

저비용 고성능 광촉매를
활용한 미세먼지 저감
건설기술 개발기획
최종보고서

2016. 10.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / (주)빛과환경
(주)날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원



제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 “슬러지에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 기획 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2016년 10월 3일

주관연구기관 한국건설기술연구원
원 장 이 태 식

-
- 주관연구책임자 / 곽종원 선임연구위원 한국건설기술연구원
 - 주관연구기관 / 김성욱 선임연구위원
/ 김부일 연구위원
/ 김창용 연구위원
/ 곽임종 수석연구원
/ 박정준 수석연구원
/ 황성필 수석연구원
/ 최은석 수석연구원
/ 김성준 연구원
 - 공동연구책임자 / 김종호 대표 (주)빛과환경
 - 공동연구기관 / 김명완 상무
/ 이부귀 책임연구원
/ 조아라 연구원
 - 공동연구책임자 / 류형근 책임컨설턴트 (주)날리지웍스
 - 공동연구기관 / 손창수 책임컨설턴트
/ 이경훈 전임컨설턴트
-



보고서 요약서

| | | | | | |
|------------------|-------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------------------------|
| 과제고유번호 | | 해당 단계 연구 기간 | 2015. 12. 4~ 2016. 10. 3 | 단계 구분 | (기획단계)/ (총 단계) |
| 연구사업명 | 중사업명 | 국토교통 연구사업 | | | |
| | 세부사업명 | 국토교통연구기획사업 | | | |
| 연구과제명 | 세부과제명 | 슬러지에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 기획 연구 | | | |
| 연구책임자 | 과총원 | 해당단계 참여 연구원 수 | 총: 16 명 내부: 9 명 외부: 7 명 | 해당단계 연구비 | 정부: 72,000천원 민간: 45,000천원 계: 117,000천원 |
| | | 총연구기간 참여 연구원 수 | 총: 명 내부: 명 외부: 명 | 총연구비 | 정부: 천원 민간: 천원 계: 천원 |
| 연구기관명 및 소속부서명 | 한국건설기술연구원 구조융합연구소 | | | | |
| 공동연구 | 연구기관명: (주)날리지웍스 | | 상대국 연구기관명: | | |
| | 연구기관명: (주)빛과환경 | | 연구책임자: | | |
| 요약 | | | | 보고서 면수 | |

이 기획연구는 국내 Hot-Issue인 미세먼지 저감, 실내공기질 향상 및 감염병 확산방지를 위한 건설기술을 기획하였음. 이 목표를 달성하기 위하여 저비용 광촉매 재료를 개발하고 이 재료를 건설자재 개발에 응용하는 기술 개발을 기획범위로 설정하였음. 기획의 과정과 절차는 다음과 같이 수행하였음.

1) 기술개발 동향조사 분석 → 중점추진분야 도출, 2) 기술수요 및 수준-예측조사 → 비전, 목표 및 연구개발 후보과제 구성, 3) 후보과제 우선순위 평가 → 후보과제 우선순위 도출, 4) 연구개발과제 구성 → 연구내용 및 성과지표 설정, 5) 연구개발 인력 및 예산 산정, 6) 사전타당성 분석을 수행하였음.

그 결과, 기술로드맵과 과제제안 요구서를 작성하고 과제공모 방안을 제안하였으며, 과제제안 요구서에는 ① 저비용 광촉매 생산기술 개발, ② 도로시설물 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발, ③ 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용기술 개발, ④ 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발, 이상의 4개 세부과제를 구성하였음.

사전타당성 분석 결과 기술개발 계획 우수성 및 성공 가능성, 국가 전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성, 그리고 비용 편익 및 파급효과 등, 기술적, 정책적, 경제적 타당성이 높은 것을 확인하였음.

| | | |
|------------------|----|------------------------------------------------------------------------|
| 색인어 (각 5개 이상) | 한글 | 미세먼지, 광촉매, 건설재료, 살균, 스모그 |
| | 영어 | Fine dust, Photo catalysis, Construction material, Sterilization, Smog |



요 약 문

제 목

: 저비용 고성능 광촉매를 활용한 미세먼지 저감 건설기술 개발 기획

I. 기술의 정의 및 필요성

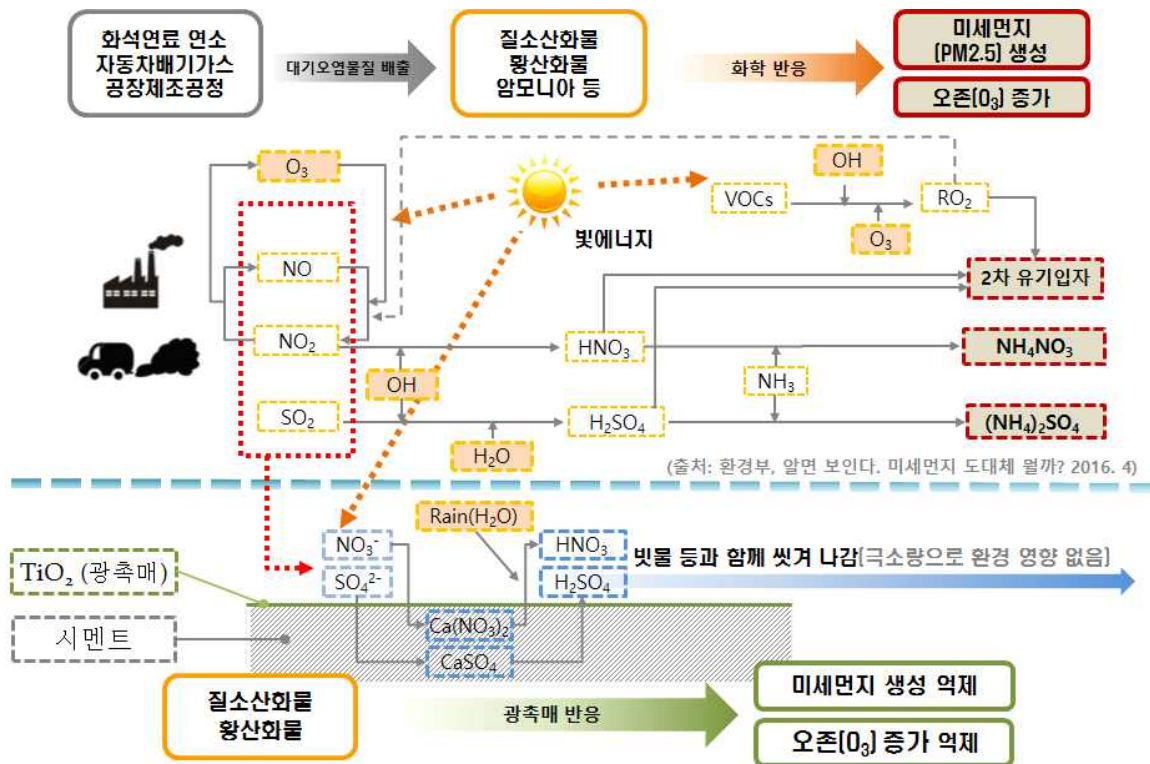
1. 기술의 정의

『저비용 고성능 광촉매를 활용한 미세먼지 저감 건설기술 개발』은 사회적 현안이 되는 미세먼지, 대기오염 및 실내공기오염 등으로 인한 국민 건강 악화에 대응하는 기술임

기술적 접근은 하·폐수 폐기물에서 기존 광촉매 소재 보다 훨씬 값싼 광촉매 원천재료를 생산하고 이를 이용하여 건설자재를 응용개발하며 공기조화기기 및 공기청정타워 등의 제품을 제조하는 기술을 개발함. 개발과정에서 광촉매의 대기정화, 미세먼지 발생 차단, 실내공기질 개선 성능에 대한 평가기술도 개발함

광촉매 원천재료, 건설자재 및 2차제품을 SOC시설물, 주거 및 다중이용시설 등에 적용함으로써 미세먼지 저감, 대기정화, 실내공기질 개선 효과를 기대하며 이를 통하여 국민 보건복지(Public Health and Welfare)향상을 건설기술로 해결하고자 함

- 산화티탄 광촉매는 빛(자외선, 가시광선)과 광촉매제(TiO_2) 반응을 유도
 - 질산화물(NO_x), 황산화물(SO_x)을 수산화질소(HNO_3)로 환원반응 \Rightarrow 대기공기 정화
 - 질산화물과 황산화물의 저감을 통한 미세먼지 발생 억제 가능
- 건설자재에 광촉매제를 혼입하여 오염물질 제거 반응을 유도
 - 건설자재 표면에 자외선광과 반응하여 질산화물과 황산화물을 분해하여 2차 미세먼지 발생을 억제하고 실내공기질을 개선



광촉매 대기정화 및 미세먼지 제거 메커니즘

2. 연구개발의 필요성

○ 미세먼지 발생시키는 전구물질인 질산화물(NOx) 저감 시급

- 서울은 미세먼지와 이산화질소 농도가 세계 주요도시보다 1.2배~3.5배 높음
- 연간 1조3천억 원이 미세먼지로 인한 사회적 비용 손실 추정
- 대기 중 이산화질소 농도는 도로변의 경우 0.049~0.057 ppm, 주거지역의 경우 0.034 ~0.038 ppm으로서 대기환경 기준치인 0.03 ppm 이상을 기록
- 질산화물과 황산화물 등으로부터 2차적 요인으로 발생된 미세먼지는 수도권 의 경우 전체 미세먼지 발생량의 약 2/3를 차지

○ 쾌적한 환경 조성으로 국민건강 증진 확보

- 정부는 질산화물 배출 저감정책을 지속적으로 추진했음에도 불구하고 가시적인 개선효과가 나타나지 않음. 근본적인 대책이 필요
- 세계보건기구(WHO)의 발표에 따르면 우리나라에서 대기오염으로 인해 인구 100,000명당 21~40명이 사망하는 고준위 국가에 속함
- 미세먼지는 세계보건기구(WHO) 1군 발암물질로서 기도, 폐, 심혈관, 뇌 등



우리 몸의 기관에서 각종 질환을 유발

- 미세먼지, 오존, 이산화질소와 같은 2차 대기오염물질들은 생성이 복잡하여 가능하면 발생지에서 집중 저감시키는 것이 중요

○ 주거 및 다중이용시설 실내공기질 개선 시급

- 신축 아파트 등 공동주택의 유해물질 중 하나인 포름알데히드 농도가 입주 후에 급증. 실내 VOCs 물질의 제거 기술 개발 시급
- 건축자재와 접착제에서 발생하는 포름알데히드와 휘발성유기화합물(VOCs)로 인하여 각종 호흡기 증상, 아토피성 피부 질환 등이 발생
- 다중이용시설에 대한 실내공기오염도가 상당한 시설물에서 기준을 초과. 다중생활환경에 실내공기질 개선 시급
- 실내 대기오염물질이 실외보다 2~5배, 때로는 100배 이상 더 높을 수 있음. 따라서 실내공기 오염의 주요원인을 분해하는 광촉매 기술의 적용 시급

○ 하·폐수 폐기물 자원화 기술 확보 필요

- 기존 하·폐수 처리 폐기물의 매립 및 해양 투기 금지 조치에 따라 처리 방안이 부담. 폐기물을 자원화 할 수 기술을 개발하여 환경보호와 부가가치 창출
- 티탄염 응집제를 이용한 하·폐수 폐기물 재활용하는 기술은 2차오염이 없는 친환경적 기술로서 대량의 폐기물을 처리하고 동시에 건설자재 자원화 가능
- 러지 처리 과정에서 저렴한 광촉매를 대량으로 얻을 수 있는 장점 있음

II. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 정책 동향 분석

○ 미세먼지 관리 특별대책('16.6 관계부처 합동)

- 배출된 미세먼지 저감 연구개발 추진을 통해 질소산화물, 황산화물, 휘발성 유기화합물 등 2차생성 전구물질 제거 기술 확보
- 미세먼지 분야 글로벌 환경 R&D 협력 강화 및 ODA를 통한 개도국 진출 확대
- 다중이용시설 환기설비의 미세먼지 등에 대한 여과성능 기준 개선. 이를 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 개정예 활용
- 터널 내 미세먼지 응집·필터링, 차량내 미세먼지(PM_{2.5}) 유입 차단 기술 개발

※ 이상은 정부합동 특별대책에서 국토교통부와 관련된 연구개발 사항



○ 수도권 대기환경관리 기본계획 (2차 2015~2024)

- 대기오염으로부터 수도권(2,000만) 주민의 건강을 보호하고 쾌적한 생활을 영위하기 위한 계획, 수도권 대기환경개선에 관한 특별법(2003.12 제정) 근거
- 서울특별시 등 기본계획을 바탕으로 시행계획을 5년마다 수립 시행하고 매년 시행계획 추진실적을 보고
- 동 계획의 관리대상 오염물질은 PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, NO_x, VOCs, O₃ 등으로써 PM₁₀을 본 연구기획에서 저감하고자 하는 대상 오염물질임
- 동 계획의 오염물질별 관리목표는 수도권의 배출량 및 오염도 전망, 대책에 따른 삭감량을 모델링하여 2024년까지 지역 별로 다음과 같이 목표를 설정

수도권 지역별 미세먼지 농도 개선 목표 (단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 지역 | PM ₁₀ | PM _{2.5} |
|-------|------------------|-------------------|
| 서울특별시 | 30 | 20 |
| 인천광역시 | 36 | 20 |
| 경기도 | 37 | 20 |

○ 실내공기질 관리 기본계획 (2015~2019)

- 범정부 합동 「실내공기질 관리 기본계획('15~'19)」 수립·추진, 이 기본계획에서 관계부처에 국토교통부 포함
- 새집증후군 예방·관리를 위해 실내오염의 주원인인 건축자재의 VOCs 방출량이 제한을 단계적으로 강화
- 미세먼지(PM_{2.5}), 곰팡이 등 신규 위해물질의 측정 및 관리기준 미 정립 상태임. 이에 대한 대책이 필요함
- 이상의 실내공기질 개선을 위한 정부 관리 대책의 대응 실천 방안으로써 광촉매 건설자재의 개발과 실용화가 시급함

○ 국가전략 프로젝트 (2016. 8. 10)

- 제2차 과학기술전략회의에서 관계부처 합동으로 발표된 「국가전략 프로젝트」에 “미세먼지 저감”이 9대 국가전략 프로젝트 중 하나로 선정
- 2016년 현재 전국의 미세먼지 평균농도는 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 2025년 $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 저감 목표를 설정하고 이에 대한 정부지원 연구개발사업 추진 설정
- 미세먼지 관리 대상을 PM₁₀에서 미세먼지 PM_{2.5}로 전환, 이것은 국민의 건강에는 미세먼지 PM_{2.5}가 주로 영향을 끼치는 것으로 판단



- 과학기술기반의 미세먼지 솔루션을 7년 이내 대응기간으로 설정하여 연구개발의 우선순위 높음
- PM_{2.5} 미세먼지를 발생하는 전구물질인 질산화물과 황산화물을 제거하는 방안으로써 본 기획내용인 저비용의 산화티탄의 광촉매 재료를 개발과 응용기술로 광촉매 전자재 기술을 개발하여 대응

2. 시장 동향 분석

○ 광촉매 재료 시장

- 국내 광촉매 재료 시장은 아직은 미미하며 국내에서 유통되고 있는 광촉매 재료는 일본, 독일 등이 지배하며 국내는 대부분 수입제품에 의존
- 광촉매 재료가 고가로 대부분 수입됨에 따라 이를 이용한 건설자재의 개발과 제품 출시가 거의 활성화되지 못함
- 본 기획연구의 저비용 광촉매 생산 기술 개발과 재료 상용화가 이루어질 경우 국내시장뿐 아니라 해외시장 진출과 활성화 예측됨

○ 도로시설물 광촉매 건설자재 활용 시장

- 국토교통부의 ‘환경 친화적인 탄소중립성 도로 개발’ 계획에 따른 정부의 적극적인 투자로 인해 광촉매 기술 활용 친환경 도로건설 시장 진입 기회 마련
- 저비용 광촉매 도로시설물 활용 국내시장은 연구개발이 종료되는 2023년 3,600억 원, 2030년 7,000억 원 규모의 시장이 예측됨
- 이 기간 동안 해외시장은 17억 달러, 28억 달러 규모의 시장이 예측됨
- 특히 미세먼지와 대기오염이 심각한 중국의 경우 광촉매 건설자재에 대한 수요가 급속히 증가할 것으로 예상되며, 실제 스마트 에코시티 건설계획을 구체화하고 있어 해외시장 개척에 대한 관심을 기울일 필요 있음

○ 주거 및 다중이용시설물용 광촉매 건설자재 활용 시장

- 국내 친환경 건축자재 시장규모는 2015년 1조 2천억 원 규모이며 2020년에는 약 3조 원, 2025년에는 6조2천억 원 규모로 연평균 36%의 성장을 예측
- 국내의 건축물 공기조화기기 관련 전체 시장은 2012년 현재 4조8천억 원으로 알려져 있으며, 2018년에는 5조3천억 원 규모로 증가할 것으로 예상
- 그러나 그동안 광촉매 재료 가격이 높아 2차제품인 건축자재의 개발은 거의 이루지지 못하여 광촉매 건축자재의 시장은 거의 활성화되지 못함



- 광촉매 건축자재의 개발과 표준 및 인증기술이 개발될 경우 광촉매 건축자재는 2030년 8,000억 원, 공기조화기기 시장은 7,000억 원 규모의 시장 창출을 기대할 수 있음

3. 기술 동향 분석

○ 광촉매 재료 기술

- 산화티탄 광촉매 재료의 제조 및 생산은 주로 티탄광물의 분쇄, 소성, 합성 및 도핑 기술로 구성되며, 이 공정기술을 효과적으로 개선하는 데 치중. 그러나 원광석의 가격과 공정기술 개선 한계로 인해 고가의 광촉매 재료 생산
- 산화티탄 광촉매 재료의 제조에서 있어서 하·폐수 폐기물을 원천재료로 사용하고 응집, 소성, 분쇄 및 성형 기술을 국내에서 획기적으로 개발
- 이 기술은 세계 최초 기술이며 고품질의 저비용의 광촉매 재료(기존 광촉매 재료 대비 단가 50% 절감)를 제조할 수 있는 원천기술을 확보

○ 광촉매 건설자재 기술

- 기존 기술은 표면 코팅용 광촉매 건설자재를 개발하여 구조물 표면에 코팅하여 오염물 분해효과를 검증하는 기초연구가 진행된 바 있음
- 코팅에 의한 광촉매 기술이 적용된 건설자재는 보도블록이 대표적이며, 시장에 출시된 바 있으나 기술적 미비로 주목 받지 못함
- 한편 페인트, 타일, 패브릭 및 다기능 패널 자재 등에 대한 적용은 경제성 미비로 시도되지 못함
- 저비용의 광촉매 재료를 활용하여 경제성을 확보하고 광촉매 활성화 성능과 동시에 장기 내구성을 갖춘 건설자재 제조 및 제작 기술 개발이 필요함

○ 광촉매 공기조화기기 기술

- 기존 공기조화기기는 유기물질을 제거를 위해 활성탄을 흡착제로 이용하는 기술을 적용. 그러나 사용되는 흡착제가 빠르게 포화되고 잦은 교체 단점
- 이러한 방식을 엘지전자, 삼성전자, 웅진코웨이, 위니아만도 등 가정용 공기청정기 제조업체와 기아자동차, 현대자동차, 대우자동차 등 차량용 공기정화기 관련 업체에서 상용화하고 있음
- 현재까지 개발된 공기조화기기는 미세먼지(PM_{2.5})를 유발하는 질산화물, 황



산화물의 등의 작은 입자의 기체 오염물질의 제거보다는 입자 오염물의 제거에 초점이 맞추어져 있음

- 광촉매 기술을 적용한 공기조화기기의 기술은 초보단계이며 내부 LED UV광 기술의 접목을 통해서 획기적인 기술 발전을 시도할 필요가 있음

○ 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술

- 일본의 경우 광촉매 기술이 가장 발전할 국가이며 광촉매콘크리트공업협회 및 광촉매공업협회 등을 주축으로 표준화 기술을 개발한 바 있음
- 국내의 경우 광촉매 재료에 대한 활성화 성능을 시험평가는 표준 시험법은 없으며 광촉매협회 시험기준이 있는 정도임
- 광촉매 기술을 적용한 건설자재의 경우는 시험평가 방안이 전혀 준비되어 있지 못한 실정임
- 본 기획에서 전개한 광촉매 건설자재의 실용화와 상용화를 위해서는 연구개발 단계에서 표준화기술 개발도 심도 있게 검토되어야 함

4. 기획과제 1차 중점연구분야 도출

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하여 ISSUE 별로 검토한 각각의 연구 분야를 유사기술 군으로 정리하여 다음의 중분류 단계의 중점 연구분야를 도출

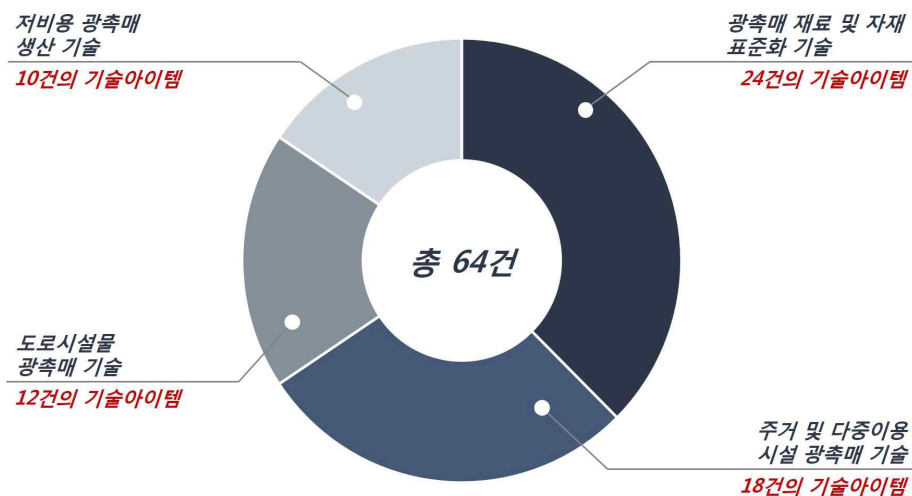
| 중점연구분야 (중분류) | 포함 기술 |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 광촉매 원천 재료 기술 | - 저비용 고성능 광촉매 원천 재료 제조 기술 - 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 |
| 도로시설물 광촉매 활용 기술 | - 도로시설물 광촉매 활용 기술 - 도로부속시설물 광촉매 활용 기술 |
| 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 기술 | - 광촉매 활용 병원용 건설자재 기술 - 광촉매 활용 주거 및 다중이용시설용 건설자재 기술 - 공기조화기기 광촉매 활용 기술 - 광촉매 활용 축사용 건설자재 기술 |
| 광촉매 표준화 기술 | - 광촉매 및 광촉매 제품 성능평가 표준화 기술 - 광촉매 및 광촉매 제품 인증제도 구축 기술 |



Ⅲ. 기술수요 및 수준·예측 조사

1. 기술수요조사 분석결과

- 기술수요조사에는 산, 학, 연 전문가 45명이 참여함
 - 산업계 14명, 학계 14명, 연구소 전문가 12, 공공기관 전문가 5, 총 45명 참여
 - 이들은 각각 1~3건의 기술수요조사를 작성, 총 72 건의 기술아이템 제안함
 - 기획 연구진에서는 회신된 기술수요조사 중에서 중복된 내용과 본 기획과제와 관련성이 낮은 내용은 삭제
 - 최종 64 건의 기술아이템을 정리



기술 분야별 기술수요조사 회신결과

2. 기술수준 및 예측 분석결과

- 기술수준/예측조사는 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술혁신 동향을 정량적으로 평가하여 과제우선순위평가를 위한 기초자료로 활용하는 것을 목적으로 함
 - 조사는 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 설계
 - 세부기술 분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적/사회경제적 기술실현시기, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선 시행방안 등
 - 2 Round 조사는 1 Round 전체 응답 통계자료를 제공하여 조사참여자가 1 Round 응답결과를 수정, 조사항목별로 전문가의 합의를 유도
- 국내·외 기술 실현시기 및 기술격차



- 최고기술보유국의 기술 실현시기는 4년 내. 이후 2년 후 상용화 예상
- 국내 기술은 최고기술보유국 대비 3.84년 격차, 2022년 이후 기술 실현
- 기술 성숙도 (TRL)
 - 저비용 광촉매 생산기술 TRL은 국외 5단계, 국내 5 단계로 대등하나 건설자재 응용기술 및 표준화 기술은 국내 2~3단계, 국외 6~7 단계로 상당한 격차를 나타냄
- 최고기술보유국 (TRL)
 - 최고기술보유국은 일본(40.32%), 이탈리아(30.35%), 순으로 조사되었으며, 우리나라의 경우 저비용 광촉매 재료 기술은 세계최고 수준으로 조사됨
- 기술기반(인프라) 성숙도
 - 국내의 저비용 광촉매 생산기술 인프라는 성숙도는 높고 광촉매 건설자재 및 표준과 기술 관련 인프라는 낮은 것으로 나타남
- 기술획득 방식
 - 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술은 정부-민간 공동추진 (63.17%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 정부우선 시행방안
 - 기술획득과 실용화를 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대(28.2%), 인프라 구축(21.4%), 제도개선(20.3%), 협력교류(17.1%), 인력양성(12.7%) 순으로 조사됨
- 기술수준-중요도 포트폴리오 분석
 - 기획 연구개발 분야는 중점추진분야 별로 다소 차이가 있지만 전체적으로 적극적인 투자로 기술수준을 향상(I영역)과 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망(II영역)한 기술개발 분야로 판단됨
- 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석
 - 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요하고(I영역), 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야(II영역) 하는 영역의 기술임
- 기술기반성숙도-기술 중요도 포트폴리오 분석
 - 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역(II영역)과 기술기반 확보가 시급한 영역(IV영역)의 기술임:



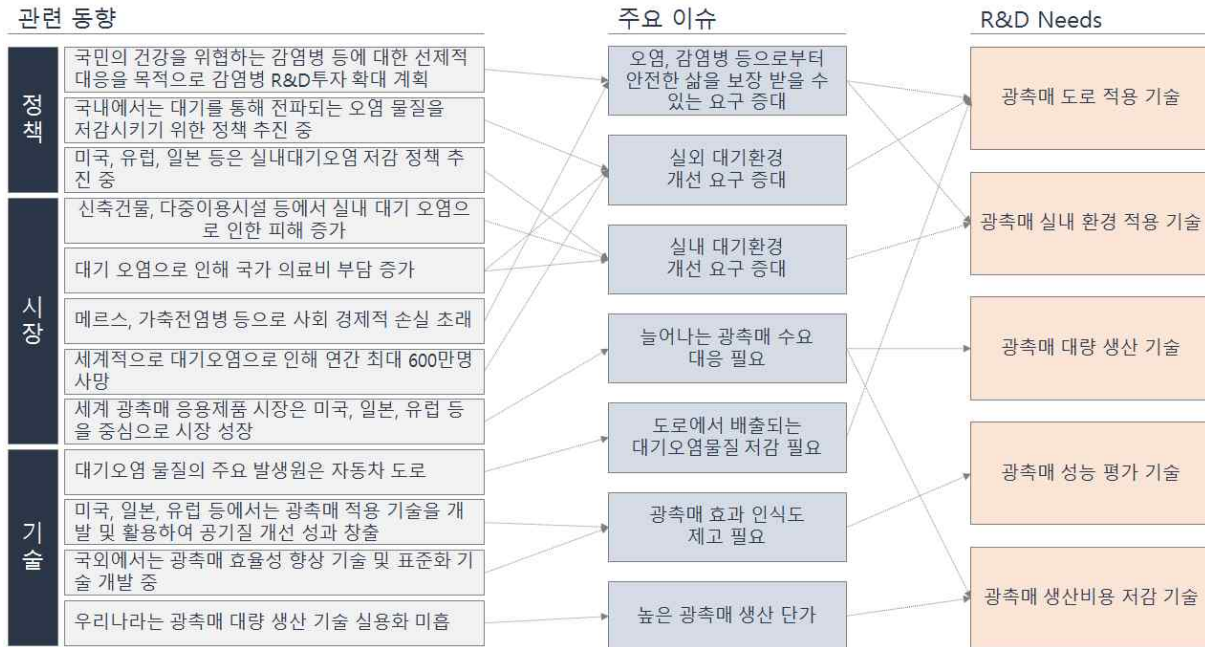
3. SWOT 분석

| | | |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 내부 환경 분석 | 【 강 점(S) 】 | 【 약 점(W) 】 |
| | <ul style="list-style-type: none"> •미세먼지, 감염병 대응 등 국민의 건강 및 안전을 확보가 시급한 사회 현안 •경제적인 광촉매 제조 원천기술 보유 •광촉매 대량 생산 기술 개발 가능성 높고 광촉매 응용기술 개발 기반 양호 | <ul style="list-style-type: none"> •광촉매 응용기술 핵심기술 수준 미흡 •경제적인 광촉매 대량 생산 인프라 부족 •수요처의 광촉매 효과 인식 부족으로 연구 개발 및 활용 기회 부족 |
| 외부 환경 분석 | 【 기 회(O) 】 | 【 위 험(T) 】 |
| | <ul style="list-style-type: none"> •국내외 광촉매 시장의 지속성장 전망 •기후변화 및 주변국 영향으로 미세먼지 ISSUE 점차 가속화 •기존 광촉매 재료의 고가로 인해 국제적인 광촉매 응용기술 개발 확대 주춤 | <ul style="list-style-type: none"> •광촉매의 효과에 대한 검증 부족으로 성능 확보에 대한 인식도 낮음 •국내 광촉매 원천재료 시장은 기술선도 국가가 독점 •광촉매 응용제품 국제 시장 또한 기술선도 국가가 독점 |

| | | | |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SO 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 사회적 ISSUE를 시급히 해결하기 위한 기술개발 가속화 ▪ 경제적인 광촉매 원천기술 기반으로 대량 생산기술과 응용기술을 확보하여 국내외 광촉매 및 활용 시장 석권 | WO 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 광촉매 응용기술 개발에 역량을 집중하여 건설자재 실용화 기술을 조기에 확보하여 시장 수요에 대응 ▪ 수요처 대상 광촉매 효과 인식도 제고하고, 광촉매 건자재 국내외 시장 선도 응용기술 집중 개발 |
| ST 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 건강 및 안전에 적극적인 정부 정책을 기반으로 광촉매 성능 평가 기술 개발을 통한 대국민 광촉매 효과 인식도 제고 ▪ 경제적인 광촉매 재료를 기반으로 경제성을 무기로 하여 광촉매 국제 시장 진출 | WT 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 광촉매 재료 생산 인프라를 연구개발기간 내 확보하여 실용화 기술 개발의 현장 적용성 확보 ▪ 기술 및 시장 선점 국가의 개발 제품군 벤치마킹, 경제성 우위의 응용 기술 및 건설자재 개발 |



4. ISSUE TREE



IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 비전 및 목표

○ 비 전

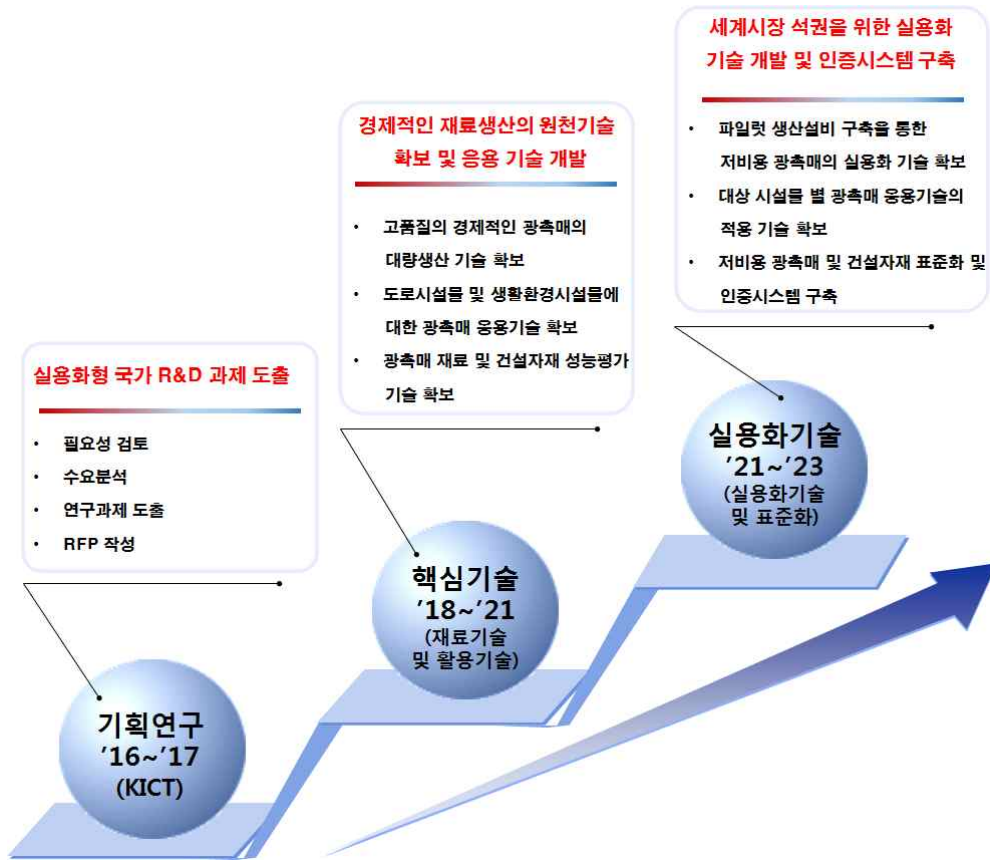
미세먼지 및 유해물질로부터 안전하고 쾌적한 국민 생활환경을 조성하고, 광촉매 재료 및 광촉매 건설 자재 세계시장 석권

○ 연구목표

- 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50%이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발
- 10m×10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성(ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정)
 - ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과
- 친환경 건축자재 최우수등급 (총 휘발성유기화합물 0.10 mg/m³·h 미만, 포름알데히드 0.03 mg/m³·h 미만)
- 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30 % 저감
- 산화티탄 광촉매 및 광촉매 건설자재 세계시장 선도



○ 단계별 개발 목표



2. 후보과제 Pool 구성 및 우선순위 평가

- 기획위원, 자문위원 및 외부 산학연 전문가를 중심으로 기술 수요조사를 실시하고 수집된 기술수요조사서를 연구 비전과 목표에 맞는 후보과제들을 선별
- 연구개발 목표에 해당하는 기술을 보유한 기업들에게 연구기획 의도를 설명하고 목표를 달성하기 위한 추가 후보과제 대상 의뢰
- 부족한 기술 분류 부분의 후보과제는 주관연구기관 주도로 관련 전문가에게 2차 후보과제 조사를 추가 실시하여 보완함
- 산·학·연 전문가를 대상으로 저비용 광촉매 재료, 건설자재 개발 및 적용기술 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행하여 우선순위를 결정



| 중점추진분야 | 우선순위 | 후보과제명 |
|---------------|------|-----------------------------------------|
| 중점추진분야 I | 1 | 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 기술 개발 |
| | 2 | 저비용 고성능 광촉매 응집 반응 기술 개발 |
| | 3 | 저비용 고성능 광촉매 파일럿 생산 기술 개발 |
| | 4 | 저비용 고성능 광촉매 물성 향상 기술 개발 |
| | 5 | 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 |
| | 6 | 저비용 고성능 광촉매 성형 기술 개발 |
| 중점추진분야 II | 1 | 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발 |
| | 2 | 터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술 개발 |
| | 3 | 광촉매 콘크리트 성형용 이형 박리제 개발 |
| | 4 | 광촉매 시멘트 페이스트 및 모르타르 제조 기술 개발 |
| | 5 | 광촉매 포장 콘크리트 타설 장치 및 타설 최적화 기술 개발 |
| | 6 | 광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 및 제조 기술 개발 |
| | 7 | 광촉매 포장 콘크리트 공용성 검증 및 유지관리 기술 개발 |
| | 8 | 광촉매 기술 적용 공기청정 타워 기술 개발 |
| | 9 | 터널 및 지하공간 광촉매 활성화 조명시스템 개발 |
| | 10 | 광촉매 친환경 블록 등, 콘크리트 2차제품 개발 |
| | 11 | 광촉매 적용 도로 흡음재, 방음벽 등, 부속시설물 건설자재 개발 |
| | 12 | 폐콘크리트 미분말을 이용한 광촉매 모르타르 제조 기술 개발 |
| | 13 | 자기세정 및 대기오염 저감기능을 갖는 광촉매 인조 판석 제조 기술 개발 |
| | 14 | 광촉매 중앙분리대 적용 기술 개발 |
| | 15 | 광촉매 콘크리트용 지오폴리머 적용 기술 개발 |
| 중점추진분야 III | 1 | 건축 외장 마감용 광촉매 노출 콘크리트 제조 및 시공 기술 개발 |
| | 2 | 주거 및 다중이용시설 공기정화용 광촉매 공기조화 기기 개발 |
| | 3 | 단열층 일체형 광촉매 건축 외장재 개발 |
| | 4 | 광촉매 적용 도장재료 개발 |
| | 5 | 가시광선 반응형 다기능 광촉매 플라스터 벽패널 시스템 개발 |
| | 6 | 주거용 수처리 시설 광촉매 적용 기술 개발 |
| | 7 | 수처리용 태양광촉매 제조 기술 개발 |
| | 8 | 실내 광촉매 활성화를 위한 조명 시스템 개발 |
| | 9 | 수처리용 태양광촉매 반응기 개발 |
| | 10 | 광촉매 재료를 활용한 위생도기 및 타일 2차제품 개발 |
| | 11 | 의료시설용 광촉매 건축자재 개발 |
| | 12 | 의료시설 광촉매 공기조화 기기 및 살균 기술 개발 |
| | 13 | 감염병 확산 방지를 위한 의료시설 실내용 건축 마감재 개발 |
| | 14 | 의료장비 광촉매 적용 기술 |
| | 15 | 축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술 개발 |
| | 16 | 축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술 개발 |
| | 17 | 축산용 광촉매 수처리 기술 개발 |
| 중점추진분야 IV | 1 | 광촉매 건설자재의 대기 오염물질 제거 성능평가 기술 및 기준 개발 |
| | 2 | 광촉매 재료 성능시험평가 기술 개발 |
| | 3 | 광촉매 공기조화 기기 성능평가 표준화 기술 개발 |
| | 4 | 광촉매 건설자재 실사용 대기환경 적용 Mock-Up 성능평가 실험 연구 |
| | 5 | 광촉매 건설자재 실사용 실내환경 적용 Mock-Up 성능평가 실험 연구 |
| | 6 | 광촉매 건설자재 인증 표준화 연구 |
| | 7 | 저비용 고성능 광촉매 원천재료 인증 표준화 연구 |
| | 8 | 광촉매 작용에 따른 지하공간 공기질 성능 평가 연구 |
| | 9 | 광촉매 건설자재의 방오 성능 기준 개발 및 검증 방안 연구 |
| | 10 | 새집증후군 개선 광촉매 효과 성능평가 및 표준화 |
| | 11 | 광촉매 건설자재의 살균 성능 기준 개발 및 검증 방안 연구 |



3. 연구개발 추진과제 구성 및 주요 내용

- 도출된 후보과제의 우선순위를 바탕으로 연구개발 추진과제를 선정
 - 연구개발 추진과제는 국토교통 R&D 연구개발사업 특성 중점적으로 검토하고 1,2차 기획타당성 중간평가를 통하여 결정
 - 특히 의료시설과 축산산업 시설물의 후보과제 우선순위에서 상대적으로 낮은 순위로 선정되었으며 국토교통 R&D 연구개발사업 추진 목적과의 상관성이 낮아 제외하였음
 - 또한 중간평가회의를 통하여 유사과제의 경우는 통합하는 과정을 거침

가. 1세부과제 : 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발

| | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50% 이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 기술 개발 및 실용화 |
| 세세부과제 구성 | <ul style="list-style-type: none"> 1-1 : 저비용 고성능 광촉매 응집기술 개발 1-2 : 저비용 고성능 광촉매 대량 생산기술 개발 1-3 : 저비용 고성능 광촉매 가공기술 개발 |

나. 2세부과제 : 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발

| | |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 10m×10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성(ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정) ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과 ◦ 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발 |
| 세세부과제 구성 | <ul style="list-style-type: none"> 2-1 : 광촉매 페이스트, 모르타르, 콘크리트 제조 및 시공기술 개발 2-2 : 광촉매 이형박리제 제조 및 적용기술 개발 2-3 : 광촉매 포장 콘크리트 및 시공기술 개발 2-4 : 광촉매 도로부속시설물용 2차제품 개발 2-5 : Hot-spot 공기청정 타워 및 오염지역 적용기술 개발 2-6 : 터널 및 지하공간 광촉매 활성 조명시스템 및 적용기술 개발 |



다. 3세부과제 : 주거 및 다중이용시설용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발

| | |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 친환경 건축자재 최우수등급 (총 휘발성유기화합물 0.10 mg/m³·h 미만, 포름알데히드 0.03 mg/m³·h 미만) ◦ 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30 % 저감 |
| 세세부과제 구성 | <p>3-1 : 광촉매 도장재료 개발</p> <p>3-2 : 가시광선 반응형 플라스터 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발</p> <p>3-3 : 광촉매 패브릭, 타일 건축자재 개발</p> <p>3-4 : 광촉매 단열, 흡음 등 다기능 건축자재 개발</p> <p>3-5 : 광촉매 공기정화 필터 및 공기조화기기 개발</p> |

라. 4세부과제 : 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발

| | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 재료 및 건설자재 시험평가 표준화 정립 ◦ 광촉매 건설자재 인증시스템 구축 |
| 세세부과제 구성 | <p>4-1 : 광촉매 재료 시험평가 방안 개발 및 표준화</p> <p>4-2 : 광촉매 건설자재 시험평가 방안 개발 및 표준화</p> <p>4-3 : 가시광 광촉매 건설자재 시험평가 방안 개발 및 표준화</p> <p>4-4 : 광촉매 성능 인증제도 및 인증시스템 구축</p> |



4. 주요 성과물 및 성과지표

| 세부과제 | 성과물 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|------------------|------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 저비용 고성능 광촉매 생산기술 | 저비용 고성능 광촉매 시제품 | 특허, 시제품 | - 아세트알데히드 90% 이상 제거 (가스백법) |
| | 슬러지 광촉매 생산 파일럿 설비 | 장치 | - 저비용 고성능 광촉매 생산량 50 kg/h |
| 도로시설물용 광촉매 건설자재 | 저비용 고성능 광촉매 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 시제품 | 특허, 시제품 | - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) |
| | 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 타설 장비 | 특허, 장치 | - 기존 포장 피니싱 시간 10% 증가 이내 - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) |
| | Hot-spot 오염지역 공기청정 타워 모형 시작품 | 특허, 장치 | - 주변(반경 50m) 질소산화물 농도 저감률 20% 이상 - 주변(반경 50m) 미세먼지(PM _{2.5}) 농도 저감률 30% 이상 |
| | 저비용 고성능 광촉매 친환경블록, 투수블록 및 인조석 등 2차제품 시제품 | 특허, 시제품 | - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 소요 자재 물성(KS 등) 만족 - 질소산화물 제거 0.5 μmol/5h 이상 |
| | 저비용 고성능 광촉매 도로 흡음, 방음 패널 등 2차제품 시제품 | 특허, 시제품 | - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 소요 자재 물성(KS 등) 만족 - 주변 질산화물 농도 저감률 30% 이상 |
| | 터널 및 지하구조물 광촉매 활성화 조명/공기조화 시스템 시작품 | 특허, 시작품 | - 터널내 미세먼지 저감률 30%, 질소산화물 저감률 20% 이상 |



| 세부과제 | 성과물 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|-----------------------|----------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 주거 및 다중이용시설용 광촉매 건설자재 | 광촉매 혼입 페인트 시제품 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - NO 제거 : 1.0 umol/50μm²·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 아세트알데히드 90% 이상 제거(가스백법) |
| | 복합 기능 광촉매 건축패널 시제품 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - 건축물 에너지절약 설계기준의 단열성능 만족(외기에 직접 면하는 거실 외벽 열관류율 중부0.21 이하, 남부 0.26이하, 제주도 0.360이하) - NO 제거 : 1.0 umol/50μm²·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) |
| | 광촉매 공기조화 기기 시제품 | 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - 휘발성유기화합물 농도 저감률 40% 이상 - 포름알데히드 저감률 30% 이상 |
| | 가시광 반응형 광촉매 플라스터 시제품 | 특허, 시제품 | - 아세트알데히드 분해 : 50 % 이상 제거(가스백법, 형광등) |
| | 저비용 고성능 광촉매 적용 타일 건설자재 시제품 | 시제품 | - 기존보다 가성비가 200% 이상 |
| | 저비용 고성능 광촉매 적용 실내용 건설자재용 사용자 매뉴얼 | 매뉴얼 | - 매뉴얼의 제시 |
| 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 | 광촉매 재료 성능평가 표준(안)(KS, 단체표준 등) | 규격(안) | <ul style="list-style-type: none"> - NO 제거 : ISO 22197-1 - 아세트알데히드 제거 : ISO 22197-2 - 톨루엔 제거 : ISO 22197-3 - 셀프크리닝 : ISO 27448 |
| | 광촉매 건설자재 성능평가 표준(안) | 규격(안) | <ul style="list-style-type: none"> - NO 제거 : ISO 22197-1 - 아세트알데히드 제거 : ISO 22197-2 - 톨루엔 제거 : ISO 22197-3 - 셀프크리닝 : ISO 27448 |



5. 기술개발 로드맵

| 저비용 고성능 광촉매 재료 및 건설자재 개발과 대상 시설물 적용 실용화 기술 개발 | | | | | |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 과제 목표 | 초미세먼지(PM _{2.5}) 18 μ g/m ³ 이하 쾌적한 대기환경 조성을 위한 광촉매 재료 및 건설자재 기술 개발 | | | | |
| 단계별 목표 | 저비용 광촉매 재료 생산 기술 및 광촉매 건설자재 제조 핵심기술 개발 | | | 저비용 광촉매 건설자재 실용화 기술 | |
| 주요 기술 | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 기술 | 광촉매 응집제 및 응집반응 기술 | 광촉매 생산 파일럿 설비 제작 및 저비용 광촉매 파일럿 생산 | | | 저비용 광촉매 성능 최적화 및 제품화 |
| 시멘트계 광촉매 건설자재 (페이스트, 모르타르, (포장)콘크리트 등) | 광촉매 시멘트계 건설자재 기본배합* | 광촉매 시멘트계 건설자재 제조 기술**, 광촉매 건설자재 성능 실내시험 및 평가 (4세부 공동) | | 적용환경에서 광촉매 성능평가 및 시공기술 | Test-bed 적용 및 보완, 사용 매뉴얼 |
| 광촉매 건설자재 2차제품 (도로부속시설물용, 건축내외장재) | | 2차제품 가능 및 구성 상세설계 | 2차제품 시작품 개발 광촉매 성능시험 | 2차제품 광촉매 성능 환경 모형실험 및 평가 | |
| 성능평가 기술 표준화 및 인증시스템 구축 | 광촉매 성능평가 시험법 및 표준화 현황조사 | 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 시험법(안) | 광촉매 건설자재 현장 적용성 평가방안 | 성능평가 시험법 표준화 | 인증제도 및 인증시스템(안) |
| 광촉매 공기조화 기기 | 필터용 광촉매 분말 활성화 개질 기술 | 광촉매 필터 제조 기술 | 대상 용도별 광촉매 공기조화기기 설계 | 광촉매 공기조화기기 시제품 개발/안정성 평가 | 시범 적용 및 제품설명서 |
| Hot-Spot 공기 청정타워 | | 타워 설치 환경조사 및 기본 설계 | 타워 상세설계 및 구성품 제작 | 타워 모형 제작 및 광촉매 성능평가 | Test-bed 적용 및 보완, 사용 매뉴얼 |
| 연차별 목표성과물 | <ul style="list-style-type: none"> 광촉매 응집제 시작품 | <ul style="list-style-type: none"> 광촉매 페이스트 시작품 광촉매 필터 시작품 광촉매 재료 시험법(안) | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 광촉매 재료 시제품 광촉매 모르타르 콘크리트 시제품 광촉매 건설자재 개시작품 광촉매 건설자재 성능평가시험(안) | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 광촉매 재료 시제품 광촉매 건설자재 2차시제품 광촉매 공기조화기기 시제품 광촉매 공기 청정 타워 모형 성능시험평가 표준(안) | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 광촉매 상용 제품 광촉매 건설자재 TVB 3건 광촉매 재료 및 건설자재 인증시스템(안) |

- * 광촉매 건설자재 1~2차년도 초기 개발에서는 기존 광촉매 사용
- ** 3차년도 시작품 개발에서는 개발한 저비용 고성능 광촉매 사용



V. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 인력투입계획

(단위 : 명)

| 분류 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 총괄 | | 32 | 64 | 84 | 64 | 50 | 294 |
| 중점 추진 분야 1 | 1세부기술 | 3 | 3 | 3 | - | - | 9 |
| | 2세부기술 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 16 |
| | 3세부기술 | - | 3 | 5 | 5 | 5 | 18 |
| | 소계 | 5 | 9 | 12 | 8 | 9 | 43 |
| 중점 추진 분야 2 | 1세부기술 | 3 | 6 | 6 | 4 | 3 | 22 |
| | 2세부기술 | 3 | 4 | 5 | 3 | - | 15 |
| | 3세부기술 | 3 | 6 | 6 | 5 | 5 | 25 |
| | 4세부기술 | - | 2 | 5 | 6 | 5 | 18 |
| | 5세부기술 | - | 4 | 5 | 5 | 3 | 17 |
| | 6세부기술 | 3 | 4 | 4 | - | - | 11 |
| 소계 | 12 | 26 | 31 | 23 | 16 | 108 | |
| 중점 추진 분야 3 | 1세부기술 | 4 | 4 | 3 | 3 | - | 14 |
| | 2세부기술 | - | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | 3세부기술 | - | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 |
| | 4세부기술 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 17 |
| | 5세부기술 | - | 4 | 4 | 3 | - | 11 |
| | 소계 | 7 | 19 | 18 | 16 | 10 | 70 |
| 중점 추진 분야 4 | 1세부기술 | 4 | 5 | 6 | - | - | 15 |
| | 2세부기술 | 4 | 5 | 6 | 6 | 4 | 25 |
| | 3세부기술 | - | - | 5 | 5 | 5 | 15 |
| | 4세부기술 | - | - | 6 | 6 | 6 | 18 |
| | 소계 | 8 | 10 | 23 | 17 | 15 | 73 |

- 연구인력 투입 단위는 기본으로 참여율 평균 50%를 기준으로 설정
- 즉, 참여율 50 %를 1인 투입 인력으로 산정함
- 각 세부기술별로 다소 차이는 있으나 전체 연구비 중에서 인건비 비유를 35~45% 사이로 설정한 후 이에 적합하게 투입 인원을 산정함
- 인건비 기준은 2016년 학술연구용역 표준단가를 기준으로 작성함



2. 소요예산

(단위: 백만 원)

| 구분 | 1차년도 | | 2차년도 | | 3차년도 | | 4차년도 | | 5차년도 | | 합계 | |
|----------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|-------|
| | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 |
| 총괄 | 1,971 | 741 | 3,586 | 1,350 | 4,463 | 1,679 | 3,459 | 1,303 | 2,521 | 946 | 16,000 | 6,020 |
| 중점추진분야 1 | 388 | 146 | 582 | 219 | 776 | 293 | 453 | 170 | 420 | 153 | 2,619 | 981 |
| 1세부기술 | 194 | 73 | 194 | 73 | 194 | 73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 582 | 219 |
| 2세부기술 | 194 | 73 | 194 | 73 | 291 | 110 | 194 | 73 | 226 | 80 | 1,099 | 409 |
| 3세부기술 | 0 | 0 | 194 | 73 | 291 | 110 | 259 | 97 | 194 | 73 | 938 | 353 |
| 중점추진분야 2 | 775 | 291 | 1,421 | 536 | 1,585 | 596 | 1,229 | 462 | 841 | 316 | 5,851 | 2,201 |
| 1세부기술 | 194 | 73 | 290 | 110 | 291 | 110 | 226 | 85 | 194 | 73 | 1,195 | 451 |
| 2세부기술 | 193 | 72 | 226 | 85 | 259 | 97 | 194 | 73 | 0 | 0 | 872 | 327 |
| 3세부기술 | 194 | 73 | 291 | 110 | 291 | 110 | 259 | 97 | 194 | 73 | 1,229 | 463 |
| 4세부기술 | 0 | 0 | 162 | 61 | 259 | 97 | 291 | 110 | 259 | 97 | 971 | 365 |
| 5세부기술 | 0 | 0 | 226 | 85 | 259 | 97 | 259 | 97 | 194 | 73 | 938 | 352 |
| 6세부기술 | 194 | 73 | 226 | 85 | 226 | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 646 | 243 |
| 중점추진분야 3 | 420 | 158 | 1,131 | 425 | 1,099 | 413 | 1,001 | 376 | 581 | 218 | 4,232 | 1,590 |
| 1세부기술 | 226 | 85 | 226 | 85 | 194 | 73 | 194 | 73 | 0 | 0 | 840 | 316 |
| 2세부기술 | 0 | 0 | 194 | 73 | 194 | 73 | 194 | 73 | 194 | 73 | 776 | 292 |
| 3세부기술 | 0 | 0 | 226 | 85 | 227 | 85 | 225 | 84 | 194 | 73 | 872 | 327 |
| 4세부기술 | 194 | 73 | 259 | 97 | 258 | 97 | 194 | 73 | 193 | 72 | 1,098 | 412 |
| 5세부기술 | 0 | 0 | 226 | 85 | 226 | 85 | 194 | 73 | 0 | 0 | 646 | 243 |
| 중점추진분야 4 | 388 | 146 | 452 | 170 | 1,003 | 377 | 776 | 296 | 679 | 259 | 3,298 | 1,248 |
| 1세부기술 | 194 | 73 | 226 | 85 | 259 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 679 | 255 |
| 2세부기술 | 194 | 73 | 226 | 85 | 259 | 97 | 259 | 98 | 194 | 73 | 1,132 | 426 |
| 3세부기술 | 0 | 0 | 0 | 0 | 226 | 86 | 226 | 85 | 194 | 73 | 646 | 244 |
| 4세부기술 | 0 | 0 | 0 | 0 | 259 | 97 | 291 | 113 | 291 | 113 | 841 | 323 |

※ 특기사항

- 중점추진분야 1 : 3차년도 광촉매 Pilot 설계 및 생산 시설 구축, 저비용 고성능 광촉매 재료 시제품 개발
- 중점추진분야 2 : 1~3차년도 광촉매 도로시설물 건설자재 개발, 4~5차년도 광촉매 도로시설물 시제품 개발 및 현장 T/B 적용
- 중점추진분야 3 : 1~3차년도 주거 및 다중이용시설물용 광촉매 건설자재 개발, 4~5차년도 주거 및 다중이용시설물용 광촉매 시제품 개발 및 현장 T/B 적용
- 중점추진분야 4 : 2~3차년도 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 시험용 장비 구축

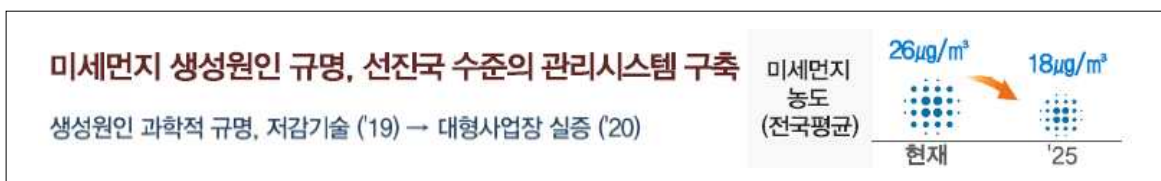


VI. 사전타당성 검토

1. 정책적 타당성

가. 국가전략 프로젝트 부합성

- 제2차 과학기술전략회의에서 관계부처 합동으로 발표된 「국가전략 프로젝트」에 따르면 “미세먼지” 저감은 9대 국가전략 프로젝트 중 하나 (출처: 경제부흥, 국민행복 실현을 위한 국가전략 프로젝트, 관계부처 합동, 2016.8.10.)



- 본 기획 연구단의 기술개발을 통한 정부 정책 실현
 - PM_{2.5} 미세먼지를 발생하는 전구물질인 질산화물과 황산화물을 제거하는 방안으로 저비용의 산화티탄의 광촉매 재료를 개발
 - 이를 이용하여 건설자재에 산화티탄 광촉매를 혼입 또는 표면처리하는 기술을 개발하여 건설자재가 광촉매 작용을 지속적으로 활성화하는 기술 개발

나. 미세먼지 관리 특별대책 부합성

- 미세먼지로 인한 국민생활환경을 개선하고 정부에서는 국무조정실이 중심이 되어 관계부처 합동은 「미세먼지 관리 특별 대책」을 발표 (출처: 국민 안전과 건강 보호를 위한 미세먼지 관리 특별대책, 관계부처 합동, 2016.6.3.)
- 미세먼지 특별 대책에서 국토교통 R&D 사업 추진을 통한 정부 정책 실현
 - 특별 대책 중에서 미세먼지의 실내유입 차단과 다중이용시설이 환기설비 여과성능을 본 기획과제에서 실내공기 개선을 위한 광촉매 공기조화 기기 개발이 실현
 - 산화티탄 광촉매는 미세먼지로 생성되는 원인물질인 질소산화물, 황산화물과 휘발성유기화합물을 분해 및 제거하는 촉매 소재로서 본 기획의 연구단에서는 이를 기존 대비 50 % 이상 감소된 저비용을 첨단 재료를 개발
 - 이상의 정책 실현과제는 관계부처 합동 대책 중 국토교통부와 관련된 사업 범위로서 정부 차원에서 추진하는 미세먼지 관리 특별대책에 국토교통 연구개발 사업을 통하여 실현



다. 실내공기질 관리 기본계획 (2015~2019) 부합성

- 실내공기질 관리가 중요해짐에 따라 ‘실내공기질 관리 기본계획(5년)’ 수립이 법정화(‘14.3, 실내공기질 관리법 개정)
 - 범정부 합동 「실내공기질 관리 기본계획(‘15~’19)」 수립·추진
 - 관계 부처 : 환경부, 교육부, 국방부, 산업통상자원부, 보건복지부, 고용노동부, 국토교통부, 원자력안전위원회
- 정부의 실내공기질 관리 정책과 연계하여 본 기획과제 수행 시 실내 공기 오염원 발생 시 제거 및 저감 기술로 적용
 - 신축 공동주택의 휘발성유해물질(VOCs)의 분해 및 제거 기술로 활용
 - 미세먼지(PM_{2.5}), 곰팡이 등 신규 위해물질의 측정 및 관리기준 정립에 활용

2. 기술적 타당성

가. 기술개발 계획의 적절성

- 본 연구 비전 및 목표를 구체적으로 제시
 - 본 연구의 비전은 “미세먼지 및 유해물질로부터 안전하고 쾌적한 국민 생활 환경을 조성하고, 광촉매 재료 및 광촉매 건설자재 세계시장 석권”임
- 비전과 목표 달성을 위한 단계별 연구사업 구성
 - 1단계 (핵심기술 개발) ;
 - 경제적인 광촉매 재료 대량 생산기술 개발
 - 도로시설물, 주거 및 다중이용시설물용 광촉매 건설자재 개발
 - 2단계 (실용화 기술 개발)
 - 광촉매 재료 생산 파일럿 생산설비 구축
 - 대상 시설물별 광촉매 응용기술 개발
 - 광촉매 재료, 건설자재의 표준화 기술 개발
- 정량적 성과목표 설정
 - 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50%이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 개발



- 10m×10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성(ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정)
 - ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과
 - 친환경 건축자재 최우수등급 (총 휘발성유기화합물 0.10 mg/m³·h 미만, 포름알데히드 0.03 mg/m³·h 미만)
 - 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30 % 저감
- 이상의 전체 목표 설정은 정책, 기술, 시장동향 등의 분석결과로부터 도출되었으며, 본 연구개발 수행 시 달성 가능
- 저비용 광촉매 재료기술은 세계적 수준을 지니고 있어서 대량생산 기술을 개발할 경우 세계 선도기술 개발이 가능
 - 저비용의 광촉매 재료 생산 기술 개발을 기반으로 광촉매 건설자재 응용기술 개발을 추진할 경우 기술 격차는 매우 빠르게 줄일 수 있음
 - 또한 개발 기술의 건설자재의 경우 실용화를 활성화하기 위해서 성능 시험방법의 표준화와 재료 및 자재의 인증시스템 구축으로 수요자의 신뢰도 확보

나. 기술수준 및 성공가능성

- 기술개발을 위한 전문인력 보유 정도, 기술 구축정도, 연구시설 및 설비, 기술 투자 지원 등은 선진국에 비교하여 다소 부족하지만 5년의 연구기간이면 개발 가능함
- 각 세부과제 관련 전문인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능
 - 연구시설 인프라 관련하여서는 광촉매 재료 및 건설자재 제조기술 개발과 실험실 내 성능평가와 관련된 시설 인프라는 작은 노력으로 구축이 가능함
 - 현장 실증실험 인프라 및 파일럿 생산 설비의 구축은 기술 선진국에서는 보유하고 있지 않으며, 연구개발 기간 동안 구축할 경우 기술적 우위를 점유할 수 있는 기반 인프라를 제공

다. 기존 사업과의 중복성 검토

- 본 기획과제에서는 기획과정과 자문위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하였으며, 기존 연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화하였음
- 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
- 기획과정에서 전문가 워크숍을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 기획 타당성 검토 시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음



- 저비용 광촉매 생산 기술 관련 연구사업 검토
 - 본 기획에서는 이 원천기술인 폐수 슬러지 산화티탄 광촉매 제조기술을 바탕으로 대량의 슬러지 광촉매 생산하는 기술과 건설자재에 활용하기 위하여 성형 및 가공 기술을 추가 개발하여 중복성 없음
- 도로시설물 광촉매 적용 기술 관련 연구사업 검토
 - 관련 선행 연구과제로는 “탄소중립형 도로 기술 개발”과 “폐자재를 활용한 대기정화와 항균성을 갖는 친환경도료의 개발이 있었을 뿐 도로시설 구성 재료 및 자재에 대한 광촉매 응용기술 개발 중복성 없음
- 주거 및 다중이용시설 광촉매 적용 기술 관련 연구사업 검토
 - 광촉매 공기조화기기의 필터의 성능을 최적화하기 위해서 광촉매 나노 가공 기술 개발한 적이 없으며 가시광 광촉매 반응 플라스틱은 유사 기술 있으나 광촉매 성능 확보가 미흡하여 기술개발의 완성도 높일 필요 있음

3. 경제적 타당성

가. 비용-편익분석 결과

- 비용-편익 분석에서 일반적으로 편익-비용 비율>1일 경우 경제적 타당성이 있는 것으로 판단됨
 - 가장 보수적으로 추정했을 때, 본 사업의 경우 순현재가치는 46.5억원으로서 0보다 크며, 편익/비용 비율이 1.2으로서 1.0을 상회하고, 내부수익률은 사회적 할인율 5.5%를 상회함
 - 따라서 본 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 평가됨

| 경제성 분석 | 순현재가치 | 편익/비용 비율 | 내부수익률 |
|--------|--------|----------|-------|
| | 46.5억원 | 1.2 | 8.5% |



○ 비용 및 편익의 흐름은 다음 표와 같음

[단위 : 억 원]

| | 비용 (연구개발 투자) | 국내시장 | 해외시장 | 총시장 | 편익 | 비용과 편익의 현가 |
|------|--------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| 2017 | 28.9 | 4,615 | 23,341 | | | -27.4 |
| 2018 | 42.6 | 5,031 | 24,975 | | | -38.3 |
| 2019 | 59.1 | 5,484 | 26,724 | | | -50.4 |
| 2020 | 46.1 | 5,977 | 28,594 | | | -37.1 |
| 2021 | 43.3 | 6,515 | 30,596 | | | -33.1 |
| 2022 | | 7,102 | 32,738 | | | -30.2 |
| 2023 | | 7,741 | 35,030 | 42,771 | 36.697 | 25.2 |
| 2024 | | 8,437 | 37,482 | 45,920 | 39.399 | 25.7 |
| 2025 | | 9,197 | 40,105 | 49,303 | 42.301 | 26.1 |
| 2026 | | 10,025 | 42,913 | 52,938 | 45.420 | 26.6 |
| 2027 | | 10,927 | 45,917 | 56,844 | 48.772 | 27.1 |
| 2028 | | 11,910 | 49,131 | 61,042 | 52.373 | 27.5 |
| 2029 | | 12,982 | 52,570 | 65,553 | 56.244 | 28.0 |
| 2030 | | 14,151 | 56,250 | 70,401 | 60.404 | 28.5 |
| | | | | | B-C | 46.5 |
| | | | | | B/C | 1.2 |
| | | | | | IRR | 8.5% |



나. 민감도 분석

- 타당성을 평가하기 위해서는 사용되는 경제성 평가의 편익과 비용의 계산에는 많은 불확실성이 내포되어 있음
- 불확실성에 대처하기 위해서는 민감도 분석 (sensitivity analysis)을 많이 시행하는데, 민감도 분석은 투자비나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수, 예를 들어서 비용, 편익, 할인율 등에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하는 방법임
- 1) 시장규모 예측치의 변화, 2) 시장점유율의 변화, 3) 기타 지표의 변화 등에 따라 NPV 값의 변화를 추적해 볼 수 있음. 기본적으로 본 연구에서는 대체로 가장 보수적인 증가치를 사용하였기 때문에, 시장점유율 10% 초과 적용시, 시장규모의 10% 이상 성장 시 NPV 값은 크게 향상될 것임.
 - 물론 반대로 시장 침체시, 점유율 하락시 NPV값은 음으로 나올 수 있음



제목 목차

| | |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| 제1장 기술의 정의 및 필요성 | 1 |
| 1절 기술의 정의 및 분류체계 | 1 |
| 1. 기술의 정의 | 1 |
| 가. 광촉매 5대 효과 | 1 |
| 나. 미세먼지(PM _{2.5}) 생성 과정 | 2 |
| 다. 광촉매의 대기정화 및 미세먼지 제거 작용 | 3 |
| 라. 광촉매의 휘발성유기화합물(VOCs) 분해, 악취 제거, 살균 및 항바이러스 작용 | 4 |
| 마. 광촉매의 오염방지(방오) 작용 | 5 |
| 2. 기술의 분류 | 5 |
| 가. 저비용 광촉매 기술 | 5 |
| 나. 도로(부속)시설물 광촉매 활용 기술 | 6 |
| 다. 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 기술 | 7 |
| 라. 의료시설 광촉매 활용 기술 | 8 |
| 마. 광촉매 공기조화기기 활용 기술 | 8 |
| 바. 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 및 유효성 확보 기술 | 9 |
| 2절 연구개발의 필요성 | 10 |
| 1. 기술개발의 시급성 및 중요도 | 10 |
| 가. 미세먼지 발생시키는 질소산화물(NOx) 저감 시급 | 10 |
| 나. 쾌적한 환경 조성으로 국민건강 증진 확보 | 12 |
| 다. 신축아파트 포름알데히드 입주 후 급증 | 14 |
| 라. 수시 발생 감염병 발생률 저감 | 16 |
| 마. 하·폐수 폐기물 자원화 기술 확보 필요 | 18 |
| 2. 사회적 이슈 해결 방안 시급 | 19 |
| 가. 미세먼지 | 19 |
| 나. 감염병 확산 | 20 |
| 다. 새집증후군 | 22 |
| 라. 가축 전염병 반복 발생 | 23 |
| 3. 정부지원의 필요성 | 24 |



제2장 국내외 동향 및 환경분석 27

1절 국내외 정책동향 27

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. 국내 정책동향 | 27 |
| 가. 미세먼지 대응 정책 | 27 |
| 나. 실내공기질 및 새집 증후군 저감 정책 | 35 |
| 다. 메르스 등 감염병 대응 정책 | 40 |
| 라. 하·폐수 폐기물 처리 정책 | 50 |
| 마. 광촉매 활성화 정책 | 52 |
| 바. 관련 기술 연구개발 정책 | 53 |
| 2. 국외 정책동향 | 54 |
| 가. 미세먼지 대응 정책 | 54 |
| 나. 실내공기질 및 새집 증후군 저감 정책 | 56 |
| 다. 메르스 등 감염병 대응 정책 | 58 |
| 라. 하·폐수 폐기물 처리 정책 | 59 |
| 마. 광촉매 활성화 정책 | 61 |

2절 국내외 시장현황 및 전망 63

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. 국내 산업 및 시장 동향 | 63 |
| 가. 광촉매 재료 시장 | 64 |
| 나. 도로시설물 광촉매 활용 시장 | 64 |
| 다. 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 시장 | 67 |
| 2. 국외 산업 및 시장 동향 | 68 |
| 가. 일본 | 70 |
| 나. 미국 | 72 |
| 다. 유럽 | 73 |
| 라. 기타 국가 | 74 |
| 3. 향후 산업 및 시장 전망 | 75 |
| 가. 국내 산업 및 시장 전망 | 75 |
| 나. 해외 산업 및 시장 전망 | 81 |

3절 기술 동향 86

| | |
|-------------------------|----|
| 1. 국내 기술 동향 | 86 |
| 가. 광촉매 원천 소재 기술 | 86 |
| 나. 광촉매 활용 건설자재 기술 | 87 |
| 2. 국외 기술 동향 | 91 |



| | |
|------------------------------------|------------|
| 가. 광촉매 원천 재료 기술 | 91 |
| 나. 광촉매 활용 건자재 기술 | 93 |
| 3. 향후 기술 전망 | 100 |
| | |
| 4절 중점 연구분야 도출 | 102 |
| 가. 미세먼지 저감 기술 | 102 |
| 나. 실내공기질 개선 및 새집증후군 저감 기술 | 102 |
| 다. 감염병 확산 저감 기술 | 103 |
| 라. 가축 전염병 저감 기술 | 104 |
| 마. 개발 기술의 구현을 위한 표준화 기반 구축 | 104 |
| 바. 기획과제 중점 연구 분야 도출 | 105 |
| | |
| 5절 특허 및 논문 분석 | 106 |
| 1. 특허 동향 분석 | 106 |
| 가. 분석 배경 및 목적 | 106 |
| 나. 분석 범위 | 106 |
| 다. 특허기술 Landscape 분석 정리 | 113 |
| 라. 심층 분석 정리 | 118 |
| 마. 종합 결론 | 122 |
| 2. 논문 동향 분석 | 123 |
| 가. 논문동향 분석을 위한 키워드 도출 | 123 |
| 나. 광촉매 원천 재료 관련 논문 | 123 |
| 다. 광촉매 콘크리트 및 건자재 기술 관련 논문 | 125 |
| 라. 공기조화기기 기술 관련 논문 | 127 |
| | |
| 6절 국내 연구개발 인프라 분석 | 130 |
| 1. 관련분야 연구기관 현황 | 130 |
| 2. 관련분야 기업 및 산업체 현황 | 131 |
| 3. 연구 실험시설 인프라 | 134 |
| 가. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 실험시설 현황 | 134 |
| 나. 정부출연기관 실험시설 인프라 현황 | 138 |
| 다. 대학 부설 연구소 인프라 현황 | 140 |



제3장 기술수요 및 수준 · 예측조사 143

| | |
|---------------------------------|------------|
| 1절 기술수요조사 | 143 |
| 1. 기술수요조사 | 143 |
| 가. 개요 | 143 |
| 나. 기술수요조사 분석결과 | 144 |
| 2절 기술수준 및 예측조사 | 149 |
| 1. 개요 | 149 |
| 가. 기술수준/예측조사 결과 | 156 |
| 나. 기술수준/예측분석 결과 | 160 |
| 3절 기술개발 추진방향 정립 | 206 |
| 1. SWOT 분석 | 206 |
| 가. 내외부 요인 분석 | 206 |
| 나. 포지션별 전략 수립 | 207 |
| 2. Issue Tree | 209 |
| 가. 정책·기술·시장 동향 핵심 Keyword | 209 |
| 나. 핵심 이슈 | 212 |
| 다. R&D Needs | 213 |

제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략 215

| | |
|----------------------------|------------|
| 1절 비전 및 목표 | 215 |
| 1. 비전 및 핵심기술 | 215 |
| 2. 단계별 개발 목표 | 216 |
| 3. 기술개발에 따른 미래상 | 218 |
| 2절 5P 분석 및 검토 | 219 |
| 1. Policy | 219 |
| 2. Position | 219 |
| 3. Portfolio | 220 |
| 4. Performance | 220 |
| 5. Process | 221 |



| | |
|------------------------------------------------------------|------------|
| 3절 중점추진 분야 및 연구개발과제 구성 | 222 |
| 1. 중점추진 분야 구성 | 222 |
| 2. 중점추진 분야 구성 배경 | 223 |
| 가. 저비용 광촉매 생산 기술 분야 | 223 |
| 나. 저비용 광촉매를 도로시설물용 건설자재에 적용하는 기술 분야 | 223 |
| 다. 저비용 광촉매를 주거 및 다중이용시설에 적용하는 기술 | 224 |
| 라. 저비용 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야 | 225 |
| 3. 후보과제 Pool 구성 | 226 |
| 가. 후보과제 Pool 구성 방법 | 226 |
| 나. 후보과제 Pool 중복성·유사성·위계 검토 | 226 |
| 다. 후보과제 Pool list | 226 |
| 4. 유사과제 중복성 검토 | 230 |
| 가. 주요 유사과제 현황 | 230 |
| 나. 유사과제 검토 및 활용 방안 | 231 |
| 5. 후보과제 우선순위 평가 | 233 |
| 가. 개요 | 233 |
| 나. 후보과제 우선순위 평가결과 | 236 |
| 4절 세부과제별 주요내용 | 241 |
| 1. (중점추진분야 I) : 저비용 광촉매 생산 기술 분야 세부과제 | 241 |
| 2. (중점추진분야 II) : 도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제 | 243 |
| 3. (중점추진분야 III) : 주거 및 다중이용시설물 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제 | 247 |
| 4. (중점추진분야 IV) : 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야 세부과제 | 250 |
| 5절 주요 성과지표 | 252 |
| 1. (중점추진분야 I) : 저비용 광촉매 생산 기술 분야 세부과제 | 252 |
| 2. (중점추진분야 II) : 도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제 | 252 |
| 3. (중점추진분야 III) : 주거 및 다중이용시설물 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제 | 253 |
| 4. (중점추진분야 IV) : 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야 세부과제 | 254 |
| 6절 기술개발 로드맵 | 255 |
| 1. 총괄 로드맵 | 255 |
| 2. 세부과제별 기술/성과 로드맵 | 256 |
| 가. 세부과제 1 | 256 |
| 나. 세부과제 2 | 256 |
| 다. 세부과제 3 | 257 |
| 라. 세부과제 4 | 257 |



| | |
|------------------------------------|------------|
| 7절 연구개발 추진 전략 | 258 |
| 1. 연구개발 전략 | 258 |
| 2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표 | 259 |
| 3. 단계별 연구개발 전략 | 260 |
| 가. 핵심기술 개발 (1단계) | 260 |
| 나. 실용화 기술 개발 (2단계) | 264 |
| 8절 실용화 추진 전략 | 268 |
| 1. 기술적용 대상 설정 | 268 |
| 2. 개발기술 수요처 발굴 전략 | 269 |
| 3. 시장 진입 전략 | 270 |
| 4. 중소기업 중심의 실용화 추진체계 | 270 |
| 9절 연구추진체계 | 271 |
| 1. 연구수행체계 정립 | 271 |
| 2. 연구추진체계 | 271 |
| 10절 기술개발의 파급효과 | 274 |
| 1. 경제적 파급효과 | 274 |
| 2. 기술적 파급효과 | 274 |
| 3. 사회적 파급효과 | 275 |
| 제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정 | 277 |
| 1절 인력투입계획 | 277 |
| 1. 연차별 투입 연구인력 | 277 |
| 2. 상세 투입 연구인력 | 278 |
| 2절 소요예산 투입계획 | 283 |
| 1. 산정 개요 | 283 |
| 2. 연구비 총괄 | 284 |
| 제6장 사전타당성 검토 | 289 |
| 1절 정책적 타당성 | 289 |
| 1. 국가전략의 중요성 | 289 |



| | |
|--------------------------------------------|------------|
| 가. 국가전략 프로젝트 부합성 | 289 |
| 나. 미세먼지 관리 특별대책 부합성 | 290 |
| 2. 상위계획 부합성 | 291 |
| 가. 국토교통 R&D 정책 | 291 |
| 나. 광촉매 활성화 정책 (나노 기술과 연계) | 292 |
| 다. 2차 수도권 대기환경개선 기본 계획 (2015년~2024년) | 292 |
| 라. 실내공기질 관리 기본계획 (2015~2019) | 293 |
| 3. 사업추진의 의지 및 관련 기관 협조 체계 | 294 |
| 가. 연구개발 참여기관 참여 의지 | 294 |
| 나. 관련 기관 협조 체계 | 294 |
| | |
| 2절 기술적 타당성 | 296 |
| 1. 기술개발 계획의 적절성 | 296 |
| 가. 기획연구 목표의 적절성 | 296 |
| 나. 연구내용의 논리성 및 적절성 | 297 |
| 다. 추진전략의 적절성 | 298 |
| 라. 추진체계의 적절성 | 298 |
| 마. 사업기간 및 연구개발비의 합리적 편성 | 299 |
| 바. 성과목표 및 지표 설정의 적절성 | 299 |
| 사. 기술로드맵의 우수성 | 300 |
| 2. 기술수준 및 성공가능성 | 300 |
| 가. 기술개발 역량 및 잠재력 | 300 |
| 나. 기술개발의 위험요인 | 301 |
| 다. 기술개발 성공가능성 | 301 |
| 3. 기존 사업과의 중복성 검토 | 305 |
| | |
| 3절 경제적 타당성 | 306 |
| 1. 경제적 타당성 분석의 전제 조건 | 306 |
| 가. 사회적 할인율 (social discount rate) | 306 |
| 나. 분석 기간 (planning horizon) | 307 |
| 2. 비용 추정 | 308 |
| 가. 연도별 비용 | 308 |
| 3. 편익 추정 | 309 |
| 가. 편익 추정의 전제조건 | 309 |
| 나. 편익 추정의 원칙 | 310 |
| 다. 편익 추정방법 | 311 |



| | |
|--------------------------|------------|
| 라. 편익의 구체적 추정 | 312 |
| 마. 편익 계산 | 314 |
| 4. 비용-편익 분석 | 316 |
| 가. 비용-편익분석의 개요 | 316 |
| 나. 비용-편익분석 기법 | 316 |
| 다. 분석 시 전제 사항 | 317 |
| 라. 비용-편익분석 결과 | 318 |
| 마. 민감도 분석 | 320 |

제7장 과제공모 방안 321

| | |
|-----------------------------------------------|------------|
| 1절 과제제안 요구서 | 321 |
| 1. 총괄과제제안 요구서 | 321 |
| 2. 세부과제 제안 요구서 | 331 |
| 가. 1 세부과제 | 331 |
| 나. 2 세부과제 | 338 |
| 다. 3 세부과제 | 346 |
| 라. 4 세부과제 | 354 |
| 2절 선정평가 방법 | 361 |
| 1. 평가항목 | 361 |
| 가. 연구개발 목표 | 361 |
| 나. 연구개발 내용 | 362 |
| 다. 추진전략 및 계획 | 362 |
| 라. 개발기술의 실용성 및 경제성 | 363 |
| 마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력 | 363 |
| 2. 가점 및 감점 기준 | 364 |
| 가. 연구수행 형태에 따른 가점 | 364 |
| 나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점 | 364 |
| 다. 추적평가결과에 따른 가점 | 364 |
| 라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점 | 364 |
| 마. 기타 | 365 |

