단으로는 토양특성 분해능 수단, 미동, 지진파 측정수단, 홍수범람 방지장

9) 부록 [그림 부록-7], [그림 부록-8] 참조

치, 시뮬레이션 수단, 자동 경보 시스템 등으로 나타남

중분류D			해결과제				
			A	B	C	E	D
			정확성·신속성	비용절감·간소화	환경제약 회피	안정성·견고성	실시간 대응 시스템
해결수단	A	도양특성 분해능 수단	AA(1)	AB	AC	AD	AE
	B	미동·지진파 측정수단	BA(3)	BB(3)	BC(3)	BD	BE
	C	홍수범람 방지장치	CA(1)	CB(3)	CC	CD(1)	CE(2)
	D	시뮬레이션 수단	DA(1)	DB(1)	DC	DD	DE(2)
	E	자동 경보 시스템	EA	EB	EC	ED	EE(2)

[그림 2.3.24] 중분류D의 OS-Matrix



[그림 2.3.25] 중분류D의 종합분석

- 해결과제별/해결수단별 분석결과, 최근 연구개발 집중도가 높은 기술 중에 특허 출원이 활발하여 현재와 미래의 시장가치가 높은 스타(Star) 기술은 홍수범람 방지장치로 나타났으며, 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하여 안정적으로 수익 창출의 가능성을 가지고 있는 캐시카우(Cash cow) 기술은 미동·지진과 측정수단으로 도출됨

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

(1) 세부 기술 동향 분석

(가) 시장별 출원/등록 경향

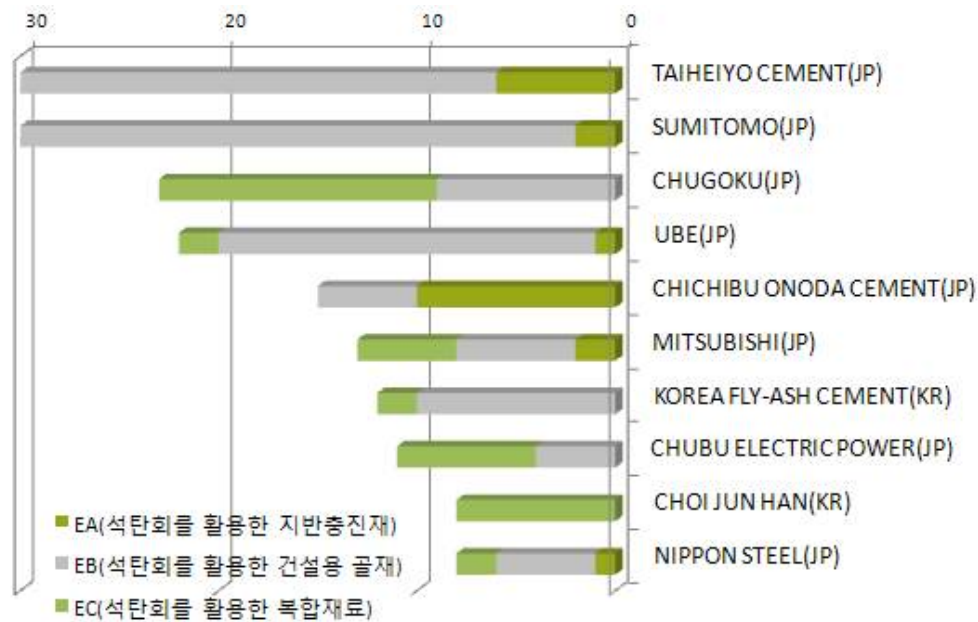
- 석탄회 재활용 건설재료개발 분야의 주요 시장국은 일본으로 관찰되며, 석탄회를 활용한 건설용 골재(EB)와 석탄회를 활용한 복합물(EC) 기술분야에서 연구 활동이 활발히 진행되는 것으로 나타나는 가운데 미국과 유럽은 해당분야에서 미미한 출원활동을 보임



[그림 2.3.26] 시장별 중분류E의 특허동향

(나) 다출원인 특허 집중도 현황

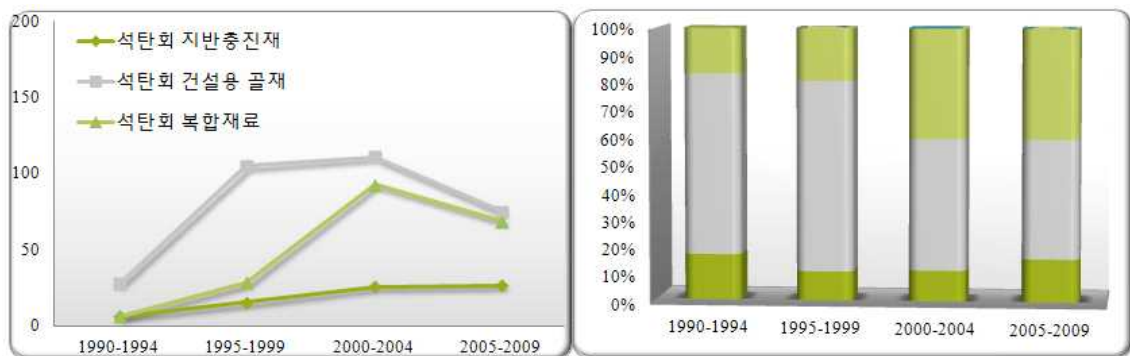
- 석탄회 재활용 건설재료개발의 주요출원인 Top5는 TAIHEIYO社, SUMITOMO社, SHUGOKU社, UBE社, CHICHIBU ONODA CEMENT社로 나타나며, 주력 세부기술분야는 석탄회를 활용한 건설용 골재(EB)로 관찰됨



[그림 2.3.27] 다출원인의 중분류E의 특허집중도 현황

(2) 부상 기술 분석

- 연도 구간별 세부기술 추세 동향분석 결과, 석탄회를 활용한 건설용 골재(EB) 기술분야는 1990년도 초기구간에 급격한 증가세를 보이는 가운데 2000년도에 진입하여 낙폭으로 보이고 있으며 석탄회를 활용한 복합물(EC) 기술분야는 1990년도 후반부터 성장세 추이를 보이다가 최근 5년 사이에 감소세를 보임 반면, 석탄회를 활용한 건설용 골재(EA) 기술분야는 상대적으로 출원건수는 많지 않지만 점진적인 증가세를 보임



[그림 2.3.28] 중분류E의 추세를 통한 부상기술

(3) 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 도출

(가) 기술 흐름도¹⁰⁾ 분석

- 시계열별 출원인의 활동을 살펴보면, 출원일 기준으로 2000년대 초반에는 주로 국내 출원인에 의해 바텀애쉬를 사용한 투수성 향상 및 고강도 콘크리트 조성물에 관련된 기술들이 출현하였으며, 이후 최근 5년 사이에는 국내 및 일본 출원인에 의해 도로포장재 및 고강도 혼합 성토재 기술과 미국과 유럽 출원인들에 의해 CLS(Controlled low strength) 조성물과 인공경량골재 관련된 특허들이 출원됨
- 논문활동을 살펴보면, 2009년도에는 주로 바텀애쉬를 사용한 최적배합 및 배합요인과 관련한 연구개발이 이루어졌으며, CLSM(Controlled low strength material) 관련한 논문발행은 최근까지 다수 진행되고 있는 것으로 나타남
- 해당기술은 유럽과 미국 출원인들의 의해 PCT 출원 및 패밀리 특허를 다수 보유하고 있는 반면 바텀애쉬를 재활용한 콘크리트 및 도로포장재에 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 국내 출원인들은 아직까지 해외출원을 진행하고 있지 않는 것으로 관찰되며, 해외 출원인에 의해 높아지고 있는 특허장벽에 대한 대비책으로 핵심적인 기술개발을 통한 PCT 국제출원을 도모하여 국제적인 시장력을 확보해야 함

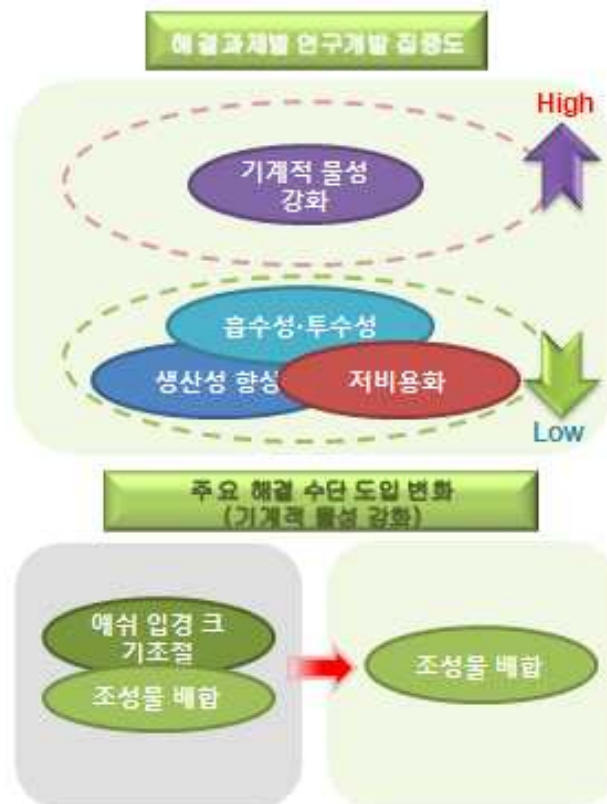
(나) OS 매트릭스 분석

- 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 흡수성, 투수성, 생산성 향상, 저비용화, 기계적 물성 강화 등으로 나눌 수 있음
- 해결수단으로 토양특성 분해능 수단, 미동, 지진파 측정수단, 홍수범람 방지장치, 시뮬레이션 수단, 자동 경보 시스템 등이 도입되고 있는 것으로 나타남
- 석탄회 재활용 건설재료개발 분야의 해결과제별/해결수단별 분석결과, 최근 연구개발 집중도가 높은 기술 중에 특허출원이 활발하여 현재와 미래의 시장가치가 높은 스타(Star) 기술과 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하여 안정적으로 수익 창출의 가능성을 가지고 있는 캐시카우(Cash cow) 기술은 공통적으로 조성물 배합(배합비율조절) 기술로 도출됨

10) 부록 [그림 부록-9], [그림 부록-10] 참조

중분류E			해결과제			
			A	B	C	D
			흡수성·투수성	생산성 향상	저비용화	기계적 물성 강화
해결수단	A	적층구조	AA(1)	AB	AC	AD
	B	첨가물 배합	BA(1)	BB(3)	BC	BD
	C	조성물 배합	CA(3)	CB(2)	CC(5)	CD(9)
	D	애쉬(Ash)입경 크기조절	DA	DB	DC	DD(2)

[그림 2.3.29] 중분류D의 OS-Matrix



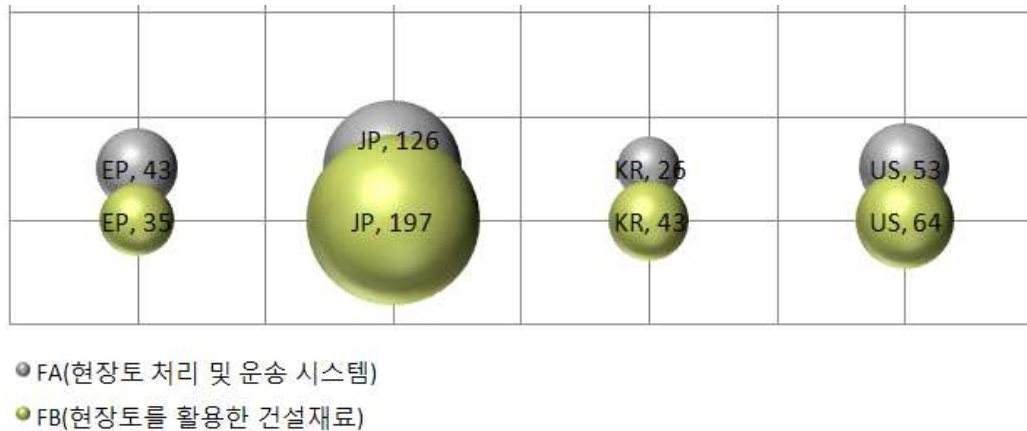
[그림 2.3.30] 중분류E의 종합분석

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발

(1) 세부 기술 동향 분석

(가) 시장별 출원/등록 경향

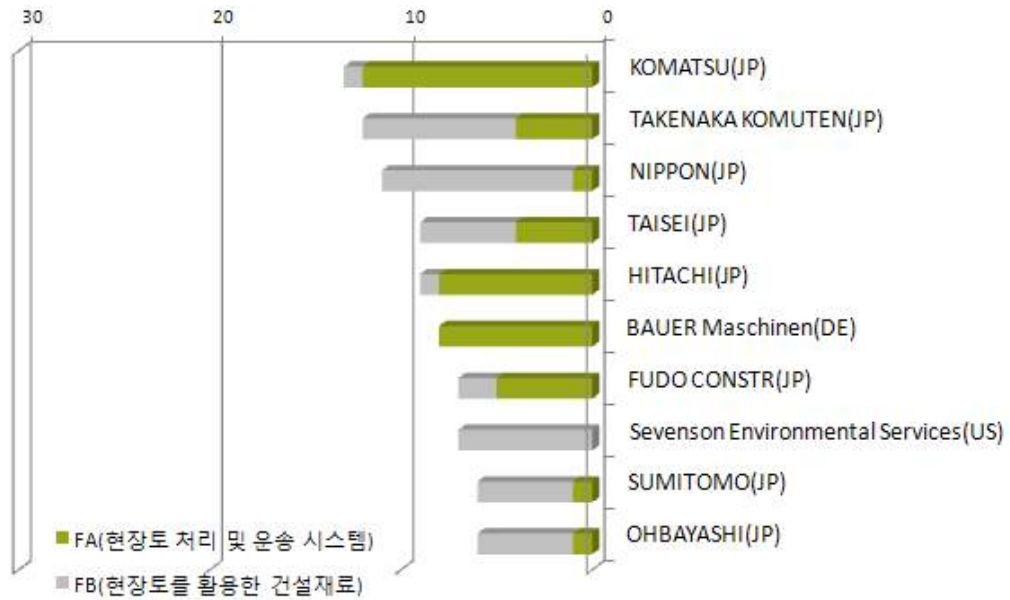
- 주요 시장국은 일본으로 관찰되며, 현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료 (FB) 기술분야에서 연구개발이 활발히 진행되는 것으로 나타나는 반면 유럽의 경우 현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료(EA) 기술분야에서 많은 출원 활동을 보임



[그림 2.3.31] 시장별 중분류F의 특허동향

(나) 다출원인 특허 집중도 현황

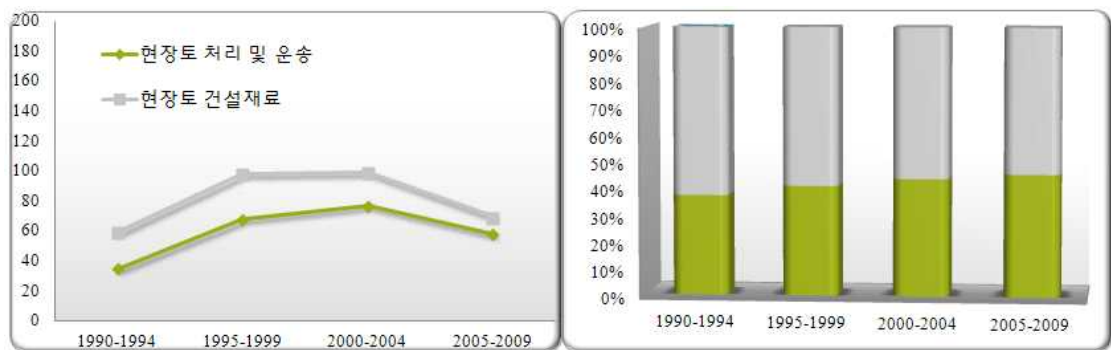
- 현장발생토 친환경 처리 및 응용기술개발의 주요출원인 Top5는 KOMATSU社, TAKENAKA KOMUTEN社, NIPPON社, TAISEI社, HITACHI社로 나타나며, 주력하는 세부기술분야는 KOMATSU社와 HITACHI社의 경우 현장발생토 친환경 처리 및 운송 시스템(FA) 이외 Top5안에 주요 출원인들은 현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료(FB)로 관찰됨



[그림 2.3.32] 다출원인의 중분류F의 특허집중도 현황

(2) 부상 기술 분석

- 연도 구간별 세부기술 추세 동향분석 결과, 현장발생토 친환경 처리 및 운송 시스템(FA)과 현장발생토를 활용한 성토 및 무시멘트 재료(FB) 기술분야는 1990년도 초기구간에 활발한 연구활동을 보이다가 최근 5년 사이에 감소세를 보이며, 현장발생토 친환경 처리 및 운송 시스템(FA) 기술분야는 해당분야에서 높은 점유율을 확보함



[그림 2.3.33] 중분류F의 추세를 통한 부상기술

(3) 핵심 기술에 대한 R&D 방향성 및 전략 도출

(가) 기술 흐름도¹¹⁾ 분석

- 해당기술의 주요 플레이어인 일본 출원인에 의해 1990년도 초반부터 최근까지 다수 출원되고 있으며, 초기구간부터 중기까지 현장토 유효처리방법이나 현장토 고화처리(경화제) 방법과 관련한 기술들의 개발이 이루어지다가 1990년도 후반부터 최근까지 한국과 유럽, 일본 출원인들에 의해 현장발생토(잔토)를 활용한 콘크리트 제조방법, 뒹채움재/틈막이 공법, 무시멘트 조성물 등의 건설재료에 관한 개량기술들이 개발되고 있음
- 주요 특허포트폴리오의 기술흐름을 살펴보면, 1992년도 유효 이용을 위한 운송 및 처리 방법을 시작으로 현장잔토의 탈수효율을 높이기 위한 고화처리와 관련된 출원활동이 1990년대 후반까지 지속적으로 관찰되어지다가 최근에는 2009년도 친환경적인 현장발생토의 처리 및 재사용을 위한 무시멘트 알칼리 활성결합재와 관련한 특허들이 출원되고 있음
- 최근 국내 출원인에 의해 무시멘트 알칼리 활성 결합재의 경화속도를 조절할 수 있는 알칼리성 무기질재료를 압축강도를 유지할 수 있는 함량비로 사용함으로써 작업성과 강도의 안전성을 높일 수 있어 보다 향상된 기능성을 갖는 조성의 무시멘트 알칼리 활성 결합재를 제공하는 개량기술이 개발되었음

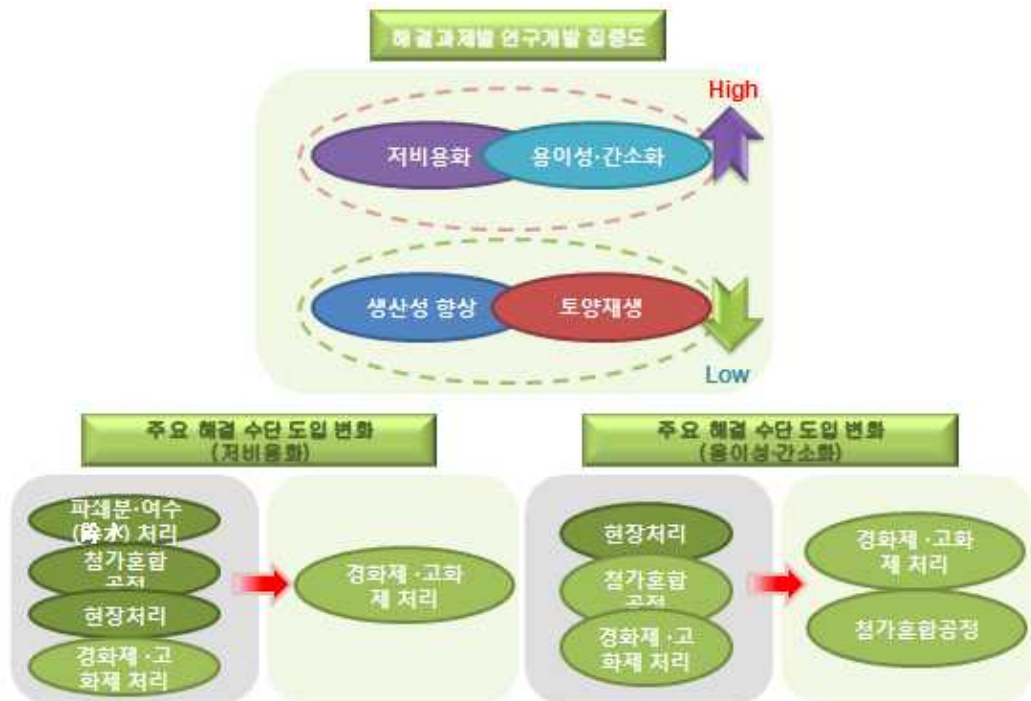
(나) OS 매트릭스 분석

- 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 저비용화, 생산성 향상, 용이성, 간소화, 토양재생 등으로 나눌 수 있음
- 해결수단으로는 파쇄분, 여수(餘水) 처리, 경화제, 고화제 처리, 현장처리, 첨가 혼합공정, 중화처리 등이 도입되고 있는 것으로 나타남
- 현장 발생토 친환경 처리 및 응용기술개발의 해결과제별/해결수단별 분석결과, 최근 연구개발 집중도가 높은 기술 중에 특허출원이 활발하여 현재와 미래의 시장가치가 높은 스타(Star) 기술은 경화제, 고화제 처리로 나타났으며, 시계열적으로 기술도입 변화추이가 존재하여 안정적으로 수익 창출의 가능성을 가지고 있는 캐시카우(Cash cow) 기술은 첨가혼합공정으로 도출됨

11) 부록 <그림 부록-11>, <그림 부록-12> 참조

중분류F			해결과제			
			A	B	C	D
			저비용화	생산성 향상	용이성·간소화	토양재생
해결수단	A	파쇄분·여수(餘水) 처리	AA(2)	AB(2)	AC	AD
	B	경화제·고화제 처리	BA(2)	BB(1)	BC(4)	BD
	C	현장처리	CA(2)	CB	CC(2)	CD
	D	첨가혼합공정	DA(1)	DB(2)	DC(2)	DD(1)
	E	중화처리	EA(1)	EB	EC	ED(1)

[그림 2.3.34] 중분류D의 OS-Matrix



[그림 2.3.35] 중분류F의 종합분석

3. 특허 분석 종합

- 연도별 특허동향에서 살펴보면, 해당 기술 분야의 특허출원 건수가 지속적으로 증가하고 있고, 성장단계에서도 일본의 제외한 분석대상 국가 모두에서 발전기 단계에 있는 것으로 분석됨에 따라, 향후 국내외 시장에서 해당 기술분야의 기술선점을 위한 연구개발 활동은 반드시 필요한 것으로 판단됨
- 특히, 부상기술로 떠오르고 있는 기술로는 도로 및 도로 주변 시설관리 로봇시스템(AA), 도시 시설물 유지관리 시스템(CA, CB), 지진감지시스템 및 홍수감지시스템(DB, DC)이 있음. 도로 및 도로 주변 시설관리 로봇시스템(AA)의 경우 해당분야에서 기술 유사도가 가장 높은 IROBOT社의 장애물 감지기술이나 계단을 오를 수 있는 무한궤도 플랫폼 특허에서 특허분쟁 사례가 발생하는 등 특허장벽이 강화되고 있으므로 국내 기술 경쟁력 확보를 위한 추격기술의 개발이 필요할 것으로 판단됨. 도시 시설물 유지관리 시스템(CA, CB) 기술분야는 해외의 특허장벽 및 국내의 기술경쟁력이 모두 그리 높지 않아, 향후 기술선점을 통한 시장지배력 확보 가능성이 매우 높은 분야로 판단됨. 지진감지시스템 및 홍수감지시스템(DB, DC) 기술분야는 최근 국·내외 출원활동이 증가하고 있는 기술로 해외 특허장벽이 미약한 반면, 국내 기술경쟁력이 상대적으로 높음에 따라 기술우위선점이 가능한 분야로 판단.
- 최근 유럽, 미국, 중국, 일본 등 정부의 강력한 지원과 요소기술력을 가진 일본 기업과 미국정부의 협력관계 등 국제정세에 따라 스마트 타운과 관련된 기술들을 둘러싼 국제경쟁과 협력관계의 전개가 가열될 것으로 예상됨
- 한국은 타 국적 기업들에 비해 IT 기술분야의 급속한 발달로 첨단 IT산업에서 주요한 위치와 기술력을 확보하였으며 이로 인한 IT 융합기술인 해당 기술분야에서 유리한 입장에 서 있으므로 기술력 선점을 위한 시장경쟁력 있는 연구개발과 함께 지적재산권 선점을 위한 적극적인 특허 활동을 통해 글로벌 IP 시장에서의 우위를 확보하는 데에 주력해야 할 것이라 사료됨
- 정량분석에서의 세부기술별 부상기술 분석과 OS 매트릭스 분석을 통한 종합결과는 표 9와 같음

[표 2.3.5] 정량분석과 OS 매트릭스 분석을 통한 종합결과

분석 항목	정량분석	심층분석(OS Matrix분석)	
분석항목 분류항목	세부기술별 부상기술	스타(Star)	캐시 카우 (Cash Cow)
도로 및 주변 시설물 자동 유지관리 로봇시스템	도로 및 주변 시설물 관리 로봇시스템(AA)	환경정보습득, 자율 회피수단	환경조사 및 관정수 단
수상(중) 및 수변유지관 리 자동화 시스템	—	조립식수거장치	기름수거장치, 통합 수거장치
스마트 도시 시설물 관리 시스템	도시 시설물 유지관리 시 스템(CA)	환경 정보 수집 및 데이터베이스 관리 방법	환경정보 전송수단, IIS, ISA
도시방재 및 유지관리를 위한 하부지반평가시스템	지진 감지 시스템(DB)	홍수범람방지장치	미동·지진파 측정수 단
석탄회 재활용 건설재료개 발	—	조성물배합 (배합비 율조절)	—
현장 발생토 친환경 처리 및 응용기술개발	—	경화제·고화제처리	첨가혼합공정

제4절 국내외 정책 동향 분석

1. 정책 동향 분석 개요

- 기술별 국내외 주요 정책 이슈를 도출하고, 경쟁 국가의 기술 정책 및 추진전략 등 동향을 분석
- 국내 건설교통기술 관련 계획 및 제도 문헌조사
- 주요 국가별 (한국, 미국, 유럽, 일본) 정책 동향을 구분하여 제시

2. 기술별 국내외 정책 동향 분석

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

(1) 국내 정책 동향

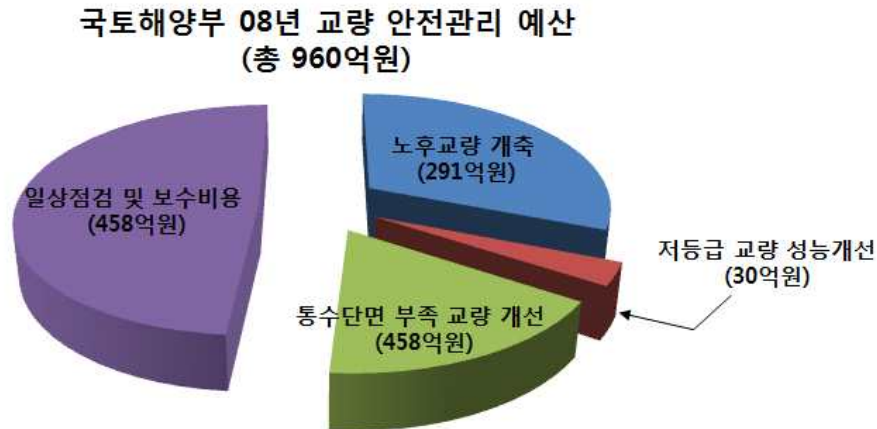
(가) 시설물 유지관리 국내 정책

- 2008년 국토해양부¹²⁹에서는 약 940억 원 규모의 교량 안전관리 계획을 발표함. 노후교량(17개교) 개축에 291억 원, 저 등급 교량(9개교) 성능개선에 30억 원, 통수단면 부족 교량(14개교) 개선에 161억 원, 일상점검 및 보수비용으로 458억 원을 투자함
- 시 특별 대상 시설물 38,929개소 중 정밀안전진단대상은 4,110개소이며, 최근 3년간 안전점검 및 정밀안전진단의 수주규모는 연평균 688건임¹³⁰

[표 2.4.1] 시설물 유지관리업 계약실적 변화추이 (단위: 건당 백만원)

구분	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	연평균 증가율
건수	5,696	13,877	20,806	22,260	24,897	25,535	30,060	31.9%
증감율		143.6%	49.9%	7.0%	11.8%	2.6%	17.7%	
금액	377,519	774,074	1,013,506	1,134,412	1,268,104	1,329,885	1,488,203	25.7%
증감율		105.0%	30.9%	11.9%	11.8%	4.9%	11.9%	

자료: 대한전문건설협회 (2006), '2006년도 통계연보'



[그림 2.4.1] 2008년도 국토해양부 교량 안전 관리 예산

- 현재 국가적으로 『시설물의 안전관리에 관한 특별법(법률 제 7515호, 2005. 5. 26. 공포·시행, 2009.12.29 일부 개정)¹³¹』을 제정하여 시행하고 있으며, 현재 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』에 의거하여 지정·관리되는 1, 2종 시설물은 약 30,000여 개소 이상임
- 서울특별시의 시설물 안전 및 유지관리 예산추이를 보면 1994년 299억 원을 기준으로 매년 지속적으로 증가하고 있으며, 교량의 보수·보강 편성된 예산은, 2003년 2,300억 원의 69%인 1,587억 원이 마포대교 등 한강교량 13개소 보수·보강에 예산이 편성되었으며, 2004년에는 전체 1,894억 중 약 74%인 1,397억 원이 노량대교 및 일반교량 24개소의 보수·보강에 편성됨
- 현재 안전 및 유지관리를 법령에 제시된 주기에 맞추기 위해 실시하거나, 안전에 심각한 문제가 발생해야만 안전점검·진단과 보수·보강 등을 실시하는 수준으로 실효성 있는 시설물 관리가 미흡
 - － 시공단계에서는 LCC분석과 관련해 부분적으로 제도화가 되어 있으나, 유지관리단계에서는 생애비용 효율화를 위한 예방적 유지관리 제도가 없는 실정
 - － 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 평가 표준화, 자산 가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 통합 시스템이 구축되어야 하나 부분적인 요소기술만 개발된 실정
 - － 향후 예방적 유지관리를 위해 필요한 요소기술, 제도마련 등의 마스터플랜을 수립하고 추진하여 예방적 관리체계로의 전환 유도 필요

(2) 국외 정책 동향

(가) 국가별 안전관리 정책의 주요 특징¹³²

- 시설물 안전관리 분야에서 미국, 일본, 유럽(영국, 덴마크)이 선진화 된 기술을 보유하고 있으며, 각 국가별로 다음과 같은 특징이 있음
- 미국 교통성의 연방고속도로청의 발표에 의하면 교량 보수·보강 또는 교체에 필요한 예산은 1992년 기준으로 780억 달러에 이르며, 불량 교량 관리에만 연간 52억 달러가 필요한 것으로 파악됨¹³³
- 2010년 미국연방정부는 안전, 측정가능성, 유연성, 효율성의 교통 자본 법령을 제정하였으며 안전, 측정가능성, 유연성, 효율성의 교통 자본 법령을 제정함. 2006년부터 2009년까지였던 고속도로 연구 프로그램에 대한 예산을 2010년 12월까지로 연장하였으며, NIST(National Institute of Standards and Technology)는 약 88백만불의 예산을 투입하여 향후 5년 동안 구조 건전도 모니터링을 위한 센서 개발 연구에 투입하기로 결정함¹³⁴

[표 2.4.2] 국가별 안전관리 정책

구 분	기본 방향	활용 분야
미 국	• 네트워크 개념 : 예산, 투자우선순위, 집행결과에 대한 효과분석 등을 안전관리 개념에 따라 수행 • 프로젝트 개념 : 점검방법, 상태평가 방법, 점검일정수립, 보수이력기록 등의 개념에 따라 시행	• 시설물별 의사결정체계 도입 • 정부 주도 하의 표준기술지침서 전자화 • 정책수립 결정을 위한 다양한 보고서 작성 기능 • 표준분류체계의 정립
일 본	• PC Network의 일원화 • 안전관리 비용절감에 중점 • 이상 발생 시 신속한 대응을 지원할 수 있도록 구축	• 건설사업 전체에 있어서 전자데이터 공유 • 준공도서의 표준화 방안
유 럽	• 예산수립, 우선순위 선정, 투자효과 분석 등 종합적 시스템으로 구축	• 인터넷 기반의 시설물 안전관리 개념 도입

(나) 첨단기술을 도입한 건설 융합기술 연구 개발 사업¹³⁵

- 미국은 NSF(National Science Foundation) 산하에 CMS(Civil and Mechanical System)를 두어 건설기술과 관계된 NT, IT, ET 등의 첨단기술을 중점적으로 육성함
- 영국은 SEFP(Sixth EU Framework Programme)를 통하여 제반요소들의 기술

간 융합을 장려하고, 타산업간 융합을 통한 신기술개발 및 기존의 기술의 혁신을 목표로 세부사업 추진 중

- 일본은 1985년부터 건설기술과 IT의 접목을 통한 기존 기술의 혁신 및 신기술 창조를 목표로 JACIC(Japan Construction Information Center)사업을 추진하고 있음

[표 2.4.3] 해외의 대표적인 건설관련 융합기술개발 사업¹³⁶

국 명	사업	융합기술분야	주요참여기관	시작연도	종료연도
미 국	CMS	건설/6T	NSF	1997	계속
미국	CERF	건설/IT/NT/ET	ASCE	1989	계속
미국	FLATECH	건설/IT	다국적기업/대학	2002	계속
영국	SEFP	건설/6T	유럽의 공공 및 민간단체	2002	2006
일본	JACIC	건설/IT	일본 건설성	1985	계속
핀란드	VTT-CE	건설/IT/RT	VTT 연구소	2000	계속

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

(1) 국내 정책 동향

(가) 수질오염 총량 관리제도¹³⁷

- 국가적으로 수질 오염을 관리하기 위하여 기존에는 생활하수, 산업폐수 등의 배출허용기준(농도)을 정하여 관리하였으나, 도시화, 산업화 등으로 오·폐수 배출량이 많아져 개별 오염원에서 배출허용기준을 준수하더라도 하천에 유입되는 오염물질의 양이 늘어나 수질 환경 기준을 초과하는 제도적 한계에 도달하여 4대강 특별법 제정과 함께 오염 총량 관리제도를 도입
- 오염총량관리제도는 관리하고자 하는 하천의 목표수질을 정하고, 목표 수질을 달성하기 위한 수질오염물질의 허용총량을 산정하여, 해당 유역에서 배출되는 오염물질의 배출총량을 허용총량 이하로 규제

- 환경부는 1단계 (2004~2010) 수질오염 총량제를 위반한 지자체로 광주광역시, 김제시, 청원군, 나주시, 장성읍, 정읍시, 총 6개 지자체를 확정하였으며 오염 초과량이 해소될 때까지 개발 사업이 제한됨

(나) 친수구역 활용에 관한 특별법¹⁶⁴

- ‘친수구역 활용에 관한 특별법’은 기존의 하천법이 하천을 단순히 홍수범람 및 수해방지, 수자원 관리 등의 생산적, 방재적 기능을 담당하는 도시내 자연환경 요소로만 간주하여, 도시내 다른 공간과의 괴리감이 있다는 점을 극복하기 위한 제도적 해결 방안으로 2010년 12월 제정 및 2011년 4월 시행
- 하천의 기능은 치수와 이수뿐만 아니라 ‘친수’라는 개념을 적극 도입하여 인간이 하천에서 추구하는 다양한 활동 및 공간에 대한 욕구를 충족시키고, 다른 도시 공간과 친수공간 주변과의 조화를 통해 도시내 자연환경의 보존과 수변의 물리적, 사회·경제·문화적 잠재력을 다양한 계획행위를 통해 극대화 하기 위한 목적을 지니고 있음

(다) 친수공간 유지관리비용

- 2012년 3월 국토해양부는 4대강 사업 시설물 유지관리비에 대해 지역 주민의 편의를 위한 ‘친수시설’은 지자체가 50% 비용을 부담해야 한다고 밝힘

(라) 제 4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020)¹⁶⁰

- 국토해양부의 제 4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020)에 따르면 정부는 자연 친화적이고 안전한 국토공간 조성을 계획하고 있음
- 강과 수변공간 및 주변지역의 계획적이고 통합적인 관리, 하천공간 정비, 다양한 문화콘텐츠 및 프로그램 개발 등을 통해 하천을 문화·레저·여가 활동 등이 가능한 다목적 공간으로 이용하고 새로운 하천 문화를 창출하는 것이 주요 내용임

(마) 댐 주변 친수환경 조성¹⁶¹

- 국토해양부에서는 댐 주변 친수환경 조성을 위해 계획단계부터 상세설계 및 유지관리단계까지 친환경적인 설계기법을 도입하여, 주변 생태계의 유지와 복원, 댐 주변 자연의 특성과 대상지역의 사회적, 문화적, 역사적 특수성을 고려한 개발과 보전의 조화를 이룰 수 있는 계획을 수립하고 특히 지역 특색 및 정체성을 살릴 수 있도록 친수환경 시설을 계획
- 구체적으로는 지역경제활성화를 위한 친수공간조성, 친환경 재료(향토 자연재

료, 다공질 투수성 재료, 재활용재료 등)을 이용한 친수공간 조성, 생태 모니터링 수행 등이 있음

(2) 국외 정책 동향

(가) 해외 수질관리정책¹³⁷

- 미국은 1972년부터 점오염원에 대하여 기술적으로 달성 가능한 최소배출량을 지정하여 허가하는 기술중심(Technology-based)의 NPDES(National Pollutant Discharge Elimination System)제도를 시행하였으나, 수질이 개선되지 않고 환경단체의 소송에 따라 1992년부터 TMDL을 본격적으로 시행. 주 정부 등은 수질기준을 초과하는 오염된 수계를 파악하고 수질기준을 달성할 수 있도록 수계의 최대 일일 오염 부하량(TMDL, Total Maximum Daily Loads)을 조사, 산정하여 비점 및 점 오염원에 오염 부하량을 할당하고, 개별 오염원은 할당된 오염 부하량을 이행하기 위한 법적, 재정 계획을 수립하여 추진하고 목표달성여부를 지속적으로 평가하는 제도를 시행
- 일본은 폐쇄성 해역의 수질을 개선시키기 위하여 실행 가능한 삭감목표량 및 달성 목표년도를 정하고 이를 지방정부와 발생 오염원에 할당이행
- EU는 1990년 이후 수체의 자정능력을 고려한 배출기준 설정하는 개념을 정착하는 등 오염 총량제를 직접 시행 하지는 않지만 오염총량제의 원리에 입각하여 점오염원의 폐수관리를 추진, 1990년 중반이후 수질, 대기, 폐기물 등 매체별 배출허가에서 개별 배출원에 대한 종합적인 배출허가를 하는 종합사전오염방지(IPPC, Intergrated Pollution Prevention Control) 개념으로 전환하여 오염물질에 대한 총체적인 관리 시작

(나) 해외(미국) 친수 공간 관련 제도 및 지원 정책¹³⁸

- 미국의 수변 공간과 관련하여 연방정부 차원의 제도 및 정책은 크게 홍수 조절 및 재해방지를 위한 제도 및 프로그램으로 나눌 수 있으며, 연방 홍수 보험 프로그램(The National Flood Insurance Program; NFIP), 연안역관리법(The Coastal Zone Management Act) 등이 있음
- 뉴욕 주정부에서 수변지역 개발 정책을 담당하는 부서는 연안자원부(Division of Coastal Resources)이며, 1982년 이래 각 지방정부 및 커뮤니티와 협력하여 지역 수변공간 재생 프로그램(Local Waterfront Revitalization Program)을 추

진하고 있음

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

(1) 국내 정책 동향

(가) 국내 도시 시설물 안전관리 정책

- “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의거, 국가주요 1,2종시설물 약 40,000여 개소가 관리되고 있으나, 시설물 관리 주체별로 안전관리 시스템을 구축 운영하고 있어 시스템간 연계성이 미흡하고 정보공유에 한계가 있음
- 실제 2003년 태풍 루사와 매미의 피해액은 각각 9조 485억원, 6조 7,380억원에 이르며 기존 설계시 고려하였던 것 보다 큰 외력이 작용 하였음

[표 2.4.4] '04~'08 5년간 도로관리 부문 투자현황 (단위: 억원)

구 분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	5년간('04~'08)	
						연평균 투자	연평균 증가율
○ 도로관리	7,058	7,860	7,854	8,029	7,652	7,691	2.0%
국도시설안전개선	1,474	1,263	1,461	1,585	1,435	1,444	-0.7%
국도유지관리	34	35	593	581	599	368	104.9%
국도유지보수	4,785	4,784	4,554	4,501	4,237	4,572	-3.0%
국도시설개량	520	820	888	805	778	762	10.6%
첨단도로교통체계	245	958	350	460	500	503	19.5%
공무원연금부담금	-	-	8	2	2	4	-50.0%
제주구국도유지관리	-	-	-	95	101	98	6.3%

자료: 국토해양부 (2008.07.07), '도로교량 및 터널현황'

- 국토부 통계자료를 보면 전체 도로관리 예산은 연평균 2.0%증가하였으나, 국도 유지관리의 비율은 평균 100%이상 증가 특히 2005년~2006년은 2000% 가까이 증가한 것으로 조사됨

추진과제	소요예산 (백만원)
비 전 : 안전한 삶을 누릴 수 있는 시설물 안전 확보	28,690
1. 안전 및 유지관리 체계 개선	570
1-1. 안전관리 체계 개선	-
1-2. 보수·보강 체계 개선	570
2. 안전 및 유지관리 조직 / 기술자 역량강화	770
2-1. 시설물 관리주체의 기술력 향상	440
2-2. 부실업체 퇴출유도 및 우수업체 육성	180
2-3. 안전 및 유지관리 기술자 역량 강화	150
3. 신기술기반 안전 및 유지관리 선진화 실현	27,350
3-1. 예방적 유지관리 체계 확립	1,550
3-2. 유비쿼터스기술 활용 시설물 안전관리의 선진화	25,800

자료: 국토해양부 고시 (07.12), '시설물의 안전 및 유지관리 기본계획'

- 국토부 고시 “시설물의 안전 및 유지관리 기본계획”의 추진계획을 보면 시설물 안전 확보에 총 286억원의 예산을 2008~2012년에 배정하였으나, 2012 현재 실제 적 수치모델이 결합된 유지모형 개발이 미비하고 센서에 의존하는 단순 파악 모델에 머무르는 한계를 보임
- 시설물의 상태를 파악하여 데이터베이스에 등록시키는 절차가 간단하며, 주기적 입력을 통해 향후 악화상태를 예상할 수 있는 predictive한 모형이 필요함

(2) 해외 정책 동향

(가) 해외 각국의 공공시설물 관리 시스템 도입 현황

- 미국을 포함한 유럽, 일본 등 선진외국의 사례를 보면, 공공시설물 자산에 대한 유지관리 비중이 매우 높아지고 있음. 이에 따라 자시ks의 정량적 평가를 통한 시설물의 서비스수준 파악과 이에 근거한 예산투자 의사결정의 필요성이 증대

되어 표와 같이 1990년대 중반 이후부터 자산평가나 자산관리기법 도입을 제도적으로 명문화하고 구체적인 실천방안을 연구하고 단계적으로 시행해나가고 있음¹³⁹

- 뉴질랜드의 경우 Local Government Act 2002의 제정, 그리고 New Zealand Equivalent to international Accounting Standard 16 Property, Plant and Equipment의 최근 승인과 함께 NAMS(National Asset Management Steering) 그룹에서는 지역 정부의 지침의 최근 내용을 제공하기 위해 이전의 “New Zealand Infrastructure Asset Valuation and Depreciation Guidelines 2002”개정 필요성을 인식하고 있으며 이를 위해 초기 지침의 내용을 새로운 요구사항에 맞추어 개정함¹⁴⁰

(나) 국외의 시설물분야 스마트 정보화시스템 현황

- 영국에서는 GIS의 선두 업체인 ESRI가 국영 및 사설 기관의 여러 업체에 시스템 구축 사례를 가지고 있으며, 영국 철도의 시설물 관리도 GIS 베이스로 구축되어 운영 중. 이를 참고로 연구 개발 중인 시설물 정보화시스템들은 대개의 경우 GIS와 ArcIMS를 이용한 인트라넷 환경으로 구축하고 있음
- 파리의 지하철은 TGV의 지중해 일부 구간에 대하여 시설물관리를 GIS로 구축하여 운영 중에 있으며, 준공당시의 자료를 근거로 주제도를 작성하여 효율적인 GIS 정보화 체계로 시설물을 관리하고 있음. 또한 시설물 중심으로 중요하게 관리되는 이력정보 등의 관리가 별도의 시스템으로 관리 운영되고 있음

[표 2.4.5] 해외의 시설물 관리 시스템 도입 현황 및 효과

국가	법제화	내용
호주/ 뉴질랜드	1996년 지방 정부의 경제적, 효율적 재정관리를 위한 Local Government Amendment Act(LGA No.3) 공포	의회에서 자산의 감가상각과 자산의 생성과 삭제 등의 장기적인 금융계획을 세워 전반적인 내용을 관리하게 함으로써 예산 40% 절감과 만족도 20% 향상
미국	1999년 제무법 GASB 34(Governmental Accounting Standards Board Statement No. 34)공표	자산의 사용기간 연장. 유지관리 비용 절감. 예산의 효율적 사용을 위해 주 정부 및 지방정부의 자산평가 및 회계보고를 의무화
영국	2003년 PAS 55(Publicly Available Specification) (영국표준협회)	유형 자산의 최적 관리를 통한 체계적 활동과 시행에 관한 표준
캐나다	1988년 시설물 관리 제도 도입	사용자 만족도 20% 향상
일본	2007년 지방공공단체의 재정의 건전화에 관한 법률	재무서류를 활용하여 자산의 재무 정보를 통합적으로 정비

- 동경 철도의 시설물 시스템은 영업 및 운행 시스템의 다양한 실적자료가 경영 시스템에 연결되어 경영층의 의사결정자료로 활용되고 있으며, 작업 당일의 작업착수 및 종료 등은 중앙에서 관리되고 중앙에서 관리된 작업계획은 다른 보수구에도 수시 참조가 가능하도록 하는 등의 실시간적인 정보의 흐름을 지원하는데 정보시스템의 활용도가 점차 높아지고 있음
- 미국의 경우 시설물의 안전 및 유지관리 사항에 대하여 현장과 사무실에서 전산입력이 가능하며 이 시스템을 통하여 손상경향분석, 손상등급판정, 잔존수명 평가 결정, 안전 및 유지관리의 경제성 분석, 보수우선순위 결정 등과 관련된 정보를 생산하여 활용하고 있음. 특히 미국은 LCC 예측기법을 관리 시스템에 활용하여 체계적이고 합리적으로 시설물의 유지관리에 관한 의사결정을 하고 있다는 것이 특징

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템

(1) 국내 정책 동향

(가) 도시홍수관리를 위한 국내관련 법령¹⁴¹

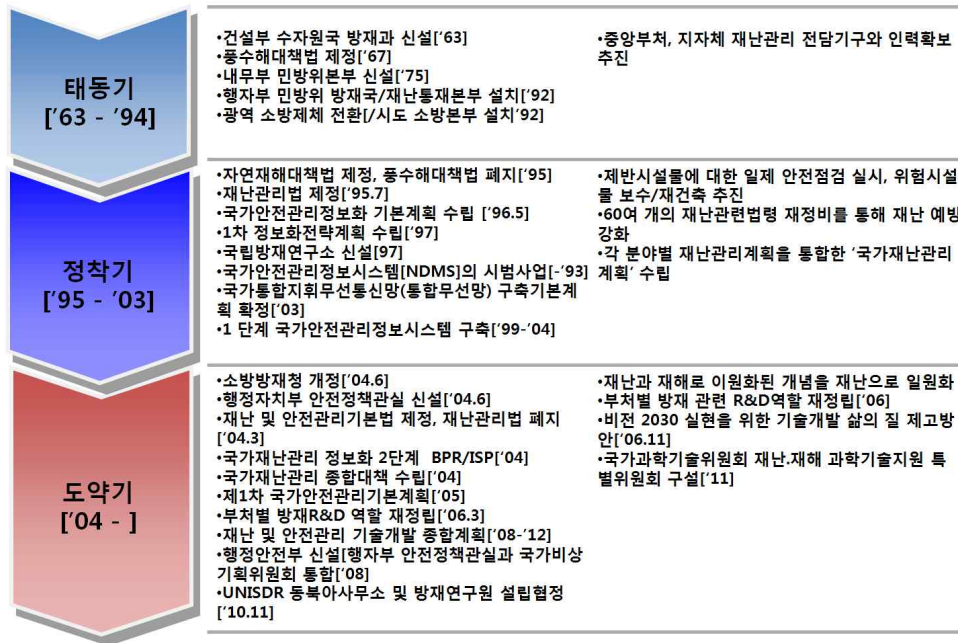
- 국내의 경우 현재 도시홍수를 사전에 예방하거나 관리하기 위한 규정은 『자연재해대책법』, 『하천법』, 『하수도법』, 『국토의 계획 및 이용에 관한 법률』에 산재되어 있음

[표 2.4.6] 국내 주요법정계획의 현황

법률	주요 법정계획의 현황
자연재해대책법	풍수해저감종합계획: 풍수해위험시설 및 지구 현황, 중점관리 대상시설 및 지역 등의 재해위험도 분석, 풍수해 저감사업계획 및 우선순위 분석 등
하천법	하천기본계획: 계획홍수량의 설정 및 배분에 관한 사항 등
하수도법	하수도정비기본계획: 하수도의 기본적 시설의 배치, 구조 및 능력에 관한 사항
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	도시기본계획 및 도시관리계획: 도시의 방재 및 안전에 관한 사항, 도시공간구조의 설정 등

(나) 국내 재난 및 안전관리 정책 변천과정 및 문제점^{142,143}

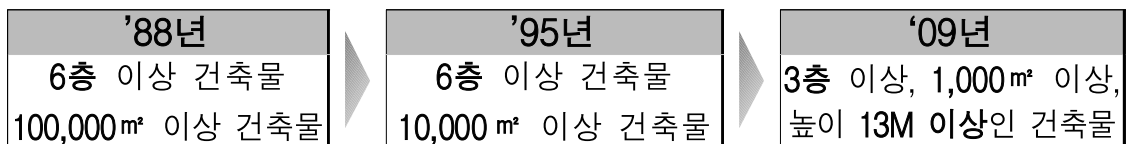
- 국내 안전 및 방재정책은 산업화에 따른 사회변화와 행정체계의 변화에 따라 전환기를 맞게 됨
- 경제성장위주의 국가 정책으로 재난 및 안전분야의 투자가 소홀하였으며 중앙 집중식 정책추진 으로 자체단체 역량 확보가 미흡함. 또한 과학기술을 활용한 사전예방중심 과학적 재난관리시스템의 구축이 미비함.
- 정부는 첨단기술을 접목한 사전예방 중심의 과학적 재난관리를 위하여 R&D 투자를 지속적으로 확대하고 있으나 아직 그 절대량은 미미한 수준임. '06년도 재난 및 안전 R&D 비중은 전체의 1.2%(1,056억)을 차지함¹⁴³



[그림 2.3.2] 국내 재난 및 안전정책 추진 경과

(다) 내진설계기준 강화 및 활성화 추진

- 소방방재청은 『지진재해대책법』(법률 제 10754호, 2011. 5. 30)을 개정·공포함에 따라 하위법령인 시행령·시행규칙을 마련하여 11월 30일 공포했다(관보 제 17645호). 『지진재해대책법』은 공공시설물의 내진보강대책 추진결과를 공시하도록 하고 내진설계과 적용되지 않은 기존의 민간소유건축물에 대해 내진보강을 활성화하기 위해 인센티브 제도를 도입하였다. 소방방재청은 이번 『지진재해대책법시행령(규칙)』개정을 통해 공공시설물의 내진보강 추진을 촉진하며, 내진설계가 적용되지 않은 민간소유 건축물에 대한 내진보강을 활성화 하여 지진재난에 대한 대응 능력을 강화할 것이라고 밝힘.
- 건축물의 중요도계수* 상향 등 내진설계기준을 규모 6~6.5에도 안전하도록 강화('09.12 건축구조기준 개정)
- 2층 이하도 연면적 1,000㎡이상, 높이 13m이상 등 지진에 취약한 건축물은 내진설계 의무화('09.7. 건축법 시행령 개정)



(라) 내진설계 미반영 국도상 교량 보수·보강 추진

- 최근 지진발생빈도가 증가추세에 있어, 내진설계가 되지 않은 교량(682개교)에 대한 내진성능평가 및 보강방안을 수립하여 시행하고 있음.

[표 2.4.7] 내진보강 대상 교량 개교 및 사업비 (단위: 개교, 억원)

구분	전체		기시행		'08		장래	
	개교	사업비	개교	사업비	개교	사업비	개교	사업비
내진보강('00~)	682	1,922	299	618	80	208	303	1,096

자료: 국토해양부 정책자료 게시관(http://www.mltm.go.kr/USR/policyData/m_34681/dt1.jsp?id=401)

(2) 국외 정책 동향

(가) 미국 · 일본 · 한국의 재해관리 제도 비교¹⁴⁴

- 미국의 재해관리는 Stafford 법령에 중앙정부 및 지방정부 활동의 기본방향과 절차를 규정하고 FEMA를 중심으로 재해관리를 실시함. 재해관리의 일차적인 책임은 지방정부이며 지방정부의 자체해결이 곤란한 경우 주정부 혹은 연방정부에서 해당 지방정부의 요청에 의해 지원함
- 일본의 경우 재해대책기본법이 재해관리의 모범으로 내각총리대신의 통솔하에 재해대책의 기획입안·종합조정을 행하도록 하여 내각관방관도 연계하는 등 종합적인 재해대책을 추진하도록 함

[표 2.4.8] 국가별 재해관리 제도 비교

구분	한국	미국	일본
기본법	-자연재해대책법	STAFFORD법	재해대책기본법
기구	-중앙: 중앙재해대책본부 -지방: 지방재해대책본부	-연방:FEMA -주:재난관리국 -County/City:재난대비과	-중앙: 중앙방재회의 -지방: 지방방재회의
재해시 활동	-해당자치단체가 대응 -대규모 재해인 경우 중앙차원에서 재해대책본부 설치	-지방자치단체가 일차적으로 대응 -규모가 클 경우 연방에서 지원	-자치단체가 일차적으로 대응 -비상재해일 경우 총리주재 비상재해대책본부나 긴급 재해 대책본부 설치

(나) 국가별 방재 관련 정책 추진

- 방재 관련 분야의 선진국에는 일본이 대표적이며 일본 종합과학기술회의에서는 2012년 과학기술 주요 시책 액션 플랜으로 “부흥·재생 및 재해로부터의 안전성 향상”을 설정함으로써 보다 안전하고 질 높은 국민 생활을 실현하는 국가라는 목표를 세움¹⁴⁵

(다) 미국 기관의 지진방재 관련 연구 동향 및 정책사업¹⁴⁶

- 미국은 1976년 이후 미국지질조사소(USGS)에서 약 5년마다 새로이 갱신된 지반 및 지진 자료와 새로이 개선된 평가방법을 통한 국가지진재해도 지도를 갱신하고 있음
- 미국 내 주요 대도시 지역 특히 미국 서부 및 동북부 지역에서는 지역적인 상세한 조사와 지반구조 및 지반효과를 고려하여 지역 지진 재해 지도를 작성하고 있음
- 특히, 미국 캘리포니아 주의 경우 주 전체에 대해 지반에 대한 지진공학적 지반분류를 General zonation으로 작성하였고, 각 도시 지역에 대한 지진공학적 지반분류와 Shaking Map을 Micro zonation으로 작성하고 있음
- 미국 NSF(National Science Foundation)의 CMMI(Civil, Mechanical and Manufacturing Innovation Division)에서는 Engineering Infrastructure Systems 분야의 프로그램들을 통해 자연재해 대응기술과 관련된 프로젝트들을 진행중
- 특히, NEHRP(National Earthquake Hazards Reduction Program)은 지진재해대응기술 관련 프로그램으로 매년 약 1억 2천만불의 예산을 사용하고 있음
- NEHRP는 FEMA(Federal Emergency Management Agency), NIST(National Institute of Standards and Technology), NSF(National Science Foundation), USGS(United States Geological Survey) 등 네 기관이 참여하고 있음

[표 2.4.9] 국가별 지진방재정책

국가	지진방재정책
그리스	• 구조물의 지진에 대한 위험도를 경감시키고, 중앙 정부의 확실한 지진 대비 및 지진 시 긴급상황에서의 발빠른 대처에 초점을 둔 정책을 수립함 • 다음과 같은 법적 규정을 바탕으로 지진방재정책을 수행하고 있음 - <i>ΦΕΚ 534B/20-6-1995: New antiseismic regulation</i> - <i>ΦΕΚ 315B/17-4-1997: New reinforce concrete regulation</i> - <i>ΦΕΚ 1329/6-11-2000: Greek regulation of reinforce concrete</i>
이탈리아	• 이탈리아 재난관리당국 산하의 the National Seismic Survey를 통하여 지진방재정책 및 계획을 수립하고 있음 • 법률 제정 및 분류를 지속적으로 갱신하고, 이탈리아 전 국토의 지진 위험성을 명백히 하여 지진 위험성을 완화하는 프로그램을 수립하도록 노력하는데 초점을 두고 있음 • 다음과 같은 법적 규정을 바탕으로 지진방재정책을 수행하고 있음 - <i>Law n. 64 of 02.02.1974: Regulations for the constructions with special regards to the seismic zones</i> - <i>Decree of 03.05.2000: Approval of the models for the assessment of the damages to cultural heritage</i>
포르투갈	• 포르투갈의 the National Service of Civil Protection이 연구 기관과의 협력을 통하여 지진방재의 목표와 법적 조치를 수립하고 있음 • 세계 지진을 계측함으로써 직간접적인 지진에 관한 경험을 쌓고 있으며, 대중에게 지진방재와 관련된 기관을 알리는데 주력하고 있음 • 다음과 같은 법적 규정을 바탕으로 지진방재정책을 수행하고 있음 - <i>DR N° 106, I, 09MAI81: Programme of immediate shares for minimizing the seismic risk</i> - <i>DR N° 125, I, 31MAI83: Regulations of safety and shares for the constructure of buildings and bridges</i>
스페인	• <i>Norm of anti-seismic construction: general part and buildings (NCSR-02)</i>을 통하여 스페인 영토 안의 구조물 건설과 유지를 위해 필요한 지진 위험 기준을 정의하고 있음

[표2.4.10] NEHRP 2007년 법령예산(단위 : 백만)

프로그램	활동기관				
	FEM A	NIST	NSF	USG S	합계
Develop effective measures for earthquake hazards reduction	3.5	0.9		29.6	34.0
Promote the adoption of earthquake hazards reduction measures	2.0	0.3		3.5	5.8
Improve the understanding of earthquakes and their effects	3.6	0.5	30.0	10.4	44.5
Develop and operate ANSS(USGS), NEES(NSF), and GSN(USGS & NSF)					
ANSS (Advanced National Seismic System)				8.0	8.0
NEES (Advanced National Seismic System)					21.3
GSN (Global Seismographic Network)				3.9	7.4
합계	9.1	1.7	54.8	55.4	121.0

자료 : www.nehrp.gov

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

(1) 국내 정책 동향

- 지식경제부는 환경 친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률에 의거, 산업 환경정책의 비전을 순환형 경제기반 구축을 통한 환경보전과 국가경제의 지속 가능한 발전으로 정하였으며, 이의 추진전략으로는 환경경영 이산화탄소, 환경산업의 육성을 위해 노력하고 있음⁴²
- 국내 건설 분야 환경부하(CO2) 배출량은 전 산업의 38%에 해당되며, 국가적으로 “저탄소 녹색성장”을 신성장 동력으로 2020년까지 그린홈 200만호 건설이 추진 중에 있는 등 건설분야의 환경부하 절감 원천기술 개발을 통한 세계수준 시장 형성의 최적기임⁴²
- ‘자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률’에 의거 ‘철강 슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침’에서 석탄재의 재활용 목표율을 75%로 규정함. 석탄재의 용도로는 천연골재 등을 대체하는 성·복토용 골재, 시멘트 원료, 콘크리트 혼화재 등으로 배출량의 75%를 사용하는 것으로 목표로 함¹⁴⁷

- 또한 해당 사업자는 기술적, 경제적으로 가능한 범위 안에서 석탄재의 재활용을 최대한 향상시킬 것을 명시함
- 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳(보령, 서천, 태안, 당진)의 석탄 화력발전소에서 생산되고 있으며 그에 따른 석탄회 처리 및 매립지 부족의 어려움을 겪고 있음
- 지식경제부 ‘제5차 전력수급 기본계획’¹⁶²에 따라 2015년부터 3년간 당진, 보령, 태안 등 서해안 3개 시·군에 7천MW 규모의 화력발전시설이 신·증설될 예정이며, 이에 따라 발생하는 석탄회에 따른 매립지 관련 문제 및 인근지역 환경오염 문제가 증가될 것으로 예상됨
- 충청권 내 진행되고 있는 다수의 신도시 사업(세종특별자치시, 황해경제자유구역, 국제과학비즈니스벨트)으로 인해 충청권 내 기반채움재 및 건설용 골재수요가 증대될 것으로 예상되며, 충청권 내 신도시 사업을 통해 석탄회 활용 건설재료의 대규모 시범사업 시행가능

(2) 국외 정책 동향

- 미국은 ACAA(Advancing the Management & Use of Coal Combustion Products)를 1968년 결성하여 석탄회 재활용을 위한 노력을 펼쳐오고 있음
- 일본에서는 JCOAL(Japan Coal Energy Center)를 발족하여 1990년 초반부터 석탄회 재활용 활성화 노력을 펼치고 있음
- 유럽연합은 ECOBA(European Coal Combustion Products Association)을 결성하여 유럽지역 내 발생하는 석탄회 현황을 파악하고, 기술개발 장려를 통해 재활용 활성화를 위해 노력하고 있음
- OECD는 원자재 수입에 의존하고 있는 한국경제가 “순환형 경제”로 가기 위해서는 폐기물 관리에 있어 경제적 효율성이 향상될 필요가 있고 폐기물의 감량(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle) 3R을 위한 추가적 노력이 필요하다고 지적하였으며, 3R을 통하여 한국 경제의 자원생산성(Material intensities)을 좀 더 개선할 것을 권고함¹⁴⁸
- EU는 자원-상품-폐기물의 유기적 시스템을 구축하고, 재활용 관련 전략을 수립함¹⁴⁹
- 향후 그린 기술의 주요 개발방향이 건설 산업에 상당한 초점을 두고 있어, 녹색 건설기술 및 친환경 인증기반을 선점한 국가가 Green Market 주도할 것으로 예상되며, 일부 선진국은 국가의 녹색성장을 위해 Active(재생에너지, 에너지

효율제고 등) 녹색정책 뿐만 아니라 Passive(폐기물 저감, 에너지 사용량 저감, 녹색건설 등) 정책에 투자 집중하고 있음¹⁵⁰

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발

(1) 국내 정책 동향

(가) 현장발생토 재이용의 법제화

- 1995년 건설교통부(현 국토해양부)는 현장발생토의 관리기법 개발의 일환으로 ‘불량토사 품질관리 가이드라인’을 수립한 바 있으며 이를 통해 현장발생토의 토질구분을 위한 조사방법과 표준용도를 제시한 바 있으나, 사용 기준의 수립에 있어 환경적 영향에 대한 고려가 적어 과도한 토양의 훼손을 유발 시킬 수 있다는 지적이 있어 왔음¹⁵¹
- 2011년 10월, 토양환경보전법 하위법령 일부개정을 통해 표토보전을 위한 표토의 침식현황 조사방법을 정하여, 표토 보전과 관련한 내용이 법적으로 마련되었음. 또한 국토해양부의 건설환경관리 표준시방서, 조경공사 표준시방서, 조경설계기준에서 표토를 채취, 보관, 활용하는 방법을 언급하고 있어 건설공사와 조경공사 시에 적용할 수 있는 지침을 제공하고 있음.
- 한편 환경부 및 국토해양부는 토양침식량, 강우량, 식생, 표토유실방지 및 복원 대책 등을 조사하도록 하는 등, 토양자원의 관리를 강화해 나갈 계획임을 밝힌 바 있음. 흙에 대한 이러한 인식의 변화를 통하여 현장발생토의 재이용과 이와 관련한 시공 기법, 유지관리 기법의 개발을 위한 국가적 기반이 갖춰져 나가고 있는 추세임.