제8장 참고문헌 367



표 목 차

| | |
|---------------------------------------|----|
| 표 1. 2012년 다중이용시설 실내공기질 오염도 검사 결과 | 15 |
| 표 2. 구제역 발생 현황 | 18 |
| 표 3. 수도권 지역별 미세먼지 농도 개선 목표 | 31 |
| 표 4. 미세먼지 전망배출량 및 목표배출량 | 31 |
| 표 5. 개선사업별 PM ₁₀ 삭감목표량 | 32 |
| 표 6. 개선사업별 PM _{2.5} 삭감목표량 | 33 |
| 표 7. 미세먼지 배출량 전망 및 감축 목표 | 34 |
| 표 8. 신규 실내오염물질 기존 체계 강화 구축 | 37 |
| 표 9. 신규제작 자동차 실내공기질 관리기준('09.08, 국토부) | 39 |
| 표 10. 포름알데하이드 적용 기준 | 39 |
| 표 11. 시설별 실내공기질 관리 방안 | 39 |
| 표 12. 감염병 분류 개편방향(안) | 44 |
| 표 13. 감염병 R&D 기술개발 중점 추진분야 | 47 |
| 표 14. 국가 감염병 위기대응 기술 개발 추진 전략 비교 | 48 |
| 표 15. 국가 감염병 위기대응 기술 개발 추진 전략 개선(안) | 48 |
| 표 16. 국내 하수슬러지 처리 현황 | 50 |
| 표 17. 하수슬러지 문제점과 개선방향 | 51 |
| 표 18 미국 하 폐수 폐기물 처리 현황 | 60 |
| 표 19 EU 하 폐수 폐기물 처리현황 | 60 |
| 표 20. 일본 하 폐수 폐기물 처리현황 | 61 |
| 표 21. 한국의 광촉매 응용 제품 시장규모 | 63 |



| | |
|-----------------------------------------------|-----|
| 표 22. 2005년 일본의 광촉매 적용 분야별 시장규모 | 70 |
| 표 23. 일본의 광촉매 응용 제품 시장규모 | 70 |
| 표 24. 일본의 광촉매 수요분야와 주력분야 현황 | 71 |
| 표 25. 환경 마크 신청 수수료 | 79 |
| 표 26. 환경마크 사용료 | 79 |
| 표 27. 광촉매 시장 동향과 전망 | 81 |
| 표 28. 공기조화 사업 시장규모 예상 (2014년 기준) | 83 |
| 표 29. 국내 광촉매 표준화 관련 연구 현황 | 91 |
| 표 30. 도로시설물에 광촉매 코팅기술을 적용한 사례(일본) | 94 |
| 표 31. ISO 광촉매 시험방법 현황 | 98 |
| 표 32. 일본의 광촉매 관련 표준 현황 | 99 |
| 표 33. 기획과제 중점 연구 분야 도출 | 105 |
| 표 34. 검색 DB 및 검색범위 | 106 |
| 표 35. 분석대상 기술의 기술분류체계 | 107 |
| 표 36. 분석대상 기술의 기술분류 기준 | 108 |
| 표 37. 기술분류 체계에 따른 검색식 | 110 |
| 표 38. 유효특허 선별 결과 | 111 |
| 표 39. 광촉매 원천 재료 관련 대표적 국외 논문 사례 | 123 |
| 표 40. 광촉매 활용 건자재 기술 관련 국내 논문 사례 | 125 |
| 표 41. 광촉매 콘크리트 및 건자재 기술 관련 대표적 국외 논문 사례 | 126 |
| 표 42. 공조기술 관련 대표적 국내 논문 사례 | 128 |
| 표 43. 공조기술 관련 대표적 국외 논문 사례 | 129 |
| 표 44. 광촉매 관련 국내 수행 가능 연구기관 현황 | 130 |
| 표 45. 국내 광촉매 관련 기업 및 산업체 현황 | 131 |
| 표 46. 첨단건설재료 실험센터 연구 인프라 조사 현황 | 135 |



| | |
|----------------------------------------|-----|
| 표 47. 기후변화 대응 친환경 실험시설 연구 인프라 조사 현황 | 137 |
| 표 48. 한국건설기술연구원 연구 인프라 조사 현황 | 138 |
| 표 49. 한국화학연구원 연구 인프라 조사 현황 | 139 |
| 표 50. 전남대학교 인프라 조사 현황 | 140 |
| 표 51. KAIST 연구 인프라 조사 현황 | 140 |
| 표 52. 기술수요조사 발송 및 응답개요 | 144 |
| 표 53. 기술 분야별 기술아이템 | 145 |
| 표 54. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요 | 150 |
| 표 55. 기술수준 평가 기준 | 151 |
| 표 56. 기술격차추세 평가 기준 | 152 |
| 표 57. 기술성숙도(TRL) 평가 기준 | 152 |
| 표 58. 기술기반 성숙도 평가 기준 | 153 |
| 표 59. 기술 핵심성 평가 기준 | 153 |
| 표 60. 사급성 평가 기준 | 154 |
| 표 61. 과학기술적 파급효과 평가 기준 | 154 |
| 표 62. 기술획득방식 조사 항목 | 154 |
| 표 63. 정부우선 시행방안 조사 항목 | 155 |
| 표 64. 저비용 광촉매 생산 기술의 실현시기 | 162 |
| 표 65. 도로시설물 광촉매 기술의 실현시기 | 164 |
| 표 66. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 실현시기 | 166 |
| 표 67. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 실현시기 | 168 |
| 표 68. 저비용 광촉매 생산 기술의 최고기술보유국 조사결과 | 178 |
| 표 69. 도로시설물 광촉매 기술의 최고기술보유국 조사결과 | 179 |
| 표 70. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 최고기술보유국 조사결과 | 180 |
| 표 71. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 최고기술보유국 조사결과 | 181 |



| | |
|------------------------------------------|-----|
| 표 72. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술획득 방식 조사결과 | 184 |
| 표 73. 도로시설물 광촉매 기술의 기술획득 방식 조사결과 | 184 |
| 표 74. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술획득 방식 조사결과 | 185 |
| 표 75. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술획득 방식 조사결과 | 186 |
| 표 76. 저비용 광촉매 생산 기술의 정부우선 시행방안 조사결과 | 188 |
| 표 77. 도로시설물 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 조사결과 | 189 |
| 표 78. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 조사결과 | 190 |
| 표 79. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 정부우선 시행방안 조사결과 | 191 |
| 표 80. 단계별 개발 목표 | 217 |
| 표 81. 우선순위평가서 발송 및 응답개요 | 234 |
| 표 82. 편익 추정외 전제조건 결정 내용 | 310 |
| 표 83. 국내 광촉매 시장 규모 예측 | 313 |
| 표 84. 해외 광촉매 시장 규모 예측 | 314 |
| 표 85. 도출 편익 | 315 |
| 표 86. 비용-편익분석 결과 | 319 |
| 표 87. 비용과 편익의 흐름 | 319 |



그림 목차

| | |
|-----------------------------------------------------|----|
| 그림 1. 산화티탄 광촉매 5대 효과 | 1 |
| 그림 2. 대기 중 미세먼지(PM _{2.5}) 발생 과정 | 2 |
| 그림 3. 미세먼지(PM _{2.5}) 발생 원인물질 | 2 |
| 그림 4. 광촉매 대기정화 및 미세먼지 제거 메커니즘 | 3 |
| 그림 5. 광촉매 콘크리트의 대기정화 개념 | 4 |
| 그림 6. 광촉매의 살균, 정수 및 악취제거 과정 | 4 |
| 그림 7. 광촉매의 오염방지(방오) 작용 메커니즘 | 5 |
| 그림 8. 저비용 광촉매 제조 프로세스 | 5 |
| 그림 9. 도로시설물 광촉매 기술 활용 분야 | 6 |
| 그림 10. 주거시설 VOCs 발생 요소 | 7 |
| 그림 11. 의료시설 광촉매 건설자재 적용 개념 | 8 |
| 그림 12. 공기조화장치 내 광촉매 필터 적용 개념 | 9 |
| 그림 13. 광촉매 대기정화 성능평가 실험 | 9 |
| 그림 14. 교통량 VS. NO ₂ 측정 결과 예 | 10 |
| 그림 15. 서울시 지역별 질소산화물 농도 현황 | 11 |
| 그림 16. 시도별 미세먼지(PM ₁₀) 현황 (2014년) | 11 |
| 그림 17. 미세먼지 발생 배출원 분포 (2014년) | 12 |
| 그림 18. 대륙별 대기오염에 따른 사망자 지도 | 13 |
| 그림 19. 광촉매 물질을 이용한 대기오염 제거 개념도 | 13 |
| 그림 20. 입주전후 공기 중 유해물질 농도변화 | 14 |
| 그림 21. 아파트 실내 오염물질 농도 및 오염물질 변화 | 15 |



| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 그림 22. 실내공기질 악화의 원인 | 16 |
| 그림 23. 사스와 유사한 박쥐 코로나바이러스의 분류 및 인간 감염 가능성 | 17 |
| 그림 24. 미세먼지 관련 기사 TV 화면 사진 | 19 |
| 그림 25. 여름철 주요 감염병 발생수 | 21 |
| 그림 26. 새로 유행하는 신종 감염병 지도 (2015) | 21 |
| 그림 27. 새집증후군 유발 원인 | 22 |
| 그림 28. 구제역 발생지역 방역 사진(충남 공주시 탄천면) | 23 |
| 그림 29. 광촉매 건설자재를 활용한 대기오염물질 저감을 위한 국제사회 노력 | 24 |
| 그림 30. 환경부 온실가스 감축 관련 R&D 사업 현황 | 25 |
| 그림 31. 미래창조과학부 R&D 예산 증감 현황 | 26 |
| 그림 32. 미세먼지 관리 특별대책과 주요 내용 | 27 |
| 그림 33. PM ₁₀ 및 PM _{2.5} 감축 계획에 따른 총량 추정 | 34 |
| 그림 34. 실내공기질 관리정책 추진 체계도 | 36 |
| 그림 35. 환경보건종합계획 개념도 | 40 |
| 그림 36. 긴급상황실 운영 개요 | 41 |
| 그림 37. 즉각대응팀 구성 및 현장출동 | 41 |
| 그림 38. 위기경보 단계별 대응 체계 개편(안) | 43 |
| 그림 39. 국가 감염병 위기대응 기술개발 추진전략 비전 및 목표 | 44 |
| 그림 40. 국가 감염병 R&D 성과관리체계 | 46 |
| 그림 41. 국가방역체계와 연계한 감염병 R&D 지원 | 49 |
| 그림 42. 나노기술융합발전계획 3대 전략 12과제 | 52 |
| 그림 43. 대기공기질 정화를 위한 EU의 광촉매 연구개발 추진체계 | 62 |
| 그림 44. 광촉매 이용 방열 건자재 연구 개발 실시 체제 | 62 |
| 그림 45. 국내 분야별 광촉매 산업 | 63 |
| 그림 46. 가능성 보도블록 보도자료 | 65 |



| | |
|------------------------------------------------|----|
| 그림 47. 공공기관 친환경 블록 구매실적 | 65 |
| 그림 48. 공공기관 친환경 블록 구매실적 | 66 |
| 그림 49. 공공기관 블록식 옹벽 구매실적 | 66 |
| 그림 50. 국내 응집제 규모 증가 추이 | 68 |
| 그림 51. 국제 응집제 규모 증가 추이 | 69 |
| 그림 52. 국외 대기산업 시장규모 변화 추이 | 69 |
| 그림 53. 일본 광촉매 재료의 시장규모 추이 | 71 |
| 그림 54. 광촉매 제품의 용도별 일본업체 분포 | 72 |
| 그림 55. 미국 친환경 건설자재 시장전망 | 72 |
| 그림 56. 미국 시카고 광촉매 적용 도로 시공 사진 | 73 |
| 그림 57. 이탈시멘티 광촉매 프리캐스트 패널 공법 | 74 |
| 그림 58. 콘크리트 2차제품의 종류 | 77 |
| 그림 59. 국내 시험인증 산업 시장 현황 | 78 |
| 그림 60. 환경마크제품 품목 및 시장규모 | 79 |
| 그림 61. 광촉매 시장 점유율 | 80 |
| 그림 62. 광촉매 시장 규모 (예상) | 80 |
| 그림 63. 광촉매 분야 기술별 세계시장 현황 | 84 |
| 그림 64. 전 세계 폐수처리 운영비용 현황 | 85 |
| 그림 65. 광촉매제 고정화 방법 | 86 |
| 그림 66. 전기집진기 개요도 (예) | 89 |
| 그림 67. 활성탄 흡착 시스템 모식도 (예) | 89 |
| 그림 68. 아파트이트 피복에 의한 광촉매의 열화 방지 효과 모식도 | 92 |
| 그림 69. 포장면적 계산 제시 방법 | 94 |
| 그림 70. 광촉매 콘크리트 블록 포장 적용 사례 (벨기에) | 95 |
| 그림 71. 네덜란드와 덴마크의 광촉매 보도블록 시공사진 및 시공 계획도 | 97 |



| | |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| 그림 72. ISO 22197-1 시험방법 | 99 |
| 그림 73. CEN/TC386/WG2 시험방법 | 99 |
| 그림 74. 각 국가 연도별 출원동향 (출원인 개인, 법인 모두 포함시) | 113 |
| 그림 75. 통합 기술 성장단계 (전체) | 114 |
| 그림 76. 국가별 기술 성장단계 | 115 |
| 그림 77. 중분류 연도별 출원동향 | 116 |
| 그림 78. 전체 주요출원인 TOP 10 국가별 출원동향 및 주요 IP시장국 | 117 |
| 그림 79. 전체 주요출원인 TOP 10 중분류/소분류별 출원동향 | 118 |
| 그림 80. TOTO LTD의 IP History | 118 |
| 그림 81. ITALCEMENTI S.p.A.의 IP History | 119 |
| 그림 82. (주)빛과환경의 IP History | 120 |
| 그림 83. 공기조화기기 기술 관련 논문 추이 | 127 |
| 그림 84. 국가별 공조 기술 관련 논문 비율 | 128 |
| 그림 85. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 현황 | 134 |
| 그림 86. 기술수요조사 프로세스 | 144 |
| 그림 87. 기술 분야별 기술수요조사 회신결과 | 145 |
| 그림 88. 기술수준/예측조사 프로세스 | 150 |
| 그림 89. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술적 실현시기 예측 결과 | 160 |
| 그림 90. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과 | 160 |
| 그림 91. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술적 실현시기 예측 결과 | 161 |
| 그림 92. 저비용 광촉매 생산 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과 | 161 |
| 그림 93. 도로시설물 광촉매 기술의 기술적 실현시기 예측 결과 | 163 |
| 그림 94. 도로시설물 광촉매 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과 | 163 |
| 그림 95. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술적 실현시기 예측 결과 | 165 |
| 그림 96. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과 | 165 |



| | |
|------------------------------------------------------|-----|
| 그림 97. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술적 실현시기 예측 결과 | 167 |
| 그림 98. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과 | 167 |
| 그림 99. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술수준 및 기술격차 | 169 |
| 그림 100. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술격차 추세 | 170 |
| 그림 101. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술수준 및 기술격차 | 170 |
| 그림 102. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술격차 추세 | 171 |
| 그림 103. 도로시설물 광촉매 기술의 기술수준 및 기술격차 | 171 |
| 그림 104. 도로시설물 광촉매 기술의 기술격차 추세 | 172 |
| 그림 105. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술수준 및 기술격차 | 172 |
| 그림 106. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술격차 추세 | 173 |
| 그림 107. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술수준 및 기술격차 | 173 |
| 그림 108. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술격차 추세 | 174 |
| 그림 109. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술성숙도 | 174 |
| 그림 110. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술성숙도 | 175 |
| 그림 111. 도로시설물 광촉매 기술의 기술성숙도 | 176 |
| 그림 112. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술성숙도 | 176 |
| 그림 113. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술성숙도 | 177 |
| 그림 114. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 최고기술보유국 비중 | 177 |
| 그림 115. 저비용 광촉매 생산 기술 최고기술보유국 비중 | 178 |
| 그림 116. 도로시설물 광촉매 기술 최고기술보유국 비중 | 179 |
| 그림 117. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 최고기술보유국 비중 | 180 |
| 그림 118. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 최고기술보유국 비중 | 181 |
| 그림 119. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 성숙도 | 182 |
| 그림 120. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 성숙도 | 182 |
| 그림 121. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술획득 방식 비중 | 183 |



| | |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 그림 122. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술획득 방식 비중 | 183 |
| 그림 123. 도로시설물 광촉매 기술의 기술획득 방식 비중 | 184 |
| 그림 124. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술획득 방식 비중 | 185 |
| 그림 125. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술획득 방식 비중 | 186 |
| 그림 126. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 정부우선 시행방안 비중 | 187 |
| 그림 127. 저비용 광촉매 생산 기술의 정부우선 시행방안 비중 | 187 |
| 그림 128. 도로시설물 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 비중 | 188 |
| 그림 129. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 비중 | 189 |
| 그림 130. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 정부우선 시행방안 비중 | 190 |
| 그림 131. 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분 | 191 |
| 그림 132. 저비용 광촉매 생산 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오 | 192 |
| 그림 133. 도로시설물 광촉매 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오 | 193 |
| 그림 134. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오 | 194 |
| 그림 135. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오 | 195 |
| 그림 136. 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분 | 196 |
| 그림 137. 저비용 광촉매 생산 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오 | 197 |
| 그림 138. 도로시설물 광촉매 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오 | 198 |
| 그림 139. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오 | 199 |
| 그림 140. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오 | 200 |
| 그림 141. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분 | 201 |
| 그림 142. 저비용 광촉매 생산 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 | 202 |
| 그림 143. 도로시설물 광촉매 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 | 203 |
| 그림 144. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 | 204 |
| 그림 145. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 | 205 |
| 그림 146. Issue-Tree 분석 | 213 |



| | |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 그림 147. 저비용 광촉매 원천 재료 및 응용 기술 개발 연구목표 | 215 |
| 그림 148. 저비용 광촉매 재료, 건설자재 개발 및 활용 기술 개발 단계별 목표 | 216 |
| 그림 149. 우선순위 평가 진행 절차 | 234 |
| 그림 150. 연구개발 추진 전략 | 258 |
| 그림 151. 연구개발 단계별 기술 성숙도 설정 | 259 |
| 그림 152. 저비용 광촉매 원천재료 기술 개발도 | 260 |
| 그림 153. 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발도 | 261 |
| 그림 154. 주거 및 다중이용시설 광촉매 적용 분야 | 262 |
| 그림 155. 광촉매 성능평가 핵심기술개발 | 262 |
| 그림 156. 슬러지 재활용 설비 | 264 |
| 그림 157. 도시시설물 2차 제품 개발 예 | 265 |
| 그림 158. 주거 및 다중이용시설 광촉매 적용 분야 | 266 |
| 그림 159. 광촉매 인증 시험법 예 | 267 |
| 그림 160. 저비용 광촉매 기술 연구단 조직 구성도 (안) | 272 |
| 그림 161. 실용화 기술 개발 기반의 산학연 협동연구 체계 | 273 |



제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

『미세먼지 저감된 쾌적한 생활환경 조성을 위한 저비용 광촉매 건설자재 기술 개발』은 사회적 현안이 되는 미세먼지, 대기오염 및 실내공기오염 등으로 인한 국민 건강 악화에 대응하는 기술임.

기술적 접근은 하·폐수 폐기물에서 기존 광촉매 소재 보다 훨씬 값싼 광촉매 원천재료를 생산하고 이를 이용하여 건설자재를 응용개발하며 공기조화기기 및 공기청정타워 등의 제품을 제조하는 기술을 개발함. 개발과정에서 광촉매의 대기정화, 미세먼지 발생 차단, 실내공기질 개선 성능에 대한 평가기술도 개발함.

광촉매 원천재료, 건설자재 및 2차제품을 SOC시설물, 주거 및 다중이용시설 등에 적용함으로써 미세먼지 저감, 대기정화, 실내공기질 개선 효과를 기대하며 이를 통하여 국민 보건복지(Public Health and Welfare)향상을 건설기술로 해결하고자 함.

가. 광촉매 5대 효과



그림 1. 산화티탄 광촉매 5대 효과



- 대기정화 : 대기 중 질소산화물, 황산화물 제거에 따른 **미세먼지 저감**
- 항균작용 : 바이러스, 세균, 곰팡이균 등의 살균과 부패 방지
- 방오작용 : 초친수 작용에 의한 기재 표면 부착 오염물질 분해 및 제거
- 탈취작용 : 아세트알데히드, 암모니아, 황화수소 등, VOCs 물질 및 악취 제거
- 정수작용 : 오/폐수 중 유해성 화합물 분해 및 제거

나. 미세먼지(PM_{2.5}) 생성 과정

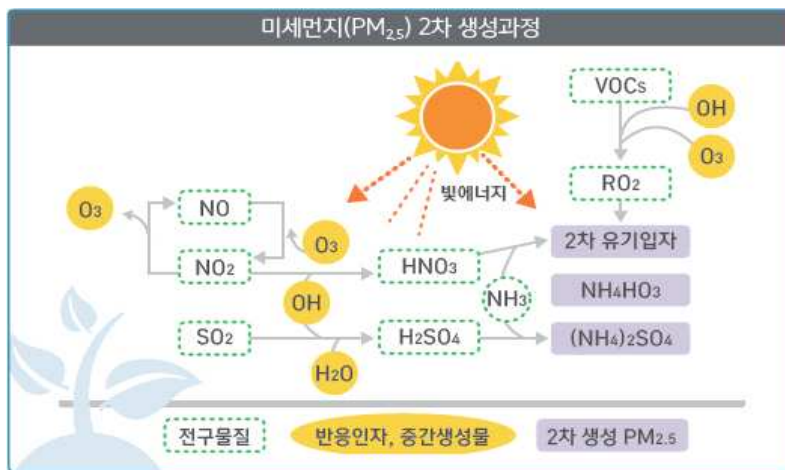


그림 2. 대기 중 미세먼지(PM_{2.5}) 발생 과정



그림 3. 미세먼지(PM_{2.5}) 발생 원인물질

- 각종 연소과정에서 발생한 질소산화물(NO, NO₂)과 황산화물(SO₂, SO₃)이 2차적인 미세먼지 생성 원인
 - 질소산화물(NO, NO₂)은 대기 중 오존(O₃) 등과 반응해 산성물질인 질산



(HNO₃)을 생성

- 이들은 대기 중 알칼리성 물질인 암모니아(NH₃)와 반응하여 입자상 물질인 질산암모늄(NH₄NO₃)을 생성하여 2차적 미세먼지가 발생
- 아황산가스(SO₂)는 수증기 등과 반응하여 황산(H₂SO₄)이 되고, 이는 다시 암모니아 등과 반응하여 황산암모늄((NH₄)₂SO₄) 등 미세먼지 입자를 생성
- 대기 중 이산화황이나 이산화질소에 의해 생성된 미세먼지는 산성비를 통해 농작물과 생태계에 영향을 미침
- 또한 반도체와 디스플레이 산업 불량률 증가, 공장 자동화 설비의 오작동, 비행기나 여객선 운항에 지장 등, 산업 활동 전반에 악영향 끼침

다. 광촉매의 대기정화 및 미세먼지 제거 작용

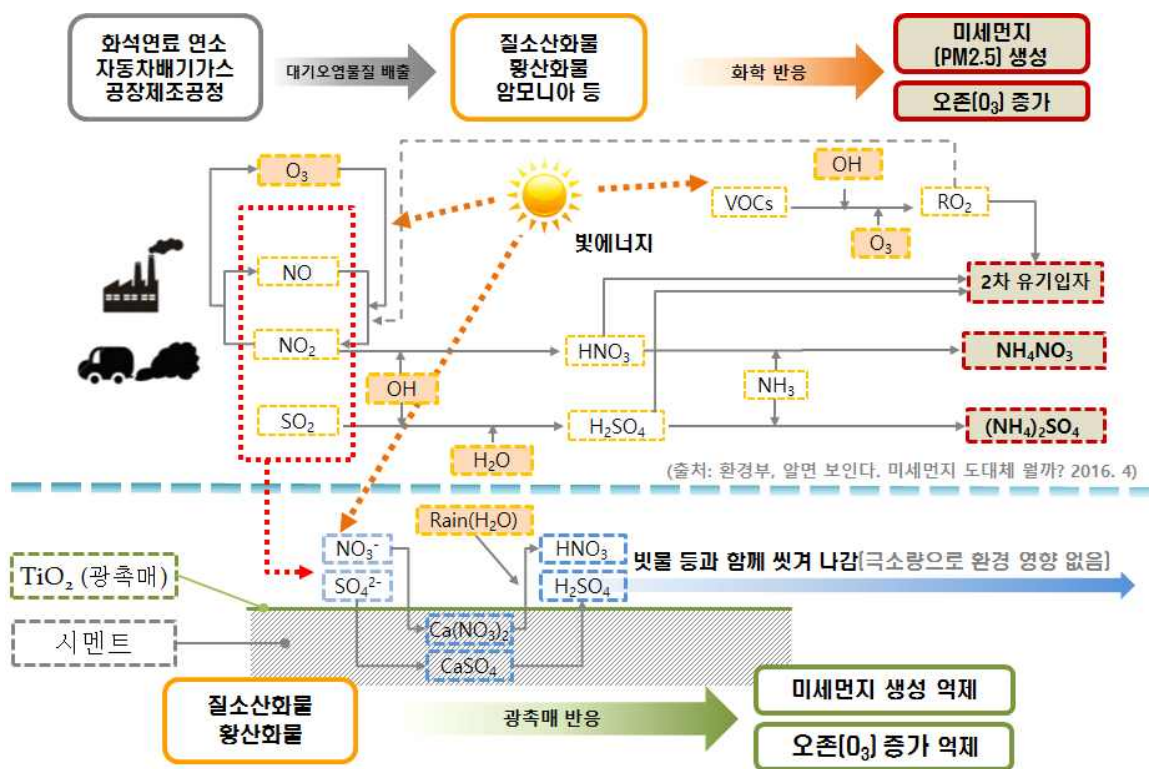


그림 4. 광촉매 대기정화 및 미세먼지 제거 메커니즘

(출처: "알면 보인다. 미세먼지 도대체 뭐냐?", 환경부 보도자료 2016. 04)

- 빛(자외선, 가시광선)과 촉매제(TiO₂) 반응을 유도
 - 질소산화물(NO_x), 황산화물(SO_x)을 수산화질소(HNO₃)로 환원반응 ⇒ 대기공기 정화
 - 질소산화물과 황산화물의 저감을 통한 미세먼지 발생 억제 가능

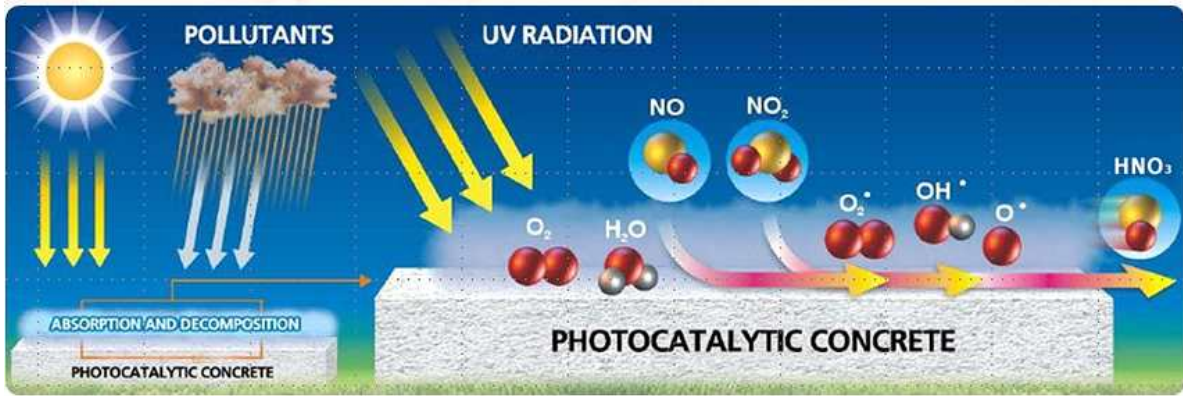


그림 5. 광촉매 콘크리트의 대기정화 개념

- 건설재료 중에서 가장 많은 콘크리트에 광촉매제(TiO_2)를 혼입하여 오염물질 제거 반응을 유도
 - 콘크리트 구체 표면에 자외선광과 반응하여 질소산화물과 황산화물을 분해하여 2차 미세먼지 발생을 억제

라. 광촉매의 휘발성유기화합물(VOCs) 분해, 악취 제거, 살균 및 항바이러스 작용

- 빛(자외선, 가시광선)과 촉매제(TiO_2) 반응을 유도
 - 하이드록시기(OH 라디칼)에 의해 유기물(박테리아, 바이러스, 곰팡이 등)을 산화시켜 살균 및 탈취
 - 유기물은 하이드록시기의 산화작용에 의해 물과 이산화탄소로 분해

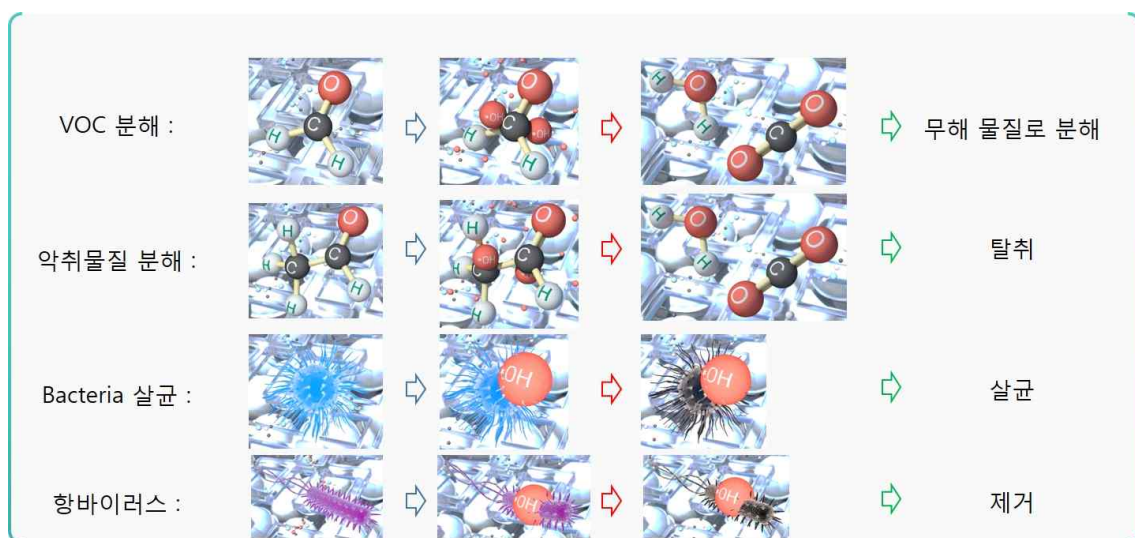


그림 6. 광촉매의 살균, 정수 및 악취제거 과정



마. 광촉매의 오염방지(방오) 작용

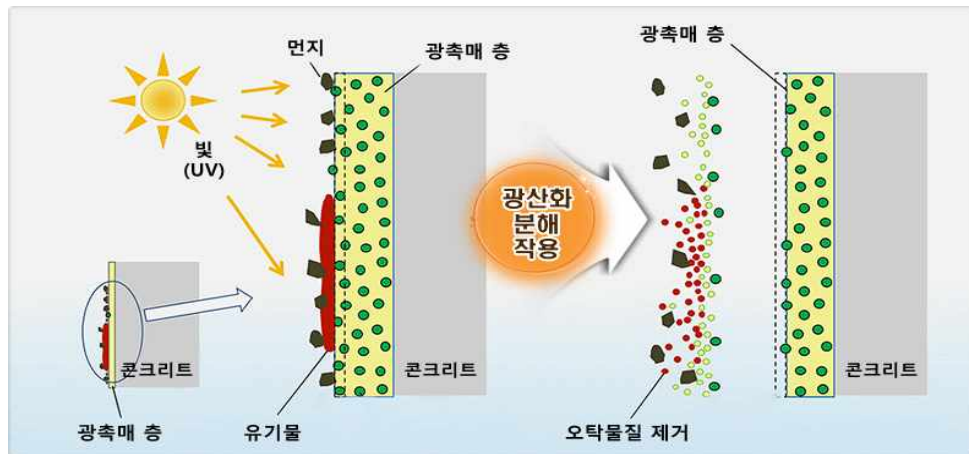


그림 7. 광촉매의 오염방지(방오) 작용 메커니즘

- 광촉매의 광산화 분해작용에 의해 먼지와 유기물을 제거
 - 광촉매가 태양광의 UV와 반응할 경우 광산화 분해작용 발생
 - 광촉매 표면층은 이로 인해 초친수기 층을 형성
 - 광산화 분해된 광촉매 표면층은 비 또는 살수에 따라 쉽게 오탁물질 제거
 - 건축물의 표면 오염방지 탁월 (시설물 유지관리 용이)

2. 기술의 분류

가. 저비용 광촉매 기술

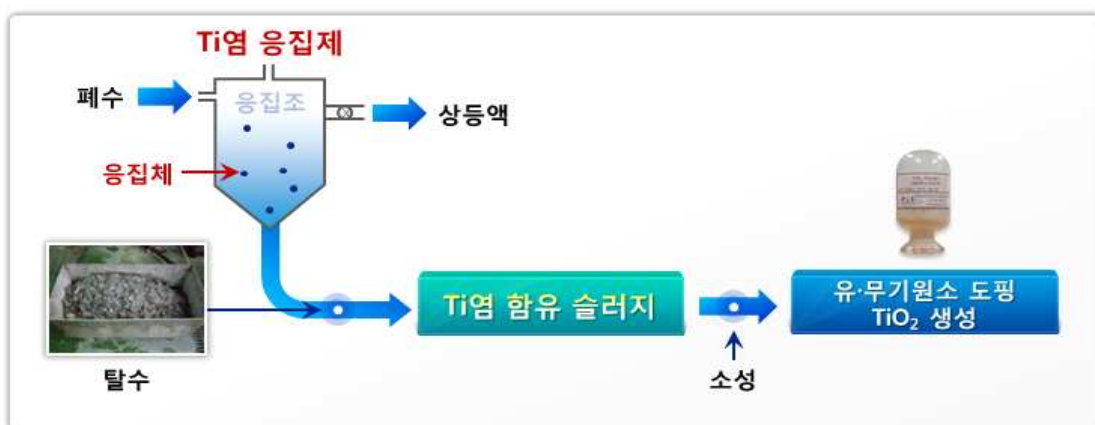


그림 8. 저비용 광촉매 제조 프로세스



- 공장 폐수에 티탄염 응집제 적용 후 탈수, 소성에 의해 산화티탄 생산 기술
 - 안전한 응집제를 선정, 이를 이용한 슬러지 응집 기술
 - 응집을 통하여 금속염 함유 슬러지 제조 기술
 - 기존 광물 추출 산화티탄 광촉매 대비 훨씬 저렴한 산화티탄 광촉매 제조
 - 하수종말처리장 인제거 공정, 염색공단 폐수 처리 공정, 제지공장 폐수 처리 공정, 해수담수화 전처리 응집 공정 등에서 산화티탄 생산 가능
- 저비용 고성능 광촉매 생산 기술
 - 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50%이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 개발

나. 도로(부속)시설물 광촉매 활용 기술



그림 9. 도로시설물 광촉매 기술 활용 분야

- 질소산화물, 황산화물을 환원 반응으로 분해, 미세먼지 제거 및 대기공기질 향상
- 산화티탄광촉매를 콘크리트 또는 모르타르 등 시멘트계 재료와 혼합하는 기술
 - 시멘트계 결합재와 결합된 산화티탄의 광촉매 작용 기능 활성화가 중요함
 - 광촉매 작용은 주로 구체의 표면에서 생성되므로 효율적인 구체 구성이 필요
- 도로시설물 광촉매 기술 적용 범위
 - 광촉매 콘크리트 포장
- 도로부속시설물 광촉매 기술 적용 범위



- 생태 블록, 보차도용 블록, 경계 블록 등 각종 블록 2차 제품
- 방음/흡음판, PC패널, 경계 패널 등 2차 제품
- 지하/터널 구조물에 대한 광촉매 적용 기술
- 기타 중앙분리대, 충돌 방지 방호벽 등 도로 부속 시설

다. 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 기술



그림 10. 주거시설 VOCs 발생 요소

- 건축 내장재와 결합된 광촉매는 호흡기 장애, 발암물질, 아토피 등 피부질환, 면역기능 저하 등을 일으키는 건축 내장재의 VOCs 물질 분해 효과
- 산화티탄 광촉매를 건축 내장재와 결합하여 활용하는 기술
 - 페인트 혼입재료로서 산화티탄 광촉매를 적용하는 기술
 - 벽지, 소파 천 등 패브릭 내장재에 산화티탄 광촉매를 적용하는 기술
 - 건축 내외장용 패널 2차 제품에 산화티탄 광촉매를 적용하는 기술
 - 타일 등 요업 2차 제품에 산화티탄 광촉매 적용 기술



라. 의료시설 광촉매 활용 기술

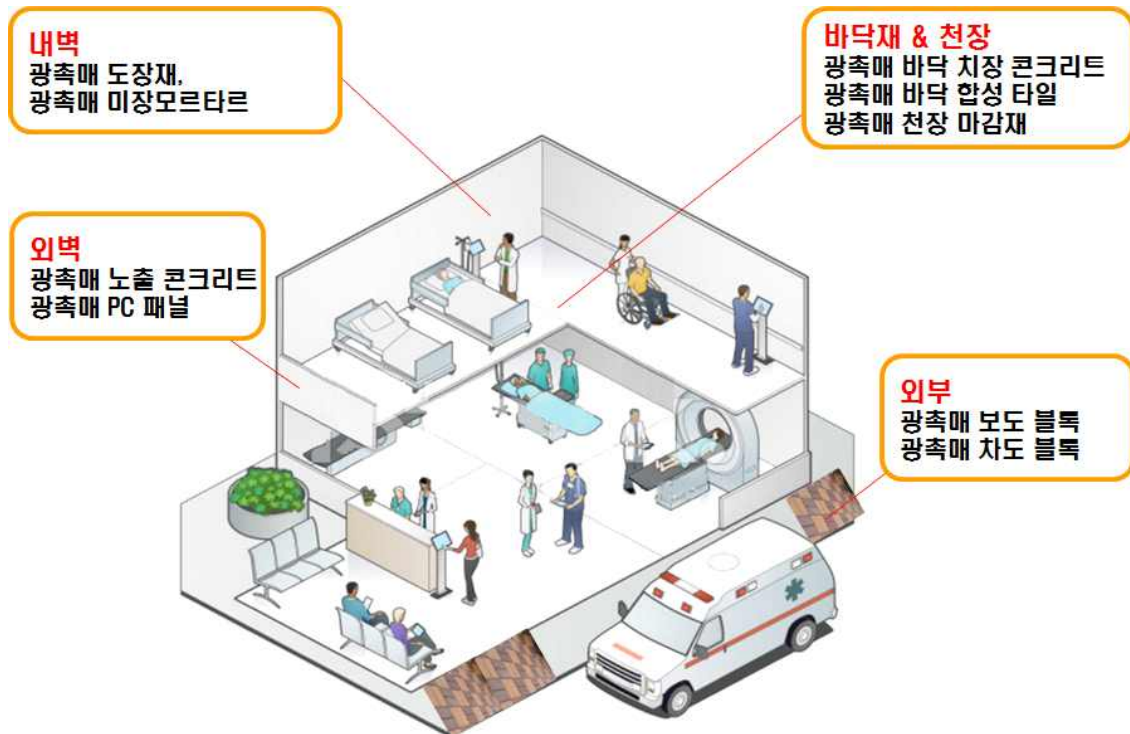


그림 11. 의료시설 광촉매 건설자재 적용 개념

- 광촉매의 하이드록시기(OH 라디칼)에 의한 유기물(박테리아, 바이러스 등) 산화작용을 이용하여 살균 및 악취 제거 효과 유도하는 기술
- 생활환경 광촉매 활용 기술을 바탕으로 실내 UV 조명 조사 기술 결합
 - 인체 무해 범위의 UV 조사 조명시스템의 설치
 - 의료시설의 실내외 공간에 광촉매 자재를 구축하여 병원균의 확산 방지

마. 광촉매 공기조화기기 활용 기술

- 광촉매의 살균작용을 실내 공기조화 흐름에 적용하는 기술로서 주로 공기조화 기기의 필터를 개발하여 적용

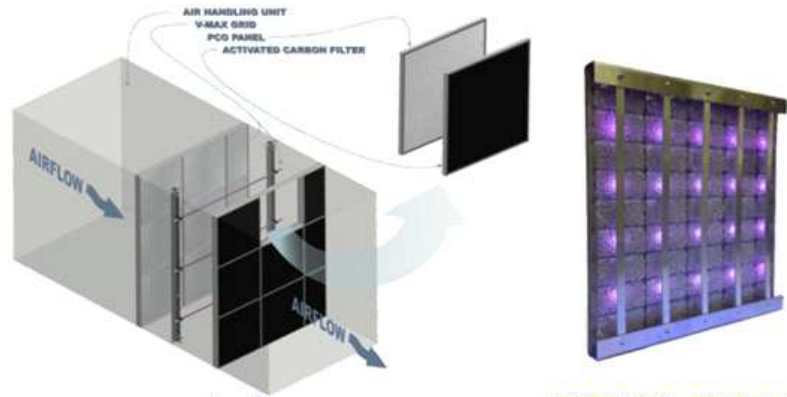


그림 12. 공기조화장치 내 광촉매 필터 적용 개념

○ 공기조화용 광촉매 살균 적용 범위

- 가정용 살균정화기, 공장 및 사무실 공기조화 장치
- 지하철, 다중이용시설 대형 공기조화 장치
- 병원 내 광촉매 살균 공기조화 시스템 등

바. 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 및 유효성 확보 기술

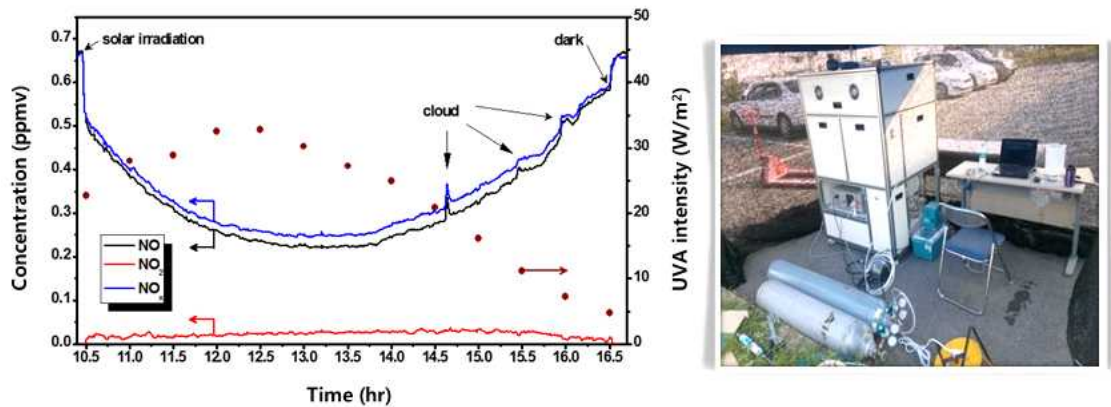


그림 13. 광촉매 대기정화 성능평가 실험

○ 광촉매 재료 및 건설자재의 미세먼지 제거, 살균작용 및 방오성능 등의 시험평가 기술

- 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 표준화 기술
- 광촉매 환경 개선 효과 영향 평가 기술
- 광촉매 성능 신뢰성 확보 방안 마련



2절 연구개발의 필요성

1. 기술개발의 시급성 및 중요도

가. 미세먼지 발생시키는 질소산화물(NOx) 저감 시급

- 서울의 대기환경은 OECD 국가의 주요도시와 비교하면 열악한 수준이며, 특히 미세먼지와 이산화질소의 경우 세계 주요도시보다 1.2배~3.5배 높은 수준
- 대기오염으로 인한 사회적 비용은 연간 2조6천억 원, 그 중 절반인 1조3천억 원이 미세먼지(PM₁₀)와 질소산화물로 인한 비용, 자동차의 직접적인 가스 배출로 인한 비중이 70% 정도(출처: 환경부, 수도권대기환경청, www.me.go.kr)
- 우리나라의 대기 중 이산화질소 농도는 도로변의 경우 0.049~0.057 ppm, 주거지역의 경우 0.034~0.038 ppm으로서 2000~2009년 한 해도 빠짐없이 환경부의 대기환경 기준치인 0.03 ppm 이상을 기록 (출처: 서울시청개발연구원, 교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구, 2008)
- 교통 밀집지역에서 질소산화물의 농도와 교통량의 관계를 24시간 측정 한 예로서 교통량이 시간 당 2,500대 이상 발생하는 오전 출근시간부터 질소산화물이 급속히 증가하여 교통량이 급속히 감소하는 자정 12시까지 0.045 ppm 이상의 높은 오염농도를 나타냄

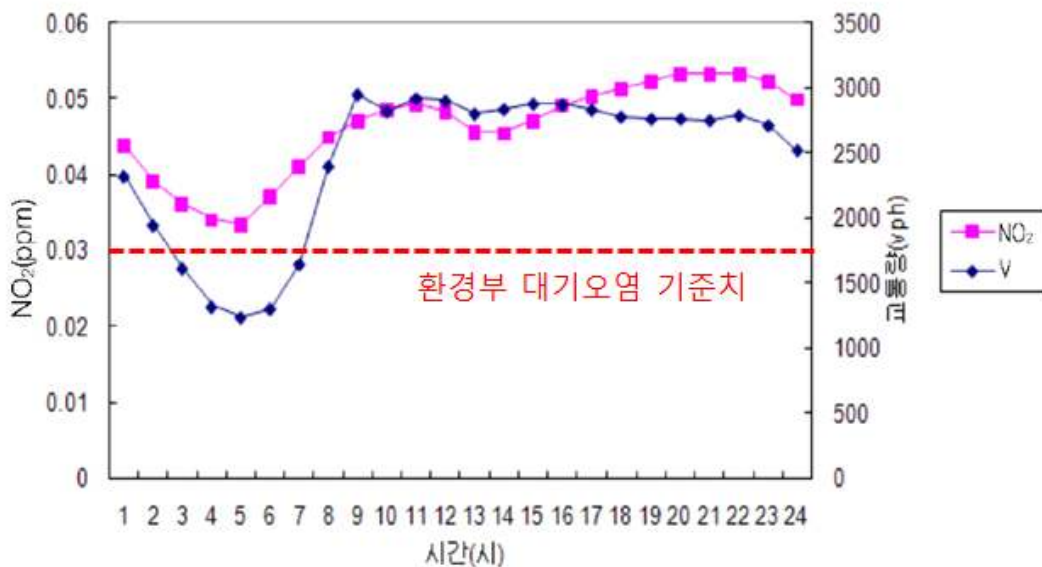


그림 14. 교통량 VS. NO₂ 측정 결과 예

(출처: 교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구, 서울시청개발연구원, 2008)



- 도시 전체의 오염도보다 자동차 운행이 밀집되거나 정체구간이 많은 지역에 평균 농도보다 높은 현상을 나타냄. 도심 내에서도 자동차의 운행 수준 또는 대기질에 따른 적절한 공기질 관리 기술 적용이 필요

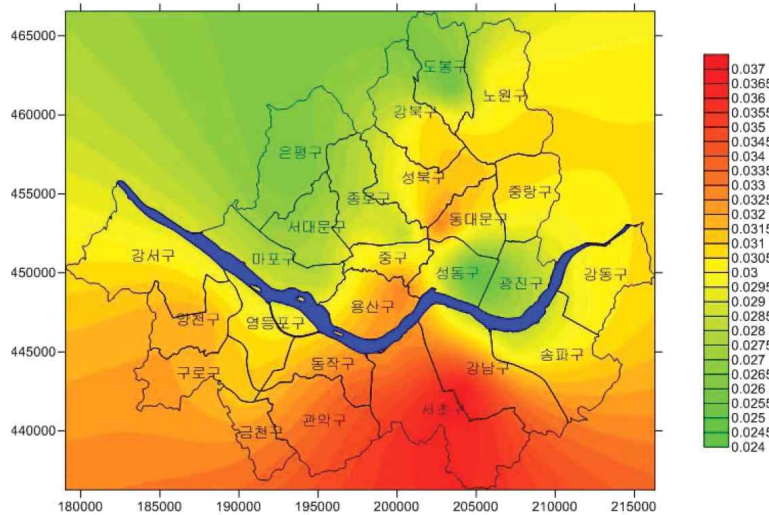


그림 15. 서울시 지역별 질소산화물 농도 현황
(출처: 서울시 지역별 질소산화물 농도 현황, 서울보건환경연구원, 2013)

- 우리나라의 미세먼지(PM_{10}) 오염도는 ‘수도권 대기환경관리 기본계획(2005~2014년)’ 등의 시행에 의해 2007년부터 감소추세를 보였으나 최근 대기질 개선이 정체되며, 고농도 미세먼지의 발생이 증가하고 있음

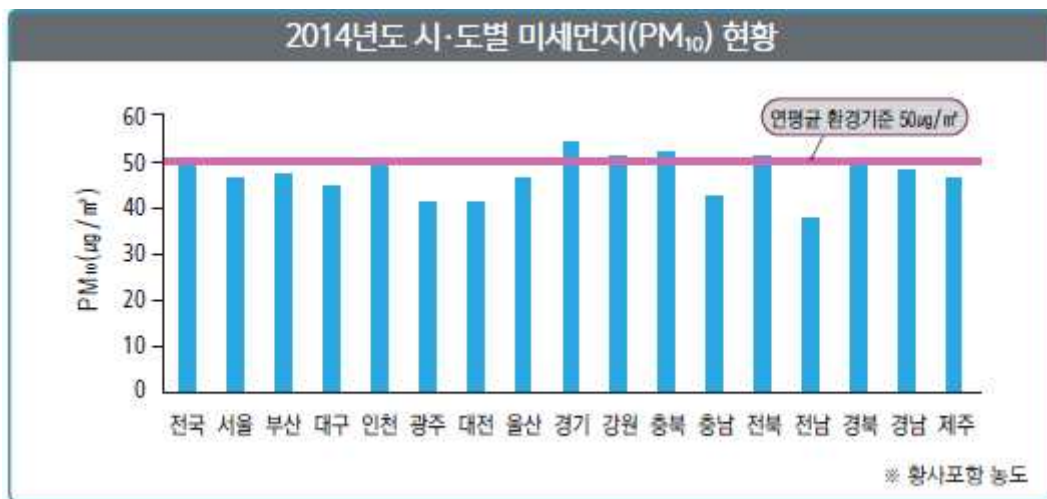


그림 16. 시도별 미세먼지(PM_{10}) 현황(2014년)
(출처: 미세먼지의 오염현황은?, 그린타임즈, 2016.05.16)

- 2014년 고농도 미세먼지 발생사례 분석 결과 2014년 7월 27일이 국내 영향에



의한 미세먼지 발생량이 가장 높았으며, 대기정체로 인해 국내에서 배출된 오염물질의 영향이 70% 이상으로 확인되며, 이동오염원(자동차, 건설기계 등)의 영향이 가장 크게 나타남



그림 17. 미세먼지 발생 배출원 분포 (2014년)

(출처: 미세먼지의 오염현황은?, 그린타임즈, 2016.05.16)

- 질소산화물의 경우 이동오염원이 82.6%를 차지하고, 이와 같은 대기오염의 영향패턴은 국내·외 대도시 대기오염 특성이며, 자동차 유발 대기오염물질 배출에 의한 영향이 절대적인 것으로 평가
- 미세먼지는 굴뚝 등 발생원으로부터 고체 상태의 미세먼지로 나오는 1차적 발생과 발생원에서 가스 상태로 나온 물질이 공기 중의 다른 물질과 화학반응을 일으켜 미세먼지가 되는 2차적 발생으로 나눔
- 2차적 요인으로 발생한 미세먼지는 수도권외의 경우 전체 미세먼지(PM_{2.5}) 발생량의 약 2/3를 차지하는 높은 비율을 보임

나. 쾌적한 환경 조성으로 국민건강 증진 확보

- 국내 뉴스 매체에 따르면 교통 밀집지역이 많은 서울시의 경우 질소산화물 배출 저감정책을 지속적으로 추진했음에도 불구하고 가시적인 개선효과가 나타나지 않은 것으로 알려져 근본적인 대책이 필요 (출처: 해럴드 경제 2011.12.7.)
- 세계보건기구(WHO)의 발표에 따르면 세계적으로 대기오염으로 인해 연간 최대 600만 명이 사망하며, 우리나라도 대기오염으로 인해 인구 100,000명당 21~40 명이 사망하는 고준위 국가에 속함 (출처: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>, WHO 홈페이지)



- 미세먼지는 세계보건기구(WHO) 1군 발암물질로 분류되는 인체에 유해한 물질로 입자가 매우 작아 인체에 흡수되어 기도, 폐, 심혈관, 뇌 등 우리 몸의 각 기관에 각종 질환을 유발

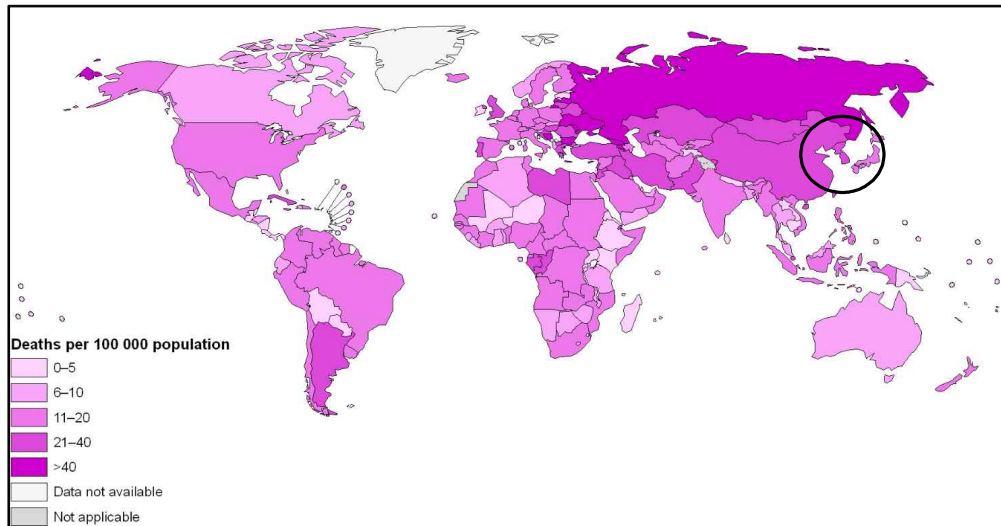


그림 18. 대륙별 대기오염에 따른 사망자 지도

(출처: <http://gamapserver.who.int/mapLibrary/app/searchResults.aspx>, WHO Map Production, 2011. 9. 26)

- 일반적으로 일산화탄소, 이산화황, 총먼지 같은 1차 오염물질은 배출원의 배출량감소에 정비례하여 감소하므로 관리가 수월하지만 미세먼지, 오존, 이산화질소와 같은 2차 대기오염물질들은 생성이 복잡하여 가능하면 발생지에서 집중 저감시키는 것이 중요
- 대기오염의 주범인 질소산화물과 황산화물의 경우 광촉매 물질과 자외선 및 가시광선의 반응에 의해 분해되며 이로 인해 오염물질의 농도를 실내실험에서 70%까지 저감 가능

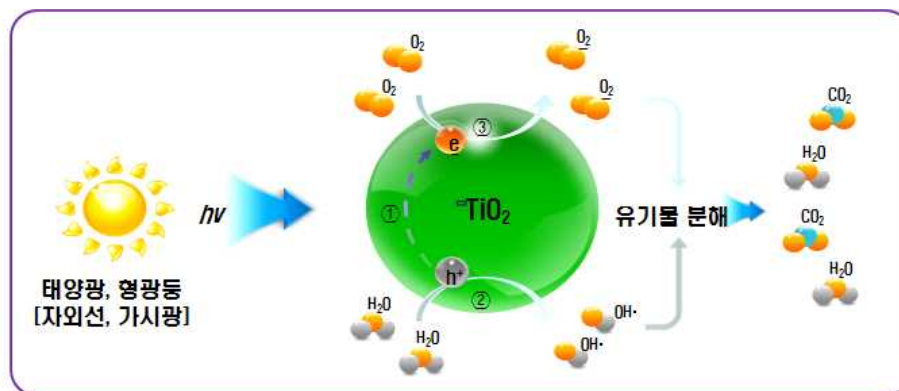


그림 19. 광촉매 물질을 이용한 대기오염 제거 개념도



다. 신축아파트 포름알데히드 입주 후 급증

- 신축 아파트 등 공동주택의 유해물질 중 하나인 포름알데히드 농도가 입주 후에 급증
- 페인팅 등 건축마감과정에서 발생하는 톨루엔의 경우는 입주 전 가장 높았다가 갈수록 줄어드나 가구 등에서 발생하는 포름알데히드의 경우는 입주 후 꾸준히 증가

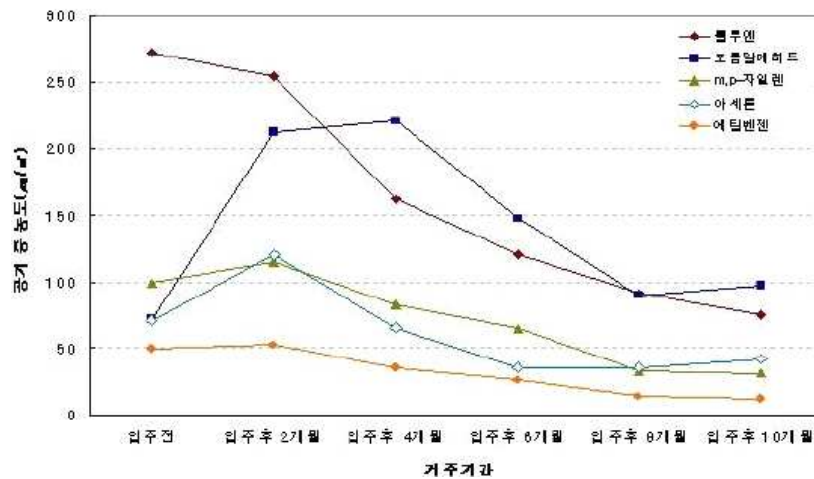


그림 20. 입주전후 공기 중 유해물질 농도변화

(출처: 신축공동주택의 거주기간에 따른 실내공기 오염도 변화추이 및 영향인자 파악, 국립환경과학원, 2005)

- 건축자재와 접착제에서 발생하는 포름알데히드와 VOCs로 인하여 각종 호흡기 증상, 아토피성 피부 질환 등이 발생되고 있음
- 2012년 서울시 다중이용시설에 대한 실내공기오염도 조사를 실시한 결과 345개소 중 27개소가 기준을 초과하고 있음. 특히 PC방과 지하도 상가가 비율이 높음. 이러한 측정 전에 어느 정도 환기를 실시한다는 것을 가정할 때 기준 초과 비율은 보다 높을 것으로 예상됨



표 1. 2012년 다중이용시설 실내공기질 오염도 검사 결과

| | 계 | 지하역사 | 지하도상가 | 의료기관 | 도서관 | 보육시설 | 산후조리원 | 노인 의료 복지 시설 | 대규모 점포 | 전시 시설 | PC방 | 기타 시설 |
|---------|-----|---------------------------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|-------|
| 검사건수 | 345 | 73 | 9 | 13 | 8 | 32 | 18 | 6 | 43 | 4 | 3 | 136 |
| 기준초과건수 | 27 | 3 | 4 | 1 | 1 | 7 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 |
| 기준초과율 | 7.8 | 4.1 | 44.4 | 7.7 | 12.5 | 21.9 | 27.8 | 16.7 | 4.7 | 25.0 | 66.7 | 0 |
| 기준초과 항목 | 29 | PM-10(2) NO ₂ (1) | HCHO(1) NO ₂ (3) | HCHO(1) | HCHO(1) CO ₂ (1) | 총부유세균(6) VOC(1) | HCHO(3) 총부유세균(1) NO ₂ (1) | VOC(1) | HCHO(1) NO ₂ (1) | CO ₂ (1) HCHO(1) | PM-10(2) | |

※ 단위: 개소, 기준초과율 %

(출처: 2012년 다중이용시설 실내공기질 오염도 검사 결과, 서울보건환경연구원, 2012)

- 세계보건기구(WHO) 실내공기질 가이드라인의 포름알데히드 수치는 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이며, 광촉매를 이용한다면 2차오염이 발생하지 않고 새집증후군을 일으키는 포름알데히드와 VOCs 등을 분해·제거가 가능



그림 21. 아파트 실내 오염물질 농도 및 오염물질 변화

(출처: 신축아파트와 기존아파트의 실내오염물질 농도 및 아파트 층별 포름알데히드 농도 변화, 한국건설기술연구원, 2012, 3년간의 새아파트 오염물질 변화, 국립환경과학원, 2009)



- 미국 환경보호청(EPA)가 실시한 인간의 대기오염물질 노출 연구에서는 실내 대기오염물질이 실외보다 2~5배, 때로는 100배 이상 더 높다고 밝힌 바 있음. 이에 따라 국내 실내공기 오염의 주요원인을 분해하는 기술 중 하나인 광촉매를 건설재료로서의 기술개발 연구를 추진하는 것이 시급한 실정임 (출처: 실내공기오염으로 인한 건강영향, 한국환경산업기술원 국가환경정보센터, 2014-12호, 2014)

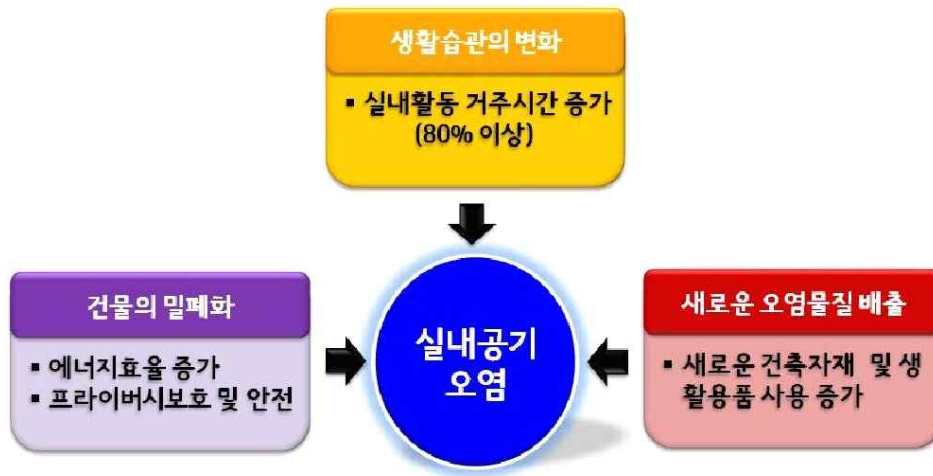


그림 22. 실내공기질 악화의 원인

라. 수시 발생 감염병 발생률 저감

- 최근 메르스 사태에서 확인한 바와 같이 다양한 변종 바이러스가 등장하고 있으며, 이러한 바이러스는 접촉 또는 공기 중 감염을 통하여 전파되는 특성을 지님
- 이러한 전염병의 발생은 밀폐된 공간에 보균자와 함께 있을 때 전염력이 높은 것으로 알려져 있음. 따라서 다양한 병원균이 존재하는 병원의 청정도를 높이는 기술의 기획이 필요함
- 메르스는 2003년 발생한 사스와 같이 호흡기 질환을 유발하는 코로나바이러스로 고열을 동반한 심한 호흡기 증상 유발하고 치사율은 20-50% 정도로 유병률이 높은 바이러스로 2015년 한국에서 발생한 경우를 보면 높은 감염성을 나타냄
- 메르스는 중동 지역 약 22개국에서 발병이 보고되었으며, 2015년 유행 이후에도 추가적으로 2차 대유행이 심각하게 우려되고 있는 상황임
- 메르스와 사스 전문가인 Ralph Baric 교수의 최근 Nature Medicine 논문에 따



르면 박쥐에서 전파가 되고 있는 다양한 코로나바이러스들이 인간에 전파가 가능할 수 있다고 보고함

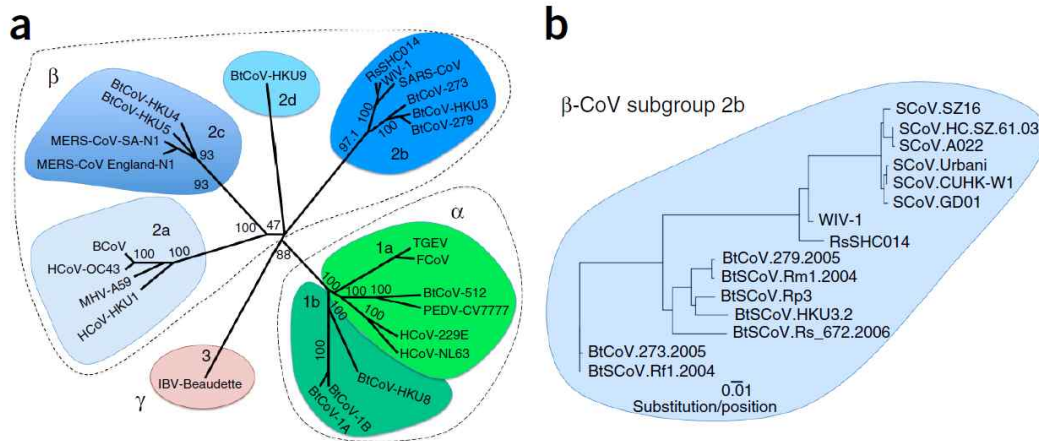


그림 23. 사스와 유사한 박쥐 코로나바이러스의 분류 및 인간 감염 가능성

(출처: Nature Medicine 21 1508-1513, Ralph Baric, 2015)

- 국내 메르스 최초 감염자의 경우 위험국가가 아닌 국가에서 귀국하여 발병 예측이 어려웠고 치료 채취 후 확진까지 2일 이상 소요되어 초동 대응이 어려웠음
- 2015년 우리나라는 메르스를 경험하면서, 재발 방지를 위해서 과학적 근거 기반의 감염병 예방·진단·치료, 방역·소독기술을 확보하기 위한 범국가적 R&D 체계 구축이 시급
 - 다양한 코로나바이러스들이 메르스와 사스처럼 대유행 될 가능성 높음
 - 현재까지 메르스나 사스를 포함하는 코로나바이러스에 대한 치료제나 백신이 개발되어 있지 않아 바이러스 대유행이 재발해도 신속한 대응에 한계 봉착
- 국가 간의 교역과 여행객의 이동 증가에 따라 해외의 감염병의 유입 가능성이 높음
 - 사스(2002-2003), 신종플루(2009), 메르스(2015), 지카(2016) 등 기존 병원체의 변이와 유전자 조합 등을 통해 이전에 없던 신·변종 병원체들이 증가
 - 현재 공항이나 항만에 설치된 감염병 유입 차단 설비가 미비하고 감염 의심자에 의한 확산 가능성도 높아 검역의 효용성을 높이고 바이러스의 확산을 방지 할 수 있는 장치와 설비의 구축이 필요함
- 병원 내 2차 감염 문제는 지속적으로 사회 문제가 되고 있으며, 감염병의 경우 면역력이 약한 환자들이 장기간 머무르는 밀폐된 병원 공간에서 확산의 위험성이 높음
 - 감염 환자에 대한 의료진의 노출과 이로 인한 타 환자의 전파 가능성이 존재함



- 하지만 병원 내 상시적인 항바이러스 시스템이 미비하며, 수술실 및 격리 시설에 일부 확산방지 시설이 적용되어 있음. 적용된 확산 방지 시설도 그 확산방지 효과가 미흡함

- 가축전염병 발생이 증가하고 있으며, 이 중에서 구제역은 발생 빈도가 높고, 발생 지역이 광범위하게 분포
- 구제역은 한번 발생 시 많은 경제적인 손실이 발생하며, 회복에 많은 시간이 소요됨. 따라서 현재의 방제 대책을 보완하기 위한 추가적인 대책이 필요
- 광촉매는 매우 우수한 살균능력과 유기물 제거 능력을 가지고 있어서 축사에 활용하면 가축전염병 발생을 억제하고 가축의 생육 환경을 개선하는데 기여 가능한 솔루션을 제공

표 2. 구제역 발생 현황

| 구 분 | 2000년 | 2002년 | 2010년(포천) | 2010년(강화) | 2010-2011년(안동) | |
|----------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| 발 생 | 3.24~4.15 (22일간) | 5.2~6.23 (52일간) | 1.2~1.29 (28일간) | 4.8~5.6 (29일간) | 11.28~4.21 (145일간) | |
| 유 형 | O형 | O형 | A형 | O형 | O형 | |
| 발 생 지 역 | 3개도 6개 시군 15건 (소 15건) | 2개도 4개 시군 16건 (소 1건, 돼지 15건) | 2개 시군 6건 (소 6건) | 4개 시도 4개 시·군 11건 (소 7건, 돼지 4건) | 11개시도 75개 시군 153건 (소 97건, 돼지 55건, 염소 1건) | |
| 우리 도 발 생 | - | - | - | - | 1.23 ~ 3.3 김해, 양산 | |
| 발 생 원 인 | 수입건초 해외여행객 | 외국인근로자 | 외국인근로자 | 농장주 발생 지역 여행 | 농장주 발생 지역 여행 | |
| 방역 조치 | 살처분 매몰 | 182농가 2,216두 | 162농가 160,155두 | 55농가 5,956두 | 395농가 49,874두 | 6,241농가 3,479,962두 |
| | 백신 접종 | 예방접종 (Ring 백신) | 배제 | 배제 | 배제 | 전국 예방접종 |
| 국 내 종 식 | 예방접종 중단 후 1년 청정국 회복 '01.8.31 | 이동제한 해제(8.14)후 청정국 회복 '2.11.29 | 이동제한 해제(3.23) | 이동제한 해제(6.19)후 청정국 회복 '10.9.27 | 이동제한 해제(3.26)후 청정국 회복 '14.5.29 (예방접종 청정국 인증) | |
| 재 정 소요액 | 살처분 보상금 등 3,006억원 | 살처분 보상금 등 1,434억원 | 살처분 보상금 등 383억원 | 살처분 보상금 등 1,530억원 | 살처분 보상금 등 25,502억원(추정) | |

(출처: 경상남도 농정국장 브리핑 자료, 2014)

마. 하·폐수 폐기물 자원화 기술 확보 필요

- 기존 수처리 공정에서 응집제로부터 얻어진 슬러지의 처리는 1990년대 중반까지는 거의 전량을 매립에 의존하였으나 환경에 대한 영향이 문제시 됨
- 2003년 7월부터는 매립 금지 조치가 취해지고 이후 해양 투기로 전환되었음.



그러나 런던 덩핑조약에 의해 해양 투기도 2012년부터는 금지되었음

- 대안으로 쓰레기 매립장에 처리하는 경우 잔류 알루미늄으로 인해 알츠하이머 병을 유발할 수도 있다는 지적이 대두
- 슬러지 처리 대안으로 소각 시 다이옥신의 발생으로 인한 2차 환경오염이 우려. 이러한 문제점들을 근본적으로 해결하는 방안은 슬러지의 자원화임
- 티탄염 응집제를 이용한 하·폐수 폐기물 재활용 기술은 2차오염이 없는 친환경적 기술로서 슬러지 처리 과정(하수종말처리장 인제거 공정, 염색공단 폐수 처리 공정, 제지공장 폐수 처리 공정, 해수담수화 전처리 응집 공정 등)에서 저렴한 광촉매를 대량으로 얻을 수 있는 장점 있음
- 하·폐수 폐기물에서 제조된 산화티탄은 기존 상용 산화티탄과 동등한 광촉매 성능 발휘가 가능하여 생산 기술 개발이 필요함
- 산화티탄(TiO₂)의 광촉매 작용은 질소산화물과 황산화물을 분해 성능이 우수한 것으로 알려져 있으나 높은 가격(60,000원/kg 이상)으로 인해 사용이 제한됨
- 광촉매를 콘크리트 구체에 보다 경제적으로 적용하기 위해서는 콘크리트가 구조적 기능을 만족하는 조건에서 두께를 최소화할 필요가 있음

2. 사회적 이슈 해결 방안 시급

가. 미세먼지



그림 24 미세먼지 관련 기사 TV 화면 사진

- 환경부에서는 ‘미세먼지 특별대책 세부이행계획’을 발표하여 미세먼지 주범으로



꼭히는 노후경유차를 줄이고 전기차 등의 친환경차를 보급하는 데 2020년까지 5조원을 투입하기로 발표함(국민일보, 2016.07.01)

- 수원시는 미세먼지 저감을 위해 2018년까지 전기자동차를 1,000대 보급하고 노후 경유차 배출가스 저감사업을 추진한다고 발표함(파이낸셜뉴스, 2016.08.01)
- 정부에서는 제2차 과학기술전략회의를 열어 ‘9대 국가전략프로젝트’ 선정하였고, 이에 미세먼지 대책도 포함됨. 권역별로 미세먼지 발생·유입량을 산정하여 2019년까지 전국 미세먼지 입체 관측망 구축하여 미세먼지 생성원인을 규명하기로 함. 2023년까지 사업장의 PM_{2.5} 미세먼지 및 원인물질 배출량을 절반으로 낮출 수 있는 고효율 저비용 집진·저감기술도 개발하기로 함(뉴데일리경제, 2016.08.10)
- 서울시에서는 미세먼지 주요 배출원 중 하나인 노후 건설기계 5종(덤프트럭, 콘크리트 펌프트럭, 콘크리트 믹서트럭, 굴삭기, 지게차)에 대해 2018년까지 엔진교체 및 매연저감장치를 부착하기 위한 정부 보조금을 지원기로 함. 또한 2017년 08월부터 서울시에서 발주한 150여개의 공사장은 저공해 조치를 완료한 건설기계만 사용할 수 있도록 확대 시행할 계획임(에너지경제, 2016.08.16)

나. 감염병 확산

- 서울시는 제2의 메르스(MERS·중동호흡기증후군) 사태를 막기 위해 시립병원 음압격리병실을 현재 3개 병원 38개 병실(97병상)에서 2018년 6개 병원 194개 병실(253병상)로 5배 이상 확충할 계획임. 특히 메르스 확산의 주요 원인이었던 응급실 과밀화, 호흡기 환자와 같은 공간에 장시간 체류하는 문제를 해결하기 위해 2017년까지 동부병원 등 4개 시립병원 응급실에 음압시설을 설치할 예정임(의협신문, 2015.11.19)
- 정부는 메르스 후속 대책으로 ‘국가방역체계 개편안’을 발표하여 질병관리본부장을 차관급으로 격상하고, 감염병 긴급상황실을 설치하여 연중 무휴 24시간 운영하는 한편, 2020년까지 음압병상을 1500개로 늘릴 계획임. 기존 관심·주의·경계·심각 4단계 위기경보 체계도 개선하여 앞으로는 주의 단계부터 국무총리 주재 범정부회의가 소집돼 선제 대응하도록 하고 질병관리본부는 모든 단계에서 방역대책본부 역할을 수행함(전자신문, 2015.09.01)
- 2015년 12월 국회 본회의를 통과한 '감염병의 예방 및 관리에 관한 법률' 개정안은 감염병 전문병원 설립 또는 지정 운영, 감염병 환자 발생 의료기관 병동 폐쇄 등에 따른 손실보상, 국가위기 시 의료인력 동원, 감염병환자 등 재정지원 및 유급휴가 지원 등을 담고 있음. 정부는 이 법률에 근거하여 부족한 전문



장비 시설 인프라를 대폭 확충하고, 고도격리병상과 격리 수술실, 고위험병원 체 진단실험실 등을 갖춘 의료기관을 보유할 계획임(의학신문, 2015.12.10)



그림 25. 여름철 주요 감염병 발생수
(출처: 감염병 발생 수, 질병관리본부, 2016, 8)

- 폭염과 해외여행 증가 영향으로 감염병의 발생 건수가 크게 증가하고 있음. 지카바이러스, 말라리아와 함께 모기를 매개로 하는 뎅기열 역시 역대 최대 규모이며, 해외 여행객이 매년 빠르게 증가하면서 해외 유입 감염병인 뎅기열이 급증하고 있음(국민일보, 2016.09.05)



그림 26. 새로 유행하는 신종 감염병 지도(2015)

- 지난해 메르스처럼 먼 나라의 감염병이 줄줄이 국내에 상륙하고 그 동안 자취를 감췄던 콜레라처럼 기억에 가물가물한 감염병이 다시 나타남으로써 보건안전에 대한 국민의 불안감이 높아지고 있음(세계일보, 2016.09.11)



- 질병관리본부는 2016년 1월에서 8월까지 56개의 법정감염병 가운데 30개의 발생건수가 1년 전보다 늘었다고 보고함. 지카바이러스, 뎅기열과 같은 해외 유입 감염병도 있으나 지구 온난화로 인한 자체 감염병도 증가하는 추세임(연합뉴스TV, 2016.09.13)

다. 새집증후군



그림 27. 새집증후군 유발 원인

- ‘다중이용시설 등의 실내공기질관리법’이 국무회의에서 의결되어 2016년 12월부터 시행될 전망이다. 이는 새집증후군을 유발하는 건축자재와 폐암 유발물질인 라돈에 대한 관리를 강화하기 위함임 (환경미디어, 2015.12.15)
- 수원시에서 전국 최초로 새집증후군 해결을 위한 기능성자재사용 100% 의무화 하는 계획을 발표하고 즉시 시행하여 사회적 문제로 대두되고 있는 환경성질환 및 아토피 등의 근본적인 문제해결을 하고자 함 (헤럴드경제, 2016.01.12)
- 새집증후군의 유발물질로 알려진 포름알데히드를 아토피 피부염 환자들에게 1시간 노출 시킨 결과, 피부 산도도가 높아지고 피부 저항력이 떨어져 아토피 피부염을 악화시키는 직접적인 원인이라는 연구 결과가 규명됨 (YTN뉴스, 2016.03.29)
- 전국 한국토지주택공사 아파트를 조사한 결과, 4개의 건설공사에서 사용된 벽지 및 접착제 등 6개의 자재에서 새집증후군 유발물질인 휘발성유기화합물질이 설계기준을 최고 14.6배 초과하여 법적기준치를 초과한 사실이 밝혀졌음(소비자가 만드는 신문, 2016.05.03.)



라. 가축 전염병 반복 발생



그림 28. 구제역 발생지역 방역 사진(충남 공주시 탄천면)

- 대표적인 가축 전염병인 구제역과 조류인플레인자(AI) 발생이 어느덧 연례행사가 되었음. 구제역이 발생하면 소비자의 선호도가 떨어지고 살처분으로 인한 판매 가축의 수요가 감소하며, 가축의 매몰지에서 흘러나오는 침출수가 식수와 상수원을 오염시키는 사례가 빈번이 일어나고 있음(경향신문, 2016.1.21.)
- 충남연구원이 발간한 정책지도 6호(2015년-2016년 충남 돼지 구제역 매몰지의 환경 위험성 분석)에 따르면 지난해부터 올해까지 구제역으로 매몰된 5만4천51마리 가운데 38%에 달하는 2만559마리가 주거지로부터 50m 이내에 묻혔음. 이로 인하여 환경 위험성 높아짐(연합뉴스, 2016.08.08.)
- 지난 2014년 1월 16일 발생한 조류인플루엔자(AI)는 올해 4월까지 2년 넘게 산발적으로 발생. 이로 인해 살처분 된 닭과 오리가 2천만 마리에 달하고 정부가 지급한 피해 보상금만 2500억 원에 달함(노컷뉴스, 2016.07.05.)
- 27일 베이징시 질병통제센터는 베이징에서 올해 들어 세 번째 H7N9형 신종 AI 확진 환자가 발생해 격리치료를 받고 있음. 발병 전 다른 지역에서 가금류와 접촉한 적이 있는 것으로 확인(대기원시보, 2016.07.29.)
- 구제역·고병원성 조류인플루엔자(AI) 일변도의 방역정책에서 벗어나 기타 가축 질병을 포함한 종합적인 대책 마련이 필요함. 축산업계에서는 실제 양축현장에 만연해 있으면서 농가에 직접적인 피해를 주는 기타 가축질병에 대한 대책이



미흡한 실정임. 구제역과 AI뿐 아니라 농가에서 자주 발생, 생산성을 저하시켜 금전적인 손해를 입히는 다른 가축질병에 대한 종합적인 대책 마련이 절실함 (농민신문, 2016.09.07)

- 지방자치단체에서 추석 명절연휴를 기점으로 24시간 AI·구제역 방역 비상상황을 유지하고 유입차단을 위한 특별방역대책을 추진. 축산농가 집중 예찰활동가 함께 도내 75개 공동방제단과 시군 및 축산 진흥연구소 소독차량을 이용하여 축산농가, 축산시설 등에 대해 일제소독 실시 계획(Newsmaker, 2016.09.11)
- 농림축산식품부는 구제역과 조류인플루엔자(AI)의 발생을 사전에 방지하고 청정화 기반을 다지기 위한 단계(1단계 조기안정화를 추진, 사전예방강화에 나서는 2단계를 적용, 청정화 기반구축에 나서는 3단계)별 중장기 ‘구제역 및 AI방역 관리 대책’을 추진할 방침임(한국농어민신문, 2016.08.16)
- 농림축산식품부가 제시한 특별방역대책기간에 1단계 조기안정화에서 외부에서 침입한 바이러스 즉 NSP항체 검출농장은 발생농장 수준으로 이동제한과 타시도 반출 금지 등 특별 관리하되 전문수의사의 1대 1 맞춤형 컨설팅 제도를 도입, NSP 항체 청정 시까지 정기 방문 예찰, 사육구간별 검사 등이 실시. 이와 관련해 하반기 20개 NSP 항체검출 농장에 대한 시범사업이 추진(한국농업신문, 2016.08.16.)

3. 정부지원의 필요성

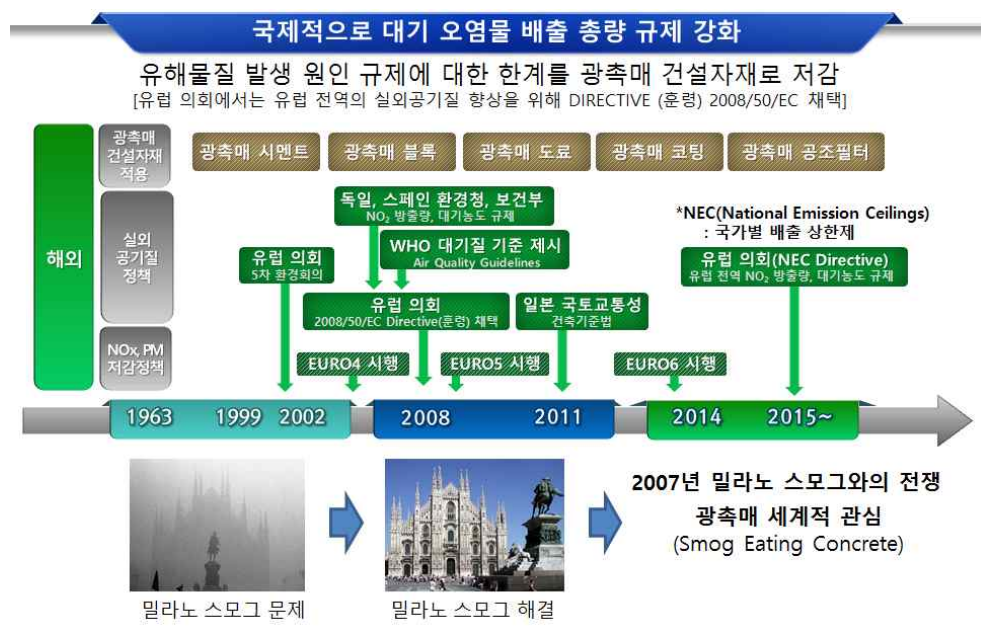


그림 29. 광축매 건설자재를 활용한 대기오염물질 저감을 위한 국제사회 노력



- 우리나라는 교토 기후변화협약 제3차 당사국총회에서 개발도상국으로 분류되어 의무대상국에서 제외되었으나 2013~2017년 의무대상국이 개발도상국에 집중됨에 따라 곧 동참을 요구받을 것으로 예상됨. 따라서 2020년 배출전망치 기준 온실가스 감축량 30%를 목표로 하고 있음
- 온실가스 감축 잠재력이 비교적 큰 수송부문 특히 도로부문에서의 에너지 및 온실가스 저감을 위한 기술개발은 조속히 추진해야할 커다란 국가 정책 과제
- 대기오염물질 중 질소산화물(NOx)와 황산화물(SOx)는 광화학 반응을 일으켜 광화학 스모그를 발생시킬 뿐만 아니라 산성비의 원인이 되며, NO₂의 경우 인체의 호흡기에 해로운 영향을 끼침. NOx와 SOx의 저감을 위한 적극적인 조치가 필요함

| 구 분 | 예 산 | | 증 감 | |
|---------------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| | '15년 (A) | '16년 (B) | B-A | % |
| 기후변화대응기술개발사업 | 46,460 | 52,786 | 6,326 | 13.6 |
| 태양전지 | 4,000 | 8,940 | 4,940 | 123.5 |
| 연료전지 | 2,350 | 9,286 | 6,936 | 295 |
| 바이오에너지 | 7,500 | 6,300 | △1,200 | △16.0 |
| 이차전지 | 4,502 | 2,010 | △2,492 | △55.4 |
| Korea CCS 2020 | 23,000 | 23,000 | - | - |
| 기후변화대응기반기술연구 | 5,108 | 3,250 | △1,858 | △36.4 |

그림 30. 환경부 온실가스 감축 관련 R&D 사업 현황

(출처: 2016년 R&D사업설명회 발표자료, 환경부, 2016)

- 건축물의 실내공기질은 유지기준과 권고기준으로 구분되어 관리되고 있음. 유지기준은 해당되는 시설물의 관리자가 의무적으로 유지 관리해야하는 기준으로 강제성을 가지고 있음. 권고기준은 강제성이 없으며, 국가에서 유지를 권고하는 기준임
- 실내공기질의 유지기준과 권고기준의 농도가 약하게 설정이 되어 실제적인 실내 공기질 관리에는 미흡하며, 이 기준마저도 잘 유지되고 있지 않음. 정부가 설정한 유지기준과 권고기준을 지킬 수 있는 기술 제공을 위해 반드시 본 과업의 수행이 필요하나 2016년 국토교통부 R&D는 오히려 주거환경 부문 예산이 2015년 대비 6.7% 감소하였음
- 환경산업은 개인이 투자는 개인이나 민간이 투자하기 어려운 사업임. 투자한 주체가 직접적인 혜택을 담보하기 어렵고 불특정 다수 즉 국민들에게 그 혜택이 돌아가는 기술이므로 이에 대한 정부의 지원이 필요함. 미래창조과학부는 2016년 중점추진분야 중 하나로 “국민이 만족하는 깨끗하고 건강한 사회”를



지정하고 이 중 생활환경개선에 543억 원 규모의 R&D 예산을 배정한 바 있음



그림 31. 미래창조과학부 R&D 예산 증감 현황

(출처: 2016년 R&D사업설명회 발표자료, 미래창조과학부, 2016)

- 환경산업, 특히 광촉매를 활용한 환경 소재 및 응용 기술은 추후 전 세계적으로 큰 부분을 차지하게 될 주요산업임. 이러한 산업의 육성을 통하여 경제 활성화와 국가 경쟁력을 높일 수 있음
- 가축전염병은 한번 발병하게 되면 관련 농가에 돌이킬 수 없는 큰 손실을 가져오게 되며, 국가적으로도 막대한 보상금 및 처리 비용이 발생하게 됨. 이전의 사례를 살펴보면 가축전염병이 발생하면 최소 1,000억 원에서 많게는 2조 원의 직접적인 손실이 발생하고 산정하기 어려운 간접적인 손실이 발생하고 있음



제2장 국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

가. 미세먼지 대응 정책

(1) 미세먼지 관리 특별대책(‘16.6 관계부처 합동)

미세먼지 관리 특별대책과 주요 내용

| 구분 | | 특별대책 |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 수송 | 제작차 | <ul style="list-style-type: none"> 경유차 실도로 검사기준 도입(新) 경유차 저공해차 기준 강화(휘발유차 수준) |
| | 운행차 | <ul style="list-style-type: none"> 소유자 리콜 이행 강화(정기검사 불합격 처리) 매연기준 강화, 질소산화물 기준 신설 조기 폐차, 미세먼지·질소산화물 동시저감 확대 운행 제한 확대(수도권) |
| | 친환경차 | <ul style="list-style-type: none"> 친환경차 보급 확대(보급목표 30%) 충전기 3100기 확충 |
| | 건설기계 등 | <ul style="list-style-type: none"> 실도로 검사기준 도입(新) 저공해화 대상 확대(4종) |
| 발전·산업 | 석탄발전소 | <ul style="list-style-type: none"> 노후 10기 폐기·대체(新) 신규 발전소 영흥화력 수준으로 강화 충남 3개 발전소 협약 목표 상향 (2014년 대비 질소산화물 10%, 황산화물 3% 삭감) |
| | 수도권 사업장 | <ul style="list-style-type: none"> 사업장 확대(중형 3종 추가) 단계적 기준 강화 (2018년, 질소산화물, 황산화물 약 50% 강화) |
| | 비수도권 사업장 | <ul style="list-style-type: none"> 기준 강화 간접 배출물질 부과금제 개선(新) |
| 생활주변 | 도로 먼지 | <ul style="list-style-type: none"> 도로 먼지 청소차 보급 확충(2017~2020년 총 444대) 도로 먼지 지도 제작(新) 도로 청소 가이드라인 보급(新) 토사유입 저감 도로 설계(新) 저마모 타이어 기준 마련·보급(新) |
| | 건설 공사장 | <ul style="list-style-type: none"> 대형 건설사 비산먼지 저감 자발적 협약(新) 비산먼지 저감 매뉴얼 개정·보급 |
| | 불법 소각 | <ul style="list-style-type: none"> 재활용 동네마당(2017~2020년 총 3만2000곳), 공동집하장(2017~2020년 총 4000곳) 추가 확충 |
| | 고기구이 | <ul style="list-style-type: none"> 미세먼지 저감시설 지원(新) (2017~2020년 총 510곳) |

자료 : 국립환경과학원

그림 32. 미세먼지 관리 특별대책과 주요 내용



- 이 특별대책에서는 다음과 같은 4개 분야의 대책 제시
 - 1. 국내 배출원의 집중 감축 (Page 7)
 - 2. 미세먼지와 CO₂를 함께 줄이는 신산업 육성 (Page 21)
 - 3. 주변국과의 환경협력 (Page 24)
 - 4. 미세먼지 예·경보제 체계 혁신 (Page 27)

(가) 국내 배출원의 집중 감축

□ 미세먼지의 실내유입 차단으로 실내 공기질 개선 (Page 20)

○ 환기필터의 미세먼지 측정표준 마련

* KS표준 제정 및 「건강친화형 주택건설기준」 필터평가방법에 반영('17)

○ 다중이용시설 환기설비의 미세먼지 등에 대한 여과성능 기준 개선

* 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 개정('17)

○ 지하철 터널·차량 내 미세먼지 저감기술 개발('18) 및 적용

* 터널 내 미세먼지 응집·필터링, 차량내 미세먼지 유입 차단 기술 등('14~'19)

○ 정부는 국내 3대 주요 배출원인 자동차, 사업장, 생활오염원에 대한 미세먼지 지속적인 감축을 추진

○ 위의 사항은 주관부처로서 국토교통부가 지정된 사안으로써 본 기획에서 세부 수행 기술을 개발할 필요가 있는 항목임

○ 자동차에서 발생하는 미세먼지(전국 22%, 수도권 43% 기여)를 줄이기 위해 전 기차·하이브리드차·수소차 등 친환경자동차를 적극 보급하고 충전시설을 확충

○ 천연가스버스 보급을 확산하고, 신차 배출가스 인증제도를 시행하여 실제 도로 주행 여건을 반영하기로 함

- CNG 시내버스 보급률('15): 대도시 98%, 중·소도시 64%

- 실 도로조건 배출가스 관리제도: 3.5톤 이상 대형차('16.1~), 중·소형차('17.9~)

○ 미세먼지 다량 배출사업장 72개소에 대하여 2012년부터 2017년까지 총 36,000톤의 오염물질을 감축하는 '자발적 감축협약'을 이행하도록 관리

○ 생활주변의 미세먼지를 줄이기 위해 건설공사장·직화구이 음식점(300 m²이상)·노천소각 등 주요 발생원에 대한 전국 실태조사를 2016년 말까지 실시하여 관리방안을 마련할 예정



(나) 미세먼지와 이산화탄소(CO₂)를 함께 줄이는 신산업 육성 (Page 21)

- 국외로부터 유입되는 미세먼지를 최소화하기 위해 2016년부터 2020년까지 약 3,142조원을 투입하여 국내 환경기업의 중국시장 진출을 적극 지원하고, 양국의 대기질을 동시에 개선하기 위한 한·중 공동 미세먼지 저감 실증사업을 확대 추진
- 집진설비 등 미세먼지 저감설비 및 기술 외에도 국내 청정소비재 산업인 공기청정기 및 정수기 등의 중국진출 지원을 강화
- 중국 박람회 및 전시회 등을 계기로 환경상품시장 개척단을 파견하여 국내 환경상품의 대외 인지도 제고를 위한 국내외 마케팅을 강화하며, 중국 시험인증기관(CCIC, CDC 등)과의 협력 확대
- 중국 ‘국민경제사회발전 5개년 계획(’16~’20)’을 검토 및 반영하여 ‘환경산업 중국시장 진출방안’을 수립하고, 중국 주요 거점별 특화된 시장진출 지원체계 구축할 예정(출처: 2016년 미세먼지 전망 및 대응방안, 환경부, 2016.3.24.)
- 2016년 6월 정부는 경유차의 미세먼지 대책을 수립하기 위하여 범부처 TF를 구성하고 연구계획을 수립하였고 7월 4개의 국책연구기관이 공동연구에 착수하여, 2017년 6월 연구결과에 대한 공청회를 거쳐 합리적인 에너지 상대가격 조정방안을 검토할 예정임
- 미세먼지 4대 분야(1. 발생/유입, 2. 측정/예보, 3. 집진/저감, 4. 보도/대응)에 대하여 과학적인 솔루션을 마련하기 위한 ‘다부처 R&D 프로젝트’를 추진할 계획이며, 미세먼지 저감 기술의 개발 및 사업화를 촉진하기 위한 제도개선과 지자체 출연(연), 기업 합동 실증도 병행할 계획임
- 대표적인 미세먼지 발생원인 화력발전소는 점차 폐쇄하고 기존 화력발전소의 미세먼지 방지시설을 확충하는 방안의 정책 추진 중. 또한 중국에서 유입되는 미세먼지에 대한 대책의 일환으로 국내 환경 신산업의 해외시장 진출을 지원하는 방안을 강화

(다) 주변국과의 환경협력

□ 미세먼지 측정 및 대응기술 개발

○ 배출된 미세먼지 저감 연구 (Page 29)

- 질소산화물(NOx) · 황산화물(SOx) · 휘발성유기화합물(VOCs) 등 2차생성 전구물질 제거



- 산화티탄 저비용 광촉매는 앞의 기술정의에서 설명한 바와 같이 미세먼지로 생성되는 원인물질인 질소산화물, 황산화물과 휘발성유기화합물을 분해하는 촉매 소재임

□ 글로벌 환경 R&D 강화 및 에너지신산업 해외 진출 추진 (Page 26)

- 미세먼지 분야 글로벌 환경 R&D 협력 강화 및 ODA를 통한 개도국 진출 확대

- 신흥시장의 현지 애로기술 수요조사로 해외 기술수요 맞춤형 R&D 및 공동기술개발 추진
- 인도, 베트남 등 개도국 여건에 적합한 환경분야 적정기술 개발 및 보급 지원

- 위의 사항은 주관부처로서 국토부, 환경부 및 산업부가 해당됨

- 이중에서 저비용 광촉매 원천기술을 바탕으로 대량 생산기술과 도로시설물 및 생활환경 시설물에 대한 응용기술을 개발하여 글로벌 시장에 진출하는 계기를 마련

- ※ 이상과 같이 범정부 차원에서 추진하는 미세먼지 관리 특별대책에 상응하는 국가 R&D 연구개발사업을 추진 필요성 충분함

(라) 미세먼지 예보 및 경보 고도화 및 국민 홍보

- 미세먼지 예보 서비스의 정확도를 향상시키고, 전국 2일 등급예보로 격상('17.1)하기 위하여 한·미간 동북아 미세먼지 공동 연구사업('16.4~6) 및 한국형 예보모델 개발, 중국 최신 배출량 정보 확보 등을 추진
- 황사('15.7) 및 미세먼지('16.1) 대응 매뉴얼 에 따라 고농도 미세먼지 발생 시 노약자 및 어린이 등 건강 취약계층 보호를 위한 범부처 협력체계를 강화하고 미세먼지 유해성 및 국민행동요령 교육 및 홍보를 강화하기로 함

(2) 수도권 대기환경관리 기본계획

- 대기오염으로부터 수도권(2,000만) 주민의 건강을 보호하고 쾌적한 생활을 영위하기 위한 계획, 수도권 대기환경개선에 관한 특별법(2003.12 제정) 제 8조에 근거
- 환경부장관은 매 10년마다 기본계획 수립을 시행하고 기본계획 추진실적을 매 3년마다 정기국회 개회 전까지 국회에 제출
- 서울특별시 등 수도권 지역은 기본계획을 바탕으로 시행계획을 5년마다 수립 시행하고 매년 시행계획 추진실적 보고서를 작성, 환경부장관에게 보고



- 1차 수도권 대기환경개선 기본계획은 2005년부터 2014년까지 시행되었으며 현재는 2차 계획(2015년~2024년)이 진행 중임
- 동 계획의 관리대상 오염물질은 PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, NO_x, VOCs, O₃
- 동 계획의 오염물질별 관리목표는 수도권의 배출량 및 오염도 전망, 대책에 따른 삭감량을 모델링하여 목표로 설정, 미세먼지 관리 목표는 지역별로 다음과 같음

표 3. 수도권 지역별 미세먼지 농도 개선 목표 (단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 지역 | PM ₁₀ | PM _{2.5} |
|-------|------------------|-------------------|
| 서울특별시 | 30 | 20 |
| 인천광역시 | 36 | 20 |
| 경기도 | 37 | 20 |

- 목표연도 2024년도의 미세먼지 전망배출량 및 목표배출량

표 4. 미세먼지 전망배출량 및 목표배출량 (단위: 톤)

| 구 분 | | PM ₁₀ | | PM _{2.5} | |
|----------------------------|-----|------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | | 비산 포함 | 비산 제외 | 비산 포함 | 비산 제외 |
| '24년 전망 배출량 (삭감률) | 수도권 | 68,306 34% | 8,659 59% | 14,024 45% | 6,265 53% |
| | 서울시 | 14,871 34% | 1,066 77% | 2,830 47% | 954 73% |
| | 인천시 | 11,722 36% | 3,361 46% | 3,199 43% | 2,095 35% |
| | 경기도 | 41,713 34% | 4,232 65% | 7,995 45% | 3,216 56% |
| 목표 배출량 | 수도권 | 45,053 | 3,534 | 7,781 | 3,029 |
| | 서울시 | 9,890 | 243 | 1,515 | 260 |
| | 인천시 | 7,543 | 1,810 | 1,830 | 1,364 |
| | 경기도 | 27,619 | 1,480 | 4,436 | 1,405 |

(출처: 2차 수도권 대기환경관리 기본계획, 환경부, 2013)



○ 동 계획에서 미세먼지 감축과 관련된 주요 개선사업은 다음과 같음

표 5. 개선사업별 PM₁₀ 삭감목표량 (단위 : 톤)

| 구 분 | | 2015 | 2019 | 2024 |
|-------------|----------------------------|-------|-------|-------|
| 대책 미추진시 배출량 | | 9,823 | 9,119 | 8,659 |
| 대책 추진 후 배출량 | | 7,679 | 4,817 | 3,534 |
| 총 삭감량 | | 2,144 | 4,302 | 5,125 |
| 자동차 | 제작차 배출허용기준 강화 | 98 | 50 | 26 |
| | 운행차 배출가스 저감사업 | 308 | 935 | 300 |
| | 자가용 일평균 주행거리 30% 감축 | 93 | 270 | 286 |
| | 건설기계 및 농기계 배출허용기준 강화 | 40 | 391 | 770 |
| | 건설기계 배출가스 저감사업 | 146 | 585 | 1,332 |
| | 선박 배출가스 저감사업 | 28 | 105 | 86 |
| | 선박 육전시설 이용 | 165 | 164 | 164 |
| | 소 계 | 878 | 2,500 | 2,964 |
| 배출시설 | 배출허용기준 강화 및 질소산화물 배출부과금 신설 | 503 | 687 | 680 |
| | 사업장 친환경 연료사용 | 661 | 700 | 745 |
| | 사업장 저녹스버너 설치 | 38 | 190 | 310 |
| | 소 계 | 1,202 | 1,577 | 1,735 |
| 에너지절감 | 보일러 황 함량 제한 | 1 | 1 | 1 |
| | 민수용 무연탄 청정연료 전환 | 23 | 24 | 26 |
| | 집단에너지 보급 | 40 | 200 | 399 |
| | 소 계 | 64 | 225 | 426 |

※ 지역별 삭감물량에 따라 다소 변경가능



표 6. 개선사업별 PM_{2.5} 삭감목표량

(단위 : 톤)

| 구 분 | | 2015 | 2019 | 2024 |
|-------------|----------------------------|-------|-------|-------|
| 대책 미추진시 배출량 | | 7,858 | 7,209 | 6,265 |
| 대책 추진 후 배출량 | | 6,810 | 4,393 | 3,029 |
| 총 삭감량 | | 1,048 | 2,816 | 3,236 |
| 자동차 | 제작차 배출허용기준 강화 | 90 | 46 | 24 |
| | 운행차 배출가스 저감사업 | 284 | 861 | 276 |
| | 자가용 일평균 주행거리 30% 감축 | 85 | 248 | 263 |
| | 건설기계 및 농기계 배출허용기준 강화 | 37 | 360 | 720 |
| | 건설기계 배출가스 저감사업 | 134 | 538 | 1,225 |
| | 선박 배출가스 저감사업 | 26 | 97 | 79 |
| | 선박 육전시설 이용 | 151 | 151 | 150 |
| | 소 계 | 807 | 2,301 | 2,737 |
| 배출시설 | 배출허용기준 강화 및 질소산화물 배출부과금 신설 | 162 | 203 | 115 |
| | 사업장 친환경 연료사용 | 9 | 9 | 10 |
| | 사업장 저녹스버너 설치 | 38 | 190 | 160 |
| | 소 계 | 209 | 402 | 285 |
| 원예에너지전환 | 보일러 황 함량 제한 | 1 | 1 | 1 |
| | 민수용 무연탄 청정연료 전환 | 11 | 12 | 13 |
| | 집단에너지 보급 | 20 | 100 | 200 |
| | 소 계 | 32 | 113 | 214 |

※ 지역별 삭감물량에 따라 다소 변경가능

(3) 대기환경개선 종합계획

○ “대기환경보전법”에 따른 대기·기후분야 전국 단위 종합계획

- 대기질 개선을 위한 향후 10년간의 정책방향과 주요 과제를 제시하는 대기 환경분야 최상위 계획
- 대기질 개선을 위한 제도개선 방향, 오염원별 주요 저감대책을 발굴하고 제시



- 1차 계획(2006년 ~2015년)을 거쳐 현재는 2차 계획(2016년~2025년)
- 동 계획은 전국을 대상으로 하되, 계획에 포함된 주요 대기질 개선 사업은 지역별 오염 수준, 밀집도 등을 고려하여 추진
- 2차 계획의 관리대상 오염물질은 농도관리 물질(PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3), 배출량 관리 물질(PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_x , VOCs), 위해도 관리 물질 (HAPs)로 구분하여 추진
- 동 계획의 추진을 통한 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$ 배출량 전망과 관리목표는 다음과 같음

표 7. 미세먼지 배출량 전망 및 감축 목표 (단위 : 톤)

| 구분 | 2012 배출량 | 2025 전망배출 | 2025 목표배출 | 감축률 | |
|------------|-------------|--------------|--------------|-------|---------|
| | | | | BAU대비 | '12년 대비 |
| PM_{10} | 251,533 | 260,699 | 182,134 | 30% | 28% |
| $PM_{2.5}$ | 108,111 | 113,832 | 73,884 | 35% | 32% |



그림 33. PM_{10} 및 $PM_{2.5}$ 감축 계획에 따른 총량 추정

(출처: 환경부 (2016) 제2차 대기환경개선종합계획)

- 동 계획에서 미세먼지 감축과 관련된 주요 개선사업은 다음과 같음
 - 제작차 배출가스 관리 강화, 실도로조건 배출가스 관리 추진
 - 친환경차 상용화
 - 이륜차 및 비도로 이동오염원 배출관리 본격화
 - 교통수요 관리 강화
 - 생물성연소 오염저감대책 추진 (직화구이, 노천소각 등)
 - 사업장 비산먼지 관리를 위한 세부기준 마련
 - 도로재비산먼지 이동측정시스템 확충



- 도로먼지 제거장비 보급 확대
- 나대지 녹색화 지원사업 추진

나. 실내공기질 및 새집 증후군 저감 정책

(1) 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019)('15.2 관계부처 합동)

- 쾌적한 실내공기질에 대한 국민욕구 증대
 - 쾌적한 실내공기 등 삶의 질에 대한 국민욕구는 큰 반면, 아토피 등 환경성 질환 환자 수는 증가 추세('09년, 766만명→'13년, 896만명, 17% 증가)
- 실내공기질 관리가 중요해짐에 따라 '실내공기질 관리 기본계획(5년)' 수립이 법정화('14.3, 실내공기질관리법 개정)
 - 범정부 합동 「실내공기질 관리 기본계획('15~'19)」 수립·추진
 - 관계 부처 : 환경부, 교육부, 국방부, 산업통상자원부, 보건복지부, 고용노동부, 국토교통부, 원자력안전위원회
- ① 「실내공기질관리법」에 따른 법정 중기계획
 - 「실내공기질관리법」에 따라 수립되는 법정계획으로, 관계 중앙행정기관의 장과 협의·수립
 - 5개년('15~'19) 간의 실내공기질 관리 비전 및 정책목표를 제시하는 중기계획
- ② 실내공기질 관리에 관한 국가기본계획
 - 「실내공기질관리법」에 의한 대상시설은 물론 각 개별법에 의한 대상시설까지 고려하여 기본방향 제시
 - 기본계획에 따라 관계 중앙행정기관은 소관업무별로, 시·도는 해당지역별로 세부 시행계획 수립·시행
 - 실내공기질 관리의 목표, 추진방향, 관리여건 및 현황, 부문별 세부대책 등을 포괄하는 종합계획
- ③ 국민건강을 보호하기 위한 구체적 실천계획
 - 「환경보건종합계획」과 연계하여 실내공기질 관리 정책방향 및 세부 추진계획 등을 제시
 - 국민이 실생활에서 체감할 수 있는 구체적인 세부 실행방안을 제시하는 실천계획



그림 34. 실내공기질 관리정책 추진 체계도



(2) 실내공기질 관리계획('09~'13)

○ 실내 미세먼지 농도 저감 성과

- 지하역사, 어린이집, 영화관, 대중교통차량 등 관리대상 확대실내 미세먼지 농도를 저감하는 등의 성과가 있었음
- 1군 발암물질인 석면의 안전관리체계 구축('11.4월, 「석면안전관리법」 제정)으로 국민건강 보호
- 새집증후군 예방·관리를 위해 실내오염의 주원인인 건축자재(포름알데하이드)에 대한 방출기준 단계적 강화('13.10월)

○ 신축공동주택의 새집증후군 문제 지속

- 신축공동주택의 실내공기질 기준(포름알데하이드 등 총 6종) 초과율이 지속 증가 추세('10년 10.5%→'11년 14.7%→'12년 17.6%)
- 실내오염원에 대한 사전예방적 관리 부족
- 미세먼지(PM_{2.5}), 곰팡이 등 신규 위해물질의 측정 및 관리기준 미정립
- 실내공기질 협업 및 정보공유 미흡

(3) 신규 실내오염물질 관리체계 마련

- 미세먼지, 라돈 및 미생물(곰팡이)등에 대한 실내공기질 악화 현황을 조사하고 관리기준을 마련하여, 기존 체계를 강화하는 방향으로 체계를 구축

표 8. 신규 실내오염물질 기준 체계 강화 구축

| 오염물질 | 현행 | 검토안 | 검토사유 |
|----------------------------|------|------|-----------------------------|
| ■ 미세먼지(PM _{2.5}) | - | 신설 | 1급 발암물질로 지정, 대기기준과 함께 관리 필요 |
| ■ 곰팡이 | - | 신설 | 위해성 있고, WHO 관리 권고 |
| ■ 라돈(Rn) | 권고기준 | 유지기준 | 1급 폐암유발물질 |
| ■ 일산화탄소(CO) | 유지기준 | 기준강화 | 오염도검사결과를 반영하여 기준현실화 필요 |
| ■ 이산화질소(NO ₂) | 유지기준 | 기준완화 | 물질자체로 실내오염원 없고, 대기기준보다 엄격 |

(출처: 관계부처 합동, 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019), 2015.2)



- 미세먼지의 경우 각 부처에서 개별법으로 각각 관리한 관리기준을 조정하였으며, 다중이용시설의 미세먼지(PM_{2.5}) 관리기준을 마련하고 법제화하고 미세먼지(PM₁₀)에 대한 중점관리를 통해 오염도 저감을 추진 중
- 라돈은 ‘라돈 지도 20-20 프로젝트’를 추진하여 주택의 라돈 농도 조사를 실시하고 있으며, 전국 5개 권역으로 분할하여 토양 및 지하수의 라돈 농도 조사를 병행하고 있음
- 신축 공동주택의 라돈 권고기준 마련 검토(’15)로 건축자재 라돈 관리를 강화하고 건축자재 라돈 방출량 측정방법에 대한 기준을 마련하기 위하여 장기 계획 중에 있음
- 새집증후군을 예방하고 관리를 강화하기 위하여 신축 공동주택에 대한 지자체 점검을 강화(점검율: ’13년 23%→’19년 40% 이상)하고 오염도 검사결과 공개를 활성화(’14.3월 신설)하여 입주민의 알권리를 보장함
- ‘주택 실내공기질 관리요령(’16)’을 마련하고 홍보하였으며, 주방 조리 시 발생하는 미세먼지 및 총휘발성유기화합물 등의 오염물질 관리방안도 함께 제시
- 곰팡이의 경우 어린이집, 의료기관 등 곰팡이 오염실태조사를 2014년부터 실시하여 ‘실내공간의 곰팡이 관리방안 및 관리기준(’16)’을 마련
- 실내공기질 개선을 위하여 실내금연 관리를 강화하여 신규 금연구역 지정 확대를 추진하고 있음

(4) 실내오염원 사전 예방적 관리 강화

- 포름알데하이드 및 총휘발성유기화합물 등의 방출기준을 초과하는 건축자재에 대하여 현행 사후관리(사후샘플조사)체계에서 사전관리(사전시험)체계로 전화하여 건축자재 사전예방관리를 강화
- 실내공기오염 저감 성능평가방법 및 평가기준(’17)을 마련하여 기능성 건축자재에 대한 정보제공 및 관리방안 마련을 추진(’18)중에 있음
- 목질판상제품(합판, 파티클보드, 섬유판 등)의 포름알데하이드의 방출 실태조사 및 기준설정 연구를 통한 관리기준을 마련(’16)하고 사용제한(’16~)을 추진
- 대중교통차량 내장재에 대한 오염방출량 조사를 실시하여 2017년까지 ‘대중교통차량 실내공기질 관리지침(환경부고시) 개정’을 통해 단계적 기준 강화 및 관리오염물질 추가 등 검토하여 합리적인 차량 내장재 관리기준 마련



표 9. 신규제작 자동차 실내공기질 관리기준('09.08, 국토부) (단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 구분 | 포름알데하이드 | 벤젠 | 톨루엔 | 자일렌 | 에틸벤젠 | 스티렌 | 아크롤레인 |
|----|---------|----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 기준 | 210 | 30 | 1,000 | 870 | 1,000 | 220 | 50 |

- 학교 및 사무실 등의 실내공기질 관리 개선을 위하여 현행 ‘학교보건법 시행규칙(교육부 고시)’ 중 실내공기질 관리기준을 개정하여 학교 내의 책상, 의자 등 학교 비품에 대한 포름알데하이드 등 오염물질 방출량 기준('16년) 마련
- 고용노동부에서는 ‘산업안전보건법’을 개정하여 ‘사무실 실내공기질 관리기준(고용노동부 고시, 개정)’ 등 일부항목은 권고에서 유지로 법적 성격을 변경하여 관리실효성을 제고하고 포름알데하이드 방출 건축자재 기준을 강화

표 10. 포름알데하이드 적용 기준 (단위: $\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$)

| 구분 | 사무실 공기관리 지침 (고용노동부 고시) | 실내공기질관리법 | |
|---------|---------------------------|----------|-------|
| | | '15~'16년 | '17년~ |
| 포름알데하이드 | 1.25~4 | 0.05 | 0.02 |

- 관리필요성이 큰 반복적 기준초과시설, 어린이집 등 민감계층이용시설, 신규시설 등 다중이용시설에 대하여 집중관리와 실내공기질 관리인력 확충 지원 추진

표 11. 시설별 실내공기질 관리 방안

| 구분 | 2015년 | 2016년 | 2017년 이후 |
|------------|--------------------------|-------------|----------|
| 미적용시설 실태조사 | 운행차량 미용실 등 | 제작차량 | 추후검토 |
| 소규모시설 실태조사 | 어린이집 노인요양시설 의료기관 등 | 학원 PC방 등 | 추후검토 |

- 시설관리자의 자율관리체계를 마련하여 우수관리시설에 대한 인증 및 인센티브 제공하고, 기준초과시설에 대한 컨설팅 및 개선 강화를 추진함. 어린이집등 관리요구가 증가되고 있는 비법정시설의 경우 ‘맞춤형 실내공기질 관리 지침’을 마련하고 홍보
- 건축물의 환기설비에 대하여 국토교통부에서 추진('15~'16)하여 필터 선정 및



관리, 덕트 청소 등 실내공기질 유지·개선을 위한 ‘환기설비 유지·관리기준’을 마련하고, 시설특성을 고려한 합리적 환기기준 마련

- 쾌적한 실내공기질에 대한 국민요구 증대로 ‘실내공기질 관리 기본계획(5년)’ 수립이 법정화(‘14.3, 실내공기질관리법 개정)
- 환경부는 범정부 합동으로 「실내공기질 관리 기본계획(‘15~‘19)」을 수립 및 추진 중에 있음 (출처: 실내공기질 관리 기본계획, 환경부, 2015)
- 정부는 2013년 환경보건종합계획을 수립하여 라돈, 석면, 유해 미생물, 전자파, 소음진동, 빛 공해 등을 신규 유해인자로 규정, 관리 강화를 발표

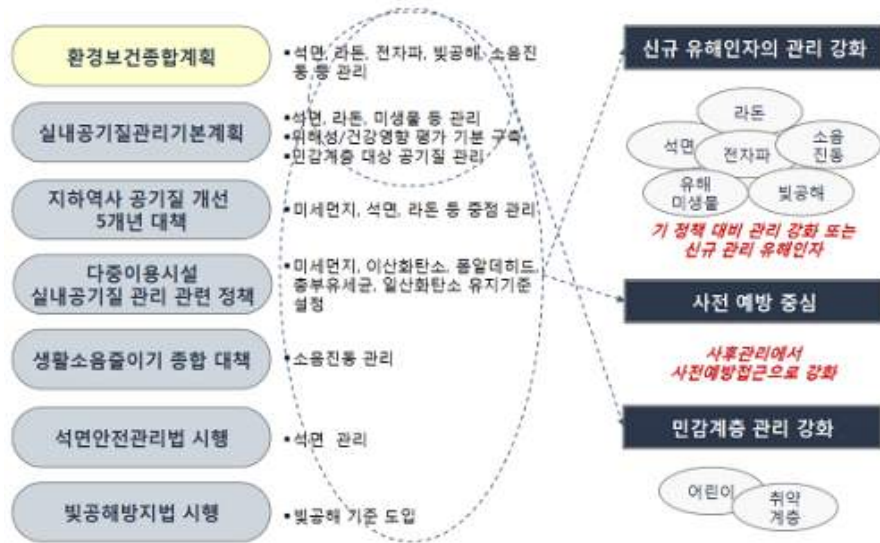


그림 35. 환경보건종합계획 개념도

(출처: 환경보건 10개년 종합계획(2011~2020), 관계부처 합동, 2015.12.22.)

- 환경부는 지하철역사공기질 개선 5개년 대책(2013-2017년)을 수립하여 운용. 밀폐된 공간에 대한 국민 건강 개선 대책을 추진

다. 메르스 등 감염병 대응 정책

(1) ‘국가방역체계 개편’ 확정(‘15.9, 국무조정실)

- 국가정책조정회의를 개최, 향후 신종감염병에 대한 보다 효과적이고 철저한 대응을 위해 “국가방역체계 개편”을 확정



- ① 신종감염병 국내 유입을 차단하고, 유입시 조기 종식이 될 수 있도록 초기 즉각 대응체계 구축
- ② 신종 감염병 유행 확산 대비 신속 진단, 감염병 환자 격리시설과 전문치료체계 구축
- ③ 병원감염 방지를 위해 응급실 선별진료 의무화, 병원감염관리 인프라 확충, 간병·병문안 문화 등 의료환경 개선
- ④ 신종감염병에 능동적으로 대응하고, 방역의 특수성을 감안하여 신종감염병 거버넌스 개편

○ 신종감염병 국내 유입을 차단하고, 유입시 조기 종식이 될 수 있도록 초기 즉각 대응체계 구축

- 감염병에 대한 24시간 정보 수집·감시, 신고·접수, 즉시 지휘통제 기능 등을 수행하기 위한 “긴급상황실(EOC; Emergency Operations Center)”을 구축·운영할 예정

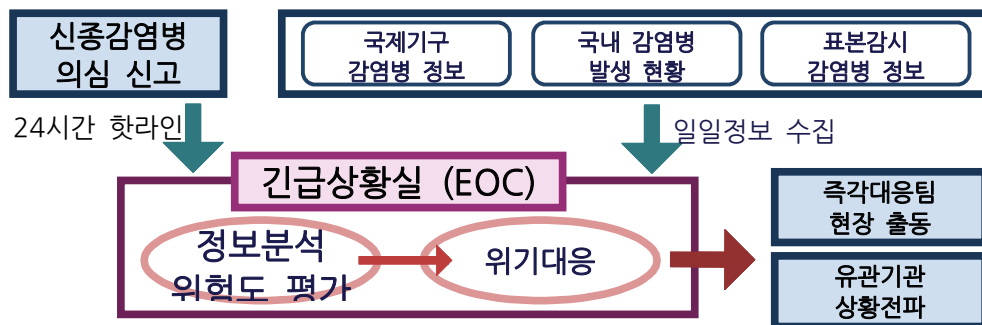
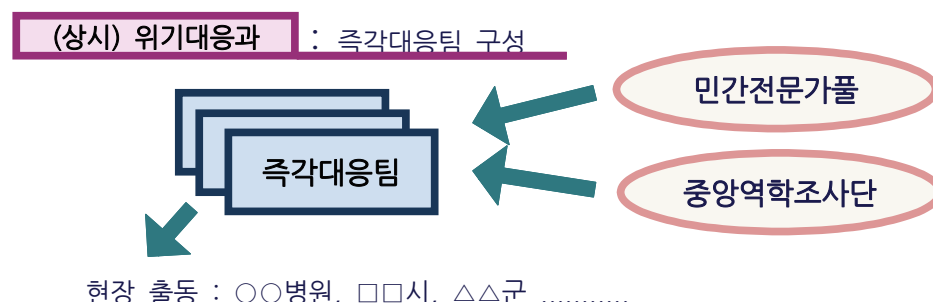


그림 36. 긴급상황실 운영 개요

- 의심환자 발생 시 즉시 질병관리본부 방역관을 팀장으로 하는 ‘즉각대응팀’을 구성



현장방역본부 : 현장 아저사령관 역할
 ※ 시도, 보건소, 의료기관, 경찰, 소방 등 참여

그림 37. 즉각대응팀 구성 및 현장출동

- 메르스 확산의 큰 이유로 지적되고 있는 원활하지 못한 소통문제를 해결하기 위해, ‘Risk Communication 전담부서’ 신설하여 다양한 전문가들과 함께 ’



위기관리소통계획' 및 정보공개의 세부범위, 방법 등을 사전 수립하고, 신종 감염병 발생 시 절차에 따라 관련정보를 즉시 공개하여 투명성 강화 예정

- 방역행정가로서의 우수인력 확보 및 특수직렬(방역직) 신설을 통해 전문 인력 양성 예정. WHO·CDC 등 해외전문기관과 인력파견 등을 통한 인적교류 제도화를 통해 국제공조 강화할 계획

- 위험국가 전체 입국자에 대해서 게이트 검역을 실시하고 잠복기간 동안 모니터링 및 출국자에 대한 주의사항 안내 강화 등 검역 전반을 강화하고, 검역소부터 진단기관 및 의료기관 등이 감염병 유입 조기예측-진단-관리 등 전 과정에 대해 쌍방향의 정보수집이 가능한 '스마트 검역'체계를 구축할 예정

○ 신종 감염병 유행 확산 대비 신속 진단, 감염병 환자 격리시설과 전문치료체계 구축

- 감염병 전문 치료체계를 구축을 목표로 감염병환자 치료를 위한 음압격리병상 확대를 위해 최소 300병상 이상의 전문치료시설 확보로 중앙 및 권역별 감염병 전문치료병원을 지정 예정

○ 국립중앙의료원을 감염병 진료부터 임상연구·교육까지 전담하는 '중앙 감염병전문병원' 으로 지정, 별도 전문센터 설립

* 음압격리병상(150개 이상)·생물안전4등급(BL4) 실험실 등 운영

○ 국립대병원 등 공공의료기관 중심으로 '권역별 전문치료병원' 을 3~5개소 내외 지정

○ 중앙·권역 전문치료병원 설립비 등은 국가 지원하되, 신종감염병 발생시 감염환자 전문치료기관으로 즉시 동원

- 이외에 국가지정 격리병상을 확충(유사시 최대 117명 환자 격리) 및 권역·지역 응급의료센터(144개)에 1인 음압병식을 확충하고, 상급종합병원 및 300병상 이상 종합병원에 일정 수의 음압격리병실 의무화 추진 예정

- 빠른 감염병 진단을 위해 국립보건연구원 내 감염병 전용 진단실험실을 확충

- 신종감염병 백신, 치료제, 진단기기 등의 개발을 위한 관련 다부처 R&D 프로젝트를 추진하고, 메르스 관련 임상·진단자료를 DB화하고, ICT 기술활용 감염특성 분석 및 의료기기·의약품 개발 등에 활용하며, 국가과학기술심의회에서 '감염병 대응 R&D 추진 전략' 수립

- 국가 연구기반 강화를 위해 국립보건연구원 내 신종감염병 연구기능을 강화하여 운영할 예정

○ 병원감염 방지를 위해 응급실 선별진료 의무화, 병원감염관리 인프라 확충, 간병·병문안 문화 등 의료환경 개선



- 응급실을 통한 감염 확산을 막기 위해 응급실 입구에서부터 감염위험환자를 선별진료하고 응급실 음압·격리병상 확보 및 분리진료 하는 것을 의무화
 - 감염병환자를 위한 음압병상을 확대(상급종합병원등 의무화)하고, 1:2인실 일반 격리병상 설치도 확대
 - ‘감염관리실’ 설치 대상 병원을 단계적으로 확대(200병상 이상 → 150병상 이상)하고, 감염전문의사 등 인력기준을 상향조정하여 병원내 감염 관리 기반을 강화
 - 의사의 의학적 판단에 따라 실질적 의뢰절차가 확립될 수 있도록 진료의뢰 수가를 마련
- 신종감염병에 능동적으로 대응하고, 방역의 특수성을 감안하여 신종감염병 거버넌스 개편
- 질병관리본부가 감염병 전담기관으로서 국가 방역을 책임지고 독립적으로 권한을 행사하도록 하며 자율성, 전문성을 대폭 강화하는 방향으로 조직 개편

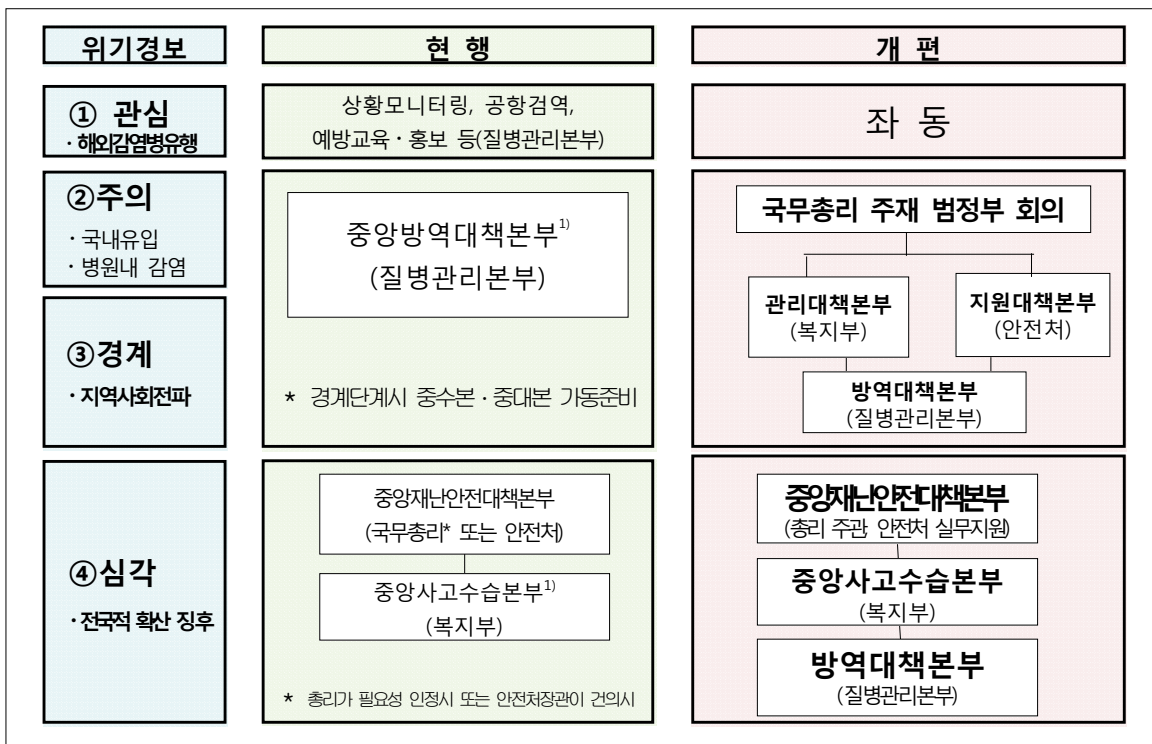


그림 38. 위기경보 단계별 대응 체계 개편(안)

- 감염병을 위험도에 따라 재분류하여, 위험도가 큰 신종감염병 및 고위험 감염병은 중앙정부(질병관리본부)가 총괄하여 방역조치를 지휘·통제하고, 위험

1) 중앙대책본부(본부장 : 안전행정부 장관 또는 국무총리)는 범부처 차원의 자원 동원 및 민간인력 활용방안 마련
 중앙수습본부(본부장 : 보건복지부 장관)는 보건복지부 및 관련 단체의 자원 동원 및 활용 방안 마련



도가 낮은 감염병은 시도·시군구에서 대응

- 질병관리본부가 지자체 역학조사 기술지원·평가, 교육·훈련 등 총괄 지원하는 체계를 마련하고, 일선 지방자치단체의 방역체계 개편 및 역할강화 방안도 별도로 수립 할 예정

표 12. 감염병 분류 개편방향(안)

| 위험도 구분 | 예시 | 현장 방역조치 |
|---------------|------------------|------------------|
| 신종감염병(미지의 위험) | 에볼라, 메르스, 신종플루 등 | 중앙정부 (질병관리본부) |
| 고위험군 | 결핵, 홍역, 생물테러 등 | |
| 중증도 위험군 | 콜레라, 이질, 볼거리 등 | 시도 |
| 경도 위험군 | 말라리아, 쯤쯤가무시 등 | 시군구 |

(2) 국가 감염병 위기대응 기술 개발 추진 전략 수립('04.11, 관계부처 합동)



그림 39. 국가 감염병 위기대응 기술개발 추진전략
비전 및 목표



(가) 국가방역체계와 연계한 감염병 R&D 지원 강화

- 국가방역체계 쏠주기에 걸친 R&D 지원 확대
 - (유입차단) 감염병 매개체 감시 및 방제기술 연구
 - (현장대응) 병원체 검출·고감도 진단 등 현장적용 기술개발
 - (확산방지) 감염병 치료제 연구개발 및 차세대 소독제·방역기기 개발·신개념 인체무해 소독제, 소독/방역 로봇, 감염병 확산 예측 시뮬레이션 기술 등
 - (인프라 강화) 의료현장 감염경로 분석 기술개발
- 판데믹(대유행) 감염병 현장대응 기술개발 확대
 - 신속한 병원체 감지를 위한 ICT 기술 활용, 현장적용이 가능한 감염병 진단 기법을 의료현장·지자체 등에 신속히 전수²⁾
- 국가 감염병 관리기술 중심의 R&D 추진
 - 감염병 유행정보 및 위기분석·관리 시스템³⁾ 구축·운영, 병원체 검출 및 특성 분석 사전연구, 현장적용 진단기술 개발 지원
 - 국가병원체자원은행 내 감염병 정보·자원 확보 등 재난대응 인프라 강화⁴⁾ 및 공공백신개발·지원센터 설립⁵⁾

(나) 감염병 R&D 부처간 연계 및 범부처 총괄·조정 강화

- 『범부처감염병대응연구개발추진위원회』를 통해 감염병 연구개발 기본계획 수립, 국가과학기술심의회와 연계
 - 감염병 R&D가 국가방역체계에 적극 기여할 수 있도록 법적 근거 마련(“감염병 예방 및 관리에 관한 법률”) 및 지원사무국 설치

◇ '09. 범부처 감염병 연구추진 지시(VIP)에 근거, 질병관리본부장(위원장) 외 관계부처 국장급(8개 부처, 14명) 및 전문가(11명) 등 총 26명으로 구성('10.12월 이후 연간 1회 이상, 총 8회 운영)

- 방역당국이 각 부처 감염병 연구개발 현황을 상시 모니터링 할 수 있도록 감염병 연구정보 공유 네트워크 구축⁶⁾

2) 진단기법 개발(각부처) → 유효성·안정성 평가 및 인증(식약처) → 의료현장·보건소 전파 및 활용(질본)

3) The Global Public Health Information Network(GPHIN, 캐나다-WHO), ProMED(국제감염병학회)와 연계, 신·변종·해외유입 감염병 분석에 활용('16) 메르스·지카바이러스 등 20종 → ('21) 28종 이상 분석 목표

4) BSL-3 실험실 확대('12) 39→('16) 55개소, 일본 내 BSL-4 실험실 구축 완료('17)

5) 공공백신 연구·개발, 백신 후보물질 효능평가 및 기술지원('17~'21. 677억원)

6) 연구관리기관(한국보건산업진흥원·한국연구재단 등)-질본간 감염병 연구개발 정보공유를 위한 MOU 체결



- 부처간 역할분담⁷⁾ 및 사업연계(예. 다부처 공동기획)
- 현장적용 기술수요 공동발굴 및 연구성과 공유를 위한 협력채널 구축⁸⁾을 통하여 산-학-연과 연계 강화

(다) 민관 협력 및 R&D 성과관리 강화

- 감염병 R&D 기획~제품화까지 민-관간 전주기적 협력체계 구축
 - 조기 진단, 백신 및 치료제 개발 등 정부 R&D에 기업 참여 확대, 임상시험·제품 허가 지원, 기업의 글로벌 시장 진출 지원⁹⁾
- 『범부처감염병대응연구개발추진위원회』를 통해 매년 부처별 감염병 R&D 성과 점검을 실시하고, 점검결과가 R&D 기획 및 예산 등에 반영하는 환류체계 구축



그림 40 국가 감염병 R&D 성과관리체계

(라) 국제협력 및 연구 인프라 강화

- 양자·다자협력을 통한 글로벌 감염병 네트워크 주도적 참여¹⁰⁾
 - 신종 감염병 발생국(아프리카·중동·남미·동남아)과 국제 공동연구·교류 확대¹¹⁾
 - WHO 협력센터 지정 추진, 국제백신연구소(IVI)-공공백신개발·지원센터(일본)간 협력¹²⁾ 등 국제 연구기관·기구와 공조
 - ODA 사업을 통해 WHO WPRO와 협력하여 감염병 R&D 추진

7) 미래부(기초/기전원천연구 및 IT), 복지부(사람), 농식품부(가축), 환경부(야생동물), 식약처(허가 및 평가), 안전처(피해예측 및 환자이송) 등
 8) 산학연의 연구 인프라(예. BSL-3/4 실험실)를 병원·방역기관과 공유·활용
 9) 백신기업의 'WHO 사전적격성 평가인증(PQ, 허가절차 간소화)' 획득 지원 및 임상시험 지원(글로벌임상시험혁신센터·글로벌제약펀드)
 10) '17. 제4차 글로벌보건안보구상(GHSA)에서 의장국으로 활동 예정 및 질병관리본부가 자문위원으로 참여한 WHO R&D Blueprint 발표 예정('16.5월)
 11) 감염병 정보, 병원체 자원 조기 확보 및 특성규명, 진단치료기술·백신 등 평가를 위한 연구교류 활성화 및 MOU 체결
 12) IVI-일본간 백신개발(지카 및 노로바이러스)을 위한 공동연구 추진



○ 영국(PHE)·미국(CDC·NIH)·EU(ECDC) 등 주요국 감염병 국가기구 및 의대와 교류·협력을 통해 감염병 전문인력 양성¹³⁾

- 신·변종 병원체 대응기술 습득 전문가, 국제기구(WHO 등) 파견

(마) 감염병 R&D 3대 유형, 10대 분야 집중 지원

○ 국민 건강에의 위협성·대유행가능성·전략적 지원필요성 등을 기준으로 감염병 R&D 기술을 3대 유형·10대 중점분야로 구분

- 10대 중점분야 내 중점기술을 선정¹⁴⁾하여 R&D 지원 확대

표 13. 감염병 R&D 기술개발 중점 추진분야

| 3대 유형 | 10대 중점분야 | 범위 |
|-----------------|----------|--------------------------------------------------|
| 신·변종 및 해외유입 감염병 | 신종/원인불명 | • MERS(급성호흡기), Ebola(고위험출혈열), 해외유입 신종 감염병 등 |
| | 기후변화 | • 지카 바이러스(Zika virus), SFTS, 쓰쯔가무시증, 뎅기열 등 |
| | 인수공통 | • ‘동물과 사람간에 서로 전파되는 감염병’ 중 10종을 지정 |
| | 인플루엔자 | • 계절 인플루엔자, 신종 인플루엔자, 조류 인플루엔자 등 |
| 미해결 감염병 | 다제내성균 | • 항생제에 내성을 가진 균에 의해 발생하는 감염질환 |
| | 결핵 | • 결핵균에 의해 발생하는 폐결핵 및 폐외결핵 등 질환 |
| | 만성감염 | • HIV/AIDS, B형간염, C형간염, HPV, Herpes Virus 등 |
| 국가 감염병 안전망 구축 | 재난대비/관리 | • 감염병(가축포함)에 따른 사회적 재난 (ICT기술 활용, 감염병환자인지시스템 구축) |
| | 예방접종/백신 | • 국가예방접종사업의 대상이 되는 10개 질환 및 백신기반 기술 |
| | 생물테러 | • 감염병 예방법 상의 “생물테러 지정 감염병” 및 “고위험병원체” |

※ 중점기술(82건)에 대한 투자우선순위를 도출, R&D예산 편성시 반영('16.하반기)

(3) 감염병 확산 방지 정책

○ 국가정책조정회의를 개최, 향후 신종감염병에 대한 효과적이고 철저한 대응을 위해 “국가방역체계 개편방안”을 확정하였음

13) 감염병의 기초(미생물학), 임상, 역학분야 연구자 양성, 전문인력 DB구축

14) 시급성·영향력·국가적 중요도·국내 개발역량 등을 기준으로 82건 선정('16.3월)

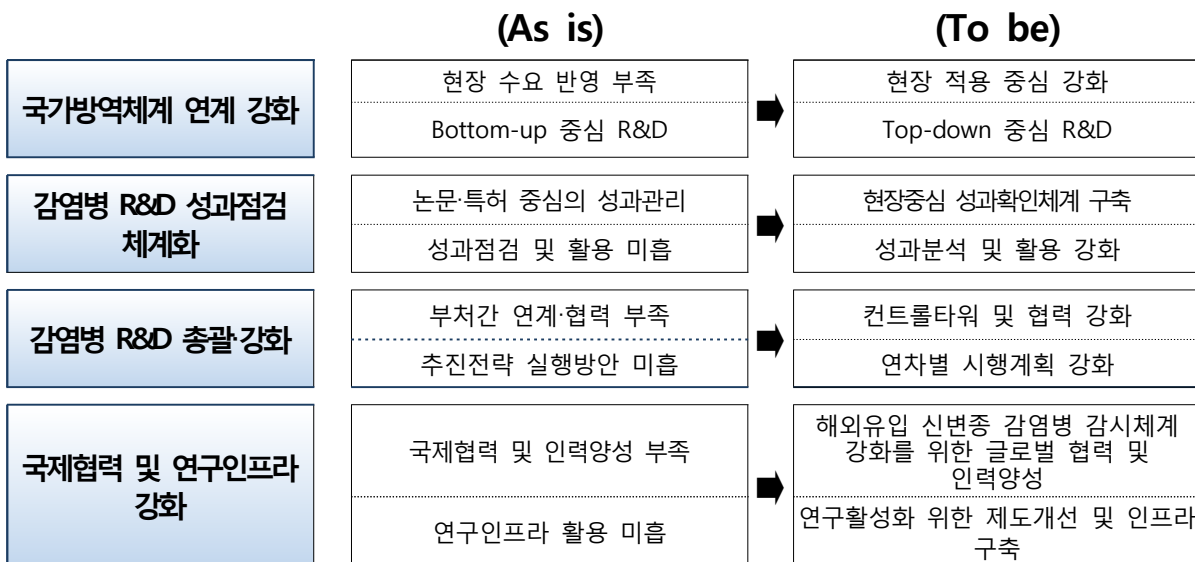


표 14. 국가 감염병 위기대응 기술 개발 추진 전략 비교

| 구분 | 제1차 추진전략('12~'16) | 제2차 추진전략('17~'21) |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 비전 | 감염병 걱정없는 건강하고 안전한 국가 실현 | |
| 추진 전략 | <ul style="list-style-type: none"> - 감염병 대응을 위한 국가 전략적 R&D 투자 강화 - 실효성 제고를 위한 범부처 협력 강화 - 환경변화에 따른 신변종 감염병 조기 대응 - 감염병 대응 기반기술 및 인프라 강화 | <ul style="list-style-type: none"> - 국가방역체계와 연계한 감염병 R&D 자원 강화 - 감염병 R&D 부처간 연계 및 범부처 총괄 조정 강화 - 민간 협력 및 R&D 성과관리 강화 - 국제 협력 및 연구인프라 강화 |
| 중점 분야 | <ul style="list-style-type: none"> - 8대 중점분야 (신종인플루엔자, 다제내성균, 결핵, 인수공통감염병, 생물테러, 만성감염, 기후변화, 원인불명) | <ul style="list-style-type: none"> - 10대 중점분야 (3대 유형) (인플루엔자, 다제내성균, 결핵, 인수공통감염병, 생물테러, 만성감염, 기후변화, 신종 및 원인불명, 예방접종 및 백신, 재난) |

- “국가방역체계 개편방안”에서 메르스 발생이후 대응과정, 국회 특위에서 제기된 메르스 발생 원인을 철저히 분석하고, 현장간담회, 공청회, 감염병관리위원회 등을 통해 현장 경험자, 각계 전문가 및 관계자 등의 의견을 폭넓게 반영

표 15. 국가 감염병 위기대응 기술 개발 추진 전략 개선(안)





- “국가방역체계 개편방안”의 주요 내용 중 「신종감염병 국내 유입을 차단하고, 유입시 조기 종식이 될 수 있도록 초기 즉각 대응체계를 구축」을 기반으로 감염병 R&D 진원
- 중점과제에서 24시간 긴급상황실(EOC) 운영, 즉각대응팀 및 현장방역본부 출동 및 방역 조치, 위험국가에 대해서 게이트 검역 실시, 모니터링 및 출국자에 대한 주의사항 안내 강화 등 검역 전반 강화 등 검역소로부터 진단기관 및 의료기관 등이 감염병 유입 조기 예측·진단·관리 등 ‘스마트 검역’ 체계 구축 예정

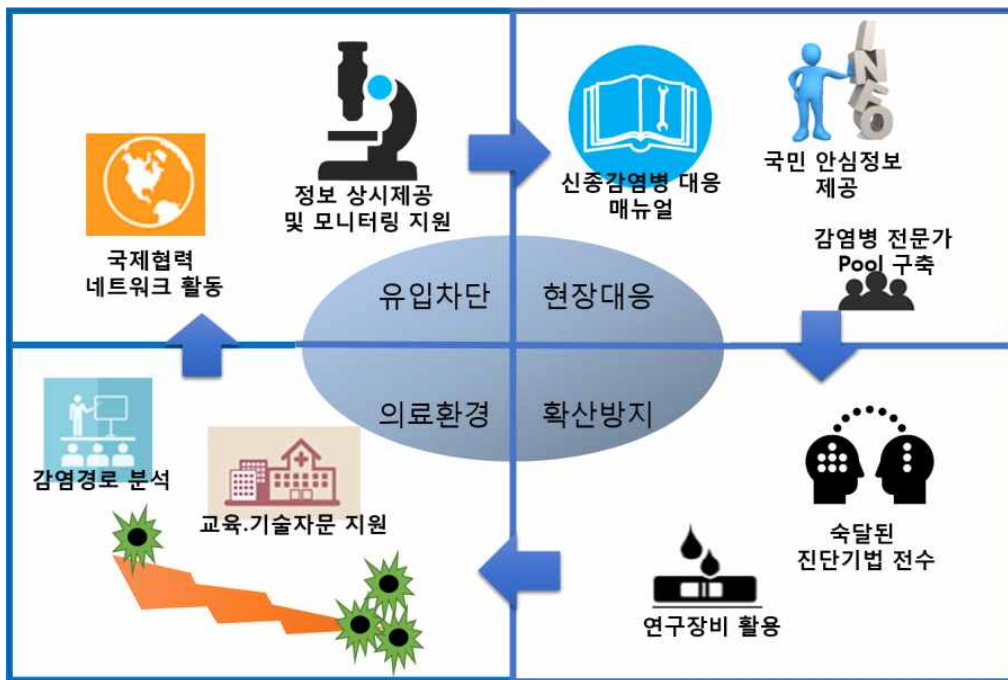


그림 41. 국가방역체계와 연계한 감염병 R&D 지원

- 또한, 「신종 감염병 유행 확산 대비 신속 진단, 감염병 환자 격리 시설과 전문 치료체계 구축」 및 「병원감염 방지를 위해 응급실 선별진료 의무화, 병원감염 관리 인프라 확충, 간병·병문안 문화 등 의료환경 개선」에서 감염병 전문 치료체계 구축(음압격리병상 확대), 응급실을 통한 감염 확산방지를 위한 음압·격리 병상 확보, 병원감염관리 강화 등 격리시설에 확대 및 진단실험실을 확충 예정
- “국가방역체계 개편방안”에 따라 검역체계 및 치료시설 등 증대로 인해 감염병 확산에 노출되어 있으며, 이와 관련하여 감염병 2차 확산에 대한 대응이 같이 이루어져야 함. 검역소 및 치료 병실 등 감염병 확산방지를 위한 체계 구축이 절실함



라. 하·폐수 폐기물 처리 정책

(1) 국내 하·폐수 폐기물 발생 현황

- 하수도 보급률이 증가하고 하수처리시설이 확충되고 있으며, 총인처리 설비들이 설치됨에 따라 국내의 하수슬러지 발생량은 꾸준히 증가하고 있음. 연평균 509%씩 증가하여 2025년에는 2006년 대비 2배가량으로 증가할 것으로 예상
- 2014년 국내에서 발생하는 하수 슬러지는 10,197톤/일이며, 이들은 육상매립, 소각, 재활용 등으로 처리되고 있음. 2012년 이후에는 해양배출은 전면 금지됨
- 국내에서 발생하는 슬러지 현황은 다음과 같음

표 16. 국내 하수슬러지 처리 현황

| 구분 | 합계 | 육상매립 | 소각 | 재활용 | 해양배출 |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2006년 | 7,446(100) | 64(0.9) | 937(12.5) | 1,139(15.3) | 5,306(71.2) |
| 2010년 | 8,438(100) | 926(11.0) | 1,492(17.7) | 2,395(28.4) | 3,600(42.9) |
| 2011년 | 9,145(100) | 1,521(16.6) | 2,115(23.1) | 2,761(30.2) | 2,747(30.0) |
| 2012년 | 9,799(100) | 1,750(17.9) | 2,996(30.6) | 5,053(51.6) | - |
| 2014년 | 10,187(100) | 105(1.0) | 2,958(29.0) | 7,124(69.9) | - |

(출처: 환경부, 전국하수슬러지 처리현황, 2014)

- 이 중에서 본 연구개발에서 활용 대상인 슬러지는 총인처리설비를 비롯한 화학적 응집공정에서 발생한 슬러지로 응집제를 사용하는 공정에 티탄염 응집제의 투입이 가능하고 원수에 무기물의 함량이 낮은 특성을 지님

(2) 하·폐수 폐기물 처리 및 재활용 정책(출처: 환경부, 하수슬러지 감량화 방안 연구, 2011)

(가) 하·폐수 폐기물 처리시설 확충 정책

- 해양배출이 금지됨에 따라서 육상 처리 시설을 확충하고 신규 설치보다는 인근지역에 위치한 하수 슬러지와 연계처리 활성화를 통해 가동률 제고 및 처리비용을 절감하는 슬러지 처리시설 광역화방안을 추진
- 발생원에서 슬러지를 감량하는 것이 처리시설 설치 운영에 따른 경제성이 높은 것으로 평가됨
- 일정 규모 이상의 처리시설을 대상으로 소화조를 개량하여 효율을 높이거나 신규 소화조 설치를 통한 감량화를 추진하는 한편 소화조에서 음식물 및 분뇨



등의 연계처리도 병행하여 소화가스 발생량을 증가

- 소화가스를 이용한 발전 등을 통해 처리장에서 사용하는 에너지 소비량을 줄이는 에너지 자립률 제고 대책까지 병행하여 추진

표 17. 하수슬러지 문제점과 개선방향

| 항목 | 문제점 | 개선방안 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 정책 및 법제 | <ul style="list-style-type: none"> - 하수고도처리 위주 정책으로 하수슬러지 처리시설 및 감량에 대한 대책 미흡 - 방류수질 강화로 인한 하수슬러지의 과다 발생 - 하수슬러지 처리 및 감량화 시설 운영관리 정책부실 - 하수슬러지 통합운영 및 비상시 운영 대책안 미흡 | <ul style="list-style-type: none"> - 하수처리장별 슬러지 특성을 고려한 하수슬러지처리 및 감량시설지원 - 하수슬러지 감량에 대한 재정지원 확대 - 하수처리구역 감량화/가용화 시설의 단계적 설치 및 에너지자립화로 전환 - 인근지자체 통합운영과 비상운영시 광역 관리 체제 구축 |
| 제조 설치 시공 | <ul style="list-style-type: none"> - 하수슬러지 감량화 시설(소화조) 노후화로 인한 개선 및 개량 시급 - 하수슬러지 처리 및 감량시설의 설계, 시공상 오류 발생 - 하수슬러지 발생원별 동일화하는 인식 | <ul style="list-style-type: none"> - 하수슬러지 감량화시설의 개선 기준 마련 - 시설 내 성능향상을 위한 자체적인 기술 확보 및 지원체계 지원 - 하수슬러지 처리 및 감량시설 보완 - 성능검사기준의 개선 |
| 유지 관리 | <ul style="list-style-type: none"> - 시설운영주체의 인식 부족, 전문관리능력 미비 - 수처리 위주 위탁관리업체의 하수슬러지 처리 전문성 부족 | <ul style="list-style-type: none"> - 하수슬러지 처리 및 감량시설 유지관리 기준 마련 - 공무원, 관리자, 운영요원에 대한 교육 - 하수슬러지 처리시설 지역관리제도의 도입 |

(출처: 환경부, 하수슬러지 감량화 방안 연구, 2011)

(나) 하·폐수 폐기물 처리시설 운영 관리 선진화 정책

- 슬러지 처리 및 감량화 시설의 전 과정 평가를 통한 최적의 처리기술 도출 및 설치 운영 가이드라인을 개발
- 이를 운영 중인 처리시설을 대상으로 ‘슬러지 처리 전과정 평가 및 통합관리 방안(LCM)’을 마련하여 슬러지 처리 시설 설치 및 운영 관리 선진화 추진

(다) 하·폐수 폐기물 재활용 활성화 정책

- 하·폐수 폐기물 연료화 관련 제도 개선 방안을 마련하여 건조 연료화로 생산된 부산물에 대한 열병합발전소 사용, 중금속 기준 완화 방안, 염색폐수 및 식음료 폐수 슬러지에 대한 연료화 방안을 검토하여 제도 정비

(3) 하·폐수 폐기물의 고급 소재화 기술 개발 필요



- 하·폐수 폐기물에 대한 정책은 지금까지 폐기량의 감소에 초점이 맞추어져 있음. 만약 하·폐수 폐기물을 고급 자원화 할 수 있다면 보다 적극적인 활용으로 정책 방향을 전환할 수 있음
- 이에 적합한 접근이 하·폐수 폐기물을 활용한 산화티탄 광촉매를 생산하는 것으로 고부가가치를 창출할 수 있는 연구개발을 진행할 가치가 있음

마. 광촉매 활성화 정책

- 미래부는 “제4기 나노종합발전계획”을 확정하고 이를 통하여 나노기술의 제조업 현장 확산을 추진하고 미래 유망산업 주도기술에 대한 조기투자를 통해 글로벌 나노기술 혁신을 선도하는 계획을 수립(출처: 제4기 나노기술종합발전계획 3대 전략 12개 과제, 미래창조과학부, 2016.4.11.)
- 본 기획과 광촉매 원천소재의 기술 개발을 제4기 나노기술종합계획과 연계하여 추진하면 다음과 같음

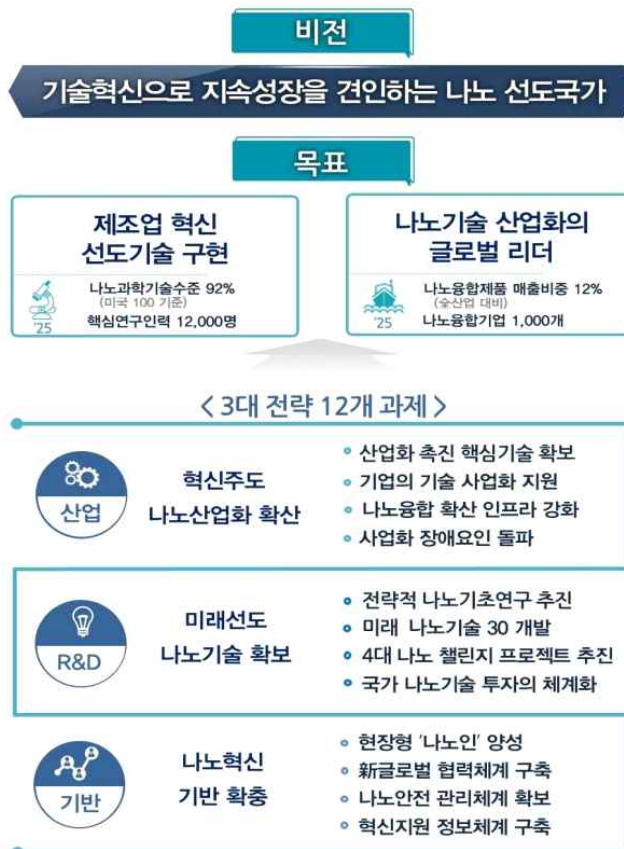


그림 42. 나노기술종합발전계획 3대 전략 12과제



- 산업화 촉진 핵심기술 확보
 - 산화티탄 원천소재를 슬러지에서 제조하는 원천기술 기 확보
 - 단, 산화티탄 원천기술을 활용하여 대량 생산하는 기술 개발 필요
 - 산화티탄의 광촉매 작용 효율을 높이기 위해서는 나노 수준의 재료 가공기술 개발이 필요하며, 이를 본 과제 연구개발사업을 통해 확보
- 전략적 나노기초연구 추진
 - 산화티탄 광촉매의 촉매반응 활성화 관련된 기초연구를 추진
- 국가 나노기술 투자의 체계화
 - 국가 R&D로 기 개발된 나노소재 가공기술을 산화티탄 광촉매 가공기술에 적용 국가 투자로 개발한 나노기술의 효율을 높임

바. 관련 기술 연구개발 정책

(1) 국토교통 R&D 정책

(가) 건설교통 R&D 중장기계획 ('12.5, 국토해양부)

- 미래의 환경변화에 대응하고 지속가능한 녹색성장을 위해 국토교통부는 「건설교통 R&D 중장기계획」을 수립

① 첨단건설 재료

- 강재, 콘크리트 등의 SOC 시설물 소재분야 첨단화를 통한 친환경·고효율·고성능 건설재료 개발

② 친환경 도로

- 도로수명 증대, 혼잡비용 저감, 도로유발 대기오염감소 등 인간·환경 친화적이며 지속가능한 도로기술 개발

- 본 기획과제는 첨단 친환경 건설재료 및 자재 개발과 관련 있으며 응용기술 연구개발을 통하여 환경 친화적인 지속가능 도로시설물 기술을 확보하고자 함

(나) 국토교통 R&D 사업체계 개편(안)

- 본 기획과제는 첨단 친환경 건설재료를 포함하는 건설기술연구사업과 연관성을 지니고 있음



- 국토교통 R&D 사업체계 개편(안)에 따르면 본 기획과제는 「사회기반시설 자율진단·관리 기술개발」과 연관성을 지님
 - 즉, 도로, 터널 및 지하철 역사 등 사회기반시설을 사용하는 국민의 안전과 건강 활동과 밀접한 연관성을 지니고 있음
 - 기존 사회기반시설의 대기 환경을 청정하게 유지함으로써 사회기반시설의 안전성과 장수명화를 유지할 수 있게 함

(2) 감염병 확산방지 연구개발 정책

- 메르스 등 감염병 대응 국가적인 연구이슈 확산 및 정책 개발 추진
 - 감염병 R&D의 개별적인 추진으로 인한 기관 간 중복성 및 정책과의 연계 미흡 방지 (상시 협조 체계 마련)
- 다부처 공동 이슈에 대한 융복합연구활성화, 유사, 중복방지를 위한 공동 기술 수요조사 및 과제 발굴, 기획 등 부처 간 협의 조정 강화
 - 중장기 투자 포트폴리오에 근거한 체계적 지원을 위하여 매년 부처별 감염병 R&D 시행 계획 및 실적분석, 투자 방향 제시
- 범부처 연계 및 협력이 필요한 중점 분야에 대한 공동 기획
 - 범부처 연계 필요한 분야 또는 사업 도출, 부처 간 사업 영역 조율 및 공동 사업 발굴 필요시 공동 기획 추진
 - 범부처 실무자 협의체 운영

2. 국외 정책동향

가. 미세먼지 대응 정책

(1) 유럽

- 2003년 6차 환경 행동 계획에서 NO_x 감소를 포함한 공기질 개선 노력에 대한 방향성 채택
- 2008년 3월 21일 공기질 개선 관련 2008/50/EC Directive(훈령)가 채택되어, 2010년까지 27개국들은 관련 훈령을 이행하기 위한 제반 수단을 구축하기로 의결
- 이를 이행하기 어렵다는 평가와 함께 2011년 2월 9일 유럽의회에서 NO₂를 줄



이기 위한 노력을 2015년까지 유예하도록 결의

- 독일의 경우 Environmental Zone을 제정하여 자동차의 매연에 의한 오염을 감소하고자 하는 정책을 추진하고 있음
- 유럽은 Euro Standard(자동차 배출가스 규제등급)를 통하여 자동차의 NOx 방출량의 저감을 강력하게 유도. 방출된 NOx를 줄이기 위한 수단으로 광촉매기술에 주목

(2) 중국

- 심각해진 스모그 발생으로 인하여 대기오염에 대한 관심이 확대되고 피해가 확산됨에 따라 강도 높은 '대기오염방지 행동계획'을 수립하고 환경 규제 및 예산 투입(출처: 대기오염 방지기술 중국 진출을 위한 간담회 개최, 환경부 보도자료, 2013.12.30.)
 - 2017년까지 전국 지급 이상 도시의 PM₁₀ 농도를 '12년 대비 10% 이상 감축하여, '대기질 좋음(우수)', 일수를 점진적으로 제고
 - 오염심각 지역인 베이징, 톈진, 허베이 지역과 장강 및 주강삼각주 등 3대 대기오염 심각 지역은 PM_{2.5}의 농도 기준 '12년 대비 25%, 20%, 15% 감축
- 대기오염 국가라는 오명을 벗기 위하여 매우 강력한 형태로 2015년 8월 대기오염방지법을 15년 만에 전면 개정
 - 오염배출총량제 적용 대상 지역을 전국으로 확대하고 청정에너지 사용을 확대하는 정책을 채택
 - 환경오염 유발자에 대한 처벌을 강화하고 대기오염 사고를 발생한 기업에 대한 벌금의 상한액을 폐지함
- 베이징은 도심 진입 차량에 혼잡 통행료 명목으로 하루 최고 50위안의 스모그 세금을 물리고 있으며, 2008년 8월 올림픽 개최 이후 승용차 5부제를 시행하고 신규 차량 번호판을 한달에 2만대까지만 추첨하여 공급함으로써 차량 증가를 제한하고 있음

(3) 일본

- 2010년대 수소, 전기차 등 에코차의 보급을 활성화하는 정책을 추진하고 있으며, 상당한 성과를 보이고 있음
- 도쿄도는 2011년부터 '저공해·저연비차' 제도를 시행해 배기가스와 미세먼지를 기존보다 75% 이상 줄이는 등 대기질을 추가적으로 개선하는 프로젝트에



돌입한 상태임. 휘발유·디젤차 논란을 벗어나 아예 배기가스를 배출하지 않거나 크게 줄인 수소자동차(연료전지차), 전기차, 하이브리드차량을 크게 늘리는 게 핵심임.

- 도쿄도는 200대 이상의 자동차를 사용하는 사업자들은 2021년까지 저공해차·저연비차 도입 비율을 전체 차량의 15%로 늘리도록 하고, 일본 정부와 지방자치단체는 공해물질이 아예 나오지 않는 연료전지차 등 수소경제를 2020년 도쿄올림픽 때까지 본궤도에 올려놓을 방침임. 또한, 정부와 지자체 보조금도 증가 추세임.
- 일본 정부가 주도하고 있는 수소경제는 호텔, 컨벤션 등 대형 복합단지에 들어가는 전기 발전용으로 확대될 예정이어서 도쿄 대기환경이 한 단계 업그레이드될 것이라는 진단하고 있음. (출처: 매일경제, 10년 대계...한국과 차원이 다른 일본의 미세먼지 접근법, 2016.06.01)

나. 실내공기질 및 새집 증후군 저감 정책

(1) 미국 (북미)

- 미국은 실내공기오염을 직접적이고 통일적으로 규제하는 방식보다는 최소한의 단편적인 규제방식이 주를 이룸
 - 건강문제를 야기하는 물질을 정하고 이들 물질에 대한 특별프로그램을 마련하는 방식으로 대응
 - GREEN GUARD, Green Label, Green Label Plus 등과 같이 일반건축자재, 접착제, 바닥재, 벽지, 도료, 천장재, 단열재, 소비자용품, 사무가구, 사무기기, 전자제품, 섬유제품, 청소용품, 카펫, 쿠션, 바닥용 접착제 등에 관한 민간 차원의 자율적 표시 제도를 운영
 - 이에 따른 표시를 위해서는 휘발성유기화합물, 포름알데히드, 스티렌, 미세먼지, 벤젠, 오존 등에 관한 방출기준을 충족할 것을 요구함
- 환경보호청(Environmental Protection Agency: EPA)는 실내공기질 전담부서로 실내환경과(Indoor Environments Division: IED)를 두고 실내공기오염물질로 인한 인체건강리스크, 인체 노출을 저감하는 방법 등에 관한 연구를 수행하고 이를 일반 공중에게 교육시키는 기능을 담당
 - EPA는 담배연기(Environmental Tobacco Smoke: ETS), 라돈, 석면, 납, 휘발성유기화합물, 살충제 등을 중요한 실내공기오염물질로 파악하고 있음



- 다수의 법령에 근거하여 다수의 관계부처가 다양한 형태의 프로그램을 통하여 실내공기오염을 관리하고 제도적 장치를 마련하고 있음
 - EPA의 전담부서를 중심으로 연구, 교육 등을 추진하고, 관련 기업이나 단체와의 자발적인 협정 체결 및 지원을 활성화하고 있음
- 캐나다는 실내 유해물질과 관련된 건강주택 프로젝트를 수행하여 기존의 에너지 절약형 고단열/고기밀 주택의 기본적 사양을 만족하면서 유해오염물질이 발생하는 도료와 건자재의 사용을 최대한 억제하도록 하고 있음

(2) 유럽연합

- 공기질 관리의 목표는 설정하고 있으나 실내공간의 공기오염보다는 실외의 대기오염에 중점을 두어 관리하고 있고 실내공기질을 직접적으로 관리하기 위한 구속적인 규범을 마련하고 있지 않음
- 다만, 실내공기질 악화의 원인이 되는 화학물질에 대한 등록·평가·허가 및 제한을 규정함으로써 화학물질로 인한 인체건강 또는 환경 리스크를 규제하는 REACH 규칙, 건축자재지침(Construction Products Directive: CPD) 등이 실내공기질 관리와 일정한 관련성이 있는 구속력 있는 규범으로 적용하고 있음
- 독일의 실내공기질 기준은 연방환경청(Umweltbundesamt)에 설치된 실내공기위생위원회와 각 주의 최고보건행정청협의회의 위원들로 구성된 임시워킹그룹에 의해 권고기준(Richtwert)의 형태로 설정되어 운영하고 있음
- 프랑스의 경우 실내공기질 관리를 위한 법은 존재하지 않으나 다수의 법령을 통해 간접흡연, 우레아폼(mousse urée-formol: urea-foam), 라돈, 공기배출량 등을 규제하고 있음

(3) 일본

- 실내공기질 관리에 관한 법률로는 대기오염방지법, 건축기본법, 주택의 품질확보의 촉진 등에 관한 법률, 건축물에서의 위생적 환경의 확보에 관한 법률, 학교보건안전법, 건강증진법, 노동안전위생법 등이 있음
- 관련 법령과 관련 부처가 분산되어 있고, 특정건축물에 대하여 오염물질별로 구속력 있는 기준을 정하고 있다는 점에서 우리나라와 유사함
- 일본의 실내공기질 관련 법령과 기준 특징
- 빌딩위생관리법은 ㉔공기질뿐만 아니라 다른 위생적 요소까지 함께 고려하도록 하고 있고, ㉕ 온도, 습도, 기류 등에 대해서도 구속력 있는 기준을 마



련하고 있으며, ㉔ 특정건축물의 설치에 대한 신고 및 건축물환경위생관리기술자의 선임을 의무화하고 있고, ㉕ 건축물의 공기환경측정 관련 전문업종 등록제도를 도입하고 있음

- 건축기준법은 모든 건축물에 대하여 포름알데히드나 클로로피리포스 등의 방출농도에 따라 건축재료 사용면적을 제한하고 있음
- 주택품질확보촉진법은 포름알데히드 등 오염물질의 항목과 환기설비 등의 항목을 표시하는 주택성능표시제도를 도입하고 있음
- 학교보건안전법은 ㉖ 온도, 상대습도, 기류 등에 대한 기준을 정하고 있으며, ㉗ 학교환경위생기준을 충족하고 있지 못한 경우 교장으로 하여금 개선조치를 강구하도록 하는 한편, ㉘ 이것이 불가능한 경우에는 학교 설치자에게 이를 알리도록 함으로써, 개선조치의 적기 이행이 가능하도록 배려하고 있음
- 가정용품규제법은 유해물질의 함유량 등에 관하여 필요한 기준을 정하고 이에 적합하지 아니한 유해물질을 함유하는 가정용품의 판매를 금지하는 등의 방식으로 생활용품에서 기인하는 공기오염을 방지할 수 있는 제도적 장치를 구비하고 있음

○ 일본은 2008년 녹색 경제사회를 위한 혁신 보고서를 기본 골격으로 하여 친환경 정책의 일환으로 민간건축부문의 설비 개선과 인증제도를 도입하여 친환경적 주택보급의 확대를 추진하고 있음

○ 일본의 경우 New sunshine 프로젝트, CASBEE 정책 및 주택판 에코 포인트 등에 의한 에너지 절감, 환경친화형 그린 건축재료 산업 육성책을 마련함

다. 메르스 등 감염병 대응 정책

(1) 미국

○ 미국의 감염병 대응을 비롯한 공중보건위기에 대한 일차적인 대응은 주정부 및 지방정부의 관할이며, 주정부의 대응역량을 초과하는 경우 연방정부나 CDC의 지원을 요청하는 구조임

○ 미국의 감염병관리기구인 CDC는 독립적인 인사권 및 예산권을 가지고 있으며, 전문가 집단으로서 감염병 대응에의 역량을 인정받고 있음

○ 공공 및 민간 의료기관 차원에서도 감염관리에 대한 병원 차원의 교육 및 훈련이 이루어지고 있으며, 지자체와의 alert system을 통해 감염질환에 대한 모니터링 및 정보공유가 상시적으로 운영되고 있음



(2) 프랑스

- 지역단위의 감염병 관리와 역학조사 등을 수행하기 위한 별도의 상시 모니터링 팀을 운영하고 있음
- 의심사례가 발생하는 경우 최우선적으로 응급이송체계를 통한 격리 등의 조치가 이루어지도록 하고 있으며 이를 통하여 초기에 감염병의 전파를 차단하고 있음
- 신종 감염병에 대한 의심환자 분류 방법, 대처 방안에 대한 권고안 등을 보건 의료 전문가로 구성된 공공보건 고등위원회에서 제시하고 이에 대한 권위를 부여함
- 감염병 전문기관인 질병관리연구소(InVS)는 보건위기 등에 대한 각종 정보를 수집하고 분석하여 잠재적인 위험에 대응하는 역할을 주로 담당하는 응용과학 분야에 종사하는 전문가 집단으로 이루어져 있음

(3) 독일

- 질병통제기구인 RKI는 공중보건위기에 대한 정책적 조언과 함께 병원체 및 위해도 연구를 담당하고 있으며, 전통적인 감염병을 일으키는 병원체연구에 대한 전문성을 가지고 있어 위기상황 시 기술적인 지원을 진행함
- 감염병 방지를 위한 연방정부와 주 정부의 위기관리도구로, 행동지침을 법 규정화시켜 법적 구속력을 부여함

라. 하·폐수 폐기물 처리 정책

(1) 미국

- 미국은 1980년대까지는 하수슬러지를 강, 호수, 만 등에 직접 투기하였으나 1992년부터 해양배출을 전면 금지하고 토지 주입을 적극 권장하고 있으며, 1994년 하수오니재사용에 관한 법률을 제정하여 전답, 골프장, 살림과 공원에 살포 가능하도록 함.
- EPA를 중심으로 하수슬러지 비료화를 적극 장려하여 1988년 하수슬러지의 비료화 비율을 약 21.9%, 매립 처리율은 34%에서 비료화율을 61%까지 상승시키고 매립 처리율을 감소시킴.
- 이중에서 본 연구개발에서 활용 대상인 슬러지는 비료화가 어려운 금속 물질



이 포함된 응집 공정에서 발생한 슬러지로서 일반적인 소각이나 복토재로 이용도 어려운 악성 슬러지에 관한 것임.