(나) 현장발생토의 거래 및 정보공유

- 국토연구원은 국토해양부의 주관하에 ‘토석정보공유시스템 (TOCYCLE)’을 개발 및 운영하고 있음(그림 2.4.3). 이는 공사의 설계부터 시공/준공까지의 사토·순성토의 발생정보를 발주자 및 민간사업자가 정보시스템을 통해 입력하고, 토석자원이 필요한 발주자, 설계자, 시공사는 조회시스템을 이용하여 조회하고 토석정보를 상호 공유할 수 있도록 구축된 시스템임
- 서울시는 ‘서울 사이버 흙은행’을 운영하여 수도권의 공공기관 및 민간업체가 건설 현장에서 발생하는 흙의 반입, 반출 정보를 네트워크 기반으로 실시간 공유할 수 있도록 함으로써 운반거리 단축 등을 통해 원활한 공정 관리 및 공사비 절감을 도모하고 있음



[그림 2.4.3] TOCYCLE 개념도 (<http://www.tocycle.com>)

- 인천시와 수원시도 건설 현장에서 발생하는 흙의 종류와 양 등의 정보를 인터넷을 통해 실시간 제공하는 ‘사이버 흙은행’을 운영 중에 있음.
- 이러한 제도는 현재까지는 흙을 하나의 공사 자재로 인식하여 흙의 반입과 반출에 초점을 두고 있으나, 앞으로는 흙을 하나의 생태계로 인식하여, 현장발생토의 재이용 및 표토 보전을 통해 현장의 생태학적 충격을 최소화할 필요가 있음¹⁵²

(2) 국외 정책 동향

(가) 선진국 현장발생토 관리 및 재이용 관련 제도 비교

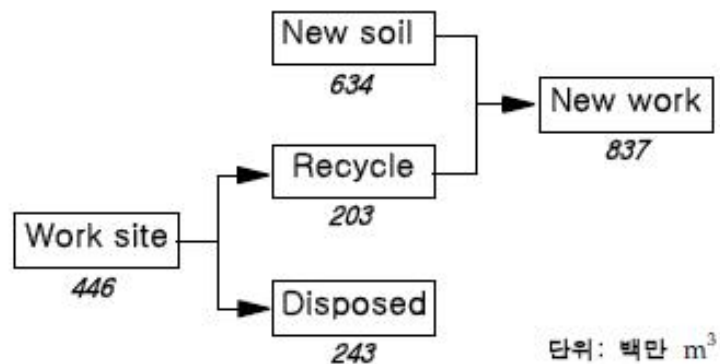
- 독일, 미국, 일본 등 선진국의 현장발생토 관리 및 재이용 관련 법제도는 표 2.2.6.1 과 같음. 선진국의 경우, 법적으로 표토의 정의와 보전을 구체적으로 명시하고 있으며, 현장발생토의 무분별한 이동 및 폐기를 재제하는 법적 장치가 마련되어 있음

[표 2.4.11] 외국 현장 발생토 관련 제도 비교

구분	법 또는 지침	적용 범위	내용	비고
독일	연방건설법	개착이 이루어지는 각종 건설공사. 단, 노천광산, 공항신축, 자동차 전용도로, 시가 전철선로 건설을 제외	채취된 흙은 지정된 구역 내에서 운반 및 이동될 수 있으며, 공사장 밖으로 유출 금지	표토의 보호를 위하여 법규 명령을 위반한 자는 벌금형
	공법표준규격			
미국	토석채취 규제 및 복원법	토석을 채취하는 지역	표토 수거의 별도 장소의 보관. 식물을 파종하거나 식재하여 침식을 방지하면서 보관함	포토를 분석하여 객토 또는 기타 토양개량하는 방법을 제시
	공병단 표준시방서		공사전 표토의 질을 판단하기 위해 토양분석을 의무화함. 표토를 수거하여 격리하여 보관함	
일본	도시계획법	높이 1m 이상의 절토 또는 성토가 행하여지고 절성토 면적이 1000m ² 이상인 사업	포토의 수거 및 객토 또는 토양개량등	사업승인신청 구비서류로 표토보전계획 첨부 의무화

(나) 선진국 현장발생토 발생 및 처리 현황

- 일본의 경우, 연간 약 446백만 m³에 상당하는 현장발생토가 배출되며, 재이용 및 매립, 양질의 토사를 합하여 837 백만 m³가 이용되고 있는 것으로 보고되었음¹⁵³. 일본은 네트워크 기반의 정보 체계를 통해 현장발생토의 발생과 재활용을 조정하고 있으며, 또한 재생자원의 이용 촉진에 관한 법률을 통해 현장발생토의 재이용을 유도하고 있음



[그림 2.4.4] 일본의 연간 토사 활용 현황 (Akira inokuma, 한국자원공학회, 2001)

- 독일의 경우, 매년 발생하는 현장발생토의 양은 약 1억 톤에 달하는 것으로 추정되며, 건설업과 관련한 현장발생토, 건설폐자재를 합치면 약 1억 2천만 톤으로 전체 산업 폐기물의 60%를 점유하고 있음. 이로 인해 독일 연방정부는 1990년 건설폐재 억제에 위한 목표결정안을 통해 16억7천9백만 톤의 무해한 현장발생토를 원칙적으로 재이용할 것을 결의하고, 매립을 금지하였음
- 싱가포르에서는 지난 2005년 관문공항인 창이(Changi) 국제공항의 활주로 확장공사에 시간이 많이 소요되는 아스팔트 포장대신 현장토를 즉석 처리하는 공법을 적용하여 활주로를 확장한 사례가 있음



[그림 2.4.5] Singapore Changi International Airport의 현장토처리 기법을 이용한 활주로 확장 시공 모습 (2005)

- 현장발생토를 이용에 관한 가장 활발한 적용은 유동화 처리토로의 이용이다. 유동화 처리토는 자기평탄성(self-leveling)이 좋은 채움재로써 일반적으로 현장토, 플라이애쉬, 물을 혼합하여 조성하게 됨. 현장발생토를 이용한 유동화 채움재는 물리적 동다짐이 어려운 구조물에 대해 우수한 기능성을 보여 이미 일본, 대만, 미국 등에서 폭넓게 적용되고 있음

제5절 환경 분석 및 대응 전략

1. 각 기술별 STEEP/SWOT 환경 분석 및 대응 전략

가. 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리 로봇 시스템 개발

(1) STEEP 분석 결과

구분	세부요소
. Social (사회/문화)	• 현재 도시 및 주거환경 쓰레기 수거는 차량 및 인력에 의존하고 있으며, 차량의 크기, 수거 소음 때문에 수거시간이 제한적이고 비위생적임. 따라서 이러한 문제점을 극복할 수 있는 자동화된 시스템에 대한 필요성이 대두됨 • 도시 및 공원과 같은 주변 공간의 역할이 커지면서 청정유지 관리 필요성이 증대됨
. Technological (기술)	• 우리나라의 로봇 산업은 꾸준히 발전하고 있으며, 특히 전문 서비스 로봇 시장의 성장률은 30%를 상회하고 있으며 건설-IT 융합시장 역시 증가 추세에 있으므로 도로 및 주변 시설물 자동 유지 관리에 로봇 시스템을 도입할 최적의 상황임 • 국외의 경우, 도시 및 주변 환경 쓰레기 수거를 위한 로봇 개발 및 연구는 활발하게 이루어지고 있으며 이탈리아의 경우 DustBot 프로젝트를 통하여 쓰레기 수집 로봇 시스템을 시범 운용하였음. 하지만 포장된 도로에서만 운용이 가능하다는 단점이 있음 • 충청권 내 로봇 관련 우수 대학, 연구소, 기업이 밀집되어 있으며 로봇 관련 기술자들의 능력수준이 타 국가 및 타 지역 대비 다소 우수하여 효율적인 로봇 개발이 가능
. Economic (경제)	• 국내의 경우, 쓰레기 자동 수거 관련 로봇 기술 구축 현황은 아직 개발 및 도입 단계라고 할 수 있으며, 대학 또는 연구소를 중심으로 연구를 진행 중임 • 2007년 세계 로봇시장은 2002년 이후 연평균 18.7% 증가하면서 81달러를 상회하고 있으나 건설용 로봇의 경우는 시장 형성단계로 아직 경쟁체계가 구축되어 있지 않아 앞으로 해외 시장 진출이 활발할 것임
. Environmental (환경)	• 수거되지 않은 쓰레기로 인해 도시의 미관을 해칠 뿐만 아니라 방치된 쓰레기로 인한 환경오염을 무시할 수 없기 때문에 쓰레기 자동 수거 로봇을 통한 효율적인 관리가 필요함
. Political/Legal (정책/법규)	• 쓰레기 종량제의 도입으로 종량제 봉투에 의한 배출쓰레기 봉투의 규격화가 이루어짐 • 쓰레기 투기 단속 및 쓰레기 투기 신고 포상금제를 도입하여 불법 투기에 대한 단속이 시행됨

(2) SWOT 환경 분석 결과

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 로봇에 관련된 요소 기술 및 유지 관리에 관련된 센서, 계측장비의 개발 등이 해외에 비해 급속도로 성장하고 있으며 기관과 업체 간의 상호연구가 활발히 진행 중임 • 충청권 내 로봇 관련 기업, 연구소 및 대학이 타 지역에 비해 밀집되어 있으므로 효율적인 로봇 시스템 개발에 유리함 • 전문 서비스 로봇시장의 경우, 해외에 비해 높은 성장률로 증가하고 있으며 로봇-IT 융합 시장 역시 증가 추세에 있으므로 도로 및 주변 공간의 쓰레기 자동 수집 로봇 시스템을 도입하기에 유리함 • 우리나라 로봇 산업은 꾸준히 발전하고 있으며, 특히 전문 서비스 로봇 시장의 성장률은 30%를 상회하고 있으므로 도시 및 주변 공간의 쓰레기 수거에 로봇 시스템을 도입할 최적의 상황임	【 약 점(W) 】 • 미국 일본 및 유럽 등의 선진국과 비교할 때, 로봇 시스템이 도입되는 추세이나 현재 상용화 된 환경이 극히 제한적임 • 판단, 인식 등 지능 관련 원천기술 격차는 선진국 대비 2.5년 이며, 부품, SW 등 로봇 R&D의 기초체력이 여전히 취약함 • 로봇 관련 부품 국산화는 개선된 반면, 핵심부품 해외의존도는 높은 편이며 작은 시장규모와 높은 생산 단가 및 고급 연구인력 부족
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 • 도시 및 공원과 같은 주변 공간의 역할이 커지면서 안전하고 위생적이며 거부감이 들지 않는 청정유지 관리 시스템의 필요성에 대한 요구가 증대됨 • 도시 내 각종 범죄 및 사고를 예방하고 감시하기 위한 시스템의 요구가 증대됨 • 도시 및 주변 환경의 대기 오염 상태를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 시스템의 필요성이 증대됨 • 쓰레기 투기 단속 및 쓰레기 종량제의 도입으로 종량제 봉투에 의한 배출쓰레기 봉투의 규격화가 이루어짐	【 위 험(T) 】 • 급속한 성장을 겪은 우리나라에 비해 외국의 경우, 수십 년 전 부터 도시 및 주변 공간의 쓰레기 수거 자동화에 대한 필요성을 가지고 오랜 시간 동안 연구를 하였음. 이에 비해 우리나라는 상대적으로 체계적인 로봇 시스템에 대한 기반이 부족한 실정임

(3) SWOT 전략

SO 전략	• 도시 및 주변 공간에서 발생하는 쓰레기를 수집하는 자동화된 로봇 시스템을 도입하여 시간 및 공간에 구애받지 않으며, 도시 거주민들에게 거부감을 주지 않고 삶의 질을 향상시킬 수 있는 친환경적인 쓰레기 수거가 가능하도록 함 • 방범용 CCTV를 로봇에 장착하여 기존의 고정형 CCTV를 보완하고 범죄 사각지대를 실시간으로 감시함 • 대기 오염 측정 장비를 로봇에 장착하여 도시 및 주변 환경의 대기 오염 상태를 실시간으로 모니터링 • 로봇-IT 융합 시스템을 도입하여 다수의 로봇을 활용, 로봇간의 네트워크를 구축하여 효율적인 장소 배치 및 군집의 지능을 활용한 분산화된 시스템 구성 • 로봇 플랫폼 제작, 자동화 관련 인프라 구축을 충청권 내 우수한 로봇 제작 중소기업 및 토목 공사 업체에게 의뢰하고 사업화를 추진하여 지역 경제를 활성화 시킴	WO 전략	• 우리나라 도시 환경의 특성에 맞는 쓰레기 수거 시스템에 필요한 요소 기술들에 대한 혁신적인 개발에 집중 투자하여 기존의 해외 시장과 차별되는 원천 기술 확보 • 쓰레기 수집 시스템의 완성도를 높여 충청 지역 뿐 아니라 전국적인 수요 창출, 이를 바탕으로 해외 진출 지원으로 로봇시장 규모 확대
ST 전략	• 해외에 비해 급속도로 성장하고 있는 우리나라의 로봇에 요소 기술 및 유지관리에 관련된 센서 기술 등을 바탕으로 실제 도시 환경에서 안정적으로 구동하는 로봇 시스템의 개발 추진 • 우리나라의 강점인 전문 IT 기술을 로봇 시스템에 적극 도입하여 로봇간의 정보 교류뿐만 아니라 관리자와 도시 거주민들에게 정보를 제공할 수 있도록 함	WT 전략	• 쓰레기 수거 로봇 시스템과 관련 해외 전문가 적극 활용 및 경쟁력 확보를 추진하며 실제 해외에서 상용화된 시스템 벤치마킹 • 다 학제간 융합 연구 및 다분야 융복합 공동 연구 프로젝트를 추진하여 다개체 로봇 기반 쓰레기 수거 시스템의 원천 기술을 확보하고 상용화를 추진하여 내부 약점 해결 및 외부 위협에 대응

나. 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템

(1) STEEP 분석 결과

카테고리	세부요소
. Social (사회/문화)	• 현재 수상 및 수변 공간 청소는 선박 및 인력에 의존하고 있으며, 면적 및 쓰레기 처리량 대비(한강의 경우 하루 최대 쓰레기 발생량이 20t 에 다르며, 한해 평균 쓰레기 수거량은 500t 이상임, 전국 댐 부유쓰레기 연간 13만톤) 투입된 인력이 미비한 실정임. 따라서 이러한 문제점을 극복할 수 있는 자동화된 시스템에 대한 필요성 대두 • 전국 15개 댐의 수질개선 예산의 1/3이 부유쓰레기 처리비용으로 사용되고 있어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 지적되고 있음 • 도시 공간 내 수상 및 수변 공간의 역할이 커지면서 청정유지 관리 필요성 증대
. Technol ogical (기술)	• 충청권 내 우수 대학, 연구소, 기업이 밀집되어 있으며 로봇 관련 기술자들의 능력수준이 타 국가 및 타 지역 대비 다소 우월 • 수상 로봇 제작, 센서를 이용한 장애물 (부유물) 감지, 수상 로봇 제어 등의 기반 기술과 관련된 연구는 현재 대학 및 연구기관을 중심으로 진행되고 있으며 기술 간의 융·복합을 통한 시스템 개발은 시작 단계임 • 선진국의 경우 미국, 중국 등 대학기관을 중심으로 해상 오일 제거 로봇, 수상 청소 로봇 등이 개발되었으나 아직까지 상용화된 사례는 없음 • 국내에서도 기존의 시스템/로봇과 차별화된 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 개발이 요구됨 (예)부유물을 제거하고 수질환경 모니터링이 가능
. Econom ic (경제)	• 한강 수질 개선 예산은 2010년 기준 137억 원이며, 국토해양부는 4대강 사업 구간 내 폐기물 처리 비용을 670억 원으로 추정하고 있음. 정부 및 지자체 중심의 수요가 지속적으로 발생할 것으로 예측됨 • 전국 15개 댐의 부유쓰레기 처리 비용은 한해 평균 40억원에 달함. 댐 수질개선 예산의 1/3이 부유쓰레기 처리비용으로 사용되고 있어 관련 대책이 필요 • 충청권내 위치한 충주댐, 대청댐의 발생 쓰레기 비율이 전국의 1/3이상을 차지하며, 처리 비용은 연간 11.6억원(충주댐), 7.4억원(대청댐) 정도임 • 수중 및 수상 청소 국내 시장의 경우 지자체를 중심으로 수요가 점차 늘어나고 있는 실정이며, 기술이 상용화되는 시점인 2018년에는 60~130억 원 규모의 시장이 예측되며 규모는 점점 증가할 것이라 예상됨.
. Environ mental(환경)	• 국내외 환경 보호와 관련된 관심 및 규제가 강화됨에 따라, 수상 및 수변 지역의 환경오염 방지 및 청소와 관련된 관리 체계/시스템이 요구되며, 관련된 연구 개발이 시급함 • 수상 및 수변 공간의 쓰레기의 경우 도시의 미관을 해칠 뿐만 아니라 환경오염의 주범이 되기 때문에 이와 관련된 문제는 지방자치단체의 주요 현안이며 효율적인 관리 및 청소 체계/시스템이 요구됨
. Political /Legal (정책/법 규)	• 2009년 이만의 환경부장관은 “하천, 하구 쓰레기 수거 사업은 4대강 살리기 사업을 중심으로 맑은 하천, 깨끗한 한국을 만들어 가고 있는 이명박 정부의 주요 국정과제”라고 밝힌바 있으며, 이를 위해 수상 및 수변 공간 청소 로봇 개발은 필연적임 • 2009년 5월 환경부는 지방자치단체와 ‘5대강 수계별 비용분담 협약’을 맺었으며, 이러한 정부/지자체의 수요에 부응 가능한 저비용 고효율의 자동 청소 시스템 개발이 필요함 • ‘수질오염총량제’ 시행에 따라 수질 오염 총량제 도입으로 인해 수상·수변·친수 공간에 대한 청소 및 시설물 관리 시스템의 도입이 시급히 요구되는 상황임 • 정부는 국토해양부의 ‘제4차 국토종합계획(2011-2020)’, ‘댐 주변 친수환경 조성’ 에 따라 친환경적이고 안전한 수변공간 조성을 계획하고 있음

(2) SWOT 환경 분석 결과

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 국토해양부의 'IT를 활용한 자율운항 제어 무인선 국산화 개발 사업' 등을 통해 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템의 요소 기술이 선행 연구됨 • 충청권 내 우수 대학, 연구소, 기업이 밀집되어 있으며 로봇 관련 기술자들의 능력수준이 타 국가 및 타 지역 대비 다소 우월하고, 로봇 기술을 활용한 수상 및 수변 공간 청정 유지용 자동 청소 시스템의 필요성에 대한 인식 확산 • 로봇 제작, 센서를 이용한 장애물(부유물) 감지, 로봇 제어 기술 등의 시스템 개발과 관련된 요소기술을 이용한 제품 개발 및 상용화가 이루어졌으며, 활발한 국제 연구를 통한 산·학·연 네트워크 역량 보유함으로써 추후 수상 및 수변 공간을 위한 자동 청소 시스템 기술 구현 가능성이 매우 높음	【 약 점(W) 】 • 이미 5300만달러 규모의 수상 무인체계 구축 관련 연구가 진행된 미국, 유인선과 무인선 협력체계 연구를 대 규모로 진행 중인 유럽 등의 선진국과 비교 할 때, 국내의 경우 수상 로봇에 대한 연구가 약간 뒤처지고 있음 • 수상 및 수변 공간 청소 시스템에 관한 수요가 정부 및 지자체 중심이며, 기타 가정용 청소 로봇과 비교하여 현재 형성되어 있는 시장의 규모가 작음 • 국내에서는 무인 수상 로봇 관련하여 아직까지 상용화된 사례가 없음
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 • 도시 내 수상 및 수변 공간의 중요도 및 환경 보호에 대한 필요성이 부각되면서, 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템 관련 기술 수요 증대(하천, 호수, 댐 등) • 지능형 무인선 개발과 관련된 정부의 R&D 투자 확대 및 기술의 국산화에 대한 필요성 증대 • 세계적으로 무인선에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있으나 청소를 위한 무인청소선에 대한 연구는 아직 미미한 수준임 • 자동 청소 시스템 관련 원천 기술 개발 및 관련 장비 개발을 통한 해외시장 개척 및 진출 가능성 증대 • 중국을 비롯한 동남아시아 국가들을 중심으로 하천, 호수 청소에 대한 수요가 점차 증가하는 추세	【 위 험(T) 】 • 수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 경제적인 수상 청소 시스템 개발 및 실용화까지 많은 시간이 소요되며, 관련 성과물을 단시간 내에 얻기 어려움 • 수상 로봇 시스템의 경우 국외 연구기관들이 선점적인 개발이 이루어진 상황이며, 상용화 단계임. 상용화가 이루어질 경우 풍부한 자금력 기반으로 한 외국 업체들의 국내 수상 로봇 시장 진입 우려

(3) SWOT 전략

SO 전략	• 무인수상선 개발, 내비게이션 기술 등의 요소 기술의 선행 연구들을 바탕으로 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 구현에 필요한 원천 기술 및 관련 장비 개발 • 도시 내 자동 청소 시스템 관련 기술 수요가 증가하고 있는 상황에서, 세계적으로 볼 때 무인청소선에 대한 연구는 미미한 실정임. 따라서 충청권 지역 내 연구 역량을 이용하여 차별화된 자동 수상 청소 시스템(부유물을 제거하고 수질환경 모니터링이 가능)을 개발함으로써 새로운 서비스 로봇 분야 창출 • 활발한 국제 연구를 통해 개발된 기술을 해외에 홍보 (특히 관련 수요가 발생하고 있는 중국, 동남아 지역)하여 국가 경쟁력 및 해외 시장 확보 향상에 기여 • 수상·수변·친수 공간에 대한 관련 정부 정책(수질오염총량제, 댐 주변 친수환경조성 등)이 시행되고 있는 상황에서 정부/지자체의 수요에 부응 가능한 저비용 고효율의 자동 청소 시스템 개발이 필요함	WO 전략	• 요소 기술 연구 인력 인프라를 바탕으로 기술의 국산화뿐만 아니라 무인 청소선 관련 혁신적인 기술을 개발, 기존 해외 시장과의 차별성 부여 • 다 학제간 융합 연구 및 기술 개발을 통해, 수상 및 수변 공간 자동 청소 원천 기술을 확보하고, 현 해외 시장 진입 장벽 극복
ST 전략	• 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 개발 및 국내외 하천·댐·호수 등의 다양한 환경에 적용하여 청소비용 절감의 실효성을 검증하여 기술 수요 및 시장 확대 • 해외 시장 진입 장벽을 극복하기 위해, 산·학·연의 국제 공동 연구 네트워크를 적극 활용	WT 전략	• 수상 및 수변 공간 자동 청소 관련 해외 전문가 적극 활용 및 경쟁력 확보 추진 • 해외 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 벤치마킹 • 다분야 융·복합 공동 연구 프로젝트 적극 추진으로 내부 약점 해결 및 외부 위협에 대응

다. 스마트 도시 시설물 관리 시스템

(1) STEEP 분석 결과

카테고리	세부요소
. Social (사회/문화)	- 우리나라의 시설물은 급속한 경제성장 과정에서 '공사비 절감', '공기단축'과 같은 슬로건과 함께 건설되어 태생적으로 취약요소를 가지고 있었으며, 70~80년대에 구축된 주요 시설물의 급격한 노후화로 인해 유지관리 및 시설물 붕괴에 따른 사회적 손실이 지속적으로 발생하고 있음 - 도시 시설물을 효율적으로 관리할 수 있는 통합 시스템의 활성화를 통해 국가 전체적으로 시간 및 인력의 불필요한 낭비를 줄일 수 있고, 이상 징후에 대한 빠른 대처로 시설물의 안전사고를 사전에 예방할 수 있음
. Technological (기술)	- 국내 시설물의 자산관리 사례로는 국토해양부의 도로관리통합시스템, 한국시설안전공단 시설물정보통합관리시스템이 있으며 각각의 시설물에 대해 통합 데이터 베이스를 구축하고 정보를 통합관리할 수 있도록 함 - 미국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드 등에서는 시설물의 사전예방적 유지관리를 위해 자산관리용 소프트웨어를 개발·활용하고 있음 - 시스템에 사용될 QR코드 기술은 특허 공개된 기술로서 쉽게 제작 및 사용이 가능하며, 별도의 단말기 없이 스마트폰을 통해 인식이 가능
. Economic (경제)	- 우리나라 SOC 시설물 재고는 약 1,800조 원에 달하는 것으로 추정되며, 외국의 유지관리 평균 투자율인 1%를 적용하면 우리나라의 시설물 재고에 대한 유지관리 수요는 약 18조 원으로 추정됨 - 전국의 시설물 유지관리업체 수는 현재 4,200여 개에 달하며 이들 업체의 시공실적 총액, 즉, 시장규모는 2010년 기준 약 3조 5,000억 원 수준임
. Environmental (환경)	- 환경 보호를 위해 신규 건설 규제가 강화됨에 따라 건설폐기물의 처리가 더욱 어려워질 것으로 예상되므로, 재건설을 지양하고 효율적으로 유지관리하여 기존 시설물을 오래 사용할 수 있도록 건설 환경을 변화시킬 필요가 있음 - 충청권에 건설되고 있는 세종특별자치시는 중앙행정기관, 교육기관, 교통이 밀집된 신도시로, 새로운 도시 시설물 관리 시스템의 실증단지로서 가치가 매우 높음
. Political/Legal (정책/법규)	- 국가 주요시설물 약 4만여 곳이 <시설물의 안전관리에 관한 특별법>에 의거하여 지정·관리되기 시작하면서 각 시설물 관리 주체별로 안전관리시스템을 구축해 운영하고 있으나 시스템 간 연계성 부족, 표준화 기준의 미비로 정보이용의 한계성이 지적됨 - 국토해양부는 정부의 중요 시책인 u-Safe Korea를 실현하기 위해 2006년부터 건설기술혁신사업을 진행해왔으며, 그 일환으로 시설물 관리상의 문제점을 해결하고, 안전관리 수준을 발전시키기 위한 시스템 개발을 추진함

(2) SWOT 환경 분석 결과

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 충청권에는 새로이 건설될 행정중심 복합도시가 있어 이를 실증단지로 활용할 수 있으며, 시스템의 적용 초기부터 발전 단계까지의 일련의 과정을 효율적으로 관리할 수 있음 • 이종 시설물에 대해 관리할 수 있는 능력 및 해외 협업 경험을 갖춘 전문가와 토목, 건축, 교통 등 다양한 분야에 대한 연구인력을 보유하고 있음	【 약 점(W) 】 • 국외에서는 이미 각 나라별로 도로 및 공공분야 조직에서 수년에 걸쳐 자산 관리 시스템에 대한 연구·개발이 수행되어 왔으며, 이에 반해 우리나라의 시설물 관리 시스템에 대한 연구는 미미한 실정이라고 할 수 있음 • 국내 시설물의 자산 관리에 대한 원천 기술을 확보하고 있지 않음
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 • 우리나라의 시설물 자산가치 대비 유지관리에 대한 투자는 외국의 1/3 수준인 0.3%정도로서, 이를 근거로 한 유지관리 투자는 신규 건설의 약 8%로, 일본의 약 1/3, 미국의 약 1/2 수준에 그침 • 도시 시설물의 다양화 및 노후화에 따라 예산절약 및 시설물 수명 연장을 위한 시설물 관리시스템의 도입이 요구됨 • 스마트폰의 사용자 수가 늘어나면서 QR코드의 활용 빈도 역시 함께 증가할 것으로 예상되며 정보에 대한 사용자들의 접근이 용이해 짐	【 위 험(T) 】 • 국내에서는 <도시시설물 지능화 기술 개발사업>과 같은 시설물 통합 관리 체계 및 공간정보 통합 플랫폼 연구개발 사례가 있으며, 서울특별시 성북구, 청주시와 같은 지자체에서도 QR코드를 활용한 시설물 모니터링을 추진하고 있는 사례가 있으므로 보다 획기적이고 차별화된 관리시스템의 구상이 필요 • 현재 건설되었거나 건설되고 있는 u-City 및 4대강 사업에서는 USN와 RFID를 활용한 센서 기반의 시설물 관리가 적용되고 있으며, 세종시에도 센서 중심의 지상시설물 USN 실증단지가 기구축되어 있음

(3) SWOT 전략

SO 전략	• 다양한 도시 시설물에 대해 투자 비용을 최소화하면서 시설물의 상태를 항상 최적으로 유지할 수 있는 시설물 분석 및 최적화 기법 개발 • QR코드 및 스마트폰을 활용한 도시 시설물의 효율적인 관리 체계를 개발 • 실증단지를 통한 스마트 시설물 관리 시스템의 실효성 검증 • 충청권 신도시 친수 공간에 특화된 시설물 관리 방법을 도출하고 관리 비용을 절감	WO 전략	• 해외의 자산관리 시스템의 검토를 통해 예산 절약 및 시설물 수명 연장의 가능성을 확인하고, 독자적인 시설물 관리 기법을 도입하여 해외 시스템과 차별화 • 유지관리 투자비용을 절약하기 위해 혁신적인 기술을 지닌 도시 시설물 관리 시스템을 구축
ST 전략	• 이종 도시 시설물에 대한 동시적, 통합적인 관리 방법을 통해 기존 사업 사례보다 한 단계 앞선 관리 기법 제시 • QR코드 및 시설물 최적화 기법을 도입하여 기구축 시스템을 아우르는 다양한 분야 자산관리 분야로 시장을 확대 • 해외 전문가와의 협업을 추진하여 기술 및 운영 능력을 보완	WT 전략	• 해외 자산관리 시스템에 대한 분석을 통해 기술의 국내 시스템의 기술적인 발전을 모색 • 원천 기술 개발을 통해 시장 경쟁력을 확보하고, 센서 기반 시설물 관리 시스템과의 공존을 도모

라. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템

(1) STEEP 분석 결과

카테고리	세부요소
. Social (사회/문화)	• 최근 빈번히 발생하는 지진으로부터의 방재에 대한 연구 및 기술 필요성 인식이 점차 증가되고 있음. 이와 더불어 도시지역 인프라의 유지관리를 위해서는 보다 효과적인 지반평가 시스템이 필요 • 도시의 개발 단계에서부터 도시 홍수 방재 및 유지 관리를 위한 시스템의 구축 및 도입이 필요. 향후 충청권 대규모 단지의 안정적인 그리고 경제적인 발전에 기여 가능
. Technological (기술)	• 기존의 지반조사는 인력중심의 긴 소요시간이 필요로 하는 보링 중심의 기술로 이러한 문제점을 해결한 비파괴 조사기술이 개발되고 있으나 도시가 지니는 제약을 해결하기 위한 기술개발은 미비 • 도시지역의 지반조사 평가시스템은 다양한 잡음과 협소한 공간 등 불리한 조사환경에서의 정밀한 지반조사 기술과 더불어 자동화된 지반 평가 시스템의 연구 필요 • 국토해양부는 도시홍수재해관리기술연구단 및 차세대홍수방어기술개발 연구단 등의 기술개발사업을 통하여 도시유역의 효과적인 홍수방재 연구를 진행 중 • 미국, 유럽 및 일본과 같은 선진국은 홍수관련자료의 관측에서부터 실시간 강우 및 홍수 예측 자료, 그리고 홍수 경보 정보등을 서로 공유할 수 있도록 함. 또한 GIS 및 IT 기술을 도입하여 효과적인 도시방재 시스템 구축에 대한 연구가 진행 중임
. Economic (경제)	• 건설 분야에서의 지반조사시장은 10~15% 내외로 매해 비슷한 수준을 유지하고 있으나, 대부분 시추공에 의한 조사로 높은 단가비와 장시간의 작업소요로 인해 전체 대상면적당 조사 지역은 매우 적음 • 도시홍수 방재산업은 사회기반 시설관리 분야에서 고부가가치산업으로 발전할 수 있는 잠재력을 가지고 있으며 국가간 기후변화 협약(UNFCCC) 및 개발도상국의 공적지원기금(ODA) 원조를 통하여 한국의 도시방재관련 산업의 해외시장진출이 가능할 것으로 판단됨
. Environmental (환경)	• 비파괴 지반조사(평가)시스템의 도입은 시추작업이 불필요하므로, 시추로 인한 소음, 먼지 등 공해를 발생시키지 않음 • 국내외 이상기후에 따른 태풍 및 집중호우의 발생빈도가 증가함에 따라, 도시홍수 위험도 증가하고 있음. 이에 따라 도시홍수 관리 시스템이 요구됨
. Political/Legal (정책/법규)	• 2010년 국토해양부는 국외의 빈번한 지진 발생을 계기로 도로, 철도 등 SOC시설에 대한 지진방재대책의 강화할 것을 밝힘. 이는 방재를 위한 보다 정밀하고 신뢰적인 지반 평가 시스템의 도입과도 부합 • 최근 재해발생빈도와 피해규모, 피해지역의 확대에도 불구하고 근본적인 대책마련이 부족해 사회적문제로까지 확대되고 있으며 국가재정운영에도 치명적인 문제로 대두되고 있으므로 근원적인 재해예방대책 마련과 피해를 경감할 수 있는 효과적인 시스템구축과 같은 방재행정이 필요함

(2) SWOT 환경 분석 결과

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 충청권 지역 내에 연구소, 중소기업, 대학 등이 밀집되어 교류를 통한 기술력 향상에 우세 • 충청권 지역의 많은 계획도시(예, 세종시, 혁신도시 등)가 조성되고 있으며 이를 위한 도시 방재 및 유지관리에 대한 필요성을 인식하고 있음 • 충청권 과학 벨트 등은 계획 단계에서 도시방재 자동화시스템의 적용이 가능함. • 표면파를 이용한 비파괴 현장 지반 실험의 연구가 이뤄져 있음.	【 약 점(W) 】 • 국내의 방재관련 예산은 일본 및 미국, 유럽 등 선진국과 비교 할 때 상대적으로 적으며, 환경·방재기술은 선진국에 비하여 약 9.2년 뒤쳐짐 • 국내의 도시홍수방재 관련 연구들은 기존의 전형적인 도시홍수분석에 치중 • 방재를 위한 사전 대응 기술 및 사후 처리 기술의 현장 적용경험 부족
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 • 자연재난 피해의 대형화로 국민 관심증대 및 방재 필요성 인식 향상 • 현재 지반 평가시스템의 도심지역에 적용을 위한 연구는 대체적으로 답보상태로, 도시가 지니는 여러 제약환경(잡음 등)을 고려할 수 있는 기술 개발은 미비 • 충청권 신도시 건설 및 과학비즈니스벨트 건설에 따른 효율적인 도시방재관리를 위하여 도시의 개발 단계에서부터 도시홍수 방재 및 유지관리를 위한 자동화 시스템의 구축 필요 • 선진국 수준의 국가적 기상기술 개발 계획 수립 및 국내 잠재적 시장 확대 및 관련 산업 수요 증가	【 위 험(T) 】 • 도시방재 자동화 시스템은 구축 및 검증, 적용에까지 오랜 시간을 필요로 하며, 국가차원의 지속적인 예산지원과 인력지원이 미흡하여 폭넓은 연구수행이 어려움 • 도시방재관련 연구가 기관별로 이루어져 시스템 도입이후에도 집단 의사결정에 대한 개념정립 및 합리적인 의사결정 수립이 미흡할 수 있음