표 18 미국 하·폐수 폐기물 처리 현황

(Dry Base, 천 톤)

| 처리방법 | | 총계 | 농지이용 | 매립 | 소각 | 기타 |
|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 1998년 | 처리량 | 4,975.2 | 2,447.5 | 1,326.7 | 929.0 | 272.0 |
| | 비율(%) | 100 | 49.2 | 26.7 | 18.7 | 5.5 |
| 2010년 | 처리량 | 7,000 | 4,270 | 1,190 | 1,540 | - |
| | 비율(%) | 100 | 61 | 17 | 22 | - |

(출처: 녹색기술 적용 촉진을 위한 제도개선 방안: 하수슬러지 및 고농도 액상 폐기물을 중심으로, 한국환경정책평가연구원, 2011)

(2) 유럽

- EU 가입국이 1995년 15개국에서 2010년 28개국으로 확대되면서 하수슬러지 발생량은 1995년 739만 톤(dry base)에서 2010년 1,178만 톤(dry base)로 증가
- 농업이용이 45% 가장 많고 소각, 매립 순으로 처리되고 있으며, 매립 비율을 점차 감소하는 추세임. 대부분의 국가들은 OSPAR 협약에 의하여 해양배출을 금지하고 있으며, 각국의 특성에 따라 처리 기준을 설정하여 운영

표 19 EU 하·폐수 폐기물 처리현황

(Dry Base, 천 톤)

| 처리방법 | | 총계 | 농지이용 | 소각 | 매립 | 기타 | 미확인 | 해양투기 |
|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 1998년 | 처리량 | 7,387 | 2,690.1 | 801.4 | 3,066.2 | 447.1 | - | 380.3 |
| | 비율(%) | 100 | 36.4 | 10.8 | 41.5 | 6.1 | - | 5.1 |
| 2010년 | 처리량 | 11,775 | 5,312.2 | 3,054.5 | 1,367.8 | 1,413.7 | 626.8 | - |
| | 비율(%) | 100 | 45.1 | 25.9 | 11.6 | 12.0 | 5.3 | - |

(출처: 하수슬러지 재활용을 위한 전처리 공정별 최적의 반응 메카니즘 규명, 백선재, 2015)

(3) 일본

- 하수도 보급률의 증가로 인하여 슬러지 발생량이 증가하고 있으며, 2007년도 산업폐기물 발생량 중 하수슬러지의 비율은 약 19%정도를 차지하는 것으로 나타남
- 산업폐기물의 매립 잔여년수는 전국 평균 7.5년, 수도권 4.4년으로 향후 매우 어려운 상황임



- 일본의 바이오매스 발생량은 연간 약 2억 9,000만 톤이며, 그 중 하수 슬러지는 약 7,500만 톤으로 30%를 차지하고 있음. 성분에 따라 활용이 가능한 것으로 판단하고 고품연료화, 가스화 등의 에너지이용 가능 기술을 적용하고 있음

표 20. 일본 하·폐수 폐기물 처리현황 (Dry Base, 천 톤)

| 처리방법 | | 총계 | 농지 이용 | 간축지재 이용 | 매립 | 해양 투기 | 바이오 가스 | 고형 연료 | 기타 |
|-------|-------|-------|----------|------------|------|----------|-----------|----------|-----|
| 1998년 | 처리량 | 1,864 | 270 | 617 | 908 | 7 | - | - | 63 |
| | 비율(%) | 100 | 14.5 | 33.1 | 48.7 | 0.4 | - | - | 3.4 |
| 2010년 | 처리량 | 2,240 | 340 | 900 | 694 | - | 269 | 29 | 7 |
| | 비율(%) | 100 | 15.2 | 40.2 | 31.0 | - | 12.0 | 1.3 | 0.3 |

(출처: 일본 국토교통성, 2015)

- 농업·식품에 관한 인 수입량 약 56만 톤/년 중 약 10%가 하수도로 유입되고 있으며, 비료로 사용되는 유효량은 약 10%정도임. 세계적인 식량 수요 급증으로 인광석 주요 산출국 중국, 미국의 수출제한이 실시되고 있어 인의 가격이 매우 높음. 수입에 의존하는 인을 하수도에서 회수하기 위한 정책 진행

마. 광촉매 활성화 정책

(1) 유럽

- 대기공기질을 정화하기 위한 목적으로 광촉매를 이용한 프로젝트를 진행하였으며, 이 프로젝트에는 대학, 연구기관, 업체 등이 포함되어 있음
- 주로 광촉매를 적용한 시멘트 및 이를 활용한 2차 제품의 생산 및 적용 기술 개발을 포함하고 있으며, 개발된 기술들을 공기질 개선을 위하여 적극적으로 현장에 적용하고 있음



그림 43. 대기공기질 정화를 위한 EU의 광촉매 연구개발 추진체계
(출처: <http://www.helioclean.com>)

(2) 일본

- 신에너지 및 산업기술개발기구(NEDO)는 산업기술과 에너지 분야 R&D 추진 및 평가기관으로서 민간 기업이 수행하기 곤란한 중장기적이고 위험부담이 큰 연구프로젝트를 주관함
- NEDO는 사업의 일환으로써 연구기관, 업체, 정부출연기관 등이 모두 참여한 광촉매 이용 방열 전자재 연구 개발 프로젝트를 수행함

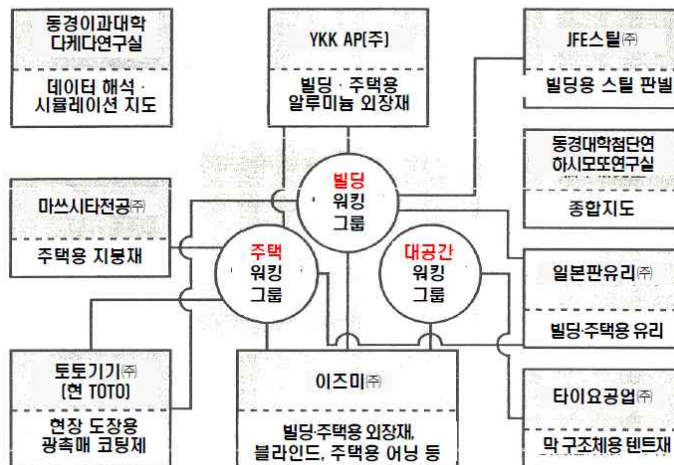


그림 44. 광촉매 이용 방열 전자재 연구 개발 실시 체제
(출처: 광촉매 기술 최전선, 전남대출판사, 2009)



2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 산업 및 시장 동향

- 국내의 광촉매 산업을 분야별로 구분하여 보면 원료분야(23.5%), 대기환경 (18.2%), 수질정화(14.7%), 건축자재(11%), 차량(7%), 일반소비재(18.2%), 농수산(2%) 그리고 기타(15.3%)으로 적용분야가 다양함



그림 45. 국내 분야별 광촉매 산업

(출처: 광촉매 기술의 응용제품 및 광촉매 시장 현황, 공기청정기술, 김태관, Vol.18, No.2, 2005.)

- 2007년도 우리나라의 광촉매 재료의 국내 시장규모는 2007년 약 664억원 규모이며, 2012년 약 1,801억원 규모까지 상승 (KISTI 산업정보분석실, 2007)
- 한편 2006년 파악된 국내 광촉매 응용 제품 시장규모는 다음과 같음

표 21. 한국의 광촉매 응용 제품 시장규모 (2006년 : 억원)

| 분야 | 매출액 | 비율(%) |
|-----------------------|-------|-------|
| 공조/정수(산업용 대기, 수처리 등) | 200 | 5.9 |
| 도로/자동차용 자재 | 600 | 17.7 |
| 내/외장재 (실내외 코팅 및 자재 등) | 1,000 | 29.4 |
| 가전제품(에어컨, 공기정화기 등) | 300 | 8.8 |
| 주택 설비 기기 | 1,000 | 29.4 |
| 기타 (원예, 일용품) | 300 | 8.8 |
| 합계 | 5,106 | 100 |

※ 출처: 광촉매 기술의 응용제품 및 광촉매 시장현황, 공기청정기술, 한국공기청정협회, 2005년 6월



가. 광촉매 재료 시장

- 국내 광촉매 시장은 아직은 미미하며 국내에서 유통되고 있는 광촉매 재료는 일본 Ishihara Sangyo와 독일의 Evonik Degussa 등의 수입제품(분말형)이 대부분임
- 국내 광촉매 시장은 성형체를 제외한 분말과 분산재료의 시장만 형성되어 있으며 광촉매 원료 시장은 수십 톤 정도로 일본에 비해 작은 규모이나, 관련 제품 출시 및 연구개발이 진행되어 시장이 성장할 것으로 예측
- 광촉매 원료시장은 응용제품 시장보다 상대적으로 규모가 작으나, 원료 중 실내외 코팅 시장에 사용하는 광촉매 코팅용액의 경우 광촉매 분말 시장보다 큰 시장을 형성하며 계속적으로 시장규모가 확대될 것으로 예측

나. 도로시설물 광촉매 활용 시장

(1) 도로시설물 시장

- 최근 5년간 국내 도로부문 연평균 투자액은 약 8조 원이었으며, 연평균 1.48%의 증가율을 보이고 있음(출처: 도로함몰 위험도 평가 및 분석기술 개발 기획 보고서, 국토교통부, 2015)
- 또한, 국토교통부의 ‘제2차 도로정비기본계획(2011~2020)’, ‘환경 친화적인 도로건설 지침(2015)’, 등 정부의 적극적 투자로 인해 친환경 도로 건설 시장은 지속적으로 성장할 전망이다

(2) 광촉매 도로시설물 2차 제품 시장

- 조달청은 경기활성화 지원 정부 방침에 따라 2013년 공공기관에 사용되는 콘크리트 블록, 친환경 블록, 보도블록 중 녹색제품 구매실적 매년 증가 추세
- 최근 기능성 보도블록에 대한 정책적 관심으로 투수성 및 보수성, 배기가스 정화 등의 기능성을 부여한 콘크리트 2차 제품의 수요는 점차 늘어날 전망



미 글 수 145
보도블럭이 변신하고 있다

점토벽돌업계, 과감한 투자 눈길
 기능성 콘크리트제품 잇달아 선보여
 인조와감경계석 새로운 시장 열듯

[보도블럭이 변신하고 있다]



그림 46. 기능성 보도블록 보도자료

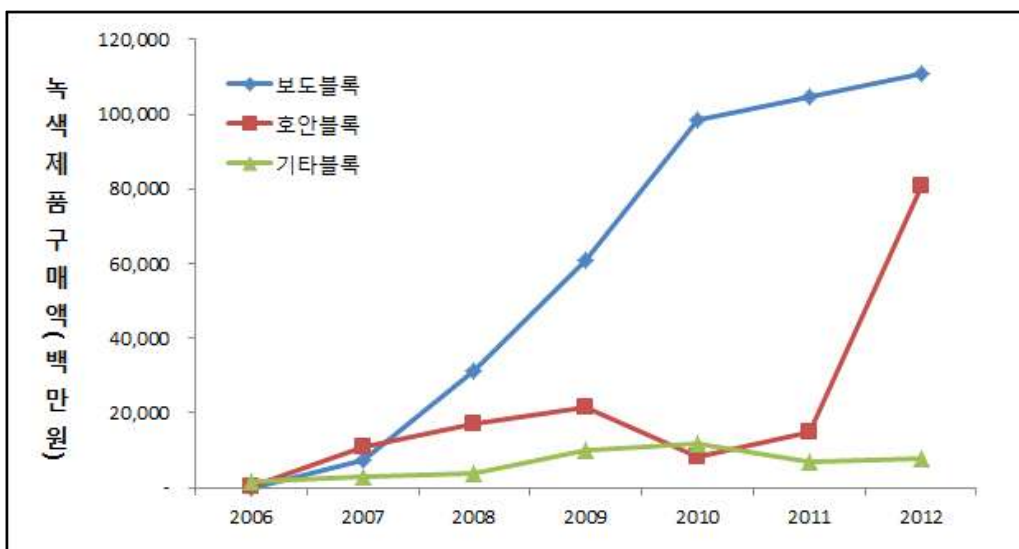


그림 47. 공공기관 친환경 블록 구매실적

(출처: 2012 공공기관 녹색구매 수범사례집, 한국환경산업기술원, 2012)

- 도시화에 따른 도로 관리 및 시설 연장 증가에 따라 매년 도로용 경계석(보차도 및 도로경계석) 구매액 증가함
- 도시지역의 경우 보차도 경계석은 경관성(콘크리트 경계석의 탈색 및 오염) 및 유지관리 문제 등으로 자연석 재질의 경계석을 다수 적용함.
- 광촉매를 이용한 경계석 적용시 경계석 오염 자정기능, 대기오염 저감 기능과 더불어 자연석 대체에 따른 자연 훼손 저감의 부수적인 효과 발생

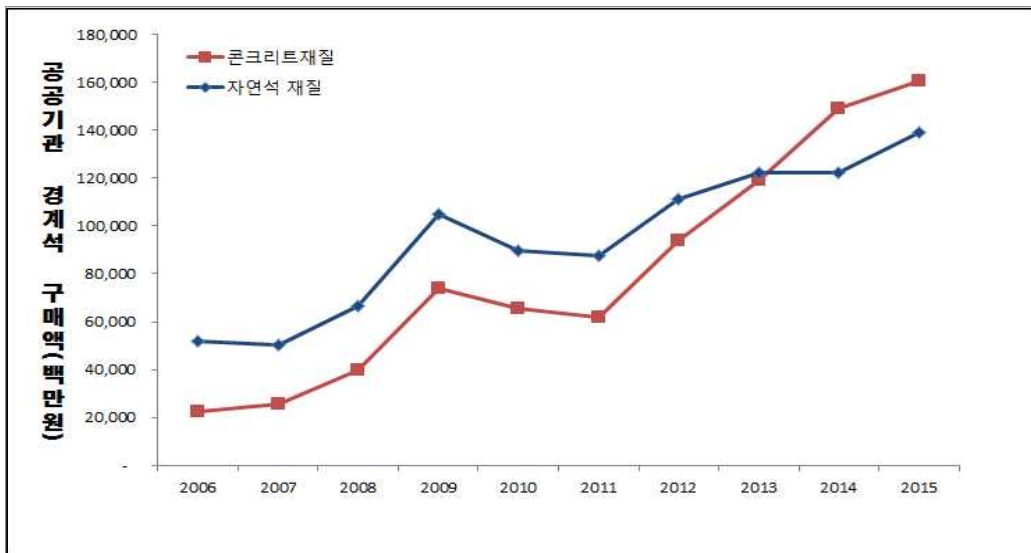


그림 48. 공공기관 친환경 블록 구매실적
(출처: 2012 공공기관 녹색구매 수범사례집, 한국환경산업기술원)

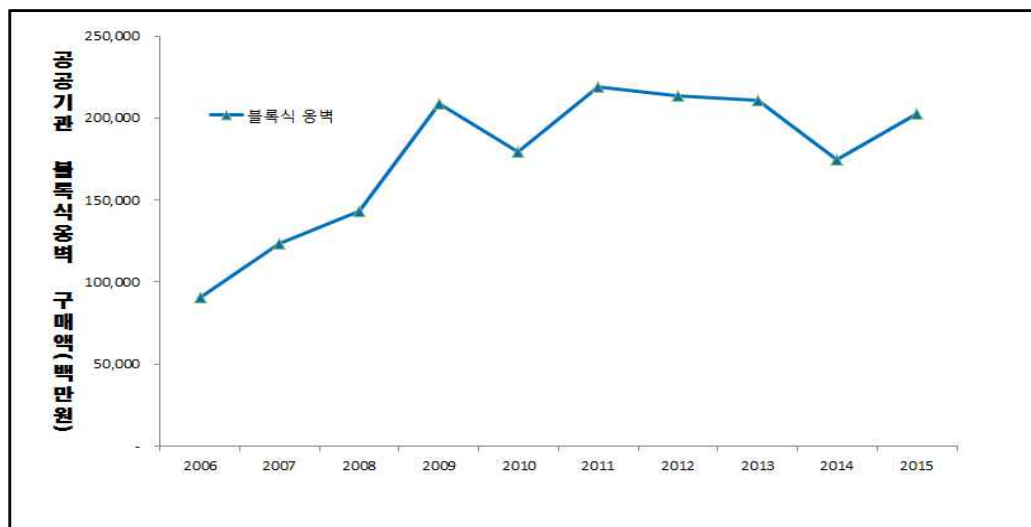


그림 49. 공공기관 블록식 옹벽 구매실적
(출처: 2012 공공기관 녹색구매 수범사례집, 한국환경산업기술원)

- 콘크리트 블록중 구조물로 사용되는 대표적인 제품으로 보강토 옹벽 블록과 프리캐스트 옹벽이 있음
- 국토 이용 및 개발의 한계로 옹벽구조물 적용이 지속적으로 증가함에 따라 구조물용 블록의 구매도 매년 증가하여 현재 일정 수준을 유지하고 있음
- 옹벽 구조물의 경우 장기간 설치되는 시설물로 콘크리트 2차제품의 표면 오염 및 백화 현상 등의 문제점이 발생함



- 광촉매 적용으로 콘크리트 2차제품의 문제점을 해결하고 장기간에 걸쳐 대기 오염 정화 기능 발휘를 기대할 수 있음

(3) 광촉매 도로시설물 시장 현황 분석

- 이상에서 살펴본 바와 같이 광촉매를 활용한 콘크리트 1차 재료 및 2차제품 시장은 크게 활성화되어 있지 않음
- 그 이유는 광촉매를 콘크리트 구성재료 활용하는 기술이 부족한데 1차적인 원인이 있으며, 이에 따라 2차제품에 적용하는 방식이 외부코팅에 의존함에 따라 경제성 비교에서 우위를 차지하기 어려운데서 찾을 수 있음
- 도로시설물에 대한 광촉매 활용은 우선 콘크리트 재료 및 제품과 결합된 형태가 시장 진입에 유리할 것으로 판단됨
- 또한 기존 광촉매 적용 가능 시장은 보도블록 및 옹벽블록 등에 국한됨. 이에 따라 도로시설물에 광촉매 시장을 활성화하기 위해서는 콘크리트 포장과 같은 대규모 수요에 우선 진입할 수 있는 기술 개발이 필요함
- 또한 2차 제품은 방음벽, 중앙분리대 및 터널 라이닝 등의 구조체 분야에 대한 응용기술의 개발이 필요할 것으로 판단됨

다. 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 시장

(1) 건축재료 및 자재 시장

- 국내 친환경 건축자재 시장규모는 2012년 5,000억 원, 2015년 1조 2천억 원, 2016년 1조 7천억 원, 2020년에는 약 3조 원, 2025년에는 6조 2천억 원 규모로 연평균 36%의 성장률을 보일 것으로 예측됨(출처: 건축자재 시장분석 및 전망(2003~2012), 화학경제연구원, 2008)
- 국내의 건축물 공기조화기기 관련 전체 시장은 2012년 현재 4조 8천억 원으로 알려져 있으며, 2018년에는 5조 3천억 원 규모로 증가할 것으로 예상됨(출처: 2013 중소기업 기술로드맵(2014~2016)-녹색제조내 산업용기계편, 중소기업청, 2013)

(2) 광촉매 건설자재 시장

- 최근 건물 에너지 절약을 위한 고단열·고기밀화에 따른 실내공기질 악화 문제가 대두되면서, 쾌적한 생활공간에 대한 요구가 증대됨
 - 건축 내장재 교체로 인한 가스성 유해물질 방출, 환기부족으로 인한 실내 공



기 오염도 증가

- 국내 광촉매관련 제품으로는 “새집증후군” 피해에 대한 대책으로 가정용 대기정화 제품들이 출시되고 있고 산업현장, 클린룸, 병원, 사무실 그리고 지하 공동 생활공간 등의 공조기기에도 적용사례가 늘고 있음
- 황사와 미세먼지를 걸러주는 공조필터의 수요가 빠르게 증가하고 있어 이 시장의 규모가 2013년 3천억 원 시장에서 2014년 5천억 원 시장으로 급격한 성장세를 이룸(출처: 조선비즈, http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/05/09/2016050901959.html, 2016.5.9)
- 광촉매를 활용한 축산 기자재 시장은 2003년 현재 약 859억 원 정도이며, 2018년에 약 1,383억원 정도의 시장으로 확대될 것으로 전망됨
- 응용제품 중 공기청정기의 경우, 국내 시장규모는 연간 약 100만대 내외 수준으로 이 중 약 50%에 광촉매가 적용된다면 필터 시장규모는 50억원(10,000원/장) 규모(디지털데일리, 2015. 4. 17, <http://www.ddaily.co.kr/news/article.html?no=129345>)
 - 에어컨과 기타 공조기용을 포함한다면 연간 약 100억 규모의 시장성을 갖고 있음

2. 국외 산업 및 시장 동향

- 광촉매 시장 구조는 이산화티타늄 분체 등의 1차 원료 시장, 코팅재 등의 2차 원료 시장, 그리고 이들 1, 2차 원료를 이용한 제품 시장으로 구성되어 있음
- 응집제 세계시장은 2014년 기준 약 57억 달러이며, 2018년에는 약 71억 달러로 연평균 5.7 %로 증가할 전망이다



그림 50. 국내 응집제 규모 증가 추이



그림 51. 국제 응집제 규모 증가 추이

- 광촉매 제품 세계시장은 2009년 84,800만 달러에서 연평균 14.3 % 증가하여 2014년 170,040만 달러로 성장하였음. 이중 건설부분이 140,560만 달러로 82.6 %를 차지함
- 세계적으로 도로관련 광촉매 자재시장은 2020년 4.5억 달러가 될 것으로 예상 (출처: 일본 다이아 리서치머텍, 2008)
- 친환경건축 관련 세계시장규모는 2012년 126억 달러였으며 연평균 20%의 성장률을 기록하고 있음. 2020년에는 그 규모가 약 300억 달러 이를 것으로 전망됨(출처: “2013 중소기업 기술로드맵 : 녹색제조 - 02 에코 조명건축, 중소기업청, 2013)
- 세계 환경산업의 시장규모는 2013년 기준 9,240억 달러이며, 이중 대기산업분야 규모는 528억 달러로 전체의 5.7%를 차지. 또한, 해당 시장은 2004년부터 2014년까지 연평균 16.6%의 높은 성장률을 보이면서 꾸준히 성장하고 있음

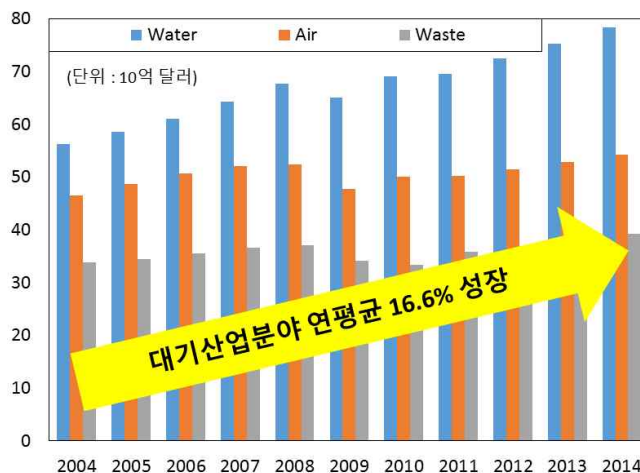


그림 52. 국외 대기산업 시장규모 변화 추이



가. 일본

- 광촉매 활용이 가장 활발한 곳은 전세계 광촉매 시장의 70 % 이상을 차지하고 있는 일본으로서 이미 환경산업의 10 % 이상을 광촉매가 점유
- 광촉매 산업은 일본이 가장 발달하였고 광촉매 업체는 1000여개 이상으로 원료인 광촉매 TiO₂ 나노분말을 생산하는 업체만 9개 이상으로 세계 광촉매 산업을 주도하고 있음
- 일본에서 광촉매 응용 제품의 2001년 매출규모는 870억 엔으로, 2001년 광촉매 원료시장이 14억 엔인 점을 고려하면 제품 시장은 원료시장의 62배에 달하는 규모임(출처: 광촉매 응용분야, 부품소재종합정보망, 한국과학기술정보연구원, p31)
- 분야별로 보면 공조/정수 관련 제품이 49%, 도로/자동차용 자재가 36%, 내/외장재가 7%, 가전제품이 3%, 주택 설비기기가 2%, 기타가 3%임

표 22. 2005년 일본의 광촉매 적용 분야별 시장규모

| 적용분야 | 시장규모 |
|-------|----------|
| 환경촉매 | 2조 엔 |
| 탈취분야 | 5,118억 엔 |
| 수처리분야 | 3,544억 엔 |
| 항균분야 | 2,460억 엔 |

(출처: TiO₂광촉매 [시장동향 리포트 2006], ㈜알앤디비즈, 2006)

표 23. 일본의 광촉매 응용 제품 시장규모

(2002년, 억 엔)

| 분야 | 매출액 | 비율(%) |
|-----------------------|-------|-------|
| 공조/정수(산업용 대기, 수처리 등) | 423 | 49 |
| 도로/자동차용 자재 | 309 | 36 |
| 내/외장재 (실내외 코팅 및 자재 등) | 62 | 7 |
| 가전제품(에어컨, 공기정화기 등) | 27.6 | 3 |
| 주택 설비 기기 | 23 | 2 |
| 기타 (원예, 일용품) | 24 | 3 |
| 합계 | 868.6 | 100 |

(출처: 공기청정기술, 한국공기청정협회, 2005년 6월)

- 광촉매 시장은 일본을 중심으로 점차적으로 유럽과 미국의 시장이 확대되고 있으며, 일본에서는 3조엔 이상의 시장으로 확대될 것으로 전망하고 있음
- 일본의 광촉매 재료시장에서 이산화티타늄의 전체 생산량에서 도료용이 44.6



%로 가장 많으며, 그 뒤를 잉크 및 안료가 차지하며 현재 지속적인 증가추세에 있음. 아직 콘크리트계 건설자재로서 광촉매 시장 확대는 느린 편임

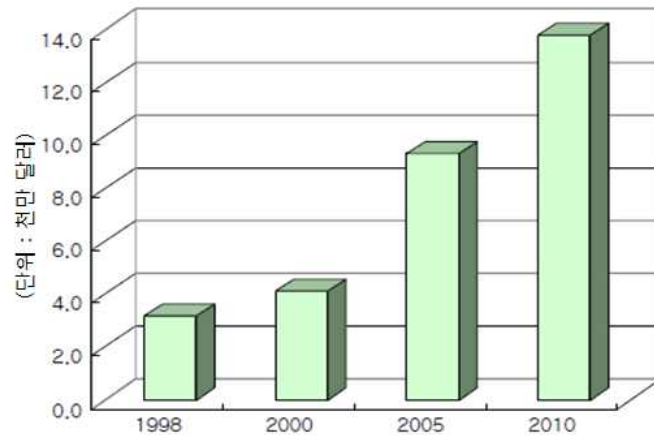


그림 53. 일본 광촉매 재료의 시장규모 추이
(출처: 광촉매, 아노경제연구소(일본), 한국과학기술정보연구원, 2007)

- 일본에서는 환경사업 규모는 2015년에는 1조 엔 정도이며 이 중에서 광촉매 관련 재료 및 제품은 약 10 % 이상을 점유함(출처: 황성주, 광안정성이 높고 활성도가 높은 나노하이브리드 광촉매 기술, 이화여자대학교 화학/나노분야 우수기술 설명회 및 기술이전 상담회, 2013)
- 일본의 주된 수요분야와 주력분야 현황은 다음과 같음

표 24. 일본의 광촉매 수요분야와 주력분야 현황

| 업체명 | 수요분야 | 주력분야 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ishihara Sangyo 외 | <ul style="list-style-type: none"> • NOx 대응, 방음벽 • 폐수처리 • 실내공기질 개선 | <ul style="list-style-type: none"> • 대기정화장치 • 수처리장치 • 가전 및 건설 |
| Sakai Chemical 외 | <ul style="list-style-type: none"> • NOx 분해 • 친환경 자재 | <ul style="list-style-type: none"> • 기능성 재료 • 웰빙 재료 |
| Titanland 외 | <ul style="list-style-type: none"> • 항균대응 | <ul style="list-style-type: none"> • 환경분야 |

(출처: 공기청정기술, 한국공기청정협회, 2005년 6월)

- 일본의 광촉매 제품시장에서는 용도별로, 도장피복재 → 공기청정기 → 조명기구 등의 순으로 관련 기업들이 분포하고 있음

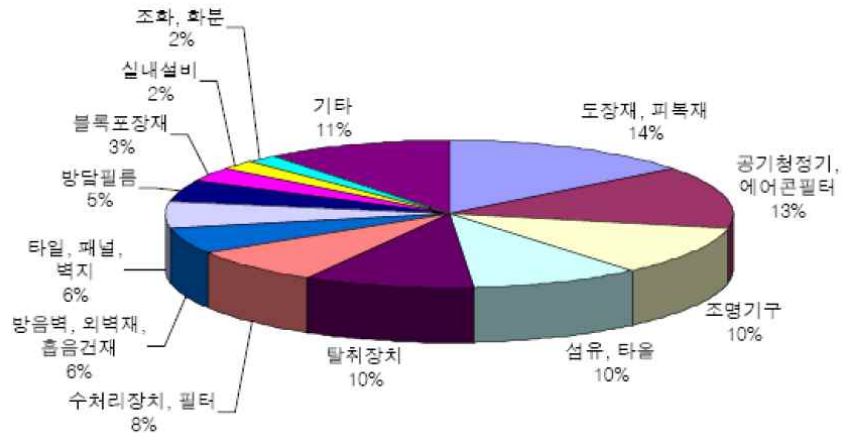


그림 54. 광촉매 제품의 용도별 일본업체 분포
(출처: 광촉매 응용분야, 부품소재종합정보망, 한국과학기술정보연구원)

나. 미국

- 미국 Green building materials 시장은 2015년에 400억 달러의 시장규모를 나타내고 있으며, 2025년에는 약 1조 6천억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨



그림 55. 미국 친환경 건설자재 시장전망
(출처: 친환경 화학처리기술을 통한 콘크리트 구조물의 환경오염 저감 및 환경영향성 평가 최종보고서, 국토교통부, 박경수, 2013)

- 2012년 12월 미국 시카고 교통부(CDOT)에서는 'Greenest Street in America' 라는 모토로 대기오염으로부터 시민의 건강을 지키는 시범사업 일종으로 광촉매 보도블록과 광촉매 시멘트를 이용하여 도로를 조성



그림 56. 미국 시카고 광촉매 적용 도로 시공 사진

(출처: 한국경제매거진, 빛물과 스모그 먹는 도로 외, 2012. 10. 22)

다. 유럽

- 유럽의 경우 2009년 기준 2,270억 유로 규모의 친환경 건축자재 시장이 형성되어 있으며, 이는 유럽연합 전체 GDP 중 2.2%에 해당하는 규모임 (출처: <http://www.environmentalleader.com/2013/05/02/green-building-materials-254bn-annual-market-by-2020/>)
- 이탈리아, 독일, 네덜란드, 체코 등 유럽에서는 NO_x 제거용 광촉매 외장의 개발 및 적용이 활발하게 진행되고 있음. 주로 대기오염물질 제거를 위해 도로 및 건물에 광촉매를 적용한 시멘트, 모르타르, 보도블록, 페인트를 이용하는 사례가 크게 증가
- 독일의 STO사는 Indoor용 광촉매 페인트를 제조 판매하고 있으며, 독일의 FCN은 'AIR CLEAN'이라는 상품의 광촉매 보도블록을 생산하고 있음. 또한 스페인 Breinco사에서도 독일 FCN의 기술을 도입하여 광촉매 보도블록을 생산 판매하고 있음
- 전 세계적으로 광촉매 시멘트의 선두주자인 이탈시멘티 그룹은 광촉매 시멘트인 'TX-ACTIV'를 이용하여 광촉매 보도블록, 광촉매 프리캐스팅 패널, 광촉매 모르타르 등을 제조 판매하고 있음



그림 57. 이탈시멘티 광축매 프리캐스트 패널 공법
(좌: 로마 다비스 성당, 우: 프랑스 국립드라마 극장)

(출처: www.italcementigroup.com, 이탈시멘티 홈페이지)

- 세계 최대 시멘트회사인 이탈리아 이탈시멘티(Italcementi)에서는 광축매 혼합 시멘트 적용 건물 구조물이나 보도블록 등 제품을 판매하고 있으며, 광축매 시멘트 관련 특허를 바탕으로 유럽뿐만 아니라 전 세계적으로 광축매 시멘트 분야에서 독점적 지위를 유지하고 있음
 - 최근 이탈리아 밀라노에 광축매 시멘트를 적용하여 건설 중인 보다폰 빌리지 현장이다. 다른 유럽 국가나 시멘트회사에서는 이탈시멘티의 특허를 회피할 수 있는 새로운 광축매기술 개발에 노력하고 있음

라. 기타 국가

- 중국은 2020년까지 친환경 건축물이 신축 건축물의 30 % 이상을 차지하는 것을 목표로 하는 등 적극적인 친환경 건축 정책을 펼치고 있어 1조 위안 이상의 친환경 시장 형성이 가능할 것으로 예상됨([녹색정책] 中, 보조금 정책으로 친환경 건축시장 활기, (2012. 5. 27), 해외투자진출 정보포털, <http://www.ois.go.kr / portal/>)
- 중동은 친환경 건축 기술의 적용범위를 단일 건축물에서 도시 전체로 확대하고 있으며, UAE, 쿠웨이트도 건설 중인 신도시에 친환경 건축 기술을 집중 적용하고 있음. 따라서 친환경 건축기술에 대한 중동국가들의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망됨



3. 향후 산업 및 시장 전망

가. 국내 산업 및 시장 전망

- 국내 광촉매 관련 제품의 향후 시장은 주택설비, 건설자재, 가전, 전기, 일용품, 소비재 중심의 시장에서 수처리, 도로설비, 대기정화 분야 중심으로 재편될 것으로 예상되며, 주택설비, 건자재 분야의 시장규모는 지속적으로 증가할 것으로 예측됨
- 국내에서는 최근 미세먼지의 저감이 사회적으로 매우 관심이 높은 이슈가 됨. 미세먼지 저감을 위한 정부의 정책은 Negative 정책이 위주. 이 경우 산업과 시장의 위축이 우려됨
- 광촉매 응용기술을 개발하고 이를 이용하여 다양한 분야에서 재료 및 제품의 상용화를 추진하여 산업과 시장의 활성화를 만족하는 Positive 미세먼지 저감 효과를 거둘 수 있을 것임
- 향후 소득수준의 향상에 따라 환경의식 제고로 향후 10~15년간 세계 환경시장이 급성장 할 것으로 전망됨. 특히 세계 10대 환경선진국이 평균 GDP 대비 환경산업시장규모는 2.45 %인데 비하여 우리나라는 1.18%에 불과해 향후 환경산업시장 성장에 따라 국내 광촉매 사업 역시 크게 활성화 될 것으로 예상됨
- 이러한 광촉매 재료 및 제품의 상용화를 촉진하기 위해서는 광촉매 제품의 표준화와 인증제도의 마련이 필요함
- 이를 위해서는 (사)한국광촉매협회, 한국건설기술연구원, 한국건설생활기술시험연구원 등 표준화 및 인증제도 관련 기반 구축이 필요함

(1) 광촉매 원료 시장

- 광촉매 시장 구조는 이산화티타늄 분체 등의 1차 원료시장, 코팅제 등의 2차 원료시장, 그리고 1·2차 원료를 이용한 제품 시장으로 구성되며, 광촉매 원료를 이용한 광촉매의 응용 범위가 매우 광범위함
- 광촉매 원료의 응용은 이산화티타늄 재료 특성을 이용한 내외장재, 도로자재, 정화기기용 등의 시장으로 증가할 것으로 예상됨
- 국내 공동주택 건설 호당 약 750,000 원(호당 평균 면적 75 m², 광촉매 재료 소요 비용 10,000 원/m² 가정) 비용 적용 시 실내공기질 향상 기대
- 국내에서는 연간 약 75만호의 공동주택 및 주상복합 주거용 건축물 건설되고



있음(출처: 2015년 주택건설실적통계, 대한주택건설협회, 2015.12). 건설되는 공동주택의 약 10% 적용 시 750억 원 광촉매 원료 시장 형성 가능

(2) 도로시설물 광촉매 활용 시장

- 국토교통부는 ‘제1차 국가도로종합계획안(2016~2020년)’에 따라 2016년부터 2020년까지 국가 도로 사업에 73조 7,000억 원을 투자하고, 현재 4,193km인 고속도로를 2020년까지 5,131km로 확장할 계획임. 또한 다양한 가능성을 갖춘 스마트 하이웨이(Smart Highway) 산업에 대한 투자를 확대하고 있음(한국경제신문, 2016. 7월 14일자 보도)
- 2015년 현재 국내 도로 연장은 107,527 km, 포장률은 92.1 %에 이르고, 특히 도심 및 교통량이 많은 특별·광역시도와 고속국도 등의 포장 규모는 각각 20,154 km, 4,193 km로 약 24,347 km를 차지하고 있음(2016년도 도로 현황 조사, 국토교통부, 2016)
- 신설 도로건설 공사는 점차 감소하는 추세이나 기존 도로의 유지보수 예산은 늘어날 것으로 전망됨(국토부 사전공표정보 2012 도로보수현황, 국토교통부, 2012). 이에 광촉매를 포함한 포장체 적용 점유율을 10 %로 적용 가능토록 할 경우 연간 약 2,300 km의 유해물질 분해 가능한 친환경 포장을 적용할 수 있음
- 또한 최근 5년간(2007~2012) 도로유지보수비는 연평균 2조3천억 원 규모. 이중에서 도심 및 교통량이 많은 도로에 8천억 원 집행. 그 중에서 포장보수 비용이 27.1% 차지(국토부 사전공표정보 2012 도로보수현황, 국토교통부, 2012). 여기에 5 % 정도의 광촉매 친환경 포장을 적용할 경우 연간 150억 원 규모의 광촉매 포장 적용 가능
- 도로경계석의 공공기관 조달 규모는 2,995.5억원이며(2012 공공기관 녹색구매 수범사례집, 한국환경산업기술원, 2012) 이중 도시지역 도로 경계석을 미세먼지 감소와 공기질 회복에 기여할 수 있는 광촉매 제품을 적용할 경우 연간 1,388.1억원의 시장 창출이 예상됨
- 탄소거래시장 규모는 2006년 약 300억달러, 2010년에는 1,500억 달러로 성장할 것으로 예상(대학TOL지원(커넥트코리아)사업 성과사례집 2006~2010년, 한국연구재단, 2011. 6)
- 도로시설물과 관련된 콘크리트 2차 제품의 종류는 아래 그림과 같고, 이들 제품은 광촉매 혼입 콘크리트 또는 시멘트 제품으로 개발 가능



그림 58. 콘크리트 2차제품의 종류

(3) 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 시장

- 국내 친환경 건축자재 시장규모는 2012년 0.49조 원에 연평균 36%의 성장률을 보이면서 2016년에는 1.68조 원 규모, 2020년에는 2.92조 원 규모, 2025년에는 6조 2천억 원 규모에 이를 것으로 전망됨 (출처: 중소기업청. (2013). “2013 중소기업 기술로드맵 : 녹색제조 - 02 에코 조명건축)
- 국내의 건축물 공기조화 관련 전체 시장은 2012년 현재 4조 8천억 원으로 알려져 있으며, 2018년에는 5조 3천억 원 규모로 증가할 것으로 예상됨
- 황사와 미세먼지를 걸러주는 공조필터의 수요가 빠르게 증가하고 있어 이 시장의 규모가 2013년 3천억 원 시장에서 2014년 5천억 원 시장으로 급격한 성장세를 이룸(출처: 조선비즈, 2016. 5. 9, http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/05/09/2016050901959.html)
- 응용제품 중 공기청정기의 경우, 국내 시장규모는 약 80만대 수준으로 이 중 약 50%에 광촉매가 적용된다면 필터 시장규모는 40억원(10,000원/장) 규모(출처: 디지털데일리, 2015. 4. 17, <http://www.ddaily.co.kr/news/article .html?no=129345>)
 - 에어컨과 기타 공조기용을 포함한다면 약 100억 규모의 시장성을 갖고 있음
- 광촉매를 활용한 축산 기자재 시장은 2003년 현재 약 859억 원 정도이며, 2018년에 약 1,383억원 정도의 시장으로 확대될 것으로 전망됨
- 현재 건축자재 분야에서 국내에서 생산 또는 생산 예정인 광촉매 관련 응용



제품은 공기정화용 필터, 공조기용 필터, 타일, 패널, 조명기구, 에어컨 필터, 김서림방지용 필름, 오페수 처리용 필터 등이 있음

- 건축자재 분야에서 광촉매 적용 시장은 기술개발의 미비로 건축 내외장에 대한 구체적인 제품 개발이 되지 못하고 있는데, 그 이유는 광촉매를 주로 코팅에 의해 기존 내외장재에 적용하려는 접근과 공조기기 필터로 활용하는 접근만 이루어졌으나 광촉매 소재의 비싼 가격으로 인해 적용이 미흡함
- 슬러지를 활용하여 광촉매 재료물질의 저렴한 보급이 확산되면 건축자재 분야에서 광촉매 적용 제품의 개발 및 시장 점유 확대는 매우 빠른 속도로 이루어질 것으로 예상됨

(4) 기타 광촉매 활용 시장

- 국내 시험 인증산업 시장 총 규모는 2010년 7조 1,531억 원에서, 매년 7.9% 성장률을 보여 2013년에는 8조 9,937 규모로 성장하였으며, 추후로 지속적으로 인증 시장의 규모는 확대될 것으로 전망됨

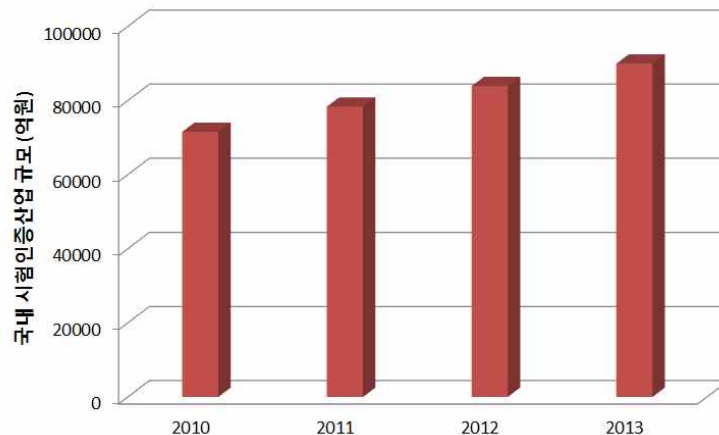


그림 59. 국내 시험인증 산업 시장 현황

(출처: 국가기술표준원, 국가기술표준원 통계(2015.12.))

- 환경부에서는 “환경기술 및 환경산업 지원법” 제 17조(환경표지의 인증)에 따라 1992년부터 환경마크제도를 도입하여 친환경 제품에 대한 인증 산업을 시행하고 있으며 환경마크를 등록하기를 원하는 기업에 환경마크에 대한 신청 수수료 및 환경마크 사용료를 받고 있음



표 25. 환경 마크 신청 수수료

| 항목 | 산출기준 |
|--------|-------------------------|
| 기본 수수료 | 제품당 50,000원 (부가세 별도) |
| 인증 심사비 | 고급기술자 1일 사업대가 기준 X 소요일수 |
| 출장비 | 공무원 여비기준에 의한 여비 |

(출처: 환경마크제도와 환경마크제품, 환경부, 2015. 06.)

표 26. 환경마크 사용료

| 인증 제품의 연간매출액 | 연간사용료 |
|-------------------------|---------|
| 10억원 미만 | 100만원 |
| 10억원 ~ 50억원 미만 | 200만원 |
| 50억원 이상 ~ 100억원 미만 | 300만원 |
| 100억원 이상 ~ 500억원 미만 | 400만원 |
| 500억원 이상 ~ 1,000억원 미만 | 500만원 |
| 1,000억원 이상 ~ 2,000억원 미만 | 700만원 |
| 2,000억원 이상 ~ 3,000억원 미만 | 900만원 |
| 3,000억원 이상 | 1,100만원 |

(출처: 환경마크제도와 환경마크제품, 환경부, 2015. 06.)

- 환경마크제품 품목은 2015년 현재 14,026 개 제품으로 2001년에 비해 연 평균 34%의 급격한 증가율을 보이고 있으며, 환경마크제품의 시장 규모 또한 2013년 34조 원으로 약 22 배 성장하였음

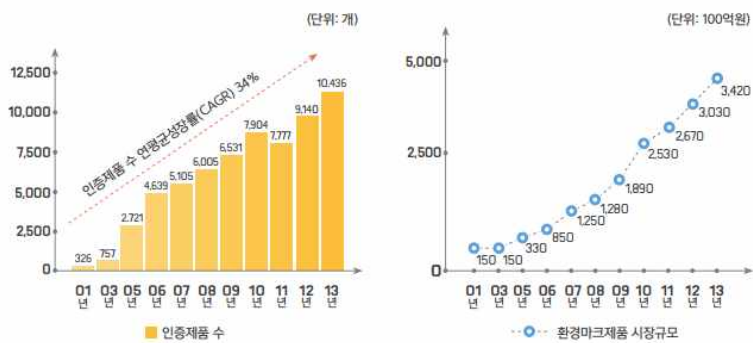


그림 60. 환경마크제품 품목 및 시장규모

(출처: 환경마크제도와 환경마크제품, 환경부, 2015.06.)

- 환경부에서 2011년 발표된 “환경기술 기술 동향보고서”에 따르면 국내 환경시장에서 광촉매시장이 지속적으로 성장하여 2010년에는 환경 시장 중 8%를 차지하였으며, 점유율은 점차 증가하고 있는 것으로 평가되었음

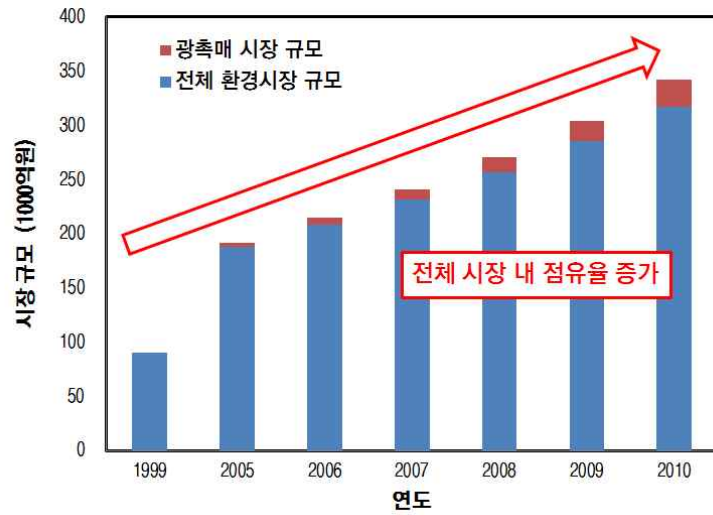


그림 61. 광촉매 시장 점유율
(출처: 환경기술 기술 동향보고서, 환경부, 2011. 11.)

- 환경부에서 발표한 자료를 종합하여 KCL에서 추후 광촉매 시장을 예상한 결과 2030년에는 광촉매 관련 제품 시장은 전체 친환경 제품 시장 대비 20%에 이를 것으로 판단되며, 이를 통해 환경 마크 수입을 추정해보면 1000억원에 이를 것으로 판단됨

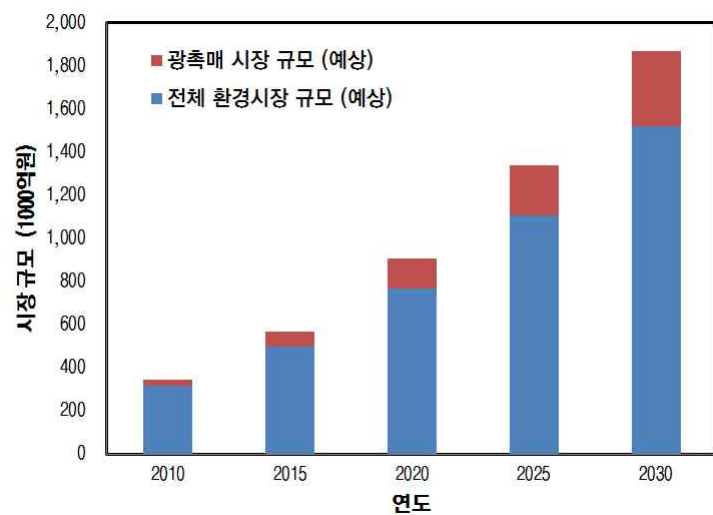


그림 62. 광촉매 시장 규모 (예상)
(출처: 환경기술 기술 동향보고서, 환경부, 2011.11.)

- 광촉매 관련 산업이 점차 확대되고 발달됨에 따라서 성능평가 표준화 요구가 거세질 것으로 요구되며, 국내의 자체적인 검증 기준이 필요하게 될 것으로 전망됨



- 국내의 경우 나노산업 발전과 촉진을 위해 나노기술, 물질, 제품의 안전에 관한 나노안전관리 종합계획을 수립 및 추진하고 있음. 광촉매 소재도 가공 시 나노소재화 됨에 따라 관련 인증시장 또한 증가할 것으로 판단됨
- 광촉매는 건축 내외장재부터 의료기기 등 사회 전반에 걸쳐 사용될 수 있는 재료로 관련된 표준 시험 및 인증에 포함하고 광촉매 성능과 관련된 특화 시험 및 인증사업을 개설할 경우 연간 100억 원 이상의 시장 창출 예상됨

나. 해외 산업 및 시장 전망

(1) 광촉매 원료 시장

- 해외 광촉매 산업의 시장규모는 일본이 가장 크며, 광촉매 원료인 이산화티탄 나노 분말의 생산 규모면에서도 세계시장의 주도권을 가지고 있음
- 환경용도 광촉매 세계시장은 향후 5년에 걸쳐 6%의 연평균 성장률을 유지할 것으로 예상하며 환경 촉매로서의 광촉매 원료시장 전망도 밝은 것으로 예상 (출처: 미국, 'Catalysts for Environmental and Energy Application' Report)
- 광촉매 원료는 오염물질 배출 최소화를 위하여 대기 및 수질분야 그리고 오염 방지를 위한 광촉매 응용 자재 등 많은 분야에서 활용되며, 일본은 2020년에는 연간 2조엔 규모로 광촉매 시장이 확대될 것으로 예상

표 27. 광촉매 시장 동향과 전망

(단위: 억원, %)

| 구 분 | | 2000 | 2005 | 2010 | 2020 |
|-----|------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 광촉매 | 세계시장 | 7,100 | 28,000 | 102,600 | 198,000 |
| | 일본시장 | 2,500(35.2) | 5,500(19.6) | 17,300(16.9) | 32,900(16.7) |

(출처: 제품환경성 향상 기술, 환경기술 기술동향보고서, 환경부, 2011)

(2) 도로시설물 광촉매 활용 시장

- 전 세계적으로 친환경 건설재료 시장은 친환경 구조물에 대한 수요 증가와 함께 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 새로운 친환경 기능을 지니는 환경 유해물질 제거형 광촉매 콘크리트 시장 개척이 강화될 것으로 전망됨
- 유럽의회를 중심으로 질소산화물 감소를 포함한 공기질 개선 관련 2008/50/EC Directive(훈령)가 채택하는 등 기본적으로는 Euro Standard(자동차 배출가스 규



제등급)를 통하여 자동차의 질소산화물 방출량의 저감을 강력하게 유도하고 이미 방출된 질소산화물을 줄이기 위한 수단으로 광촉매 기술 시장이 주목받고 있음

- 세계 최대 시멘트회사인 이탈리아 이탈시멘티(Italcementi)에서는 광촉매 혼합 시멘트 적용 건물 구조물이나 보도블록 등 제품을 판매하고 있으며, 광촉매 시멘트 관련 특허를 바탕으로 유럽뿐만 아니라 전 세계적으로 광촉매 시멘트 분야에서 독점적 지위를 유지하고 있음
- 이에 다른 유럽 국가나 시멘트회사 또한 이탈시멘티의 특허를 회피할 수 있는 새로운 광촉매기술 개발에 노력 중에 있는데 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 실외 공기질의 질소산화물 저감 분야에서 광촉매 시장의 신장을 예상하기 때문임
- 유럽, 미국, 일본 등 많은 국가에서 기상이변 및 환경오염에 적극적으로 대응하기 위해 지속가능한 도로정책을 수립하고 있으며, 친환경 도로 건설 및 관리 체계 구축을 국가 경쟁력의 중요한 요소로 고려하고 있음. 이에 따라, 해외의 친환경 도로 산업의 규모는 지속적으로 증가할 전망이다
- 중국에서는 환경문제에 대한 대책으로 스마트 에코시티 건설계획을 수립하여 2013년에 103곳의 스마트시티 시범구역을 발표하였고, 2025년까지 2조 위안(약 370조 원)을 투입할 계획임. 에코시티의 요소 기술로써 도로 및 보도 부분에 대해 광촉매 시장 개척이 이루어질 것으로 전망됨
- 중국은 도시화 과정 중 지면의 투수성을 고려하지 않아 많은 피해가 발생함. 점차 지면 투수성에 대한 중요성을 인식하기 시작하였으며, 일반 블록 때문에 발생하는 피해복구비용을 절감하기 위해 도시계획 행정처 및 건설업계의 투수성 보도블록의 사용량이 빠르게 증가함(中, “급성장하는 친환경 투수성 보도블록”, 2010. 9. 30, KOTRA 해외비즈니스포털, http://tradedoctor.kotra.or.kr/bp/cn/gw/BPCNGW021M.html?BBS_ID=10&ARTICLE_SE=20302&ARTICLE_ID=2125580&MENU_CD=M00001&UPPER_MENU_CD=M00002&MENU_CD2=M00006)
 - 통계에 따르면, 일반 시멘트 블록은 1995년부터 2005년까지 매년 1만㎡ 정도가 보급됐으나, 투수성 보도블록은 2006년 한 해 동안 100만㎡가 보급될 만큼 빠르게 확산되었으며, 2008년 중국의 투수성 보도블록 시장규모는 500만㎡에 달하는 수준임
 - 투수성 보도블록의 주요 판매지역 중 베이징은 현재 长安街, 西单, 东单 등의 주요 도로를 포함, 올림픽 공원 등의 대부분 공원은 대부분 투수성 보도블록



이 설치돼 있음

- 상하이(上海), 광둥(廣東), 선전(深圳), 장쑤(江蘇) 등의 지역 역시 투수성 보도블록이 이미 사용되고, 그 중 상하이는 엑스포를 계기로 사용범위가 더욱 빠르게 확산됨.
- 투수성 보도블록이 빠르게 보급되고 있는 지역은 대부분 대기 오염이 심각한 산업이 발달한 지역이 많아 이 지역에 광촉매를 접목한 투수성 보도블록을 설치하면 미세먼지 제거에 큰 역할이 가능할 것으로 보임.
- 2008년 투수성 보도블록 사용량을 광촉매 투수성 보도블록으로 사용할 경우 광촉매 사용량은 0.4 kg/m² 로 최소 2,000톤 이상임. 현재는 중국 내 산업도시의 발달로 보도블록 시장은 지속적으로 증가하고 있는 추세임

(3) 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 시장

- 미국 BBC Research사의 보고서에 따르면 세계의 환경 및 에너지 용도 촉매 시장은 2015년에 225억 달러에 근접, 연평균 성장률은 6.6%에 이룸
- 세계 공조부품 시장은 2012년 현재 135억 달러를 형성. 2018년에는 약 157억 달러 이상의 시장을 형성할 것으로 전망됨
- 향후 공기조화기기 관련 사업 시장규모 및 예상(Pike Research 2011, 삼성경제 연구소, 산업뉴스, 2014.04.09.)

표 28. 공기조화 사업 시장규모 예상 (2014년 기준)

| 구 분 | | 현재 | 예상 | | | | | |
|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | | 2014년 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 |
| 해외 시장 | 규모(Mil\$) | 7,531 | 7,866 | 8,219 | 8,614 | 9,028 | 9,470 | 9,943 |
| | 성장률(%) | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 4.9 |
| 국내 시장 | 규모(억원) | 5,000 | 7,000 | 9,000 | 11,000 | 13,000 | 15,000 | 17,000 |
| | 성장율(%) | 66 | 40 | 28 | 22 | 18 | 15 | 13 |
| 합계 | 규모(억원) | 80,000 | 85,000 | 91,000 | 97,000 | 103,000 | 109,000 | 116,000 |
| | 성장율(%) | 6.6 | 6.2 | 7.0 | 6.5 | 6.1 | 5.8 | 6.4 |

- 광촉매 제품에 대한 세계시장은 2009년 8억 5천 달러에서 연평균(CAGR) 14.3 %씩 증가하여 2014년에는 17억 달러로 성장
 - 2009년 광촉매 제품의 시장규모 중 건설 부문이 7.4억 달러로 약 87.4 %를



차지하였으며, 2014년까지 연평균(CAGR) 14.5 %씩 증가

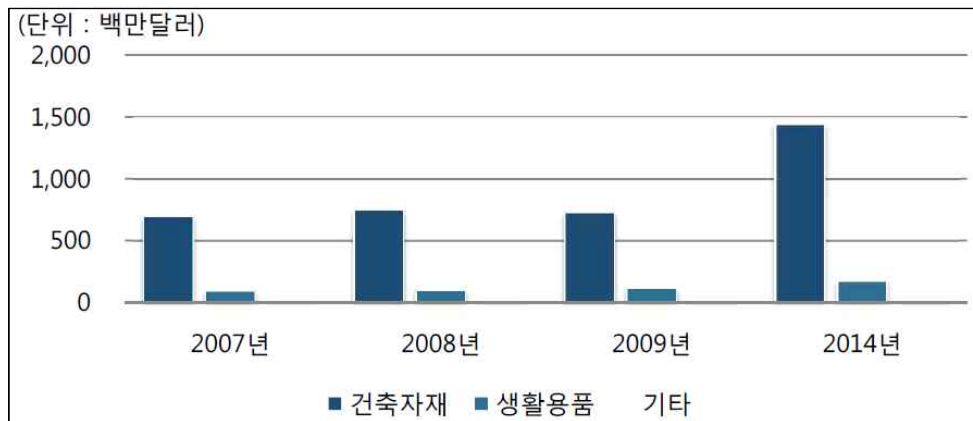


그림 63. 광촉매 분야 기술별 세계시장 현황

(출처: BBC Research, BBC, 2010)

- 호흡기 질환을 일으키는 미세 입자 물질 “PM_{2.5}”에 의한 대기 오염이 중국을 중심으로 사회문제화 되고 있으며, 이에 대응하여 공기청정기의 2013년 세계시장은 전년 대비 7.5% 증가한 1,894만 대를 기록하였고 2014년에는 2,000 만 대를 돌파
- 중국의 경우 2013년 총 240만 대 판매 전년 대비 90.5% 증가, 2014년 1-8월 중국의 공기청정기 판매량은 총 318만대에 달하여 전년 동기 65.2% 증가, 2.14년 매출 규모가 360만대 (90억 위안)으로 추정 (출처: 중국 가정용 공기청정기 시장 동향, 한국무역협회 북경지부, 2015.2)
- 중국에서 사용되는 공기정화기는 바이러스 억제력이 미미하고 감염병 이슈에 대응하지 못하고 있음. 따라서 광촉매를 적용한 공기정화기의 제품화가 완성되면 수출시장 전망이 밝음
- 공기청정기는 개별 소비자(가정 또는 사무실)를 대상으로 하는 공산품이고 광촉매 건설자재는 주로 실외를 대상으로 건설 인프라를 활용한 도시전체의 공해물질 제거에 초점을 두고 있으므로 기존의 공기청정기 시장에 광촉매를 활용한 프리미엄급 공기청정기의 시장확장 및 대체에 대한 전망은 매우 밝고 이와 별도로 도심 인프라에 광촉매를 적용한 공기정화와 관련된 사업의 발굴 및 확대를 통한 신규시장 발굴이 가능함

(4) 기타 광촉매 활용 시장

- 축산 기자재의 세계시장규모는 지역별로 아시아 태평양 지역이 2013년 현재 약 640억 달러이며, 2018년 약 960억 달러로 증가할 것으로 전망됨. 미래시장은 아태지역이 이끌어 나갈 것으로 예상되어짐. 아태지역의 비중은 2013년 현재



63.5%이며, 2018년에 67%에 이를 것으로 전망됨(출처: 농기자재신문, 세계 주용 농기계시장 2배 성장한다, 2014.12.31.)

- 최근 축산업은 구제역 및 시 등의 전염병 감염에 의한 가축의 폐사 문제에 직면. 기존 방역에 더해 광촉매 기술을 축산 시설에 적용할 경우 동물 감염병 확산을 현저히 낮출 수 있음
- 축산 시장에 광촉매 기자재 적용을 10 % 진입 시 100억 달러의 관련 시장 창출이 가능함
- 하·폐수, 생활 용수생산과 공급 등을 포함하는 수처리 산업의 세계시장규모는 2010년 4,828억 달러에서 2025년 8,650억 달러까지 성장할 것으로 전망됨. 이 중 하·폐수 분야는 대략 40~50%를 차지하여, 2025년에는 하수처리 시장 3,550억 달러, 산업폐수 처리시장 570억 달러에 달할 전망임

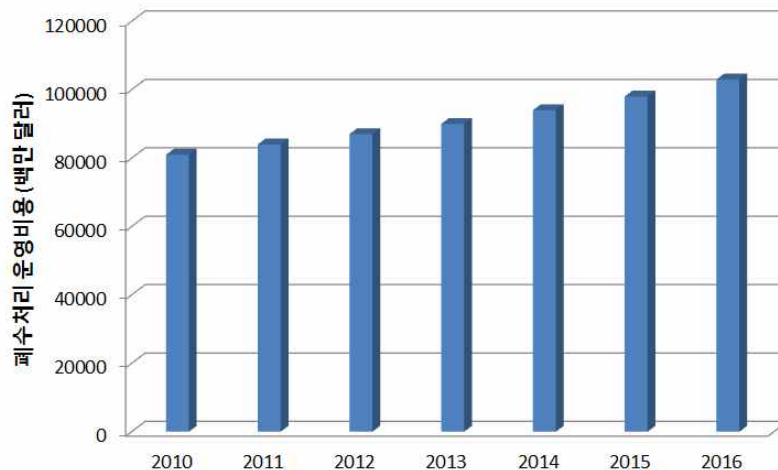


그림 64. 전 세계 폐수처리 운영비용 현황

(출처: GWI(Global Water Market) 2011, Global Water Intelligence)

- 관련된 시장에서 10%의 광촉매 기자재 및 기반시설 적용 시 폐수처리 관련 광촉매 제품 시장은 연간 약 70억 달러의 시장 진입 가능
- 광촉매 응용 제품 시장의 활성화를 위해서는 제품에 대한 성능 인증이 중요. 이에 따라 표준화와 인증체계 구축이 반드시 동반 되어야 함
 - 일본은 광촉매 제품의 성능시험 방법을 JIS(일본공업규격)로 정하는 필요성인식 하고 있는 단계이며, 유럽에서도 표준화를 추진 필요성 인식이 시작되고 있음
 - 광촉매 제품의 시장을 국내외적으로 확대하기 위해서는 국제 표준화위원회 또는 ISO규격 등에 대한 공론이 필요하며, 일본은 산업계, 학회, 연구계가 공동으로 표준화를 위한 연구회가 구성됨



3절 기술 동향

1. 국내 기술 동향

가. 광촉매 원천 소재 기술

- 현재까지의 광촉매 고정화 기술은 TiO_2 분말을 고정화하는 방법과 직접 촉매를 지지체 상에 합성, 코팅하는 방법으로 크게 두 가지방향의 기술이 주류를 이루고 있음
- 또한 광촉매 기술을 광촉매의 금속 이온 도핑, 새로운 광촉매 소재, 에너지 광원, 광촉매 코팅 기술 등으로 구분할 수 있으나, 건설 분야에서는 주로 광촉매 고정화 기술에 큰 비중을 두고 있으나 아직 고정화와 효율을 만족하는 기술은 개발되지 못한 실정
- 광촉매 분말을 고정화하는 방법은 지지체 담지법, 바인더법, 전기영동법, 그리고 초임계 유체 코팅법이 있으며, 또한 직접 촉매를 기재 표면에 합성, 코팅하는 방법으로는 Sol-gel 코팅법, PVD(Physical Vapor Deposition : 물리기상증착법), CVD(Chemical Vapor Deposition : 화학기상증착법), 그리고 이온 교환법이 있음

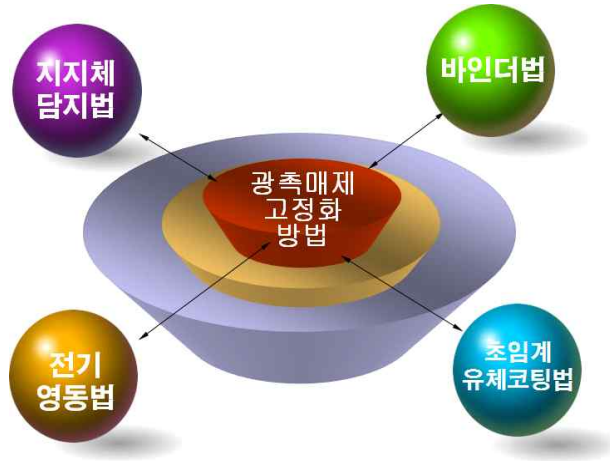


그림 65. 광촉매제 고정화 방법

- 금속계 응집제(Al, Fe, Ca)와 같은 화학물질의 사용은 물속에 잔류하게 되어 인체에 해로운 영향을 미칠 수 있으며 독성 슬러지의 대량 생산을 초래하고 조류를 발생시키는 영양 염류를 제거하지 못해 잠재적 2차 오염 가능성이 항상 내재 되어 있음
- 그러므로 독성 슬러지 발생을 억제하고 물에 잔류하여 인간의 건강에 악영향을 미치지 않으며, 조류응집슬러지의 재활용을 위한 기술이 필요함



- 국내 중소기업에서는 자체 제작 파일럿 건조/소성설비(규모: 탈수 슬러지 1톤/일 처리)를 활용하여 12,000톤/일 용량의 동두천염색공단 폐수를 활용하여 예비 응집시험을 실시한 바 있고, 이를 통하여 산화티탄 대량 생산 가능성을 확인

나. 광촉매 활용 건설자재 기술

(1) 도로시설물용 건설자재

- 광촉매 소재를 일부 구조물에 코팅하여 오염물 분해효과를 검증하는 기초연구가 진행되었을 뿐 다양한 적용방안에 대한 검토와 질소산화물 제거효율에 관한 연구는 부족한 실정임
- 가시광 감응 광촉매의 경우 도로포장뿐만 아니라 다른 사회기반시설물에 적용 가능, 특히 콘크리트 모체와 결합된 광촉매의 적용이 가장 효과적일 것으로 판단됨
- 탄소중립형 도로 기술개발 연구의 일부로 “도로온실가스 제거를 위한 도로시설용 TiO_2 콘크리트 공법 개발” 연구를 통해 광촉매 코팅 콘크리트 기초 물성을 검토함
- 콘크리트 2차 제품에 광촉매를 적용하여 대기공기질을 향상시키는 상용화 기술이 개발되어 있음. 구체적인 적용 기술은 광촉매 보도블록, 옹벽블록 등이 있으나 코팅방식에 따라 장기 내구성이 약한 단점을 지니고 있음
- 광촉매 재료 단기적인 질소산화물 제거 효과는 구체에 코팅하는 것이 아래 그림과 같이 높은 것으로 나타남. 그러나 표면 코팅방식은 내구성이 낮아 구체의 내구수명이 낮은 2차 제품에 적용하는 것이 유리하며, 장기적인 내구성능을 요구하는 경우는 적합한 구체 혼입방식을 검토하여야 할 것으로 판단됨

(2) 건축물용 건설자재

- 빌딩/주택용 내외장 건축재, 패널, 타일 및 위생도기에 관련된 기술이 개발되어 있으나 아직 효율이 낮고 가격이 비싸 실용화가 어려운 상황임
- 가정용으로는 실내공기질 향상을 위해 광촉매 벽지, 광촉매 조습 타일, 커튼, 향균/소취용 스프레이, 부엌설비 등에 시험 적용을 위한 시도가 진행되고 있으나 소요 성능이 확보되지 않아 활성화되지 못함
- 이들 실내 인테리어 관련 제품에 광촉매 적용 기술은 주로 코팅 방식으로 적용되는 경우가 대부분으로 제품의 내구성과 정화 기대효과가 수준에 미치지 못함



- 또한, 자외선 반응형 대기유해물질(NOx, SOx 등) 흡착성능 향상 기술 개발은 활발하나, 실내 가시광선 반응형에 대한 기술은 미흡한 실정임. 광촉매 반응 밴드갭 저감 및 가시광 광분해 효과 향상 기술 개발을 통한 시장 확대가 필요
- 실내 오염물질 흡착용 무기질 단열마감재 개발을 위해 실리케이트를 활용한 유무기 하이브리드 바인더 제조기술, 유해가스 흡착 및 분해 기능성 필터 제조 기술, 다기능 무기질 단열마감재 제조공정 개발, 다기능 무기질 단열마감재 시공 기술개발 등 다양한 시도가 진행되고 있으나 효율 및 경제성이 낮아 실용화가 어려운 상황임
- 2002년 한일 월드컵을 계기로 한국에서도 막구조에 대한 인식변화와 관심이 높아지면서 많은 건축물에 막재료가 적용되었는데 마크막스코리아(주)에서는 유리섬유에 PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene)를 코팅 막재, 폴리에스테르섬유에 PVC(Poly Vinyl Chloride)를 코팅한 막재 등을 적용
- 이들 막구조에 적용하는 막재의 경우 자외선 내구성을 높여야 하며, 자체 세정이 되는 방호성능이 필요함. 또한 이들 막구조에서 광촉매 작용에 의한 대기공기질 개선 효과가 발생한다면 매우 효과적인 친환경 기술이 도출될 수 있음
- 최근 출연(연)과 대학을 중심으로 광촉매 원천재료와 활용 기술에 대한 연구개발이 활성화되고 있으나 응용연구개발은 부족한 실정
 - 서울시립대에서는 국토교통부의 지원으로 “광촉매 나노 소재를 이용한 자가 세정 및 방오 기능을 지닌 주택/빌딩용 고기능 유리 개발” 연구를 수행
- 광촉매기술의 활성화를 위해서는 전문인력의 양성, 원천소재 기업의 규모 확장, 응용기술개발 활성화를 서두를 필요 있음

(3) 공기조화기기 활용 기술

- 건축물의 공조 설비는 주로 먼지를 제거하기 위한 것이며 기본적으로 적용되는 방법은 대부분 환기에 의존하는 형태를 가지고 있음

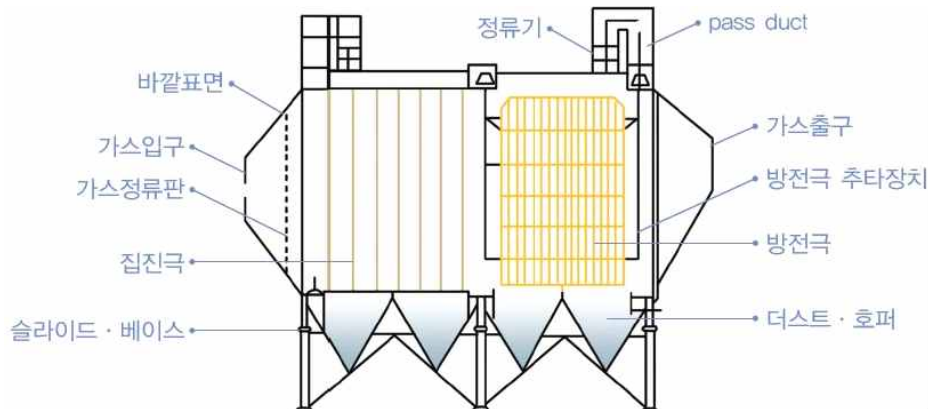


그림 66. 전기집진기 개요도(예)

- 공조에서 유기물질을 제거하기 위한 기술로 가장 많이 활용되는 기술은 주로 활성탄을 흡착제로 이용하는 방법으로써 냄새와 먼지의 제거에도 효과가 우수함. 그러나 사용되는 흡착제는 빠르게 포화되며, 잦은 교체가 필요함

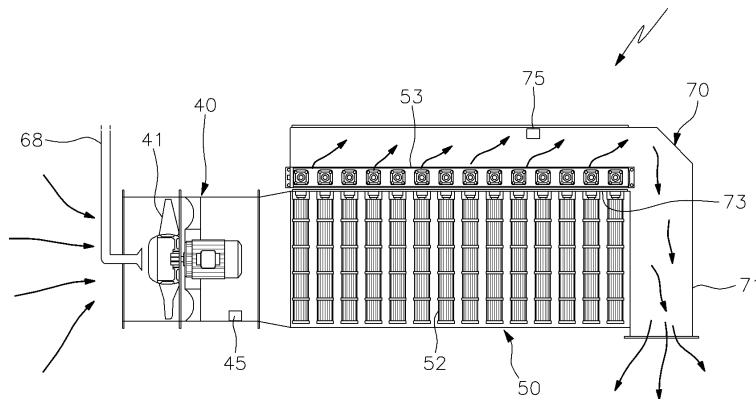


그림 67. 활성탄 흡착 시스템 모식도(예)

- 대표적인 상위출원인으로는 엘지전자, 삼성전자, 웅진코웨이, 위니아만도 등 가정용 공기청정기 제조업체와 기아자동차, 현대자동차, 대우자동차 등 차량용 공기정화기 관련 업체가 포함되어 있음
- 최근 공조조화기기의 필터에 광촉매를 적용하는 기술이 제품화되어 기존 가정용 및 산업용 공조조화기기 메이저 회사의 제품에 적용을 시도하고 있었으나 적용 범위가 제한적임
- 공기청정기, 자동차 에어필터 등에 사용된 OIT항균필터 논란 이후로 대부분의 가전업체에서 광촉매 필터를 이용한 공기청정기 개발을 진행하고 있으며, 최근 자동차 회사에서는 광촉매 필터를 적용하여 차량 내부 공기를 정화하는 시스템을 장착한 자동차가 출시되고 있음



- 2002년 말에 국가기술표준원이 주축되어 광촉매 및 연관분야의 산학연 전문가가 참여하는 광촉매 표준화위원회를 구성하고 이를 중심으로 광촉매의 표준화 활동을 수행하고 있으나 표준의 제시는 미흡
- 한국광촉매협회(2003 설립)는 광촉매 관련 7건의 국가표준(KS)와 4건의 민간 표준을 규정하여 성능 평가 및 인증 제도를 운영하고 있으나, 극히 일부의 제품에 불과하며, 광촉매 자체에 대한 인증 및 현장 적용성에 대한 평가를 수행하고 있지 못한 실정임
- 또한 한국광촉매협회는 일본 JIS 규격을 인용하여 성능평가 및 인증업무를 수행. 성능평가 시험법으로는 셀프크리닝을 시험하는 액상필름밀착법, 공기정화 성능을 시험하는 가스백 A법, 가스백 B법 등이 있음
- 2008년에 KS L ISO 22197-1:2008 “파인세라믹스-반도성 광촉매 재료의 공기정화 성능 측정방법-1부: 산화질소 제거”의 표준이 제정된 바 있음
- 국내 대기정화에 관련된 광촉매 성능평가 시험법 KS 규격이 ISO 22197-1과 같은 시험법과 동일하지만, 현재 국내에서는 가스백법을 보편적으로 사용하고 있는 실정임
- 광촉매 성능시험 및 제품의 활성화를 위해서는 광촉매협회 및 시험전문기관 등이 참여하는 협의체를 통하여 KS표준을 제안하고 이를 심의하여 표준화하는 노력이 필요함
- 오염 물질 저감을 위한 광촉매 기술 개발연구는 다양하게 수행되어 왔으나, 표준화된 실험 방법이 없고, 광촉매 성능을 보증해줄 수 있는 인증기준이 없어 연구실용화에 많은 어려움이 존재
- 국내의 광촉매 성능 평가 시험 방법은 ISO를 적용한 것으로 일본에서 개발한 JIS를 차용하고 있어 표준의 자립화를 위한 연구가 필요한 실정이며 아래 표에서는 2000년대에 추진된 광촉매 표준화 연구 현황임



표 29. 국내 광촉매 표준화 관련 연구 현황

| 과제명 | 수행기간 | 주관기관 | 책임자 | KS화 |
|--------------------|---------------|-------|-----|------|
| NO gas & VOCs 제거성능 | '01.07~'03.06 | 화학시험연 | 선일식 | 2005 |
| 향균 성능 | '04.04~'04.11 | 서울대 | 윤제용 | 2005 |
| 셀프클리닝 성능 | '04.04~'04.11 | 성균관대 | 박용창 | 2005 |
| 비효율 측정 평가법 | '03.12~'05.11 | 에기연 | 주현규 | 2006 |
| 포름알데히드 제거성능 | '04.10~'06.09 | 대진대 | 김선재 | 2007 |
| 광원표준화 | '04.10~'06.09 | 세종대 | | 2007 |

2. 국외 기술 동향

가. 광촉매 원천 재료 기술

- 광촉매 원료합성 기술은 소재 종류, 제조기술, 에너지원 등으로 나눌 수 있으며 외국에서는 가시광에서 광촉매 활성화를 향상시키는 데 연구개발을 주력
- 가시광에서의 광촉매 활성화 방안으로는 염료와 유기금속물질 등, 이종의 광촉매를 결합시킴으로써 가시광에서의 활성을 향상시키려는 방법과 이산화티탄 입자에 양성 혹은 음성의 불순물을 도포하여 띠 간격(band gap energy)을 효과적으로 감소시켜 가시광에서의 활성을 갖도록 하는 방법이 개발되어 있음
- 그러나 이론적으로 완성된 이 기술은 실제 산화티탄에 가시광 촉매 반응을 일으키는 데 한계가 있음
- 일본은 “순환사회구축형 광촉매산업 창성 프로젝트”를 통해 가시광선 응답형 광촉매에 대한 연구를 수행하고, 광촉매의 새로운 기능을 창출하여 신산업을 창출하기 위한 연구를 수행하고 있음.
- 일본은 1972년 도쿄대의 Honda와 Fujishima에 의해 이산화티탄(TiO_2) 광촉매를 이용한 물의 분해반응을 Nature지에 보고된 이래로 현재까지 TiO_2 와 같은 반도체물질을 이용한 새로운 광촉매의 연구가 학술적인 목적 또는 상업적인 목적으로 꾸준히 진행되고 있음(출처: Fujishima, A., Honda, K. Nature, 1972, 238, 37)
- 특히 일본은 정부의 주도로 3단계 WENET Program(World Energy Program)을 통해 광촉매 연구를 적극 지원하고 있으며, 나고야공업 기술연소 및 기후대학 등



산학협동 연구를 통해 광촉매를 실리카 계열의 다공질막으로 감싼 구조를 개발하여 광촉매의 열화를 방지하고, 유기 오염물 미생물들만 실리카의 미세한 구멍을 통하여 광촉매에 흡착되어 분해할 수 있는 광촉매 개발

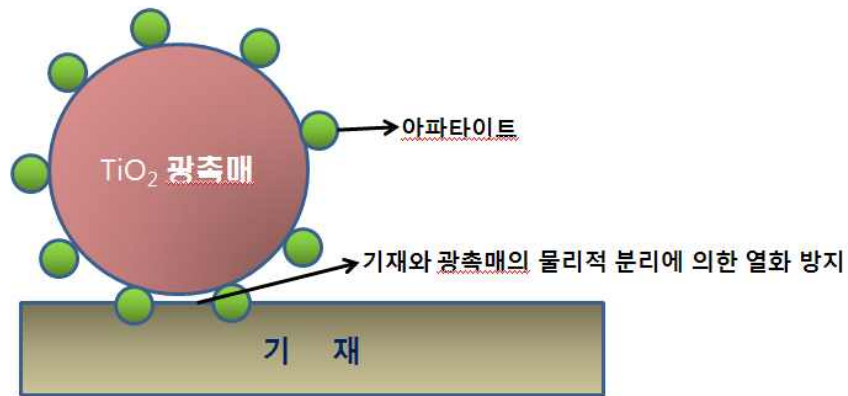


그림 68. 아파타이트 피복에 의한 광촉매의 열화 방지 효과 모식도

- 중국은 2013년 티타니아 표면 촉매 활성화와 미시적 반응 메커니즘을 밝혀냈으며, 이러한 성과를 Nature Communications에 발표함. 지속적으로 분자척도의 촉매 반응 및 광화학 미시적인 메커니즘의 오류를 수정하고 있음. 이러한 연구는 중국 과학원, 중국 과학 기술부, 중국 국가자연과학기금위원회와 교육부의 지원받아 진행되고 있음 (출처: 글로벌 동향 브리핑, KISTI 미리안, 2013.08.16.)
- 유럽에서는 2002년부터 2005년까지 유럽위원회 공동연구센터의 지원으로 이탈리아 시멘티 그룹, 밀레니엄 등 원료 제조기업과 광촉매 연구/시험 기관 등 8개 팀으로 구성하여 "PICADA(Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment) Project"를 수행 산업적으로 활용을 진행하고 있으며, 주로 광촉매 시멘트, 보도 블록 형태로 다량 사용을 진행하고 있음
- 독일은 2002년부터 2011년까지 총 3년 동안 태양광과 광촉매가 결합된 건축재료의 표면을 이용하여 대기오염물질(질소산화물)을 분해하는 기술을 개발하는 연구 컨소시엄을 구성하여 활동하고 있음
- 유럽은 다음 10년 내에 달성해야하는 기후변화 조절 활동인 Europe 2020 전략의 하나로 유럽인의 건강을 향상시키기 위한 공기질 개선 필요성을 확인함. 공기 중의 유해물질의 수준을 감소하기 위해 활발한 노력에도 불구하고, 목표에 도달하지 못하고 있으며, 지금까지의 노력 중 가장 유효한 지속가능한 기술 중 하나는 광촉매 콘크리트임. 이에 유럽위원회에서는 Light2CAT이라는 프로젝트를 진행하였으며, 13개 연구기관에서 참여함(출처: <http://www.light2cat.eu>)



- Light2CAT 프로젝트의 목적은 유럽 전체에 걸쳐 구조물에 사용되는 콘크리트에 가시광 활성 광촉매를 적용하여 공기질을 개선하는데 있음. 자외선 광촉매가 적용된 콘크리트는 지중해 지역 유럽 국가에서만 주로 사용해왔으며, 약한 햇빛이나 북부 유럽에서는 사용되지 않았음
- 덴마크 코펜하겐, 스페인 발렌시아와 코펜하겐과 훌백간의 고속도로 3 사이트에 2014년 하반기에 시공하여 2015년 8월에 실제 조건에서 테스트한 결과 5-20% 의 질소산화물이 제거되었음
- 가시광 광촉매 콘크리트 시장은 2015 년에 거의 \$ 1.6 억 가치가 있는 것으로 추정되며, 12.6 %의 복합 연간 성장률에 의해 2020 년까지 거의 \$ 2.9 억에 도달할 것으로 예측함. 이러한 사업성을 바탕으로 Light2CAT 산업 파트너에게 판매권을 부여함

나. 광촉매 활용 건자재 기술

(1) 도로시설물용 건자재

- 일본에서는 광촉매콘크리트공업회(NOXER)가 조직되어 대기정화 기능을 가지는 광촉매 콘크리트에 관한 기술개발이 활발하게 진행
- 여기서는 산화티탄 광촉매를 시멘트계 고화제로 고정시켜 자동차 배출가스에 포함된 질소산화물을 제거하는 기술을 (주)후지타, 후지타도로(주), 태평양시멘트(주), 이시하라산업(주)이 포토로드(광촉매 콘크리트 도로)공법을 공동 개발
- 일본에서는 방음벽과 가드레일 등 도로 시설물에 광촉매를 코팅하여 도로변에서 발생하는 대기오염물질을 저감하는데 활용하고 있으나 현장 적용은 아직 초기 단계임
- 오사카에서 방음벽에 광촉매를 적용하여 3년 동안 내구성을 모니터링한 결과 성능이 떨어진 제품도 있었으며, 5년이 지난 시점에서도 우수한 제품도 있는 것으로 조사됨에 따라 일본도로공단에서는 요금소를 중심으로 광촉매 적용 효과에 대한 조사를 계속해서 진행하고 있음



표 30. 도로시설물에 광촉매 코팅기술을 적용한 사례(일본)

| | |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>『광촉매 코팅 투명방음벽』</p> <ul style="list-style-type: none"> 투명방음벽에 광촉매 응용 적용구간 : 나고야시 국도 302호 모리야마 구 아부토초 부근 기대효과 : 투명방음벽에 광촉매 코팅으로 방오기능 기대 |
| | <p>『톨부스 앞 돌출부 광촉매 코팅』</p> <ul style="list-style-type: none"> 고속도로 영업소에서의 광촉매 응용 적용구간 : 나고야 고속도로 영업소 기대효과 : 방오기능 및 대기오염물질 저감 효과 기대 |
| | <p>『도로변 육교 외장 광촉매 코팅』</p> <ul style="list-style-type: none"> 육교에서의 광촉매 응용 적용구간 : 나고야시 기타구 메이조 2초메 기대효과 : 방오기능 및 대기오염물질 저감 효과 기대 |

(출처: 탄소중립형 도로 기술 개발 기획보고서, 국토해양부, 2011.06)

- 일본의 경우 광촉매를 코팅한 질소산화물 정화용 도로포장 블록도 미쯔비시머 테리얼 등 여러 회사에서 제품화되어 광범위하게 활용
- 미국의 경우, Texas, Houston지역의 고속도로를 포함한 자동차도로와 인도의 보도블록에 적용할 목적으로, Lamar대학의 연구진을 중심으로 2006년부터 본격적인 연구개발에 착수하였음. 그림은 Houston지역 자동차도로에 광촉매 포장 적용할 목적으로, 포장면적을 계산할 때, 그 계산방법을 제시한 연구개발 보고서상의 자료



그림 69. 포장면적 계산 제시 방법



- 중국에서는 북경에 완성된 국가대극장의 지붕에 광촉매를 적용한 것이 유명하며, 공기청정기를 중심으로 코팅액, 도료, 발포형 니켈 위에 산화티탄을 코팅한 필터 재료, 광촉매 코팅 조화 등 많은 제품이 있음
- 이탈리아의 경우 광촉매 시멘트를 Bergamo시 Borgo Palazzo Street의 블록 포장에 적용하여 적용지역 대기오염이 30~40% 감소하였다는 자체 분석사례가 있음
- 유럽은 2002년 1월부터 2005년까지 광촉매 응용기술 개발을 위한 "PICADA (Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment) Project"를 수행한 바 있음
 - 유럽위원회 공동연구센터에서 지원
 - 이탈리아 시멘티 그룹과 밀레니엄 사 등의 원료 제조기업과 광촉매 시험연구 기관 등 8개 팀으로 구성
 - 광촉매 시멘트를 Bergamo시 Borgo Palazzo Street의 블록 포장에 적용
 - 시공 1년 후 자동차 배기 질소산화물의 30~40% 제거
- 벨기에의 경우, Antwerp 지역에 10,000 ㎡의 면적에 걸쳐 아래 그림과 같이 광촉매 블록포장을 시공하였으며, 시공 후 1년이 지난 후 동지역의 대기오염이 약 20% 감소한 것으로 보고함



그림 70. 광촉매 콘크리트 블록 포장 적용 사례 (벨기에)

- 네덜란드에서는 Hengelo 지역에 폭 5m, 길이 150m의 광촉매 코팅 보도블록을 시공하여 질소산화물이 19~28% 감소한 것을 확인하였고, 덴마크에서도 유사한 실험을 통해 질소산화물을 22% 감소시킨 사례가 있음
- 일본, 유럽 등에서는 도로 및 고가도로 기둥, 터널 내벽에 광촉매 타일 및 블록을 부착시켜 자동차 배기가스 정화실험을 통해 NOx, SOx를 제거하기 위한 연구도 수행 중임



(2) 건축물용 전자재

- 일본에서는 2007년부터 “순환사회 구축형 광촉매 산업 창성 프로젝트”를 수행하여 실내에서도 광활성을 가지는 가시광 활성 광촉매를 개발하고 이를 실용화하기 위한 연구를 수행하고 있음
- 미국은 유리구슬에 산화티탄을 코팅하여 바다 수면에 유출된 기름을 제거한 적이 있으며 유리제조사인 PPG와 Cardinal에서 셀프클리닝 유리를 출시한 바 있음
- 미국 Andersen사는 유리창이나 발코니에 산화티탄 광촉매를 응용하는 기술을 개발한 바 있으며 BEHR사는 산화티탄 광촉매에 의한 질소산화물 저감기술을 개발한 바 있음
- 유럽은 실내 온열환경 및 실내공기질 동시 만족을 위한 Passive 플라스터 시스템 개발을 위한 프로젝트를 진행(EU - CETIEB Project). 유럽 연합을 중심으로 7개국 15개 연구기관 참여하고 있음(출처: <http://www.cetieb.eu>)
 - 실내 온열환경 및 실내공기질 실시간 무선 모니터링 시스템 개발
 - 실내공기질 개선 위한 저비용/고효율 다기능 패시브 플라스터 마감재 개발
 - 무기질 기반 경량 단열 플라스터 개발(Insulation)
 - Micro-PCM 기반 경량 단열 플라스터 개발(Energy Storage)
 - 발포 펄라이트 표면에 이산화티탄(TiO_2)을 발포(이산화티탄 효율 증가)
- EU 5개국의 3개 기업, 7개 연구기관, 그리고 1개 컨설팅회사가 참가하여 광촉매 셀프클리닝 유리 프로젝트를 적극적으로 추진한 바 있으며, 영국의 Pilkington사와 프랑스의 Saint-Gobain사는 셀프클리닝이 가능한 방호 유리 제품을 광촉매를 이용하여 생산
- 이탈리아의 이탈체멘티사가 건축가 Richard Meier와 함께 로마에 위치한 200년 된 Jubilee 교회의 콘크리트 외장에 TiO_2 계 광촉매 시멘트를 적용

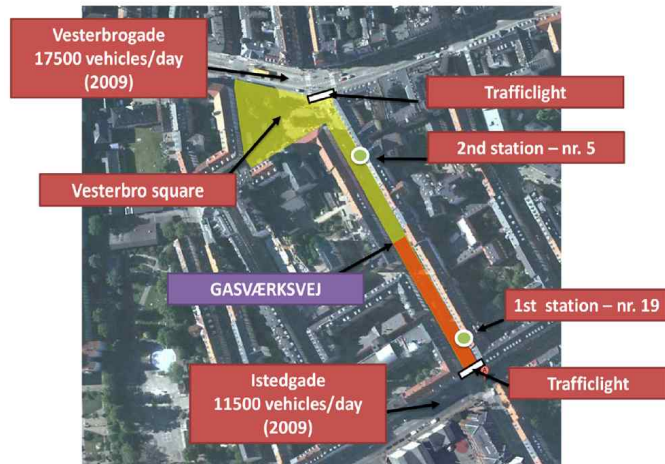


그림 71. 네덜란드와 덴마크의 광촉매 보도블록 시공사진 및 시공 계획도

(출처: TrendSpectrum, 2013.7.12.)

- 체코의 Advanced Materials사는 이산화티타늄(TiO_2)을 이용한 광촉매 도료를 개발하여 상용화 시켰고, 이를 콘크리트에 적용, 공기청정 능력과 미생물로 인한 콘크리트의 부식방지 효과 확인
- 프랑스에서는 Air France 본사 및 Brodeaux의 경찰서 건물에 이산화티타늄(TiO_2) 코팅을 적용하였으며, 미국에서는 미주리 주 141번 고속도로의 일부 구간을 광촉매가 혼입된 콘크리트로 포장하였음

(3) 공기조화기기 활용 기술

- 일본에서는 광촉매를 가전제품인 주택용 광촉매 공기청정기에 탑재하여 세균, 바이러스, 냄새분자를 광촉매 작용으로 산화 분해하는 연구가 진행되고 있음
- 토양정화설비(EAP, Earth Air Purifier)는 일본 오사카에서 도로변 자동차 오염 저감시설로써 개발되었으며, 저농도 자동차 배출가스가 토양층을 통과하면서 물리적·생물학적으로 처리되는 공정을 갖고 있다. 이 시설은 처리시간이 오래 걸리며, 별도의 부지가 필요하여 초기비용이 과다한 단점이 있음
- 살균 소독제에 관하여서는 이미 많은 연구가 이루어져 있으며, 미국, 일본 및 유럽에서는 이미 기술이 성숙기에 접어 든 것으로 판단되고 있음. 최근 개발이 이루어지고 있는 제품들은 기존 제품을 개량한 것이며, 주로 저독성, 친환경성을 갖춘 제품들임

(4) 광촉매 성능평가 기술

- 일본은 2000년 1월에 설립된 ‘광촉매제품기술협의회(SITPA)’와 동년 10월에



설립한 ‘광촉매제품포럼’이 중심이 되어 단체규격을 규정하는 등의 표준화 활동을 하고 있음

- 일본에서는 2002년 9월 산학연 위원으로 구성된 광촉매표준화위원회가 조직되어 표준화를 추진하여 2003년에는 일부 규격을 ISO에 제안하여 국제적인 규격을 제안함. 현재 국내에서 이 시험법의 일부를 인용하고 있음
- 일본은 파인세라믹협회가 사무국이 되어 광촉매 성능의 JIS 시험법제정을 추진하고 ISO 제정을 위한 활동도 활발히 진행하고 있음
- 일본은 광촉매제품기술협의회와 파인세라믹협회가 통합되어 ‘일본 광촉매공업회’를 설립하고 광촉매 성능 제품에 대한 인증제도 관리를 담당. 일본의 JIS에는 광촉매와 관련한 규격이 11개가 있음
- 현재 광촉매 관련하여 제정된 ISO규격은 Air purification, Water purification, Self-cleaning, Disinfection 부분에서 7개이며, 많은 다른 시험방법도 제안/검토되고 있는 실정임

표 31. ISO 광촉매 시험방법 현황

| Property under test | Test pollutant | ISO |
|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Air purification | NO | ISO 22197-1: 2007 |
| | Acetaldehyde | ISO 22197-2: 2011 |
| | Toluene | ISO 22197-3: 2011 |
| | formaldehyde | Pending |
| | Methyl mercaptan | Pending |
| | Acetone | Suggestion |
| Water purification | Methylene blue | ISO 10678: 2010 |
| | DMSO | ISO 10676: 2010 |
| | Acid Orange 7 | Suggestion |
| | Phenol | Suggestion |
| | 4-Chlorophenol | Suggestion |
| | Dichloroacetic acid | Suggestion |
| | Self-cleaning | Contact angle/oleic acid |
| Stearic acid | | Suggestion |
| Inks | | Suggestion |
| Disinfection | Bacteria | ISO 27447: 2009 |
| | Fungi | Pending |
| | Viruses | Suggestion |

(출처: Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 237, 2012)

- 일본에서는 2014년에 가시광선에 대한 광촉매의 성능 평가 시험 방법을 추가



하여 관련 JIS를 개정하고 2015년 ISO에 등재를 신청함

표 32. 일본의 광촉매 관련 표준 현황

| Sub-Committee | | JIS Proposal | ISO Proposal | Task in progress |
|----------------|----------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| Air | NO gas | 2003 | 2004 | TC206/WG33 in Active |
| | VOCs | 2005 | 2006 | Evaluation test |
| | Malodorous substance | 2006 | 2007 | Investigation |
| Self-cleaning | | 2005 | 2005 | Outdoor exposure test |
| Anti-bacterial | | 2005 | 2005 | Evaluation test |
| Anti-fungal | | 2006 | 2007 | Investigation |
| Water | | 2006 | 2006 | Evaluation test |

- 미국은 광촉매 산업이 활성화되지 않아 성능평가와 관련된 표준화 활동이 미비한 실정이나 ISO를 통한 표준화 활동은 수행 중에 있음
 - 미국은 ISO/TC206에서 한국과 함께 P-member국으로 광촉매의 국제표준화에 있어서 적극 참여하고 있음.
- 유럽표준화단체(CEN: French: Comité Européen de Normalisation)에서는 별도로 Air purification(CEN/TC386/WG2), Water purification(CEN/TC386/WG3), Self-cleaning applications(CEN/TC386/WG4), Medical applications (CEN/TC386/WG5), Light Source(CEN/TC386/WG6) 등에서 광촉매 표준화 규격(CEN/TC 386)을 제정

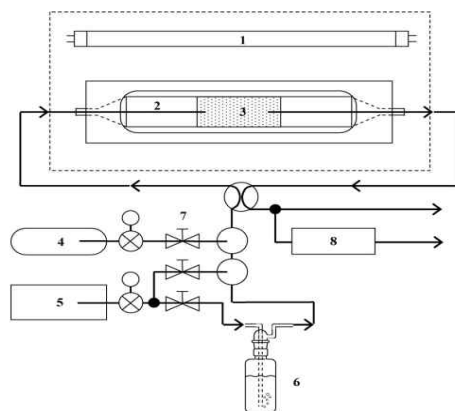


그림 72. ISO 22197-1 시험방법

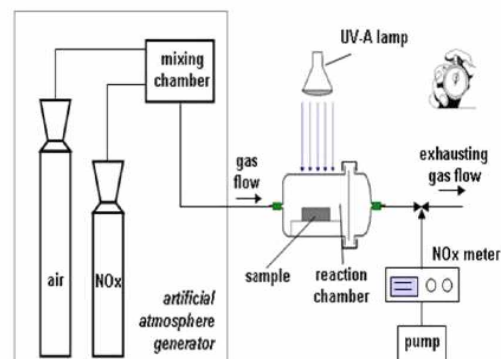


그림 73. CEN/TC386/WG2 시험방법



- “AQUACAT”로 명명된 광촉매를 이용한 수처리 관련 프로젝트는 프랑스, 스페인, 포르투갈 연구자들이 참여하고 있으며, 모로코, 튀니지아, 이집트, 멕시코, 아르헨티나에 관련 기술 및 제품을 수출하고 있음

3. 향후 기술 전망

- 폐수처리 및 총인처리시설에서 Ti계열의 응집제를 사용할 수 있는 원천기술은 개발이 완료되어 있는 상태이므로, 이를 실규모 플랜트에 적용하는 연구가 필요한 상황임
- 국가 시범사업의 형태로 ‘광촉매를 생산하는 폐수처리장’의 청정+재활용+융합의 개념으로 시범연구사업이 전개될 경우, 광촉매 원천 소재 분야에서 세계적으로 기술을 선도할 수 있을 것으로 전망
- 건축분야에서 광촉매기술이 광범위하게 적용되기 위해서는 촉매반응을 빨리 진행하기 위해 표면적을 증가시키고, 결정성을 높이고 격자결함을 감소시켜 효율성을 높이는 기술 개발이 필요
- 국내의 실내공기질 기준이 강화됨에 따라 실내공기질을 제어할 수 있는 광촉매의 연구개발이 필요함. 현재는 촉매 원천기술, 수처리 및 대기처리 기술개발이 주를 이루나 건설재료와의 융합기술 개발이 활발히 진행될 필요가 있음
- 광촉매 기술은 실내 공간에서부터 점차적으로 실외 공간으로 확대되어 나가는 추세를 보이고 있으므로 실외에서 공기정화, 방오, 살균 등의 기능을 활용하는 방안으로 기술이 발전해 나갈 것으로 예상됨
- 시멘트 기반 콘크리트를 이용한 융합기술 기반 기능성 건설재료의 개발이 나노 기술의 발전과 함께 활발히 진행되고 있음을 고려할 때, 기존의 친환경 콘크리트 제조기술에 이러한 신기술의 융합을 통한 진일보한 기능성 콘크리트 개발 연구가 가속화 될 것으로 예상됨
- 경제적인 광촉매 기술 개발로 인해 다양한 분야, 특히 도로 시설물에 광촉매를 활용함으로써 자동차에 의한 대기오염을 근원지에서 해결하는 기술이 활발히 적용될 것으로 판단됨
- 유럽에서는 보도블록에 광촉매를 적용하는 기술이 우선 적용되고 있으나 점차적으로 건설자재 전반에 활용되는 기술로 확대될 것으로 예상됨. 도심의 공기질을 개선하기 위하여 오염도가 높은 곳부터 적용이 예상되며 이를 위해서는



경제성 확보가 필수적임

- 점차적으로 살균과 유기물제거 기능을 요하는 장치 기술로 확대될 것으로 예상되며, 이를 위하여 광촉매를 필터화하는 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 이를 적용한 장치의 개발도 가속화 될 것으로 예상됨
- 광촉매를 이용한 건설재료 기술개발은 터널 내 콘크리트 라이닝 등의 구조물에 대한 적용성이 뛰어날 것이며, 특히 내부 도장(도료)재에 광촉매 기술의 융합에 의한 기술개발은 신규 건설되는 터널 뿐 아니라 기존터널에의 적용성도 좋을 것으로 판단됨
- 광촉매 코팅 건설재료의 대기 및 수질 정화 성능은 이미 여러 사례를 통해 검증이 되었으나, 코팅된 TiO₂의 내구성에 대한 연구는 거의 이뤄지지 않음. 따라서 장기적으로 안정적인 정화 성능을 확보하고 유지보수를 최소화하기 위한 코팅 내구성 향상 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨
- 광촉매 활용기술 중에서 가장 발달한 기술 세부 분야는 산화티탄 코팅에 광촉매 효과를 활성화하는 기술임. 단기 효과는 우수한 것으로 나타나고 있으나 장기 내구성 측면에서 품질보증은 대부분 확인되지 않음. 따라서 코팅 기술에 의한 광촉매 활성화 기술은 장기 내구성 확보 기술의 개발이 필요함
- 콘크리트 재료 및 2차 제품과 광촉매 기술의 결합은 여러 가지 형태로 접근되어 있음. 콘크리트 구체에 코팅 또는 혼입하는 방식으로 구분됨. 코팅의 경우 효율은 좋은 것으로 나타나지만 장기 내구성에 대한 Guarantee의 확보가 아직 미흡한 상태
- 반면 혼입방식은 산화티탄 광촉매의 단가가 높아 시멘트 대체율을 높이는 데 한계가 있음. 또한 혼입 시 광촉매 반응의 활성화가 높지 않아, 혼입 시 광촉매 활성화를 기대할 수 있는 기술 개발이 필요함
- 공조기기 분야에서는 비교적 산화티탄 필터 적용으로 광촉매 작용을 활성화 할 수 있는 적용기술의 개발이 진행되고 일부 제품에 적용되고 있음. 그러나 다른 정화방식의 공조기기에 대비하여 단가 경쟁의 약점을 지니고 있어서 경제성 개선과 새로운 광촉매 적용 방식의 개발이 필요함
- 한편, 광촉매 시멘트계 재료 및 제품, 공조기기, 코팅재료 및 기타 여러 가지 형태의 광촉매 활용 기술을 이용한 도로시설물, 건축물 및 공조기기 등에 적용성을 높이기 위해서는 기술개발의 세분화와 표준화를 통한 성능입증의 객관성을 확보하는 것 중요함



4절 중점 연구분야 도출

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하여 ISSUE에 기반하여 중점 연구분야를 도출하면 다음과 같음

가. 미세먼지 저감 기술

- 우리나라의 대기 환경이 급속히 악화되고 있으며, 최근 대기 중 미세먼지 농도가 급속히 증가하고 있으며 이에 대한 저감기술의 개발 요구가 언론 등을 통하여 사회적으로 표출되고 있음
- 기존 발생한 미세먼지를 저감할 수 있는 기술 중에서 건설기술 분야에서 적용 가능한 분야는 광촉매 건설자재를 활용하는 방안을 고려할 수 있음
- 그러나 광촉매를 건설자재에 활용하는 방안은 2000년대 초반에 국내에서 일부 검토가 되었으나 광촉매의 가격이 높고 이를 건설자재 제품의 적용할 때 가격 대비 효과를 확보하기 어려워 적극적인 개발이 어려움
 - 즉, 저비용 고효율의 광촉매 원재료 기술이 확보되지 않고는 미세먼지 저감 기술의 확보가 어려움
 - 따라서, 경제성이 확보되는 광촉매 재료 원천기술 및 생산기술의 확보가 필요함
- 대기 중 미세먼지를 저감할 수 있는 건설기술로는 SOC 인프라 시설물 건설기술에 광촉매 기술을 접목하는 방안을 고려할 수 있으며, 이중에서 도심을 중심으로 한 도로시설물에 효과적인 것으로 판단됨
 - 따라서 도로포장, 도로구조물 등의 도로시설물과 방음벽, 차음벽 및 터널 내부 등과 도로부속시설물에 광촉매 기술을 응용하는 기술개발이 필요함
- 미세먼지 저감기술과 관련된 중점 연구 분야
 - 광촉매 재료 원천기술 및 생산기술
 - 도로시설물 및 도로부속시설물 광촉매 활용 기술

나. 실내공기질 개선 및 새집증후군 저감 기술

- 새집증후군 해결을 위해서는 중앙정부 및 지방정부에서 주거시설에 기능성 건축자재 사용을 의무화하는 계획들을 추진하고 있음. 이 기능성자재의 경우 휘



발성유해물질의 방출량이 작은 건자재의 사용에 초점이 맞추어져 있음

- 그러나 기능성 건축자재라고 하더라도 VOCs 물질을 전혀 방출하는 것이 아니기 때문에 실내공기질을 개선하는데 한계가 있음
 - 따라서, 새집증후군과 같이 실내에서 발생하는 유해물질을 적극적으로 분해하여 저감하는 기술이 필요하며, 본 기획에서는 광촉매의 유해물질 분해 기능을 활용하는 기술을 설정함
- 또한, 지하철 역사 및 대규모 상업시설 등, 다중이용시설의 실내공기질 악화가 대중의 건강에 영향을 미치는 것으로 추정됨에 따라 개선이 필요함
 - 다중이용시설의 경우 주거시설과 달리 강제식 환기가 반드시 필요하며 실내 잔류하는 공기질 향상과 더불어 환기시설의 개선도 필요함
- 이에 따라 본 기획에서는 환기시설에서 유해물질을 제거할 수 있도록 광촉매 활용 기술의 개발도 필요한 것으로 판단
- 한편, 최근에는 대기 중 질소산화물 및 황산화물 등 미세먼지 2차 생성 전구물질이 실내로 유입되어 실내공기질을 떨어뜨리는 것이 사회적으로 이슈로 등장
- 이에 따라 본 기획에서는 실내공기질의 개선을 위해서 광촉매의 전구물질 분해 제거하는 작용을 활용하는 기술을 중점 분야로 도출
- 실내공기질 개선 및 새집증후군 저감 관련 중점 연구 분야
 - 광촉매 활용 주거 및 다중이용시설용 건자재 기술
 - 공기조화기기 광촉매 활용 기술

다. 감염병 확산 저감 기술

- 2015년 메르스 사태로 인하여 국민적 관심이 감염병 예방 및 확산 방지에 대한 관심이 높아지고 있으며, 향후 적극적인 대응 기술 개발로 희생자의 발생을 최소화해야 한다는 요구가 거세짐
- 질병관리본부가 2015년에 발표한 “국가방역체계 개편안”의 경우 공항과 항만을 중심으로 한 감염병 유입 및 추적관리의 합리화에 집중
- 또한 감염병 발생 시 병원을 중심으로 확산이 급속히 전진된 사례에 비춰, 병원 내 감염병 확산 방지를 위한 의료 종사 인원과 출입자 및 병원시설의 의료적 대책이 주류를 이룸



- 본 기획에서는 감염병의 확산 방지를 위해 광촉매의 살균작용을 이용하는 전제를 두고 병원 실내를 중심으로 한 건설자재에 광촉매 기술을 활용하는 중점 연구 분야를 도출
 - 경제성이 확보되는 광촉매 재료 원천기술 및 생산기술의 확보는 미세먼지 대응 기술과 동일하게 필요함
- 감염병 확산 저감과 관련된 중점 연구 분야
 - **광촉매 활용 의료시설용 건설자재 기술**

라. 가축 전염병 저감 기술

- 최근 매년 반복되는 가축 전염병인 구제역과 조류인플레인지(AI)는 축산 농가의 생활기반을 흔드는 뿐만 아니라 살처분 등을 통해 국민의 생활환경을 위협하고 있음
- 가축 전염병에 대한 대책은 주로 방역이 주류를 이루지만, 방역만으로 반복되는 발생 현상을 전면적으로 대응하기는 역부족
- 또한, 주변에서 발생하더라도 해당 축사의 청결환경이 확보될 경우 잠복한 가축 질병의 출현을 어렵게 하는데 도움을 줄 수 있음
- 본 기획에서는 축사의 시설물 환경 측면에서 접근 도로 및 축사 실내외 건축자재에 광촉매 기술을 적용하여 가축 전염병의 발생과 확산을 저감하고자 함
- 가축 전염병 저감 관련 중점 연구 분야
 - **광촉매 활용 축사용 건자재 기술**

마. 개발 기술의 구현을 위한 표준화 기반 구축

- 광촉매를 건설재료 및 자재로 활용하기 위해서는 목표 성능을 시험 및 평가하는 기술과 이를 인증할 수 있는 표준화 기반 구축이 필요
- 외국의 경우 광촉매 재료 자체에 대한 촉매 활성화 성능을 시험 및 평가할 수 있는 규격 및 표준은 일부 갖추어짐
 - 일본의 경우 광촉매공업회를 중심으로 11개의 JIS 표준을 제정
 - ISO 표준에서는 Air purification, Water purification, Self-cleaning, Disinfection 부분에서 7개 제정되어 있음



- 그러나 광촉매 재료에 대한 KS 표준을 비롯한 국내 시험 및 평가 기준은 현재 제정된 것이 없는 상황
- 또한 외국에서도 광촉매를 활용한 건자재 제품에 대한 정확한 시험 및 평가 기준은 미흡함
- 광촉매를 활용하여 건설 재료 및 자재를 개발할 경우 이에 대한 성능평가와 활용성에 대한 검증이 반드시 필요함. 그 이유는 사용자 측면에서 객관적인 성과 안전성이 입증되어야 현장에 적용이 가능하기 때문임
- 표준화 기반 구축 기술 확보 연구 분야
 - 광촉매 및 광촉매 제품 성능평가 표준화 기술
 - 광촉매 및 광촉매 제품 인증제도 구축 기술

바. 기획과제 중점 연구 분야 도출

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하여 ISSUE 별로 검토한 각각의 연구 분야를 유사기술 군으로 정리하여 다음의 중분류 단계의 중점 연구분야를 도출

표 33. 기획과제 중점 연구 분야 도출

| 중점 연구분야 (중분류) | 포함 기술 |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 광촉매 원천 재료 기술 | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 광촉매 원천 재료 제조 기술 - 저비용 광촉매 생산 기술 |
| 도로시설물 광촉매 활용 기술 | <ul style="list-style-type: none"> - 도로시설물 광촉매 활용 기술 - 도로부속시설물 광촉매 활용 기술 |
| 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 기술 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 활용 의료시설용 건설자재 기술 - 광촉매 활용 주거 및 다중이용시설용 건자재 기술 - 공기조화기기 광촉매 활용 기술 - 광촉매 활용 축사용 건설자재 기술 |
| 광촉매 표준화 기술 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 및 광촉매 제품 성능평가 표준화 기술 - 광촉매 및 광촉매 제품 인증제도 구축 기술 |



5절 특허 및 논문 분석

1. 특허 동향 분석

가. 분석 배경 및 목적

- 하폐수로부터 광촉매를 제조하는 원천기술과 이를 건설재료 및 자재에 응용하는 기술, 그리고 각 활용 분야별 적용기술을 실효성 있게 개발하기 위한 전략적인 기획을 보다 효율적으로 수행을 요함
- 연구개발 목표 및 범위(경제적인 광촉매 제조·생산 기술, 광촉매 활용 청정 도로 및 시설물용 건설재료/자재 생산 및 시공 기술, 쾌적하고 안전한 생활환경 확보를 위한 자재 생산 및 시공 기술 개발, 청정 광촉매 재료/자재 성능평가 및 유효성 확보 기술)와 관련한 특허동향분석을 수행하여 현 시점에서의 기술 개발 추이를 확인하고, 기술개발 초기 단계에서 활용 가능할 만한 아이디어 시드로서 눈여겨 볼만한 특허들을 선별함으로써 실제 연구개발에 도움이 될 수 있는 특허 사전검토 자료를 제공하고자 함

나. 분석 범위

(1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위¹⁵⁾

표 34. 검색 DB 및 검색범위

| 국 가 | 검색 DB | 검색범위 | 검색구간 |
|-----------|---------|------------|-------|
| 한국(KIPO) | WIPS DB | 공개 및 등록 특허 | 모든 기간 |
| 미국(USPTO) | WIPS DB | 공개 및 등록 특허 | |
| 일본(JPO) | WIPS DB | 공개 및 등록 특허 | |
| 유럽(EPO) | WIPS DB | 공개 및 등록 특허 | |

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~ 2014. 07(출원년도 기준)
 ※ 정성분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~ 2016. 01(공개등록년도 기준)

15) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2014년 7월 이후 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 ~ 2014년 7월까지 한정함.



(2) 분석대상 기술 및 검색식 도출

(가) 기술분류 체계

- 본 분석에서는 연구개발계획서를 기초로 하여, “하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발”을 대분류로 설정
- “A. 저비용 광촉매 생산 기술”, “B. 도로시설물 광촉매 기술”, “C. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술”을 중분류로 설정
- 상기 “A. 저비용 광촉매 생산 기술”의 소분류로 “A1. 저비용 광촉매 응집 기술”, “A2. 저비용 광촉매 생산 기술”, “A3. 저비용 광촉매 가공 기술”을 설정
- 상기 “B. 도로시설물 광촉매 기술”의 소분류로 “B1. 광촉매 콘크리트 제조 기술”, “B2. 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술”, “B3. 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술”, “B4. 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술”을 설정
- 상기 “C. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술”의 소분류로 “C1. Virus free 의료 시설 광촉매 기술”, “C2. 주거 및 상업시설 광촉매 기술”, “C3. 축산시설물 광촉매 기술”, “C4. 농·수산시설물 광촉매 기술”을 설정한 후, 이러한 기술 분류에 따라 특허 검색을 실시하였음

표 35. 분석대상 기술의 기술분류체계

| 대분류 | 중분류 | 소분류 |
|------------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 | 저비용 광촉매 생산 기술 (A) | 저비용 광촉매 응집 기술 (A1) |
| | | 저비용 광촉매 생산 기술 (A2) |
| | | 저비용 광촉매 가공 기술 (A3) |
| | 도로시설물 광촉매 기술 (B) | 광촉매 콘크리트 제조 기술 (B1) |
| | | 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 (B2) |
| | | 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 |



| | | |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| | | (B3) |
| | | 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 (B4) |
| | 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 (C) | Virus free 의료 시설 광촉매 기술 (C1) |
| | | 주거 및 상업시설 광촉매 기술 (C2) |
| | | 축산시설물 광촉매 기술 (C3) |
| | | 농·수산시설물 광촉매 기술 (C4) |

(나) 기술분류 기준

표 36. 분석대상 기술의 기술분류 기준

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 검색개요 (기술범위) |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 | 저비용 광촉매 생산 기술 (A) | 저비용 광촉매 응집 기술 (A1) | 저비용 광촉매 응집제 기술(티탄염 응집제 제조 기술, 티탄염 응집제 양산 공정 기술, 티탄염 고분자 응집제 제조기술), 저비용 광촉매 응집 반응 기술(광촉매 응집 반응조 제어 기술, 광촉매 응집 투입량 제어 기술, 광촉매 응집 침강조 제어 기술, 티탄염 슬러지 확보 및 탈수 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특 허를 검색함 |
| | | 저비용 광촉매 생산 기술 (A2) | 저비용 광촉매 파일럿 생산 기술(티탄염 응집설비 제작 기술, 저비용 광촉 매 기초 물성 평가 기술, 티탄염 응집제 제조 파일럿 [설비] 기술, 티탄염 슬러지 건조, 소성 장치 제작 기술), 저비용 광촉매 대량 생산 기술(티탄염 슬러지 건조, 소성 제어 기술, 대량 생산 저비용 광촉매 물성평가 기술, 대 량 생산 저비용 광촉매 파쇄 및 분급 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | | 저비용 광촉매 가공 기술 (A3) | 저비용 광촉매 물성 향상 기술(저비용 광촉매 백색도 향상 기술, 저비용 광 촉매 반응 활성화 기술), 저비용 광촉매 성형 기술(저비용 광촉매 과립화 기술, 저비용 광촉매 몰딩 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | 도로시설 물 광촉매 기술 (B) | 광촉매 콘크리트 제조 기술 (B1) | 광촉매 콘크리트 재료 구성 기술(적용 대상별 광촉매 콘크리트 소요 성능 분류 기술, 광촉매 콘크리트 결합제 구성 기술, 광촉매 콘크리트 골재 및 충전재 구성 기술, 광촉매 콘크리트 혼화제 기술), 광촉매 콘크리트 배합 기술(광촉매 혼입률 설정 기술, 광촉매 콘크리트 미세구조 제어 기술, 광 촉매 콘크리트 배합설계 최적화 기술, 광촉매 콘크리트 혼합 프로세스 기 술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | | 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 (B2) | 광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 기술(광촉매 포장 콘크리트 구성층 설계 기술, 광촉매 포장 콘크리트 배합 개선 기술, 광촉매 포장 콘크리트 물성 평가 기술), 광촉매 및 구체 포장체 타설 기술(광촉매 및 구체 포장체 타설 프로세스 기술, 광촉매 포장층 및 구체 포장층 일체화 합성 기술, 포장 일 체화 타설 장비 기술), 광촉매 포장 콘크리트 양생 기술(광촉매 포장 콘크 리트 균열 제어 기술, 광촉매 포장 콘크리트 온도 관리 기술, 광촉매 포장 |
| | | | |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 검색개요 (기술범위) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | 콘크리트 부가 양생 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | | 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 (B3) | 광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술(중앙분리대용 광촉매 콘크리트 배합 개선, 중앙분리대용 광촉매 역학 및 내구성 평가, 도막형 광촉매 시멘트 페이스트 제조 기술, 도막형 광촉매 시멘트 페이스트 적층 기술, 모체와 광촉매 페이스트 일체거동 평가 기술), 광촉매 방음벽 자재 기술(다공 경량 광촉매 시멘트 방음구조체 제작 기술, 광촉매 시멘트 방음구조체 방음 성능평가 기술, 방음벽 구조 프레임 연결 설치 기술), 광촉매 보도블록 및 부자재 기술(광촉매 최적 입도 산출 및 분산 기술, 광촉매 보도블록의 반응성 극대화 기술, 광촉매 친환경 블록 제조 기술, 광촉매 옹벽 블록 제조 기술, 옹벽배수로 광촉매 표면 처리 기술, 광촉매 작용 극대화 환경 조성 기술), 케이블 교량 자기세정 기술(사상교/현수교 케이블 외피 광촉매 코팅 기술, 주탑-케이블 정착구 광촉매 자기세정 기술, 주탑 두부 및 피리침 주변 세정 기술, 자기세정에 따른 진동 감시 평가 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | | 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 (B4) | 터널 및 지하공간 내장재 광촉매 기술(지하시설용 광촉매 타일 제조 기술, 지하시설용 광촉매 패널 마감재 제조 기술, 도심 지하철의 광촉매 활용기술 [장비시설], 터널 콘크리트 라이닝 광촉매 도장 기술, 지하공간 현장 광촉매 도장 기술, 터널 및 지하공간 현장 후가공 기술), 터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술(터널 배기설비 광촉매 적용 필터 기술, 광촉매 적용 지하공간 공기 정화 기술, 터널 및 지하공간 유로 설계 기술, 터널 및 지하공간 광촉매 공조기 제작 기술, 터널 및 지하공간 오염도 연동 기술), 터널 및 지하공간 광촉매 조명시스템 기술(외부광원을 활용한 광촉매 작용 효율화 기술, 터널 및 지하공간 저전력 UV 조명 제작 기술, 터널 및 지하공간 UV 조명 배치 기술, 터널 및 지하공간 UV 조명 유지관리 기술) 등의 요소 기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | 주거 및 다중이용 시설 광촉매 기술 (C) | Virus free 의료 시설 광촉매 기술 (C1) | 광촉매 살균 도장재료 기술(광촉매 살균 도장재료 기술, 광촉매 의료시설 도포 기술, 병실 내 광촉매 활성화 조명 연계 기술), 광촉매 살균 건축자재 기술(광촉매 살균 천정 마감재 기술, 바닥 세정제 광촉매 첨가 기술), 의료 시설 공조 및 살균 광촉매 기술(음압 병실 공조 설비 기술, 외부 유입 공기 살균 제어 기술, 광촉매 살균 공조기 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| 주거 및 상업시설 광촉매 기술 (C2) | | 광촉매 도장재료 기술(금속 바탕 광촉매 도장재료 제조 기술, 콘크리트 바탕 광촉매 도장재료 기술, 유리 바탕 광촉매 도장재료 제조 기술, 목재 바탕 광촉매 도장재료 제조 기술, 플라스틱 바탕 광촉매 도장재료 제조 기술, 패브릭 바탕 광촉매 코팅재료 제조 기술, 기타 바탕 광촉매 도장재료 제조 기술), 광촉매 건축자재 기술(광촉매 벽지/장판 등 내장재 기술, 광촉매 및 단열 복합기능 콘크리트 외장패널 기술, 광촉매 노출 콘크리트 제조 기술, 광촉매 노출 콘크리트 시공 기술, 실내공기질 개선 위한 광촉매 자재 적용 최적화 기술, 광촉매 활용 새집증후군 개선 기술), 광촉매 실내 공조기 기술(가정용 광촉매 공기청정기 기술, 사무실용 광촉매 공기청정기 기술, 다중 이용시설 흡배기 광촉매 공조기 기술), 주거용 수처리 시설 광촉매 제품 기술(음용수용 살균 정화 광촉매 시스템 기술, 수영장 살균 정화 광촉매 시스템 기술, 호소수용 살균 정화 광촉매 시스템 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 | |
| 축산시설물 광촉매 기술 (C3) | | 축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술(차량 살균용 광촉매 살균제 제조 기술, 차량 살균용 광촉매 살균 장치 제작 기술, 대인 살균용 광촉매 장치 제작 기술), 축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술(축사 접근 도로 광촉매 콘크리트 포장 기술, 축사 접근 도로 분사용 광촉매 살균제 기술, 축사용 구조재 광촉매 코팅 처리 기술, 축사 지붕 및 벽체 광촉매 처리 기술, 축사 바닥 광촉매 콘크리트 기술), 축사 내부 광촉매 장치 기술(축사 내부의 오염도 감지 기술, 축사용 UV 조명 기술, 축사용 공기 정화 공조기 기술), 축산용 광촉매 수처리 기술(축사 인입 상수의 광촉매 처리 기술, 축사 하수의 광촉매 | |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 검색개요 (기술범위) |
|-----|-----|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | 처리 기술, 고농도 촉사 하수 광촉매 수처리 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |
| | | 농·수산시설물 광촉매 기술 (C4) | 시설원에 광촉매 적용 기술(공기의 질 개선을 통한 생산성향상 기술, 원예 시설물의 광촉매 적용 기술, 광촉매의 토양 적용 기술), 수산물 광촉매 적용 기술(광촉매의 상업용 수족관 적용 기술, 광촉매의 수산물 가공 적용 기술, 광촉매의 가정용 수족관 적용 기술), 농수산물 자재 제조 기술(식물의 광합성 촉진용 광촉매 제조 기술, 유리 온실용 광촉매 코팅 유리 제조 기술, 시설원에 공조용 시스템 제조 기술), 농수산물 수처리 광촉매 제품 기술(양액 살균용 광촉매 살균정화 기술, 치어용 광촉매 살균 정화 기술) 등의 요소기술 검색에 중점을 두고 특허를 검색함 |

(다) 핵심 키워드 도출

- 연구개발계획서, 광촉매 산업/기술 동향 자료, 과거에 조사된 광촉매특허출원 동향보고서 및 특허선행조사보고서 등 결과를 반영하여 최종 키워드를 도출함

(라) 검색식

- 사용된 검색식은 상기에서 도출된 키워드를 바탕으로, 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발에 관한 것이라는 대분류상의 전제 하에, 기술 테마가 크게 나뉘는 중분류(A. 저비용 광촉매 생산 기술 / B. 도로시설물 광촉매 기술 / C. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술)마다 검색식을 각각 별도로 설정하였음

표 37. 기술분류 체계에 따른 검색식

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 검색식 | 검색건수 | | | | |
|------------------------------------------|-------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------|-----------|-------|
| | | | | 한국 KIPO | 미국 USPTO | 일본 JPO | 유럽 EPO | 합계 |
| 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 | 저비용 광촉매 생산 기술 (A) | A1 | (하폐수* sludge* 폐슬러지* 오니*) and (광촉매* photocataly* ((광* photo*) adj1 (촉매* cataly*)) 산화티타* 산화티이타* 산화티탄* 산화타이타* 산화타이탄* 이산화티타* 이산화티이타* 이산화티탄* 이산화티이타* 이산화티이탄* 이산화타이타* 이산화타이탄* TiO2 TiO (TITANIUM near2 DIOXIDE)) and (처리 재활용 treat* recycl* 생성* regenerat* 생산* 제조* produc* manufactur* 응집제* coagula* flocculant* coalesc* cohesive* cohesion* 수처리* 폐수* 오수* 하수* wastewater (waste adj1 water) sewage 정수* purif*) | 108 | 31 | 81 | 2 | 222 |
| | | A2 | | | | | | |
| | | A3 | | | | | | |
| | 도로 시설물 광촉매 기술 (B) | B1 | (광촉매* photocataly* ((광* photo*) adj1 (촉매* cataly*)) 산화티타* 산화티이타* 산화티탄* 산화타이타* 산화타이탄* 이산화티타* 이산화티이타* 이산화티탄* 이산화티이타* 이산화티이탄* 이산화타이타* 이산화타이탄* TiO2 TiO (TITANIUM near2 DIOXIDE)) and (건설* construct* 토목* civil* 콘크리트* concrete 시멘트* cement* 도로* road* 보도* | 791 | 1663 | 1033 | 406 | 3,893 |
| | | B2 | | | | | | |
| | | B3 | | | | | | |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 검색식 | 검색건수 | | | | |
|-----|-------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------|-----------|--------|
| | | | | 한국 KIPO | 미국 USPTO | 일본 JPO | 유럽 EPO | 합계 |
| | | B4 | sidewalk* 차도* driveway 교량* 다리* bridge 포장* pavement paving 터널* tunnel) | | | | | |
| | 주거 및 다중이용 시설 광촉매 기술 (C) | C1 | (광촉매* photocataly* ((광* photo*) adj1 (촉매* cataly*)) 산화티타* 산화티타* 산화티탄* 산화타이타* 산화타이탄* 이산화티타* 이산화티이타* 이산화티탄* 이산화타이타* 이산화타이탄* TiO2 TiO (TITANIUM near2 DIOXIDE)) and (건물 building house 건축 architect* 시설 facilit* 의료 메디컬 메디칼 medical* 병원 hospital* 실내 indoor* 가정 domestic household home 사무실 office 수영장 pool 음용수 살균 (water* near2 steriliz*) 농업* agricultur* 축산* husbandry stockbreed* 농가 농사 farm* 농산* 축사 가축 livestock* (farm and animal) 전염 infect* 수산* fish 원예* garden* horticultur* floricultur* 토양* soil earth 수족관 aquarium 광합성 photosynthe* 온실 greenhouse conservatory) | 2350 | 4436 | 3595 | 657 | 11,038 |
| C2 | | | | | | | | |
| C3 | | | | | | | | |
| C4 | | | | | | | | |
| 총 계 | | | | 3,249 | 6,130 | 4,709 | 1,065 | 15,153 |

(3) 유효특허 선별 결과

- 상기 15,153건의 Raw Data에 대하여, 표 23에 나타난 각 소분류별 검색개요를 유효특허 선별 기준으로 하여 유효특허(유효데이터)를 선별한 결과, 표 26에 나타난 바와 같이 650건의 유효특허가 선별됨
- 다만, 중분류 A(저비용 광촉매 생산 기술)의 경우 선별된 유효데이터 건수가 20건 이하로 너무 적어서, 이에 대해 소분류별로 정량 분석을 진행할 경우 정량적인 의미 부여가 어려울 것으로 예상됨
- 이에 따라, 정량 분석시 최하위 레벨이 소분류단인 중분류 B 및 C와달리, 중분류 A의 경우 최하위 레벨을 중분류 단으로 한 레벨 높여 정량 분석을 진행함

표 38. 유효특허 선별 결과

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 특허 유효데이터 건수 | | | | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|----|
| | | | 한국 KIPO | 미국 USPTO | 일본 JPO | 유럽 EPO | 합계 |
| 하폐수에 서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 | 저비용 광촉매 생산 기술 (A) | 저비용 광촉매 응집 기술 (A1) | 9 | 0 | 7 | 0 | 16 |
| | | 저비용 광촉매 생산 기술 (A2) | | | | | |
| | | 저비용 광촉매 가공 기술 (A3) | | | | | |
| | 소 계 | | 9 | 0 | 7 | 0 | 16 |
| | 도로시설 물 광촉매 | 광촉매 콘크리트 제조 기술 (B1) | 21 | 7 | 22 | 5 | 55 |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 특허 유효데이터 건수 | | | | |
|-----|----------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----|
| | | | 한국 KIPO | 미국 USPTO | 일본 JPO | 유럽 EPO | 합계 |
| 개발 | 기술 (B) | 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 (B2) | 23 | 3 | 30 | 5 | 61 |
| | | 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 (B3) | 27 | 16 | 50 | 13 | 106 |
| | | 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 (B4) | 12 | 0 | 34 | 1 | 47 |
| | 소 계 | | 83 | 26 | 136 | 24 | 269 |
| | 주거 및 다중이용 시설 광촉매 기술 (C) | Virus free 의료 시설 광촉매 기술 (C1) | 13 | 7 | 17 | 6 | 43 |
| | | 주거 및 상업시설 광촉매 기술(C2) | 150 | 59 | 297 | 33 | 539 |
| | | 축산시설물 광촉매 기술 (C3) | 22 | 1 | 21 | 1 | 45 |
| | | 농·수산시설물 광촉매 기술 (C4) | 26 | 4 | 30 | 0 | 60 |
| | 소 계 | | 211 | 71 | 365 | 40 | 687 |
| | 총 계 | | 303 | 97 | 508 | 62 | 972 |

(4) 분석방법

- 본 분석은 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 분야의 특허기술 Landscape 분석(정량 분석), 그리고 심층 분석(정성 분석)으로 나누어 진행됨

(가) 특허기술 Landscape (정량 분석)

- 먼저, 연도별, 국가별(한국, 미국, 일본, 유럽), 내외국인별로 특허출원 현황을 파악하고, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감 정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계를 파악하는 국가 Landscape 분석이 이루어짐
- 또한, 세부기술별(중분류별)로 연도별 특허출원 동향, 구간별 특허출원 증감 및 출원점유율 변동 현황, 국가별 특허출원 동향, 각 소분류별 특허출원 동향, 각 소분류 구간별 특허출원 증감 및 출원점유율 변동 현황을 살펴봄으로써, 세부 기술 Landscape 분석이 이루어짐
- 다음으로, 전체 다출원인 Top 10을 도출하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, Top 10별로 소분류별 특허출원 동향을 파악하며, 각 중분류별 다출원인 또한 Top 5를 도출하여 중분류별로 상위에 랭크되어 있는 주요 출원인들을 파악 및 분석하는 경쟁자 Landscape 분석이 이루어짐



(나) 심층 분석 (정성 분석)

- 먼저, 경쟁자 Landscape를 통해 정량적으로 파악되었던 주요출원인들 중, 전체 Top 1 및 2에 랭크된 TOTO LTD 및 ITALCEMENTI S.p.A.의 주요 기술흐름, 그리고 중분류 A(저비용 광촉매 생산 기술) 분야의 Top 1 출원인으로 파악된 (주)빛과환경의 주요 기술흐름을 분석하는 주요출원인별 IP History 분석이 이루어짐
- 다음으로, 각 중분류(저비용 광촉매 생산 기술, 도로시설물 광촉매 기술, 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술) 분야별로 향후 R&D 기획에 참고할만한 것으로 파악되는 관련 특허들을 선별하여 분석하는 세부기술별 핵심특허 분석이 이루어짐
- 중분류 A 분야의 경우, 선별된 주요 특허들을 R&D 중점형 특허로 특정하여 각 특허별 도면, 요약, 청구항, 명세서 분석을 진행하여 R&D에 참고할만한 사항들을 정리함
- 중분류 B 및 C 분야의 경우, 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용하는 대상 내지 적용기술에 대한 분야이므로, 다수의 특허들을 그 활용형태별로 분류하여 소개하는 방향으로 분석을 진행함

다. 특허기술 Landscape 분석 정리

- 국가별 Landscape를 살펴보면, 일본 특허의 경우, 1990년대 중반에 타국들에 비하여 가장 먼저 특허출원이 급격히 증가하는 경향을 띄기 시작하였음

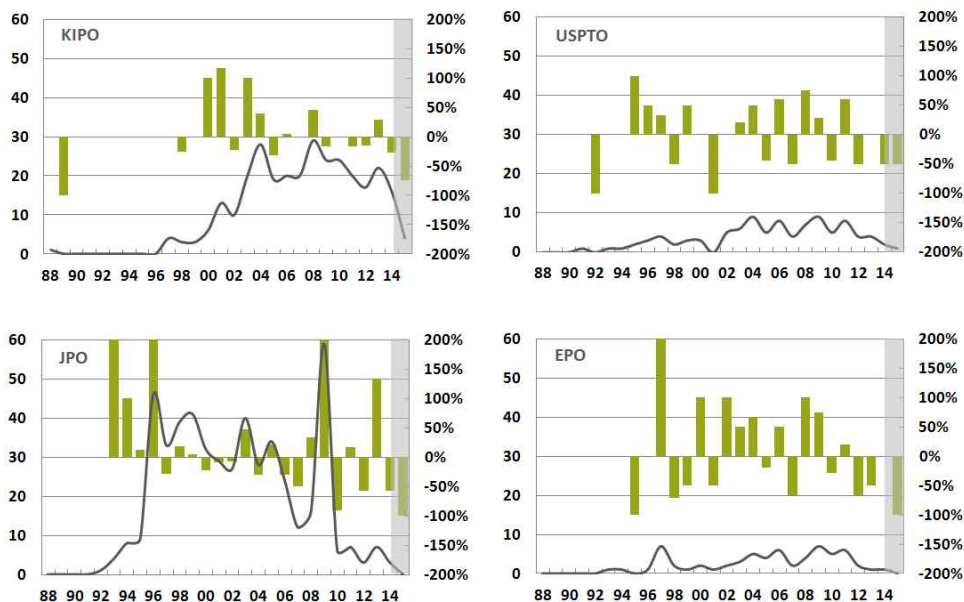


그림 74. 각 국가 연도별 출원동향 (출원인 개인, 법인 모두 포함시)



- 이후 2000년대 중반까지 10여년간 광촉매 제조 및 활용 기술에 대한 다양한 연구개발이 활발하게 진행되어 왔던 것으로 사료되나, 2000년대 중반 이후에는 특허출원이 감소세에 들어선 것으로 파악됨
- 일본이 광촉매 활용기술 분야의 기술개발을 주도하여 왔기에 일본의 특허출원이 전체 대비 상당한 점유율을 차지하고 있어, 전체 연도형 특허동향은 이러한 일본의 연도별 특허동향과 거의 유사한 추세를 보임
- 이러한 최근의 특허출원 감소 추세는, 광촉매가 적용되는 애플리케이션에 대한 연구개발이 10년 이상에 걸쳐 다양하게 진행되어 왔기에 성숙기에 접어들었음
- 광촉매 제조와 관련하여서는 제조단가를 낮추고 양산성을 높일 수 있는 새로운 제조기술에 대한 급격한 진전을 보이는 연구결과가 소정 기간 이상 나타나지 않아 2010년대 접어들면서 기술개발 정체 국면에 접어들고 있기 때문인 것으로 분석됨
- 국가별 기술 성장단계를 살펴보면, 전체 출원 중 과거 1989년부터 최근 2013년까지의 출원을 1구간(1989년~1993년), 2구간(1994년~1998년), 3구간(1999년~2003년), 4구간(2004년~2008년), 5구간(2009년~2013년) 으로 나누고 각 구간별로 특허 출원인수에 대한 출원건수의 관계를 표시하고 시계열적으로 연결하여 해당 분야의 현재 기술 위치를 파악하여 볼 수 있음

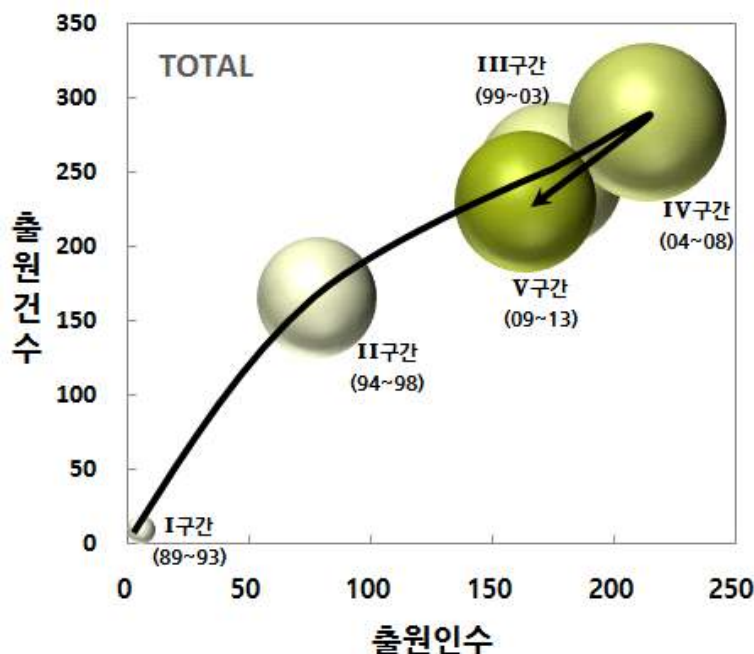


그림 75. 통합 기술 성장단계 (전체)



- 위 그래프에서는 1구간에서 3구간(1989년~2003년)은 기술개발이 급격하게 성장한 성장 단계를 나타내며, 3구간(1999년~2003년)에서 4구간(2004년~2008년)도 출원건수와 출원인수가 계속 증가하는 성장기라 할 것이나, 그 성장 속도가 점차 느려지면서 성숙기에 접어들기 시작하는 구간이라 볼 수 있으며, 4구간(2004년~2008년)에서 5구간(2009년~2013년)은 성숙기 이후 연구개발이 다소 정체되기 시작한 쇠퇴기에 들어선 것으로 파악됨
- 다음 그래프는 주요 국가별로 기술성장 단계를 나타낸 것으로, 일본의 기술위치는 한국보다 한 구간 앞선 1구간(1989년~1993년)부터 3구간(1999년~2003년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 모두 매우 빠른 속도로 증가하는 급격한 성장기의 단계에 있었지만, 4구간(2004년~2008년)부터 성숙기 및 쇠퇴기에 들어선 것으로 보이며, 최근의 5구간(2009년~2013년)에서도 회복기에 진입한 모습이 보여주지 못하고 있는 것으로 파악됨

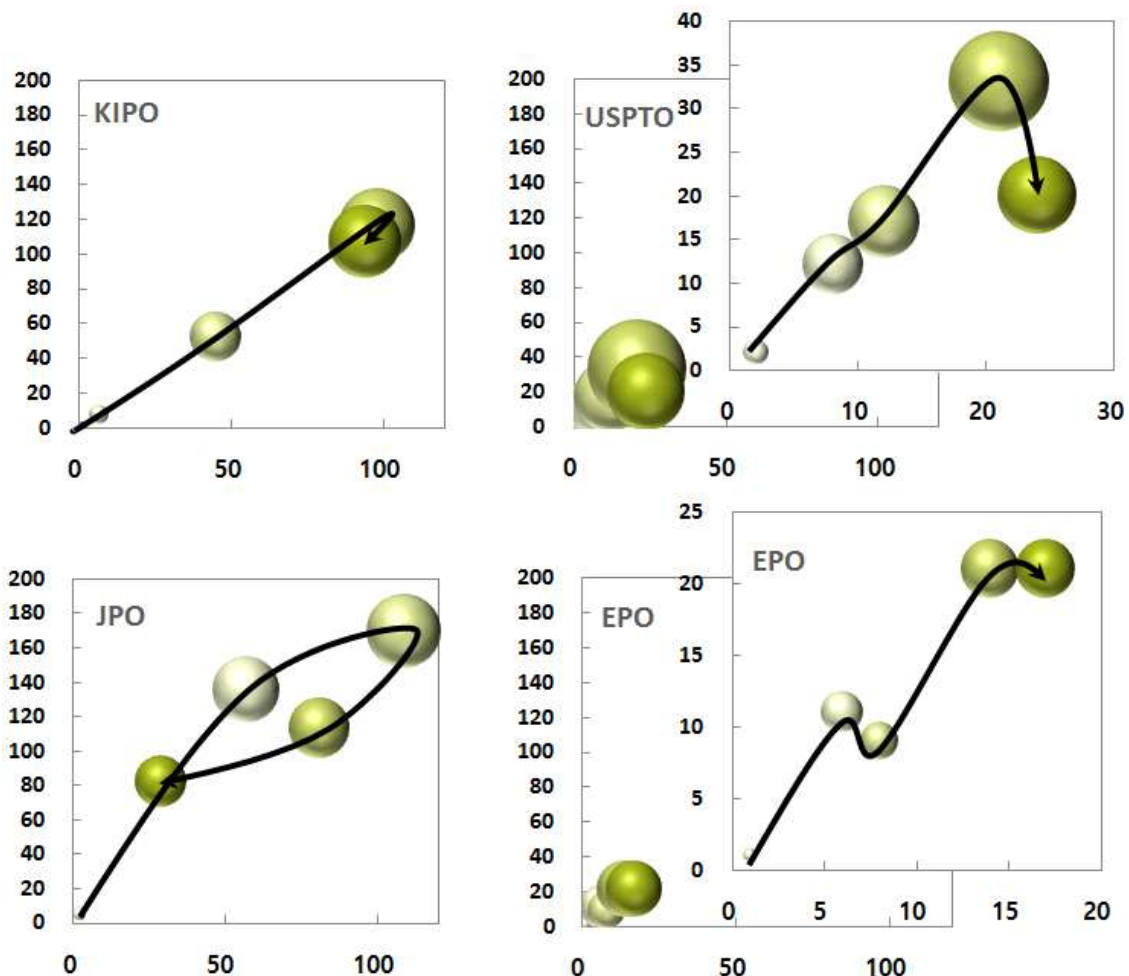


그림 76. 국가별 기술 성장단계



- 특히 출원인수와 특허 출원건수와의 상관관계를 통해 살펴본 한국의 기술위치는 2구간(1994년~1998년)부터 4구간(2004년~2008년)까지의 급격한 성장기를 지나 5구간(2009년~2013년)에서는 성숙기에 접어든 것으로 파악됨
- 미국의 경우, 그 출원건수나 출원인수가 일본이나 한국에 비해 상대적으로 적어, 별도로 일부 영역을 확대한 그래프를 배치하였으며, 이를 참조하면, 미국의 기술위치는 1구간(1989년~1993년)부터 4구간(2004년~2008년)까지의 성장기를 지나 5구간(2009년~2013년)에서는 성숙기 내지 쇠퇴기에 접어든 것으로 파악됨
- 유럽의 경우에도 그 출원건수나 출원인수가 일본이나 한국에 비해 상대적으로 적어, 별도로 일부 영역을 확대한 그래프를 배치하였으며, 이를 참조하면, 유럽의 기술위치는 2구간(1994년~1998년)과 3구간(1999년~2003년) 사이에 한 차례 성장 정체기가 있었으나, 정량적으로 데이터 수가 적어 의미를 부여할만한 성장 정체로 보이는 어려울 것으로 사료되며, 거시적으로 보았을 때 1구간(1989년~1993년)부터 4구간(2004년~2008년)까지의 성장기를 지나 5구간(2009년~2013년)에서는 성숙 단계에 진입한 것으로 파악됨
- 세부기술 Landscape를 살펴보면, 생활환경시설물 광촉매 기술(C) 분야의 점유율(71%)이 가장 높아 연구개발 정도가 정략적으로 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로는 도로시설물 광촉매 기술(B) 분야의 점유율이 28%로 나타났으며, 저비용 광촉매 생산 기술(A) 분야의 경우 1%의 점유율을 보여 이 분야에 대한 연구개발이 소수의 기업에 의해 이루지고 있는 연구개발 활성화 초기 단계에 있는 것으로 파악되었음

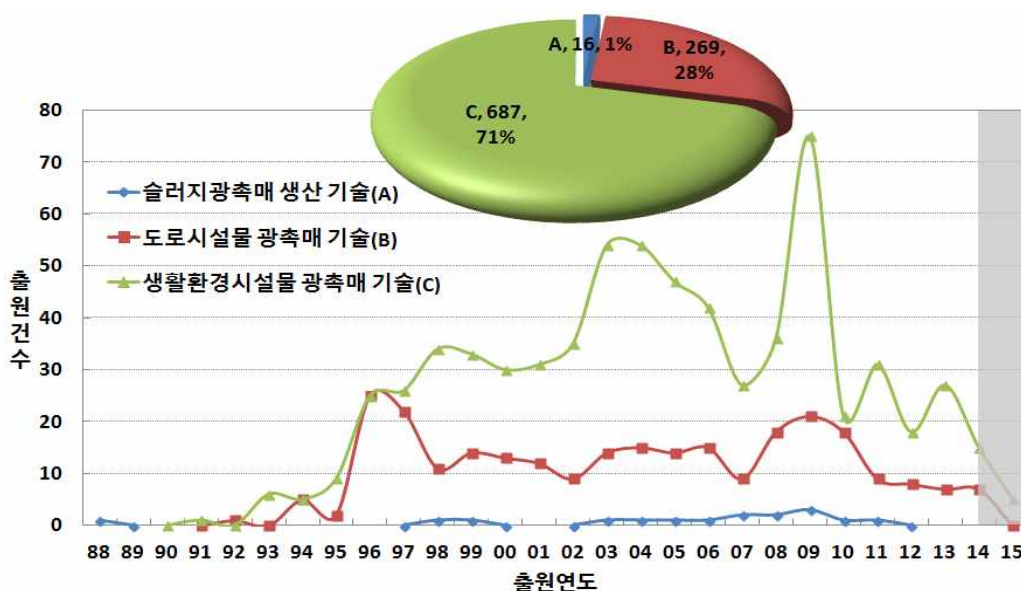


그림 77. 중분류 연도별 출원동향



- 구체적으로, 광촉매가 활용되는 애플리케이션 분야에 해당하는 도로시설물 광촉매 기술(B) 분야와 생활환경시설물 광촉매 기술(C) 분야의 경우, 과거 광촉매가 적용된 도로시설물 등 광촉매 활용기술에 대한 다양한 연구개발을 주도하여 왔던 일본의 영향으로 1990년대 중반부터 급격한 특허출원 증가세가 나타나며, 이후 2009년을 피크로 최근에는 특허출원이 다소 정체되는 추세를 보이고 있음
- 경쟁자 Landscape를 살펴보면, 일본의 TOTO LTD가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 이탈리아의 ITALCEMENTI S.p.A., 일본의 MITSUBISHI MATERIALS CORP, 미국의 3M Innovative Property Company, 프랑스의 SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE 등이 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 기술 분야 전반에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

| 출원인 | 출원인 국적 | 주요IP시장국(건수,%) | | | | 주요 IP시장국 |
|----------------------------------|-----------|---------------|-----------|----------|----------|-------------|
| | | 유럽 | 일본 | 한국 | 미국 | |
| | | EP | JP | KR | US | |
| TOTO LTD | JP | 0 (0%) | 96 (97%) | 0 (0%) | 3 (3%) | 일본 |
| ITALCEMENTI S.p.A. | IT | 13 (57%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 10 (43%) | 유럽,미국 |
| MITSUBISHI MATERIALS CORP | JP | 1 (5%) | 19 (90%) | 0 (0%) | 1 (5%) | 일본 |
| 3M Innovative Properties Company | US | 6 (33%) | 2 (11%) | 1 (6%) | 9 (50%) | 미국,유럽 |
| SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE | FR | 2 (13%) | 4 (27%) | 3 (20%) | 6 (40%) | 미국,일본 |
| FUJITA CORP | JP | 0 (0%) | 15 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 일본 |
| PANASONIC CORP | JP | 0 (0%) | 14 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 일본 |
| YKK CORP | JP | 0 (0%) | 13 (93%) | 0 (0%) | 1 (7%) | 일본 |
| SEKISUI JUSHI CO LTD | JP | 0 (0%) | 13 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 일본 |
| (주) 빛과환경 | KR | 0 (0%) | 0 (0%) | 8 (100%) | 0 (0%) | 한국 |

그림 78. 전체 주요출원인 TOP 10 국가별 출원동향 및 주요 IP시장국

- 구체적으로, 저비용 광촉매 생산 기술(A) 분야에서는 한국의 (주)빛과환경이 5건으로 1위를 차지하였으며 전체에서는 10위에 랭크되었고, 광촉매를 활용한 애플리케이션 분야인 도로시설물 광촉매 기술(B) 및 생활환경시설물 광촉매 기술(C) 분야에서는 TOTO LTD 등의 다수의 일본기업들과 ITALCEMENTI S.p.A., SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE와 같은 유럽기업들이 TOP 5 내에



랭크되었음

| | 중분류 A | 중분류 B | | | | | 중분류 C | | | | | 합계 |
|----------------------------------|-------|-------|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|
| | | B1 | B2 | B3 | B4 | 소계 | C1 | C2 | C3 | C4 | 소계 | |
| TOTO LTD | - | - | 1 | 14 | 9 | 24 | 1 | 73 | 1 | - | 75 | 99 |
| ITALCEMENTI S.p.A. | - | 3 | 3 | 4 | - | 10 | - | 13 | - | - | 13 | 23 |
| MITSUBISHI MATERIALS CORP | - | 6 | 5 | 4 | - | 15 | - | 6 | - | - | 6 | 21 |
| 3M Innovative Properties Company | - | - | - | 11 | - | 11 | - | 7 | - | - | 7 | 18 |
| SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE | - | - | - | - | 2 | 2 | 1 | 12 | - | - | 13 | 15 |
| FUJITA CORP | - | - | 7 | 1 | - | 8 | - | 6 | - | 1 | 7 | 15 |
| PANASONIC CORP | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 13 | - | - | 13 | 14 |
| YKK CORP | - | - | - | - | - | - | 1 | 13 | - | - | 14 | 14 |
| SEKISUI JUSHI CO LTD | - | - | - | 9 | 1 | 10 | - | 3 | - | - | 3 | 13 |
| (주) 빛과환경 | 5 | - | - | 1 | - | 1 | - | 1 | - | 1 | 2 | 8 |

그림 79. 전체 주요출원인 TOP 10 중분류/소분류별 출원동향

라. 심층 분석 정리

- 주요출원인 IP History 분석 결과, 전체 분야 다출원 1위에 랭크된 일본의 TOTO LTD의 경우, 1996년에 광촉매를 적용한 제품에 대한 본격적인 상용화를 시작하면서, 도로표지 반사판, 투수성 포장재, 도로거울, 건물외벽용 건재 등 당시 광촉매가 적용될 수 있다고 판단한 다양한 제품군들에 대하여 기술아이디어는 동일 내지 유사한 다수의 특허출원을 일거에 진행하였음

TOTO LTD의 주요 기술흐름

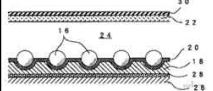
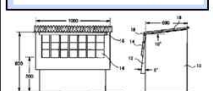

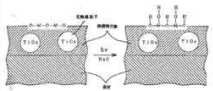
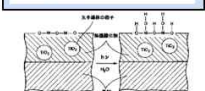
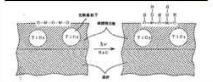
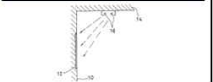
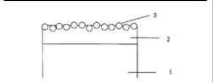
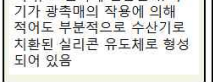
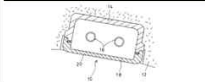
| 1996 | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>JP 3596834 B2 [출] 1996.05.30 자기 정화성 표면을 구비한 도로표지용 반사판</p> <p>반사판의 표면을 광촉매 함유 투명층으로 피복하여, 태양광에 의한 광촉매의 초진수화를 통해 강우시 셀프클리닝 가능</p>  | <p>JP 3379581 B2 [출] 1996.05.31 건물외벽 및 건물외벽용 구조요소</p> <p>건물외벽의 줄눈 주변에 표면을 산화탄인 광촉매를 포함한 투명층으로 피복하여, 줄눈의 실리콘계 실링재가 빛물에 의해 확산되는 발수오염을 방지</p>  | <p>JP 3744061 B2 [출] 1996.06.06 투수성 포장재</p> <p>투수성 포장재 표면 근방의 기공(16) 내주면을 광촉매 함유층에 의해 피복함으로써, 강우시 포장재의 기공이 셀프클리닝 됨</p>  | <p>JP 3588202 B2 [출] 1996.09.07 방담성 도로거울 및 방담방법</p> <p>도로거울 기재의 표면에 투명한 광촉매성 산화탄인 입자를 함유하는 표면층을 구비함으로써, 거울이 습기나 물방울에 의해 흐려지는 것을 방지함</p>  | <p>JP 3414365 B2 [출] 1996.09.18 외벽용 건재</p> <p>외벽용 건재 표면에 광촉매성 산화를 입자를 함유하는 표면층을 구비함으로써, 강우시 배기가스, 분진, 건물 배기구 배출 오염물질 등에 대한 셀프클리닝이 가능함</p>  |
| 1996 | 1998 | 2002 | 2004 | |
| <p>JP 3588206 B2 [출] 1996.09.25 셀프클리닝성 도로용 화장판 및 도로용 화장판의 형성방법</p> <p>도로용 화장판 기재 표면에 광촉매성 산화를 입자를 함유하는 표면층을 구비함으로써, 강우시 부착 퇴적물이나 오염물에 대한 셀프클리닝이 가능</p>  | <p>US 6139803 B1 [출] 1998.07.20 Photocatalytic air treatment process under room light</p> <p>주거공간 내벽에 광촉매 박막이 설치되고, 형광등에 포함된 미량의 자외선으로 광여기되며, 형광등 와트수 및 박막과 형광등 거리를 적정히 설정</p>  | <p>JP 3709719 [출] 1998.09.02 요양계 다기능 건재의 제조방법</p> <p>무기질 요양계 기판의 표면에 기능성 바인더인 도료를 도포 후 최표면만을 경화시키고 광촉매재를 분무하여 집적시킨 다음 이 도막층의 전체를 고화시키는 공정을 조합함</p>  | <p>JP 3882625 B2 [출] 2002.01.29 차음벽 및 차음벽 세정 방법</p> <p>도로 철도의 차음벽의 표면을 반도체 광촉매 함유층으로 피복하여 이루어지며, 광촉매 함유층은 광촉매의 입자가 분산된 실리콘에 의해 형성되고, 광촉매 함유층의 실리콘 분자의 구조 원자에 결합된 유기기가 광촉매의 작용에 의해 적어도 부분적으로 수산화로 치환된 실리콘 유도제로 형성되어 있음</p>  | |
| <p>JP 4120943 [출] 2004.08.23 터널용 또는 도로용 조명 장치</p> <p>터널 또는 도로용 조명 장치의 커버 유리 표면에 산화탄인 광촉매가 실리콘에 분산된 투명층으로 코팅되어 있어, 조명 장치 자신이 방사하는 광에 의해 광촉매가 여기됨</p>  | | | | |

그림 80. TOTO LTD의 IP History



- 이후 2000년대 초반까지 특허등록까지 이르는 유의미한 특허들을 광촉매를 활용하는 애플리케이션 제품과 관련하여 다수 확보하여 온 것으로 분석됨
- 전체 분야 다출원 2위에 랭크된 이탈리아의 ITALCEMENTI S.p.A.의 경우, 1990년대 중후반부터 도로시설물 광촉매 기술(B) 및 생활환경시설물 광촉매 기술(C)과 관련한 특허출원을 지속적으로 진행하여 왔으며, 주로 포장 부문, 건축용 콘크리트 부문, 프리캐스트 시멘트 제품 부문, 시멘트 재료(바인더) 부문 등 광촉매를 포함하는 시멘트/콘크리트 재료적인 측면의 연구개발을 진행하여 온 것으로 파악됨

| ITALCEMENTI S.p.A.의 주요 기술흐름 | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1997 | 2000 | 2004 | 2005 |
| <p>EP 1600430 B1 [출] 1997.07.24 Paving tile comprising a hydraulic binder and photocatalyst particles</p> <p>주변에 존재하는 오염물질들 공기 중에서 광을 통해 산화시킬 수 있는 산화티탄 입자를 갖는 수경성 바인더를 포함하는 드라이 프리믹스로부터 제조되는 포장 타일</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> | <p>EP 0946450 B1 [출] 1997.07.24 HYDRAULIC BINDER AND CEMENT COMPOSITIONS CONTAINING PHOTOCATALYST PARTICLES</p> <p>건물 외관을 오래 보존하고 주변 환경의 오염을 저감시키는 건축용 콘크리트 제조를 위해 세공제 조공제 물을 포함하는 시멘트 구성을 위한 수경성 바인더로서, 광촉매 입자를 포함함</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> | <p>US 6406536 B1 [출] 2000.07.17 Organic additives for the preparation of cementitious compositions with improved consistency of color</p> <p>수경성 바인더와 광촉매를 포함하는 드라이 프리믹스를 위한 첨가제의 배합을 준비하는 공정이 있어서, 멜라민 수지, 셀룰로오스 및 울리머 또는 아크릴 라텍스를 포함하는 유기 첨가제에 관한 것임</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> | <p>US 7960042 B2 [출] 2004.02.18 Cement-based paving blocks for photocatalytic paving for the abatement of urban pollutants</p> <p>주변 오염물을 저감할 수 있는 광촉매 포장 블록으로서, 유기오염물질을 산화시킬 수 있는 광촉매와 바인더를 포함</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> |
| <p>EP 2054567 B1 [출] 2007.08.08 Precast cementitious product exhibiting photocatalytic activity</p> <p>동종의 시멘트 재료 내에 광촉매가 분산되어 있는 광촉매 반응성을 갖는 프리캐스트 시멘트 제품으로서, 소정의 산소투과계수 조건에서 받고형될 형태로 압출 제조됨</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> | <p>US 8754149 B2 [출] 2008.07.24 Cement compositions with a high photocatalytic power and an improved rheology</p> <p>오염물질에 대한 표면 보호 코팅을 위해 유동성 있는 페인트로서의 사용성을 증진하는 광촉매 반응성 시멘트에 관한 것으로서, 초유동화제, 정착성 플리머, 셀룰로오스 에테르 등을 포함할 수 있음</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> | <p>US 8377579 B2 [출] 2008.07.24 Coatings based on hydraulic binders with an optimal rheology and high</p> <p>수경성 바인더, 초유동화제, 셀룰로오스 에테르, 필릭제, 석회질 충전제, 광촉매를 포함하는 광촉매 코팅 구성에 관한 것임</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> | <p>US 9139960 B2 [출] 2009.04.28 Paving with a pollution-abating activity and a photocatalytic mixture for its preparation</p> <p>광촉매를 통해 주변의 환경오염을 저감시키는 포장을 준비하는 방법으로서, 광촉매를 포함하는 슬러리가 더공성의 아스팔트 포장 표면에 스며들게 하는 단계를 포함함</p> <p>대표도면이 없습니다.</p> |