(3) SWOT 전략

SO 전략	• 충청권 지역 내 연구소, 중소기업, 대학 등의 교류를 통해 도시 방재 기술력 향상 • 충청권 신도시(예, 세종시, 혁신도시 등)의 계획 단계에서 도시 방재 자동화 시스템의 적용 • 도시지역에 적합한 로봇기반의 지반조사 방법 개발 및 로봇시스템 구축 : 기존 지반조사기법은 도시 특성(잡음 및 협소한 공간)을 효과적으로 처리하지 못함 • 도심지역에 최적화된 현장 실험 시스템 적용과 이를 방재 자동화 시스템에 적용, 과학벨트, 세종시 등 도시지역 지반의 유지관리 및 방재 시스템 구축	WO 전략	• 집단 의사결정에 대한 체계적인 개념 정립 및 합리적인 의사결정 과정 수립 • 일본대지진으로 인한 지진 및 홍수 피해에 대한 국민적 관심 증가와 함께 도심지역 유지 관리 시스템의 필요성 고취
ST 전략	• 도시 홍수 위험지도 및 재난관리지침을 통하여 도시 재해예방 및 유지 관리 수행 • 계획적인 도시 홍수 및 지반의 방재 자동화 시스템 구축을 위한 산학연기관의 의견 수렴 및 의견 조율을 통하여, 시스템의 개념 정립 및 충청권 신도시 지역에 대한 방재시스템 수립	WT 전략	• 선진국의 방재 자동화시스템의 벤치마킹 • 충청권 계획도시에 재난 사전 대응 기술 및 사후 처리 기술의 현장적용을 통해 지속적인 연구 수행 • 국가와 지방간의 방재시스템 연계 체제 구축

마. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설재료개발 및 신도시 시범 적용

(1) STEEP 분석 결과

카테고리	세부요소
. Social (사회/문화)	- 국내 석탄회 활용률은 플라이애쉬 70%, 바텀애쉬 39% 정도에 머물러 있으며, 특히 충청 권내에 있는 당진, 보령, 태안 화력 발전소가 향후 신·증설될 예정에 있으므로, 이에 대비하여 석탄회의 활용률을 높이기 위한 다양한 분야의 연구가 필요함 - 전력 소비량의 증가 및 저렴한 석탄가에 따른 발전설비 증대로 인해 석탄회 부산물 발생량 증가가 예상되나, 대량 활용 원천 기술 및 상용화 기반 부재로 매년 석탄회 활용율은 감소 추세임 - 발전소별 회처리장 잔존 수명도래(10년 이내 90%)로 석탄회 회처리장의 추가 건설이 시급하나 환경문제 및 민원발생 등으로 추가 건설이 어려운 상황
. Technol ogical (기술)	- 국내 화력발전소는 다양한 연료 사용으로 인해 발전소마다 석탄회가 다른 특성을 나타내고 있어, 건설재료로서 활용되기 위해서는 성능 및 환경 유해성 등의 품질 확보를 위한 연구 필요 - 바텀애쉬 콘크리트의 단점(Interlocking 작용에 의한 유동성 감소, 바텀애쉬 표면의 다공성질에 의한 흡수율 증가, 미연탄소분 존재) 등을 해결하기 위해서는 구체적이고 실증적인 연구를 통해 실용화 가능 기술 개발이 요구됨 - 석탄회의 대량 활용을 위해서는 지반 재료로서의 활용이 실증적인 방안이 될 수 있으며, 이를 위해 요구되는 일반적 물성 및 환경영향성 평가, 장기적 내구성 영향 등의 면밀한 연구 필요
. Econom ic (경제)	- 화력발전소는 매립용지의 부족, 투자비의 증가, 환경훼손 및 민원발생 등으로 회처리장의 확보가 점차 어려워지는 실정 - 석탄회 재활용 분야를 OPC 대체재로만 사용한다고 가정하고, 석탄회 생산량은 국내·외 모두 매년 약 5% 증가하는 것을 가정한다면, 2018년 국내 석탄회 재활용 시장 규모는 약 140억 원에 이르고, 2020년에는 318억 원에 이를 것으로 예상됨
. Environ mental(환경)	- 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳의 석탄화력발전소에서 생산되고 있으며, 신규 7천MW 규모의 화력발전시설이 신·증설될 예정이므로 충청권 지역의 석탄회에 따른 매립지 부족 및 매립지 인근 환경오염 문제 증가 - 충청권에서 발생하는 석탄회 양은 지속적으로 증가할 것으로 예상 (2012년 400만톤, 2015년 443만톤으로 추정) - 화력발전소 인근 넓은 면적을 차지하는 석탄회 매립지 내에서 발생하는 환경오염, 매립지 부족현상, 매립지 조성비용 및 향후 복구비용 등의 절감을 통한 환경적 및 경제적 효과 기대
. Political /Legal (정책/법 규)	- OECD는 한국 경제가 "순환형 경제"로 가기 위해서는 폐기물의 감량, 재사용, 재활용(3R)을 위한 추가적 노력이 필요하다고 지적하고, 3R을 통하여 한국 경제의 자원 생산성(Material intensities)을 좀 더 개선할 것을 권고 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률'에 의거 '철강 슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침'에서 석탄재의 재활용 목표율을 75%로 규정 - 국토해양부는 '댐주변 친수환경 조성' 계획에 따라 댐 주변 친수환경 조성을 위해 계획단 계부터 친환경적인 설계기법을 도입하여 친환경 재료를 이용한 친수 공간 조성을 계획하고 있음

(2) SWOT 환경 분석 결과

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳의 석탄 화력 발전소에서 생산되고 있으며, 신규 7천MW 규모의 화력발전 시설이 신·증설될 예정이므로 석탄회 재활용 수요는 점점 증가할 것으로 예상됨 • 충청권 지역은 세종시, 충남도청 신도시, 지역별 혁신 및 기업도시 개발이 활발하여 발전소 부산물의 활용을 위한 주요 테스트 베드가 될 수 있는 장점을 가짐 • 충청권 내에 있는 화력발전소에서 발생하는 석탄회 활용 연구를 진행하기 위해서는 지리적 접근성이 높은 충청권내 연구소가 유리함	【 약 점(W) 】 • 바텀애쉬 콘크리트의 단점 (Interlocking 작용에 의한 유동성 감소, 바텀애쉬 표면의 다공성질에 의한 흡수율 증가, 미연탄소분 존재 등)으로 인해 실용화의 어려움 존재 • 콘크리트용 혼화재로서 석탄회 활용은 많이 이루어지고 있으나, 지반재료인 도로 성토재 및 채움재로서 활용 연구는 미미하며, 국외의 적용 사례와 비교하면 현장적용을 위한 실증적인 연구가 매우 부족한 상황 • 기존 석탄회 관련 연구와의 중복성 문제 존재
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 • 석산이 부족한 충청권 내 부족한 골재를 석탄회로 대체하여 골재 부족문제를 해결하고, 석탄회 처리 및 콘크리트 골재 활용 기술개발 상용화를 통하여 충청권 산업경제발전 도모 • 현재 국내 석탄회 활용률은 플라이애쉬 70%, 바텀애쉬 39% 정도에 머물러 있으며, 특히 충청권내에 있는 당진, 보령, 태안 화력 발전소가 신·증설될 예정에 있으므로, 석탄회 활용 분야 연구가 필요성 점차 증가 • ‘자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률’에 의거 ‘철강 슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침’에서 석탄재의 재활용 목표율을 75%로 규정하고 있음 • 국토해양부는 ‘댐주변 친수환경 조성’ 계획에 따라 댐 주변 친수환경 조성을 위해 계획단계부터 친환경적인 설계기법을 도입하여 친환경 재료를 이용한 친수 공간 조성을 계획하고 있음	【 위 험(T) 】 • 석탄회가 산업 폐기물이라는 부정적 인식과 환경 영향성 검증 데이터 부족으로 인해 상용화 어려움 존재 • 석탄회를 대량 활용한 지반 성토재 및 채움재 활용 기술은 보수적인 건설재료 시장에 대한 진입장벽 문제 존재 • 석탄회 발생에 따른 매립지 부족 및 매립지 인근 환경오염 문제 증가로 민원 발생 및 비용 증가

(3) SWOT 전략

SO 전략	• 전국 석탄회 발생량의 44%를 차지하는 충청권 내 4곳의 석탄 화력발전소와 우수한 지리적 접근성을 갖는 충청권내 연구소 적극 활용 • 화력발전소 신증설 예정으로 인한 석탄회 재활용 수요의 증가가 예상되어, 석탄회 활용 기술을 충청권 지역의 개발 진행 중인 신도시에 테스트 베드로 활용 • 석산이 부족한 충청권 내 천연 골재를 지반 재료용 석탄회 기술 개발 전략으로 골재 부족문제를 해결하고, 충청권내 건설 경제발전 도모 • 국토해양부 '댐주변 친수환경 조성' 계획에 따라 댐 주변 친수환경 조성을 위해 계획단계부터 친환경적인 설계기법을 도입하여 친환경 재료를 이용한 친수 공간 조성을 계획하고 있음. 따라서 충청권에서 개발 중인 친수 공간을 석탄회 재활용을 통하여 조성	WO 전략	• 기존 바텀애쉬의 단점을 극복하며, 지반재료로서 품질 성능을 만족하는 실증 적용 가능한 기술 개발 • 충청권 내 화력발전소에 대한 높은 접근성을 바탕으로 발전소별 석탄회에 대한 심도 깊은 연구 진행 및 국외에 비해 뒤쳐진 석탄회 활용 기술 수준 향상 • 기존 석탄회 관련 연구와 차별화하기 위하여 실용화 가능성을 높인 신도시 테스트베드 활용 및 보다 진보된 기술적 향상 전략 수립
ST 전략	• 산업 폐기물에 대한 부정적 인식과 환경영향성 평가 데이터 부족에 따른 상용화 어려움을 충청권 지역 내 신도시 테스트 베드 적용을 통해 문제 극복 • 석탄회 재활용 지침과 재활용 목표율 정책적 방향에 따른 적극적인 수요 기술 개발로 보수적인 건설재료 시장에 대한 진입장벽 문제 극복	WT 전략	• 석탄회 발생에 따른 매립지 부족 및 매립지 인근 환경오염 문제에 대한 민원 발생 및 비용 증가를 석탄회 재활용 기술 개발을 통하여 극복 • 콘크리트용 혼화재 및 골재로 석탄회 활용 시 나타나는 기술적 단점을 지반재료 적용기술 개발을 통하여 극복

바. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발

(1) STEEP 분석 결과

카테고리	세부요소
. Social (사회/문화)	• 대규모 건설 현장에서 발생하는 현장발생토의 30% 가량은 고유기성 불량표토로써 재처리 기준이 미미하여 현재 대부분 폐기물로 지정되어 투기 또는 매립되고 있는 실정임 • 현장발생 불량표토의 경우 수집 및 운송에 막대한 비용부담이 발생하여 원거리 처리를 지양하고, 인근 현장에서 바로 재활용할 수 있는 기술 개발이 요구되고 있음 • 한편 도심지에서 발생하는 현장발생토는 매립지의 토양 오염을 유발할 수 있으며, 따라서 이를 방지하기 위한 친환경적 처리 기법의 개발이 요구되고 있음
. Technological (기술)	• 전통 지반공학 측면에서 고유기성 흙의 공학적 거동은 매우 불안정 하여 재이용 가치가 낮은 것이 사실이나, 미생물 및 그 부산물을 활용한 지반개량 측면에서는 양질의 배양배지 역할을 할 수 있음 • 선진국의 경우 고함수/고유기질 흙의 탈수 및 급속 안정화 측면에서 미생물 또는 그 부산물을 적용하는 사례가 있으나, 아직 정량화된 건설재료로의 개발은 이루어 지고 있지 않은 상황으로 핵심 원천 기술 확보에 유리한 시점임
. Economic (경제)	• 현장 발생 불량토 처리에 관한 명확한 통계는 마련되어 있지 않으나 현장발생토의 수집, 운송, 폐기와 관련한 비용부담이 개발현장 시공비의 5%를 차지하고 있어, 대규모 개발현장의 경우 1~2%의 현장발생토 비용부담 절감으로도 큰 경제적 효과를 가져 올 것으로 기대됨 • 바이오 처리 기술은 향후 고유기성 불량표토 뿐만 아니라 양질의 현장발생토 처리에도 점차적으로 활용될 수 있을 것으로 기대됨
. Environmental (환경)	• 우리나라의 대규모 개발지는 대부분 과거 농경지인 관계로 표토의 경우 고유기성 흙인 경우가 많음 • 특히 충청권의 경우, 토지이용현황 분석 결과 농경지 비율이 타 지역에 비해 높아, 대규모 개발에 따른 다량의 고유기성 현장발생토 발생되고 있어, 이에 대한 처리 기술 및 기준 마련이 시급함
. Political/Legal (정책/법규)	• 현재까지 현장발생 불량토에 대한 처리 기준이 제대로 마련되어 있지 않아 본 연구를 통한 개발 기술의 정량화를 통해 법제화 및 제도 마련의 근거가 될 것으로 기대됨 • 국토해양부는 '담주변 친수환경 조성' 계획에 따라 담 주변 친수환경 조성을 위해 계획단계부터 친환경적인 설계기법을 도입하여 친환경 재료를 이용한 친수 공간 조성을 계획하고 있음

(2) SWOT 환경 분석 결과

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 - 충청권에 오송·오창 및 대덕 지역을 중심으로 한 다양한 생명공학 관련 연구기관들이 인접해 있어 건설 및 생명공학 분야 간 융복합 연구 수행에 최적의 여건이 마련되어 있음. - 대규모 개발사업 등이 활발하게 진행 중이어서 연구 대상지 확보 및 개발 기술의 현장 적용에 매우 유리한 위치에 있음.	【 약 점(W) 】 - 미국, 유럽에 비해 바이오 처리기술의 기반공학적 응용에 관한 시도가 극히 낮은 수준임. - 선진국에 비해 현장발생토의 친환경적 처리에 대한 기준이 미비하고 오염물질 제거를 위한 실질적 연구가 부족함.
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 - 현장발생토의 수집, 운송 및 처리에 관한 비용 부담을 절감하기 위한 공감대가 형성되고 있으며, 특히 폐기물로 분류되었던 현장발생 불량토의 처리 및 재이용에 관한 기술 개발의 필요성이 대두되고 있음 - 현장 발생 불량토의 경우 고유기질 흙으로 전통적인 관점의 토목공학에서는 이용이 불가능한 것으로 간주되었으나, 미생물 처리 기술 관점에서 볼 때 매우 우수한 배양 배지(medium)로써, 미생물 처리 기술을 적용할 경우 건설재료화가 가능할 것으로 기대됨 - 현장발생토의 30% 가량은 고유기성 불량토로써, 특히 충청권의 경우, 농경지 비율이 타 지역에 비해 높아, 대규모 개발에 따른 다량의 고유기성 현장발생토 발생되고 있어 미생물 처리 기술의 적용 가능성이 높음 - 국토해양부는 ‘담주변 친수환경 조성’ 계획에 따라 담 주변 친수환경 조성을 위해 계획단계부터 친환경적인 설계기법을 도입하여 친환경 재료를 이용한 친수 공간 조성을 계획하고 있음	【 위 험(T) 】 - 현장발생토의 재활용 및 건설재료화 기술은 이미 국외 연구기관들이 기시행하고 있는 상황이며, 일부 상용화 단계에 있음. 상용화가 이루어질 경우 외국 업체들의 국내 시장 진입 우려 - 미생물 또는 그 부산물을 이용한 지반 안정화 기술은 환경의 영향을 많이 받아 4계절의 구분이 뚜렷한 우리나라의 경우 해외와는 차별화된 접근 방법이 필요함

(3) SWOT 전략

SO 전략	• 충청권은 농경지 비율이 높아, 다량의 고유기성 현장발생토가 발생하고 있으며, 이러한 조건은 바이오 처리 기술의 적용 및 실용화에 최적화되어 있음을 강조 • 현장발생토의 매립/폐기와 재이용간의 비용편익을 비교하고, 현장발생토를 재활골재 및 기타 건설 재료로 활용할 경우 발생할 경제적 이익을 바탕으로 타당성 확보 • 충청권 지역에서 진행중인 대규모 개발 사업에 적극적으로 참여하여 테스트베드로 활용하고, 실질적인 공사 비용 감축 및 공사 효율성 증진이 가능하다는 점을 입증 • 충청권내 다양한 생명/화학 공학 관련 연구기관과의 적극적인 학제간 융복합 연구 수행을 통해 연구효율성과 경쟁력 확충 • 국토해양부의 '댐주변 친수환경 조성' 계획에 따라 댐 주변 친수환경 조성을 위해 계획단계부터 친환경적인 설계기법을 도입하여 친환경 재료를 이용한 친수 공간 조성을 계획하고 있음. 따라서 충청권 내 신도시 건설 시 발생하는 현장발생토를 즉시 재처리하여 활용함으로써 건설 비용 절감 및 친환경적인 시공을 하도록 함	WO 전략	• 적극적인 현장 적용 시도를 통해 해외에 비해 뒤쳐진 바이오 처리 기술 및 지오폴리머 처리기술의 수준 향상 • 바이오소일 및 지오폴리머 처리 기법의 친환경적 요소를 강조하여 관계당국의 주의를 환기하고, 이를 통해 관계 법령 및 기준의 강화를 유도
ST 전략	• 적극적인 학제간 연구를 통해, 일반적인 바이오/지오폴리머 기술의 목적인 지반 성능 강화 뿐만 아니라 현장 분진 억제, 조경 타일 제작 등 다각화된 기술 적용 모델로 해외 기술과의 차별화 확보 • 광범위한 현장 적용을 통해 기술적 경험을 빠르게 획득하고, 이를 통해 기술 자립화 및 경쟁력 확보	WT 전략	• 우리나라의 기후 조건 및 지반 조건에 최적화된 바이오/지오폴리머 처리 기술의 개발에 집중하여 해외 기술에 대한 우위 획득 • 체계화된 학제간 연구를 통해 다양한 전공의 연구주체로 이루어진 연구 인프라를 구축하여, 연구 인력풀을 확충하고 장기적인 경쟁력 확보

2. 각 기술별 중점 추진 분야 및 전략 (종합)

기술분야	중점 추진 분야 및 전략
도로 및 주변시설물 자동유지관리 로봇 시스템 개발	• 도시 및 주변 공간에서 발생하는 쓰레기를 수집하는 자동화된 로봇 시스템을 도입하여 시간 및 공간에 구애 받지 않으며, 쓰레기 수거가 가능하도록 함 • 대기 오염 측정 장비를 로봇에 장착하여 도시 및 주변 환경의 대기 오염 상태를 실시간으로 모니터링 • 로봇-IT 융합 시스템을 도입하여 다수의 로봇을 활용, 로봇간의 네트워크를 구축하여 효율적인 장소 배치 및 군집의 지능을 활용한 분산화된 시스템 구성 • 로봇 플랫폼 제작, 자동화 관련 인프라 구축, 로봇기반 지반 조사를 충청도 내의 로봇제작 중소기업 및 토목 공사 업체에게 의뢰하고 사업화를 추진하여 지역 경제를 활성화
수상 및 수변 공간 청정 유지를 위한 자동 청소 시스템	• 무인 수상선 개발, 내비게이션 기술 등의 요소 기술의 선행 연구들을 바탕으로 수상 및 수변 공간 자동 청소 시스템 구현에 필요한 원천 기술 및 관련 장비 개발 • 현재 청소선으로는 수변 공간을 청소하기 어려움. 따라서 충청권 지역 내 연구 역량을 이용하여 차별화된 수변 공간 자동 청소 시스템(수변 공간의 부유물을 제거하고 수질환경 모니터링이 가능)을 개발함으로써 새로운 서비스 로봇 분야 창출 • 충청권내 위치한 충주호, 대청호의 부유쓰레기 발생량이 전국의 1/3이상을 차지(처리비용 연간 약 19억원), 이에 적용하여 지역 문제를 해결하고, 중소기업들 통해 사업화를 추진하여 지역 경제를 활성화 • 활발한 국제 연구를 통해 개발된 기술을 해외에 홍보 (특히 관련 수요가 발생하고 있는 중국, 동남아 지역)하여 국가 경쟁력 및 해외 시장 확보에 기여
스마트 도시 시설물 관리 시스템	• 다양한 도시 시설물의 투자비용을 최소화하면서 시설물의 상태를 최적으로 유지할 수 있는 시설물 분석 및 최적화 기법 개발 • QR코드 및 스마트폰을 활용한 도시 시설물의 효율적인 관리 체계를 개발 • 실증단지를 통한 스마트 시설물 관리 시스템의 실효성 검증 • 충청권 신도시 친수 공간에 특화된 시설물 관리 방법을 도출하고 관리 비용을 절감

기술분야	중점 추진 분야 및 전략
. 도시 방재 및 유지 관리를 위한 하부 지반 평가 시스템	• 도시에 적합한 로봇기반의 지반 조사 방법 개발 및 로봇시스템 구축 • 도심에 최적화된 현장 실험 시스템 적용과 이를 방재 자동화 시스템에 적용, 도시 지역 지반의 유지관리 및 방재 시스템 구축 • 충청권 신도시(예, 세종시, 혁신도시 등)의 계획 단계에서 도시 방재 자동화 시스템의 적용
. 석탄회 재활용 고성능·다기능 건설 재료 개발 및 신도시 시범 적용	• 전국 석탄회 발생량의 44%를 차지하는 충청권내 4곳의 석탄 화력발전소와 우수한 지리적 접근성을 갖는 충청권내 연구소 활용 • 화력발전소 신 증설 예정으로 인한 석탄회 재활용 수요의 증가가 예상되며, 석탄회 활용 기술을 충청권 지역의 개발 진행 중인 신도시에 테스트 베드로 활용 • 다수의 신도시 개발이 이루어지고 있는 충청권 내 부족한 골재 문제를 석탄회 부산물 활용을 통해 대체하여 친환경적으로 해결
. 개발사업 현장발생토의 친환경 처리 및 응용 기술 개발	• 충청권은 농경지 비율이 높아, 다량의 고유기성 현장발생토가 발생하고 있으며, 이러한 조건은 바이오 처리 기술의 적용 및 실용화에 최적화되어 있음 • 현장발생토의 매립/폐기와 재이용간의 비용편익을 비교하고, 재활골재 및 기타 건설 재료로 활용하여 경제적 이익 확보 • 충청권 지역에서 진행중인 대규모 개발 사업에 적극적으로 참여하여 테스트베드로 활용하고, 실질적인 공사 비용 감축 및 공사 효율성 증진이 가능하다는 점을 입증

제6절 전문가 자문 의견

1. 전문가 자문 회의 취지 및 목적

가. 취지 및 목적

- 충청권 공공기관의 전문가 자문을 통한 지역현황 및 동향조사 결과에 대한 최종 검토 및 자문
- 연구 기획 내용에 대한 충청권 지역 부합성 및 사업추진 타당성 검토
- 연구 목표 및 비전 설정에 대한 자문

2. 내용

가. 일정

- 2012년 3월 29일 목요일, 15:00-17:30
- KAIST W16 209호 회의실

나. 전문패널

- 주재자: KAIST 명현 교수(주관연구책임자)
- 대전광역시청 도시주택국: 신성호 과장
- 충북발전연구원 공간정책연구부: 변혜선 부장
- 충남발전연구원 환경생태연구부: 오혜정 책임
- (주)하기소닉: 김병극 대표이사
- 충남대학교 토목공학전공: 박형춘 교수
- 충북대학교 토목공학과: 이효상 교수
- 기획위원 및 본 과제 참여연구원
- KAIST 건설 및 환경공학과 소속 교원

3. 주요 의견

패널	자 문 의 건
신성호	✓ 신설된 교량 및 터널 유지관리 비용이 매우 높음. 현재는 유지 및 관리가 시급하지 않지만(현재 실제로는 재정 능력 때문에 가시적으로 rough하게만 유지 관리 하고 있는 실정임) 노후화될 경우 막대한 양의 비용이 발생할 것이라 예측됨. ‘어떻게 하면 안전하게 경제적으로 유지 및 관리를 할 수 있을까’가 큰 이슈임 ✓ 친수 공간에 시설물이 많이 증설되었음. 시설물 유지관리에 대한 노력이 필요함. 보도-체육시설, 자전거도로 -> 사람들이 모임->수질관리 및 방재의 문제점이 있음 -> 수변 공간을 방재와 함께 연결해서 고민해 보는 것은 어떠할지 ✓ 수질오염 총량제 규제와 일자리 창출이나 개발문제가 충돌함. 현재 수질정화의 경우 일회성으로 그치며 자원봉사자 위주로 이루어지고 있음. 수질정화가 될 경우 그만큼의 개발도 가능하니 수질정화 문제가 시급함
변혜선	✓ 상위 연구 계획 (광역경제권 발전계획의 지역 특화사업) 과 연관시키면 필요성이 잘 어필될 수 있을 듯, 위 상위 연구 계획은 시급한지, 꼭 국가가 해야 하는 건지를 기준으로 선정되는 것임. ✓ 현재 청원, 금강 유역 주변을 과도하게 개발해서 수질오염의 문제가 심각함. 따라서 현재 개발허용이 안 되고 있으며(수질오염 총량제) 공장, 산업단지, 도시개발 등을 못하고 있음. 세부기술 2(‘수상 및 수변 공간 청정유지를 위한 자동 청소 시스템’)의 내용을 이런 맥락에서 필요성을 도출할 수 있음. 다시 말해 수질 정화를 로봇이 하진 못하겠지만, 목적으로는 사용할 수 있음. ✓ 기초기술 개발임을 부각하는 게 필요
오혜정	✓ 수변, 수상 레저가 이슈로 대두되고 있다. 친수 공간 (자전거도로, 공원, 조경수 등의 육지)의 유지관리 비용이 1000억이며 올해는 정부에서 지급하고 있으나, 내년부터는 지자체로 이관될 예정이기 때문에 문제가 시급함. 쓰레기가 BOD 저감에 큰 영향을 주지는 않을 것이라 생각되나 충남의 문제와 부합될 수 있음. 또한 금강, 대청호, 하수원, 호수, 대형담수호 등은 유지관리가 예산 여건상 잘 안 되고 있기 때문에 충남에 어필할 수 있음. 인프라 구축시 4대강 수변 (친수 공간) 에 적용 가능하며 수상+수변+청소+모니터링의 내용으로 묶어 수행하면 좋을 듯함. 현재 수질 모니터링은 센서를 이용하여 독성을 감지하는 수준임. 청소와 모니터링을 위한 인프라 구축은 현안이 될 수 있음 ✓ 석탄회의 경우 보령/당진에서 실용화를 시도하고 있다. 이와 같이 석탄회 문제는 지역에서 관심이 많으며 관련 조사자료를 바탕으로 필요성을 더

	부각하면 좋을 듯, 건설기자재뿐만 아니라 농어촌(충청도에 농어촌이 많으므로) 다양하게 활용할 수 있음.
이효상	✓ 현재 하천관리의 테마로 제방 안전관리가 있으며 이는 촘촘하게 센서를 설치한 뒤 유량을 파악하여 모니터링 한다. 로봇시스템과 연결하여 종합적인 생태 환경을 모니터링하고 방재하는데 사용할 수 있을 듯하다. 홍수 저감대책의 경우 모든 지방의 의무사항이며, 이러한 시스템이 개발될 경우 모든 지방 자치 단체에 적용이 가능하며 따라서, 사업성이 굉장히 좋음
박형준	✓ 도시 방재를 시스템 개발은 너무 범위가 넓음. 하나의 과제가 커버할 수 있는 내용이 아님. 도시 방재를 위한 ~~시스템 개발로 명칭을 바꿀 필요가 있음
김병극	✓ 지역수요로만 따지지 말고, 지역역량을 중심으로 과제를 묶어서 나아갈 필요가 있음

4. 종합 분석

가. 충청권의 특성 분석

- 충청권 내 로봇 관련 기업, 연구소 및 대학이 타 지역에 비해 밀집되어 있어 로봇 기술을 활용한 시스템 개발에 유리함
- 충청권은 세종, 오송, 오창 등의 신규 연구·산업 단지가 조성 및 계획되고 있는 중요 권역으로, 대표적 신도시인 세종시의 경우 자연친화적 도시환경 조성을 위하여 개발 계획 예정지역 전체 면적의 52.1%를 시민 공간으로 계획하고 있어 (분당 27%, 동탄 24%, 판교 37%) 친환경적이고 안전한 시민 공간 조성에 대한 필요성이 증대되고 있음
- 4대강 및 고향의 강 살리기 사업을 비롯한 충청권 하천 정비사업의 증가, 수질 오염 총량제 도입으로 인해 시민 공간 중 특히 수상·수변·친수 공간에 대한 청소 및 시설물 관리 시스템의 도입이 시급히 요구되는 상황임. 특히 충주호, 대청호의 부유쓰레기는 전국의 1/3차지.
- 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳의 석탄 화력 발전소에서 생산되고 있으며, 신규 7천MW 규모의 화력발전시설이 신·증설될 예정이므로 석탄회 재활용 수요는 점점 증가할 것으로 예상됨

나. 충청권의 특성을 반영한 연구 방향 설정

- 전국 석탄회 발생량의 44%를 생산하고 있는 충청권 지역의 특성을 활용하여 석탄회 부산물·현장발생토를 이용하여 시민 공간 개발하고, 개발된 시민 공간을 안전하고 최적으로 유지 및 관리하기 위하여 로봇 및 인프라를 활용한 시민 공

간 청소 시스템/시설물 최적 관리 시스템을 개발하며, 시민 공간의 재해 위험도를 평가하는 시스템을 개발함

제3장 세부과제 도출 및 연구단 추진 전략

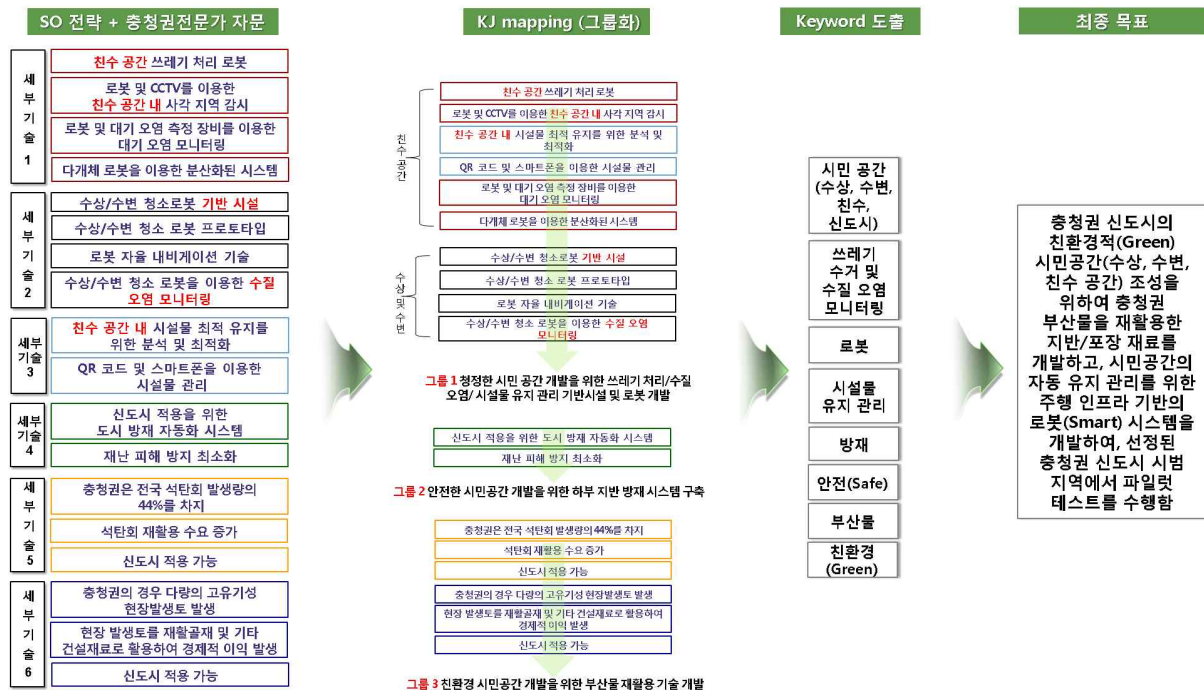
제1절 연구단 비전 및 연구목표 수립

비전 및 연구 목표 수립 절차

- 1) SO 전략과 충청권 전문가 자문 의견을 바탕으로 각 세부 기술별로 요소 기술을 도출
- 2) KJ mapping을 이용하여 도출된 요소 기술을 분류 및 그룹화
- 3) 그룹명을 바탕으로 키워드 도출
- 4) 키워드를 바탕으로 최종 목표 및 비전을 수립

1. 연구단 비전

- 재해에 안전하며 친환경적인 충청권 신도시 시민 공간 조성 및 유지 관리 비용 절감을 목표로 충청권 부산물 재활용 기술 및 시민 공간 최적 자동 유지 관리 기술을 개발하고, 이의 테스트베드 적용을 통한 충청권 지역 경제 혁신을 도모함



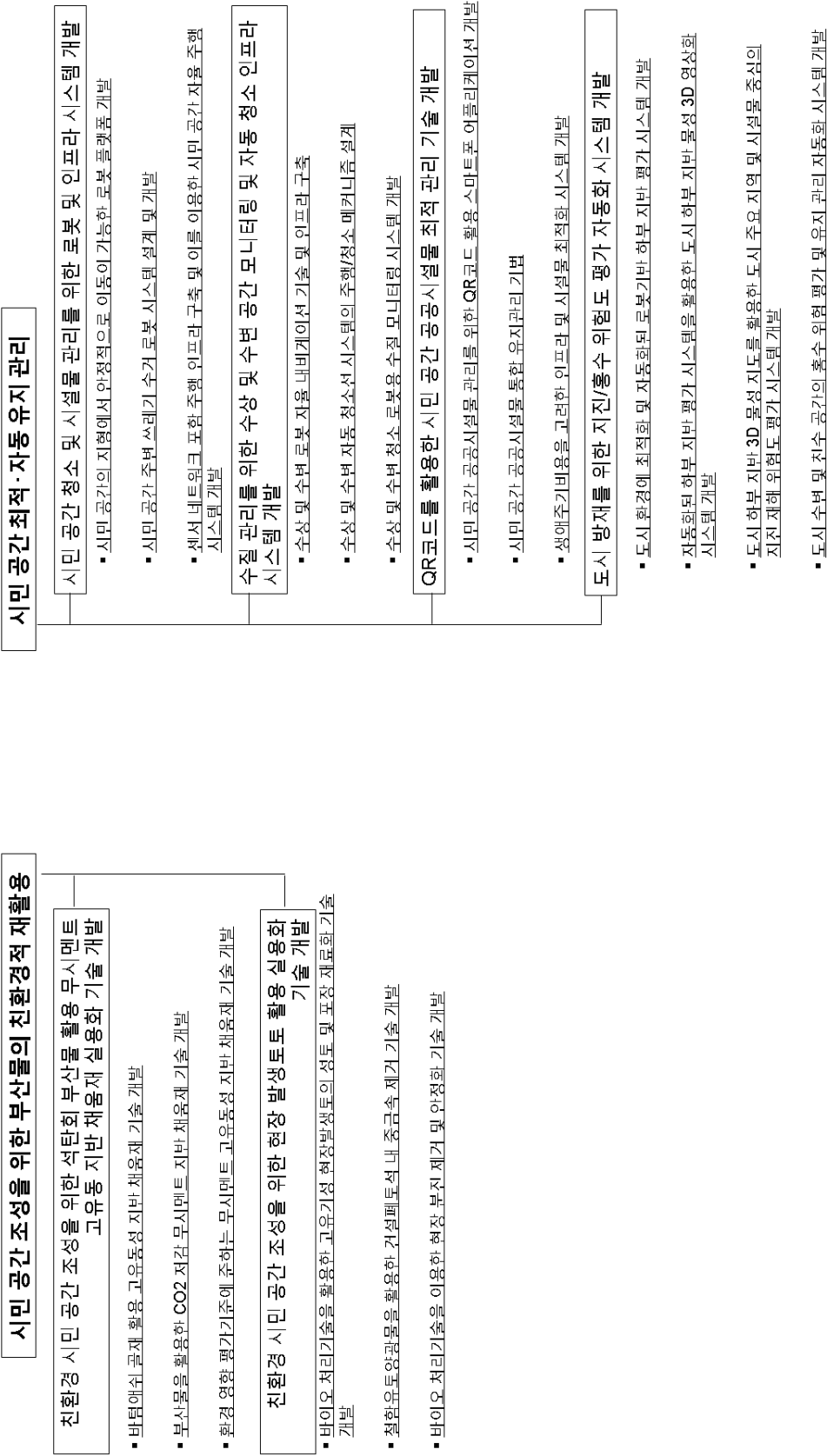
[그림 3.1.1] 연구단 비전 도출 과정

2. 연구단 명 및 연구단 목표



[그림 3.1.2] 연구단 목표

충청권 신도시의 친환경적(Green) 시민공간(수상, 수변, 친수 공간) 조성을 위하여 충청권 부산물을 재활용한 지반/포장 재료를 개발하고, 시민공간의 자동 유지 관리를 위한 주행 인프라 기반의 로봇(Smart) 시스템을 개발하여, 선정된 충청권 신도시 시범 지역에서 파일럿 테스트를 수행함



제2절 과제 도출

1. 세부과제 도출

가. 세부과제 정의

세부과제 정의

부산물 재활용 개발 및 최적·자동·유지 관리(Smart)시스템 및 인프라 개발을 위하여 집중적으로 연구되어야 할 기술

나. 세부과제 도출 과정

기 기획단계에 제시된 6개의 세부기술에 따라 기획을 수행하였으나 아래와 같은 문제점이 존재하였음.