그림 81. ITALCEMENTI S.p.A.의 IP History

- 또한, 저비용 광촉매 생산 기술(A) 분야의 1위를 차지한 한국의 (주)빛과환경의 경우, 저비용 광촉매 생산 기술(A) 분야에서 주도적인 연구개발을 수행하여 온 기업으로서, 1차적으로 광촉매를 활용한 애플리케이션(수족관 정화장치, 공기정화장치 등) 개발을 진행하였고, 이러한 광촉매 관련 연구 진행 중에 광촉매의 양산성을 확보할 수 있는 기술 개발과 관련하여 하폐수를 활용한 광촉매 제조 기술 분야로 연구개발 영역을 확장한 것으로 보이며, 이렇게 확장된 연구개발을 통해 확보된 저비용 광촉매 생산 기술을 근간으로 하여, 양산성을 갖추어 제조된 광촉매를 활용할 수 있는 애플리케이션 분야에 대한 연구개발과, 저비용 광촉매 생산 기술(A) 자체의 성능 및 양산성 향상을 위한 연구개발을 병행하여 온 것으로 파악됨



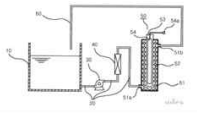
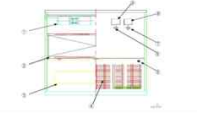
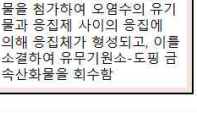
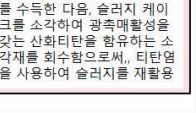
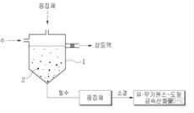
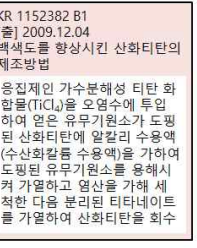
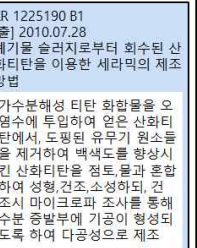
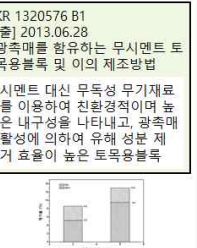
| (주)빛과환경의 주요 기술흐름 | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2002 | 2004 | 2005 | 2007 | 2008 |
| <p>KR 0383035 B1 [출] 2002.02.06 광촉매 분해기를 이용한 수족관 정화장치</p> <p>광촉매 분해기를 이용한 광분해반응으로 수족관 내부 오염물질을 지속적으로 분해 제거</p>  | <p>KR 0550088 B1 [출] 2004.01.14 광촉매 필터 유닛 및 이를 이용한 공기정화장치</p> <p>자외선이 조사되는 광촉매 필터에 흡착용 기능성 필터 및 오존제거 기능성 필터를 결합</p>  | <p>KR 0715093 B1 [출] 2005.12.30 오염수의 처리와 동반하여 응집제로서 첨가된 가수분해성 금속화합물로부터 유무기원소-도핑 금속산화물을 회수하는 방법</p> <p>오염수가 포함된 응집조에 응집제로 가수분해성 금속화합물을 첨가하여 오염수의 유기물과 응집제 사이의 응집에 의해 응집체가 형성되고, 이를 소결하여 유무기원소-도핑 금속산화물을 회수함</p>  | <p>KR 0799261 B1 [출] 2007.02.01 탈수보조제로서 티탄염을 이용한 슬러지 재활용 방법</p> <p>슬러지에 티탄염을 탈수보조제로 첨가하고, 상기 슬러지에 대해 탈수공정을 수행하여 여액을 제거하고 슬러지 케이크를 수득한 다음, 슬러지 케이크를 소각하여 광촉매활성을 갖는 산화티탄을 함유하는 소각재를 회수함으로써, 티탄염을 사용하여 슬러지를 재활용</p>  | <p>KR 2010-0004698 A [출] 2008.07.04 점토벽돌의 제조방법</p> <p>오폐수 수처리시의 부산물인 산화티타늄 소결분말에 점토와 물을 혼합하여 성형, 건조, 소성하여 점토벽돌 제조</p>  |
| <p>KR 1152382 B1 [출] 2009.12.04 백색도를 향상시킨 산화티탄의 제조방법</p> <p>응집제인 가수분해성 티탄 화합물(TiCl₄)을 오염수에 투입하여 얻은 유무기원소가 도핑된 산화티탄에 알칼리 수용액(수산화칼륨 수용액)을 가하여 도핑된 유무기원소를 용해시켜 가열하고 염산을 가해 적절한 다음 분리된 티타네이트를 가열하여 산화티탄을 회수</p>  | <p>KR 1225190 B1 [출] 2010.07.28 폐기물 슬러지로부터 회수된 산화티탄을 이용한 세라믹의 제조방법</p> <p>가수분해성 티탄 화합물을 오염수에 투입하여 얻은 산화티탄에서, 도핑된 유무기 원소들을 제거하여 백색도를 향상시킨 산화티탄을 점토, 물과 혼합하여 성형, 건조, 소성하되, 건조시 마이크로파 조사를 통해 수분 증발부에 기공이 형성되도록 하여 다공성으로 제조</p>  | <p>KR 1320576 B1 [출] 2013.06.28 광촉매를 함유하는 무시멘트 토목용블록 및 이의 제조방법</p> <p>시멘트 대신 무독성 무기재료를 이용하여 친환경적이며 높은 내구성, 내후성을 나타내고, 광촉매활성에 의하여 유해 성분 제거 효율이 높은 토목용블록</p>  | | |

그림 82. (주)빛과환경의 IP History

- 세부기술별 핵심특허 분석 결과, 저비용 광촉매 생산 기술(중분류 A) 분야에서는, (주)빛과환경의 오염수의 처리를 위해 가수분해성 티타늄 화합물을 첨가하여, 오염수를 처리함과 동시에 상기 티타늄 산화물이 유무기 원소로 도핑된 화합물을 수득하는 방법, 하폐수를 재활용하는 과정에서 탈수 보조제로서 티탄염을 사용함으로써 상기 티탄염에 의한 산화티탄을 제조하는 방법 등이 핵심특허의 주요한 아이디어로 파악되었고, 도로시설물 광촉매 기술(중분류 B) 분야 및 생활환경시설물 광촉매 기술(중분류 C) 분야의 경우, 광촉매 콘크리트 제조, 광촉매 콘크리트 포장, 보도블록, 도로분리대/방음벽/차음벽/도로마킹, 터널 조명, 터널 내벽 처리, 터널 공기 정화 등에 활용되는 기술, 그리고 의료 시설, 건축 도장 재료, 건축자재, 실내 공조기, 주거/상업시설의 수처리, 축산시설물, 농수산시설물에 활용되는 기술이 파악되어, 광촉매를 활용한 건축토목 시설물 적용 제품에 대한 특허출원이 일본, 유럽, 한국 등을 중심으로 이미 매우 다양하게 이루어져 있음이 확인되었음
- 도로시설물 광촉매 기술(중분류 B) 분야 및 생활환경시설물 광촉매 기술(중분류 C) 분야에 속하는 주요특허들의 활용형태(적용기술; application)를 정량적인 통계 수치에 따라 파악하여 본 결과, 가시광 연계 기술(9건)은 연구개발이 아직 본격적으로 진행되지 않은 블루영역(상대적인 공백영역)에 속한 것으로 파악되었으며, 터널 내벽 처리 기술(14건), 마킹(도로 등) 기술(20건), 표지판/반사판



적용 기술(28건)이 그 뒤를 이어 블루영역에 속하는 것으로 분류되었으며, 이에 따르면, 가시광 연계 기술(9건)에 대한 연구개발은 자외선 연계 기술(34건) 내지 조명 연계 기술(29건)에 비해 상대적으로 덜 진척된 것으로 파악되므로, 가시광 연계 기술에 대한 연구개발 및 특히 포트폴리오 구축을 전략적으로 진행하여 본다면, 향후 가시광 연계 광촉매 기술이 적용된 각종 도로시설물 및 생활환경 시설물에 대한 핵심기술을 선점하고 시장에서 기술적 우위를 확보할 수 있을 것으로 사료됨

- 또한, 건축 자재 제조 기술(276건) 영역은 연구개발이 가장 활발하게 이루어지고 있는 레드영역인 것으로 파악되었으며, 코팅/도료/도포 기술(184건), 정화/탈취 장치(106건), 콘크리트 제조 기술(70건)이 그 뒤를 이어 레드 영역에 속하는 것으로 분류되었으며, 이러한 레드 영역은 현재까지 연구개발 역량이 집중되어 온 핵심 영역으로서 기술 진입 장벽이 이미 높게 구축된 상태라 할 것이나, 레드 영역에 있어서도 가시광 연계 기술, 하폐수에서 생산되어 가공된 광촉매를 적용하는 기술 등을 유기적으로 연계, 조합하여 본다면, 상기와 같은 기술 진입 장벽을 회피한 진보성을 갖춘 특허 확보가 가능할 것으로 사료됨
- **도로시설물 광촉매 기술(중분류 B) 분야 및 생활환경시설물 광촉매 기술(중분류 C) 분야에 속하는 세부기술 영역들 중 다른 세부기술 영역들의 근간이 되는 세부기술 영역이라 할 수 있는 광촉매 콘크리트 제조 기술(B1) 분야에 있어서, 포장 부문, 건축용 콘크리트 부문, 프리캐스트 시멘트 제품 부문, 시멘트 재료(바인더) 부문 등 광촉매를 포함하는 시멘트/콘크리트 재료적인 측면의 연구개발을 주로 진행하여 온 ITALCEMENTI S.p.A.의 핵심특허 4건을 심층 분석하여 본 결과, 시멘트/콘크리트 재료에 포함되는 성분 중 일부를 교체, 추가, 제거하는 방향으로 특허 회피가 가능할 것으로 사료되며, R&D를 통해 이러한 성분의 변경에 있어 종래 대비 차별적인 작용효과가 있음을 논리적으로 설명하거나 실험적으로 입증할 수 있는 새로운 기술구성을 고안한다면 신규성 및 진보성을 갖춘 IP 창출이 가능할 것으로 판단되고, 아울러 ITALCEMENTI S.p.A.의 광촉매 콘크리트 제조 기술(B1)과 관련한 4건의 핵심특허들은 국내에서 특허 권리가 이루어지지 않았으므로, 4건의 핵심특허 각각의 기술구성을 그대로 포함하면서, 진보성을 인정받을 수 있는 새로운 구성을 부가하는 방식의 특허 개량 방식을 통해서도 특허 침해 이슈에서 자유로운 개량특허 권리를 용이하게 확보할 수 있을 것으로 사료됨**



마. 종합 결론

- 일본과 유럽의 주요출원인들은 광촉매를 활용한 애플리케이션 제품에 대한 특허 출원을 도로시설물 적용 분야 및 생활환경시설물 적용 분야 전반에 걸쳐 이미 다수 진행하여 온 것으로 파악되나, **저비용 광촉매 생산 기술 분야의 경우**, 한국의 (주)빛과환경 이 이 분야를 주도하여 온 것으로 파악됨
- 이에 따라 향후 하폐수를 이용한 광촉매 제조기술에 대한 연구개발이 보다 심층적으로 진행되어 하폐수를 이용한 광촉매 대량 생산 기술에 대한 양산성을 확보하고 이를 통해 기존 광촉매 대비 동등 이상의 성능을 갖춘 광촉매가 실제적으로 생산될 수 있는 제반 환경이 갖추어져야 함
- 이렇게 된다면, 현재 다소 정체된 토목·건축 시설물과 관련한 대규모의 광촉매 애플리케이션 시장 영역의 선점이 가능할 것으로 사료되며, 나아가 이를 통해 **광촉매를 활용한 도로시설물 제품 분야 및 생활환경시설물 제품 분야**가 회복기 및 재성장기로 발돋움할 수 있다고 사료됨
- 살균 성능, 방오 성능, 공기 정화 성능 등에 있어 탁원할 효과를 지속적으로 발휘하는 것으로 알려져 있는 **광촉매의 대량 생산 기술(양산성 확보 기술)** 및 이를 활용한 **건축토목시설물(일반 주거시설, 병원시설, 축산시설, 농수산시설, 도로/터널 시설 등 포함) 적용 제품 기술**에 대한 연구개발 및 이에 기반 한 특허 포트폴리오 구축이 신속히 이루어져야 할 것으로 사료됨
- 최근 메르스(중동 호흡기 증후군) 확산으로 국가적인 어려움을 겪은 바 있어 적극적인 감염방지 방안으로서 병원시설·자재에 대하여 병균이나 바이러스의 감염을 최소화할 수 있는 획기적인 기술적 조치로서 시설물 단위의 광촉매 기술의 적용 잠재력이 큼
- 아울러 매년 반복되는 구제역, 조류독감 등 가축전염병으로 많은 축산 농민이 고통을 받고 있어 이를 억제하는데 있어 방역적 조치 이외에도 광촉매 적용 건설재료의 살균성능을 활용한 기술 개발 잠재효과가 큼
- 국내 산업현장 및 중국발 **미세먼지**에 대처하고, 도심 지하공간 및 외부 대기의 **공기질 개선**을 위해 **오염 원인물질 NO_x, SO_x를 분해**하는 광촉매 건설재료의 적용기술 개발이 시급함



2. 논문 동향 분석

가. 논문동향 분석을 위한 키워드 도출

- 특허동향분석과 유사하게 하폐수에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발에 관한 것이라는 대분류 상의 전제 하에, 기술 테마가 크게 나뉘는 중분류(A. 저비용 광촉매 생산 기술 / B. 도로시설물 광촉매 기술 / C. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술)마다 검색식을 각각 별도로 설정
- 설정된 논문 분류 검색은 특허 동향 분석과 동일하게 설정하였음

나. 광촉매 원천 재료 관련 논문

- 광촉매 원천 기술과 관련된 연구는 주로 빛에너지를 이용한 유기물 분해, 대기 및 수질 정화 등의 환경 문제에 대한 응용을 위한 재료에 초점이 맞춰짐
- 광촉매의 초친수성(super-hydrophilic)을 이용한 자기 정화 기능(self cleaning), 도핑이나 에너지 밴드갭이 다른 물질을 혼합하여 가시광에서도 활성을 보이는 가시광 반응 광촉매, 제올라이트나 인산칼슘과 같은 흡착제를 첨가하여 초기 반응 광촉매 반응 속도를 높인 복합 광촉매, 나노 입자나 현탁액 형태의 광촉매의 단점을 극복하고 광촉매 활성을 최대한 발휘할 수 있는 박막/후막 기술로 연구 개발되고 있음

표 39. 광촉매 원천 재료 관련 대표적 국외 논문 사례

| 제 목 | 저자 | 핵심 내용 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mo/Ti 혼합광촉매와 TiO ₂ 광촉매의 제조 및 평가: 순환반응에 의한 기상 Trichloroethylene 의 광촉매 반응 분석 | 이태규 외 4명 | 순수한 이산화티탄과 molybdenum이 도핑된 이산화티탄(Mo/Ti) 혼합광촉매를 제조하여 휘발성 유기화합물의 일종인 trichloroethylene(TCE) 광분해 반응을 확인하고 액상 dichloroacetic acid(DCA)분해반응을 확인함 |
| 금속물질로 개질된 광촉매를 이용한 톨루엔 광분해특성 연구 | 장현대, 차왕석 | 이산화티탄의 광분해 능력을 향상시키기 위해 이산화티탄에 금속물질을 첨가하여 촉매표면을 변화시켜 개질하고 개질된 광촉매의 광분해 특성을 연구함. 이 광촉매를 광촉매 용액으로 만들기 위한 분산제와 안정제를 조사하여 연구함 |



| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SiO ₂ 나노입자가 분산된 TiO ₂ 나노섬유의 제작 및 광촉매 특성 분석 | 최광일 외 5명 | 전구체 각각의 독립제어 가능한 이성분계 금속산화물을 얻기 위해 졸-겔법으로 합성한 실리카 나노입자를 이산화티탄 전구체와 교반시켜 전기방사법을 이용하여 이산화티탄 나노섬유를 제작하고 그 특성을 조사함 |
| Photosensitization effect of a TiO ₂ electrode | A. Fujishima and K. Honda, | 이산화티탄 광촉매를 이용한 물의 분해반응을 보고함 |
| The effect of SiO ₂ addition in super-hydrophilic property of TiO ₂ photocatalyst | M. Machida, A. Fujishima et al | 이산화티탄 필름에 실리카(SiO ₂)를 첨가하여 그에 따른 자외선영역에서의 광활성과 친수성 특성을 조사 |
| Visible-Light Photocatalysis in Nitrogen-Doped Titanium Oxides | R.Asahi, et al | 질소가 도핑된 이산화티탄 광촉매의 필름 및 분말 형태의 가시광에서의 활성을 확인하였으며, 이에 대한 제일원리계산 (First-principles calculations)과 XPS 분석을 통하여 입증함 |
| Oxysulfide Sm ₂ Ti ₂ S ₂ O ₅ as a Stable Photocatalyst for Water Oxidation and Reduction under Visible Light Irradiation ($\lambda \leq 650$ nm) | Akio Ishikawa, et al | Sm ₂ Ti ₂ S ₂ O ₅ 에 대한 가시광영역에서의 광활성을 연구함. the plane-wave-based density functional theory (DFT) program을 이용하여 전자띠구조를 계산하여 에너지밴드의 형성을 확인하고 H ₂ O의 산화·환원반응을 확인하여 광촉매로서의 활성을 연구 |
| Preparation of Visible Light-responsive TiO ₂ Thin Film Photocatalysts by an RF Magnetron Sputtering Deposition Method and Their Photocatalytic Reactivity | Masaaki Kitano, et al | Radio-frequency (RF) magnetron sputtering deposition 방법을 이용하여 가시광 광촉매 이산화티탄 필름막을 제조하는 기술 연구 |
| Photocatalytic TiO ₂ thin films by aerosol-deposition: From micron-sized particles to nano-grained thin film at room temperature | Jungho Ryu, Dong-Soo Park, , et al | 에어로졸 증착(AD, aerosol-deposition)에 의해 마이크로 사이즈의 이산화티탄으로부터 아나타제 결정구조가 분산되어있는 나노사이즈의 얇은 광촉매 필름막을 바인더나 열처리없이 실온에서 제작하는 기술을 연구 |



다. 광촉매 콘크리트 및 건자재 기술 관련 논문

- 광촉매 콘크리트에 관련된 연구는 주로 대기오염 물질의 주요원인인 질소산화물을 제거하기 위하여 콘크리트내의 광촉매의 적정 혼입율 및 효율적인 적용 방안 대해 검토되어지고 있음
- 광촉매 건자재 기술과 관련하여서는 휘발성유기화합물(VOCs)제거, 수처리 시설에 적용하여 오염물질 제거 등에 적용되고 있음
- 광촉매 콘크리트 표면 광촉매가 광원과 반응하여 유기물질 분해하는 원리를 이용하여 보다 대기오염, 실내공기질 오염물질, 수질오염 물질 등을 효율적으로 제거하기 위한 연구가 진행되고 있고 광촉매의 이용방법은 콘크리트 내에 혼입 또는 표면도포 등의 내용으로 검토되고 있음

표 40. 광촉매 활용 건자재 기술 관련 국내 논문 사례

| 제 목 | 저자 | 핵심 내용 |
|-------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 광촉매를 적용한 기능성 건조 모르타르의 성능평가에 관한 연구 | 서신석 | 광촉매 혼입률을 3%에서 5%까지 증가시켜가면서 NOx 오염 정화 성능을 평가하였음 |
| 가시광선 반응형 광촉매의 질소산화물(NOx) 제거 성능 평가 | 손승욱 | 실내에서 사용되는 광촉매의 가시광선 반응에 의한 NOx 분해 성능을 평가하기 위하여 이산화티탄의 혼입량을 3~9%까지 증가시켜가면서 혼입량에 따른 분해 성능 평가 수행 |
| 전이금속이 도핑된 이산화티탄의 아세트알데히드 제거 실험 | 김경민 | 실내에서 사용되는 광촉매의 성능을 향상시키기 위해 열처리된 Cu 또는 Ni 도핑한 이산화티탄의 분해 성능 평가 실험 수행 |
| 도로구조물 적용을 위한 광촉매 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거효율 평가 | 김영규 | 대기오염물질을 제거하기 위하여 도로구조물의 적용이 가능한 TiO2 콘크리트의 재료적 특성 및 NOx 제거효율을 평가하기 위해 TiO2 소재와 실리케이트계 표면침투제를 혼합사용한 것에 대한 재료적 특성 및 NOx 제거효율을 분석함 |
| 고효율 광촉매의 제조와 모르타르에의 적용 | 김화중 | 열처리에 의한 광촉매의 활성화도를 증가시켜 고효율 광촉매로 전환하고 이를 모르타르에 적용시켜 광촉매가 모르타르에 혼입된 상태에서 오염 물질의 제거 성능 |
| 표면침투제와 광촉매를 사용한 기능성 콘크리트 개발에 관한 연구 | 김혁중 | 표면침투제와 광촉매를 이용하여 열악한 환경조건에서 내구적이고 각종 유해요인을 차단 할 수 있는 환경정화적인 기능성 콘크리트 개발에 관한 연구 |
| 미생물과 광촉매를 이용한 제올라이트 콘크리트 블록의 수질정화 능력 검토 | 김승익 | 생물의 서식기반 제공 효과가 있는 다공질의 제올라이트 골재와 대사 작용으로 인한 유기오염물질을 분해시켜 오염된 하천수의 수질정화 효과가 있는 유용미생물 및 5B를 동시에 이용하는 방법 이외에도 광촉매를 다공성 콘크리트 블록에 도포하여 비연속류식 시험을 통한 수질정화 특성을 검토 |
| 펄라이트를 사용한 경량골재콘크리트의 제조 및 VOCs 제거 특성 | 정용욱 | 광촉매 원료로써 개발된 이산화티탄(TiO2)의 혼입방법 및 혼입량의 변화에 따라 오존과 광화학스모그의 전구체인 휘발성 유기화합물(VOCs)의 제거 성능평가 |



| | | |
|--------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|
| 광촉매 콘크리트 도로 구조물의 효율적 시공방법에 대한 실험적 연구 | 홍성재 이승우 | 광촉매 콘크리트를 도로 포장, 시설물 분야에 적용하기 위해 광촉매의 침투 및 코팅방법 등을 연구하여 최적 적용방안을 검토함 |
| 고효율 광촉매의 제조와 모르타르에의 적용 | 김화중 전기용 | 광촉매를 혼입한 모르타르의 압축강도 및 휨강도 측정하여 강도 특성을 평가함 |
| 광촉매 시멘트의 이산화질소 분해에 따른 내구성에 관한 연구 | 이보연 | 시멘트계 재료를 광촉매로 치환하여 시간에 따른 질소산화물의 제거 특성 및 내구성을 연구함 |
| 광촉매를 적용한 노출 콘크리트의 VOCs와 NOx 제거성능 연구 | 정대규 | nano-ZnO 분말 광촉매의 수처리를 위한 고정화시 효율 감소를 최소화한 배합설계 |
| 점도와 광촉매를 이용한 친환경 무기도료의 개발에 관한 실험연구 | 이준철 | 광촉매 도료를 이요한 VOCs 및 NOx 제거 연구 |
| 광촉매 콘크리트 도로 구조물의 효율적 시공방법에 대한 실험적 연구 | 홍성재, 이승우 | 도로에 도포된 광촉매도 적정깊이까지 침투된 경우 NOx제거 효과를 볼수 있음. |

표 41. 광촉매 콘크리트 및 전자재 기술 관련 대표적 국외 논문 사례

| 제 목 | 저자 | 핵심 내용 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nanotechnology innovations for the construction industry, Progress in Materials Science | Monica J. Hanus | NOx에 의한 대기오염을 정화할 수 있는 방안으로는 TiO2의 광촉매 작용을 이용하는 것으로 광촉매가 태양에너지와 반응하여 질소산화물, 유기염소 화합물 등에 의한 대기의 오염물질을 흡착하여 제거하는 원리를 이용 |
| TiO2 nanoparticles effects on physical, thermal and mechanical properties of self compacting concrete with ground granulated blast furnace slag as binder | Ali Nazari | 포틀랜드 시멘트에고 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트에 나노 TiO2를 3%까지 시멘트의 대체재로 사용하였을 경우, 초기재령에서 C-S-H겔 형성을 가속화시키고 콘크리트의 강도와 투과저항능 높여줌 |
| Effect of nano-sized titanium dioxide on early age hydration of Portland cement | Jayapalan, A. R. | 광촉매를 혼입한 시멘트의 수화특성 연구를 위해 초기 수화반응 속도 및 수화열을 측정함 |
| NO removal efficiency of photocatalytic paving blocks prepared with recycled materials | Poon, C.S. | 광촉매를 혼입한 콘크리트의 골재 종류, 입자크기, 양생기간 등이 질소산화물 제거성능에 미치는 영향을 검토함 |
| Evaluation of the durability of titanium dioxide photocatalyst coating for concrete pavement | Hassan, M. M. | 광촉매로 표면을 코팅한 콘크리트 도로의 광촉매 함량에 따른 도로의 질소산화물 제거특성을 연구함 |



| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Evaluation of the durability of titanium dioxide photocatalyst coating for concrete pavement | Marwa M. Hassan | TiO ₂ 광촉매를 코팅한 콘크리트포장의 내구성 평가에 관한 연구 |
| Pervious concrete with titanium dioxide as a photocatalyst compound for a greener urban road environment | Shihui Shen | 콘크리트포장에 적용된 TiO ₂ 광촉매의 대기오염물질 제거효과를 분석한 연구 |
| Photocatalysis of 4-chlorophenol mediated by TiO ₂ fixed to concrete surfaces | Michael J. Watts | TiO ₂ 광촉매를 함유한 콘크리트가 수중 발생 오염물질의 저감에 어떤 효과를 나타내는지 실험적으로 분석한 연구 |

라. 공기조화기기 기술 관련 논문

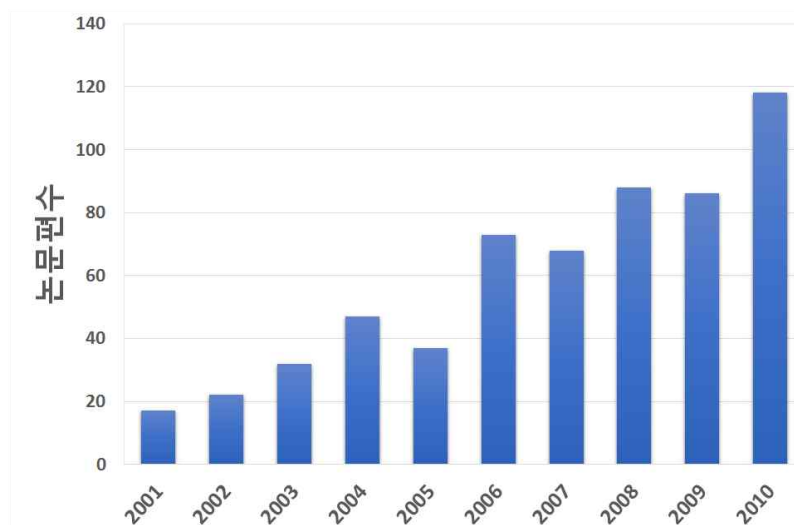


그림 83. 공기조화기기 기술 관련 논문 추이

- 국내외적으로 저탄소 녹색 성장 기조에 맞추어 공조가 발전하고 있으며, 해마다 관련 연구가 증가하고 있음. 공조 기술만 별도로 연구되는 추세가 아닌 에너지 절약형 기술이 융합되어 연구되고 있음
- 그린 빌딩 기술과 관련하여 공조 관련 기술이 차지하는 비중은 60%이상으로 절대적으로 많으며, 주로 에너지를 절감하기 위한 냉난방 효율 향상 기술, 저에너지 환기 기술, 열 회수 기술들이 주를 이루고 있음

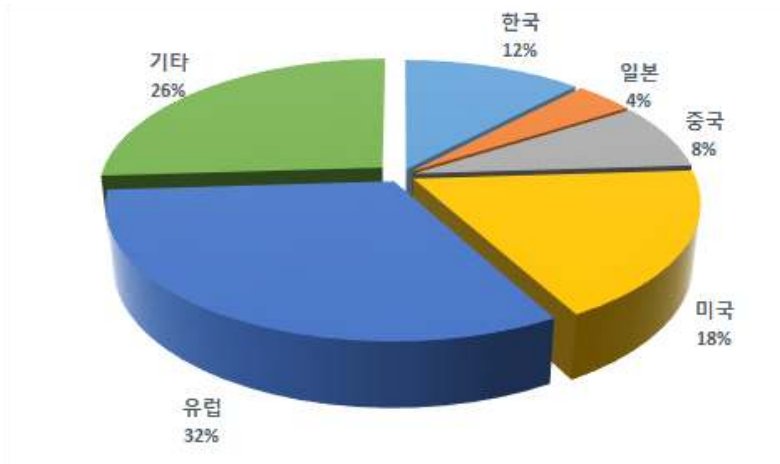


그림 84. 국가별 공조 기술 관련 논문 비율

- 세계적인 공조관련 논문 게재 비율을 유럽이 가장 높은 것으로 확인 되었으며, 한국도 약 12%를 차지하는 것으로 나타남. 설비와 신재생 시스템에 관한 논문이 2005년 이후에 급증하고 있으며, 주로 에너지 저감에 초점이 맞추어져 있음

표 42. 공조기술 관련 대표적 국내 논문 사례

| 제 목 | 저자 | 핵심 내용 |
|-----------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BL3용 공조기에서의 에너지 효율적 열교환기 사용에 관한 연구 | 김영득 | 생물학적 위험등급 3등급용 공조기의 에너지 절약을 위하여 배기로부터 열회수를 수행하는 방법에 관한 연구 |
| 저속치환 공조시스템의 성능에 관한 연구 | 이계철 | 부하 열원의 크기와 위치에 따른 실내공간, 취출구인 디퓨저 및 열원체 주위의 온도 및 유속분포를 측정하고 유동 특성과 오염특성을 가시화하여 저속 치환공조 공조시스템의 제반 특성을 확인 |
| 계사 냉난방 공조 및 냉온 음용수 급수 병행 시스템 최적 설계 | 백이 | 최적설계를 통하여 하절기 고온스트레스 경감과 동절기 사료 효율 증대를 위해 계사 냉난방 공조와 냉온 음용수 급수를 병행할 수 있는 고효율 환경 개선 시스템 개발 |
| 대공간 공조에 있어서 천정 디퓨저 각도변화에 따른 속도분포에 관한 연구 | 문훈영 | 냉난방 공조 시스템 적용이 가능한 규격 모델을 선정하여 적정 설계 방안을 찾기 위하여 천정 취출구의 4가지 가도인자를 중요변수로 설정하여 CFD 해석을 통하여 쾌적한 실내 열적 환경조건을 찾고자 함 |



표 43. 공조기술 관련 대표적 국외 논문 사례

| 제 목 | 저자 | 핵심내용 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Feasibility study on novel room air conditioner with natural cooling capability | Zongwei Han | 실내공기조화기의 에너지 효율을 높이기 위하여 히프 파이프 기술을 적용한 기술을 제안하였으며, 신뢰성 있는 시험을 수행하여 평균냉각계수가 증가하는 결과를 도출함 |
| Energy benefit of a dedicated outdoor air system over a desiccant-enhanced evaporative air conditioner | Hui-Jeong Kim | 건조 증발 공조기의 에너지의 성능을 평가한 것으로 제습된 환기 공기를 도입하여 잠재 냉각 부하를 감소함으로써 에너지 효율이 높은 공조기를 구축하는 것임 |
| Investigation of domestic air conditioner with a novel low charge microchannel condenser suitable for hydrocarbon refrigerant | Bo Xu | 환경보호를 위하여 가연성 탄화수소 냉매를 사용하고 있는데 냉매 충전량 감소가 문제가 되고 있음. 가정용 에어컨 시스템에서 가연성 탄화 수소 냉매를 사용하는 효과적인 방법에 대한 연구를 수행함 |
| Investigation of flow and heat transfer characteristics on different heat exchangers of air conditioner | Ni Liu | 열교환기의 핀과 튜브의 형태에 따른 특성에 관한 연구를 수행한 것으로 각 형상에 대한 열교환 특성을 조사함. 연구를 통하여 최적의 열교환 셀 구조 모델을 확립하였으며, 이는 정체된 공간을 최대한 배제한 결과임 |



6절 국내 연구개발 인프라 분석

1. 관련분야 연구기관 현황

- 광촉매 분야 관련 연구기관은 광촉매 원천 재료 관련 분야의 연구기관과 광촉매를 활용하는 응용개발 분야의 연구기관으로 분류할 수 있음

표 44. 광촉매 관련 국내 수행 가능 연구기관 현황

| 기술분야 | 기관명 | 연구인력 | 주요 연구활동 |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 광촉매 원천재료 기술 | 전남대 | 박사 : 1 명 석사 : 2 명 | - 저비용 광촉매 원료 구성 개발 - 저비용 광촉매 생산 공정기술 - 광촉매 분말 및 광촉매 졸 개발 |
| 광촉매 활용 콘크리트 및 제품 기술 | 계명대 | 박사: 2 명 석사: 5 명 학사: 2 명 | - 콘크리트 2차 제품 광촉매 적용 기술 |
| | 한국건설기술연구원 | 박사 : 5 명 석사 : 2 명 | - 대기오염 저감용 광촉매 콘크리트 제조 기술 - 광촉매 콘크리트 일체화 시공 기술 개발 - 광촉매 활용 구조 Kit 기술 개발 |
| | 경북대학교 | 박사 : 2 명 석사 : 5 명 학사 : 3 명 | - 열처리를 통한 고효율 광촉매 제조 - 가시광선 반응형 나노 광촉매 제조 |
| | 카이스트 | 박사 : 7 명 석사 : 6 명 | - 지오폴리머 기반 광촉매 코팅 콘크리트 블록 제조 기술 개발 - 광촉매가 코팅된 지오폴리머 콘크리트의 대기 및 수질 정화 성능 연구 - Sol-gel 법을 이용한 광촉매 코팅 콘크리트 제조 기술 연구 |
| | 원주대학교 | 박사 : 1 명 석사 : 1 명 | - 광촉매 콘크리트의 기능성 분석 - 광촉매 콘크리트의 재료적 내구성 분석 |
| 광촉매 필터 및 공조기 기술 | 전남대 | 석사: 2 명 학사: 3 명 | - 가정용 광촉매 살균 공기정화기 개발 - 차량용 광촉매 살균 공기정화기 개발 |
| 광촉매 건설 마감재 | 서울과학기술대학교 | 박사 : 3 명 석사 : 3 명 학사 : 2 명 | - 실내외 환경개선용 광촉매 건설마감재 개발 |
| 광촉매 활용 의료시설 활용 기술 | 한국화학연구원 | 박사 : 19 명 석사 : 15 명 학사 : 11 명 | - 화학 및 관련 융·복합 분야의 원천기술 개발 - 자체 개발한 의약 및 농약 후보물질들을 국내외 기업에 기술 이전 - 광촉매 적용 건설자재의 항바이러스력, 오염물질 저감 성능평가를 위한 시설과 장비 보유 |
| 광촉매 전자재 성능 시험평가 | 한국건설생활시험연구원 | 박사 : 6 명 석사 : 7 명 학사 : 4 명 | - 광촉매 원재료 성능 평가 기술 - 광촉매 재료/제품의 성능 평가 기술 - 광촉매 성능 평가 시설 및 장비 보유 |
| 광촉매 성능 현장 시험평가 | 서울시립대학교 | 박사 : 2 명 석사 : 3 명 | - 서울시 대기오염 분석을 통한 NOx 고농도 지역 설정 - 도시시설물에 적용 가능한 광촉매 자재 개발 - 고정형 또는 이동형 도시시설물에 탈부착이 가능한 광촉매 재료를 이용한 현장 시험평가 |



2. 관련분야 기업 및 산업체 현황

- 광촉매 분야 관련 국내 기업 및 산업체는 많은 수는 아니지만 이와 관련된 기업 및 산업체는 다음과 같음

표 45. 국내 광촉매 관련 기업 및 산업체 현황

| 연번 | 기업명 | 주요 분야 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |  Chem-Well Tech Co., Ltd. 켈웰텍 | <ul style="list-style-type: none"> - W03/TiO2 가시광 광촉매 기술에 의한 관련제품을 제조·판매 - 태양전지용 광촉매 PV-100 - 유해가스 분해 광촉매 Ra-vita series - 초친수 오염방지 광촉매 -Arrin series |
| 2 |  MMK Incorporated 마크막스 코리아 | <ul style="list-style-type: none"> - 산화티탄 광촉매 막재 설계 시공 |
| 3 |  Sunhan M&T Co., Ltd. 선한엠엔티 | <ul style="list-style-type: none"> - 산화티탄 광촉매 코팅재 - 솔라코트-D(중성 광촉매 코팅재) : 호주, 중국, 일본, 유럽 등의 특허 기술 보유 |
| 4 |  ELECS (주) 이렉스 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 개발 및 생산, 스프레이 방식 및 딥코팅 방식의 광촉매 코팅액 제조 |
| 5 |  호일스티 효일스티 | <ul style="list-style-type: none"> - 금속, 섬유, 실내, 필터 등에 적용 가능한 광촉매 코팅액 상품 개발 및 시공 |
| 6 |  LG 전자 LG 전자 |  <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 기술을 적용된 필터를 장착한 공기청정기를 출시하여 판매하고 있음. 주요 제거 기능은 흡착 필터와 헤파를 이용함 |



| | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 |  <p>보성전자</p> |  <p>- 광촉매를 적용한 공기정화기 제품을 출시하여 판매를 진행하고 있음</p> |
| 8 |  <p>코스모화학</p> |  <p>- 산화티탄 분말을 생산하는 회사로 아나타제형과 루타일 형을 생산함. 주로 안료용 산화티탄을 취급하고 있음</p> |
| 9 |  <p>한온시스템</p> | <p>- 자동차용 공조장치를 제조하는 회사로 실내공기질을 개선하는 필터류의 생산을 병행하고 있음</p> |
| 10 |  <p>글로벌스탠다드테크놀러지</p> |  <p>- 반도체 라인의 스크러버를 주로 생산하는 업체로 오염물을 제거하기 위하여 플라즈마 기술과 더불어 광촉매 기술을 접목하고 있음</p> |



| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>11</p> |  <p>(주)빛과환경</p> | <p>• NP-P Series</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>SEM</p>  <p>#Scanning electron microscope (S-4700, Hitachi)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>TEM</p>  <p>#Transmission electron microscope (JEM 2000 FXII, JEOL)</p> </div> </div> <p>- 광촉매 분말, 광촉매 코팅제, 다공성 광촉매, 광촉매 필터 등을 생산하는 광촉매 전문기업</p> |
| <p>12</p> |  <p>(주)벤틱프런티어</p> |  <p>- 광촉매 볼 타입 필터, UV LED를 활용한 광촉매 모듈, 광촉매 공기정화기 제품을 생산하는 광촉매 전문 연구소 기업</p> |



3. 연구 실험시설 인프라

가. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 실험시설 현황

- 국내 분산공유시설인 건설연구 인프라 운영원이 보유한 실험센터는 아래 그림과 같이 전국에 걸쳐 1단계 실험시설(6종) 6개소로 나누어 구축되어 있음
- 또한 현재 추가로 인프라 운영원에서 구축 중인 실험센터는 2단계 실험시설(6종)으로 총 6개소가 전국에 걸쳐 구축 중임
- 이 기획과제와 연관된 분야는 계명대의 첨단건설재료실험센터와 KCL의 기후변화 대응 다환경 실험센터 2개소로 구분할 수 있으며 이 2개 실험센터가 보유한 실험장비 현황을 조사하여 활용 가능 여부를 파악하였음



그림 85. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 현황



(1) 첨단건설재료 실험센터

- 첨단건설재료 실험센터는 건설재료의 내구성능, 화학성능 및 미세구조 분석 실험뿐만 아니라 구조부재 및 콘크리트, 암석포장재료의 성능평가를 실시할 수 있는 곳임
- 이 기획과제의 특성상 재료개발에 따른 평가를 위한 일부 분야에서 활용성을 가질 수 있으며 광촉매 콘크리트 및 건설자재의 강도와 내구성 평가에 유효하게 활용이 가능할 것으로 판단됨

표 46. 첨단건설재료 실험센터 연구 인프라 조사 현황

| 주요시설/장비 | | 제원 및 특징 | 활용도 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 장기거동 실험실 |  <p>항온항습실</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 시편에 대한 온도, 습도, 온습도 조건으로 극한상태의 조건 - 대형크기 - 온도조건(3 Type) <ul style="list-style-type: none"> · +80℃~-50℃ · +80℃~+20℃ · +26℃~-20℃ | △ |
| |  <p>동결융해시험기</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 3면 반력벽을 갖춘 장비로 대형구조재료의 휨, 압축, 전단 실험 · 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - Capacity : 2,000kN - Main Size : 7,850 12,080 7,050 - Column to Column : 3,000mm - 휨 압축 시험 높이: 4,000mm - Bending Span : 6,000mm - Actuator Stroke : 400mm - 제작사 : 삼연기술 | × |
| |  <p>중성화속진시험기</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 5MN 용량의 콘크리트 및 암석 등의 재료특성 실험 · 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - Capacity : 5MN - Pressure plates : 380x520mm - Actuator Stroke : 100mm - Load measuring range : 100 ~ 5,000kN - Piston stroke : 100mm - Deformation at max.load : 1.2mm - 제작사 : SHIMADZU | × |
| 구조실험실 |  <p>5MN 구조재료시험기</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Capacity : 5MN - Force range : 6steps(x1, x2, x5, x10, x20, x50) - Main Size : 8,200(H:Max) - Column to Column : 3,000mm - 휨 압축 시험 높이: 5,000mm - Bending Span : 23,000mm - Actuator Stroke : 500mm - Frequency : 3Hz - 제작사 : SHIMADZU | △ |



| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| |  <p>3면 반력벽</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 3면 반력벽을 갖춘 장비로 대형구조재료의 휨, 압축, 전단 실험 • 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - Capacity : 2,000kN - Main Size : 7,850 12,080 7,050 - Column to Column : 3,000mm - 휨 압축 시험 높이: 4,000mm - Bending Span : 6,000mm - Actuator Stroke : 400mm - 제작사 : 삼연기술 | <p>×</p> |
| <p>5MN 압축시험기</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> • 5MN 용량의 콘크리트 및 암석 등의 재료특성 실험 • 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - Capacity : 5MN - Pressure plates : 380x520mm - Actuator Stroke : 100mm - Load measuring range : 100 ~ 5,000kN - Piston stroke : 100mm - Deformation at max.load : 1.2mm - 제작사 : SHIMADZU | <p>△</p> |
| <p>강재피로 시험기 (500,250kN)</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> - capacity : 500, 250kN - Stroke between grips : 950mm - Load Accuracy : 6kN to 600kN - Strain measurement accuracy : ±0.5% of indicated value - Test space : Width Between Columns - 762mm - Maximum Vertical Test Space - 2,057mm - Overall height : 3,677mm - Positon Transducer stroke : 250mm - Maximum operating pressure : 21MPa - 제작사 : MTS | <p>△</p> |
| <p>미세구조 분석실</p> |  <p>XRD(X-Ray Diffractometer)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - 4kw X-Ray Tube, Rh target - 4 analyzing crystals, LiF(200), PET, TAP, Ge - Automatic On-Off control - Mask diameter : 10, 30mm dia - Materials : SUS, Al, Ni, Cu - 제작사 : SHIMADZU | <p>△</p> |
| |  <p>XRF(X-Ray Fluorescence)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - X-Ray Tube : Type - Sealed type, Anode - Cu / Rating - 3.0kW - Scan range : -6 ~ +163°(2θ) / -180 ~ +180°(θ) - Chamber for High Temperature : 1,500°C (in air) or higher - Sample atmosphere : Air, Vacuum - Heating Filament : Pt or equivalent - Reproducibility : ± 0.002° or better - 2θ range : -3 to +154° or wider - Scan speed : 50°/min or faster - Slew speed : 700°/min or faster - 제작사 : SHIMADZU | <p>△</p> |
| |  <p>자동비카움결시험기</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 장비사양 <ul style="list-style-type: none"> - Vicatronic Automatic Computerised vicat recording apparatus : 400x200mm - Thermostatically controlled Heating/cooling system : 615x375x400mm - The unit is manufactured with anticorrosion and tropicalised components to be used in places with humidity not below 90% and 20°C - Resolution : 0.1mm - Timer : 0 ~ 999minutes - 제작사 : MTS | <p>×</p> |



(2) 극한 환경 기후 실험센터

- 국내 기후변화 대응 요구 및 다양한 기후환경 (고온다습, 고온건조, 한랭건조, 극냉, 극서등)의 해외 건설 시장 진출 필요성이 급증함에 따라, 실물 규모 시설의 종합 성능(Overall Performance) 평가, Mock-up 시험체 규모 시설 및 부재 단위(Component scale) 성능 평가, 자재/건축설비/기기의 특정 환경성능 평가 실험이 이루어 질 수 있도록 구축된 실험시설
- 이 기획과제의 특성상 개발한 부재의 평가를 위한 일부 분야에서 활용성을 가질 수 있으며 광축매 콘크리트 및 건설자재의 강도와 내구성 평가에 유효하게 활용이 가능할 것으로 판단됨

표 47. 기후변화 대응 다환경 실험시설 연구 인프라 조사 현황

| 대형 기후환경 실험실 | | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 규 모 | • 20m(L)×25m(D)×20m(H) |  |
| 온/습도 | • 온도 : -10 ~ +60℃ • 습도 : 10 ~ +98% | |
| 일사 | • 일사 : 800 W/m ² ~ 1,200 W/m ² • 조사 면적 : 10 m(L) X 10 m(W) | |
| 강우 | • 강우 : 150 mm/h 이상 | |
| 강설 | • 강설 : 최대 50 mm/h | |
| 중형 기후환경 실험실 | | |
| 규 모 | • 10m(L)×10m(D)×4.5m(H) - 2개실 |  |
| 온/습도 | • 온도 : -30 ~ +80℃ • 습도 : 10 ~ +98% | |
| 일사 | • 일사 : 800 W/m ² ~ 1,200 W/m ² • 조사 면적 : 2 m(L) X 2 m(W) | |
| 강우 | • 강우 : 150 mm/h 이상 | |
| 강설 | • 강설 : 최대 50 mm/h | |
| 소형 기후환경 실험실 | | |
| 규 모 | • 5m(L)×5m(D)×3.5m(H) - 2개실 |  |
| 온/습도 | • 온도 : -40 ~ +80℃ • 습도 : 10 ~ +98% | |
| 일사 | • 일사 : 800 W/m ² ~ 1,200 W/m ² • 조사 면적 : 1.5 m(L) X 1.5 m(W) | |
| 강우 | • 강우 : 150 mm/h 이상 | |
| 강설 | • 강설 : 최대 50 mm/h | |



| 60m 개방형 고층타워 | | |
|--------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 규모 | • 높이 60m |  |
| 온/습도 | • 고층 환경 모사 | |
| 일사 | • 고층 환경 모사 | |
| 강우 | • 고층 환경 모사 | |
| 강설 | • 고층 환경 모사 | |

그림 교체(중공되고 있는 그림으로)


나. 정부출연기관 실험시설 인프라 현황

- 국내 이공계 정부출연연구기관은 현재 25개소가 있으며 이들 출연연은 각 산업 및 기술 분야에 적합 실험시설과 연구개발 장비를 갖추고 있음
- 본 연구와 관련된 출연연으로는 건설연, 화학연, 생기연과 기타 출연연구기관은 들 수 있으며 이들의 인프라 구축현황은 아래와 같음

(1) 한국건설기술연구원 실험 인프라

- 한국건설기술연구원은 국내 최고의 건설 재료 및 건설재료에 대한 구조실험 인프라시설을 갖추고 있음. 그 중에서 이 기획과제와 관련된 분야의 실험 인프라시설은 4개의 실험동 및 관련 장비가 구축되어 있음
- 특히 광촉매 건설재료 및 자재의 재료적 특성과 건축환경적 특성과 관련된 실험시설을 갖추고 있음. 이 실험시설은 도로시설물 광촉매 건설재료/자재 및 생활환경 광촉매 건설자재의 개발에 활용도가 매우 높음

표 48. 한국건설기술연구원 연구 인프라 조사 현황

| 주요시설 | | 장비명 | 활용도 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 구조실험동 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 하중재하프레임 - 정적계측기 및 센서 - 동적계측기 및 센서 - TILTMETER 4set - 레이저 동정적변위측정기 - 메가닥 콘솔박스 - 350톤 정적엑추에이터 - 구조실험유압장치 - 가속도계 - 정적 데이터로거 및 스위칭 박스 | ○ |



| | | | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - 만능시험기(100, 200ton) - 교량받침 대형시험장치 - 400KN 동적액추에이터 | |
| 윤하중실험동 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 동적 액추에이터(static actuator) - 동적 데이터로거(UCAM 500-A) - 데이터로거 | × |
| 고성능 콘크리트 실험동 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 초고성능 콘크리트 믹서기(1.5m³, 2대) - 집진장치 - 트윈샤프트형 콘크리트 믹서기(0.08m³) - 고인성 전용 콘크리트 믹서기(0.12m³) | ○ |
| 재료실험동 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 탄소함유량계 - 동결융해시험기 - 압축강도 시험기(200ton) - 압축인장시험기 - 콘크리트 내구력 측정기 - 철근부식도 측정기 - 중성화축진 시험장치 - 건설재료 공극 구조 측정 장치 - 데이터 로거 및 스위칭박스 - 만능재료시험기(300ton) - 광학현미경 - 소성점도 측정기 - 콘크리트 고온양생기 | ○ |

(2) 한국화학연구원 실험 인프라

표 49. 한국화학연구원 연구 인프라 조사 현황




| 주요시설 | 장비명 | 활용도 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 바이러스 연구동  | <ul style="list-style-type: none"> - 생물안전3등급(BL3) 연구시설(생물학적 위해 등급 3 해당 바이러스를 안전하게 연구) - 세포-바이러스 실험실 3개 - 동물-바이러스 실험실 2개 - 서로 다른 종류의 고위험 바이러스 동시 취급 | ○ |
| 실험용 보유 바이러스  | <ul style="list-style-type: none"> - 에이즈(AIDS) - 인플루엔자(Influenza) - 코로나(Corona) - Picorna - Flavi - 기타 | ○ |
| 안전성평가연구 구소-흡입독성 실험센터  | <ul style="list-style-type: none"> - 미국 FDA에서 GLP기관 적격 인정 - 대기 중 입자의 입경별 분리 포집 기술 보유 - 포집된 대기 샘플에 대한 형태학적, 공기역학적 및 화학적 정량/정성 분석기술 보유 - 대기 중 물질에 대한 실시간/off-line 측정 기술 보유 | ○ |



다. 대학 부설 연구소 인프라 현황

(1) 전남대학교 촉매연구소

표 50. 전남대학교 인프라 조사 현황

| 주요시설 | | 장비명 | 활용도 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 촉매연구소 |  | <ul style="list-style-type: none"> - High Temperature Microprobe Measurement System (고온 미세탐침 측정장치) - Electrochemical Impedance Measurement System with High Voltage Interface (고전압 인터페이스 전기화학 측정장치) - Multichannel Electrochemical Test Device 1set (다채널 전위차법 실험장비) - 태양광 측정 분석장비 1set (K3000-CW50 Solar cell I-V measurement system & High power Electrochemical Analyser) - 바스켓밀 - 광촉매 분말 미 적용제품 성능평가 시스템 - 촉매 성형 시스템 | ○ |
| 실험실 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 적외선 분광기 - 열차별분석기 - 액체크로마토그래피 - 질량분석기 - 고온가압로 - 기체 크로마토그래피 - 전도도 측정기 | ○ |
| 정밀소재센터 |  | <ul style="list-style-type: none"> - X-ray 광전자 분광 분석기 - 전계방사형 주사전자현미경 - 고분해능 X-선 회절분석기 - 비점촉 3차원 미세형상 측정기 - X선 형광 분석기 - 박막 X선 회절분석기 - 단결정 X선 회절분석기 - 전계방사형 투과전자현미경 - 저진공주사전자현미경 | ○ |

(2) KAIST 건설 및 환경공학과 실험인프라

- KAIST에는 본 기획과제와 관련하여 건설 재료의 특성과 구조 특성을 분석할 수 있는 인프라 시설이 구축되어 있음
- 이 실험시설은 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발관련 강도 및 내구성 평가에 유효하게 활용 가능할 것으로 판단됨



표 51. KAIST 연구 인프라 조사 현황

| 주요시설 | | 장비명 | 활용도 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 콘크리트 구조실험동 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 시편연마기 - 콘크리트 Creep 시험기 - 정적계측기 - 공기량측정기 - 항온&항습 챔버 - 동결융해시험기 - 슈미트햄머 - 데이터로거 - 콘크리트 믹서(HOBART) - 아플러형 믹서기 - 콘크리트 팬믹서 - 굽은골재 비중측정장치 - 체가름시험기 - 만능재료시험기(300ton) - 누설저항시험기 | ○ |
| 재료실험동 |  | <ul style="list-style-type: none"> - LVDT - 데이터로거 - 가열형 진공 함침기 - 디지털 멀티미터 - 잔류염소 측정기 - 몰탈관입 시험기 - 굽은골재 체가름 시험기 - 골재 불밀 분쇄기 - 버티칼믹서 - 고온가압로(Autoclave) - 인발시험기 - 그라우트팽창률시험기 - 소형분쇄기 - 골재건조기 - 초음파 처리장치 - 중성화촉진시험기 | ○ |



제3장 기술수요 및 수준 · 예측조사

1절 기술수요조사

1. 기술수요조사

가. 개요

(1) 기술수요조사의 목적

- 동 기술수요조사는 저비용의 광촉매 재료 개발, 이를 활용한 건설자재 개발 및 적용 기술 확보를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템 도출을 목적으로 함
 - 산·학·연 전문가를 대상으로 세계적 수준의 저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화 기술 확보를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함
 - 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨
 - 저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화 기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하였으며, 기술 분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술 분야는 기술개발 니즈가 높은 기술 분야로 볼 수 있음
 - 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술 분야는 기술개발 니즈가 없는 기술 분야로 볼 수 있음

(2) 기술수요조사의 절차

- 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진함
 - 기술수요조사 설계단계에서는 기술수요조사서 항목을 결정하고 기술수요조사 대상자를 설정함
 - 기술수요조사 수행단계에서는 기술수요조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
 - 기술수요조사 결과분석단계에선 기술 분류체계와 회신된 기술아이템을 매칭하고, 응답현황 및 기술 분류체계별 기술수요를 분석함
 - 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 중점분야별 후보과제 구성에 활용함



조사 절차



그림 86. 기술수요조사 프로세스

(3) 기술수요조사 발송 및 응답개요

○ 기술수요조사는 내부 기획연구진 및 외부전문가를 대상으로 E-mail을 통해 조사함

표 52. 기술수요조사 발송 및 응답개요

| 구분 | 내용 |
|------|----------------------------------|
| 조사기간 | 2016년 3월 2일 ~ 3월 30일(3주간) |
| 조사대상 | 내부 기획연구진, 외부 건설재료 전문가 및 타 분야 전문가 |
| 조사방법 | E-mail을 통한 설문조사 |

나. 기술수요조사 분석결과

- 동 기술수요조사에는 산, 학, 연 전문가 45명이 참여함
 - 산업계 14명, 학계 14명, 연구소 전문가 12, 공공기관 전문가 5, 총 45명 참여
 - 이들은 각각 1~3건의 기술수요조사를 작성, 총 72 건의 기술아이템 제안함
 - 기획 연구진에서는 회신된 기술수요조사 중에서 본 기획과제와 일부 기술아이템 중에서 본 기획과제와 관련성이 매우 낮은 내용은 삭제
 - 최종 64 건의 기술아이템을 정리하였음



- 한편, 기술수요조사 결과 저비용으로 광촉매 재료를 개발하는 현실적인 방안으로서 하·폐수 폐기물을 이용하는 방안 거의 대부분을 차지함. 따라서 저비용의 광촉매는 주로 하·폐수 폐기물에서 제조한 광촉매를 나타냄
- 제안 받은 기술아이템은 총 64건이며, 4개 기술 분야별로 구분할 경우 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야에서 가장 많은 24건의 기술아이템을 제안 받음
 - 기술 분야별로 하·폐수 폐기물 광촉매 생산기술에 해당하는 기술아이템이 10건, 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용기술 18건, 도로시설물 광촉매 기술 12건, 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 24건 제안 받음

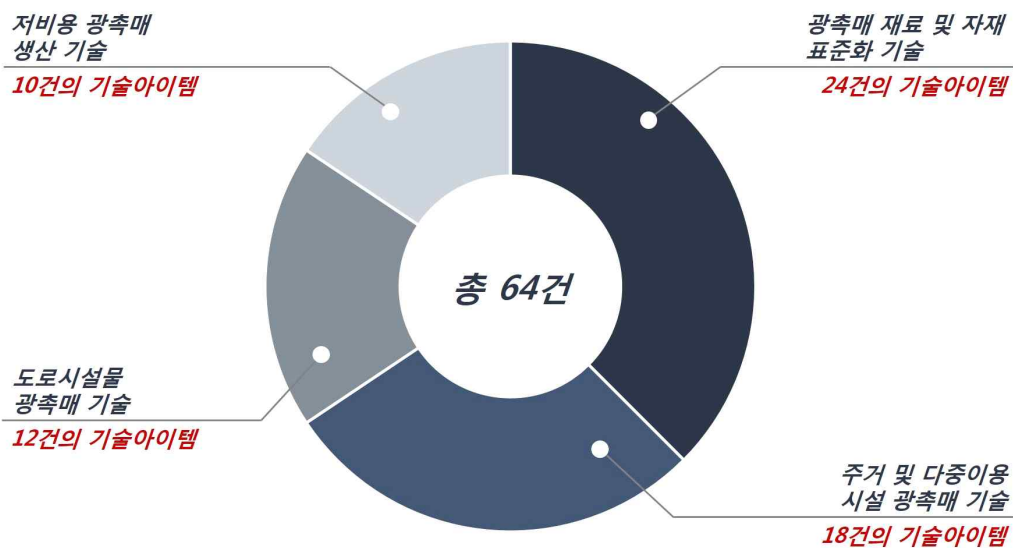


그림 87. 기술 분야별 기술수요조사 회신결과

표 53. 기술 분야별 기술아이템

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 기술아이템 |
|------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1. 저비용 광촉매 생산 기술 | 1.1 저비용 광촉매 응집 기술 | 1.1.1 저비용 광촉매 응집제 기술 | 티탄염 고분자 응집제의 제조 기술 |
| | | 1.1.2 저비용 광촉매 응집 반응 기술 | IT, ET-기반 광촉매 응집 반응조, 투입조, 침강조 제어 기술 티탄염 슬러지 확보 및 탈수 기술 |
| | 1.2 저비용 광촉매 생산 기술 | 1.2.1 저비용 광촉매 파일럿 생산 기술 | 광촉매 슬러지의 건조, 소성 및 장비 제작 기술 티탄염 응집제 제조 기술 |
| | | 1.2.2 저비용 광촉매 대량 생산 기술 | 슬러지에서 생산된 광촉매의 파쇄 및 분급 최적화 기술 |
| | 1.3 | 1.3.1 | 슬러지 광촉매 물성 향상을 위한 |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 기술아이템 | |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| | 저비용 광촉매 가공 기술 | 저비용 광촉매 물성 향상 기술 | 최적화 기술 | |
| | | 1.3.2 저비용 광촉매 성형 기술 | 슬러지 광촉매 적용을 위한 성형 기술 개발 | |
| 2. 도로시설물 광촉매 기술 | 2.1 광촉매 콘크리트 제조 기술 | 2.1.1 광촉매 콘크리트 재료 구성 기술 | TiO ₂ 의 광촉매 반응을 이용한 자기정화 콘크리트 제조 기술 개발 | |
| | | 2.1.2 광촉매 콘크리트 배합 기술 | 광촉매 혼입 고기능성 콘크리트 제조 및 실용화 기술 개발 | |
| | 2.2. 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 | 2.2.1 광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 기술 | 광촉매 포러스(porous) 포장 콘크리트 설계 기술 | |
| | | 2.2.2 광촉매 및 구체 포장체 타설 기술 | 광촉매 포장 콘크리트 공용성 검증 및 유지관리 기술 개발 광촉매 포장 콘크리트 이층포설(two lift) 시공 기술 | |
| | | 2.2.3 광촉매 포장 콘크리트 양생기술 | TiO ₂ 혼입 콘크리트의 도로 적용을 위한 포장 양생기술 | |
| | 2.3 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 | 2.3.1 광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술 | 광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술 대기환경 개선을 위한 광촉매 콘크리트의 도로 시설물예의 적용기술 개발(중앙분리대) | |
| | | 2.3.2 광촉매 방음벽 및 도로 흡음 자재 기술 | 대기환경 개선을 위한 광촉매 콘크리트의 도로 시설물예의 적용기술 개발(도로 흡음자재) | |
| | | 2.3.3 광촉매 보도블록 및 부자재 기술 | 대기환경 개선을 위한 광촉매 콘크리트의 도로 시설물예의 적용기술 개발(보도블록 및 부자재) | |
| | 2.4 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 | 2.4.1 터널 및 지하공간 내장재 광촉매 기술 | 터널 및 지하공간 내장재로서의 광촉매 타일의 제조 및 활용 기술 | |
| | | 2.4.2 터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술 | 터널 및 지하공간 공조 시스템 광촉매 기술 | |
| | | | 터널 및 지하공간 내의 공조시스템 광촉매 기술 | |
| | 2.4.3 터널 및 지하공간 광촉매 조명시스템 기술 | 터널 및 지하시설에서 광촉매 활성화를 위한 UV 광원 최적화 기술 터널 및 지하공간 내의 광촉매 활성화를 위한 UV 광원 시스템 기술 | | |
| | 3. 생활환경 | 3.1 Virus free | 3.1.1 의료장비 광촉매 적용 기술 | 병원 감염 저감방지를 위한 의료용 섬유 적용 기술 개발 |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 기술아이템 | |
|------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 시설물 광촉매 기술 | 의료 시설 광촉매 기술 | | 병원내침구류및의류광촉매살균기술 | |
| | | 3.1.2 광촉매 살균 건축자재 기술 | 병원감염 저감기능을 갖는 기능성 건축자재 개발 살균, 향균, 항곰팡이 기능을 갖는 광촉매 기능성 천정 마감재 | |
| | | 3.1.3 의료시설 광촉매 공조 및 살균 기술 | 의료시설 적용 가능한 살균정화 광촉매 공조 시스템 개발 광촉매 살균 공조 시스템 기술 | |
| | | 3.2 주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술 | 3.2.1 광촉매 도장재료 기술 | 숏크리트와 광촉매 배합 도장재료 무기도료와 광촉매 배합 도장재료 광촉매 활용한 주거 및 근린 상업시설 실내 공기질 향상 기술 개발 |
| | | | 3.2.2 광촉매 건축자재 기술 | 광촉매 슬러지 혼입 건축용 내·외장 시멘트 복합패널 개발 |
| | 3.2.3 광촉매 실내 공조기 기술 | | 실내 VOC 제거 및 살균 기능 광촉매 공조시스템 | |
| | 3.2.4 주거용 수처리 시설 광촉매 제품 기술 | | 물 재활용을 위한 주거용 광촉매 수처리 시스템 개발 | |
| | | | 물 재이용 광촉매 수처리 설비 제작 기술 | |
| | 3.3 축산시설물 광촉매 기술 | 3.3.1 축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술 | 대인용 광촉매 살균제 및 살균기 제작 기술 가축전염병 예방을 위한 차량용 살균제 및 살균 시스템 제작 기술 | |
| | | 3.3.2 축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술 | 축사 건축물 및 접근 도로 광촉매 긴급 방제 기술 | |
| | | 3.3.3 축사 내부 광촉매 장치 기술 | 축사 내부의 오염도와 연계된 공기조화 시스템 개발 | |
| | | 3.3.4 축산용 광촉매 수처리 기술 | 가축 급수용 수질 개선을 위한 광촉매 수처리 장치 개발 | |
| | | 4. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 | 4.1 건설재료 및 자재 광촉매 성능평가 기술 | 4.1.1 광촉매 건설재료 및 자재 성능평가 표준화 기술 |
| | 광촉매 건설재료 및 자재의 공기중 오염물질 저감 성능평가를 위한 실험 환경조건 모니터링 및 제어 기술 | | | |
| | 광촉매 소재 및 2차 제품 성능 평가 표준화 기술 | | | |
| | 광촉매 콘크리트의 마모에 따른 공기 정화 성능 저하 평가 기술 개발 | | | |
| | 광촉매 적용 건설재료 및 자재의 성능평가 기술 | | | |
| | 광촉매 반응 시험 장치 표준화 기술 | | | |
| | | | | |



| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 기술아이템 |
|-----------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| | 4.1.2 광촉매 건설 재료 및 자재 실내 적용 성능평가 기술 | | 광촉매 건설재료 실내 적용 성능 평가 기술 |
| | | | 실내 공기 오염물질 저감 광촉매 건설재료 및 자재 저감 성능 평가 |
| | | | 실내 적용 광촉매 건설 재료 및 자재의 성능 평가 기술 |
| | | | 실내 적용 광촉매 성능평가 기술 |
| | | | 광촉매 적용 포장 콘크리트 표준화 기술 개발 |
| | | 4.1.3 광촉매 건설 재료 및 자재 실외 적용 성능평가 기술 | 광촉매 건설재료 실외 적용 성능 평가 기술 |
| | | | 실외 대기 오염물질 저감 광촉매 건설재료 및 자재 저감 성능 평가 |
| | | | 광촉매 건설 재료 및 자재 실외 적용 성능 평가 기술 |
| | 오염물질 저감 Mock-up Test 기술 | | |
| | 4.2 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 | 4.2.1 새집증후군 개선 효과 성능평가 기술 | 광촉매 적용 자재의 새집증후군 개선 기술 |
| | | 4.2.2 대기 공기질 개선 효과 성능평가 기술 | 대기오염도 저감을 위한 광촉매 적용 가능성 평가 |
| | | | 대기 공기질 개선 효과 성능 평가 기술 |
| | | 4.2.3 지하공기질 성능 평가 기술 | 광촉매 도로 부속시설물 현장 적용 평가 기술 |
| 4.3 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 | 4.3.1 인증제도 기준 개발 | 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 | |
| | | 광촉매 적용 제품의 항균/항곰팡이 성능 기준 개발 | |
| | | 광촉매 적용 제품의 방오(Self-Cleaning) 성능 기준 개발 | |



2절 기술수준 및 예측조사

1. 개요

(1) 기술수준/예측조사의 목적

- ‘저비용 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발 기획’ 연구의 기술수준/예측조사는 관련 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술혁신 동향을 정량적으로 평가하여 과제우선순위평가를 위한 기초자료로 활용하는 것을 목적으로 함
 - 산·학·연 전문가를 대상으로 저비용 슬러지 광촉매 생산, 활용 및 표준화 기술의 실현시기, 기술수준, TRL단계, 중요도 등을 조사함
 - 연구개발 사업 계획과 전략 수립에 활용하기 위해 적합한 자료와 다양한 예측방법을 사용하여 미래의 기술변화 파악에 필요한 정보를 수집함
 - 현재 기술의 수준을 살펴봄으로써 기술변화를 예측하고, 이를 기반으로 기술개발의 방향을 설정함

(2) 기술수준/예측조사의 절차

- 기술수준/예측조사는 기술수준/예측조사 설계, 기술수준/예측조사 수행, 기술수준/예측조사 결과분석, 기술수준/예측조사 결과 활용 순으로 추진함
 - 기술수준/예측조사 설계단계에서는 기술수준/예측조사서 항목을 결정하고 기술수준/예측조사 대상자를 설정함
 - 조사항목은 기술수준/예측조사를 수행한 선행연구의 기술수준/예측조사 항목을 검토하여 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 구성함
 - 세부 기술 분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적/사회경제적 기술실현시기, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선시행방안 등을 조사항목으로 설정함
 - 기술수준/예측조사 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신하며, 2 Round에 걸친 Mini-델파이 방법을 활용함
 - 2 Round 조사에서는 응답자별로 본인의 1 Round 응답결과와 전체 조사대상자 응답 통계자료를 함께 제공하고 통계자료를 확인 후 1 Round 응답결과를 수정할 수 있도록 하여 조사항목별로 전문가의 합의를 유도함
 - 기술수준/예측조사 결과분석단계에선 기술 분류체계별 조사 결과에 대한 통계분석과 기술수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도의 포



트폴리오 분석을 수행함

- 기술수준/예측조사 결과활용단계에서는 분석결과를 기반으로 세부과제기획 또는 RFP 작성 시 연구개발추진전략 설정에 활용하고 사전타당성(기술수준 및 성공가능성, 사업추진의 시급성, 기술개발 계획의 적절성) 작성 시 근거 자료로 활용함

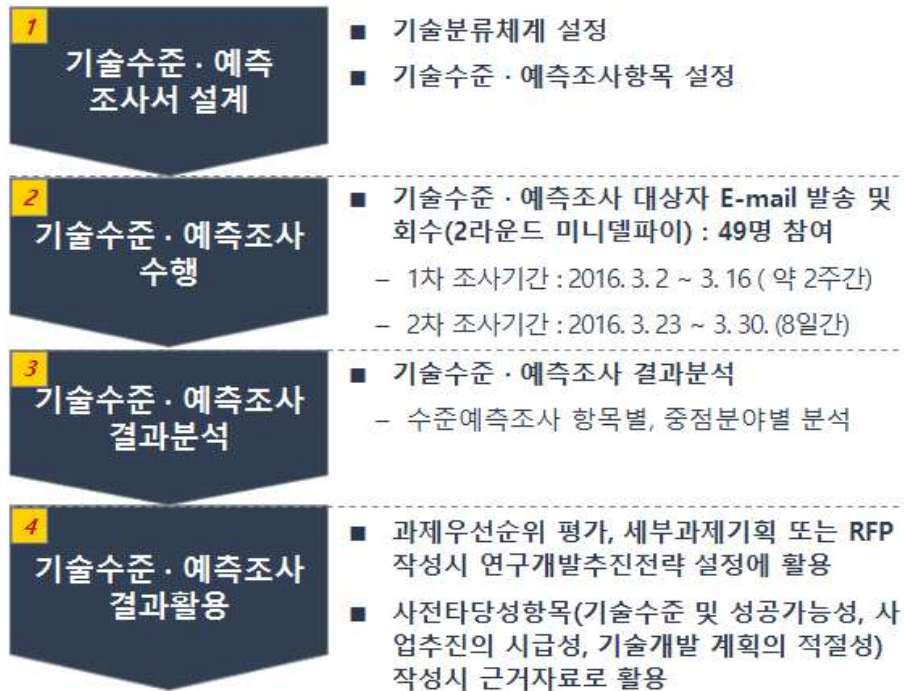


그림 88. 기술수준/예측조사 프로세스

(3) 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

- 기술수준/예측조사는 내부 기획연구진 및 외부전문가들을 대상으로 E-mail을 발송하여 조사함

표 54. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

| 구분 | 내용 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 조사기간 | - 1차 조사기간 : 2016년 4월 2일 ~ 4월 16일 (2주간) - 2차 조사기간 : 2016년 4월 23일 ~ 4월 30일 (1주간) |
| 조사대상 | - 내부 기획연구진, 외부 건설재료 전문가 및 타 분야 전문가 |
| 조사방법 | - E-mail을 통한 설문조사 |



(4) 기술수준/예측조사 항목 설정

(가) 기술 실현시기

- ‘기술적 실현시기’는 해당기술의 기술적인 문제가 해결되어 기술이 적용된 최초의 시작품 등이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점(Single Point Time)임
- ‘사회경제적 실현시기’는 해당기술의 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점(Single Point Time)임

(나) 국내 기술수준 및 기술격차

- ‘국내 기술수준’은 `16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준임
 - 기술수준의 평가 기준은 다음과 같음

표 55. 기술수준 평가 기준

| 기술수준 | 설명 |
|-----------|-------------------------------|
| 100% | - 독보적 세계최고 |
| 81% ~ 99% | - 기술 분야를 선도 |
| 61% ~ 80% | - 선진기술의 모방개량이 가능 |
| 41% ~ 60% | - 선진기술의 도입적용이 가능 |
| 1% ~ 40% | - 연구개발능력이 취약 |
| 0% | - 우리나라에서 관련 연구가 전혀 진행되고 있지 않음 |

- ‘기술격차’는 국내 기술수준이 세계최고 기술에 도달하기까지 소요되는 시간 (단위:년)임
- ‘기술격차추세’는 세계최고 기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점 척도로 평가함
 - 기술격차추세의 평가 기준은 다음과 같음



표 56. 기술격차추세 평가 기준

| 구분 | 설명 |
|----|--------------------------|
| 5 | - 최고기술과 기술격차가 “빠르게 확대 중” |
| 4 | - 최고기술과 기술격차가 “확대 중” |
| 3 | - 최고기술과 기술격차가 “유지되고 있음” |
| 2 | - 최고기술과 기술격차가 “축소 중” |
| 1 | - 최고기술과 기술격차가 “빠르게 축소 중” |

(다) 기술성속도(TRL)

- ‘기술성속도(TRL)’는 해당기술의 국내외 기술성속도를 나타내는 지표임
- 기술성속도(TRL)의 평가 기준은 다음과 같음

표 57. 기술성속도(TRL) 평가 기준

| 기술성속도 단계 | 설명 |
|----------|-------------------------------------------|
| 1단계 | - 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계 |
| 2단계 | - 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계 |
| 3단계 | - 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계 |
| 4단계 | - 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계 |
| 5단계 | - 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계 |
| 6단계 | - 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계 |
| 7단계 | - 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이뤄지는 단계 |
| 8단계 | - 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계 |
| 9단계 | - 사업화가 완료된 단계 |

(라) 최고기술 보유국

- ‘최고기술 보유국’은 `16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가임

(마) 기술기반 성속도

- ‘기술기반 성속도’는 `16년 현재 시점에서 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함



- 기술기반 성숙도의 평가 기준은 다음과 같음

표 58. 기술기반 성숙도 평가 기준

| 구분 | 설명 |
|----|---------------------------------------|
| 5 | - 세계선도 연구인력 및 장비 등 확보 |
| 4 | - 최고기술보유국과 동등한 수준 |
| 3 | - 최고기술보유국보다 낮지만 자체연구개발 수행가능 인력 장비 확보 |
| 2 | - 국내 관련 연구인력, 장비가 매우적어 해외협력연구가 필요한 수준 |
| 1 | - 국내 관련 연구인력, 장비 인프라 전무 |

(바) 기술적 중요도

- ‘기술 핵심성’은 해당기술이 ‘저비용 광촉매 생산, 응용기술, 표준화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
 - 기술 핵심성의 평가 기준은 다음과 같음

표 59. 기술 핵심성 평가 기준

| 구분 | 설명 |
|----|----------------------------------------------------------|
| 5 | - 해당기술이 ‘저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 높음 |
| 4 | - 해당기술이 ‘저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 높음 |
| 3 | - 해당기술이 ‘저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 보통임 |
| 2 | - 해당기술이 ‘저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 낮음 |
| 1 | - 해당기술이 ‘저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 낮음 |

- ‘시급성’은 해당 기술이 적정 수준을 구현해야 하는 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
 - 시급성의 평가 기준은 다음과 같음



표 60. 시급성 평가 기준

| 구분 | 설명 |
|----|-------------------------------------|
| 5 | - 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 매우 시급함 |
| 4 | - 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급함 |
| 3 | - 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급한 정도가 보통임 |
| 2 | - 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급하지 않음 |
| 1 | - 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 전혀 시급하지 않음 |

- ‘과학기술적 파급효과’는 해당 기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향력을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
 - 과학기술적 파급효과의 평가 기준은 다음과 같음

표 61. 과학기술적 파급효과 평가 기준

| 구분 | 설명 |
|----|-----------------------------|
| 5 | - 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 높음 |
| 4 | - 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 높음 |
| 3 | - 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 보통임 |
| 2 | - 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 낮음 |
| 1 | - 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 낮음 |

(사) 기술획득방식

- ‘기술획득방식’은 해당 기술의 기술개발을 위해 적합한 연구 주체를 나타냄
 - 기술획득방식은 아래 4개 항목 중 하나를 선택하여 조사함

표 62. 기술획득방식 조사 항목

| 구분 | 설명 |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 자체 개발 | 민간 - 기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 것이 바람직함 |
| | 정부 - 기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하고 기초 단계 연구개발이 필요하여 정부출연연구소 또는 기관을 중심으로 정부가 주도하는 것이 바람직함 |
| | 공동 - 정부와 민간이 매칭펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발을 추진하는 것이 바람직함 |
| 기술도입 및 국제공동연구 | - 국내 개발 역량이 미흡하거나 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감할 수 있어 독자적 개발보다는 국제공동개발 또는 해외 기술을 도입하는 것이 바람직함 |



(아) 정부우선 시행방안

- ‘정부우선 시행방안’은 해당 기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 정책을 의미함
 - 정부우선 시행방안은 아래 5개 항목의 중요도 비중을 조사함

표 63. 정부우선 시행방안 조사 항목

| 구분 | 설명 |
|-------------|----------------------------------------------------------------|
| 인력양성 | - 해당기술에 인력이 절실히 부족하여 인력양성을 위한 정책적 지원 필요 |
| 협력교류 활성화 | - 기술의 성격상 다학제적 연구 또는 산학연 및 국제공동연구가 필요하며 협력교류 활성화를 위한 정책적 지원 필요 |
| 인프라구축 | - 기술 개발을 위해 설비투자 등의 인프라구축이 필요 |
| 연구비확대 | - 기술 개발을 위해 연구개발비 확대 및 신규 투자가 필요 |
| 제도개선 | - 규제 완화/정책 수립/법규 제정/표준화 지원 등 연구개발을 촉진하기 위한 제도의 수립 또는 개선이 필요 |



가. 기술수준/예측조사 결과

(1) 저비용 광촉매 생산 기술

| 구분 | | 1. 저비용 광촉매 생산 기술 | | |
|----------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 1.1 저비용 광촉매 응집 기술 | 1.2 저비용 광촉매 생산 기술 | 1.3 저비용 광촉매 가공 기술 |
| 기술수준(%) | | 98.62 | 98.64 | 97.46 |
| 기술격차(년) | | 0.41 | 0.38 | 0.45 |
| 기술적중요도(5점척도) | | 4.48 | 4.42 | 4.71 |
| 시급성(5점척도) | | 4.35 | 4.41 | 3.97 |
| 파급효과(5점척도) | | 4.23 | 4.23 | 4.17 |
| 기술적 실현시기 (년) | 최고기술품 | `19 | `20 | `20 |
| | 국내 | `19 | `20 | `20 |
| 사회경제적 보급시기 (년) | 최고기술품 | `21 | `22 | `22 |
| | 국내 | `22 | `22 | `22 |
| 기술획득 방식 (%) | 민간 | 5.9 | 14.7 | 19.4 |
| | 정부 | 22.4 | 16.2 | 17.9 |
| | 정부/민간 공동 | 71.7 | 67.6 | 62.7 |
| | 기술도입 및 국제공동연구 | 0 | 1.5 | 0 |
| 정부우선 시행방안 (%) | 인력양성 | 11.6 | 12.6 | 13.6 |
| | 협력교류 활성화 | 17.2 | 17.2 | 17.9 |
| | 인프라구축 | 23.4 | 24.5 | 23.4 |
| | 연구비 확대 | 31.8 | 31.5 | 30.1 |
| | 제도개선 | 15.9 | 14.2 | 15.0 |



(2) 도로시설물 광촉매 기술

| 구분 | | 2. 도로시설물 광촉매 기술 | | | |
|----------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| | | 2.1 광촉매 콘크리트 제조 기술 | 2.2 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 | 2.3 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 | 2.4 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 |
| 기술수준(%) | | 65.02 | 61.22 | 58.16 | 65.80 |
| 기술격차(년) | | 3.67 | 4.03 | 4.58 | 3.94 |
| 기술적중요도(5점척도) | | 4.35 | 4.33 | 3.87 | 4.14 |
| 시급성(5점척도) | | 4.41 | 4.38 | 3.86 | 4.18 |
| 파급효과(5점척도) | | 4.28 | 4.27 | 3.80 | 4.09 |
| 기술적 실현시기 (년) | 최고기술품국 | `16 | `17 | `17 | `17 |
| | 국내 | `19 | `20 | `21 | `20 |
| 사회경제적 보급시기 (년) | 최고기술품국 | `18 | `19 | `20 | `19 |
| | 국내 | `22 | `22 | `23 | `23 |
| 기술획득 방식 (%) | 민간 | 1.8 | 3.5 | 3.3 | 2.0 |
| | 정부 | 26.1 | 14.9 | 15.9 | 16.0 |
| | 정부/민간 공동 | 68.5 | 78.1 | 76.3 | 76.8 |
| | 기술도입 및 국제공동연구 | 3.6 | 3.5 | 4.5 | 5.1 |
| 정부우선 시행방안 (%) | 인력양성 | 15.4 | 15.0 | 13.0 | 11.7 |
| | 협력교류 활성화 | 16.9 | 16.3 | 16.5 | 16.4 |
| | 인프라구축 | 22.9 | 22.9 | 21.4 | 20.1 |
| | 연구비 확대 | 29.3 | 29.3 | 29.5 | 29.3 |
| | 제도개선 | 15.5 | 16.4 | 19.5 | 22.4 |



(3) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

| 구분 | | 3. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 | | | |
|----------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | 3.1 Virus free 의료 시설 광촉매 기술 | 3.2 주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술 | 3.3 축산시설물 광촉매 기술 | 3.4 농·수산시설물 광촉매 기술 |
| 기술수준(%) | | 61.89 | 68.53 | 59.78 | 60.28 |
| 기술격차(년) | | 4.01 | 3.86 | 5.20 | 5.28 |
| 기술적중요도(5점척도) | | 3.46 | 3.72 | 3.30 | 3.00 |
| 시급성(5점척도) | | 3.58 | 3.69 | 3.18 | 2.74 |
| 파급효과(5점척도) | | 3.45 | 3.84 | 3.61 | 3.15 |
| 기술적 실현시기 (년) | 최고기술품 | `18 | `17 | `18 | `18 |
| | 국내 | `20 | `20 | `22 | `22 |
| 사회경제적 보급시기 (년) | 최고기술품 | `19 | `19 | `20 | `20 |
| | 국내 | `22 | `22 | `23 | `23 |
| 기술획득 방식 (%) | 민간 | 4.4 | 5.2 | 0.0 | 0.0 |
| | 정부 | 21.0 | 11.1 | 21.0 | 11.1 |
| | 정부/민간 공동 | 69.7 | 68.4 | 75.1 | 86.1 |
| | 기술도입 및 국제공동연구 | 4.9 | 15.4 | 3.9 | 2.8 |
| 정부우선 시행방안 (%) | 인력양성 | 12.2 | 14.4 | 11.7 | 11.7 |
| | 협력교류 활성화 | 16.9 | 15.7 | 18.8 | 19.8 |
| | 인프라구축 | 22.8 | 21.6 | 20.1 | 19.5 |
| | 연구비 확대 | 29.9 | 28.8 | 28.3 | 29.0 |
| | 제도개선 | 18.2 | 19.6 | 21.1 | 20.1 |



(4) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

| 구분 | | 4. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 | | |
|----------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| | | 4.1 건설재료 및 자재 광촉매 성능평가 기술 | 4.2 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 | 4.3 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 |
| 기술수준(%) | | 58.01 | 61.24 | 61.71 |
| 기술격차(년) | | 4.62 | 4.60 | 4.64 |
| 기술적중요도(5점척도) | | 4.7 | 4.5 | 4.6 |
| 시급성(5점척도) | | 4.7 | 4.5 | 4.7 |
| 파급효과(5점척도) | | 4.6 | 4.4 | 4.6 |
| 기술적 실현시기 (년) | 최고기술국 | '17 | '16 | '17 |
| | 국내 | '20 | '20 | '20 |
| 사회경제적 보급시기 (년) | 최고기술국 | '18 | '18 | '18 |
| | 국내 | '22 | '22 | '22 |
| 기술획득 방식 (%) | 민간 | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| | 정부 | 70.1% | 69.3% | 68.0% |
| | 정부/민간 공동 | 28.6% | 29.1% | 30.7% |
| | 기술도입 및 국제공동연구 | 1.3% | 1.6% | 1.3% |
| 정부우선 시행방안 (%) | 인력양성 | 12.7% | 11.9% | 11.3% |
| | 협력교류 활성화 | 17.1% | 17.0% | 17.4% |
| | 인프라구축 | 21.3% | 20.4% | 19.4% |
| | 연구비 확대 | 24.1% | 25.9% | 23.0% |
| | 제도개선 | 24.8% | 24.8% | 28.9% |



나. 기술수준/예측분석 결과

(1) 국내·외 기술 실현시기

○ 전체 기술 관점에서 최고기술보유국은 국내보다 약 3~4년 앞서 기술이 실현될 것으로 보이며, 이후 약 2년 정도의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨

- 최고기술국의 기술적 실현시기는 4년 내에 모두 이루어질 것으로 예측되며 이는 국내보다 약 2년 앞서는 것임

• 향후 국내에서는 이를 고려하여 기술 개발 추진계획(기술로드맵) 수립이 필요함



그림 89. 저비용 광축매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 '20년 전후, 국내는 '22년 전후로 예측되며 기술적 실현 이후 상용화까지는 국내·외 모두 약 2년 정도 소요되는 것으로 예측됨

• 상용화를 고려한 계획수립을 통해 국내·외 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단됨



그림 90. 저비용 광축매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술의 경우 국내 및 국외의 기술적 실현시기는 같은 것으로 조사되었으며, 이후 상용화까지 약 2~3년이 소요될 것으로 예측됨
 - 최고기술국 및 국내의 기술적 실현시기는 '20년 내에 모두 이루어질 것으로 예측됨



그림 91. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 '22년(83.3%)에 집중되며, 상용화까지 짧게는 1년에서 2년이 소요될 것으로 예측되고, 국내의 경우도 '22년(83.3%)에 집중되어 상용화까지 약 2년 소요되는 것으로 예측됨



그림 92. 저비용 광촉매 생산 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 64. 저비용 광촉매 생산 기술의 실현시기

| 기술 분류체계 | | 기술적 실현시기(년) | | 사회경제적 실현시기(년) | |
|-------------------------|----------------------------|-------------|-----|---------------|-----|
| | | 세계 | 국내 | 세계 | 국내 |
| 중분류 | 소분류 | 세계 | 국내 | 세계 | 국내 |
| 1.1 저비용 광촉매 응집 기술 | 1.1.1 저비용 광촉매 응집제 기술 | '19 | '19 | '21 | '22 |
| | 1.1.2 저비용 광촉매 응집 반응 기술 | '19 | '19 | '22 | '22 |
| 1.2 저비용 광촉매 생산 기술 | 1.2.1 저비용 광촉매 파일럿 생산 기술 | '20 | '20 | '22 | '22 |
| | 1.2.2 저비용 광촉매 대량 생산 기술 | '20 | '20 | '22 | '23 |
| 1.3 저비용 광촉매 가공 기술 | 1.3.1 저비용 광촉매 물성 향상 기술 | '20 | '20 | '22 | '22 |
| | 1.3.2 저비용 광촉매 성형 기술 | '20 | '20 | '22 | '22 |



(나) 도로시설물 광촉매 기술

- 도로시설물 광촉매 기술의 경우 최고기술국은 국내에 비해 약 3~4년 앞서 기술적으로 실현될 것으로 예측됨
 - 최고기술국의 경우 도로시설물 광촉매 기술은 대부분 `17년까지 실현될 것으로 예측되며, 국내 기술적 실현시기는 `20년(69.2%)에 집중되어 있는 것으로 예측됨



그림 93. 도로시설물 광촉매 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고 기술국의 사회경제적 실현시기는 `19년(61.5%)년에 집중되어 상용화까지 약 3년이 소요되는 것으로 예측되며, 국내의 경우 `22년(61.5%)에 집중되어 상용화까지 약 6년이 소요되는 것으로 예측됨



그림 94. 도로시설물 광촉매 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 65. 도로시설물 광촉매 기술의 실현시기

| 기술 분류체계 | | 기술적 실현시기(년) | | 사회경제적 실현시기(년) | |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------|-----|---------------|-----|
| 중분류 | 소분류 | 세계 | 국내 | 세계 | 국내 |
| 2.1 광촉매 콘크리트 제조 기술 | 2.1.1 광촉매 콘크리트 재료 구성 기술 | '16 | '19 | '18 | '22 |
| | 2.1.2 광촉매 콘크리트 배합 기술 | '16 | '19 | '18 | '22 |
| | 2.1.3 광촉매 콘크리트 물성시험 평가 | '16 | '19 | '18 | '22 |
| 2.2 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 | 2.2.1 광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 기술 | '16 | '20 | '19 | '22 |
| | 2.2.2 광촉매 및 구체 포장체 타설 기술 | '17 | '20 | '19 | '22 |
| | 2.2.3 광촉매 포장 콘크리트양생기술 | '17 | '20 | '19 | '22 |
| 2.3 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 | 2.3.1 광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술 | '16 | '20 | '19 | '22 |
| | 2.3.2 광촉매 방음벽 및 도로 흡음 자재 기술 | '17 | '20 | '20 | '23 |
| | 2.3.3 광촉매 보도블록 및 부자재 기술 | '16 | '20 | '19 | '22 |
| | 2.3.4 케이블 교량 자기세정 기술 | '19 | '23 | '22 | '25 |
| 2.4 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 | 2.4.1 터널 및 지하공간 내장재 광촉매 기술 | '17 | '20 | '19 | '23 |
| | 2.4.2 터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술 | '17 | '20 | '19 | '23 |
| | 2.4.3 터널 및 지하공간 광촉매 조명시스템 기술 | '16 | '20 | '19 | '23 |



(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

○ 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 경우 최고기술국은 국내에 비해 약 3년 앞서 기술적으로 실현될 것으로 보이며, 이후 사회경제적 실현까지 약 1년이 소요될 것으로 예측됨

- 최고기술국의 경우 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술은 '17~'18년에 모두 실현될 것으로 예측되며, 국내는 '20~'22년에 실현될 것으로 예측돼 세계 기술적 실현시기와 약 3년의 격차를 보임



그림 95. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 세계최고 기술국은 '19년에 사회경제적으로 실현될 것으로 예측되며, 국내의 경우 '22년 이후 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨



그림 96. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 66. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 실현시기

| 기술 분류체계 | | 기술적 실현시기(년) | | 사회경제적 실현시기(년) | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----|---------------|-----|
| 중분류 | 소분류 | 세계 | 국내 | 세계 | 국내 |
| 3.1 Virus free 의료 시설 광촉매 기술 | 3.1.1 의료장비 광촉매 적용 기술 | '18 | '20 | '19 | '22 |
| | 3.1.2 광촉매 살균 건축자재 기술 | '18 | '20 | '19 | '22 |
| | 3.1.3 의료시설 광촉매 공조 및 살균 기술 | '17 | '20 | '19 | '22 |
| 3.2 주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술 | 3.2.1 광촉매 도장재료 기술 | '17 | '20 | '19 | '22 |
| | 3.2.2 광촉매 건축자재 기술 | '17 | '20 | '19 | '22 |
| | 3.2.3 광촉매 실내 공조기 기술 | '17 | '20 | '19 | '22 |
| | 3.2.4 주거용 수처리 시설 광촉매 제품 기술 | '18 | '21 | '19 | '22 |
| 3.3 축산시설물 광촉매 기술 | 3.3.1 축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술 | '18 | '21 | '20 | '23 |
| | 3.3.2 축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술 | '18 | '22 | '20 | '23 |
| | 3.3.3 축사 내부 광촉매 장치 기술 | '18 | '22 | '20 | '23 |
| | 3.3.4 축산용 광촉매 수처리 기술 | '18 | '21 | '20 | '24 |
| 3.4 농·수산시설물 광촉매 기술 | 3.4.1 수산물 광촉매 적용기술 | '18 | '22 | '20 | '23 |
| | 3.4.2 농수산용 자재 제조 기술 | '18 | '22 | '20 | '24 |



(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 경우 최고 기술국은 국내에 비해 약 4년 앞서 기술적으로 실현될 것으로 보이며, 이후 사회경제적 실현까지 약 1년이 소요될 것으로 예측됨
 - 최고기술국의 경우 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술은 '16~'17년에 모두 실현될 것으로 예측되며, 국내는 '20~'21년에 실현될 것으로 예측된 것으로 나타나 세계 기술적 실현시기와 약 4년의 격차를 보임



그림 97. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 세계최고 기술국은 '18년에 사회경제적으로 실현될 것으로 예측되며 국내의 경우 '21년 이후 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨



그림 98. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 67. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 실현시기

| 기술 분류체계 | | 기술적 실현시기(년) | | 사회경제적 실현시기(년) | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----|---------------|-----|
| 중분류 | 소분류 | 세계 | 국내 | 세계 | 국내 |
| 4.1 건설재료 및 자재 광촉매 성능평가 기술 | 4.1.1 광촉매 건설재료 및 자재 성능평가 표준화 기술 | '17 | '20 | '18 | '21 |
| | 4.1.2 광촉매 건설 재료 및 자재 실내 적용 성능평가 기술 | '17 | '20 | '18 | '22 |
| | 4.1.3 광촉매 건설 재료 및 자재 실외 적용 성능평가 기술 | '17 | '21 | '18 | '22 |
| 4.2 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 | 4.2.1 새집증후군 개선 효과 성능평가 기술 | '16 | '20 | '18 | '21 |
| | 4.2.2 대기 공기질 개선 효과 성능평가 기술 | '17 | '20 | '18 | '22 |
| | 4.2.3 지하공기질성능평가기술 | '17 | '21 | '18 | '22 |
| | 4.2.4 병원균 살균 효과 성능평가 기술 | '17 | '20 | '18 | '21 |
| 4.3 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 | 4.2.5 방오(Self-cleaning) 효과 성능평가 기술 | '16 | '20 | '18 | '22 |
| | 4.3.1 인증제도 기준 개발 | '17 | '20 | '18 | '22 |
| | 4.3.2 인증요건 개발 | '17 | '21 | '18 | '22 |
| | 4.3.3 표준 개발 | '17 | '20 | '18 | '22 |



(2) 기술수준 및 기술격차

- 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술수준 평균은 67.05%, 기술격차는 3.84년으로 조사됨
 - 저비용 광촉매 생산 기술은 기술격차가 0.41년으로 타 기술 대비 가장 작은 것으로 나타남
 - 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술은 기술격차가 약 4.62년으로 타 기술 대비 가장 큰 것으로 나타남

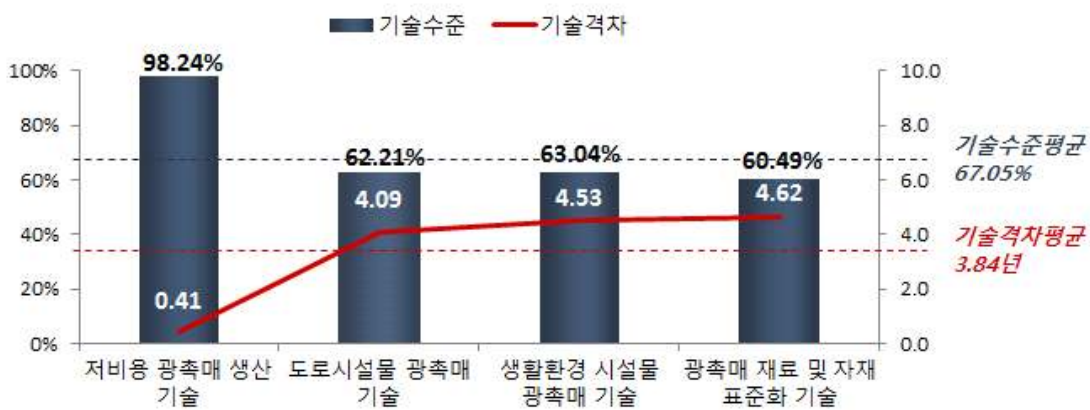


그림 99. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술수준 및 기술격차

- 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술격차는 저비용 광촉매 생산 기술을 제외하고 조금씩 확대중인 것으로 나타남
 - 저비용 광촉매 생산 기술은 기술격차가 축소중인 것으로 나타남
 - 도로시설물 광촉매 기술, 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술, 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 등은 기술격차가 점차 확대되고 있으며 상대적으로 광촉매 재료 및 자재 인증 기술이 가장 빠른 속도로 확대되고 있음

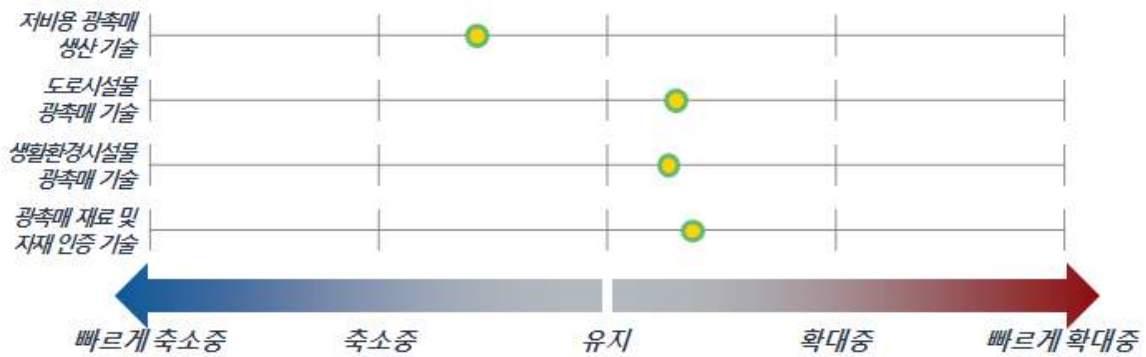


그림 100. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술격차 추세

(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술의 평균 기술수준은 98.24%, 기술격차는 0.41년임
 - 저비용 광촉매 생산 기술(소분류)은 상대적으로 기술수준이 98.64%로 가장 높으며, 기술격차는 0.38년으로 가장 낮은 것으로 나타남

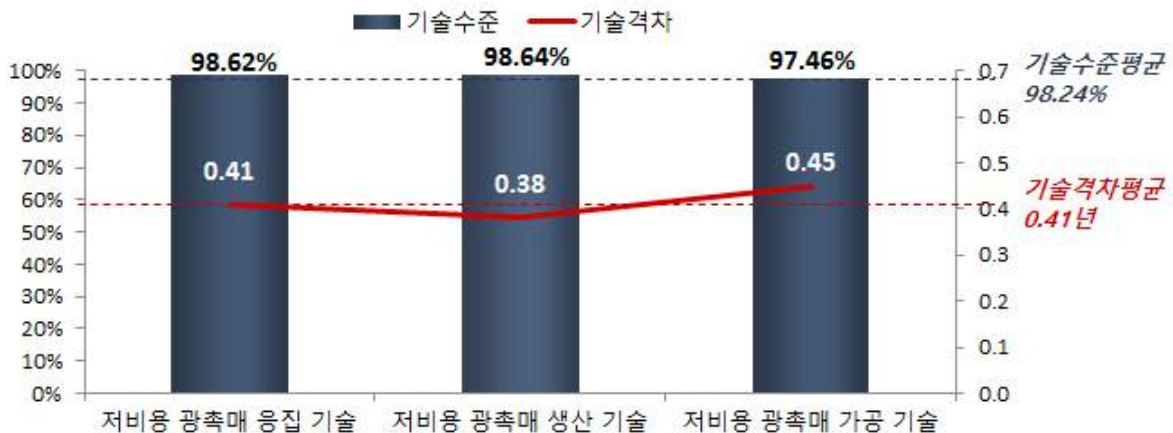


그림 101. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술수준 및 기술격차

- 저비용 광촉매 생산 기술은 모든 기술 분야의 기술 격차가 축소중인 것으로 나타남
 - 저비용 광촉매 생산 기술은 상대적으로 기술격차가 가장 빠르게 축소되고 있는 것으로 나타남

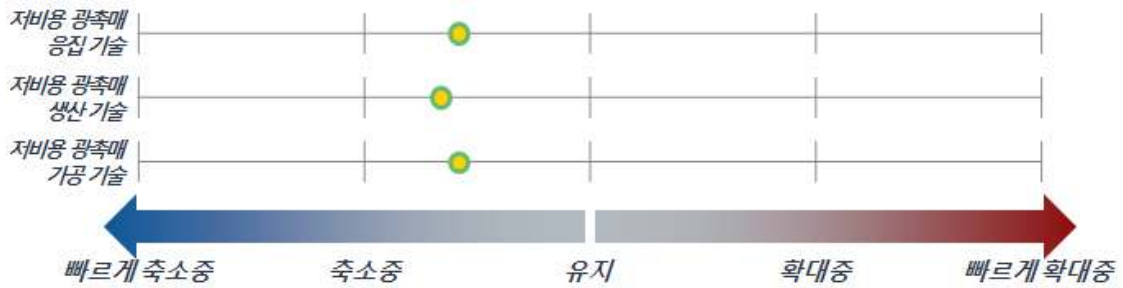


그림 102. 저비용 광축매 생산 기술의 기술격차 추세

(나) 도로시설물 광축매 기술

- 도로시설물 광축매 기술의 기술수준은 평균 62.21%, 기술격차 평균은 4.09년임
 - 터널 및 지하공간 광축매 적용 기술은 타 기술대비 상대적으로 기술수준이 가장 높은 것으로 나타남
 - 광축매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술은 타 기술 대비 기술수준이 가장 낮고(58.16%), 기술격차가 4.58년으로 타 기술대비 가장 큰 것으로 나타남

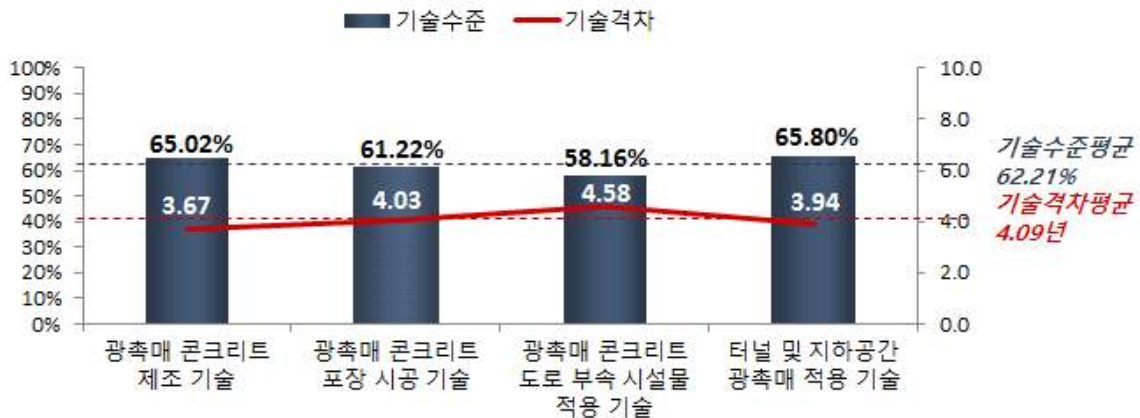


그림 103. 도로시설물 광축매 기술의 기술수준 및 기술격차

- 도로시설물 광축매 기술은 광축매 콘크리트 제조기술을 제외하고 기술격차가 다소 확대되고 있는 것으로 나타남
 - 광축매 콘크리트 제조기술은 국외 기술수준과 격차를 유지하는 수준이나 광축매 콘크리트 포장 시공 기술, 광축매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술, 터널 및 지하공간 광축매 적용 기술은 격차가 확대되고 있는 것으로 나타남
- 상대적으로 광축매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술의 기술격차가 가장 빠르게 확대되고 있는 것으로 나타남

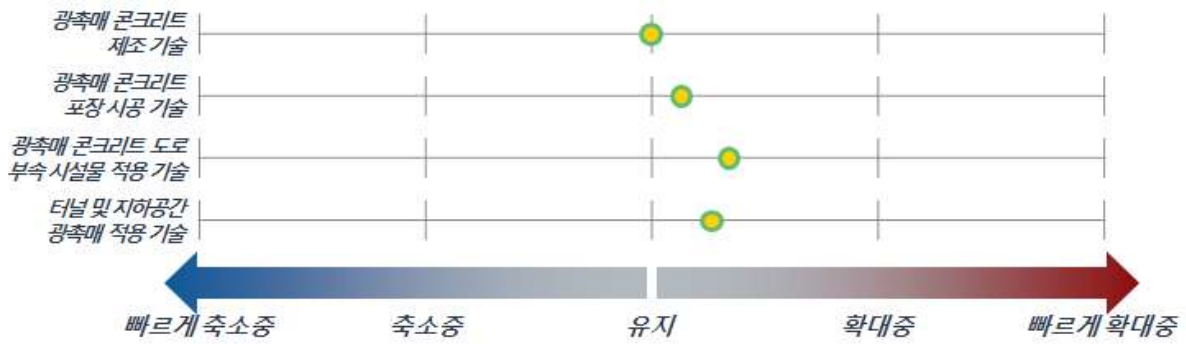


그림 104. 도로시설물 광축매 기술의 기술격차 추세

(다) 주거 및 다중이용시설 광축매 기술

- 주거 및 다중이용시설 광축매 기술의 평균 기술수준은 63.04%, 기술격차는 4.53년임
- 축산시설물 광축매 기술은 기술수준이 59.78%로 상대적으로 가장 낮으며, 농수산시설물 광축매 기술은 기술격차가 5.28년으로 가장 높은 것으로 나타남
- 주거 및 근린 상업시설 광축매 기술은 기술수준이 68.53%로 상대적으로 높은 편이며, 기술격차는 3.86년으로 평균을 밑도는 것으로 나타남

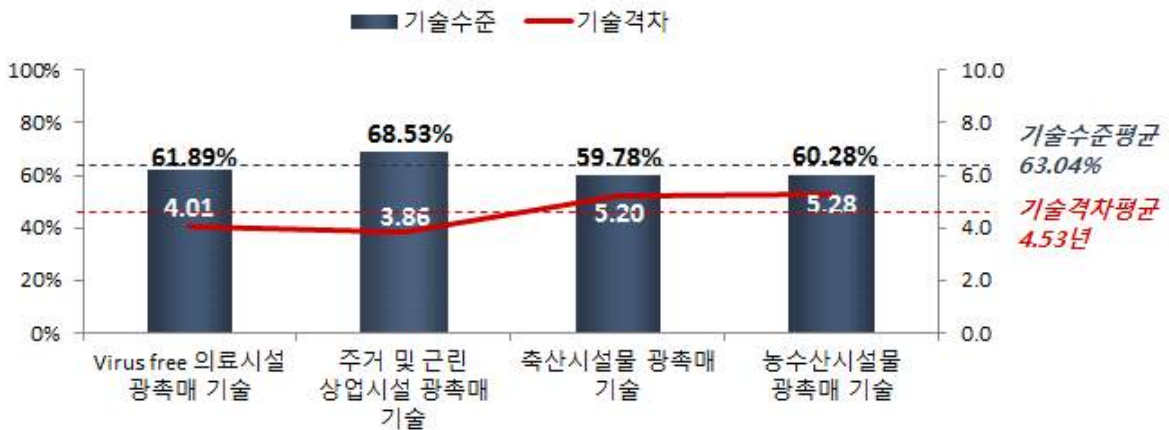


그림 105. 주거 및 다중이용시설 광축매 기술의 기술수준 및 기술격차

- 주거 및 다중이용시설 광축매 기술 중 농수산시설물 광축매 기술을 제외하고 모두 기술격차가 점차 확대되고 있는 것으로 나타남
- 상대적으로 Virus free 의료시설 광축매 기술의 기술격차가 가장 빠르게 확대되고 있는 것으로 나타남

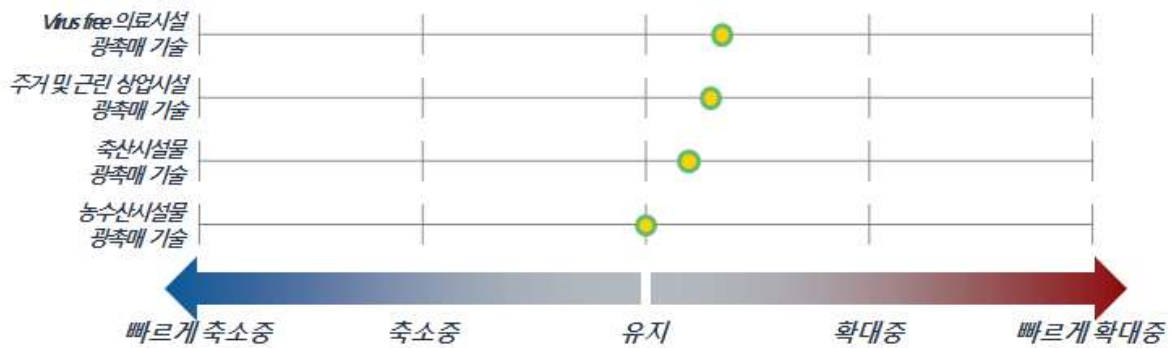


그림 106. 주거 및 다중이용시설 광축매 기술의 기술격차 추세

(라) 광축매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광축매 재료 및 자재 표준화 기술수준은 평균 60.49%, 기술격차는 3.84년임
 - 광축매 재료 및 자재 인증 기술의 기술수준은 광축매 재료 및 자재 표준화 평균 기술수준에 비해 높은 것으로 나타났으나 기술격차는 더욱 큰 것으로 분석됨
 - 건설재료 및 자재 광축매 성능평가 기술은 상대적으로 타 기술 대비 기술수준이 낮은 것으로 나타남

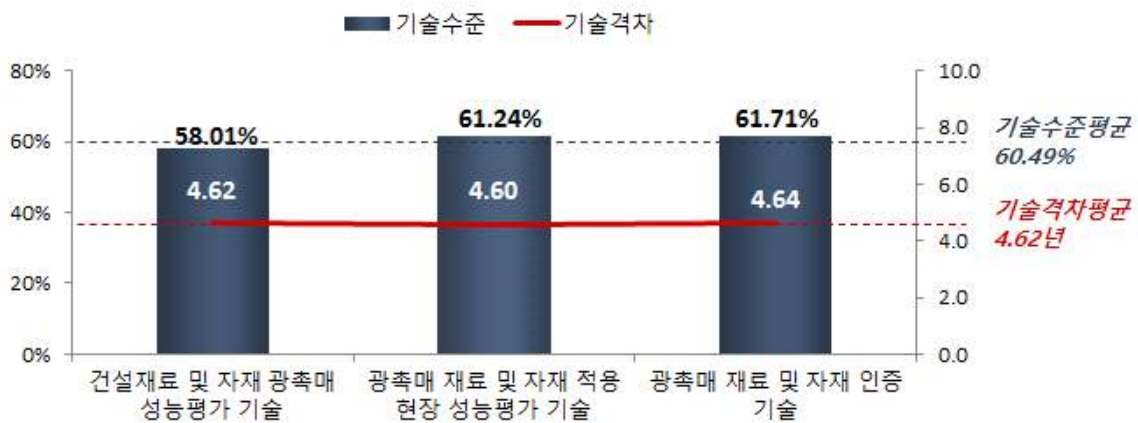


그림 107. 광축매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술수준 및 기술격차

- 광축매 재료 및 자재 표준화 기술은 전반적으로 기술격차가 점차 확대되고 있는 것으로 나타남
 - 상대적으로 광축매 재료 및 자재 인증 기술의 기술격차가 가장 빠르게 확대되고 있는 것으로 나타남

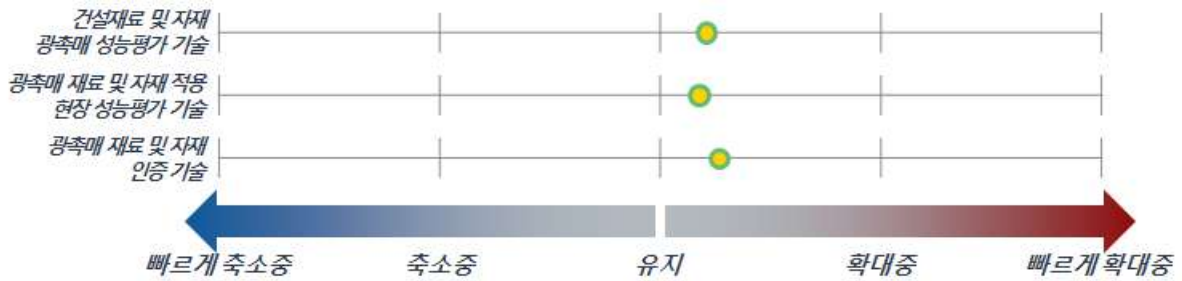


그림 108. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술격차 추세

(3) 기술성숙도(TRL)

- 저비용 광촉매 생산 기술 TRL은 국외 5단계, 국내 5 단계로 대등하나 응용기술 및 표준화 기술은 국내 2~3단계, 국외 6~7 단계로 상당한 격차를 나타냄. 향후 TRL 성과달성을 통한 계량적 평가 시 활용될 수 있음
- 국내 광촉매 건설 재료 개발 및 활용 기술의 TRL 단계는 3단계 정도로서 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있음
- 현재 국외의 경우 저비용 광촉매 생산 기술을 제외하고 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가, 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계로 분석됨
- 국외에서는 일부 재료 및 제품의 경우 현장에 시범 적용되고 그 성능을 인증 받은 8단계까지 이르는 것도 있음

| 기술명 | TRL 단계 | | | | | | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |
| 저비용 광촉매 생산기술 | | | | | 5.6 ★ 5.6 | | | | |
| 도로시설물 광촉매 기술 | | | ★ 3.0 | | | | | ● 7.2 | |
| 생환경경시설물 광촉매 기술 | | | ★ 3.0 | | | | | ● 6.9 | |
| 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 | | ★ 2.5 | | | | | | ● 7.7 | |

| TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |
|-----------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|
| 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계 | 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계 | 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계 | 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계 | 확장된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계 | 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계 | 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계 | 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계 | 사업화가 완료된 단계 |

그림 109. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술성숙도

(가) 저비용 광촉매 생산 기술



- 저비용 광촉매 생산 기술의 국내 TRL은 5단계 있는 것으로 나타나 국외와 대등한 수준의 TRL 단계에 있는 것으로 나타남
 - 국내 및 국외 저비용 광촉매 생산 기술은 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계에 있는 것으로 나타남
 - 국내외 모두 상대적으로 저비용 광촉매 응집 기술, 광촉매 생산 기술, 광촉매 가공 기술 순으로 TRL 단계가 높은 것으로 분석됨



그림 110. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술성숙도

(나) 도로시설물 광촉매 기술

- 도로시설물 광촉매 기술의 국외 TRL은 6~7단계, 국내 TRL 단계는 2~3단계에 있는 것으로 나타남
 - 국내 도로시설물 광촉매 기술의 일부는 실험실 규모의 기본성능 평가가 수행되는 단계이며, 일부는 아이디어 개념 정립 단계임
 - 국외 도로시설물 광촉매 기술은 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계를 지났으며 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계에 진입할 것으로 나타남
 - 국내외 모두 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술의 TRL이 가장 낮은 것으로 나타남



그림 111. 도로시설물 광촉매 기술의 기술성숙도

(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

- 주거 및 다중이용시설물 광촉매 기술의 국외 TRL은 6~7단계, 국내는 2~3단계에 있는 것으로 나타남
 - 국내 주거 및 다중이용시설물 광촉매 기술은 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계로 나타남
 - 국외 주거 및 다중이용시설물 광촉매 기술은 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계를 지나 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계에 걸쳐 있는 것으로 나타남



그림 112. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술성숙도



(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 국외 TRL은 7단계, 국내 TRL은 2단계에 있는 것으로 나타남
 - 국내 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술은 시험기준이 정립되어 있지 못하고 타 시험 기준을 인용 및 개념을 정립하는 단계임
 - 국외 주거 및 다중이용시설물 광촉매 기술은 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계에 있는 것으로 나타남



그림 113. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술성숙도

(4) 최고기술보유국

- 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 일본이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 일본(40.32%), 이탈리아(30.35%), 한국(16.06%) 순으로 조사되었으며, 이를 동향 및 환경분석 대상국가로 고려할 수 있음

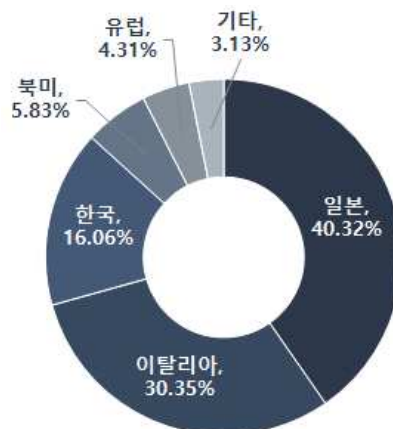


그림 114. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 최고기술보유국 비중



(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 한국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유 비중은 한국 96.94%, 일본 3.06%로 조사됨

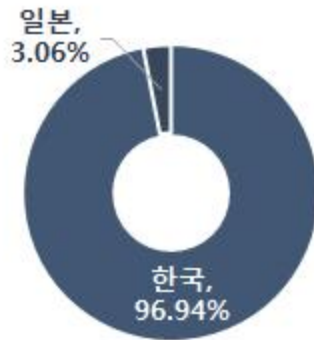


그림 115. 저비용 광촉매 생산 기술 최고기술보유국 비중

표 68. 저비용 광촉매 생산 기술의 최고기술보유국 조사결과

| 중분류 | 최고기술보유국(비중,%) | | | | | |
|-------------------|---------------|------|------|------|------|------|
| | 한국 | 일본 | 이탈리아 | 북미 | 유럽 | 기타 |
| 1.1 저비용 광촉매 응집 기술 | 97.01 | 2.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.2 저비용 광촉매 생산 기술 | 97.06 | 2.94 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.3 저비용 광촉매 가공 기술 | 97.01 | 2.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

(나) 도로시설물 광촉매 기술

- 도로시설물 광촉매 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 이탈리아가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 이탈리아(76.03%), 유럽(8.90%), 일본(7.08%), 미국(5.25%) 순으로 조사됨

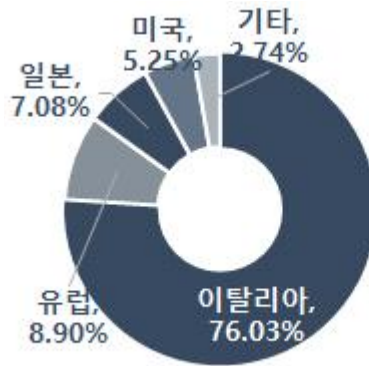


그림 116. 도로시설물 광촉매 기술 최고기술보유국 비중
* 기타는 독일, 프랑스, 덴마크, 중국임

표 69. 도로시설물 광촉매 기술의 최고기술보유국 조사결과

| 중분류 | 최고기술보유국(비중,%) | | | | | |
|------------------------------|---------------|-------|-------|------|-------|-------|
| | 한국 | 일본 | 이탈리아 | 북미 | 유럽 | 기타 |
| 2.1 광촉매 콘크리트 제조 기술 | 0.00 | 7.50 | 65.83 | 2.50 | 12.50 | 11.67 |
| 2.2 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 | 0.00 | 9.76 | 63.41 | 9.76 | 8.13 | 8.94 |
| 2.3 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 | 0.00 | 11.21 | 65.52 | 6.03 | 12.93 | 4.31 |
| 2.4 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 | 0.00 | 9.28 | 87.63 | 3.09 | 0.00 | 0.00 |

(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

- 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 일본이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 일본(69.07%), 북미(15.46%), 유럽(4.12%), 이탈리아(2.75%) 순으로 조사됨

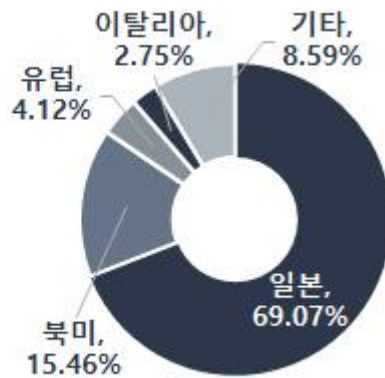


그림 117. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 최고기술보유국 비중

* 북미는 미국, 캐나다임

* 기타는 영국, 독일, 프랑스, 덴마크, 오스트리아임

표 70. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 최고기술보유국 조사결과

| 중분류 | 최고기술보유국(비중,%) | | | | | |
|--------------------------------|---------------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 한국 | 일본 | 이탈리아 | 북미 | 유럽 | 기타 |
| 3.1 Virus free 의료 시설 광촉매 기술 | 0.00 | 88.06 | 4.48 | 4.48 | 0.00 | 2.99 |
| 3.2 주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술 | 0.00 | 62.62 | 2.80 | 17.76 | 14.02 | 2.80 |
| 3.3 축산시설물 광촉매 기술 | 0.00 | 55.26 | 6.58 | 9.21 | 0.00 | 28.95 |
| 3.4 농·수산시설물 광촉매 기술 | 0.00 | 58.33 | 0.00 | 36.11 | 0.00 | 5.56 |

(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 일본이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 일본(93.00%), 이탈리아(7.00%) 순으로 조사됨

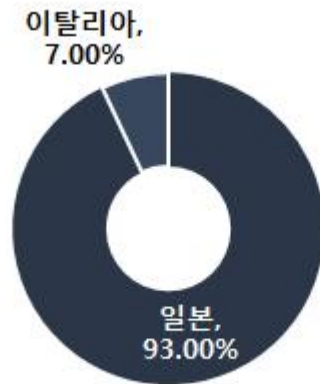


그림 118. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 최고기술보유국 비중

표 71. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 최고기술보유국 조사결과

| 중분류 | 최고기술보유국(비중,%) | | | | | |
|-------------------------------|---------------|--------|-------|------|------|------|
| | 한국 | 일본 | 이탈리아 | 북미 | 유럽 | 기타 |
| 4.1 건설재료 및 자재 광촉매 성능평가 기술 | 0.00 | 97.40 | 2.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.2 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 | 0.00 | 82.68 | 17.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.3 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

(5) 기술기반(인프라) 성숙도

- 저비용 광촉매 생산, 응용기술 및 표준화 기술은 저비용 광촉매 생산기술의 인프라(산업기술, 연구인력, 장비 등) 성숙도 조사결과 저비용 광촉매 생산기술을 제외하고는 자체적인 연구수행에 다소 미흡한 수준의 인프라인 것으로 나타남
 - 저비용 광촉매 생산 기술은 상대적으로 인프라(산업기술, 연구인력, 장비 등) 성숙도가 높으며 자체적으로 연구를 수행할 수 있는 인프라를 갖추고 있음
 - 도로시설물 광촉매 기술 및 표준화 기술은 상대적으로 인프라(산업기술, 연구인력, 장비 등)성숙도가 낮은 것으로 나타남



그림 119. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 성숙도

- 중분류 수준에서는 도로시설물 광촉매 기술 중 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용기술의 기술기반 수준이 가장 미흡한 것으로 나타남

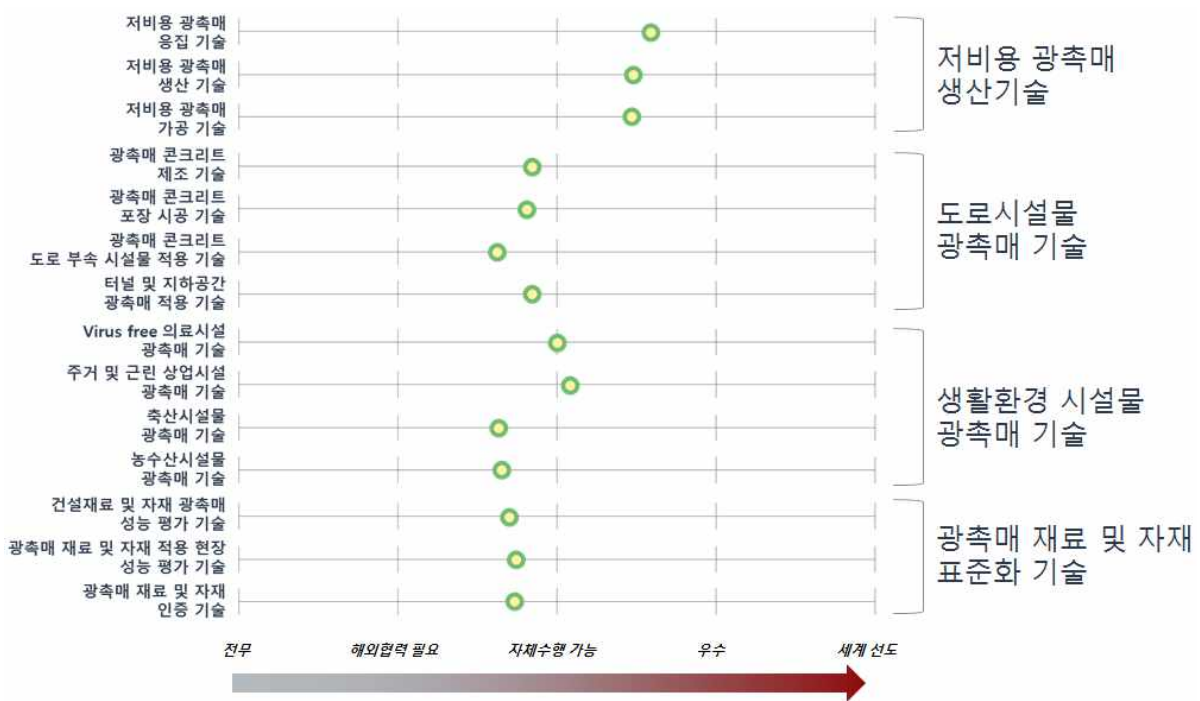


그림 120. (중분류 단위) 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 성숙도

(6) 기술획득 방식

- 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술은 정부-민간 공동추진 (63.17%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

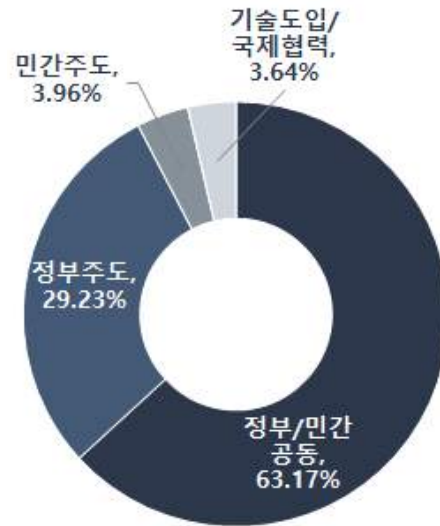


그림 121. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 기술획득 방식 비중

(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동 (67.33%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

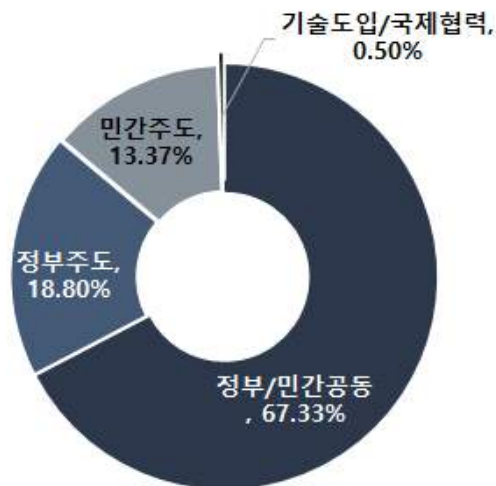


그림 122. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술획득 방식 비중



표 72. 저비용 광촉매 생산 기술의 기술획득 방식 조사결과

| 중분류 | 기술획득방식(%) | | | |
|-------------------|-----------|------|-------------|------------------|
| | 민간주도 | 정부주도 | 정부-민간 공동 | 기술도입 및 국제공동연구 |
| 1.1 저비용 광촉매 응집 기술 | 5.9 | 22.4 | 71.7 | 0 |
| 1.2 저비용 광촉매 생산 기술 | 14.7 | 16.2 | 67.6 | 1.5 |
| 1.3 저비용 광촉매 가공 기술 | 19.4 | 17.9 | 62.7 | 0 |

(나) 도로시설물 광촉매 기술

○ 도로시설물 광촉매 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동 (75.01%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

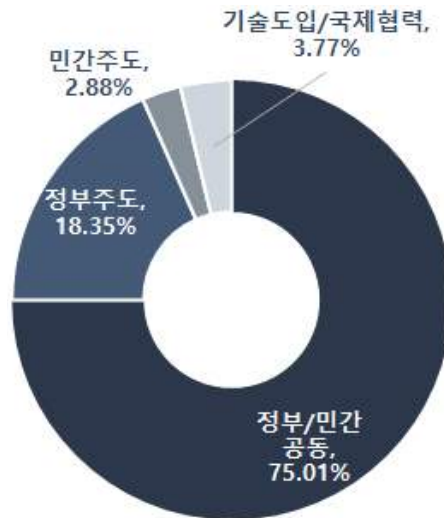


그림 123. 도로시설물 광촉매 기술의 기술획득 방식 비중

표 73. 도로시설물 광촉매 기술의 기술획득 방식 조사결과

| 중분류 | 기술획득방식(%) | | | |
|---------------------------------|-----------|------|-------------|------------------|
| | 민간주도 | 정부주도 | 정부-민간 공동 | 기술도입 및 국제공동연구 |
| 2.1 광촉매 콘크리트 제조 기술 | 1.8 | 26.1 | 68.5 | 3.6 |
| 2.2 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 | 3.5 | 14.9 | 78.1 | 3.5 |
| 2.3 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 | 3.3 | 15.9 | 76.3 | 4.5 |
| 2.4 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 | 2.0 | 16 | 76.8 | 5.1 |



(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

○ 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(73.17%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

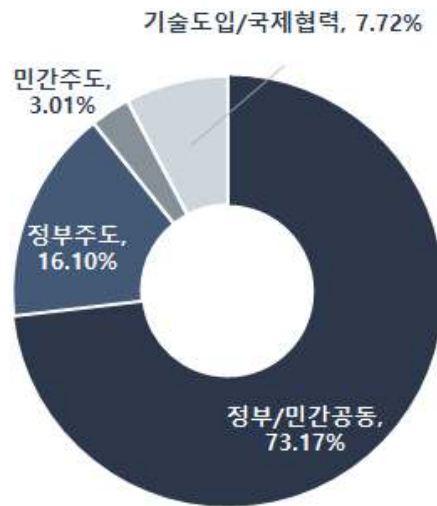


그림 124. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술획득 방식 비중

표 74. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 기술획득 방식 조사결과

| 중분류 | 기술획득방식(%) | | | |
|-----------------------------|-----------|------|-------------|------------------|
| | 민간주도 | 정부주도 | 정부-민간 공동 | 기술도입 및 국제공동연구 |
| 3.1 Virus free 의료 시설 광촉매 기술 | 4.4 | 21.0 | 69.7 | 4.9 |
| 3.2 주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술 | 5.2 | 11.1 | 68.4 | 15.4 |
| 3.3 축산시설물 광촉매 기술 | 0.0 | 21.0 | 75.1 | 3.9 |
| 3.4 농·수산시설물 광촉매 기술 | 0.0 | 11.1 | 86.1 | 2.8 |



(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부주도 (69.20%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

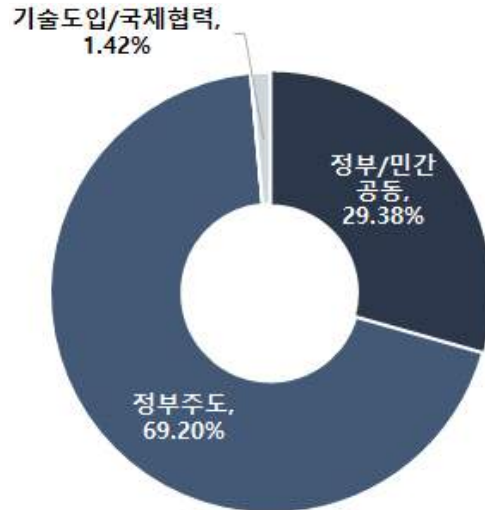


그림 125. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술획득 방식 비중

표 75. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 기술획득 방식 조사결과

| 중분류 | 기술획득방식(%) | | | |
|-------------------------------|-----------|------|----------|---------------|
| | 민간주도 | 정부주도 | 정부-민간 공동 | 기술도입 및 국제공동연구 |
| 4.1 건설재료 및 자재 광촉매 성능평가 기술 | 0.0 | 70.1 | 28.6 | 1.3 |
| 4.2 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 | 0.0 | 69.3 | 29.1 | 1.6 |
| 4.3 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 | 0.0 | 68.0 | 30.7 | 1.3 |

(7) 정부우선 시행방안

- 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대(28.2%)인 것으로 나타남
 - 연구비 확대에 이어 인프라 구축(21.4%), 제도개선(20.3%), 협력교류(17.1%), 인력양성(12.7%) 순으로 조사됨

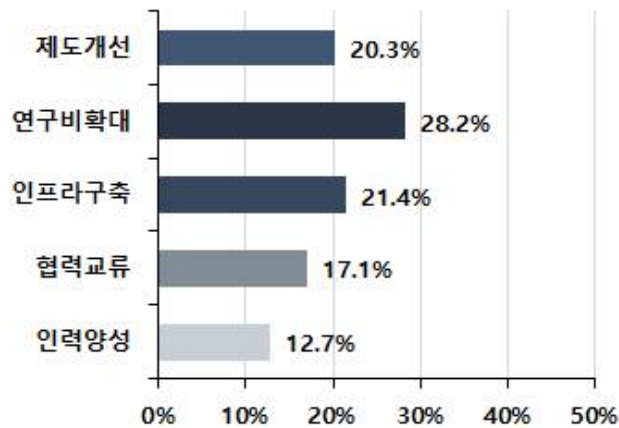


그림 126. 저비용 광촉매 생산 및 활용, 표준화 관련 기술의 정부우선 시행방안 비중

(가) 저비용 광촉매 생산 기술

○ 저비용 광촉매 생산 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남

- 저비용 광촉매 생산 기술 분야 하위기술 모두가 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

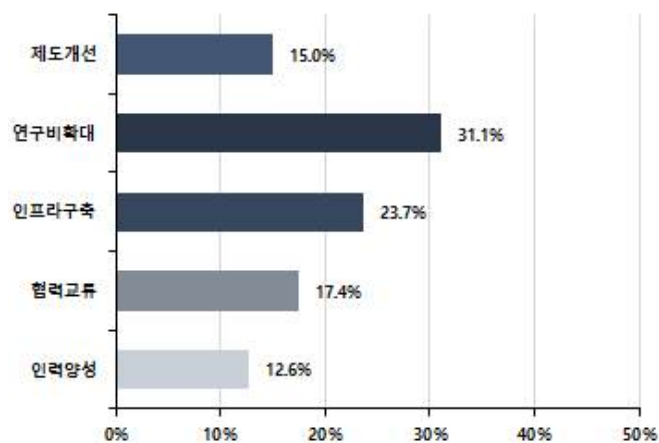


그림 127. 저비용 광촉매 생산 기술의 정부우선 시행방안 비중



표 76. 저비용 광촉매 생산 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

| 중분류 | 정부 우선 시행방안(%) | | | | |
|-------------------|---------------|--------------|-----------|-----------|----------|
| | 인력 양성 | 협력 교류 활성화 | 인프라 구축 | 연구비 확대 | 제도 개선 |
| 1.1 저비용 광촉매 응집 기술 | 11.6 | 17.2 | 23.4 | 31.8 | 15.9 |
| 1.2 저비용 광촉매 생산 기술 | 12.6 | 17.2 | 24.5 | 31.5 | 14.2 |
| 1.3 저비용 광촉매 가공 기술 | 13.6 | 17.9 | 23.4 | 30.1 | 15.0 |

(나) 도로시설물 광촉매 기술

- 도로시설물 광촉매 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
 - 도로시설물 광촉매 기술 분야 하위기술 모두가 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

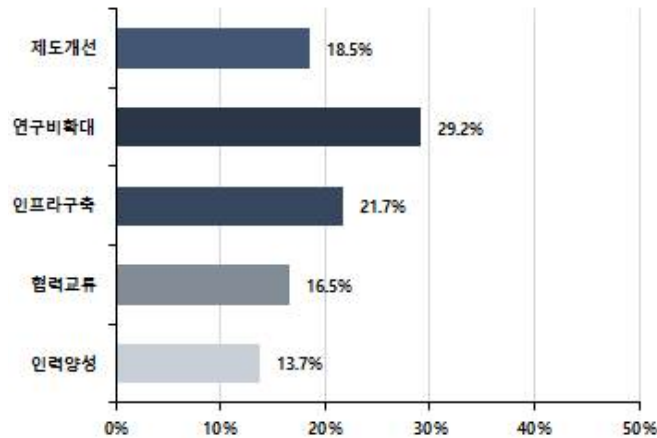


그림 128. 도로시설물 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 비중



표 77. 도로시설물 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

| 중분류 | 정부 우선 시행방안(%) | | | | |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-----------|-----------|----------|
| | 인력 양성 | 협력 교류 활성화 | 인프라 구축 | 연구비 확대 | 제도 개선 |
| 2.1 광촉매 콘크리트 제조 기술 | 15.4 | 16.9 | 22.9 | 29.3 | 15.5 |
| 2.2 광촉매 콘크리트 포장 시공 기술 | 15.0 | 16.3 | 22.9 | 29.3 | 16.4 |
| 2.3 광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술 | 13.0 | 16.5 | 21.4 | 29.5 | 19.5 |
| 2.4 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 | 11.7 | 16.4 | 20.1 | 29.3 | 22.4 |

(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

- 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
 - 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야 하위기술 모두가 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

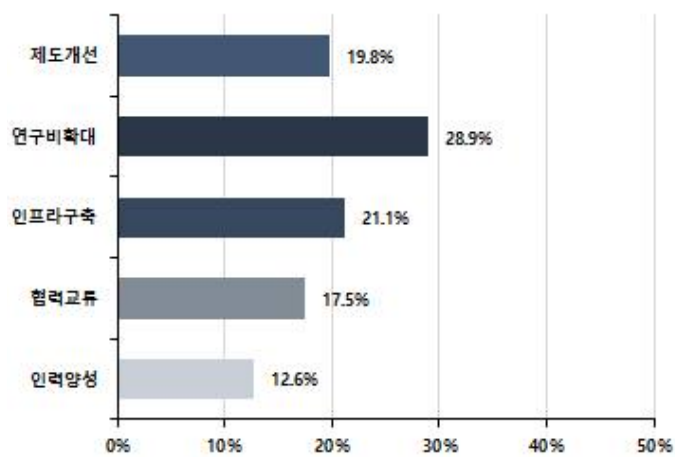


그림 129. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 비중



표 78. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

| 중분류 | 정부 우선 시행방안(%) | | | | |
|-----------------------------|---------------|---------|-------|-------|------|
| | 인력양성 | 협력교류활성화 | 인프라구축 | 연구비확대 | 제도개선 |
| 3.1 Virus free 의료 시설 광촉매 기술 | 12.2 | 16.9 | 22.8 | 29.9 | 18.2 |
| 3.2 주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술 | 14.4 | 15.7 | 21.6 | 28.8 | 19.6 |
| 3.3 축산시설물 광촉매 기술 | 11.7 | 18.8 | 20.1 | 28.3 | 21.1 |
| 3.4 농·수산시설물 광촉매 기술 | 11.7 | 19.8 | 19.5 | 29.0 | 20.1 |

(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

○ 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 제도개선인 것으로 나타남

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야 하위기술 중 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 분야를 제외하고 제도개선이 가장 시급한 것으로 나타남

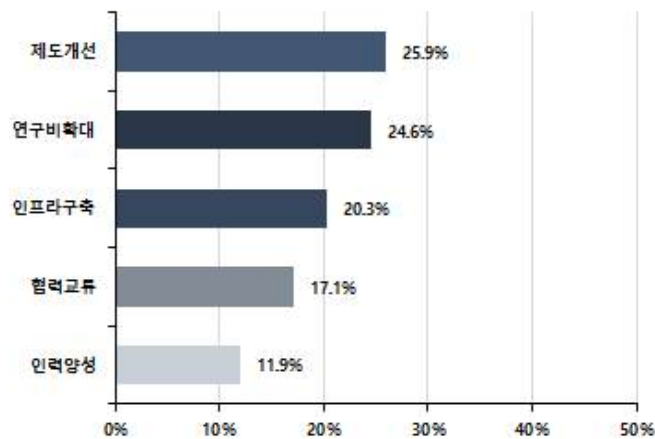


그림 130. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 정부우선 시행방안 비중



표 79. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

| 중분류 | 정부 우선 시행방안(%) | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------|-----------|----------|
| | 인력 양성 | 협력 교류 활성화 | 인프라 구축 | 연구비 확대 | 제도 개선 |
| 4.1 건설재료 및 자재 광촉매 성능평가 기술 | 12.7 | 17.1 | 21.3 | 24.1 | 24.8 |
| 4.2 광촉매 재료 및 자재 적용 현장 성능평가 기술 | 11.9 | 17.0 | 20.4 | 25.9 | 24.8 |
| 4.3 광촉매 재료 및 자재 인증 기술 | 11.3 | 17.4 | 19.4 | 23.0 | 28.9 |

(8) 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술 수준과 기술의 중요도를 축으로 함

- I : 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준향상을 추구해야 하는 영역
- II : 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역
- III : 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역
- IV : 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심 기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역



그림 131. 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분



(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II, IV영역에 해당되는 것으로 분석됨
- A31(저비용 광촉매 물성 향상 기술)은 I 영역에 포함되어 적극적 투자로 기술 수준향상을 추구해야 함
- II 영역에 포함된 A11(저비용 광촉매 응집제 기술), A22(저비용 광촉매 대량 생산 기술)은 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
- A32(저비용 광촉매 성형 기술)은 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
- A12(저비용 광촉매 응집 반응 기술), A21(저비용 광촉매 파일럿 생산 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

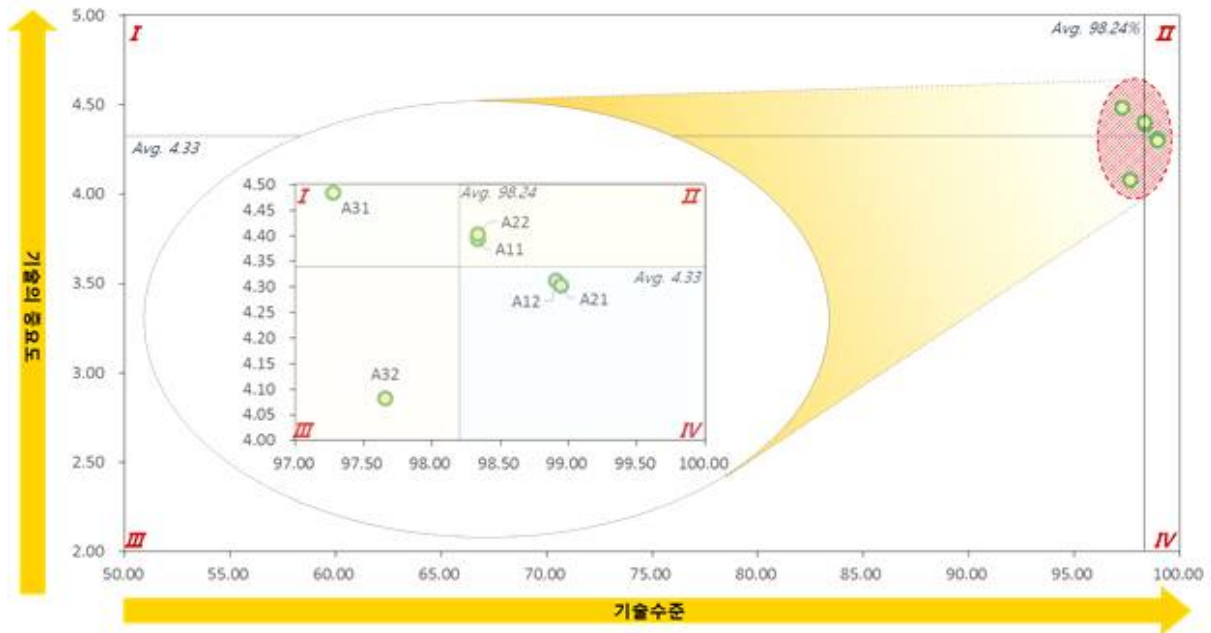


그림 132. 저비용 광촉매 생산 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(나) 도로시설물 광촉매 기술

- 도로시설물 광촉매 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, II 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - B21(광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 기술), B22(광촉매 및 구체 포장체 타설 기술), B31(광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술), B32(광촉매 방음벽 및 도로 흡음 자재 기술)은 I 영역에 포함되어 적극적인 투자로 기술수준향상을 추구해야 함
 - II 영역에 포함된 B11(광촉매 콘크리트 재료 구성 기술), B12(광촉매 콘크리트 배합 기술), B13(광촉매 콘크리트 물성시험 평가), B23(광촉매 포장 콘크리트 양생 기술), B33(광촉매 보도블록 및 부자재 기술), B43(터널 및 지하공간 광촉매 조명시스템 기술)은 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - B34(케이블 교량 자기세정 기술)은 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 것으로 분석됨
 - B41(터널 및 지하공간 내장재 광촉매 기술), B42(터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

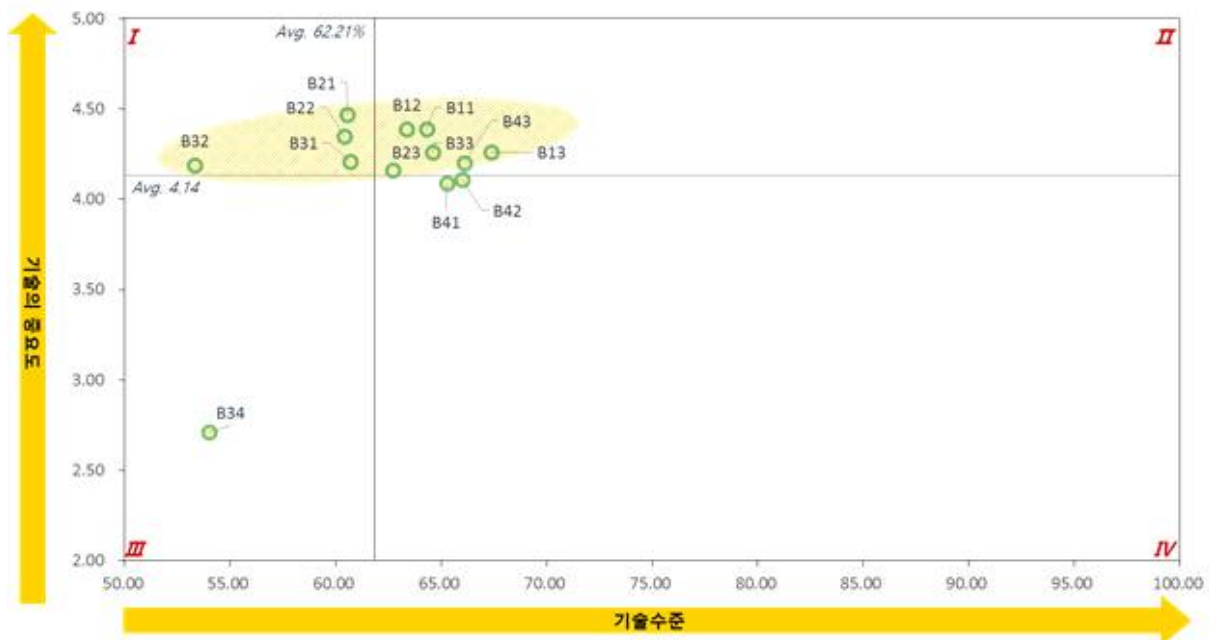


그림 133. 도로시설물 광촉매 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

- 주거 및 다중이용시설물 광촉매 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, III영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - C13(의료시설 광촉매 공조 및 살균 기술), C21(광촉매 도장재료 기술), C22(광촉매 건축자재 기술), C32(축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술), C33(축사 내부 광촉매 장치 기술)은 I 영역에 포함되어 적극적 투자로 기술수준향상을 추구해야 함
 - II 영역에 포함된 C23(광촉매 실내 공조기 기술), C24(주거용 수처리 시설 광촉매 제품 기술)은 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - C12(광촉매 살균 건축자재 기술), C31(축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술), C41(수산물 광촉매 적용기술), C42(농수산물 자재 제조 기술)은 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
 - C11(의료장비 광촉매 적용 기술), C34(축산용 광촉매 수처리 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

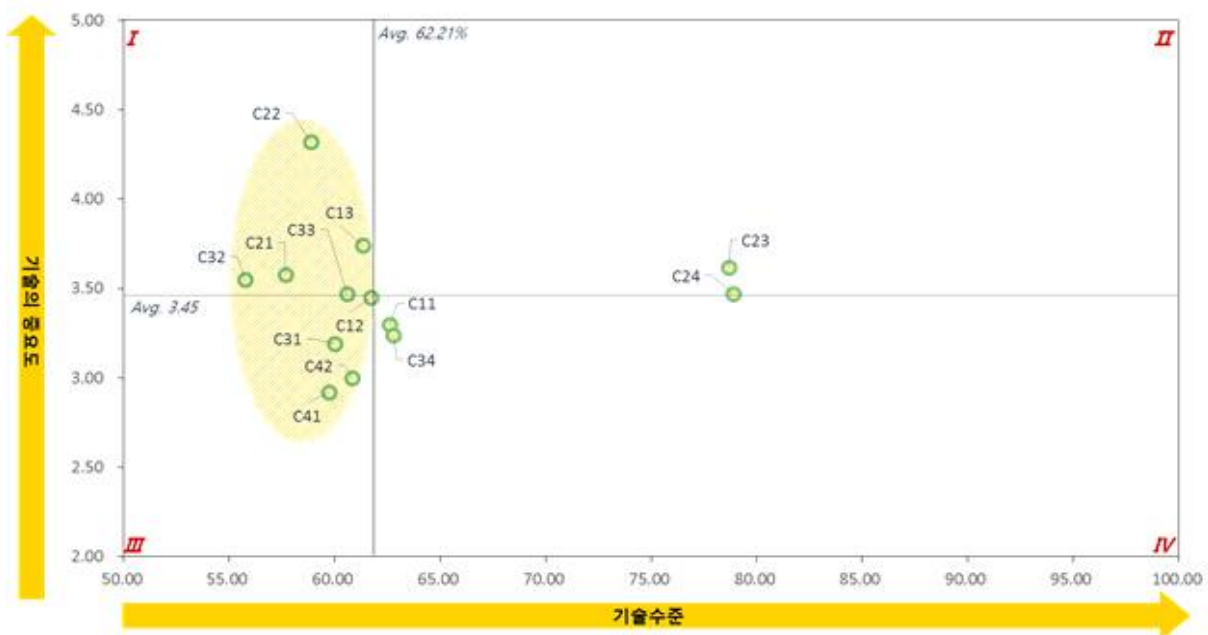


그림 134. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, II, III영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - D11(광촉매 건설재료 및 자재 성능평가 표준화 기술), D12(광촉매 건설 재료 및 자재 실내 적용 성능평가 기술), D13(광촉매 건설 재료 및 자재 실외 적용 성능평가 기술), D22(대기 공기질 개선 효과 성능평가 기술)은 I 영역에 포함 되어 적극적 투자로 기술수준향상을 추구해야 함
 - II 영역에 포함된 D31(인증제도 기준 개발), D32(인증요건 개발), D33(표준 개발)은 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - D23(지하 공기질 성능 평가 기술), D24(병원균 살균 효과 성능평가 기술, D25 (방오(Self-cleaning) 효과 성능평가 기술)은 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
 - D04(새집증후군 개선 효과 성능평가 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급 성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

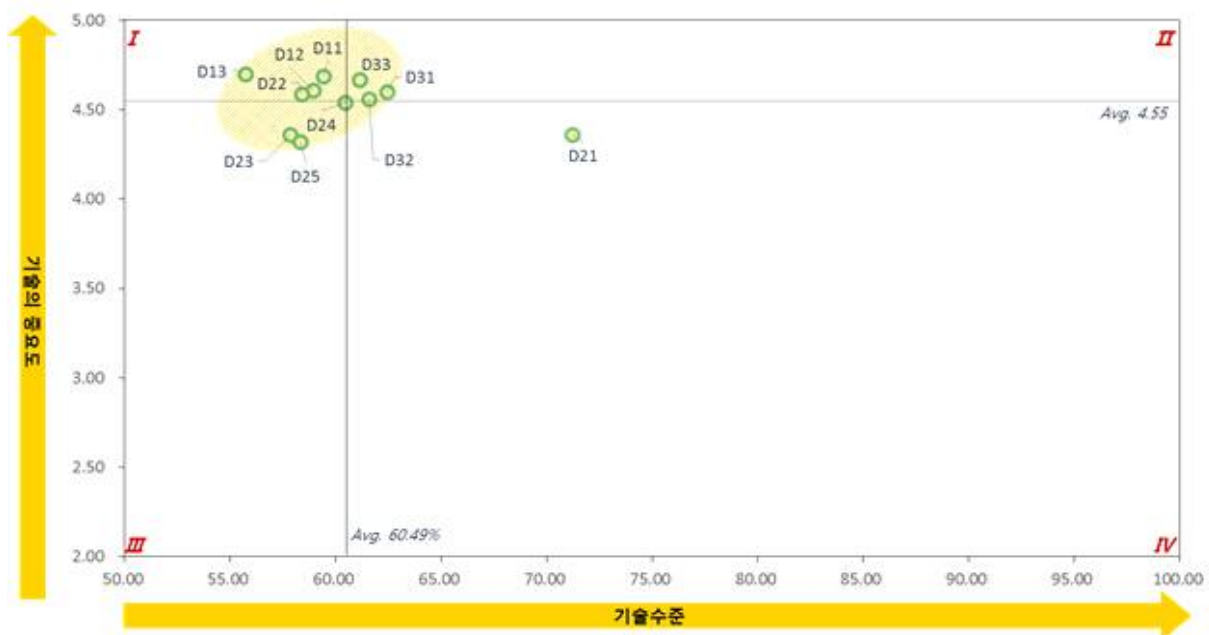


그림 135. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(9) 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술격차추세와 기술격차를 축으로 함

- I : 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역
- II : 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역
- III : 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역
- IV : 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역

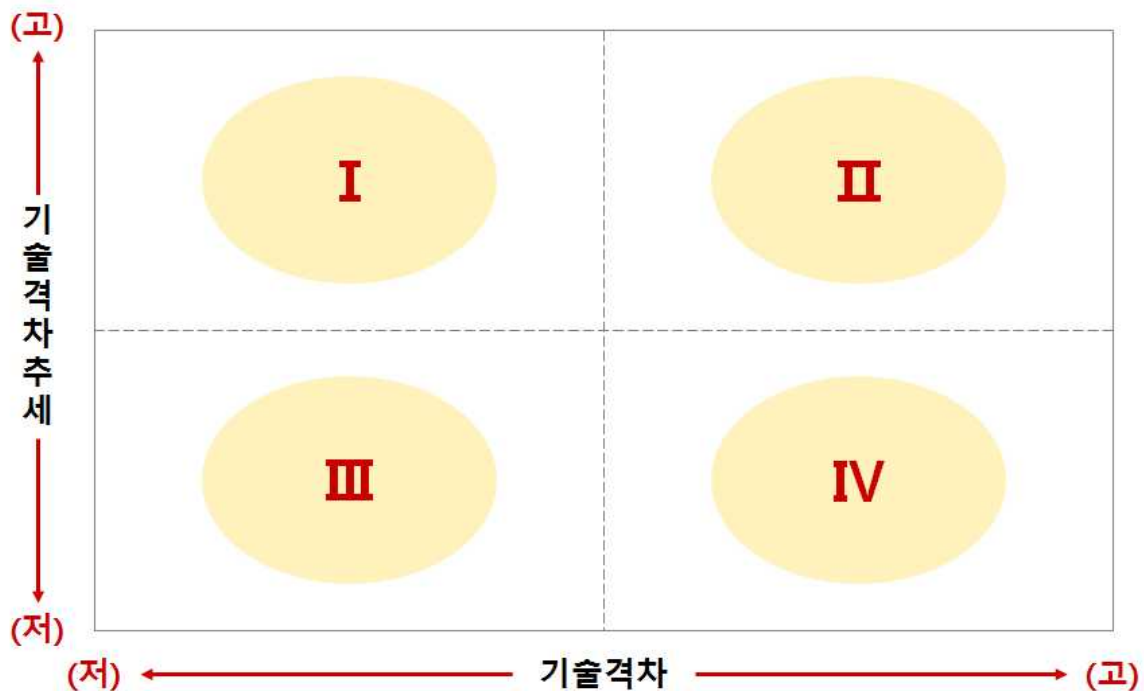


그림 136. 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분



(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 III, IV영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - A12(저비용 광촉매 응집 반응 기술), A21(저비용 광촉매 파일럿 생산 기술), A22(저비용 광촉매 대량 생산 기술)은 III영역에 속하여 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요함
 - A11(저비용 광촉매 응집제 기술), A31(저비용 광촉매 물성 향상 기술), A32(저비용 광촉매 성형 기술)은 IV영역에 속하여 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략이 필요함

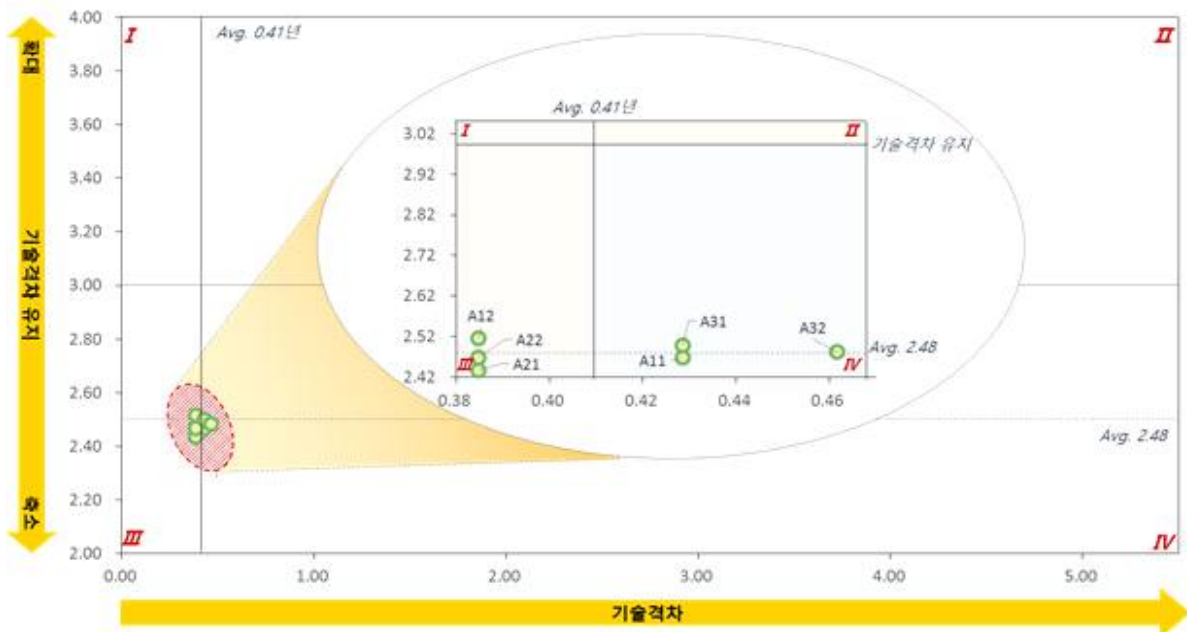


그림 137. 저비용 광촉매 생산 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(나) 도로시설물 광촉매 기술

○ 도로시설물 광촉매 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 I 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- B11(광촉매 콘크리트 재료 구성 기술), B12(광촉매 콘크리트 배합 기술), B21(광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 기술), B23(광촉매 포장 콘크리트 양생 기술), B33(광촉매 보도블록 및 부자재 기술), B41(터널 및 지하공간 내장재 광촉매 기술), B42(터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술), B43(터널 및 지하공간 광촉매 조명시스템 기술)은 I 영역에 속하여 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- B22(광촉매 및 구체 포장체 타설 기술), B31(광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술), B32(광촉매 방음벽 및 도로 흡음 자재 기술), B34(케이블 교량 자기세정 기술)은 II영역에 속하여 기술개발을 가속화할 필요가 있는 것으로 분석됨
- B13(광촉매 콘크리트 물성시험 평가)은 III영역에 속하여 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요함