- 충청권과의 부합성 부족
- 세부 기술 간의 연계성 부족

따라서 각 기술의 동향 분석 결과, 기술수요 예측 조사 결과, 충청권 전문가의 의견을 바탕으로 충청권에 적합하고 각 중점 분야의 연계성을 극대화하여 시너지 효과창출을 위한 기획 방향을 수립함. 도출된 세부과제 이전 페이지 참조

2. 중복성 검토

- 1세부 : 시민 공간 최적·자동 유지관리

세 세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
시민 공간 청소 및 시설물 관리를 위한 로봇 및 인프라 시스템 개발	자동 유지 관리 로봇 설계 및 프로토타입 개발 기술	실외환경에 강인한 도로기반 저가형 자율주행 기술 개발 (지식경제부)	다중센서 및 위치인식 알고리즘 확장 설계 및 구현, 레이저 센서 기반 동적 객체 탐지 및 추적 기술 개발	한국전 자통신 연구원 (‘10.04 ~’15.03)	본 과제는 실용화를 목적으로 하며, 쓰레기 수집을 위한 메커니즘을 요구하는 로봇 플랫폼의 개발을 목표로 하므로 센서 기반 객체 탐지 및 추적을 중점적으로 다루는 기존의 과제와는 기술적 연관성을 논하기 어려움	친수 공간에서의 물체 인지 기술에서 기존의 센서 기반 탐지 기술 일부 벤치마킹
	육상 환경에서의 효과적인 작업이 가능한 Mobility 인프라 관련 기술	경사면 및 낮은 장애물 극복을 위한 이동 로봇의 적응형 제어 시스템 개발 (교육과학기술 부)	실내외에 존재하는 낮은 장애물 및 경사면 극복을 위한 로봇 제어 시스템	전북대 학교 (‘10.05 ~’13.04)	본 과제는 친수공간의 특성에 특화된 Mobility 인프라 관련 기술을 목표로 하므로 기존 연구 과제와는 기술적 연관성을 논하기 어려움	친수 공간에서의 로봇 자율 주행 기술에서 기존의 Mobility 관련 기술 일부 벤치마킹
	다개체 로봇을 이용한 시설물 유지 관리 및 보안 시스템 기술	멀티에이전트 시스템 Coordination, Control, and Application 기술 (교육과학기술 부)	멀티에이전트 시스템의 최적 임무 분배와 제어	서울대 학교 (‘08.06 ~’13.05)	본 과제는 다개체 로봇팀의 네트워크를 활용하여 환경을 모니터링 하고 감시하는 consensus기반 접근에 관한 것으로 기존의 제어, 임무 분배에 관련된 연구와는 기술적 연관성을	친수 공간에서의 다개체 로봇을 활용한 환경 모니터링에서 기존의 최적 임무 분배 기술 일부 벤치마킹

					논하기 어려움	
수질 관리를 위한 수상 및 수변 공간 모니터링 및 자동 청소 인프라 시스템 개발	수상 및 수변 청소선 기반시설 설계	수중 경계 및 생태환경의 IT 기반 센서웹 서비스 시스템 구축을 위한 수상-수중로봇 개발 (지식경제부)	생태모니터링을 위한 반 자율 무인 잠수정 개발	포항지능로봇연구소, ('10.04 ~ '15.03)	P-SURO의 경우 일반 수중카메라 기반의 비전기술 개발에 초점을 맞춘 것으로 이는 수상 로봇의 자율운항기술의 초급단계이며, 본 로봇의 경우 쓰레기 감지 및 처리 관련 기술이 미흡	수중에서의 비전기술 일부 벤치마킹
	위치 정보에 기반을 둔 수상 및 수변 로봇 자율 내비게이션 기술 개발					
	수상 및 수변 청소로봇 시스템의 주행/청소 메커니즘 설계 및 개발	선박 청소용 수중로봇의 청소모듈 및 운용시스템 개발 (한국산업기술 평가원)	수중에서 회전형 브러쉬를 이용하여 대형선박의 선저부를 청소할 수 있는 청소용 수중로봇의 청소모듈 개발과 수중운항할 수 있는 수중항법제어기 및 육상/선상 운용시스템 개발	대원기전 ('05.07 ~ '09'06)	수중에서 대형선박의 선저부를 청소하는 것이 주요 목표로서 수상이나 수중에서의 쓰레기 수거에 대한 처리 능력이 없음.	수중에서의 이동 메커니즘 및 내비게이션 기술 참고
	수상 및 수변 청소 로봇용 수질 모니터링 시스템 개발					
QR 코드를 활용한 시민 공간 공공 시설물 최적관리 기술 개발	수변 및 친수 공간 공공시설물 관리를 위한 QR코드 및 스마트폰 어플리케이션 개발	시설물 유지관리를 위한 모바일 GIS 컴포넌트 개발 (중소기업청)	모바일 GIS 기술, 시설물 유지관리기술, 위치추적을 위한 GPS 응용기술	전북대학교 ('07.08 ~ '08.01)	본 과제는 스마트폰 및 QR코드를 사용하는 기술로, 별도의 하드웨어 개발이 필요하지 않음	모바일 장비를 이용한 도시 시설물 정보 처리 기법 참고
	수변 및 친수 공간 이중 공공시설물 통합 유지관리 기법 개발	지역시설물 관리를 위한 지능형 미들웨어 및 하드웨어 개발 (지식경제부)	지능형 임베디드 시스템 개발, 센서 웹 기반 관제시스템 개발, 주민참여형	가오누리 ('10.05 ~ '11.04)	본 과제는 센서 웹이 아닌 QR코드 기반 기술이며, 이중 시설물의 통합 관리를 목표로 하고 있음	서버 데이터 전송 및 양방향 데이터 교환 기술 구현 시 일부 기술 벤치마킹

			홍보시스템 개발			
	생애주기비용 을 고려한 인프라 및 시설물 최적화 시스템 개발	공공시설물 자산 관리 체계 개발 (지식경제부)	도로, 교량, 상하수도의 자산관리기법 개발 공공시설물 자산관리 정보시스템 개발	한국건 설기술 연구원 (‘08.01 ~’12.01)	본 과제는 수변 및 친수공간에 특화된 이중 시설물 통합 관리 시스템 구축을 목표로 함	자산관리 정보시스템 및 방법론 일부 참고
	도시 환경에 사 용 가 능 한 하부지반 다 차원 평가 시 스템 기술	-	-		관련 연구 과제 없음	
	자동화된 현 장시험을 위 한 로봇기반 의 지반 평가 시스템 기술	SPT 업홀 및 HWAW기법을 이용한 지반강 성의 2차원 영 상화 기법 연 구	비파괴 표면파 탐사 기술	한국건 설교통 기술평 가원(04 .08~07. 08)	본 과제는 다양한 잡음이 상존하는 도심지에서의 적 용 가능한 로봇기 반의 자동화 지반 조사 기술 개발이 며, 기존 표면파 기술은 도시 잡음 의 효과적인 처리 가 어려움.	현재 개발되어진 표면파 기술의 일부 기술 벤치마킹
도시 방재를 위한 지진/홍 수 위험도 평가 자동화 시스템	안전한 공간 조성을 위한 홍수 재해 위 험도 작성	건축문화재 지 진·홍수 재해 위험도 평가 연구	문화재 분포 지 역의 홍수 재해 위험 평가	국립문 화재연 구소(10 .03~11. 11)	대상지역의 특성 및 규모의 상이성 으로 인한 홍수 재해 위험 평가 기법의 차별성이 나타남	
	주요 지역 및 시설물의 홍 수 위험 평가 시스템 개발					
	주요 지역 및 시설물의 홍 수 위험 평가 시스템 개발	도시지역 홍수방어를 위한 방재계획과 기술개발 방안	도시홍수재해 해석, 예경보 및 침수예측, 홍수방어계획 및 관리에 관한 연구	(주)방재 안전기 술원(01 ~03)	본 과제와는 다르게 대상 지역이 도시지역 전체를 대상으로 연구가 진행 된 것이 차별화됨.	
	수변 및 친수 공간의 홍수 위험 평가 및 예·경보 시 스템 개발	-	-		관련 연구 과제 없음	

- 2세부 : 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용

세세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
친환경 시민 공간 조성을 위한 석탄회 부산물 활용 무시멘 트 고유동 지반 채움재 실용화 기술 개발	바텀애쉬 골재 활용 지반 고유동 지반 채움재 기술 개발	석탄회를 활용한 경량 유동성 채움재 (Flowable Fills) 제조공정 개발(한양대학교)	Coal ash 활용 CLSM 제조공정 개발, 환경 오염방지용 석탄회 경량 저장도 고유동 채움재 개발	한양대학교 ('08.12~'11.11)	본 연구는 알칼리 활성화 반응을 활용한 무시멘트 경량 유동성 지반 재료 및 바텀 애쉬 잔골재 활용 기술 연구로서 차별화됨	Coal ash 경량 유동성 채움재 기술 연계 활용
	부산물을 활용한 CO ₂ 저감 무시멘트 지반 채움재 기술 개발	HVCCPs 활용 그린건설재료 및 실용화기술 개발(건설생활환경시험연구원)	HVF (high volume flyash) 콘크리트 적용 기술 확보, 조기강도 및 internal curing 기술	건설생활환경시험연구원('11.7~'16.6)	기존 연구는 석탄회인 플라이 애쉬 대량 활용 기술 연구이며, 본 연구에서는 잔골재용 바텀애쉬 활용에 대한 연구로 차별화	석탄회 중 플라이애쉬 활용 기술 연계 활용
	환경 영향 평가기준에 준하는 무시멘트 고유동성 지반 채움재 기술 개발	발전소 매립회의 친환경적 활용을 위한 규격화 요소기술(건설생활환경시험연구원)	매립회의 용도별 관련 규격 및 콘크리트용 혼화재, 도로포장용 재료로서의 활용 요소기술 및 시공기법 개발	건설생활환경시험연구원('07.3~'10.2)	알칼리 활성화 반응을 통한 무시멘트 지반 채움재 기술 및 충청권 화력발전소 석탄회의 특성에 따른 활용 기술 연구로 차별화함	석탄회 도로 포장용 재료활용 요소기술 연계 활용
	부산물을 활용한 CO ₂ 저감 무시멘트 지반 채움재 기술 개발	석탄회를 대량 활용한 환경부 하저감형 콘크리트의 제조기술 개발	플라이애시 및 바텀애쉬 대량 활용 콘크리트 특성에 대한 이론적 실험적 연구 수행	충남대학교 ('01.5~'03.4)	기존 연구는 콘크리트 적용 기술로서, 본 연구 기술의 적용 분야와 다름	바텀애쉬 골재의 특성 관련 자료 활용
	바텀애쉬 골재 활용 고유동 지반 채움재 기술 개발	산업부산물을 이용한 사회기반시설용 환경배려형 고성능 포러스폴리머 콘크리트 복합체의 개발 및 응용에 관한 연구	다공성을 지닌 바텀애쉬 및 폐유리 골재, 폴리머, 고성능 혼화재 등을 활용한 고성능 포러스 콘크리트에 대한 연구 수행	충남대학교 ('04.9~'07.8)	기존 연구는 도로포장, 호안녹화, 도시 배수 등의 포러스 콘크리트 기술로서, 본 연구의 기술 적용 분야와 다름	바텀애쉬 특성 관련 자료 활용
	바텀애쉬 골	석탄바닥재를	석탄 바닥재의	경기대학교	기존 연구는 석탄	석탄 바닥재의 토목 공학적 특성 분

	재 활용 고유 동 지반 채움 재 기술 개발	이용한 기능성 건설재 제조 및 토목공학적 특성 평가	기초특성 분석 및 기능성 건설 재로서 조성 배 합 및 공정 설 계	('09.5~ 12.4)	바닥재의 기능성 건설재료 활용에 관한 연구로서, 본 연구의 고유동 지 반 채움재 기술과 차별화를 가짐	석 자료 활용
	바텀애쉬 골 재 활용 고유 동 지반 채움 재 기술 개발	바텀애쉬를 다 량 활용한 CO2 배출 저 감형 콘크리트 기술 개발	바텀애쉬 표면 개질화 기술 개 발, 바텀애쉬 대량활용 콘크 리트 배합기술 개발	한 국 건 설 기 술 연 구 원 ('10.6~ 13.5)	바텀애쉬의 콘크리 트 활용에 관한 연 구로서, 본 연구의 지반 채움재 기술 과는 차별화를 가 짐	바텀애쉬 활용 콘 크리트 제조기술 분석 자료 활용
친환경 시민 공간 조성을 위한 현장발 생토 활용 실용화 기술 개발	바이오 처리기술을 활용한 고유기성 현장발생토의 성토 및 포장 재료화 기술	건설용 신소재 .재활용 기술 - 시멘트 ZERO 콘크리트 개발 및 활용	플라이애쉬와 고로슬래그를 혼합한 결합재를 이용한 무시멘트 건설재료 기술	한국건 설기술 연구원	본 과제는 바이오 처리기술을 활용하여 보다 환경 친화적인 무시멘트 건설 기술을 개발하는 것이 목표이므로 기술적 연관성이 적음.	역학적 성능을 비교하기위한 기준 자료로서 활용
	철함유토양광 물을 활용한 현장발생토내 중금속 제거 기술	맞춤형 중금속 오염부지 조사 및 정화 최적 화기법 개발연 구 (광운대학 교 외)	토양내 중금속 오염기술 검출 및 정화 기술 개발	EARTH 토 양 연 구 단 ('09.4~' 14.3)	본 과제는 6가 크롬 등의 중금속을 철함유토양광물을 활용해 제거하는 기술에 초점을 맞추고 있음.	현장발생토나 건설 폐토석 내 중금속 의 오염상태 조사 시 분광학적 방법 에 대한 일부기술 의 벤치마킹
	바이오 처리기술을 이용한 현장 분진 제거 및 안정화 기술	-	-	-	일반적인 살수 처리 외 연구된 과제 없음	-

3. 우선순위 도출

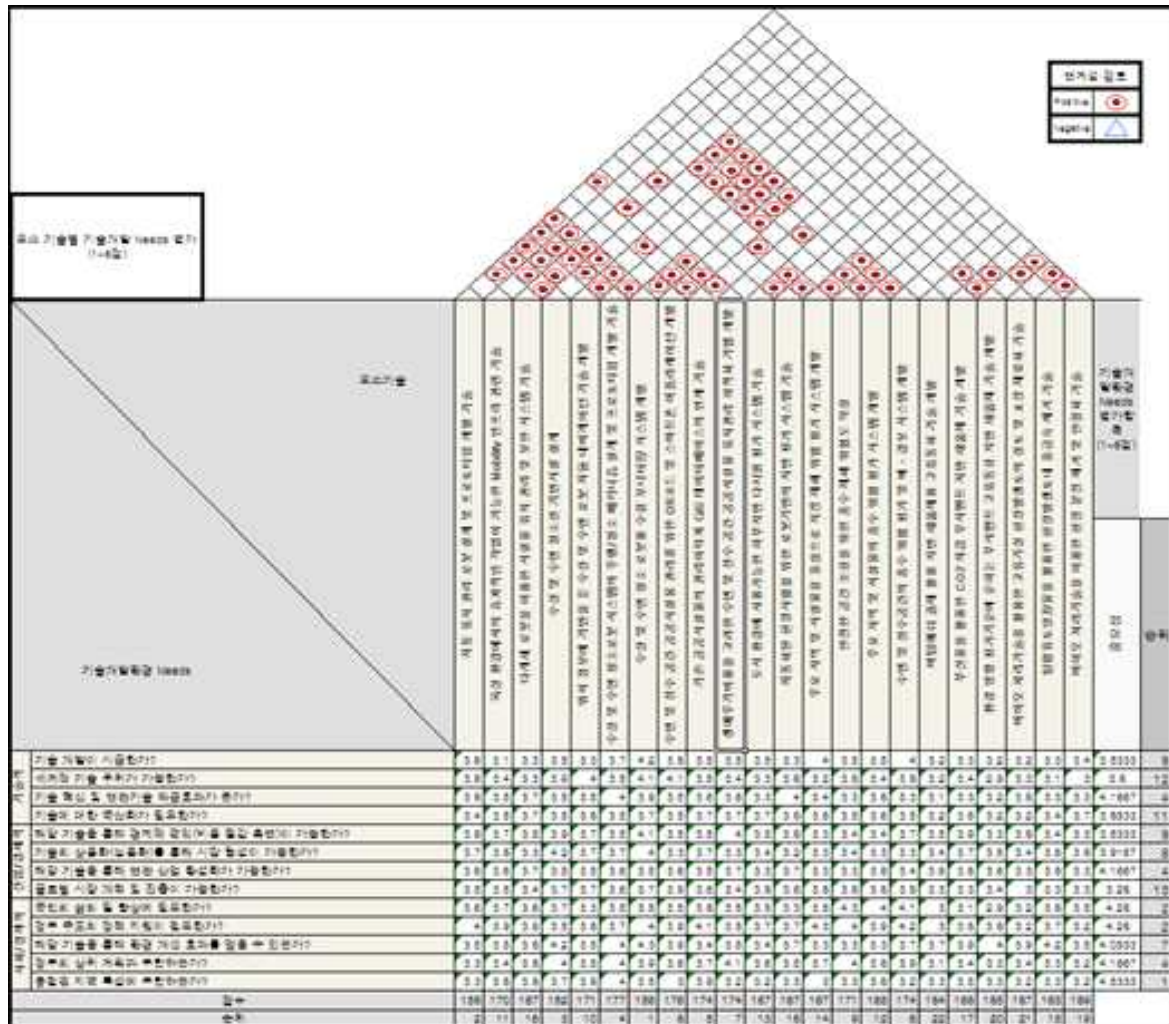
가. QFD를 활용한 요소기술의 우선순위 도출

- QFD 방법론을 이용하여 요소기술간 연계성 및 중요성을 고려하며 각 요소기술의 우선순위를 도출하였으며 기술개발 전략을 수립함. 충청권 전문가 및 관련 기술 연구원으로부터 QFD 조사를 수행하였으며 조사 대상자는 총 15명임
- 기술, 산업·경제, 사회·정책, 총 세 가지 분야로 구분 한 뒤 4~5개의 기술 개발 환경 Needs를 도출하였으며 Needs의 중요도를 평가함. Needs 및 Needs별 점수는 아래 그림과 같음

순위	기술개발환경 Needs	점수
1	충청권 지역 특성에 부합하는가?	4.83
2	정부 주도의 정책 지원이 필요한가?	4.25
2	국민의 삶의 질 향상에 필요한가?	4.25
4	기술 혁신 및 연관기술 파급효과가 큰가?	4.17
4	해당 기술을 통해 연관 산업 활성화가 가능한가?	4.17
4	정부의 상위 계획과 부합하는가?	4.17
7	해당 기술을 통해 환경 개선 효과를 얻을 수 있는가?	4.08
8	기술의 상용화(실용화)를 통해 시장 형성이 가능한가?	3.92
9	기술 개발이 시급한가?	3.83
9	해당 기술을 통해 경제적 편익(비용 절감 측면)이 가능한가?	3.83
11	기술에 대한 국산화가 필요한가?	3.58
12	세계적 기술 우위가 가능한가?	3.5
13	글로벌 시장 개척 및 진출이 가능한가?	3.25

[그림 3.1.3] 기술개발환경 Needs 및 점수

- Needs의 중요도를 반영하여 각 요소기술의 우선순위 및 요소기술별 연계도를 아래 그림과 같이 도출하였음



나. 우선순위 도출 결과

- QFD를 활용하여 총 22개의 요소기술의 우선순위를 아래와 같이 도출하였음

순위	요소기술	점수
1	수상 및 수변 청소 로봇용 수질 모니터링 시스템 개발	186
2	자동 유지 관리 로봇 설계 및 프로토타입 개발 기술	185
3	수상 및 수변 청소선 기반시설 설계	182
4	수상 및 수변 청소로봇 시스템의 주행/정소 메커니즘 설계 및 프로토타입 개발 기술	177
5	수변 및 친수 공간 공공시설물 관리를 위한 QR코드 및 스마트폰 어플리케이션 개발	176
6	수변 및 친수공간의 홍수 위험 평가 및 예·경보 시스템 개발	174
7	생애주기비용을 고려한 수변 및 친수 공간 공공시설물 유지관리 최적화 기법 개발	174
8	기존 공공시설물의 관리이력과 GIS 데이터베이스의 연계 기술	174
9	안전한 공간 조성을 위한 홍수 재해 위험도 작성	171
10	위치 정보에 기반을 둔 수상 및 수변 로봇 자율 내비게이션 기술 개발	171
11	육상 환경에서의 효과적인 작업이 가능한 Mobility 인프라 관련 기술	170
12	주요 지역 및 시설물의 홍수 위험 평가 시스템 개발	168
13	도시 환경에 사용가능한 하부지반 다차원 평가 시스템 기술	167
14	주요 지역 및 시설물을 중심으로 지진 재해 위험 평가 시스템 개발	167
15	자동화된 현장시험을 위한 로봇기반의 지반 평가 시스템 기술	167
16	다개체 로봇을 이용한 시설물 유지 관리 및 보안 시스템 기술	167
17	부산물을 활용한 CO2 저감 무시멘트 지반 채움재 기술 개발	165
18	철함유토양광물을 활용한 현장발생토내 중금속 제거 기술	163
19	바이오 처리기술을 이용한 현장 분진 제거 및 안정화 기술	159
20	환경 영향 평가기준에 준하는 무시멘트 고유동성 지반 채움재 기술 개발	158
21	바이오 처리기술을 활용한 고유기성 현장발생토의 성토 및 포장 재료화 기술	157
22	바텀애쉬 골재 활용 지반 채움재용 고유동화 기술 개발	154

[그림 3.1.4] QFD를 활용한 요소기술별 우선순위 도출 결과

4. 세부과제 구성 체계

세부 과제명		연구목표	주요 연구내용
1 세 부 · 시 민 공 간 최 적 · 자 동 유 지 관 리	1-1 시민 공간 청소 및 시설물 관리를 위한 로봇 및 인프라 시스템 개발	• 친수 공간 쓰레기 처리 비용 절감 (인력 대비 70%) 을 위한 로봇 및 인프라 시스템 설계 및 개발 • 친수 공간에서 효과적인 작업이 가능한 주행 시스템 개발	• 시민 공간의 지형에서 안정적으로 이동이 가능한 로봇 플랫폼 개발 • 시민 공간 주변 쓰레기 수거 로봇 시작품 • 센서 네트워크 포함 주행 인프라 구축 및 이를 이용한 시민 공간 자율 주행 시스템 개발
	1-2 수질 관리를 위한 수상 및 수변 공간 모니터링 및 자동 청소 인프라 시스템 개발	• 수변 공간 쓰레기 수거 비용 절감 (기존 청소선 대비 70% 및 시간당 수거량 90% 이상)을 위한 자동 청소 시스템 개발 • 수질 환경 자동 모니터링 시스템 개발	• 수상 및 수변 로봇 자율 내비게이션 기술 및 인프라 구축 • 수상 및 수변 자동 청소선 시스템의 주행/청소 메커니즘 설계 • 수상 및 수변 청소 로봇용 수질 모니터링 시스템 개발
	1-3 QR 코드를 활용한 시민 공간 공공시설물 최적관리 기술 개발	• 인프라 유지보수 시스템 관리비용 절감 (최적관리기술 도입 전 대비 80%)을 위한 친수 및 수변 공간의 공공 시설물 최적 유지 관리 시스템 개발 • 기존 관리 이력이 포함된 D/B 구축 및 시스템 연계 애플리케이션 개발	• 시민 공간 공공시설물 관리를 위한 QR코드 활용 스마트폰 어플리케이션 개발 • 시민 공간 공공시설물 통합 유지관리 기법 • 생애주기비용을 고려한 인프라 및 시설물 최적화 시스템 개발
	1-4 도시 방재를 위한 지진/홍수 위험도 평가 자동화 시스템	• 도시(시민 공간 포함) 지역의 상세 하부 지반 3D 물성 지도 작성 및 D/B 구축을 통한 지진 재해도 작성 및 위험도 평가 시스템 개발 • 지반 시험 효율성 증대(무시추) 및 비용 절감 (인력 이용 시추 방식 대비 50%) 이 가능한 로봇 기반의 자동화 현장 시험 시스템 도입 • 시민 공간 (수변 및 친수 공간)의 홍수 위험 평가 시스템 구축	• 도시 환경에 최적화 및 자동화된 로봇기반 하부 지반 평가 시스템 개발 • 자동화된 하부 지반 평가 시스템을 활용한 도시 하부 지반 물성 3D 영상화 시스템 개발 • 도시 하부 지반 3D 물성 지도를 활용한 도시 주요 지역 및 시설물 중심의 지진 재해 위험도 평가 시스템 개발 • 도시 수변 및 친수 공간의 홍수 위험 평가 및 유지 관리 자동화 시스템 개발
2 세 부	2-1 친환경 시민 공간 조성을 위한 석탄회 부산물 활용 무시멘트	• 석탄회를 활용한 무시멘트 고유동성(flow 200mm 이상) 지반 채움재 개발	• 바텀애쉬 골재 활용 고유동성 지반 채움재 기술 개발 • 석탄회를 활용한 CO₂ 저감 무시멘트 지반 채움재 기술 개발 • 환경 영향 평가기준에 준하는

부 산 물 의 친 환 경 적 재 활 용	고유동성 지반 채움재 실용화 기술 개발		무시멘트 고유동성 지반 채움재 기술 개발
	2-2 친환경 시민 공간 조성을 위한 현장발생토 활용 실용화 기술 개발	친환경/고강도 건설 재료로 활용 가능하고, 기존 건설 재료 대비 시공 및 처리 비용 5% 절감이 가능한 현장발생토 처리 기술 개발	- 바이오 처리기술을 활용한 고유기성 현장발생토의 성토 및 포장 재료화 기술 - 철함유토양광물을 활용한 건설폐토석내 중금속 제거 기술 - 바이오 처리기술을 이용한 현장 분진 제거 및 안정화 기술

5. 성과 목표 및 지표 설정

가. 성과 목표

세세부 과제명	목표 성과물
1-1 시민 공간 청소 및 시설물 관리를 위한 로봇 및 인프라 시스템 개발	• 시민 공간의 지형에서 안정적으로 이동이 가능한 로봇 플랫폼 시작품 (공원, 친수 공간의 우레탄, 시멘트 바닥 및 잔디에서 주행 가능) • 센서 네트워크 포함 주행 인프라 구축 및 이를 이용한 자율 주행 시스템 시작품 (위치 오차 0.5m 이내의 성능 구현) • 시민 공간 주변 쓰레기 수거 로봇 시작품 (공원, 친수 공간에서 쓰레기를 수집 가능, 1회 충전 당 3시간 임무 수행이 가능한 성능 구현, 쓰레기 처리 용량: 0.5t/hr) • 운용 지침서, 관련 지적재산권, 논문
1-2 수질 관리를 위한 수상 및 수변 공간 모니터링 및 자동 청소 인프라 시스템 개발	• 수상 및 수변 로봇 자율 내비게이션 기술 및 인프라 구축 시작품 (위치오차 2m 이내, 수변 지역은 인프라 구축을 통해 위치오차 0.5m 이내) • 수상 및 수변 자동 청소선 시작품 (작동시간: 3시간/1회 충전, 부유쓰레기 처리 용량: 0.4t/hr) • 수상 로봇을 이용한 자동 수질 모니터링 시스템 시작품 (상시 수질 모니터링 가능 및 사용자 요청 시 관련 정보를 사용자에게 전송) • 운용 지침서, 관련 지적재산권, 논문
1-3 QR 코드를 활용한 시민 공간 공공 시설물 최적관리 기술 개발	• 시설물 관리 모바일 애플리케이션 (QR 코드를 이용하여 시민 공간 내 시설물의 상태를 확인하고 즉각 관리 여부를 결정할 수 있는 수준) • 시설물 최적화 시스템 S/W • 시스템 활용 지침서, 관련 지적재산권, 논문
1-4 도시 방재를 위한 지진/홍수 위험도 평가 자동화 시스템	• 자동화된 하부지반 3D 평가 시스템 시작품 (표면과 데이터 획득, 데이터 처리 및 3D 물성 지도 작성 자동화 프로그램 (S/W) 및 이를 탑재한 모바일 로봇 (H/W), 획득된 데이터를 활용한 하부 지반 물성 3D 영상화 평가 프로그램 (S/W)) • 도시 중요 지역 및 시설물을 중심으로 한 지진 재해위험도 평가 시스템(S/W) 시작품 (3D 지반 물성 지도를 활용한 다양한 지진 시나리오에 따른 지진 재해 위험도 평가 S/W) • 도시 수변 및 친수 공간의 홍수 재해 예방을 위한 사회기반 시설 유지 관리 시스템 시작품 (시나리오별 홍수 전/중/후의 위험관리 시뮬레이션 S/W) • 운용 지침서, 관련 지적재산권, 논문
2-1 친환경 시민 공간 조성을 위한 석탄회 부산물 활용 무시멘트 고유동 지반 채움재 실용화 기술 개발	• 고유동 채움재 시작품 (flow 200mm 이상, 재굴착가능 압축강도 1.4MPa 이하) • 무시멘트 저장도 고유동 지반 채움재 특허 • 활용 지침서, 관련 지적재산권, 논문

2-2 친환경 시민 공간 조성을 위한 현장발생토 활용 실용화기술 개발	• 바이오 처리기술이 적용된 고유기성 불량표토에 대한 표준 물성 기술보고서 및 배합비 등 시공 지침, 이에 따른 시작품 (압축강도 10MPa, 양생기간 28일 내외) • 현장 분진 억제를 위한 배합 및 시공 지침 및 이에 따른 시작품 (효과 발현 시간 3일 이내, 살수 대비 90%의 분진 억제 효과) • 중금속 함유 현장발생토/건설폐토석 활용 지침서 (현장발생토/건설폐토석 내 중금속 잔존량을 토양오염우려기준 대비 50% 수준까지 처리) • 관련 지적재산권, 논문
---	---

나. 지표 설정

성과 지표	측정 방법	단위	목표치(차년도별)					비고
			1	2	3	4	5	
학술지 게재 논문 (국내/국외)	국내외 학술지 게재 여부	건	3	5	9	7	5	
학술회의 발표 논문 (국내/국외)	국내외 학술회의 발 표 여부	건	4	7	9	8	5	
특허 출원/등록	특허출원 확인서, 특 허 등록증, 신기술 출 원서	건	3	3	6	2	3	
소프트웨어 등록	소프트웨어 등록증	건	0	2	3	0	2	
요소 기술의 성능 목표 달성도	실험 및 해석검증 (요소 기술의 목표 값 대비 달성 정도)	%	10	20	40	70	100	세세부1-1
				30	50	70	100	세세부1-2
			10	30	50	75	100	세세부1-3
			20	40	60	80	100	세세부1-4
			30	60	90	100		세세부2-1
			30	30	70	80	100	세세부2-2
현장 적용	현장 적용 건수	건	1	2	1	6	5	
유지보수 비용 절감 효과	기존 기술 대비 유지 보수비용 비교 (기술 개발 결과물로 인한 유지보수 절감 정도)	%	10	10	20	30	3	세세부1-1
				5	10	15	20	세세부1-3
					10	20	30	세세부2-2
환경개선 효과	기술 적용에 의한 환 경 개선 산정 (기술 개발 결과물로 인한 환경 오염 수치 의 변화율)	%	10	10	20	30	30	세세부1-1
				5	5			세세부1-2
					5	5	10	세세부1-3
					30			세세부2-1
					20	30	50	세세부2-2
재해/재난 대응력 증대 효과	재해/재난 대응 기술 건수	건	0	0	1	2	2	
국내외 기술동향 조사 실적	기술동향 조사 실적 여부	건	7	3	2	2	1	
표준/기준의 규정/지침/편람/시방 서화	기준서, 지침서, 시방 서 작성 건수	건	2	1	3	5	3	
기술 이전	기술 이전 건수	건	1	2	2	5	6	
연구 개발 관련 홍보	홍보 건수	건	2	1	2	1	3	
분야별 인력 양성 배출 실적	인력 양성 배출 실적	명	6	7	9	9	7	

6. 세부과제 간의 연계성 도출

가. 1세부과제 내 세세부 과제 간 연계성

- 1세부 과제는 시민 공간의 유지 관리 비용 절감 및 재해에 대한 안정성 증진을 위한 최적 자동 유지 관리 기술 개발이 목표임
- 이를 위해 1-1세세부와 1-2세세부의 자동화 시스템이 시민공간을 관리하는데 있어 비용을 저감하고, 자동화 시스템 구축으로 인한 인프라 관리를 포함한 전반적인 시설물 관리를 1-3세부에서 담당하여 시설물 관리 비용을 절감시킴. 또한 1-4세부는 도시(시민 공간 포함) 방재를 위한 지진/홍수 위험 위험도 평가 시스템을 구축하여 안전한 시민 공간을 조성하는데 기여함

나. 2세부과제 내 세세부 과제 간 연계성

- 2세부 과제는 시민 공간 조성을 위한 저비용의 부산물 재활용 친환경적 건설 재료 개발이 목표임
- 이를 위해 2-1세세부와 2-2세세부는 석탄회와 현장발생토를 재활용하여 친환경적이면서 기존 건설 재료보다 비용을 절감시킬 수 있는 건설 재료를 개발함

다. 종합

- 1세부과제는 시민 공간의 유지 관리 비용 절감 및 재해에 대한 안정성 증진을 위한 최적 자동 유지 관리 기술 개발이 목표이며, 2세부과제는 시민 공간 조성을 위한 부산물 재활용 친환경적 건설 재료 개발이 목표임
- 각 세부 과제는 연구단 최종 목표인 친환경 시민 공간 조성 및 최적·자동 유지 관리에 부합하도록 연구 내용 및 목표가 설정되었음

제3절 세부실행계획

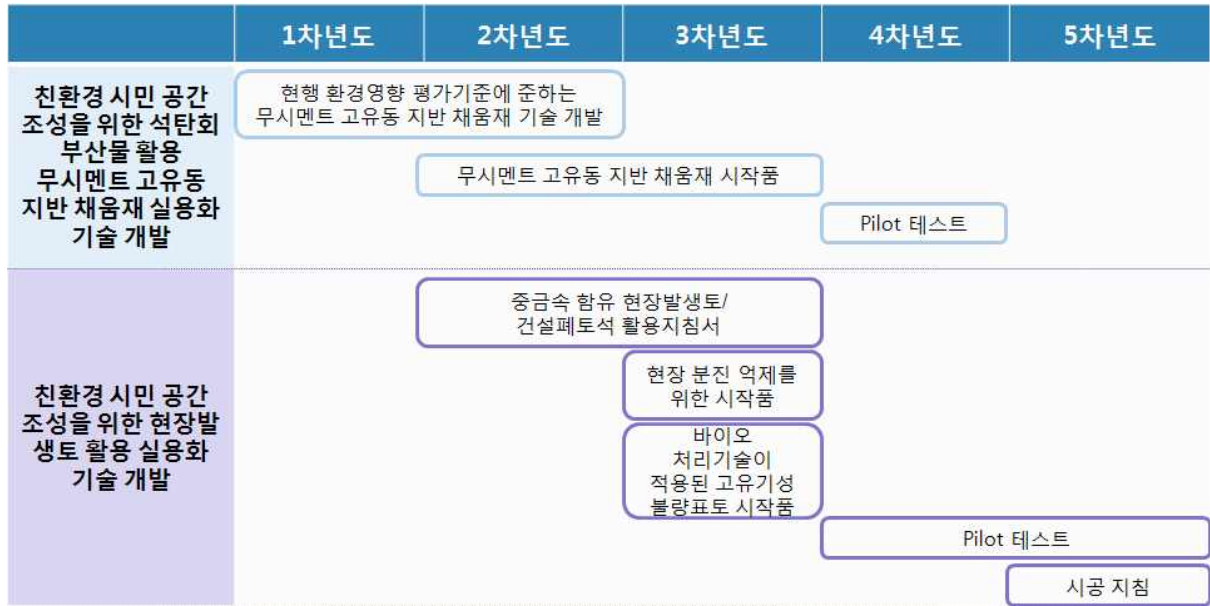
1. 기술로드맵 (TRM)

가. 세부 과제별 기술로드맵

- 1세부 : 시민 공간 최적·자동 유지관리

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
친수 공간 청소 및 시설물 관리를 위한 로봇 및 인프라 시스템 개발	시민 공간의 지형에서 안정적으로 이동이 가능한 로봇 플랫폼	시민 공간 쓰레기 수거 로봇 시작품 자율 주행 시스템을 위한 센서 네트워크 및 인프라 구축		Pilot 테스트	
수질 관리를 위한 수상 및 수변 공간 모니터링 및 자동 청소 인프라 시스템 개발	자동 수질 모니터링 시스템	수상 및 수변 자동 청소선 시작품 수상 및 수변 로봇 자율 내비게이션 기술 및 인프라 구축		Pilot 테스트	
QR 코드를 활용한 수변 및 친수 공간 공공 시설물 최적 관리 기술 개발	시설물 최적화 소프트웨어		시설물 관리 모바일 애플리케이션	Pilot 테스트	시스템 활용 지침
도시 방재를 위한 지진/홍수 위험도 평가 자동화 시스템 개발	홍수 재해 예방을 위한 사회기반 시설 유지 관리 시스템 개발	자동화된 하부지반 3D 평가 시스템 시작품 (S/W, 로봇기반현장실험시스템)	지진 재해위험도 평가 시스템(S/W)	Pilot 테스트	

- 2세부 : 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용



2. 예산 소요 계획

● 사업단의 소요 예산은 과제의 세세부 기술들로 구분하고 이를 바탕으로 표를 이용하여 산출

- 아래의 표에서 인건비는 과제 난이도에 및 기술 준비도 수준 따른 인건비 증액을, 소요 M/M를 기준으로 산출되며 소요 M/M는 각 기술의 성격 및 기술개발 범위를 고려하여 결정하였음
- 아래의 표에서 직접비는 기술의 성격에 따라 인건비의 비율로 산출하였으며 이러한 비율은 건설교통부 제시 ‘소요예산 상세내역서’ 문서를 바탕으로 함
- 간접비는 인건비와 직접비 합 10% 적용

[표 3.1] 소요 예산 산출 방법

구분	기간 (년)	소요 M/M ¹²⁾	연구비			연구비 총액
			인건비	직접비	간접비	
1-1			=기간*M/ M*516만원 13)		=(인건비+직 접비)*0.10	
1-2						
1-3						
1-4						
2-1						
2-2						

12) 1M/M: 연구원 1인이 1개월간 100% 투입됨을 의미하는 단위

13) 516만원 = 조교수기본급 430만원 × 과제 난이도에 따른 증액을 (세계 최고와 동일한 수준의 연구, 120%) × 기술 준비도 수준에 따른 증액을 (응용연구, 100%)

● 소요 예산

- 충청권 지역기술혁신사업의 총 소요예산은 정부 출연금 56.3억원, 민간투자분 5.7억원으로 총 62억원이 필요할 것으로 추정됨
- 1단계(1차년도~3차년도)는 각 세세부 기술 개발을 위해 필요한 기본 계획을 수립하고, 관련 기술을 도출하며, 구현 가능성을 검증하는 단계로서 총 38.7억원의 연구비가 필요함
- 2단계(4차년도~5차년도)는 각 세세부 기술별 시작품 제작 및 기술 구현·실용화하는 단계로서 총 23.3억원의 연구비가 필요함

[표 3. 2] 연차별 소요 예산 (단위: 백만원)

구분	소요금액	자 금 형 태		비고
		정부출연금	민간 부담금	
1차년도	760	760	0	1단계
2차년도	1,380	1,330	50	
3차년도	1,730	1,500	230	
4차년도	1,430	1,270	160	2단계
5차년도	900	770	130	
합계	6,200	5,630	570	

● 추진 대상 과제별 소요 예산

[표 3.3] 추진 대상 과제별 소요 예산 (단위: 백만원)

순 서	추진 대상 과제	자금형태	연 구 비					소계	합계
			1단계			2단계			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
1	1-1	정부출연금	150	200	230	220	150	950	1,050
		민간부담금			50	30	20	100	
2	1-2	정부출연금	150	200	230	220	150	950	1,040
		민간부담금			30	30	30	90	
3	1-3	정부출연금	150	180	220	200	150	900	1,000
		민간부담금			40	30	30	100	
4	1-4	정부출연금	150	230	240	210	100	930	1,040
		민간부담금			40	40	30	110	
5	2-1	정부출연금	160	300	300	140		900	970
		민간부담금		30	40			70	
6	2-2	정부출연금		220	280	280	220	1000	1,100
		민간부담금		20	30	30	20	100	
합계		정부출연금	760	1,330	1,500	1,270	770	5,630	6,200
		민간부담금		50	230	160	130	570	

● 세부 과제별 소요 예산 상세 내역서

- 1세부 : 시민 공간 최적·자동 유지관리

[표 3.4] 1 세부 소요 예산 상세 내역서 (단위: 백만원)

비목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비
인건비	내/외부 인건비		198.66	236.84	285.86	262.64	193.50	1,177.51	28.51%
직접비	연구 장비 재료 비	연구기자 재 및 시설비		35.00	48.00	20.00		103.00	2.49%
		시작품 제작비		140.00	210.00	200.00	150.00	700.00	16.95%
		재료비	239.52	197.02	283.59	266.44	152.01	1,138.58	27.57%
	연구 활동 비	여비	23.84	28.42	34.30	31.52	23.22	141.30	3.42%
		수용비 및 수수료	23.84	8.42	34.30	1.52	23.22	141.30	3.42%
		기술정보 활동비	29.80	5.13	42.88	9.40	29.03	176.23	4.27%
		연구수당	29.80	5.53	42.88	9.40	29.03	176.63	4.28%
	간접비		54.54	3.63	98.18	9.09	60.00	375.45	9.09%
합계		600	810	1,080	980	660	4130	100.00%	

- 2세부 : 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용

[표 3.5] 2 세부 소요 예산 상세 내역서 (단위: 백만원)

비목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비
인건비	내/외부 인건비		46.44	149.64	206.40	146.54	72.24	621.26	30.01%
직접비	연구 장비 재료 비	연구기자 재 및 시설비	2.00	38.40	25.40	16.40	6.00	88.20	4.26%
		시작품 제작비	0.00	6.00	18.00	12.00	8.00	44.00	2.13%
		재료비	71.94	243.34	229.65	155.01	92.93	792.87	38.30%
	연구 활동 비	여비	5.57	17.96	24.77	17.59	8.67	74.55	3.60%
		수용비 및 수수료	5.57	17.96	24.77	17.59	8.67	74.55	3.60%
		기술정보 활동비	6.97	22.45	30.96	21.98	10.84	93.19	4.50%
		연구수당	6.97	22.45	30.96	21.98	10.84	93.19	4.50%
	간접비		14.55	51.82	59.09	40.91	21.82	188.18	9.09%
합계		160	570	650	450	240	2,070	100.00%	

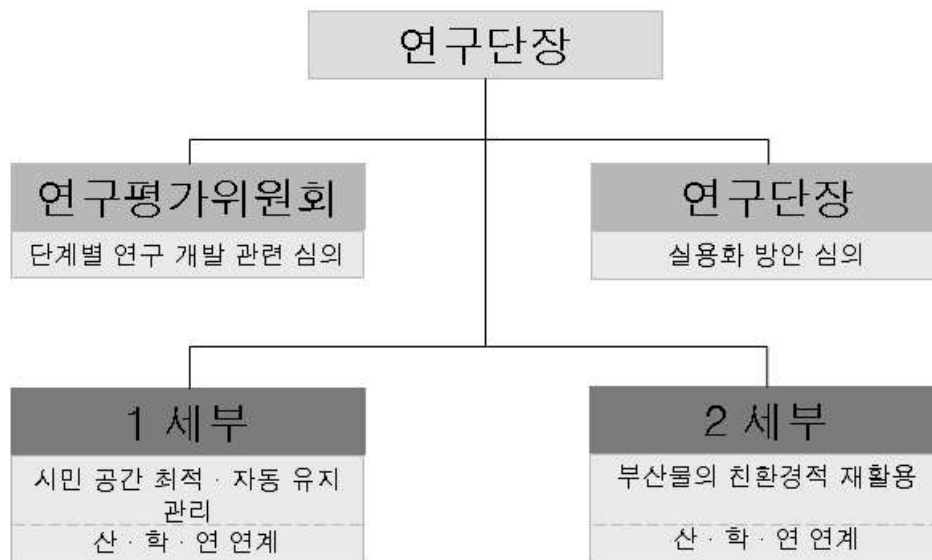
3. 인력 투입 계획

- 인력투입은 각 단계별 및 연차별 추진 일정에 의거하여 각 세세부 과제별로 다음과 같이 인력을 투입하는 것으로 계획.

[표 3.6] 연차별 인력 투입 계획 (단위: 명×참여 개월 수×참여율)

추진대상과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총계
1-1	12.6	12.6	16.2	14.4	10.8	66.6
1-2	12.0	12.0	16.6	13.0	10.8	64.4
1-3	10.8	12.0	14.4	14.4	14.4	66
1-4	10.8	18.5	19.3	19.3	9.0	76.9
2-1	10.8	21.6	24.0	10.1	0.0	66.5
2-2	0.0	13.2	24.0	24.0	16.8	78
총계	57	89.9	114.5	95.2	61.8	418.4

4. 연구단 추진 전략



[그림 3.3] 연구단 조직 체계

가. 확보기술 실용화 전략

- 기술 격차 해소 및 개발 위험성을 감소하기 위하여 해외 선진 사례를 바탕으로 위험 요소를 분석하고 필요에 따라서 해외 선진 기술을 보유한 국가 및 연구소와 협력을 추진함
- 개발 기술의 실용화를 위하여 연구 개발 실용화 협의회를 구성하고 연구 내용

별 관련 기관 및 기업을 연구단과 협동 될 수 있도록 적극 참여시켜 연구개발 성과의 상품화를 적극 유도함. 또한, 가능성 있는 기술 수요처의 요구 사항 및 개선 항목을 파악하여 이를 기술 개발에 반영하는 실용화 방안을 적극적으로 유도함

나. 연구단 운영 전략

- 최종 목표 달성 및 통합적인 성과 관리를 위해 연구 평가 위원회를 설정하고 인력, 예산 등 자원 투입부터 성과물 도출과정, 산출물 등을 단계별, 세세부 과제별로 성과 지표를 설정하여 이를 평가함
- 연구단 단계별 평가를 통한 인센티브 및 패널티제 적극 활용
- 세세부 과제별 예산 규모에 따른 과제별 성과를 고려한 예산 배정 및 과제 진행 기간 조정을 통한 우수 과제 지원을 고려함
- 참여 연구진 간 유기적 협력체계를 구축하기 위하여 정기적으로 워크숍 또는 세미나를 수행하여 내부 기술을 교류하고, 상호 정보를 교환하며 보완함

다. 산·학·연 연계 전략

- 연구 추진의 효율성을 높이기 위해 주관기관은 충청권 지역 내 기관들을 중심으로 산·학·연 관계의 협동 연구 체계를 구축
- 개발된 기술의 성공적인 실용화를 위하여 연구 수행 단계에서 관련 연구소 및 산업체와의 공동 연구를 추진
 - 1세부 과제의 경우 로봇 플랫폼 제작, 자동화 관련 인프라 구축을 위해 충청권 내의 로봇제작 중소기업 및 토목 공사 업체와 협력 체계를 구축하여 공동으로 추진하며, 본 연구와 관련된 다양한 학문적 배경(전기, 전자, 기계, 토목 등)을 갖고 있는 연구진이 참여할 수 있도록 유도
 - 2세부 과제의 경우 부산물의 재활용을 위해 지역 내 관련 연구소/산업체 등과 협력 체계 구축하도록 전략 마련. 2-1 세세부는 충청권 내에 있는 화력발전소인 한국중부발전(보령화력, 서천화력), 한국서부발전(태안화력), 한국동서발전(당진화력)과의 MOU 체결을 통해 기술 개발 방향 설정에 활용
- 산·학·연 각각의 특성에 맞는 독자적 연구 분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각각의 연구 성과를 유기적으로 결합하여 연구 효율을 극대화
- 전문인력 양성을 위한 체계적이고 조직적인 산·학·연 지원 체계를 구축

- 본 연구단 과제를 학계에서부터 참여하여 졸업 시 해당 분야 전문가로 양성된 전문 인력들이 다른 분야로 취업, 전문성이 고사되는 문제점을 방지하기 위해, 본 연구단을 통해 배출된 전문 인력이 관련 분야에서 지속적으로 연구를 수행할 수 있도록 산·학·연 연구 지원 체계 기반을 조성

제4절 실용화 및 사업화 방안

1. 성과물 활용 방안

가. 주요 최종 성과물

세부과제	세세부과제	최종 성과물	최종 수요처
1 세 부 과 제: 시민 공간 최적·자동 유지 관리	시민 공간 청소 및 시설물 관리를 위한 로봇 및 인프라 시스템 개발	• 시민 공간의 지형에서 안정적으로 이동이 가능한 로봇 플랫폼 시제품 (공원, 친수 공간의 우레탄, 시멘트 바닥 및 잔디에서 주행 가능) • 센서 네트워크 인프라 구축 및 이를 이용한 시민 공간 자율 주행 시스템 시제품 (위치 오차 0.5m 이내의 성능 구현) • 시민 공간 주변 쓰레기 수거 로봇 시제품 (공원, 친수 공간에서 쓰레기를 수집 가능, 1회 충전 당 3시간 임무 수행이 가능한 성능 구현, 쓰레기 처리 용량: 0.5t/hr) • 운용 지침서, 관련 지적재산권, 논문	• 지방자치단체
	수질 관리를 위한 수상 및 수변 공간 모니터링 및 자동 청소 인프라 시스템 개발	• 수상 및 수변 로봇 자율 내비게이션 기술 및 인프라 구축 시제품 (위치오차 2m 이내, 수변 지역은 인프라 구축을 통해 위치오차 0.5m 이내) • 수상 및 수변 자동 청소선 시제품 (작동시간: 3시간/1회 충전, 부유쓰레기 처리 용량: 0.4t/hr) • 수상 로봇을 이용한 자동 수질 모니터링 시스템 시제품 (상시 수질 모니터링 가능 및 사용자 요청 시 관련 정보를 사용자에게 전송) • 운용 지침서, 관련 지적재산권, 논문	• 지방자치단체 • 환경부, • 수상로봇관련 중소기업
	QR 코드를 활용한 시민 공간 공공시설물 최적관리 기술 개발	• 시설물 관리 모바일 애플리케이션 (QR 코드를 이용하여 시민 공간 내 시설물의 상태를 확인하고 즉각 관리 여부를 결정할 수 있는 수준) • 시설물 최적화 시스템 S/W • 시스템 활용 지침서, 관련 지적재산권, 논문	• 지방자치단체 • 시설물관리공단
	도시 방재를 위한 지진/홍수 위험도 평가 자동화 시스템	• 자동화된 하부지반 3D 평가 시스템 시제품 (표면과 데이터 획득, 데이터 처리 및 3D 물성 지도 작성 자동화 프로그램 (S/W) 및 이를 탑재한 모바일 로봇 (H/W), 획득된 데이터를	• 지방자치단체 • 건설 엔지니어링 회사 • 기업체(자동화된 하부지반 3D 평가시스템) • 공공기관 및

		활용한 하부 지반 물성 3D 영상화 평가 프로그램 (S/W)) • 도시 중요 지역 및 시설물을 중심으로 한 지진 재해위험도 평가 시스템(S/W) 시작품 (3D 지반 물성 지도를 활용한 다양한 지진 시나리오에 따른 지진 재해 위험도 평가 S/W) • 도시 수변 및 친수 공간의 홍수 재해 예방을 위한 사회기반 시설 유지 관리 시스템 시작품 (시나리오별 홍수 전/중/후의 위험관리 시뮬레이션 S/W) • 운용 지침서, 관련 지적재산권, 논문	정부부처(지진재해위험도평가시스템,S/W)
2 세 부 과 제: 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용	친환경 시민 공간 조성을 위한 석탄회 부산물 활용 무시멘트 고유동 지반 채움재 실용화 기술 개발	• 고유동 채움재 시작품 (flow 200mm 이상, 재굴착가능 압축강도 1.4MPa 이하) • 무시멘트 저장도 고유동 지반 채움재 특허 • 활용 지침서, 관련 지적재산권, 논문	• 토목 시공 건설 업체 • 지방자치단체 • 신도시 개발 사업 시행자(공사) • 민간기업 등
	친환경 시민 공간 조성을 위한 현장발생토활용 실용화 기술 개발	• 바이오 처리기술이 적용된 고유기성 불량표토에 대한 표준 물성 기술보고서 및 배합비 등 시공 지침, 이에 따른 시작품 (압축강도 10MPa, 양생기간 28일 내외) • 현장 분진 억제에 위한 배합 및 시공 지침 및 이에 따른 시작품 (효과 발현 시간 3일 이내, 살수 대비 90%의 분진 억제 효과) • 중금속 함유 현장발생토/건설폐토석 활용 지침서 (현장발생토/건설폐토석 내 중금속 잔존량을 토양오염우려기준 대비 50% 수준까지 처리) • 관련 지적재산권, 논문	• 친환경 시민 공간 조성을 위해서 철토 및 성토 등이 이루어지는 건설 현장 (지자체, 건설/시공사) • 건설재료 생산분야 (중소 엔지니어링 업체 등)

나. 세부과제별 성과물 활용 및 적용 방안

(1) 세부과제 1: 시민 공간 최적·자동 유지 관리

- 청소 로봇이 관리하고자 하는 대상은 대표적인 시민 공간인 공원 및 친수 공간으로, 공원 내 로봇이 이동할 수 있는 범위(우레탄, 시멘트, 콘크리트 바닥 및 잔디 등)를 지정해주고 그 범위 내에서 로봇이 자율 주행을 할 수 있도록 내비게이션, 충전 station, 로봇 주행용 도로/선로 등의 인프라를 구축. 공원 및 친수공간에 적용하여 저비용으로 쓰레기를 수거하는데 활용
- 자동 청소선을 충청권 내 수변 공간에 적용하여 청소선으로 작업하기 불가능한

저수심 영역의 수상부유물을 수거하고, 수질 모니터링을 통한 환경 감시 역할 수행, 신도시 내 시민 공간의 호수 등에 적용하여 친환경적이고 쾌적한 시민 공간을 유지하는데 기여. 매년 많은 부유쓰레기가 발생하는 충주호, 대청호에 적용하여 부유쓰레기 수거비용을 대폭 절감하는데 활용

- QR 코드를 활용하여 수변 및 친수공간의 전반적인 시설물 (소형 교량, 자전거 도로, 가로등과 같은 기물 등)을 최적으로 관리함. QR코드는 시설물의 위치 및 상태 모니터링 등에 활용되며, 시민 공간의 각 시설물에 부착하여 모바일 애플리케이션을 통해 관리자와 시스템 서버가 서로 소통할 수 있도록 함
- 도시 하부 지반 물성의 주기적인 평가를 통해 도시 시설물 유지관리를 위한 보수 보강 시 기본 자료로 활용. 지진 위험도 평가를 통해 전체 도시지역 및 개별 중요 구조물의 고위험 대책(지진 대비 유지보수 필요성 평가 등)에의 활용 및 이를 통한 도시 안전성 증진.
- 수변 및 친수 공간(기본 시설물, 타세세부과제에서 개발될 로봇 및 센서 네트워크 인프라, 수상의 수질관리 시스템 등)의 운용 및 활용을 위한 수변지역의 하천관리 플랫폼을 구축하여 활용할 수 있음. 이는 홍수 전/중/후의 지속가능한 운용 안전성을 평가함으로써 다양한 홍수 및 위험 상황에 따른 구체적인 대응 방안을 제시함으로써 시민 공간의 인프라 시설의 안전성 증진
- 충청권 내 신도시의 친수공간에 적용하여, 성과물을 검증. 실시간운영과 시민 참여가 가능한 시스템구축, 충청권 내 연구기관/ 중소기업에 의뢰하여 사업화추진

(2) 세부과제2: 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용

- 개발된 지반채움재는 지하 충전재, 지반충전재(파이프 및 지하매설관의 하부충전, 지하실 및 지하탱크의 충전), 구조적 채움재, 침식제어 등에 적용, 지반 충전재로서 트랜치, 옹벽, 기초 등의 되메움재, 공동 채움재, 도로 노상재 등의 토사 대신 활용 가능, 해양항만공사 등 연약 지반의 지반 지지력 개선에 활용하여, 인력, 장비 비용 절감 및 공사 품질 규격화 확보에 기여
- 충청권내에 있는 화력발전소인 한국중부발전(보령화력, 서천화력), 한국서부발전(태안화력), 한국동서발전(당진화력)과의 기술협약을 통한 공동연구 및 시범사업 시행, 행정중심 복합도시 건설청, 황해 경제자유 구역청, 국제과학비즈니스벨트와의 기술 협약을 통한 석탄회 활용 지반 충전재 시범사업 시행
- 공원, 노천광장 등 시민 공간 조성 시 발생한 현장발생토에 바이오 처리 기술을 적용하여 성토 및 포장 재료로서 활용. 친환경 재료를 사용하므로 보다 친환경

적인 시민 공간 창출에 기여할 수 있음. 또한 건설폐토석 및 현장발생토에 잔존하는 중금속을 다양한 철합유 토양광물을 이용하여 시민 공간 조성 시 안전한 성토 및 포장 재료로써 활용될 수도 있음

- 개발된 건설재료를 국내기업들에게 배포하여 기능성을 평가받고, 개발된 기술의 테스트베드 적용을 통해 자체 검증 및 안정화 도모. 최종적으로는 개발된 기술에 대한 사업화를 위해 민간 연구기관 또는 해외 연구개발 기관과의 협력을 모색

(3) 세세부 과제별 구체적인 활용 및 적용 방안

아래와 같은 절차를 거쳐서 연구단 과제 내에서 pilot 테스트 수행

(가) pilot 테스트 후보지를 지자체와의 협의를 통해 선정

- 1세부 과제는 시민 공간이 조성되고 난 후 적용할 수 있는 기술이고, 2세부 과제는 시민 공간을 조성하는 과정에서 적용할 수 있는 기술임. 따라서 충청권 내 선정된 테스트베드 후보 지역 내에서 1세부 과제와 2세부 과제의 pilot 테스트를 수행할 부지를 별도로 선정
- 1세부 과제는 1단계(1차년도~3차년도)기간 내에 지자체와의 협의를 통해 관련 기술의 개별 검증 테스트 및 pilot 테스트를 수행할 지역(500m² 이상 부지의 친수 공간)을 선정하여 관련 기술을 검증 및 적용하도록 함
- 2세부 과제에서 개발하고자 하는 기술은 시민 공간 조성 시 적용 될 수 있는 기술임. 따라서 지자체와의 협의를 통해 1단계(1차년도~3차년도)기간 내에 개별 검증 테스트를 실시할 부지 및 pilot 테스트를 수행할 일정 부지(20m² 이상)를 선정하여 해당 기술을 적용함

(나) 선정된 pilot 테스트 후보지에 대한 구체적인 성과물 적용 방안

① 1-1세세부 과제

- 선정된 pilot 테스트 후보지 내에 로봇의 내비게이션을 위한 인프라(예. RF 센서 네트워크 등)를 구축하여 pilot 테스트 후보지에 대한 맵을 기반으로 로봇의 안정적인 주행이 가능하도록 구현. (RF 센서를 이용해 인프라를 구축한다고 가정할 경우 500m²의 면적을 고려하면 5개 이상의 RF 센서가 필요)
- pilot 테스트 후보지 내에 로봇의 주행이 불가능한 지역(계단, 연석 등)에는 부분적으로 로봇 주행용 도로/선로 인프라를 구축하여 로봇이 주행이 가능하도록 하며, pilot 테스트 지역 내에서 로봇이 자율주행을 하며 쓰레기 수거 및 청소를

수행할 수 있도록 함

- 로봇의 충전 station과 같은 인프라를 구축하여 로봇의 배터리가 방전되기 전에 스스로 충전 station으로 돌아와서 충전할 수 있도록 함. 또한 로봇의 쓰레기 수거 용량이 차게 되면 자율적으로 쓰레기 수거장으로 이동하여 쓰레기를 배출함
- 1단계 기간 동안 pilot 테스트 후보지보다 열악한 환경 조건을 갖는 후보지(일반 공원, 잔디밭 등)를 선택하여 적용하여 성능을 개별 검증한 후, 2단계에서 충청권 내 선정된 pilot 테스트 후보지 내에서 제작한 로봇 및 인프라 시작품이 목표 성능 달성 여부에 대한 테스트 수행 및 검증

② 1-2세세부 과제

- 자동 청소선은 pilot 테스트 후보지 내 수상 및 수변 지역(시민 공간 내 호수 등)에 적용. 특히 수변 지역 청소를 위해 자동 청소선이 수변지역을 따라가면서 청소할 수 있도록 하는 수준의 내비게이션을 위한 인프라를 구축함. 이때 내비게이션 관련 인프라 구축은 1-1세세부와 연계하여 같은 인프라를 서로 공유하여 사용할 수 있도록 함
- 자동 청소선 내 부유쓰레기 수거 메커니즘(컨베이어 벨트 등)을 구현하여 수심이 비교적 얇은 수변 지역에 접근하여 부유쓰레기를 수거할 수 있도록 함
- 자동 청소선이 청소를 하면서 수질 환경 모니터링을 같이 수행하여 오염 물질이 측정되거나 사용자가 정보를 요청했을 때 즉시 관련 정보를 사용자에게 전송하도록 함
- 자동 청소선의 충전 station과 같은 인프라를 구축하여 배터리가 방전되기 전에 스스로 충전 station으로 돌아와서 도킹하여 충전할 수 있도록 함.
- 1단계 기간 동안 pilot 테스트 후보지보다 열악한 환경 조건을 갖는 지역(댐, 하천 등)을 선택하여 성과물에 대한 성능을 개별 검증한 후, pilot 테스트 후보지 내에서 제작한 자동 청소선 및 인프라 시작품이 요구되는 성능을 만족 여부에 대한 테스트 수행 및 검증

③ 1-3세세부 과제

- 대상 시설물은 선정된 pilot 테스트 지역 내의 전반적인 시설물로서 1-1세부와 1-2세부의 로봇/자동화 시스템과 관련 인프라를 포함하여 소형 교량, 자전거도로, 가로등과 같은 기물 등이 해당 함
- QR코드는 시설물의 위치 파악, 관리자에 의한 모니터링 등에 활용되며, 위에서 언급한 pilot 테스트 지역 내 각 시설물에 부착하여 모바일 애플리케이션을 통

해 시설물 관리자가 시설물 상태를 즉각 확인하고 관리 여부를 결정할 수 있도록 함

④ 1-4세세부 과제

- 선정된 pilot 테스트 지역에 대하여 로봇 기반 하부 지반 평가 시스템(無보링의 비파괴 시험)을 이용하여 데이터를 획득하여 3차원 하부 지반 물성 지도를 작성 및 영상화 하여 평가. 이를 바탕으로 pilot 테스트 후보지역에 대한 지진 재해 위험도를 평가함
- 선정된 pilot 테스트 지역(수변 및 침수 공간)의 홍수 위험도를 평가함으로써 시나리오별 홍수 전/중/후의 위험 관리 방안 구축: 홍수 전(수변 시설물의 효율적 설치, 시민공간의 수변 지역 이용 방법의 제도 방법, 홍수 위험도 평가), 홍수 중(주요 수변 구조물의 위험도 모니터링, 수변지역 통제 방법), 홍수 후(유지물의 보수 및 복구 방안, 침수로 인한 2차 홍수 위험 관리)

⑤ 2-1세세부 과제

- 개발될 지반 채움재를 선정된 pilot 테스트 지역의 지하 충전재(파이프 및 지하 매설관의 하부충전, 지하실 및 지하탱크의 충전), 구조적 채움재 등에 적용
- 또는 지반 충전재로써 트렌치, 옹벽, 기초 등의 되메움재, 공동 채움재, 도로 노상재 등의 기존의 토사 대신 활용하여 선정된 pilot 테스트 지역 내에 이를 이용하여 일정 공간을 조성하고 지반 지지력 개선에 대한 테스트를 수행

⑥ 2-2세세부 과제

- 공원, 노천광장 등 시민 공간 조성 시 발생한 현장발생토에 바이오 처리 기술을 적용하여 약 10MPa 정도의 압축강도를 갖는 성토 및 포장 재료로 개발하여 시멘트 등 화학공업제품을 대신하여 선정된 pilot 테스트 지역 내에 이를 이용하여 일정 공간을 조성하도록 함
- 공원, 노천광장 등 시민 공간 조성 시 발생한 현장발생토에 바이오 처리 기술을 적용하여 현장 발생 분진을 목표 성능대로 감축하는지 테스트를 수행

다. pilot 테스트 수행 및 문제점 개선

- 1단계 (1~3차년도)에서는 개발된 기술의 검증을 위해서 pilot 테스트를 수행할 지역보다 열악한 환경 조건을 갖는 지역을 선정하여 각 세세부과제 기술별 개

별 검증을 실시하고, 2단계(4~5차년도)에서는 최종적으로 선정된 충청권 신도시 시범 지역에서 pilot 테스트를 수행

- 각 성과물이 목표 성능에 도달하는지에 대한 평가를 수행하고 이를 바탕으로 문제점을 개선하여 지속적으로 테스트를 수행하여 pilot 테스트 수행 기간 내에 목표 성능을 달성할 수 있도록 하여 최종적인 검증이 이루어지도록 함

라. 충청권 내 기술이전 설명회 개최 및 홍보

- 충청권 내 기술이전을 위해 관련 민간 연구기관, 기업체 등을 대상으로 설명회를 실시
- 최종적인 검증이 이루어진 각 성과물에 대하여 pilot 테스트 결과를 이용하여 홍보

마. 기술이전 추진 및 과제 완료 후 사업화 추진 계획 마련

- 충청권 내 민간 연구기관, 기업체 등을 대상으로 기술이전 추진
- 과제 완료 후 충청권 내 관련 기업과 접촉하여 향후 해당 기술의 사업화 추진을 위한 계획 마련

2. 테스트베드 추진 전략

가. 단계별 테스트베드 추진 전략

(1) [1단계: 1~3차년도] 테스트베드 기획 및 요소기술 개발

- 적용지역 특성 및 적용규모 결정: 각 요소기술에 대해 적용이 용이한 지역의 특성을 규명하고, 개발된 기술에 대한 적용 규모를 결정
- 요소기술개발: 각 세부기술에 대한 요소기술들을 목표 성능치에 도달하도록 개발
- 각 요소기술의 검증: 개발된 기술의 검증을 위해서 pilot 테스트 후보지와 별도로 열악한 환경 조건의 지역을 선정하여 단위 기술별 성능 테스트

(2) [2단계: 4~5차년도] 테스트베드 적용을 통한 pilot 테스트

- 요소기술의 pilot 테스트: 1단계에서 검증된 요소기술의 연계/병합된 시스템을 시작품으로 개발하고, 각 요소기술에 대하여 소규모로 개별적으로 선정된 테스트베드지역에 이를 부분적으로 적용하여 실제 적용가능성을 타진. 또한 전반적인 설계 및 운용에 대한 시방서 작성

- 성능 평가 및 보완: 테스트베드 적용 결과에 대한 성능평가를 통해 시스템 에러를 제거하고 성능 보완



나. 테스트베드 (pilot 테스트) 후보지

- 연구단 테스트베드를 추진하기 위하여 충청권 내 건설되고 있는 신도시 사업을 파악하고 공원, 녹지 및 친수 공간의 비율 파악
- 본 연구단의 특성상 공원, 녹지 및 친수 공간의 비율이 높은 신도시를 선정하고 개발 계획에 따라 성과물의 pilot 테스트를 적용할 수 있는지 검토
- 테스트베드 후보지 및 각 지역에 대한 공원, 녹지 및 친수 공간의 비율은 세종시 행정중심복합도시(행복도시)와 내포 신도시가 각각 52.1%, 약 50%으로 높게 나타났다. 하지만 내포 신도시의 경우 친수 공간이 없어 본 연구단의 테스트베드로서 적합하지 않은 것으로 판단됨

테스트베드 후보지	세종시 행복도시	내포 신도시	아산 신도시	서산 테크노밸리	도안 신도시
전체 면적 대 비 공원, 녹지, 친수 공간의 비율(%)	52.1	약 50	24.1	16.5	28

☒ 세종시 행정중심복합도시 유력

- 자연친화적 도시환경 조성을 위해 예정지역 전체 면적의 52.1%를 공원, 녹지 및 친수공간으로 계획하고 있어 본 과제를 통해 개발된 기술을 적용하기 적합함
- 주요 개발 기술의 적용 전·후 개념도 (다음페이지 그림 참조)

AS-IS



TO-BE



제5절 연구과제 추진 필요성 및 경제성 분석

1. 연구과제 추진 필요성

- 충청권은 세종, 오송, 오창 등의 신규 연구·산업 단지가 조성 및 계획되고 있는 중요 권역으로, 대표적 신도시인 세종시의 경우 자연친화적 도시환경 조성을 위하여 개발 계획 예정지역 전체 면적의 52.1%를 시민 공간으로 계획하고 있어 (분당 27%, 동탄 24%, 판교 37%) 친환경적이고 안전한 시민 공간 조성에 대한 필요성이 증대되고 있음
- 4대강 및 고향의 강 살리기 사업을 비롯한 충청권 하천 정비사업의 증가, 수질 오염 총량제 도입으로 인해 시민 공간 중 특히 수상·수변·친수 공간에 대한 청소 및 시설물 관리 시스템의 도입이 시급히 요구되는 상황임
- 시민 공간(도시지역)의 기본적인 기능유지와 더불어 안전하면서 지속가능한 도시 발전 측면에서 도시의 유지관리는 고위험(지진/홍수 재난)에 대한 대비 또한 요구됨. 따라서 도시 수변 및 친수 공간 시설물의 효율적인 유지 및 안전관리를 위해서는 홍수 전/중/후에 대한 체계적인 수변 관리 시스템의 도입이 필요함. 도시 하부 지반은 꾸준한 건설 등의 다양한 요인에 따라 물성의 변동이 발생함. 이러한 지반 물성 변동은 지반 침하의 원인으로 구조물 기능성에 직접적인 영향을 주며, 또한 지반증폭에 의해 발생하는 지진 위험도 평가에 직접적인 영향을 줌. 따라서 주요 산업·연구단지 및 신도시가 밀집되어 있는 충청권 지역의 도시 주요 구성요소(시민 공간/public facilities)들의 기능유지 및 고위험 대비 안전성을 위해서는 하부 지반 상태의 주기적인 평가 및 이를 사용한 유지관리 그리고 지진 재해 위험도 평가 시스템 개발이 필요함.
- 이에 전국 석탄회 발생량의 44%를 생산하고 있는 충청권 지역의 특성을 활용하여 석탄회 부산물·현장발생토를 이용하여 시민 공간 개발하고, 개발된 시민 공간을 안전하고 최적으로 유지 및 관리하기 위하여 로봇 및 인프라를 활용한 시민 공간 청소 시스템/시설물 최적 관리 시스템을 개발하며, 도시 방재를 위한 지진/홍수 위험도 평가 자동화 시스템을 개발함

2. 정부지원 타당성

가. 세부과제1: 시민 공간 최적·자동 유지 관리

- 정부는 2012년 국가하천(4대강) 유지관리에 1,997억 원의 예산을 배분할 예정이나 대부분의 예산이 보 관리를 맡은 수자원공사와 하천, 제방 등을 맡을 지방국토관리청에 지원되는 것으로 보고 있어 각 지방자치단체는 친수시설 유지 관리

비용에 큰 부담이 있음. 또한 친수 공간 관리의 경우 규모가 큰 사업이므로 민간에서의 참여에 어려움이 있음

- 매년 다량의 쓰레기가 하천과 하구에 유입되어 수질오염, 수생태계 교란 및 경관 훼손을 초래하였으나 상류의 지방자치단체는 자연재해로, 하류의 지방자치단체는 관내 쓰레기가 아니라는 이유로 지방자치단체들은 비용분담 및 수거/처리 책무를 회피해 오고 있음. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 환경부는 지방자치단체와 『5대강 수계별 비용분담협약』 맺어 5대강 수계별 수거·처리예산을 편성하여 국고에서 쓰레기 수거비용의 50%를 지원하는 등의 수계의 쓰레기수거에 정부는 적극적인 자세를 취하고 있음. 이와 같은 상황을 미연에 방지하기 위해서는 평소 발생하는 쓰레기의 회수율을 높일 필요가 있으며 이는 기업이나 민간단체에서 주도적으로 해결할 수 있는 문제가 아님
- 국토해양부에서는 매 5년 마다 <시설물의 안전 및 유지관리 기본계획>을 수립하고 있으며, 대상시설물 및 점검빈도를 제시하고 있음. 정부의 4대강 살리기 사업에 따라 수변 및 친수공간의 시설물은 급증하고 있으며, 관련 시설물의 유지관리에 대한 대책 마련이 필요한 상태이나 공공시설물 관리는 대규모의 데이터베이스를 유지 관리해야 하며, 관리의 비용 대비 효율이 낮아 민간의 참여를 유도하기가 어려움. 공공시설물은 국민의 안전 및 만족도와 관련이 있기 때문에, 수익성이 낮더라도 공공성을 강화 및 서비스의 질적 향상이 필요하며, 따라서 본 과제의 실현을 위해서는 정부의 지원이 필수적임
- 국토해양부는 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020) (안)에서 도시의 방재능력 강화를 높인다는 전략을 내놓았음. 도시의 계획·설계단계에서부터 방재능력을 강화하기 위해, 대형재해에 대비한 ‘통합도시계획’을 수립할 예정임. 이와 함께 향후 재해위험지도 작성, 첨단 U-방재시스템 구축, 기후변화에 대한 관측·감시체계 강화 등을 계획하고 있어, 정부의 계획과 상응함
- 홍수 위험관리는 국가 및 지방자치단체가 그 책임이 있어, 일반 민간회사에서 자율적으로 연구하기 어려운 분야임. 홍수 위험관리 시스템의 적용 및 사업화 또한 국가 및 지방자치단체의 참여를 바탕으로 시스템의 적용과 검증이 요구됨. 홍수 및 지진과 같은 자연 재해, 도시 전반의 유지관리는 공공성이 성격이 강하므로, 민간의 소극적인 연구가 이뤄짐. 따라서 정부 및 학·연구기관을 중심으로 민간기업의 참여 유도가 필요

나. 세부과제2: 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용

- 전국에서 발생하는 석탄회의 44%가 충청권 내 4곳(보령, 서천, 태안, 당진)의 석탄 화력발전소에서 생산되고 있으며 그에 따른 석탄회 처리 및 매립지 부족

의 어려움을 겪고 있음. 또한 지식경제부 ‘제5차 전력수급 기본계획’에 따라 최근 2015년부터 3년간 당진, 보령, 태안 등 서해안 3개 시·군에 7천MW 규모의 화력발전시설이 신·증설될 예정이며 발생하는 석탄회에 따른 매립지 관련 문제 및 인근지역 환경오염 문제가 증가할 것으로 예상.

- 충청권 내 진행되고 있는 다수의 신도시 사업(세종특별자치시, 황해경제자유구역, 국제과학비즈니스벨트)으로 인해 충청권 내 토목 및 건설용 골재수요가 증대될 것으로 예상
- 정부는 ‘자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률’에 의거 ‘철강 슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침’에서 석탄재의 재활용 목표율을 75%로 규정함. 석탄재의 용도로는 천연골재 등을 대체하는 성·복토용 골재, 시멘트 원료, 콘크리트 혼화재 등으로서 배출량의 75%를 사용하는 것으로 목표로 함.
- 충청권은 다양한 신도시 개발이 이루어지고 있고, 대부분의 개발 예정지들이 과거 농경지 중심이어서 표면 흙이 고유기성 불량토로 파악됨. 이는 단순 매립되어 이로 인한 운송 및 처리의 비용 부담이 발생하고 있음. 이러한 현장발생토를 재이용할 수 있는 기술은 지역 및 정부 차원에서는 경제적/환경적으로 큰 이점을 가지고 있으나, 개별 시공사 차원에서는 기술 개발 비용으로 인해 시도가 이루어지지 않고 있음. 또한, 현장발생토를 재이용할 경우 필요한 환경 기준 등 관련 규정도 미비함. 따라서 지역 및 정부 차원에서 기술 개발을 선도한 후, 개발 성과물을 기준으로 시공 지침 및 법적 기준을 확립하여 민간으로의 기술 확산 및 시공사의 자체적 연구 개발을 촉진할 필요가 있음

3. 경제성 효과 분석

가. 세세부 과제별 분석

(1) 1-1 세세부

- 쓰레기 수집 로봇을 시민 공간에 배치하여 사용할 경우 기존의 관리원을 통한 쓰레기 수거 방식에 비해 30%의 비용으로 운용이 가능하며, 처리 용량의 경우 지속적으로 운용 가능한 로봇 시스템이 기존의 방식에 비해 같은 비용 대비 3배 이상의 처리용량을 가질 것으로 기대됨
- 재활용 회수량 증가로 인해 1톤 당 처리비용이 40% 저감되는 효과를 가져 올 수 있음
- 사회적 비용은 본 로봇을 도입할 경우 줄어드는 일자리수를 추산하고, 그 만큼의 일자리를 재창출하는데 필요한 비용을 산출하였음
- 이를 바탕으로 분석한 결과, 제작비용만 고려 시 35일 이상 로봇 시스템 운용

시 손익 분기점을 넘어서며, 사회적 비용을 고려하더라도 연간 4,800만원정도 절감할 수 있음

- 이와 같은 로봇 시스템을 도입할 경우 경제, 산업적인 측면에서 큰 효과를 기대할 수 있음

	기존 쓰레기 제거 방식	쓰레기 수집 로봇
제작비용	0원	1,000만원 ⁽¹⁾ (1대 제작시)
운용비용/8시간	80만원 ⁽²⁾	1.5만원 ⁽³⁾
처리 용량/8시간	8t	4t
1t/h 처리 비용	10만원	3만원 (2대 고려)
사회적 비용 (연간 일자리 창출 비용)		-6,400만원 (일자리 8개 창출 비용) ⁽⁴⁾
기타		- 제작 비용만 고려시, 35 일 이상 운용시 이득 ⁽⁵⁾ - 사회적 비용을 고려하더 라도 연간 4,800만원 정도 절감 ⁽⁶⁾

(1) 쓰레기 수집 로봇 제작 비용 : 플랫폼 550만원 + 전장부 150만원 + 모터 150만원 + 인프라 150만원 = 약 1,000만원

(2) 기존 쓰레기 제거 방식은 인력에 의한 것이라 가정 (1인당 10만원/1일, 8명 가정)

(3) 쓰레기 수집 로봇의 운용/유지/보수 비용은 충전 station 등의 인프라 비용 포함하여 연간 대당 가격의 약 50%로 책정

(4) 로봇 1대가 기존 8명의 인력을 대체할 수 있다고 보고, 로봇 1대 운용 시 일자리 8개가 없어진다고 가정/서비스분야 일자리 1개 창출 비용 800만원 가정

(5) (10만원-3만원)*8시간(1일)*35(일) = 1,960만원 이득 (8톤/1일 수거 한다고 가정)

(6) (10만원-3만원)*8시간(1일)*200(일) - 6,400만원 = 4,800만원

(7) 쓰레기 수집 로봇 1대당 12시간 동작 충전 비용 : 충전지 용량 4700mAh * 14.7V = 약 70Wh, 충전 시 약 1시간 소요, 충전지 3대로 3시간 정도 동작

→ 70Wh * 3 (충전지 수) * 4(1일 충전횟수)*2 (충전효율 50% 가정)= 1.68kWh, (약 1,200원) (전기요금기준: 1kWh당 670원)

(2) 1-2 세세부

- 자동 청소선의 경우 기존 시스템 대비 30톤(1일)을 처리하는 면에 있어 경제적으로 7배 정도의 효과 (보수적인 계산법 이용) 기대됨
- 초기 제작비용의 경우 기존 청소선 대비 1/9 수준임
- 사회적 비용은 본 로봇을 도입할 경우 줄어드는 일자리수를 추산하고, 그 만큼의 일자리를 재창출하는데 필요한 비용을 산출하였음

- 초기 비용을 제외하고 사회적 비용을 고려하더라도, 연간 상시 운용시 약 6,600만원 이상의 관리 비용 절감 효과가 있음
- 기술 개발 수준에 따라 보다 향상된 성능의 자동 청소 시스템이 개발된다면 경제,산업적인 측면에서 더욱 더 큰 효과를 기대할 수 있을 것임

	기존 청소선	자동 청소선
초기비용	65,000만원	1,200만원 ⁽¹⁾ (1대 주문 제작시)
1대당 1일 평균운용비용 ⁽²⁾	10만원	0.25만원 ⁽³⁾
1대당 1일 평균유지/보수 비용	17만원 ⁽⁴⁾	0.5만원 ⁽⁵⁾
1대당 수거 용량	30톤/1일	5톤/1일
30 톤/1일 수거 비용	27만원	4.5만 (자동 청소선 6대 비용)
사회적 비용 (일자리 창출 비용)		-1,600만원 (일자리 2개 창출비용) ⁽⁶⁾
기타		초기 비용을 제외하고, 사회적 비용을 고려하더라도 연간 상 시 운용 시, 약 6,600만원 이상 의 절감 효과가 있음 ⁽⁷⁾

(1) 자동 청소선 제작 비용 : 플랫폼 350만원 + 전장부 150만원 + Thrusters (2개) 300만원 + 부유 쓰레기 수거 장치 200만원+인프라 200만원 = 약 1,200만원

(2) 운용 비용은 1일당 12시간 운용한다고 가정하였으며, 기존 선박 청소선의 경우 유류비, 자동 청소선의 경우 전기료 산정

(3) 자동 청소선 1대당 12시간 동작 충전 비용 : 충전지 용량 4700mAh * 14.7V = 약 70Wh, 충전 시 약 0.5시간 소요, 충전지 6대로 3시간 정도 동작

→ 70Wh * 6 (충전지 수) * 4(1일 충전횟수)*2 (충전효율 50% 가정)= 3.36kWh, (약 2,500원), 6대의 경우 약 1.5만원/1일, (전기요금기준: 1kWh당 670원)

(4) 16톤급 한강 청소선의 경우 연간 평균 유지 비용: 1,000만원(유류비)+1,100만원(검사수리비)+600만원(보험료) = 약 2,700만원 (연간 100일 운용 기준),

(5) 자동 청소선의 유지/보수 비용은 충전 station 등의 인프라 비용 포함하여 연간 대당 가격의 약 20%로 책정

(6) 기존 청소선 1대 운용을 위해 2명의 인력이 필요하다고 가정하고, 자동 청소선 6대 운용 시 일자리 2개가 없어진다고 가정/ 농어촌지역 서비스분야 일자리 1개 창출 비용 800만원 가정

(7) (27만원-4.5만원)*365 - 1,600만원 = 6,612만원

※ 최근 5년간 부유 쓰레기 처리 비용: 총주담 151,000톤(58억 2천만원), 대청담 87,000톤(37억 3천만원), 이중 수거 비용은 약 1/3 차지

(3) 1-3 세세부

- 시설물 최적관리 기술의 도입 효과는 관리 시스템을 도입한 외부 사례에 의해 간접적으로 다음과 같이 확인할 수 있음. 미국 애리조나 교통국은 도로 포장 관리 시스템(PMS)를 1980년대에 도입하여 5년간 약 200만 달러의 관리 및 재건 비용을 절약한 바 있으며, 한국시설안전공단에서는 <지하도로시설물의 LCC 예측모델 및 시스템 개발> 보고서에서 13개 터널에 대한 보수보강 내역과 각 터널의 유지관리 시스템 도입 시 추정 비용을 비교하여 예방적 유지관리로 인한 예산 절감효과가 큰 것을 확인하였음. (실제 연 평균 4,066만원→도입시 연 평균 3,478만원, 연 평균 14.5%의 유지보수비용 감소 예측)
- 보수·보강 등의 유지관리 조치가 시설물의 내구연한 및 신뢰도에 어느 정도의 효과를 주는지 정량적으로 제시하는 것은 상당히 어려운 일이나, 공공시설물 최적관리 기술을 시민 공간에 적용할 경우 경제적인 효과는 아래와 같이 대략적으로 예측할 수 있음

	최적관리 기술 미적용	최적관리 기술 적용
초기비용	0	10억원 ⁽¹⁾
연간 시설물 유지/보수 비용	20억원/년 ⁽²⁾	16억원/년 ⁽³⁾
시스템 운용 비용	0	1억원/년
인건비	2억원/년 ⁽⁴⁾	1.05억원/년 ⁽⁵⁾
효과	위의 비용을 가정할 경우 약 5.2년 이상 시스템 운용 시 경제적 이익을 기대할 수 있음	

(1) 최적관리 시스템 구축 비용 : 서버 및 데이터베이스 구축 3억원 + 연계 소프트웨어 개발 1억원을 비롯한 과제 총 비용으로 가정

(2) 금강 유역 시설물 유지 및 관리를 맡은 지역 중 하나인 부여군의 경우, 관련 예산 신청 내역은 40억 원이고 이 중 실제로 지원된 예산은 21억 7,400만원으로 이를 토대로 연간 20억원의 비용을 시설물 유지에 사용한다고 가정

(3) 본 과제의 시설물 유지관리 비용은 20%의 비용 절감이 이루어졌다고 가정

(4) 위에서 언급한 부여군의 경우 금강유역 관리 팀 직원 2명(개인당 인건비 250만원/월로 가정), 부족한 현장인원 확보를 위해 고용할 하천감시원 9명(개인당 인건비 130만원/월)

(5) 팀 직원 2명(개인당 인건비 250만원/월로 가정)은 유지되며, 감시원이 3명으로 감소하는 것으로 가정

- 공공시설물 최적관리 기술은 도입 효과가 즉시 나타나지 않고, 장기적인 관점에서 도입 효과를 기대할 수 있는 한편, 대상이 되는 시민 공간 시설물들은 생애주기 및 유지 보수비용이 각기 상이함. 경제적 기대 효과는 시민공간의 분류체계 및 범위, 구현될 최적화 알고리즘에 따라 달라지는 것으로 기존 시스템과의

비교에는 어려움이 있음. 또한, 시설물 관리는 경제적인 효과 이외에도 시민 공간 사용자들의 이용 편의 및 안전과도 관련이 있어 경제성 이외의 측면에도 기대효과가 있음

(4) 1-4 세세부

- 고위험(지진/홍수)에 대응한 방재에 따른 경제성 효과는 각 도시지역의 산업규모, 인구 등의 종합적인 상황에 따라 다르므로 정량적인 경제성 효과의 제시는 어려움. 그러나 재난의 예방은 공공성과 더불어 방재에 관한 사회적 및 제도적 인식의 고조로 인해 고부가가치 산업으로의 발전 가능성이 매우 높음
- 자동화된 로봇 기반 하부 지반 평가 시스템의 도입에 따른 경제성 효과는 아래와 같음

시추를 통한 탄성과 시험	로봇 기반의 현장 시험 시스템
보링 비용 :100~150만원 (1개 시추공, 깊이10~15m 기준)	로봇 시스템 제작비용 : 1,000만원
1) 인건비 포함 :중급기술자1인, 보링공1인, 보통인부2인 2) 동력비, 기술료 등 포함 3) 시추공 1개당 2~3시간 소요 4) 탄성과 시험비 미적용	1) 인건비 :1인*200,000원 (중급기술자 기준) 2) 1지점 당 약 20~30분 소요 3) 사회비용 :800,000원 (건설엔지니어링 기술자 3인)
※ 도시 환경(전기/교통 잡음)에 비파괴 시험 적용이 어려움	※ 도시 환경에 최적화된 비파괴 시험 : 무시추로 인한 보링 비용 절감 ※ 제작비용 고려, 약 10지점 운용시 이득

(5) 2-1 세세부

- 기존 지반 채움재 기술(모래, 시멘트, 플라이애시)은 1m³ 시공 시 43,000원, 석탄회 재활용 기술은 30,000원/m³ 으로 분석됨. 이외에도 충청권 지역 내 석탄회 처리장 건설비용, 향후 복구비용 및 환경 비용, 시멘트 사용량 감축으로 인한 환경적 비용 등이 절감되므로, 이를 경제적으로 환산할 경우 그 효과는 더욱 커질 것으로 예상됨.

	기존 기술(모래, 시멘트, 플라이애시)	석탄회 재활용 기술 적용
모래	41,000원/t	-
시멘트	65,000원/t	-
바텀애쉬	-	0원
플라이애시	10,000원/t	10,000원/t
수산화나트륨	-	500,000원/t
채움재 1m ³ 시공 시 재료비용	43,000원/m ³	30,000/m ³

- 채움재 시공시 재료비용 단가 계산

- (1) 바텀애쉬는 현재 수요가 거의 없으며, 대부분 매립되고 있어서 가격형성이 되어 있지 않음
- (2) 기존 기술은 기존의 저장도 고유동 채움재의 일반 배합비를 참고하여 모래 900kg/m³, 시멘트 50kg/m³, 플라이애시 300kg/m³이 사용되는 것으로 가정
- (3) 제안 기술에서는 바텀애쉬, 플라이애시, 수산화나트륨을 제안된 기술의 배합비에 따라 계산하였음
- (4) 지반 채움재로 1m³ 시공 시 필요한 재료비용을 산출하였으며, 시공비용은 두 기술의 시공 방법 차이가 크지 않으므로 고려에서 제외하였음.

(6) 2-2 세세부

- 현행 기법(시멘트)을 그대로 적용 한 경우와 현장 발생토 처리 기술을 적용 하여 골재로 재활용한 경우의 경제성 분석

	현행 기법 (시멘트)	제안 기술 적용
주재료 단가	74,000원/t (시멘트)	70,000원/t (바이오처리/중금속처리)
골재 단가	15,000원/t	0 원 (사용 안함)
양생일	28일	28일
포장재 1t 시공시 재료비용	25,000원	70,000원
운송비용	골재 1t 당 1만원 (동 행정구역내, 거리에 따라 차등)	0원 (미미함)
포장재 1t 시공시 재료+운송 비용	75,000원	70,000원
비고		운송 비용 합산시 바이오처리기 법을 적용한 현장발생토 활용이 보다 경제적. 골재 운송 거리가 길어질수록 더욱 큰 이득.

- 주재료 단가 : 7만원/ton

(1) 바이오 처리 용제 20L 당 5만원, 20L로 현장발생토 1t 처리.

(2) 폐토석 내 중금속 (6가크롬) 10 mg/kg 오염 가정시 0.065 g의 자철석 (magnetite) 필요. 따라서, 1 t 처리 시 65 g 필요.

(3) Magnetite보다 반응성이 좋은 나노영가철 (nZVI) 사용시 300,000원/kg.

따라서, 300,000원/kg × 0.065 kg = 19,500원/t 필요.

(4) 폐토석 파쇄 등 전처리비용 (3만원/t 예상)은 계산에서 제외

- 포장재 1 ton 시공시 재료비용 : 7만원/t

- 포장재 1 ton 시공시 재료+운송 비용 : 7만원

나. 종합 분석

(1) 1세부과제

세세부과제	1-1	1-2	1-3	1-4
소요 비용	인력대비 30%	청소선대비 17%	인력대비 80%	보링방식대비 20%
제작 비용 고려	35일 이상 운용 시 이득	초기비용이 더 적음	5.2년 이상 운용 시 이득	10지점 이상 운용 시 이득

- 시민 공간 유지 관리를 위해 쓰레기 수거 로봇 및 수변 지역 자동 청소선 자동화 관련 인프라 유지 관리 비용 및 사회적 비용을 고려하더라도 기존 인력 대비 연간 약 1억 1,400만원의 관리비용을 절감할 수 있을 것으로 예상 (일반 쓰레기 8톤/1일 수거, 수상 부유 쓰레기 5톤/1일 수거 기준)
- 로봇기반 하부지반 자동 평가 시스템을 도입했을 경우 초기 제작비용과 사회적 비용을 고려하더라도 10지점 이상 운용 시 이득
- QR코드의 활용으로 시설물 관리자의 입장에서 시설물 관리 정보를 현재보다 더욱 편리하고 효과적으로 관리할 수 있기 때문에, 시설물 관리에 소요되는 시간을 절약할 수 있는 한편, 동일한 인력으로 더욱 많은 양의 정보를 취급할 수 있을 것으로 예상되어 관리 비용 절감 효과가 큼. 약 5.2년 이상 시스템 운용 시 경제적 이익을 기대할 수 있음

(2) 2세부과제

세세부과제	2-1	2-2
소요 비용	기존 기술 대비 70%	기존 기법 대비 93%
비고	1m3시공 기준, 기존(시멘트, 모래, 플라이애시)4.3만원, 석탄회 재활용 3만원	1m3시공 기준, 기존(시멘트) 7.5만원, 현장발생토 재활용 7만원

- 석탄회 재활용 기술을 통한 지반 채움재 개발 비용은 1m³ 당 30,000원인 반면 기존 지반 채움재 기술(모래, 시멘트, 플라이애시)은 1m³ 시공 시 43,000원으로 1m³ 당 약 13,000원 정도 절감할 수 있음
- 시멘트의 경우 생산 단가가 낮지만 운송비용 합산 시 바이오처리기법을 적용한 현장발생토 활용이 보다 경제적이며, 골재 운송 거리가 길어질수록 더욱 큰 이득 (시멘트 대비 평균 1톤당 5,000원 절감 효과)

(3) 소결

- 2세부 과제의 친환경적인 요소를 고려할 경우 환경적 비용 측면에서 경제적 효과가 커질 것으로 예상
- 2세부 과제의 친환경적인 요소를 고려할 경우 환경적 비용 측면에서 경제적 효과가 커질 것으로 예상

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 당해연도 연구개발목표의 달성도

1. 연구개발 수행 진도율

- 연구종료 시점(2012년 04월 23일) 기준 본 연구과제의 수행 진도율은 다음과 같음.

번호	연구내용	추진 일정 (주)																								달성도 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	연구기획위원회 구성 및 위원별 역할 분담, 기획 연구 내용 조정																									100
2	기술별 시장동향 조사																									100
3	기술별 기술동향 조사																									100
4	기술별 정책동향 조사																									100
5	기술별 특허동향 조사																									100
6	기술수요·기술예측 조사 실시																									100
7	조사 및 분석 자료에 의한 종합 SWOT/STEEP 분석																									100
8	비전 및 기술발전 시나리오 제시																									100
9	세부목표 및 후보과제 도출																									100
10	중복성 검토																									100
11	QFD 실시에 의한 우선순위 도출																									100
12	기술 로드맵 작성																									100
13	세부과제 (핵심 요소기술) 도출																									100
14	세부과제 성과 목표 및 성과지표 설정																									100
15	연구 목표 달성을 위한 추진 방안 수립																									100
16	목표달성도 평가방안 마련																									100
18	연구 기간 및 소요 연구비 산출																									100
19	전문가 그룹에 의한 자문실시																									100
20	연구기획위원회 총괄검토																									100
21	세부과제별 RFP 작성																									100
22	최종 연구기획보고서 작성																									100

2. 연구개발 목표의 달성도

- 본 연구의 계획(제안)단계 성과목표 대비 달성도는 다음과 같음.

성과목표		성과지표		성과검증 기준			
				목표수준 (%)		측정방법	검증방법
				목표치	달성치		
1-1	기술개발 전략 수립 및 연구개발 과제 확정	①	연구개발과제 확정 및 로드맵 제시	100	100	연구개발 과제 및 로드맵	발표
		②	세부과제 도출	100	100	세부과제	발표
1-2	과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정	①	과제 제안서(RFP) 작성	100	100	과제 제안서 (RFP)	발표 및 보고서
		②	기획연구보고서 작성	100	100	기획연구보고서	발표 및 보고서

제2절 관련분야 기술발전의 기여도

1. 충청권 특성화 연구단 과제 도출

- 본 기획연구의 일차적 목표는 국토해양부 지역기술혁신사업 추진을 위한 연구단 과제 발굴에 있음. 본 기획연구에서 발굴된 연구단 과제는 향후 충청권에 대한 지역 특성화 건설교통기술 R&D 사업 추진을 위한 참고자료로 활용될 것으로 예상됨
- 현재 충청권의 개발 현안 및 기술개발수요를 적극적으로 반영한 결과로 다음과 같은 의의가 있음

가. 제안된 연구단 과제의 의의

- 충청권은 세종, 오송, 오창 등의 신규 연구·산업 단지가 조성 및 계획되고 있는 중요 권역으로, 대표적 신도시인 세종시의 경우 자연친화적 도시환경 조성을 위하여 개발 계획 예정지역 전체 면적의 52.1%를 시민 공간으로 계획하고 있어 (분당 27%, 동탄 24%, 판교 37%) 친환경적이고 안전한 시민 공간 조성에 대한 과제를 도출하였음
- 충청권은 전국에서 신도시 개발이 가장 활발한 지역의 하나로, 각종 신기술을 적용하고 검증하기 위한 테스트베드로써의 기능을 극대화하기 위한 연구과제 제안
- 충청지역은 국제과학비즈니스벨트의 중심 지역으로 첨단 산업 및 연구개발 인프라가 우수하여 다학제간 융합연구가 용이한 강점이 있음
- 충청권이 직면하고 있는 환경 문제(화력발전으로 인한 석탄회 발생) 해결을 위한 지역 민원 맞춤형 연구과제의 도출

2. 지역 문제 해결

가. 지역 민원의 적극적 반영

- 충청권이 직면하고 있는 각종 환경 문제(수질 오염 총량제에 따른 개발 제한, 석탄회 발생 등)에 대한 대안과 대책을 제시하였음

나. 지역의 기술개발수요 반영

- 충청권은 대덕연구단지, 오창·오송 과학산업단지 뿐만 아니라 최근 국제과학비

즈니스벨트 유치를 통해 첨단 산업의 중심으로 자리매김 하고 있음. 따라서, 다양한 학제간 연구를 통해 시너지 창출을 도모하기 위해 로봇기반의 자동화 건설교통기술 관련 과제들을 도출하였음

3. 지역 연구역량 강화

- 충청권은 수도권 다음으로 가장 많은 건설교통 관련 연구기관 및 학교들이 위치해 있어 관련 연구 수행에 유리한 지역적 특성을 갖고 있음
- 또한 국가 첨단과학산업의 중심지로써 다양한 융합기술 개발이 용이하여, 첨단 건설교통기술 개발이 타 지역에 비해 유리함

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

가. 기술별 동향 조사 실시 및 충청권의 현황 파악

- 연구기획 RFP에 제시된 6개 기술에 대한 시장/기술/특허/정책 동향조사 실시
- 각 기술과 관련된 충청권의 현황 및 지역현안 파악

나. 지역 연구 활성화 기반 조성 및 개발능력 향상

- 충청권의 사회적·자연적 환경에 맞는 건설기술 수요 반영
- 지역 문제를 지역 역량으로 해결
- 충청지역 연구기관들의 연구역량 및 성과 극대화
- 중앙 집중적 형태의 단기성과를 목적으로 운영된 R&D패러다임을 전환하여 지역특성을 반영하고 지방자립 형태의 지속적인 건설기술 지원

다. 지역 경제 활성화

- 지역 역량을 기반으로 관련 시장 창출 및 확대

라. 연구 성과 활용도 향상

- 지역의 실질적 건설기술 수요를 충족시키고 실용적인 건설기술개발을 유도함으로써 지역 기반형 건설기술 연구개발 추진

마. 지역 맞춤형 충청권 지역기술혁신 사업의 추진

- 국토해양부의 충청권 지역기술혁신사업 추진을 위한 연구단급의 현실적·구체적 RFP 도출

2. 기대효과

가. 세부기술별 기대효과

(1) 세부과제 1: 시민 공간 최적·자동 유지 관리

- 로봇 플랫폼 제작을 충청도 내의 연구 기관 및 로봇관련 중소기업에게 의뢰하여 플랫폼 제작의 사업화를 추진하여 충청도 내의 연구소 뿐 아니라 중소기업의 경제적 이익을 도모함.
- 수상 청소 로봇은 현재 청소선으로 작업하기 불가능한 낮은 수심 영역에 방치된 수상부유물을 효과적으로 수거할 수 있으며 또한 모니터링을 통한 환경 감시 역할도 수행함으로써 환경에 유해 요소가 유입 되었을 경우 바로 상황 대처가 가능. 수상 청소 로봇은 상용화 될 경우 각종 하천 및 강뿐만이 아니라 유원지, 저수지 및 해상 연안에 산재한 부유쓰레기의 제거에 유용할 것으로 전망됨. 특히 충주호, 대청호의 부유쓰레기 처리 비용(연간 8억원 이상)이 전국의 1/3 이상을 차지하여 이에 적용될 경우 많은 경제적 효과를 가져 올 것으로 전망됨. 또한 인천앞바다의 해상연안쓰레기 처리 예산은 2010년 80억원으로 이 쓰레기의 대부분은 한강으로부터 흘러온 부유 쓰레기이며, 한강수질개선 예산은 2010년 137억원임. 국토해양부는 4대강 사업구간 내 폐기물 처리 비용을 670억원으로 추정하고 있음. 수상 청소 로봇을 도입 할 경우 이러한 쓰레기 수거 비용을 포함하여 훨씬 많은 경제적 효과를 가져 올 것으로 전망됨.
- 2011년 완공되는 금강 살리기 사업 관리를 위해 국토해양부가 충청권 지자체에 지원되는 비용은 약 120억 원에 이르지만, 4대강 살리기 사업이 진행된 지자체들은 정부 지원 없이 수변 및 친수 공간을 관리하기에 예산이 충분하지 않음. 기존의 시설물 관리 체계와 비교하여 약 20%의 관리 비용 절감 효과를 가져 올 것으로 기대하며, 수변 및 친수 공간의 특성을 고려한 공공시설물의 최적화 모형 개발로 일반 공공시설물 및 기반시설과는 다른 수변 및 친수 공간에 특화된 기술·정책적 시설물 관리 방법이 도출될 것으로 예상됨.
- 대표적인 시민 공간인 도시는 시간에 따른 도시환경의 변화로 인해 하부 지반 물성의 변동이 발생하며, 이러한 변동은 구조물의 기능 유지(지반 물성 변화에 따른 침하 발생 및 이에 따른 구조물 붕괴 위험성)와 지진 재해 위험도 평가에 직접적인 영향을 줌. 따라서 도시 하부지반의 올바른 평가는 유지 관리 및 재해 위험도 평가의 기본요소가 됨. 도시 지역은 환경적 특성(광역, 협소한 공간, 다양한 교통·전기 잡음, 시설물에 의해 점유되어 굴착이 불가능)으로 인해 신뢰성 있는 하부 지반 평가가 어려움. 도시 환경에 최적화 및 자동화된 하부 지반 평가 시스템은 이러한 도시환경 하에서 신뢰할 수 있는 지반의 공학적 물성 평가가 가능함. 평가된 지반 물성은 도시 지역 전체를 포함하는 3차원 영상화되어

제공되며, 주기적인 평가를 통하여 지반물성의 시간에 따른 변화를 평가할 수 있음. 이러한 지반 물성 3차원 영상은 도시 보수 보강 등과 같은 유지관리에 사용되며, 생성된 3차원 물성 지도는 도시 지진 재해 위험도 평가에 사용됨. 기 생성된 3차원 영상화 지도가 있으면, 다양한 시나리오 지진에 대해 다양한 구조물위치에서 위험도 평가가 가능하며, 이러한 특징은 지진 발생 시 기록된 지진 신호를 사용한 거의 수 시간 이내의 실시간 위험도 평가를 가능케 하여 방재에 매우 중요하게 사용될 수 있음.

- 수변 및 친수 구간의 홍수로 인한 피해를 사전에 예방하여 추가적으로 발생할 수 있는 2차적인 피해(예, 침수로 인한 도시 교통의 마비 등)를 예방하여 사회경제적인 도시의 지속 개발 가능한 환경을 조성함. 홍수 위험관리기술(예, 홍수 위험도 평가 기술, 모니터링과 연계한 홍수 위험관리 기술 등)을 확보하여 기후 변화 및 향후 급증하는 자연재해에 대항하여 선제적인 대비를 가능케 함. 각 지방자치단체에서 해당 수변 구간에 초점을 맞춘 홍수 재해 예방을 위한 사회 기반 시설 유지 관리 시스템을 운영하여 홍수 위험을 실시간으로 평가, 이에 따른 적절한 대응을 제시하여 지방자치단체의 홍수 위험관리 역량을 극대화 함.

(2) 세부과제2: 시민 공간 조성을 위한 부산물의 친환경적 재활용

- 석탄회 재활용 및 현장발생토 활용 기술을 통해 환경오염 저감 및 친환경적 시공이 가능할 것으로 기대
- 지속적인 석탄회 발생량 증가(2012년 843만 톤, 2015년 936만 톤 예상)에 따른 매립지 부족현상을 해결하고 매립지 조성비용 및 향후 복구비용 등을 절감하고, 다수의 신도시 개발 사업이 진행되고 있는 충청권 내 부족한 골재를 석탄회로 대체하여 활용함으로써 골재 부족 문제 해결을 통한 경제적 효과 기대. 또한 석탄 화력 발전소 인근 지역을 중심으로 석탄회 처리, 건설재료, 2차 제품 제조 및 시공관련 산업을 발전시켜 석탄회 활용 시스템 구축 및 침체된 중소도시산업 활성화. 석탄회 생산량이 매년 5%씩 증가하는 것을 가정하면 2018년 140억 원 2020년 318억 원의 시장이 형성될 것으로 추정
- 기존에 매립/폐기되던 현장발생토를 포장 및 성토 재료로 활용할 수 있고, 현장에서 지속적으로 발생하는 분진 문제를 간단한 처리를 통해 제거할 수 있으므로 비용 감축 및 민원 저감 효과가 기대됨
- 본 연구의 성공적인 수행은 다양한 신도시 개발이 이루어지고 있는 충청권에서 파급효과가 클 것으로 예상되며, 기타 다른 지역에서 발생하는 석탄회 및 현장 발생토에 대한 활용도를 높일 수 있음

나. 종합

- 지역기술혁신 사업 추진 과정에서 도출되어야할 시제품, 산업재산권 및 학술적 성과 달성에 기여
- 지역의 개발 수요 충족을 위한 건설기술의 활용도를 높이는 기반 조성
- 지역특성화 연구개발사업의 산출물을 활용함으로써 신규고용, 기술이전, 기술지도 효과 등 경제성장에 기여
- 발굴된 연구단급 과제에 대한 연구개발 사업을 추진함으로써 국가 및 지역사회 발전에 기여

3. 관련 후속연구개발의 전망

- 본 기획연구를 통해 도출된 연구단급 과제는 향후 충청권에 대한 국토해양부 지역기술혁신 R&D 사업의 본 과제로 직접적으로 활용될 전망이다. 지역의 특색과 기술개발수요에 대한 객관적 분석을 기반으로 한 본 기획연구의 결과물들은 효과적이고 체계적인 지역 맞춤형 R&D로 발전 될 수 있을 것으로 기대됨
- 또한 도출된 연구단 과제는 비단 충청권뿐만 아니라 대한민국의 건설교통 분야에 있어서 선진 기술을 확보하는데 크게 일조할 것으로 기대되어 다양한 관련 후속연구들이 가능할 것으로 예상됨

제6장 참고문헌

- 1) 고속도로 유지관리 변천과 향후 발전방향, 한국도로공사 고속도로지 (2010)
- 2) IT 및 로봇 기술을 이용한 교량점검 과학화, 한국도로공사 도로교통연구원(2009)
- 3) 지능형 건설로봇 산업동향, KETI 지능메카트로닉스 연구센터 (2005)
- 4) 지능형 로봇 산업 및 표준화 동향, 한국전자통신연구원 (2011)
- 5) 건설-IT 융합 기술 개발 전략, 한국전자통신연구원 (2008)
- 6) 건설교통기술 특허 논문 동향조사, 건설 교통부 (2007)
- 7) 2011 로봇 산업 실태조사, 한국로봇산업협회
- 8) World Robotics 2011 Service Robot, <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>
- 9) 로봇산업의 2020비전과 전략, 산업연구원, 2007
- 10) 서울 특별시 시정 보도, ‘한강 16t급 청조선 건조, 4월부터 가동(2006.04.03)
http://www.seoul.go.kr/seoul/citynews/newsdata/1231434_8736.html
- 11) 지식경제부, <http://m.mke.go.kr/news/bodoNewsView.jsp?pCtx=1&mMenu=2&pageNo=128&nowBlock=25&seq=62718>
- 12) 로봇시장 창출을 위한 산업융합 방안 연구, 로봇종합지원센터 한국생산기술연구원, 2009.12
- 13) World Robotics 2011 Industrial Robot, <http://www.ifr.org/service-robots/statistics/>
- 14) 2011 로봇 산업 실태조사, 한국로봇산업협회
- 15) World Robotics 2011 Service Robot, <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>
- 16) 방송통신위원회
- 17) 지디넷코리아 기사 (2010), 우리일보, 뉴시스 기사 (2011)
- 18) 국내 시설물의 유지관리 제도 발전 방안. 한국시설안전기술공단(2008)
- 19) 생애주기 비용에 기초한 시설물 최적 유지관리 시스템 개발, 한국시설안전기술공단 (2005)
- 20) 예비타당성조사 수행을 위한 도로부문의 유지관리비 추정 연구
- 21) Coda Research Consultancy (2010. 5월)
- 22) Queaar (2011. 8월)
- 23) ComScore (2011. 8월)
- 24) 도로시설의 사전 대응적 유지관리를 위한 자산관리시스템 개발에 관한 연구, 한국정보처리학회 제 35회 춘계학술발표대회 (2011)
- 25) LCC예측모델을 활용한 도로시설물 유지관리계획 수립방안. 한국시설안전공단 (2010)

- 26) 도시방재 기준 및 체계정립을 위한 기초연구, 국립방재교육연구원(2009)
- 27) 미국 국토안보부의 도시방재분야에 대한 지원사례, 대한국토·도시계획학회(2007)
- 28) 내년도 재해예방 사업 5조원 투입, <건설경제>, 2011-12-08 14:32:17, <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201112081423559420679>, (2011.12.13)
- 29) 내년도 우수저류시설사업 내년 1월 추진, <건설경제>, 2011-11-22 08:00:01, <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201111181047598800624>, (2011.12.14)
- 30) 건설엔지니어링 시장확대를 위한 추진전략, 한국엔지니어링진흥협회(2007)
- 31) 지반조사 연구 및 기술 동향, 한국지반공학회 지반조사기술위원회(2004)
- 32) 다목적 빗물관리 정책에 의한 국가경쟁력 향상 방안, 대한민국화술원 논문집(2007)
- 33) 토목분야의 지반조사를 위한 물리탐사 활용, 토목학회지(2000)
- 34) 지하 정밀 영상화 융합기술 개발, 한국지질자원연구원(2007)
- 35) 한국콘크리트학회(2010), 콘크리트와 환경, 저탄소 녹색성장과 콘크리트의 환경영향. 105-106
- 36) 화력발전 부산물의 콘크리트에의 활용, 권기주, 한전 전력연구원 수석연구원, 콘크리트와 환경, 특집, 건축학회, 46-49
- 37) 한국건설산업연구원. 국내건설투자의 중장기 변화 추이 연구, 2009
- 38) 한국건설교통기술평가원, 탄소저감형 건설재료 기술개발 기획보고서, 2011
- 39) 한국콘크리트학회(2010), 콘크리트와 환경, 저탄소 녹색성장과 콘크리트의 환경영향. 105-106
- 40) 한국남부 발전, 석탄회 재활용 전략, 2009
- 41) 한국건설교통기술평가원, 탄소저감형 건설재료 기술개발 기획보고서, 2011
- 42) 한국에너지기술평가원, HVCCPs 활용 그린건설재료 및 실용화 기술, 연구기획 최종 보고서, 2011
- 43) 한국세라믹학회, “시멘트 중장기 수요예측 및 경쟁력 강화방안”, 2009
- 44) 한국전자재시험연구원, 발전소 매립회의 친환경적 활용을 위한 규격화 요소 기술, 전력산업 연구개발 사업계획서, 2007
- 45) 김범주, 미국의 석탄회 재활용 동향, 한국수자원공사, 2005
- 46) Jiabin Fu, Challenges to increased use of coal combustion products in China, Linkopings university, 2010
- 47) American Coal Ash Association, ACAA, (2010), CCP Survey, Retrieved from http://www.acaa-usa.org/associations/8003/files/2010_CCP_Survey_FINAL_102011.pdf
- 48) 윤성민, 해외 건설폐기물 처리현황과 순환골재 재활용 사례, 건설경제, 2006
- 49) 유진로봇, <http://www.yujinrobot.com/>

- 50) 동부로봇, <http://www.dongburobot.com/>
- 51) 한울로보틱스, <http://www.robotics.co.kr/>
- 52) 품림산업, <http://www.poonglim.co.kr/>
- 53) 한국 자동차공학회, 무인 자동차를 위한 점 항법과 영상 기반 차선 검출을 융합한 차선 유지 시스템 개발, 2011
- 54) 전자통신동향분석, 능동형 RFID 기반 실시간 위치추적 기술 동향, 제26권 제6호 2011
- 55) 한국도로공사 제23회 도로기술연구성과 발표회 논문집, 무인 교량점검 시스템 (U-BIROS) 개발, 2007
- 56) J. W. Kang, B. S. Kim, and M. J. Chung, "Assistive Mobile Robot Systems helping the Disabled Workers in a Factory Environment," International Journal of Assistive Robotics and Mechatronics, Vol. 9, No. 2, pp. 42 - 52, 2008
- 57) <http://fms.kistec.or.kr>
- 58) 건설관리, 2007
- 59) 2010 건설 기술 동향, KICT
- 60) RoboTech srl, www.robotechsrl.com/
- 61) iRobot, www.irobot.com/
- 62) Stentz, A., Kelly, A., Herman, H., Rander, P., et al, "Integrated Air/Ground Vehicle System for Semi-Autonomous Off-Road Navigation," Proceedings of AUVSI, 2002
- 63) C. Baker, Z. Omohundro, S. Thayer, W. Whittaker, M. Montemerlo, and S. Thrun. A case study in robotic mapping of abandoned mines. In Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics, Lake Yamanaka, Japan, 2003
- 64) 손남선, 김선영, 반석호, 이창민 (2004). 근거리용 무인탐사선의 자동운항시스템 개발. 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp.63-68.
- 65) 박정홍, 심형원, 전봉환, 김시문, 임용곤 (2009). 두 개의 고정된 추진기를 갖는 무인 수상선의 동적 위치 및 PTP 제어. 선박해양기술학회지, 제48호, pp.35~41.
- 66) 명현, 신익수, 김건엽, 이태환 (2009). 다수의 모바일하버를 위한 네비게이션 시스템 설계. 로보틱스 및 응용 연구회 합동 학술대회 논문집.
- 67) 인천 ‘로봇 수중청소·준설’ 사업화 - 인천일보 (2011.12.29.) <http://news.itimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=443686>
- 68) <http://수질관리.com> - 원준설
- 69) 수중청소로봇 ‘PIRO-U3’ - 환경매일 (2011.03.04.)

- http://www.ihknews.com/mboard.asp?Action=view&strBoardID=m2_companyceo&intSeq=18140
- 70) <http://www.hydronalix.com> - HYDRONALIX
 - 71) M. Dunbabin and A. Grinham (2010). Experimental Evaluation of an Autonomous Surface Vehicle for Water Quality and Greenhouse Gas Emission Monitoring. Proc. 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation.
 - 72) Caccia, M., Bibuli, M., Bono, R. and Bruzzone, G. (2008). Basic navigation, guidance and control of an unmanned surface vehicle. Autonomous Robots, 25:349-365.
 - 73) Larson, J., Bruch, M., Halterman, R., Rogers, J. and R. Webster (2007). Advances in Autonomous Obstacle Avoidance for Unmanned Surface Vehicles. Proc. AUVSI Unmanned Systems North America.
 - 74) Larson, J., Ebken, J. and Bruch, M. H. (2006). Autonomous navigation and obstacle avoidance for unmanned surface vehicles. Proc. SPIE.
 - 75) Roy M. Turner and Elise H. Turner (2004). Self-Organization and Reorganization of Multi-AUV Systems: CoDA Project Overview. Proc. AUV 2004: A Workshop on Multiple AUV Operations.
 - 76) Seaswarm - <http://senseable.mit.edu/seaswarm/>
 - 77) Su, C., Dongwing, W., Tiansong, L., Weichong, R., and Yachao, Z. (2009). An autonomous ship for cleaning the garbage floating on a lake. Proc. International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation 2009.
 - 78) 생애주기비용에 기초한 시설물 최적 유지관리 시스템 개발, 한국시설안전공단 (2005)
 - 79) http://www.mltm.go.kr/mct_hpg/Html/09/Road_system/home.html
 - 80) <http://www.g-inno.com/>
 - 81) QRcode, 한국텐소판매주식회사
 - 82) 도로시설의 사전 대응적 유지관리를 위한 자산관리시스템 개발에 관한 연구, 한국건설기술연구원 (2011)
 - 83) 공공시설 자산관리 정보화 방안, 한국건설기술연구원 (2010)
 - 84) 지반조사기술의 현재와 미래, 한국지반공학회지(2006)
 - 85) 지반조사 연구 및 기술 동향, 한국지반공학회-지반조사기술위원회 (2004)
 - 86) 도시방재를 위한 침수관리 기술 현황 및 전망, 한국콘텐츠학회(2006)
 - 87) 도시홍수재해관리기술 연구 사업단, 수자원 R&D 분야 발전방향(2006)
 - 88) 목영진, 정진훈, 김영수, 지반의 동적물성치 측정을 위한 인хол탄성파시험의 최근 발전, 한국지반공학회논문집, 2005

- 89) 목영진, 강병수, 김정환, 인홀 시험을 이용한 암반의 동적 물성치 측정, 대한토목학회 논문집, 2003
- 90) 한성대학교 영상화기술연구실, 탄성과 영상화기술 연구개발 및 응용에 관한 연구, 2004
- 91) 김동수, 방은석, 서원석, 표준관입시험을 이용한 업홀시험에서 전단파 속도 주상도의 도출, 한국지반공학회논문집, 2003
- 92) 조성호, Advanced in interpretation and Analysis Techniques for spectral analysis-of-surface-waves (SASW) measurements, Ph.D thesis, The Univ. of Texas at Austin, 1996
- 93) 조성호, 김봉찬, 도심지 지반 전단파속도 탐사를 위한 P-파 속도와 전기비저항의 이중 결합, 대한토목학회 논문집, 2010
- 94) 박형춘, 김동수, HWAW 방법을 이용한 새로운 탄성과 지반조사기법의 개발(I):분산곡선의 결정, 대한토목학회 논문집, 2004
- 95) 박형춘, 김동수, HWAW 방법을 이용한 새로운 탄성과 지반조사기법의 개발(II):시험 구성 및 역산과정, 대한토목학회 논문집, 2004
- 96) 도시배수시설 설계 선진화 기술, 한국콘텐츠학회(2010)
- 97) 지반구조 3차원 물리탐사기술 개발, 한국지질자원연구원 (2005)
- 98) 한국건설교통기술평가원, HVCCPs 활용 그린건설재료 및 실용화 기술, 연구기획 최종보고서, 2011
- 99) 한국콘크리트학회, 콘크리트와 환경, 저탄소 녹색성장과 콘크리트의 환경영향, 2010, pp.105-106
- 100) 한국콘크리트학회, 콘크리트와 환경, 저탄소 녹색성장과 콘크리트의 환경영향, 2010, pp.115
- 101) 이봉춘, 정상화, 김주형, 국산 매립회의 골재특성 평가 및 매립회 콘크리트의 내구성능 평가, 콘크리트학회논문집 v.23, no.3, 2011, pp.311 - 320.
- 102) 최세진, 김무한, “석탄회 종류에 따른 석탄회를 대량 사용한 콘크리트의 내구 특성에 관한 연구”, 한국건축시공학회지 v.9 no.3, 2009, pp.73 - 78
- 103) 최세진, 정용, 오복진, “물-시멘트비 및 바텀애쉬 대체율에 따른 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구”, 콘크리트학회논문집 v.15 no.6, 2003, pp.840 - 847
- 104) 강민아, 강승구, “미연탄소가 다량 함유된 석탄바닥재로 제조된 인공골재의 물성분석”, 한국결정성장학회지, v.21 no.1, 2011, pp.47 - 53
- 105) 동해씨티, 석탄바닥재 (bottom ash)의 농업적 이용 실용화기술 개발, 2009
- 106) 한국건설생활환경시험연구원, 발전소 매립회의 친환경적 활용을 위한 규격화 요소 기술, 전력사업연구개발 사업계획서, 2007

- 107) 한국전력공사 전력연구원, 석탄회를 활용한 경량 유동성 채움재 제조 공정 개발, 2008.
- 108) 국길근, 김혜양, 천병식, “화력발전소 부산물인 석탄회의 공학적 특성에 관한 연구”, 한국지반환경공학회논문집, v.11 no.5, 2010, pp.25 - 34.
- 109) 신웅기, 임대성, 천병식, “비회와 저회의 배합비에 따른 석탄회의 자경성에 관한 연구”, 한국지반환경공학회논문집, v.11 no.6, 2010, pp.85 - 91.
- 110) 김상철, 안상구, “Bottom Ash를 사용한 기포콘크리트의 배합 설계 및 압축강도 특성”, 콘크리트학회논문집, v.21 no.3, 2009, pp.283 - 290.
- 111) 한국건설교통기술평가원, HVCCPs 활용 그린건설재료 및 실용화 기술, 연구기획 최종보고서, 2011.
- 112) Ghafoori, N., and Bucholc, J., Investigation of lignite-based bottom ash for structural concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 8, Number 3, 1996, pp. 128-137.
- 113) Bakoshi, T., Kohno, K., Kawasaki, S. and Yamaji, N., Strength and durability of concrete using bottom ash as replacement for fine aggregate, International Concrete Research & Information Portal, Volume 179, 1998, pp. 159-172.
- 114) Cheriaf, M., Cavalcante Rocha, J. and Péra, J., Pozzolanic properties of pulverized coal combustion bottom ash, Cement and Concrete Research, Volume 29, Issue 9, 1999, pp. 1387-1391.
- 115) Yüsel, İu., Bilir, T. and Özkan, Ö., Durability of concrete incorporating non-ground blast furnace slag and bottom ash as fine aggregate, Building and Environment, Volume 42, Issue 7, 2007, pp. 2651-2659.
- 116) Margason, G., and Cross, J. E., “Settlement behind bridge abutments: The use of pulverized fuel ash in constructing the approach embankments to bridges on the Staines Bypass.” RRL Report No. 48, Ministry of Transport, Road Research Lab., 1966, London, England.
- 117) Sherwood, P. T., and Ryley, M. D., “Use of stabilized pulverized fuel ash in road construction.” Road Research Laboratory Report Ministry of Transport, U.K., 49, 1966, pp. 1 - 44.
- 118) Gray, D.H. and Lin, Y.K., “Engineering Properties of Compacted Fly ash”, in Proceed. ASCE, Jou. of SMFE, Vol. 98, No. 4, 1972, pp. 361-386.
- 119) Faber, J. H., and DiGioia, A. M., “Use of fly ash in embankment construction.” Transportation research record, Use of waste materials and soil stabilization, National Academy of Sciences, Washington DC, No. 593, 1976, pp.13 - 19.
- 120) Joshi, R.C., Natt, G.S. and Wright, P.J., Soil improvement by lime-fly ash slurry

- injection, in Proc. 10th Int. Conference on Soil Mechanics & Foundation Engg., Stockholm, vol. 3, 1981, pp.707-712.
- 121) Leonards, G.A. and Bailey, B., Pulverized coal ash as structural fill, Journal of the Geotechnical Engineering Division, Volume 108, 1982, pp. 517-531.
- 122) Karim, A., Salgado, R. and Lovell, C.W., Building embankments of coal combustion fly ash bottom ash mixtures, 48th Highway Geology Symposium Proceedings and Fieldtrip Excursion Guide, 8-10 May, 1997, Knoxville, Tennessee, pp. 66-74.
- 123) Kumar, S. and Stewart, J., "Evaluation of Illinois Pulverized Coal Combustion Dry Bottom Ash for Use in Geotechnical Engineering Applications", Journal of Energy Engineering, Vol. 129, No.2, 2003, pp.42~55.
- 124) 임유진, 서창범, 화강풍화토를 이용한 CLSM의 공학적 특성평가, 한국방재학회논문집, Vol. 9, No. 3, 2009, pp. 19~26.
- 125) 한국건설교통기술평가원, HVCCPs 활용 그린건설재료 및 실용화 기술, 연구기획 최종보고서, 2011.
- 126) Pierce, C.H., Gassman, S.L., Richards, T.M., 2002. Long-term strength development of controlled low-strength material. American Concrete Institute (ACI) Materials Journal 99 (2), 157 - 64.
- 127) Katz, A. and Kovler, K., Utilization of industrial by-products for the production of controlled low strength materials (CLSM), Waste Management, Volume 24, Issue 5, 2004, pp. 501-512.
- 128) Nataraja MC, Nalanda Y., Performance of industrial by-products in controlled low-strength materials (CLSM)., Waste Management, Volume 28, Issue 7, 2008, pp. 1168-1181.
- 129) 철저한 교량관리로 교량 안전도 향상, 국토해양부 도로환경과 (2008.5.14.)
- 130) 제2차 시설물안전유지관리기본계획, 건설교통부 안전기획팀 (2007.12)
- 131) 시설물 안전관리에 관한 특별법령집, 국토해양부 (2010.09)
- 132) 도로시설물 안전관리 네트워크 운영시스템 시범구축, 국토연구원 도로정책연구센터 (2011.8)
- 133) 건설 기술 특허·논문 동향조사 도로·교량편, 한국건설교통기술평가원(2007)
- 134) KISTI 미리안 『글로벌동향브리핑』, 2010.06.14.
- 135) 김문겸 외, [특집기사]첨단기술과 건설기술의 융합을 통한 건설분야의 혁신방안, Vol.54 No.1, 2006

- 136) 건설 기술 특허·논문 동향조사 도로·교량편, 한국건설교통기술평가원(2007)
- 137) 물환경 정보 시스템, <http://water.nier.go.kr>
- 138) 이범현, 김근태, 도시 스마트성장 평가방식을 활용한 친수공간 평가체계의 합리적 구축방안 연구, 국토연구원 2011-46
- 139) 자산관리 통합프레임워크 및 정책 개발(Ⅱ), 한국건설기술연구원(2009)
- 140) 상하수도관로의 성능 및 사용효율 증대를 위한 자산관리기법 개발(Ⅱ), 한국건설기술연구원(2009)
- 141) 도시 홍수 방재 대책과 관리체계(미국 남서부 앨버커키 시를 중심으로), 물과 미래 (2005)
- 142) 안전방재 고도화를 위한 산업기술의 역할, 한국산업기술진흥원 (2011. 08)
- 143) 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(안), 국가과학기술위원회 (2007)
- 144) 재해대책 강화방안 연구보고서, 한국건설기술연구원(2003)
- 145) 일본 종합과학기술회의 자료 (과학기술정책정보서비스 국가별 정책동향, http://www.now.go.kr/PolicyTrend/nation/nation_trend_v.jsp?tableName=BOARD_TREND&uno=29573)
- 146) 건설교통기술 특허 및 해외기술동향조사 생산성·안전 향상편, 한국건설교통기술원 (2007)
- 147) 철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용지침(2009), 환경부고시 제2009-161호.
- 148) 제4차 자원재활용 기본계획, 환경부(2008)
- 149) European Environmental Advisory Councils(2002), The European Commission's Sixth Environmental Action Programme(6EAP)
- 150) McGraw-Hill Construction, "Green outlook 2009, Trends Driving Change"
- 151) 표토보전 및 침식(유실)방지 대책에 관한 연구, 한국지반환경공학회, (2001년 11월)
- 152) 도시 유역의 노출토양 실태와 표토보전 방안, 경기개발연구원, (2008년 11월)
- 153) Akira inokuma, 한국자원공학회, 2001
- 154) 2006 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 (2007)
- 155) 2007 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 (2008)
- 156) 2008 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 (2009)
- 157) 2009 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 (2010)
- 158) 2010 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 (2011)
- 159) 친수구역 활용에 관한 특별법, 법률 제10421호, 2010.12.29 제정, 2011.4.30 시행)
- 160) 제4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020), 국토해양부, (2012.04)

161) 댐주변 친수환경 조성, 국토해양부 건설수자원 (2011.10.07.), <http://www.mltm.go.kr>

162) 제5차 전력수급기본계획, 지식경제부 (2010)