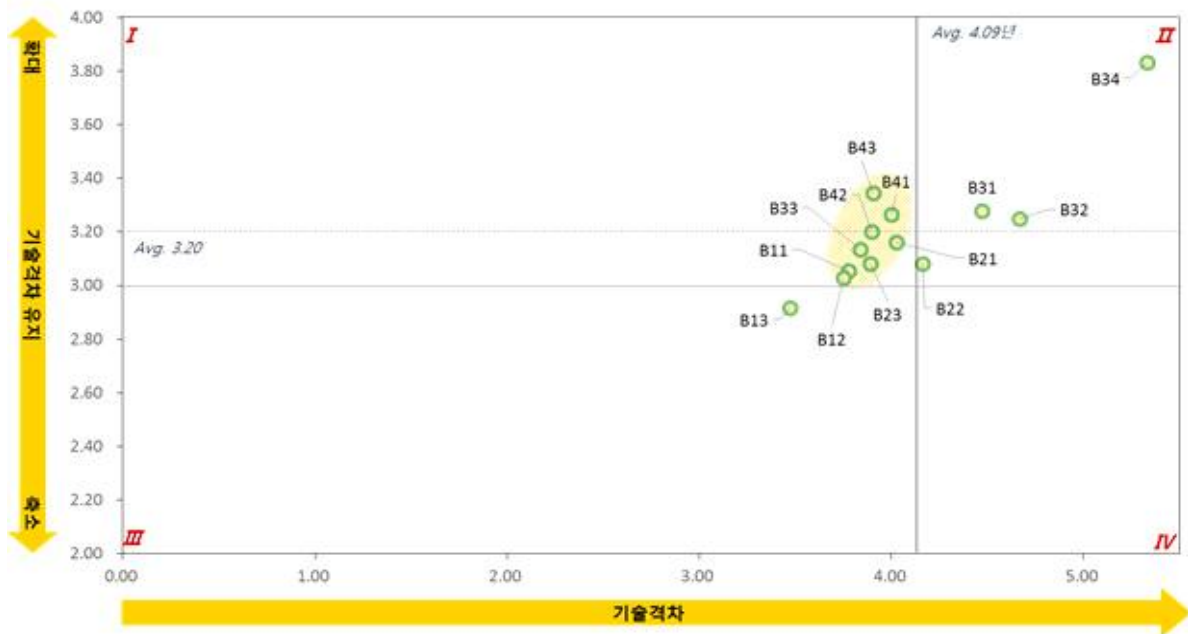


그림 138. 도로시설물 광촉매 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

○ 주거 및 다중이용시설물 광촉매 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 I 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- C11(의료장비 광촉매 적용 기술), C12(광촉매 살균 건축자재 기술), C13(의료 시설 광촉매 공조 및 살균 기술), C21(광촉매 도장재료 기술), C22(광촉매 건축자재 기술), C23(광촉매 실내 공조기 기술), C24(주거용 수처리 시설 광촉매 제품 기술)은 I 영역에 속하여 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- C31(축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술), C32(축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술), C33(축사 내부 광촉매 장치 기술), C34(축산용 광촉매 수처리 기술), C42(농수산물 자재 제조 기술)은 II영역에 속하여 기술 개발을 가속화할 필요가 있는 것으로 분석됨
- C41(수산물 광촉매 적용 기술)은 III영역에 속하여 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요함

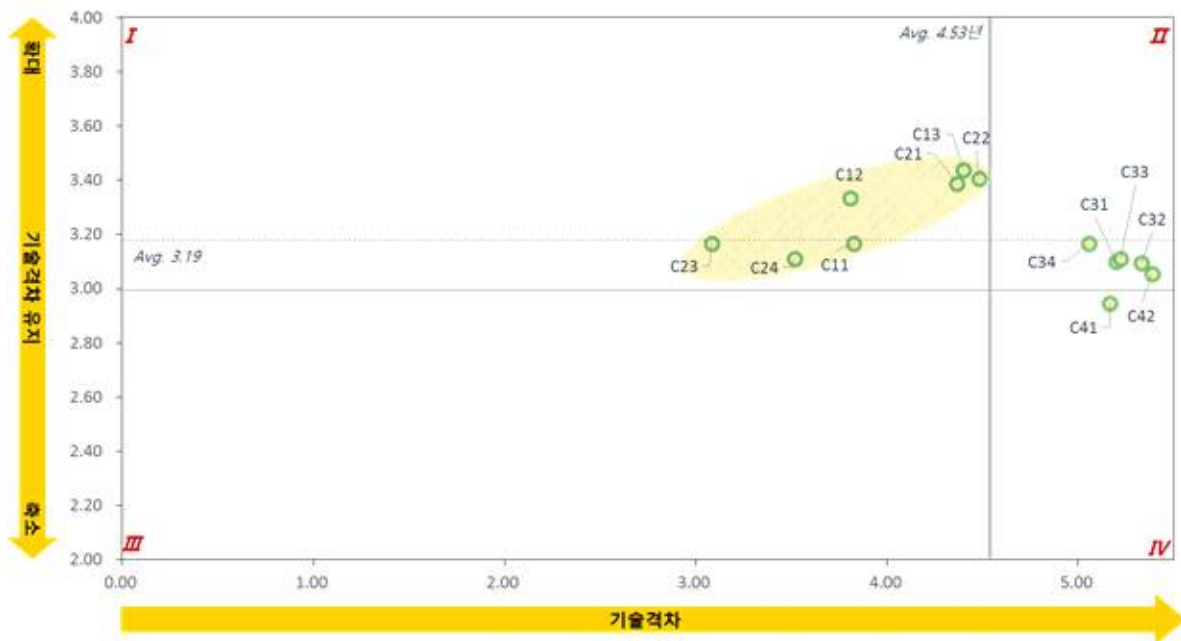


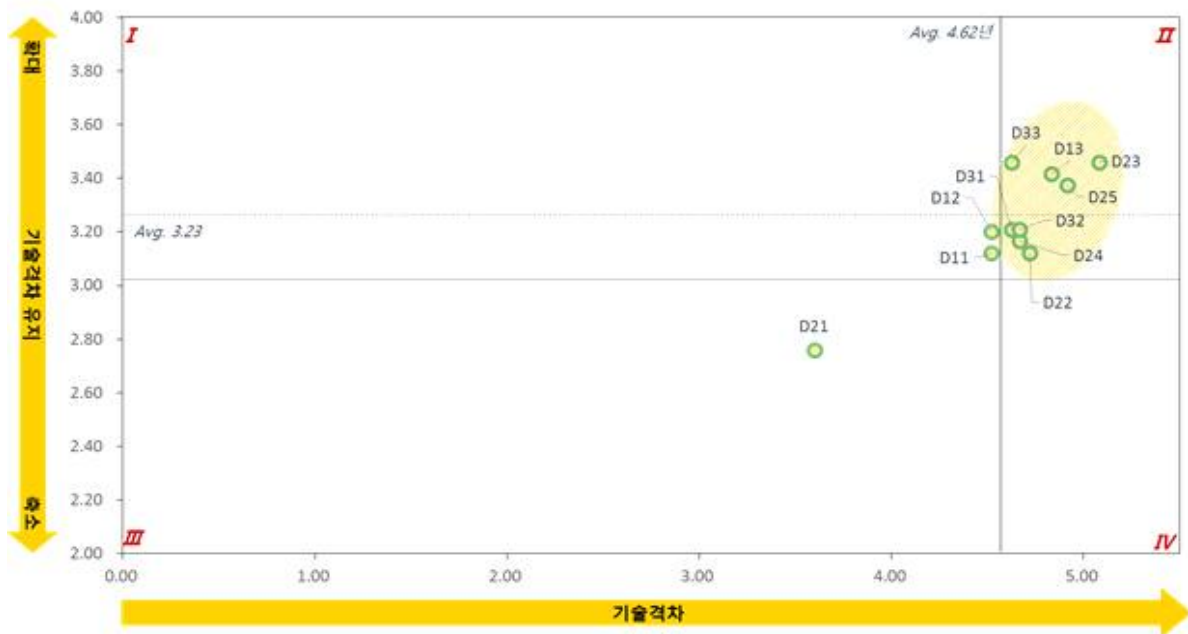
그림 139. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

○ 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 II영역에 해당되는 것으로 분석됨

- D11(광촉매 건설재료 및 자재 성능평가 표준화 기술), D12(광촉매 건설 재료 및 자재 실내적용 성능평가기술)은 I영역에 속하여 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- D13(광촉매 건설 재료 및 자재 실외적용 성능평가기술), D22(대기 공기질 개선 효과 성능평가 기술), D23(지하 공기질 성능 평가 기술), D24(병원균 살균 효과 성능평가 기술), D25(방오(Self-cleaning) 효과 성능평가 기술), D31(인증제도 기준 개발), D32(인증요건 개발), D33(표준 개발)은 II영역에 속하여 기술개발을 가속화할 필요가 있는 것으로 분석됨
- D21(새집증후군 개선 효과 성능평가 기술)은 III영역에 속하여 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요함





(10) 기술기반성속도-기술 중요도 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술기반성속도와 평균 중요도를 축으로 함

- I : 기술기반 관리-유지 영역
- II : 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역
- III : 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역
- IV : 기술기반 확보가 시급한 영역

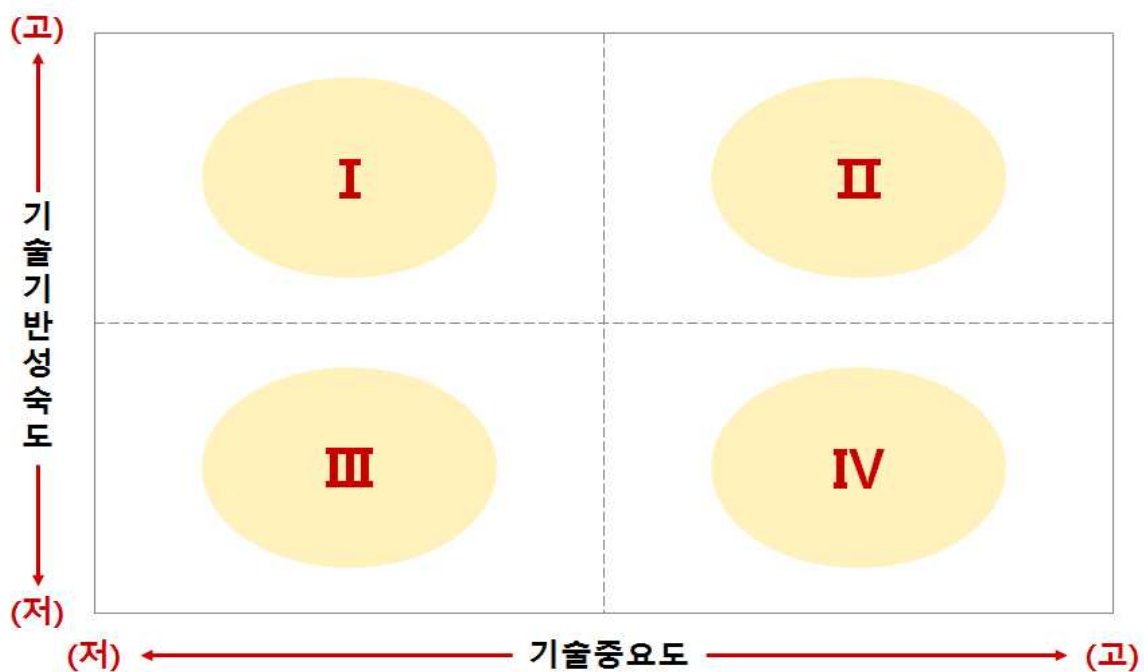


그림 141. 기술기반성속도-중요도 포트폴리오 영역구분



(가) 저비용 광촉매 생산 기술

- 저비용 광촉매 생산 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I의 영역에 집중되어 있는 것으로 분석됨
 - A12(저비용 광촉매 응집 반응 기술), A21(저비용 광촉매 파일럿 생산 기술), A32(저비용 광촉매 성형 기술)은 I 영역에 포함되어 기술개발의 기술 기반 관리-유지 전략을 취해야 할 영역이나, 관련 기술 분야의 중요도가 모두 높음(4.0) 이상으로 예산규모에 따라 기술기반 확대를 고려할 수 있음
 - A11(저비용 광촉매 응집제 기술), A22(저비용 광촉매 대량 생산 기술), A31(저비용 광촉매 물성 향상 기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대할 필요가 있음

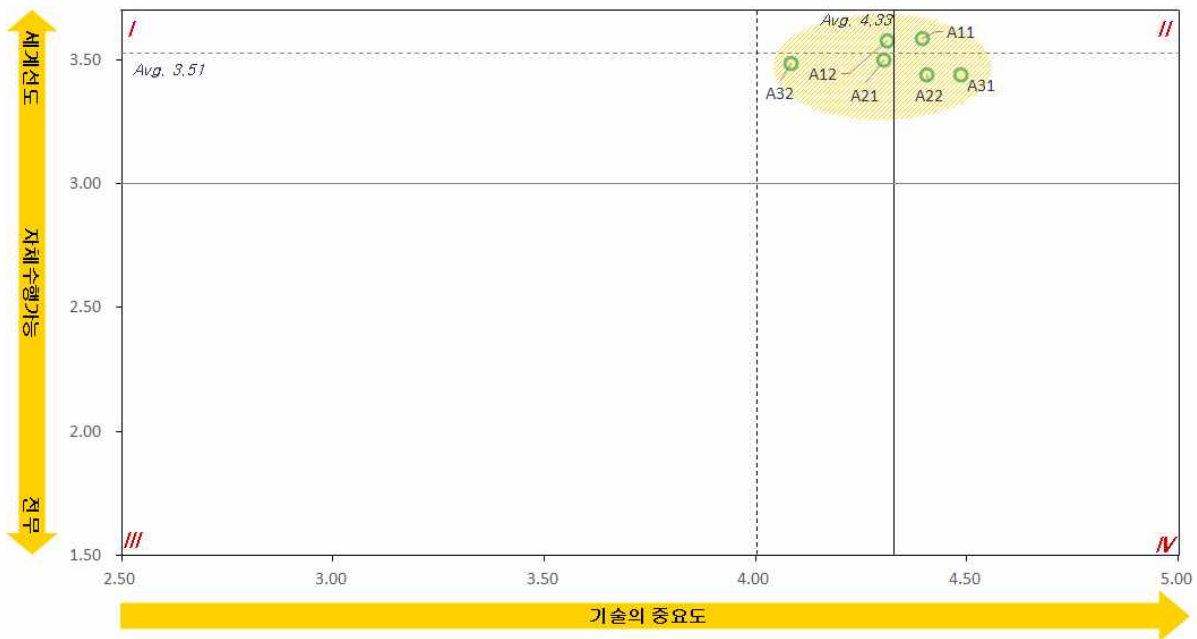


그림 142. 저비용 광촉매 생산 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



(나) 도로시설물 광촉매 기술

○ 도로시설물 광촉매 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 III영역에 해당되는 것으로 분석됨

- B13(광촉매 콘크리트 물성시험 평가), B23(광촉매 포장 콘크리트 양생 기술), B31(광촉매 콘크리트 중앙분리대 기술), B32(광촉매 방음벽 및 도로 흡음 자재 기술), B33(광촉매 보도블록 및 부자재 기술), B34(케이블 교량 자기세정 기술), B41(터널 및 지하공간 내장재 광촉매 기술), B42(터널 및 지하공간 공조시스템 광촉매 기술), B43(터널 및 지하공간 광촉매 조명시스템 기술)은 III영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야 할 영역이나, 관련 기술 분야의 중요도가 모두 높음(4.0) 이상으로 예산규모에 따라 기술기반 확보를 우선적으로 고려할 수 있음
- B11(광촉매 콘크리트 재료 구성 기술), B12(광촉매 콘크리트 배합 기술), B21(광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 기술), B22(광촉매 및 구체 포장체 타설 기술)은 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

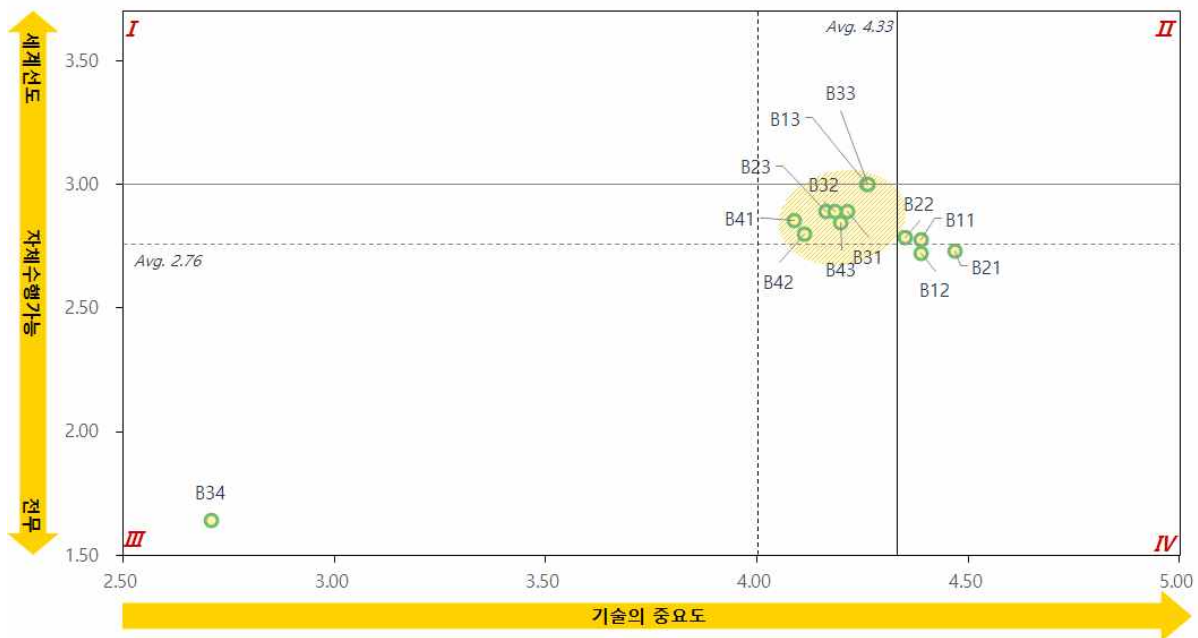


그림 143. 도로시설물 광촉매 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



(다) 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술

- 주거 및 다중이용시설 분야의 기술기반성속도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 III영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - C13(의료시설 광촉매 공조 및 살균 기술), C23(광촉매 실내 공조기 기술), C24(주거용 수처리 시설 광촉매 제품 기술)은 II영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대할 필요가 있음
 - C11(의료장비 광촉매 적용 기술), C12(광촉매 살균 건축자재 기술), C31(축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술), C34(축산용 광촉매 수처리 기술), C41(수산물 광촉매 적용기술), C42(농수산물 자재 제조 기술)은 III영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야 함
 - C21(광촉매 도장재료 기술), C22(광촉매 건축자재 기술), C32(축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술), C33(축사 내부 광촉매 장치 기술)은 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

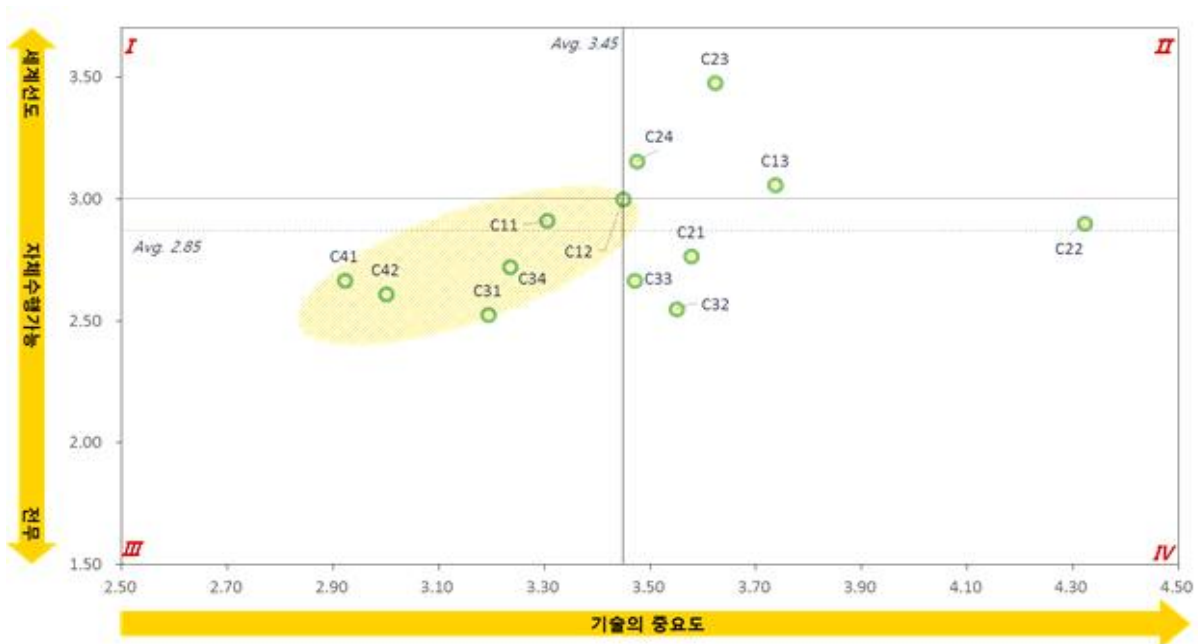


그림 144. 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 분야의 기술기반성속도-중요도 포트폴리오



(라) 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술

- 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 IV 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - D21(새집증후군 개선 효과 성능평가 기술), D23(지하 공기질 성능 평가 기술), D24(병원균 살균 효과 성능평가 기술), D25(방오(Self-cleaning) 효과 성능평가 기술)은 III영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야 할 영역이나, 관련 기술 분야의 중요도가 모두 높음(4.0) 이상으로 예산규모에 따라 기술기반 확보를 우선적으로 고려할 수 있음
 - D11(광촉매 건설재료 및 자재 성능평가 표준화 기술), D12(광촉매 건설 재료 및 자재 실내적용 성능평가기술), D13(광촉매 건설 재료 및 자재 실외적용 성능평가기술), D22(대기 공기질 개선 효과 성능평가 기술), D31(인증제도 기준 개발), D32(인증요건 개발), D33(표준 개발)은 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

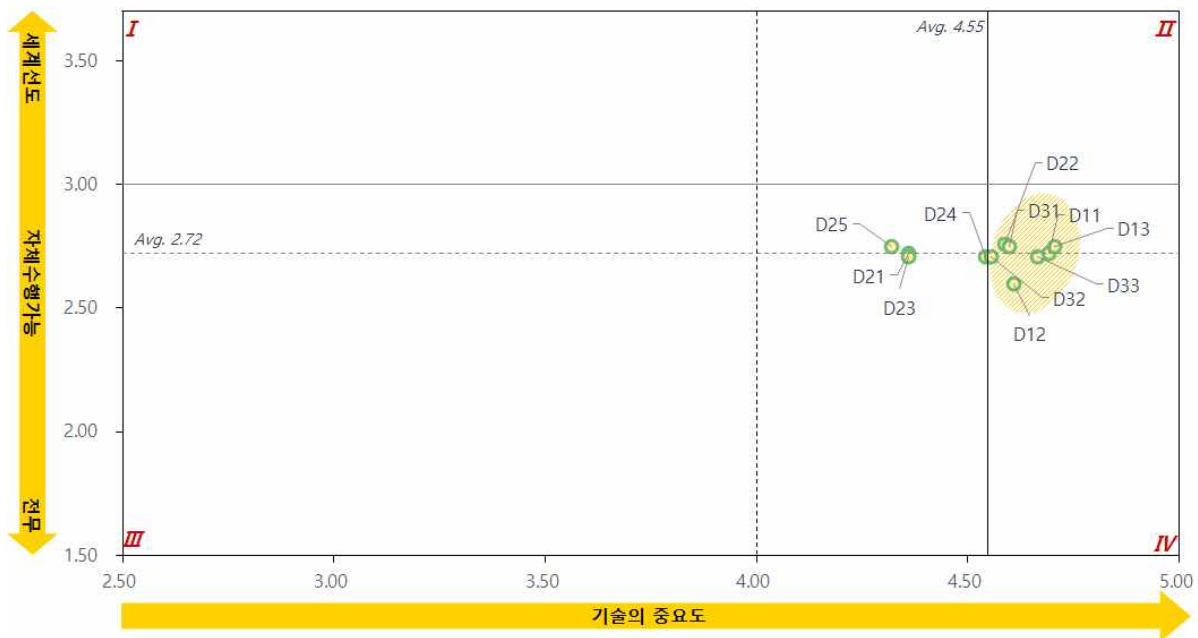


그림 145. 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



3절 기술개발 추진방향 정립

1. SWOT 분석

가. 내외부 요인 분석

(1) 강점(Strength) 및 약점(Weakness) 분석

- 미세먼지, 감염병 등 국민건강 및 사회안정에 파급력이 높은 위협요인에 대응하기 위한 정책을 수립하여 추진 중이며 관련 R&D 투자를 확대하고 있음
 - 정부는 부처합동으로 “미세먼지 관리 특별대책 (국무조정실, 2016.6)”의 발표를 통하여 미세먼지 2차 생성 전구물질의 저감 연구 개발의 필요성을 강조
 - 정부는 대기환경개선종합계획을 수립하여 대기질 개선을 위한 10년 단위의 정책방향과 제도개선 방향, 오염원별 주요 저감대책을 제시함
 - 정부는 국민건강을 위협하는 감염병, 병원균 등에 선제적 대응을 목적으로 감염병 분야 R&D 투자 확대를 계획함
- 최근 국내에서는 슬러지를 활용한 산화티탄 제조 기술을 개발하여 광촉매의 경제적 생산 가능성을 확인하였으나 도로시설물, 주거 및 다중이용시설물 등에 응용하는 기술 개발 수준이 낮아 연구개발 가속화가 절실히 요구됨
 - (주)빛과 환경에서는 자체 제작 파일럿 건조/소성설비(규모: 탈수 슬러지 1톤/일 처리)를 활용하여 12,000톤/일 용량의 동두천염색공단 폐수를 활용하여 예비 응집시험을 실시하여 산화티탄 대량 생산 가능성을 확인함
 - 광촉매 기술을 활용한 응용기술에서 보도블록과 같은 도로부속시설물에 관련 제작 기술이 개발되었으나 기존 티탄광물로 제조한 광촉매를 적용함으로써 가격이 비싸며 효과 검증이 충분히 이루어지지 않아 실용화 어려움
 - 실내용 응용제품은 실내 인테리어를 위해 기존 도장재에 광촉매를 혼입하는 단순 기술을 적용하여 효과와 내구성 측면에서 한계를 드러냄

(2) 기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석

- 국내 광촉매 관련 시장은 성장이 예상되나 현재 국내 광촉매 시장은 대부분 수입제품에 의존하고 있음
 - 국내 광촉매 관련 향후 시장은 주택설비, 건자재, 가전, 전기, 일용품, 소비재 중심의 시장에서 도로시설물을 이용한 대기정화 분야로 확대되며 대기환경을



개선하는 효과와 미세먼지 저감에 크게 기여할 것으로 예측됨

- 또한 주거시설과 사무공간으로 유입되는 미세먼지를 저감하고 건축 내장재 응용기술을 통하여 실내공기질 개선과 새집증후군을 동시에 개선하는 파급효과를 거둘 수 있음
- 이렇게 확대가 예상되는 시장이 있음에도 불구하고 현재 국내 광촉매 시장 규모는 미미하며 국내에서 유통되고 있는 광촉매 재료는 Ishihara Sangyo와 독일의 Degussa 등의 수입제품(분말형)에 의존하고 있음
- 일본, 유럽 등은 광촉매를 적용/응용한 제품에 대한 특허를 선점한 상황이나, 국내의 경우 생산단가가 수입 광촉매의 1/2 이하의 슬러지 광촉매 제조 기술을 선점함으로써 원천 재료 기술은 오히려 국제적인 선도가 가능함
 - 단, 대량 생산 기술 확보를 통하여 선도기술의 실용화를 가속화하여야 함. 만약 그렇지 못할 경우 기술 선진국에서 선점할 가능성은 충분함
- 광촉매는 미세먼지 제거, 악취제거 등의 효과가 있으나 그 효과가 가시적이지 않기 때문에 객관적 성능을 확인할 수 있는 기준이 필요한 상황임
 - 국외의 경우 광촉매의 연구개발, 상품화 등이 진행됨과 동시에 성능평가, 표준화 연구도 수행되고 있으나 국내의 경우 독자적 기준이 부재하여 일본 JIS의 기준을 응용하는 상황임
 - 광촉매 소재를 일부 구조물에 코팅하여 오염물 분해효과를 검증하는 기초연구만 수행되었으며 다양한 적용방안에 대한 검토 및 NOx 등의 대기오염물질 제거효율에 대한 연구는 부족함

나. 포지션별 전략 수립

- 슬러지에서 광촉매를 대량으로 생산하는 기술을 조기에 확보하여 늘어나는 광촉매 수요에 대응
 - 국가 R&D 지원 정책을 활용하여 슬러지로부터 광촉매를 생산하는 기술을 조기에 상용화시켜 광촉매 응용기술 개발의 발판 마련
- 기 확보된 특허 기술을 기반으로 그 영역을 점차 확정하여 향후 광촉매 응용기술에 영향을 미치는 IP 전략 필요
 - 현재 확보된 슬러지에서 광촉매 제조 기술과 관련된 특허 범위를 보호 및 확장하여 기술 선점을 강화하고 광촉매 대량 생산 기술을 개발하여 응용기술을 확보하기 위한 기반을 마련



- 친환경 정책을 기반으로 광촉매 성능평가 기술을 개발하여 대국민 광촉매 효과 인식도 제고
 - 광촉매 개발 및 활용의 가시적 성과 확인
- 광촉매 응용기술과 이를 바탕으로 한 SOC 시설물과 건축물에 대한 실용화 기술 개발에 역량을 집중하여 향후 성장이 예상되는 광촉매 건설자재 시장 수요에 대응
- 광촉매 기술 선도국의 실용화 사례를 벤치마킹하여 국내 광촉매 기술 실용화 수준을 향상
 - 유럽에서 도로시설물 등에 상용화된 사례를 검토하여 시급히 기술 개발을 통하여 가까운 미래에 우리나라 실정에 적합한 상용화 가능한 분야에 역량 집중
 - 일본, 미국 등에서 추진 중인 광촉매 표준화 기술을 검토하여 광촉매의 효과성을 입증함과 동시에 세계 표준화 트렌드를 고려한 기술 확보 필요

| | | |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 내부 환경 분석 | 【 강 점(S) 】 | 【 약 점(W) 】 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지, 감염병 대응 등 국민의 건강 및 안전을 확보가 시급한 사회 현안 • 경제적인 광촉매 제조 원천기술 보유 • 광촉매 대량 생산 기술 개발 가능성 높고 광촉매 응용기술 개발 기반 양호 | <ul style="list-style-type: none"> • 광촉매 응용기술 핵심기술 수준 미흡 • 경제적인 광촉매 대량 생산 인프라 부족 • 수요처의 광촉매 효과 인식 부족으로 연구개발 및 활용 기회 부족 |
| 외부 환경 분석 | 【 기 회(O) 】 | 【 위 험(T) 】 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 국내외 광촉매 시장의 지속성장 전망 • 기후변화 및 주변국 영향으로 미세먼지 ISSUE 점차 가속화 • 기존 광촉매 재료의 고가로 인해 국제적인 광촉매 응용기술 개발 확대 주춤 | <ul style="list-style-type: none"> • 광촉매의 효과에 대한 검증 부족으로 성능확보에 대한 인식도 낮음 • 국내 광촉매 원천재료 시장은 기술선도 국가가 독점 • 광촉매 응용제품 국제 시장 또한 기술선도 국가가 독점 |



| | | | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SO 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 사회적 ISSUE를 시급히 해결하기 위한 기술개발 가속화 ▪ 경제적인 광촉매 원천기술 기반으로 대량 생산기술과 응용기술을 확보하여 국내외 광촉매 및 활용 시장 석권 | WO 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 광촉매 응용기술 개발에 역량을 집중하여 건설자재 실용화 기술을 조기에 확보하여 시장 수요에 대응 ▪ 수요처 대상 광촉매 효과 인식도 제고하고, 광촉매 건자재 국내외 시장 선도 응용기술 집중 개발 |
| ST 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 건강 및 안전에 적극적인 정부 정책을 기반으로 광촉매 성능 평가 기술 개발을 통한 대국민 광촉매 효과 인식도 제고 ▪ 경제적인 광촉매 원천재료를 기반으로 경제성을 무기로 하여 광촉매 국제 시장 진출 | WT 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 광촉매 재료 생산 인프라를 연구개발기간 내 확보하여 실용화 기술 개발의 현장 적용성 확보 ▪ 기술 및 시장 선점 국가의 개발 제품군 벤치마킹, 경제성 우위의 응용 기술 및 건자재 개발 |

2. Issue Tree

가. 정책·기술·시장 동향 핵심 Keyword

(1) 정책동향 핵심 Keyword

- 미국, 유럽 등은 대기오염 저감을 목적으로 광촉매 기술을 활용하고 있음
 - 유럽은 환경행동계획을 채택하고 기준을 제시하고 있으며 질소산화물 감소를 포함한 공기질 개선을 목적으로 광촉매 기술을 활용하고 있음
 - 미국 시카고 교통부(CDOT)는 시민의 건강을 지키는 시범사업의 일환으로 광촉매 보도블록과 광촉매 시멘트를 이용하여 도로를 조성함
- 미국, 유럽, 일본 등은 실내대기오염 저감 정책을 추진하고 있음
 - 미국은 연방실내공기부처위원회를 설치하여 분산된 실내공기질 관리를 통합, 조정할 수 있는 제도적 장치를 마련하고 EPA를 중심으로 실내공기오염에 대한 자율적 관리, 연구, 교육 등을 강화함
 - 유럽은 실내공기질을 관리하는 직접적 구속 규제는 없지만 민간 차원의 자율적 표시 제도가 활성화 되어 있음
 - 독일, 일본 등은 친환경건축 정책을 추진하여 실내공기질 개선을 도모하고 있음
- 국내에서는 미세먼지 발생 저감 대책과 병행하여 발생된 미세먼지 저감 정책



- 을 시급히 추진 중
 - 「미세먼지 관리 특별대책 (부처 합동 국무조정실, 2016.6)」에서 미세먼지 발생의 2차생성 전구물질로 질산화물, 황산화물 및 휘발성유해물질을 규정
 - 발생된 질산화물, 황산화물 및 휘발성유해물질의 저감을 위한 연구개발 추진 필요성 강조
 - 한편, 대기 중 생성된 미세먼지의 실내유입 저감을 통한 실내공기질 향상도 국민 건강 확보를 위한 중요한 agenda로 인식
- 2015년 메르스 사태를 겪으면서 신종, 변형 감염병 예방, 추적관리 및 확산방지를 위한 범부처 차원의 대책을 마련 중
 - 질병관리본부를 중심으로 예방, 방역 및 추적관리 대책을 정책과제를 통하여 대책을 강구 중
 - 한편, 감염병 확산 방지를 위한 R&D 실효성 제고, R&D 투자 확대 등의 정책을 추진하고 있음
- 수질 및 토양 오염을 유발하는 슬러지 해양배출 금지에 따라 슬러지 처리 대응 방안을 마련하여 관련 시설 설치 및 운영 선진화를 추진하고 있음

(2) 시장동향 핵심 Keyword

- 세계 환경산업 시장은 성장 추세임
 - 향후 소득수준의 향상에 따라 환경의식 제고로 향후 10~15년간 세계 환경 시장이 급성장 할 것으로 전망되며 세계 10대 환경선진국이 평균 GDP 대비 환경산업시장 규모는 2.45%임
- 세계적으로 광촉매를 활용한 환경 소재 시장은 크게 성장할 전망이다
 - 세계 각국의 친환경 정책 추진에 따라 광촉매 시장이 각광받고 있음에 따라 관련 시장도 성장하고 있음
 - 광촉매 생산용 응집제 시장, 기능성 건설재료 시장, 공조부품 관련 시장, 친환경 건축 관련 시장, 수처리 시장 등 광촉매 관련 시장이 성장하는 추세임
- 세계 광촉매 응용제품 시장은 원료시장 보다 규모가 크며 미국, 유럽, 일본 등에서는 광촉매 상용화 시장이 성장하고 있음
 - 일본은 전세계 광촉매 시장의 70% 이상을 점유하고 있으며 일본을 중심으로 유럽과 미국으로 확대되고 있음



- 국내 광촉매 시장은 현재 수입에 의존하고 있으며, 지속가능 성장 친환경 정책 추진에 따라 향후 시장 규모가 확대될 것으로 전망됨
 - 국내 광촉매 시장은 원료분야의 비중이 가장 크며 광촉매 재료는 일본과 독일 수입제품에 의존하고 있음
 - 정부 3.0 양방향 및 주문 형 지속가능 성장 정책 추진에 따라 도로(부속)시설물, 건설자재, 공기조화 기기, 의료시설 건자재 및 축사용 기자재 등에 관련 광촉매 시장이 확대될 것으로 전망됨
- 대기오염, 전염병 등으로 인한 인명피해 및 사회경제적 손실 증가
 - 세계적으로 대기오염으로 인한 사망자 수가 연간 600만명 수준으로 파악
 - 국내에서는 대기오염으로 인한 국가 의료비 부담이 가중되고 있으며 메르스, 가축전염병 등으로 막대한 사회경제적 손실 초래

(3) 기술동향 핵심 Keyword

- 미국, 일본, 유럽 등에서는 광촉매 적용 기술을 개발 및 활용하여 대기 공기질 개선 효과를 보이고 있음
 - 도로시설물, 터널 및 수처리시설물 등의 사회기반시설물과 건축내장재, 셀프 클리닝 유리, 위생도기 등의 주거 및 다중이용시설물에 광촉매를 적용한 상용화 기술이 개발되어 보급되고 있음
 - 일본도로공단은 도로시설물 광촉매 적용 효과를 계속 진행 중이며, 이탈리아 및 벨기에에는 광촉매 시멘트를 적용한 블록을 이용하여 대기오염을 감소시킴
- 기술 선진국은 고가의 광촉매 원천 소재의 활용성을 높이기 위해 응용 제품의 광촉매 효율성 향상 기술을 개발하고 있음
 - 일본, 유럽 등은 광촉매 효율성 향상을 목적으로 산화티탄 광촉매의 성형 및 가공 기술 개발을 추진하고 있음
- 세계적으로 광촉매 표준화 기술의 필요성이 부각되고 있음
 - 건설재료 및 자재 분야에서 광촉매 관련 국제표준은 화 기준은 없으며 유럽, 일본 등에서 관련 연구가 진행 중임
- 우리나라 광촉매 대량 생산 가능성을 확인하였고 광촉매 활용 응용기술은 기술 수준이 낮고 성능이 입증되지 못하여 실용화가 어려운 단계임
 - 국내에서는 폐수 슬러지에서 제조한 산화티탄의 대량 생산 가능성을 확인한



기술자료 존재

- 국내 광촉매 응용기술은 일부 시설물에 적용 가능하나 아직 효율이 낮고 가격이 비싸 실용화가 어려움

나. 핵심 이슈

- 실내·외 대기환경 개선 요구 증대
 - 황사, 스모그, 미세먼지 등 국민 건강을 위협하는 대기오염이 심각해짐에 따라 이를 개선할 국민적 요구가 증대하는 상황임
 - 대기 오염 물질은 대기뿐만 아니라 토양, 수질 오염도 유발하는 등 인간생활을 영위할 생태계를 훼손하고 있음
- 늘어나는 광촉매 수요 대응 필요
 - 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서 친환경 건설 공법, 건설 재료 등과 관련된 시장이 성장하고 있으며 최근은 중국의 친환경 정책 추진으로 세계 친환경 건설 관련 시장은 더욱 커질 것으로 예상됨
- 국내 광촉매 재료의 경우 해외 의존도가 높으며 생산단가가 높음
 - 국내 광촉매 시장에서 유통되는 대부분은 일본, 독일 등의 해외 제품에 의존
 - 우리나라는 광촉매 생산 기술은 확보하고 있으나 생산 단가가 높은 단점이 있어 상업 생산을 하지 못하고 있음
 - 최근 슬러지에서 산화티탄 광촉매를 제조하는 원천기술을 확보하고 대량 생산 가능성을 확인한 연구가 진행되어 본격적인 공정기술을 개발할 경우 저비용 광촉매 생산이 기대됨
- 대기오염 주요 물질인 질산화물, 황산화물 및 휘발성유해물질을 조기에 대기 중에서 분해 및 제거 필요
 - 광촉매는 대기오염의 주요 원인인 산업시설 및 자동차 배기가스에서 배출되는 질산화물, 황산화물 및 유해휘발성물질을 분해하여 무해 물질로 환원
 - 이를 위해서는 광촉매를 활용한 도로시설물 및 부속자재 등의 응용기술을 시급히 개발할 필요가 있음. 현재는 기술수준이 미흡한 실정임
 - 광촉매는 도로시설물뿐만 아니라 건물 내부와 같이 생활환경에 직접적인 영향을 미치는 시설물에 적용할 경우 그 효과가 증대될 수 있으나 해당 시설물에 광촉매를 적용하는 기술수준이 미흡함
- 국민이 체감할 수 있는 광촉매 효과 인식도 제고 필요
 - 광촉매의 효과성을 정량적으로 입증할 수 있는 구체적 실험 및 기준에 대한 정립이 이루어지지 않아 그 효과를 체감하기 어려운 상황임
- 대기오염, 감염병 등으로부터 안전을 보장 받는 삶에 대한 요구 증대
 - 메르스, 지카 등의 국민 건강을 위협하는 감염병으로부터 안전한 생활공간에 대한 요구가 증대하고 있음



다. R&D Needs

- 광촉매 대량 생산 기술
 - 지속가능 성장 친환경 건설시장의 확대에 대응하기 위해 친환경 건설 재료, 자재에 활용할 수 광촉매 재료의 대량 생산 기술을 확보하는 것이 중요함
- 광촉매 생산 비용 절감 기술
 - 슬러지를 이용하여 광촉매를 생산함으로써 기존 티탄광물 광촉매와 비교하여 획기적으로 생산 단가를 절감하는 기술
- 광촉매의 도로시설물 적용 기술
 - 질산화물과 황산화물 등 대기오염이 발생하는 장소의 하나인 도로시설물 및 도로부속시설물에 광촉매를 적용함으로써 효과적으로 오염물질 저감에 적용하는 기술
- 광촉매의 실내 환경 적용 기술
 - 주거 및 다중이용시설 등의 내부 공간에 광촉매를 적용함으로써 국민 건강을 위협하는 오염물질을 저감하는 기술
- 광촉매 성능 평가 및 표준화 기술
 - 광촉매의 적용 효과를 가시적으로 파악할 수 있는 시험 및 평가기술을 확보함으로써 광촉매의 유효성과 개발 타당성을 확보
 - 개발될 광촉매 재료 및 자재를 수요자가 구매하는데 신뢰성을 부여할 수 있는 인증 장치를 마련하는 기술



그림 146. Issue-Tree 분석



제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전 및 핵심기술

○ 비 전 ;

**미세먼지 및 유해물질로부터 안전하고 쾌적한 국민 생활환경을
조성하고, 광촉매 재료 및 광촉매 건설자재 세계시장 석권**

○ 연구목표 ;

- 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50%이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 개발
- 10m \times 10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성 (ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정)
 - ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과
 - ; 하루 운행 경유차 5천4백 대 질소산화물 배출량 제거 효과,
(경유차 주행거리¹⁶⁾ 52.6 km/day, 자동차 질소산화물 배출 허용기준¹⁷⁾ 0.35 g/km)
 - ; 하루 운행 휘발유차 11만2천 대 질소산화물 배출량 제거 효과,
(휘발유차 주행거리 28.7 km/day, 자동차 질소산화물 배출 허용기준 0.031 g/km)
- 친환경 건축자재 최우수등급 (TVOC¹⁸⁾ 0.10 mg/m³·h 미만, HCHO¹⁹⁾ 0.03 mg/m³·h 미만)
- 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30 % 저감
- 산화티탄 광촉매 및 광촉매 건설자재 세계시장 선도

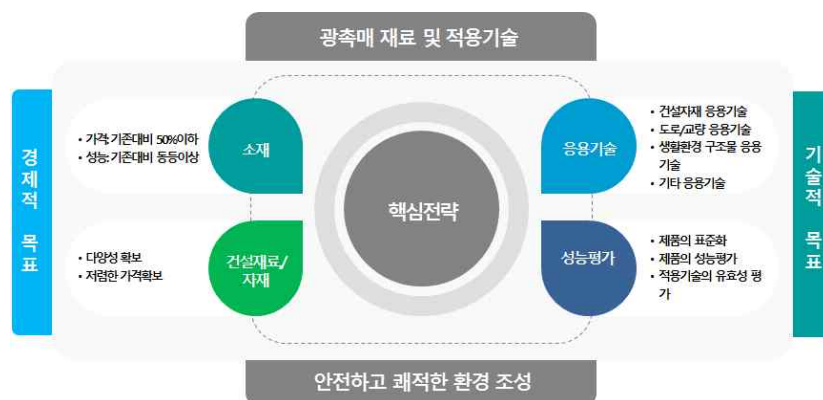


그림 147. 저비용 광촉매 원천 재료 및 응용 기술 개발 연구목표

16) 2012년도 자동차 주행거리 실태분석 연구, 교통안전공단, 2013.12

17) www.me.go.kr, 환경부

18) TVOC : 총 휘발성유기화합물

19) HCHO : 포름알데히드



2. 단계별 개발 목표

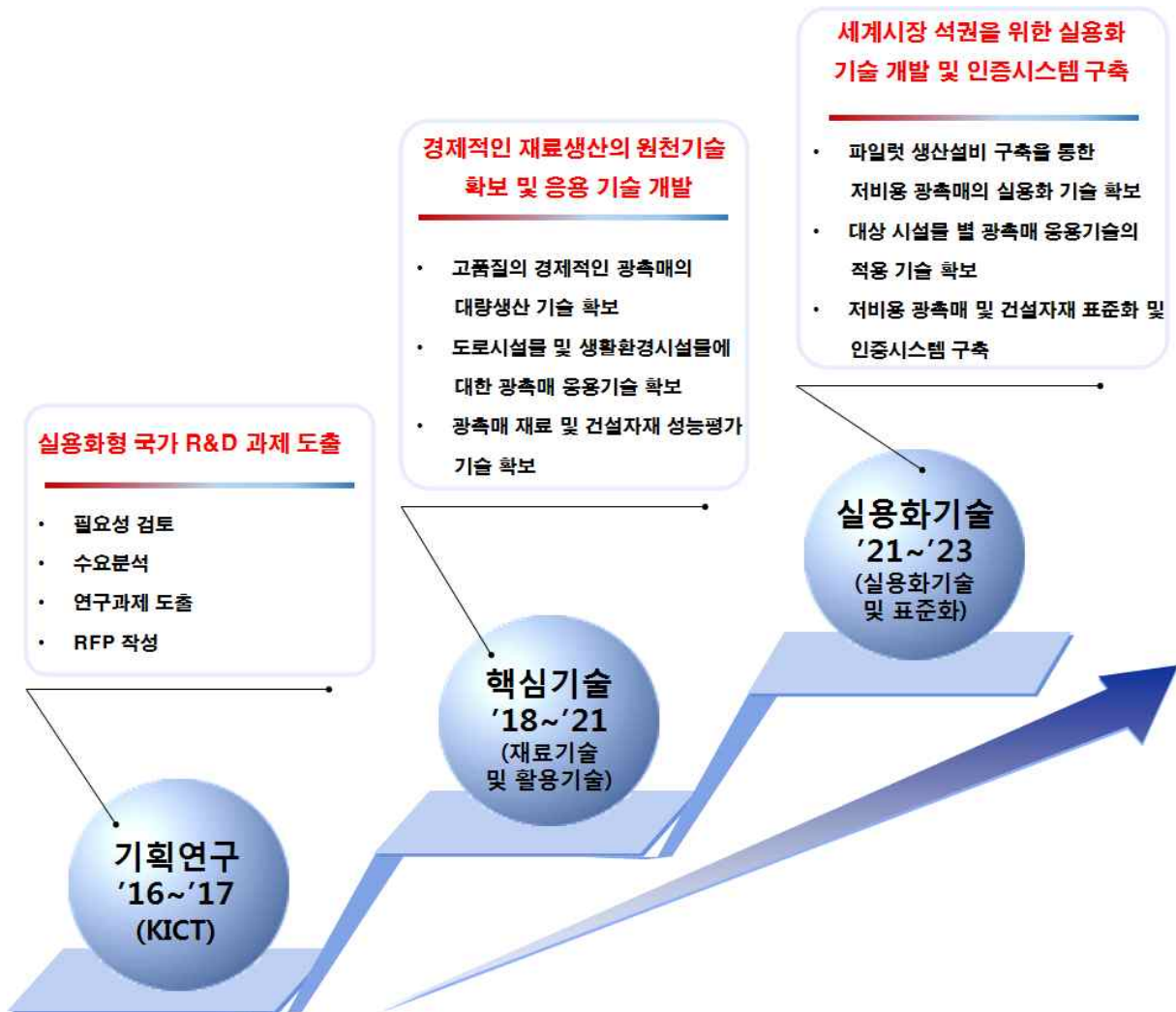


그림 148. 저비용 광촉매 재료, 건설자재 개발 및 활용 기술 개발 단계별 목표

- 연구목표 달성을 위해 연구추진 단계를 기획연구 단계 와 핵심기술 개발 단계 및 실용화기술 개발 단계로 구분
 - 기획연구 단계('16~'17): 필요성 검토, 수요분석, 연구과제 도출, RFP 작성
 - 핵심기술 개발 단계('18~'21) : 저비용 광촉매의 대량생산 기술, 이를 활용한 광촉매 재료 및 건설자재 개발, 개발된 광촉매 건설자재의 성능 시험평가 기술 개발
 - 실용화기술 개발 단계('21~'23) : 저비용 광촉매의 시제품 개발 및 대량 생산 Pilot Plant 구축, 광촉매 건설자재 적용(시공)기술 개발, 광촉매 건설자재 표준화 및 인증시스템 구축 등, 실용화 기술 개발



표 80. 단계별 개발 목표

| 단 계 | 연구 목표 | 주요 연구내용 |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>기획 연구 단계</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 동향 분석 및 기술수요조사를 통한 중점연구분야 도출 • 비전 및 목표 설정 • 세부 실행계획 수립 • 기획타당성분석 RFP 작성 | <ul style="list-style-type: none"> - 시장/기술/특허 동향 분석 - 기술수요 및 예측 조사 - SWOT 분석 및 Vision 설정 - 과제도출 및 목표 수립 - 기획타당성 분석 - 실용화 및 사업화 방안 수립 - R&D 수행 전략 수립 - RFP 작성 |
| <p>핵심 기술 개발 단계</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 저비용 광촉매 대량생산 기술 개발 (기존대비 50% 이상 경제성확보) • 도로(부속)시설물 광촉매 건설자재 개발 • 주거 및 다중이용시설 광촉매 건설자재 개발 • 광촉매 활용 건설재료 및 자재 성능평가 및 표준화 기반 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 광촉매 대량 생산 기술 개발 - 저비용 광촉매 가공기술 개발 - 저비용 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발 - 도로시설물용 광촉매 2차 시제품 개발 - 주거 및 다중이용시설 광촉매 건축재료/자재 시제품 개발 - 광촉매 재료 및 광촉매 적용 건설재료/자재 성능평가 표준시험법 개발 |
| <p>실용화 기술 개발 단계</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 광촉매 적용 건설자재 시제품 개발 • 10m×10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성 (ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지정, 측정 지정 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정) ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과 • 친환경 건축자재 최우수등급 (TVOC 0.10 mg/m²·h 미만, HCHO 0.03 mg/m²·h 미만) • 광촉매 적용 건설자재 시공기술 개발 • 광촉매 적용 건설자재 시험적용 및 상용화 기반 구축 (Test Bed) | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 콘크리트 포장 시제품 개발 - 광촉매 구체 콘크리트 재료 시제품 개발 - 광촉매 적용 도로시설물용 콘크리트 2차 시제품 개발 - 광촉매 적용 건축재료 제품 개발 - 광촉매 적용 건축자재 2차 시제품 개발 - 광촉매 재료 및 자재 인증시스템 구축 - 광촉매 적용 건설재료/자재 시공기술 개발 - Test Bed 선정 및 시험 적용 |



3. 기술개발에 따른 미래상

| 변화 대상 | As - Is | To - Be |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>광촉매 재료</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 재료 고비용 (6~8 만원 / kg) ✓ 응용 건설자재 적용 한계  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 재료 저비용 (3 만원 / kg) ✓ 경제성 확보로 건설자재 개발 용이  |
| <p>미세먼지 (PM_{2.5}) 저감</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ PM_{2.5} '15년에 환경기준 신설 ✓ '15 전국 환경기준 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ✓ '15 서울 환경기준 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ✓ PM_{2.5} 저감 실효성 기술 부재  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 건강위해성 큰 PM_{2.5} 중점 관리 ✓ '26 관리 목표 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ✓ 유럽 주요도시 수준으로 개선 ✓ No_x, So_x 전구물질 분해 제거  |
| <p>실내 공기질 개선</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 미세먼지 실내 유입 ✓ 다중이용시설 공기질 열악 ✓ 터널 및 지하철 공기질 열악  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 대기 미세먼지 원천 저감 (20%) ✓ 외부유입 VOCs, 암모니아 저감 (30%) ✓ 광촉매 필터링 차단 기술 적용  |
| <p>감염병 확산 방지</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 메르스, 지카 등 확산 위험 상존 ✓ 의료시설이 확산 경로 제공 ✓ 방역 외 안전장치 미비  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 광촉매 내외장재 병원에 적용 ✓ 광촉매 OH 라디칼 살균력 제공 ✓ 방역 외 추가적인 확산방지 장치  |



2절 5P 분석 및 검토

1. Policy

- 정부 정책과의 연계
 - 자동차, 공장 배출가스에 의한 미세먼지, 건축내장재 및 가구와 외기 유입에 의한 실내 오염 등 국민 건강과 안전에 대한 우려 증가로 정부정책도 이에 대한 정책과 기술적 수단의 확보에 우선순위를 두고 시행되고 있으므로 R&D 수행 및 결과의 적용에 유리한 조건 조성됨
- 광촉매 건설자재 표준 설정
 - 국가 R&D를 통해 선도적으로 광촉매를 활용한 건설자재 개발 및 성능 시험 평가를 수행하고, 이를 기준으로 표준을 수립하여 향후, 국내 건설자재 기업에서 이를 기준으로 광촉매 건설자재를 생산할 수 있도록 함
- 광촉매 건설자재 활용 시범사업 추진
 - 국내에 아직 광촉매 건설자재가 도입되지 않았으며, 그 효과에 대해서도 사회적으로 공감대가 형성되지 못하였으므로, 국민적 공감대 형성 및 환경오염 저감에 대한 정부정책목표 달성에 기여함을 가시적으로 보여주는 시범사업 추진
 - 차량통행이 많은 지자체와 협의하여 효과를 극대화하여 보여줄 수 있는 시범사업 추진 대상지 선정

2. Position

- 국내 시장에서는 저가의 보급형 광촉매 건설자재
 - 아직 국내 광촉매 건설자재 시장이 형성되어 있지 않으므로, 이를 빠르게 보급하여 국내 광촉매 건설자재 시장이 개화될 수 있도록 저렴한 가격으로 보급 확대
 - 국가 R&D를 통해 개발되는 제품 활용기업의 수익극대화 측면이 아닌, 국가 대기오염 저감이라는 공익 측면에서 시장 창출 관점으로 개발
- 해외 시장에서는 최고 성능수준의 가격경쟁력 있는 광촉매 건설자재
 - 해외 시장은 초기도입 단계로, 높은 가격으로 인해 시장이 활성화되지 못하였으며, 국내 기술력이 해외에 비해 크게 뒤쳐지지 않으므로, 세계 최고 성능



수준과 동등 또는 이상의 광촉매 건설자재를 개발하면서도, 생산비용은 획기적으로 저감하여 제품 활용기업의 해외 매출 극대화 측면으로 개발

3. Portfolio

- 시장규모는 작지만 광촉매 효과를 가시적으로 보여줄 수 있는 터널, 지하도로, 도로방음벽 광촉매 건설자재
 - 광촉매 건설자재의 효과에 대해 아직 사회적으로 인정받지 못하고 있는 상황에서, 오염도가 높아 광촉매 효과를 극대화하여 가시적으로 보여 줄 수 있는 터널, 지하도로, 도로방음벽을 대상으로 하는 광촉매 건설자재를 개발
- 건설자재로 개발성공가능성이 높은 도로 광촉매 콘크리트 포장재
 - 해외 시공사례가 존재하며, 기반연구가 수행되어 건설자재로 개발성공가능성이 높은 도로 광촉매 콘크리트 포장재를 개발하여 빠르게 사업화
- 적용 대상시장 규모는 크지만, 개발성공가능성이 도로 광촉매 콘크리트 포장재에 비해 낮은 도로 광촉매 아스팔트 포장재
 - 상대적으로 도로 광촉매 콘크리트 포장재에 비해 기술에 대한 연구, 시험, 검증이 많이 수행되어야 하나, 향후 시장규모로 본다면 콘크리트 포장도로에 비해 비중이 큰 아스팔트 포장도로에 적용할 수 있는 도로 광촉매 아스팔트 포장재를 개발하여 편익을 극대화

4. Performance

- 광촉매 활용 건설자재 생산비용 저감
 - 기존 광촉매를 활용한 건설자재 시장이 활성화되지 못한 큰 원인 중 하나가 고가의 광촉매 재료의 생산비용이므로, 제조비용을 낮추는 것을 핵심성능으로 R&D 추진
- 선진국 광촉매 제품 대비 광촉매 효과 우수
 - 광촉매 활용 건설자재의 기본적인 광촉매 성능은 보장되어야 함
 - 가격이 저렴하더라도 기존 광촉매제품보다 효과가 미진한 경우, 아직 초기단계인 광촉매 건설자재 시장 자체의 활성화에도 부정적 영향을 미치므로, 가시적으로 확인할 수 있는 광촉매 성능수준까지 개발되어야 함
 - 최소 현재 선진국 광촉매 제품의 광촉매 성능 이상의 효과를 발휘하는 광촉



매 건설자재 개발 추진

5. Process

- 광촉매 재료 생산기술 개발 연구주체와, 건설자재로 가공하는 연구주체가 연구 성과를 상호 피드백하는 프로세스로 개발 추진
 - 밸류체인 상 광촉매 재료 생산기술을 먼저 개발하고, 개발된 광촉매 재료를 건설자재로 가공하는 연구가 수행되는 것이 필요하나, 이를 순차적으로 수행한다면 상용화 시점이 늦어져, 향후 개발제품의 사업화 및 시장창출에 어려움이 예상되므로, 광촉매 재료 생산기술 연구와 건설자재로 가공하는 연구를 동시에 추진
 - 건설자재로 가공하는 연구주체에서는 광촉매 도료 등 광촉매 재료 물성에 대한 선행연구결과를 활용하여 가공하는 연구를 수행하고, 광촉매 재료 생산기술 개발 연구주체의 성과를 피드백 받아 개선연구 수행
 - 광촉매 재료 생산기술 개발 연구주체는 건설자재로 가공하는 연구주체로부터 가공에 유리한 물성 목표치를 피드백 받아 개선연구 수행



3절 중점추진 분야 및 연구개발과제 구성

1. 중점추진 분야 구성

- 본 연구의 중점추진 분야는 비전과 목표를 달성할 수 있는 유사 기술 분야로 분류하고 해당 기술 분야에서 수행 가능한 세부 요소기술을 도출
- 중점추진 분야는 광촉매 원천 재료 기술, 도로시설물 광촉매 기술, 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 및 광촉매 표준화 기술로 분류하고 해당 분야에 요구되는 기술 개념을 중점추진분야로 설정
- 분류한 기술 분야를 토대로 연구에서 지향하는 중점추진 분야는 아래와 같음
 - 저비용 광촉매 생산 기술 분야
 - 저비용 광촉매를 도로시설물용 건설자재에 적용하는 기술 분야
 - 저비용 광촉매를 주거 및 다중이용시설에 적용하는 기술 분야
 - 저비용 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야
- ‘저비용 광촉매 생산 기술’ 분야는 산화티탄 광촉매를 저비용의 경제적인 원천 재료로 제조 및 생산할 수 있는 공정 기술 분야로 설정
- ‘저비용 광촉매를 도로시설물용 건설자재에 적용하는 기술’ 분야는 저비용의 산화티탄 광촉매를 도로포장, 도로부속시설물 등에 적용하는 기술로서 미세먼지 2차생성 전구물질을 분해 제거하는 건설자재로 개발하는 공법 분야로 설정
- ‘저비용 광촉매를 주거 및 다중이용시설에 적용하는 기술’ 분야는 저비용의 산화티탄 광촉매를 주거 및 병원, 상업 및 지하시설물 등의 다중이용시설에 적용하여 감염병과 실내공기질을 개선하는 내외장 건설자재를 개발하는 공법 분야로 설정
- ‘저비용 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술’ 분야는 산화티탄 광촉매 재료와 광촉매를 적용한 건설자재의 실험실 및 현장에서 소요성능을 시험평가하고 인증할 수 있는 기준을 개발하는 표준화 기술을 개발하는 분야로 설정
- 중점추진 분야를 근거로 연구개발과제 구성을 추진하며 연구의 비전과 목표를 달성할 수 있도록 관련 연구개발의 우선순위 설정 가이드를 제시함



2. 중점추진 분야 구성 배경

- 안전하고 쾌적한 국민 생활환경을 조성하기 위해서, 그리고 연구목표를 효율적으로 달성하기 위해서 아래와 같이 세부과제를 구성

가. 저비용 광촉매 생산 기술 분야

- 하·폐수 폐기물의 재활용 미진하며 이를 효과적으로 재활용할 필요성 높음
- 화학적인 수처리 방법으로 하·폐수 폐기물에서 산화티탄을 제조하고 이를 대량 생산할 수 있는 기술을 개발할 경우 하·폐수 폐기물 재활용의 극대화 달성
- 국내에서는 티탄광의 부족으로 산화티탄 수요량은 전량 수입에 의존
- 산화티탄의 국산화는 광촉매 기술의 활성화를 위해 반드시 필요
- 하·폐수 폐기물에서 제조되는 광촉매는 매우 낮은 생산 단가로 생산 가능하므로 광촉매 활용기술 개발의 기폭제 역할을 할 것으로 예측
- 산화티탄은 광촉매 활용기술의 원천재료가 되며, 우수한 품질의 원천재료 생산 기술을 심도 있게 연구개발하기 위해 세부과제로 구성

나. 저비용 광촉매를 도로시설물용 건설자재에 적용하는 기술 분야

- 대기오염에 의한 도시생활환경의 악화 문제는 단순히 삶의 쾌적감을 감소시키는 것뿐만 아니라, 경제적으로 현대사회에 심각한 피해를 주고 있음
- 일산화탄소, 이산화황, 총먼지 같은 1차 오염물질은 배출원의 배출량감소에 정비례하여 감소하므로 관리가 수월하지만 미세먼지, 오존, 이산화질소와 같은 2차 대기오염물질들은 생성이 복잡하여 가능하면 발생지에서 집중 저감시키는 것이 중요함
- 2011년 질소산화물의 총 배출량은 263,990톤 이고, 이중 도로 이동오염원 부분에서 가장 많은 45.9%(121,372톤)가 배출되었음
- 도로시설물에 대한 광촉매 적용기술은 주로 대기 중의 질소산화물 및 황산화물의 제거와 이를 통한 미세먼지 제거와 관련된 기술 개발
- 이 연구개발에서는 교통수단 및 발전시설 등에서 배출된 가스를 건설재료/자재의 광촉매 작용을 통해 대기 오염원을 제거하는 기술



- 산화티탄(TiO_2) 광촉매를 활용하여 질소산화물과 황산화물을 분해하는 성능은 기본 기술로 적용하나 산화티탄이 콘크리트나 건설자재 2차 제품과 결합될 경우 성능을 발휘할 수 있는 기술을 개발하는 것이 중요함
- 본 과제에서 개발하는 슬러지를 이용한 산화티탄 광촉매는 기존 고품질 재료와 동등 이상의 광촉매 성능을 발휘하면서 가격은 기존제품 대비 50% 이상 절감 가능할 것으로 기대됨
- 또한, 광촉매는 표면에 노출된 촉매제만이 분해성능을 발휘할 수 있으므로 도로시설물의 구체 두께를 최적화 등 효율증대 기술개발과 광촉매 건설재료가 기본 구조적 기능을 만족할 수 있게 개발하여야 함
- 본 세부과제에서 다루는 도로시설물 및 도로 부속시설물은 콘크리트 포장체, 중앙분리대, 빛 차단판, 흡음 및 방음벽, 터널라이닝, 도로경계블록, 옹벽 및 보차도용 블록 등이며 적용 대상물 별 최적의 광촉매 기술 적용을 목표로 함
- 이를 이용하여 대기오염 정화율을 40% 이상 구현하며 기존 광촉매 코팅 방식과 달리 건설자재 구체가 광분해 성능을 지녀 구조물의 수명기간 동안 지속적으로 대기오염 제거 성능을 발휘하는 기술을 개발

다. 저비용 광촉매를 주거 및 다중이용시설에 적용하는 기술

- 정부의 저탄소 녹색성장 및 국가 온실가스 배출 감축 목표 달성에 기여하기 위해, 에너지 절감 잠재력이 높은 기존 건물의 Passive 리모델링 기술이 요구됨
- 최근 건물 에너지 절약을 위한 고단열·고기밀화에 따른 실내공기질 악화 문제가 대두되면서 쾌적한 생활공간에 대한 요구가 증대되어 Energy-Retrofit과 실내공기질(IAQ) 향상을 동시에 만족시키는 신개념 복합기능 Passive System으로의 접근이 필요
- 쾌적한 실내 환경을 위하여 대부분 습도와 온도의 변수를 고려하였으나 최근 내부에서 발생하는 오염물질인 VOCs, 세균 등과 외부로부터 유입되는 질소산화물, 미세먼지, 외부에서 유입되는 유해변수를 제거하는 방향으로 전환되고 있음
- 현재 가장 문제가 되는 오염인자는 미세먼지 등을 꼽을 수 있으며, 기존의 대부분의 환경 시설물은 이러한 유해인자를 조절하는데 한계가 있음
- 기술적으로 건축물 내외장 바탕인 시멘트계, 패브릭, 목재 등에 산화티탄을 영



구 혼입하는 방식으로 광촉매 활성화 성능과 내외장재의 수명과 함께 지속되는 내구성을 갖는 건축자재를 개발하고자 함

- 또 다른 효과적인 유해인자를 제거할 수 있는 방법은 공기조화에 의한 것으로 광촉매 기술을 적용한 공기조화설비의 개발로 이러한 문제를 해결할 수 있음
- 개발된 광촉매 공기조화설비는 산업용, 가정용, 축산용, 의료용 등 다양한 산업 전반에 활용할 수 있으며, 새로운 신규 시장을 창출 할 수 있을 것으로 기대됨

라. 저비용 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야

- 2002년 말에 국가기술표준원이 주축이 되어 광촉매 및 연관분야의 산학연 전문가가 참여하는 광촉매 표준화위원회를 구성하고 이를 중심으로 광촉매의 표준화 활동을 수행하고 있으나 표준의 제시는 미흡
- 2003년 한국광촉매협회가 설립되어 국가표준과 협회 중심의 민간표준을 설정 하였으나 대부분 건설자재로 대표되는 건설산업이 아닌 일반 기계산업에 속하는 표준과 기준을 설정
- 한편 일본에서는 JIS 규격을 설정하여 광촉매 재료에 대한 성능평가 및 인증업무를 수행함으로써 광촉매 재료가 시장에서 수요에 적합하게 공인된 재료로 사용 가능하도록 조치함
- 광촉매 재료와 광촉매 건설자재 제품의 활성화를 위해서는 우선 광촉매 재료의 성능을 확인할 수 있는 시험기술과 광촉매 건설자재의 효과를 검증할 수 있는 광촉매 성능 표준화 기술 개발이 시급함
- 광촉매 재료 및 건설자재의 소요 성능을 시험할 수 있는 표준 또는 기준이 정립되면 이에 따라 광촉매 인증시스템을 구축할 수 있으며 광촉매 건설자재의 활용 기반을 구축할 수 있음
- 이러한 광촉매 시험법을 중심으로 한 표준화와 그 성능을 증명할 수 있는 인증시스템의 구축을 위하여 본 기획에서는 저비용 광촉매 재료와 고효율 광촉매 건설자재의 표준화 기술 개발을 중점 연구개발 분야로 설정함
- 이와 같은 광촉매 재료와 광촉매 건설자재의 표준화 기술 개발은 사용자에게 객관적인 성능과 안전성이 제공하는 과업으로써 본 과제에서 반드시 개발되어야 할 기술 분야임



3. 후보과제 Pool 구성

가. 후보과제 Pool 구성 방법

- 기획위원, 자문위원 및 외부 산학연 전문가를 중심으로 기술 수요조사를 실시하고 수집된 기술수요 조사서를 연구 비전과 목표에 맞는 후보과제들을 선별
- 연구개발 목표에 해당하는 기술을 보유한 기업들에게 연구기획 의도를 설명하고 목표를 달성하기 위한 추가 후보과제 대상 의뢰
- 연구목표 별 기술분류 체계를 제시하고 소분류에 해당하는 예상 주요기술 목록을 제시함으로써 연구기획의 의도를 정확히 전달하도록 노력
- 수집된 기술 수요조사서를 주요기술별로 분류하여 기획한 기술분야에 충분한 후보과제 Pool이 구성될 수 있도록 하였으며 부족한 기술 분류 부분은 주관연구기관 주도로 관련 전문가에게 2차 후보과제 조사를 추가 실시하여 보완함

나. 후보과제 Pool 중복성·유사성·위계 검토

- 중복성 검토는 후보과제 Pool의 개별 과제들을 대상으로 NTIS에 등재된 국가 R&D 데이터를 활용하여 중복과제 유무를 확인하고 중복과제로 판정될 경우, 후보과제 Pool에서 제외함
- 과제 중복여부는 추진 준비 중인 국가 과제를 포함하며 수행중이거나 기 개발이 완료된 과제 또는 기술이 존재하는 경우로 판단
- 중복성과 유사성을 기준으로 수요 조사된 기술들을 분류하고 본 연구기획에 적합한 후보과제 Pool을 확보함
- 수집된 수요조사 과제들 중 유사기술로 대상된 기술의 경우 면밀한 검토를 통하여 1가지로 통합 취급

다. 후보과제 Pool list

- 중복성, 유사성 검토를 마친 수요조사 기술들의 예상 과제명을 기준으로 연구개발 과제를 정의하고 기획에서 설정한 중점추진분야별로 과제들을 분류
- 분류된 후보과제들의 연구목표와 기간, 소요 예산들을 설정하고 우선순위 평가수행할 수 있도록 관련 근거 자료들을 수집



| 중점추진분야 | 연번 | 후보과제명 | 후보과제 정의 |
|--------------|----|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 중점추진분야 I | 1 | 저비용 광촉매 응집제 개발 | 티탄염 고분자 응집제 제조 기술 개발. 산화티탄을 제조하기 전에 전 처리 응집제 재료를 개발하는 기술 |
| | 2 | 저비용 광촉매 응집 반응 기술 개발 | 티탄염 고분자 응집제가 슬러지에서 반응을 최적화할 수 있도록 반응 프로세스 조건을 형성하는 기술 |
| | 3 | 저비용 광촉매 파일럿 생산 기술 개발 | 저비용은 산화티탄 광촉매를 대량 생산하기 위한 파일럿 생산 설비를 설계 및 제작하는 기술을 개발 |
| | 4 | 저비용 광촉매 대량 생산 기술 개발 | 파일럿 생산 설비에서 광촉매를 생산하는 공정을 개발하고 이를 이용하여 대량 생산에 필요한 실제 공장의 공정 프로세스를 개발 |
| | 5 | 저비용 광촉매 물성 향상 기술 개발 | 슬러지에서 제조한 산화티탄 광촉매의 촉매 반응성과 가시광에서 촉매 반응이 가능하도록 산화티탄을 성형 및 가공하는 기술을 개발 |
| | 6 | 저비용 광촉매 성형 기술 개발 | 슬러지 산화티탄 광촉매가 건설자재 제조 및 제작의 원료로 활용될 때 건설자재 특성에 적합한 형상을 지닐 수 있도록 성형하는 기술 |
| 중점추진분야 II | 1 | 광촉매 시멘트 페이스트 및 모르타르 제조 기술 개발 | 광촉매 혼입 시멘트 페이스트 및 모르타르 제조 기술을 개발. 이를 이용하여 구체의 표면에서 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx) 분해 제거하는 기술을 개발 |
| | 2 | 폐콘크리트 미분말을 이용한 광촉매 모르타르 제조 기술 개발 | 재활용 자원과 광촉매를 혼합한 모르타르 제조 기술 개발 |
| | 3 | 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발 | 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx) 분해가 가능한 광촉매를 혼입 콘크리트의 제조 기술 개발 |
| | 4 | 광촉매 콘크리트용 지오폐리머 적용 기술 개발 | 광촉매의 표면 코팅에 유리한 지오폐리머 미세조직 제어와 제조 기술 연구 |
| | 5 | 광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 및 제조 기술 | 광촉매 적용 경 포장용 포러스 포장 콘크리트 설계 및 제조 기술 |
| | 6 | 광촉매 포장 콘크리트 타설 장치 및 타설 최적화 기술 개발 | 광촉매를 혼입한 포장 콘크리트의 이원화 시공이 가능한 타설 장치의 개발과 타설 프로세스 최적화 기술을 개발 |
| | 7 | 광촉매 포장 콘크리트 공용성 검증 및 유지관리 기술 개발 | 광촉매 포장 콘크리트를 도로 포장에 적용할 경우 포장체로서 공용성이 검증되고 유지관리 방안을 확보하는 기술을 개발. 이에 따라 광촉매 콘크리트 포장층과 일반 포장 콘크리트 층의 최적화를 도출 |
| | 8 | 광촉매 중앙분리대 적용 기술 개발 | 광촉매 콘크리트를 이용하여 자동차 전용도로를 중심으로 하는 중앙분리대 적용 위한 장치와 시공기술을 개발 |
| | 9 | 광촉매 적용 도로 흡음재, 방음벽 등, 부속시설물 건설자재 개발 | 광촉매 모르타르 또는 콘크리트를 활용하여 흡음용 건설자재, 방음용 건설자재 등, 도로부속 시설물용 건설자재 제작 기술과 적용기술을 개발 |
| | 10 | 광촉매 친환경 블록 등, 콘크리트 2차제품 개발 | 광촉매 블록용 재료를 개발하고 이를 이용하여 보도블록, 투수블록 및 경계석 등의 도로부속시 |



| 중점추진분야 | 연번 | 후보과제명 | 후보과제 정의 |
|---------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 중점추진분야 III | | | 설용 건설자재 개발 |
| | 11 | 광촉매 기술 적용 공기청정 타워 기술 개발 | 도시 대기 중 질소산화물 저감을 위한 질소산화물 오염도가 높은 도로변 등의 Hot-spot 지점에 광촉매 기술이 적용된 공기청정 타워 개발과 적용 기술을 개발 |
| | 12 | 자기세정 및 대기오염 저감 기능을 갖는 광촉매 인조 판석 제조 기술 개발 | 광촉매를 이용하여 압출성형용 모르타르 제조 기술을 개발하고 이를 이용하여 건축 외장재용 판재 2차제품을 개발 |
| | 13 | 터널 및 지하공간 공기조화 시스템 광촉매 기술 | 터널 및 지하공간 공기 순환과 광촉매 작용 필터링 최적화를 위한 기술 개발 |
| | 14 | 터널 및 지하공간 광촉매 활성화 조명시스템 개발 | 터널 및 지하공간에서 광촉매 건설자재의 광촉매 작용 활성화를 위한 UV 조명 및 조명 설치 시스템 최적화 기술 개발 |
| | 15 | 광촉매 콘크리트 성형용 이형 박리제 개발 | 콘크리트 거푸집용 이형 박리제 개발, 이 경우 박층의 광촉매 층을 구조체의 표면에 입힐 수 있는 특징을 지닌 |
| | 1 | 가시광선 반응형 다기능 광촉매 플라스틱 벽패널 시스템 개발 | 실내 오염물질 제어 및 단열향상을 위한 광촉매 벽패널 시스템 |
| | 2 | 실내 광촉매 활성화를 위한 조명 시스템 개발 | 실내 광촉매 작용 활성화에 필요한 조명 선정 및 배치 등, 조명 최적 시스템 개발 |
| | 3 | 건축 외장 마감용 광촉매 노출 콘크리트 제조 및 시공 기술 개발 | 광촉매 노출콘크리트의 제조기술을 개발하고 광촉매 노출 층의 최적화를 위한 기술을 개발 |
| | 4 | 주거 및 다중이용시설 공기정화용 광촉매 공기조화 기기 개발 | 주거용 소규모 광촉매 공기청정기 및 다중 이용시설의 공기조화 기기의 광촉매 적용기술 개발 |
| | 5 | 의료장비 광촉매 적용 기술 | 병원 감염 저감방지를 위한 의료용 섬유 적용 기술 개발 및 병원내침구류 및 의류광촉매살균 기술 |
| | 6 | 의료시설용 광촉매 건축자재 개발 | 병원감염 저감기능을 갖는 기능성 건축자재 개발 및 |
| | 7 | 감염병 확산 방지를 위한 의료시설 실내용 건축 마감재 개발 | 살균, 향균, 항곰팡이 기능을 갖는 광촉매 기능성 벽 및 천정 마감재 제품 개발 |
| | 8 | 의료시설 광촉매 공기조화 기기 및 살균 기술 개발 | 의료시설 적용 가능한 살균정화 광촉매 공기조화 기기 개발 및 적용 시스템 개발 |
| | 9 | 주거용 수처리 시설 광촉매 적용 기술 개발 | 위생적으로 물을 재활용하기 위한 주거용 광촉매 수처리 시스템 개발 |
| 10 | 축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술 개발 | 가축 전염병 확산을 방지하기 위해서 대인용 및 차량용 광촉매 살균제, 살균기기 제작 기술 개발 | |
| 11 | 축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술 개발 | 축사 건축물 및 접근 도로 광촉매 긴급 방제 기술 | |
| 12 | 축산용 광촉매 수처리 기술 개발 | 가축 급수용 수질 개선을 위한 광촉매 수처리 장치 개발 | |
| 13 | 단열층 일체형 광촉매 건축 외장재 개발 | 저층의 건축물 외벽용으로 광촉매 콘크리트 패널과 내부 단열층이 일체화된 모듈러 외장재 제 | |



| 중점추진분야 | 연번 | 후보과제명 | 후보과제 정의 |
|--------------|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | 작 기술 개발 |
| | 14 | 광촉매 적용 도장재료 개발 | 유성, 수성 페인트에 광촉매 재료를 혼합하는 기술을 개발하고 바탕재료(콘크리트, 목재, 패브릭 등)에 적합한 광촉매 최적화 기술을 개발 |
| | 15 | 광촉매 재료를 활용한 위생도기 및 타일 2차제품 개발 | 광촉매 타일 및 위생도기 2차제품을 개발하고 이를 이용하여 터널 내 대기오염 제거, 자기세정 위생기기에 적용하는 기술을 개발 |
| | 16 | 수처리용 태양광촉매 제조 기술 개발 | 다양한 종류의 전이금속을 적용하여 태양광원(UV량 4%) 조사 시 높은 처리효율을 가지는 수처리용 광촉매 제조 기술 |
| | 17 | 수처리용 태양광촉매 반응기 개발 | 태양광촉매의 효율을 극대화 할 수 있는 태양광촉매 반응기 개발 |
| 중점추진분야 IV | 1 | 광촉매 재료 성능시험평가 기술 개발 | 광촉매 재료의 기본 물성 및 광촉매 작용 활성화 성능 시험법의 표준화 기술 개발 |
| | 2 | 광촉매 공기조화 기기 성능 평가 표준화 기술 개발 | 광촉매를 적용한 공기조화 기기의 광촉매 작용 활성화와 공기 중 오염물질 제거 및 사용성 평가 표준화 기술 개발 |
| | 3 | 광촉매 건설자재의 대기 오염물질 제거 성능평가 기술 및 기준 개발 | 광촉매 건설자재의 대기 중 오염물질 제거 성능에 대한 실내시험법을 개발하고 이 시험법을 표준화 |
| | 4 | 광촉매 건설자재 실사용 실내환경 적용 Mock-Up 성능평가 실험 연구 | 주거 및 다중이용시설 환경을 모사하고 광촉매 건설자재를 설치한 상태에서 실내공기질 저감 광촉매 작용의 활성화 정도를 평가할 수 있는 모형 실험 기술 |
| | 5 | 광촉매 건설자재 실사용 대기환경 적용 Mock-Up 성능평가 실험 연구 | 도로 및 주변 환경을 모사하고 광촉매 건설자재를 설치한 상태에서 미세먼지 2차생성 전구물질인 질소산화물, 황산화물의 제거 효과를 평가할 수 있는 모형실험 기술 |
| | 6 | 새집증후군 개선 광촉매 효과 성능평가 및 표준화 | 광촉매 적용 자재의 새집증후군으로 대표되는 휘발성유해물질(VOCs) 제거 효과를 평가하는 기술을 개발하고 이를 표준화 하는 기술 |
| | 7 | 광촉매 작용에 따른 지하공간 공기질 성능 평가 연구 | 오염물질 농도가 높은 지하공간의 광촉매 건설자재 및 공기조화 기기 적용에 따른 지하공간 공기질 개선 효과 평가 방안 연구 |
| | 8 | 광촉매 건설자재의 살균 성능 기준 개발 및 검증 방안 연구 | 광촉매를 적용한 건설자재의 살균 성능을 검증할 수 있는 시험기준과 이를 검증할 수 있는 방안을 연구 |
| | 9 | 광촉매 건설자재의 방오 성능 기준 개발 및 검증 방안 연구 | 광촉매를 적용한 건설자재의 자기세정 성능을 시험할 수 있는 방안 연구. 성능검증에서는 실내시험과 현장시험 기준을 모두 포함 |
| | 10 | 저비용 광촉매 원천재료 인증 표준화 연구 | 광촉매 재료에 대한 국내 인증방안 및 인증제도 구축 연구 |
| | 11 | 광촉매 건설자재 인증 표준화 연구 | 광촉매 기능을 지닌 건설자재의 인증방안 및 인증제도 구축 연구 |



- 최종 확정된 후보과제 Pool을 대상으로 전문가 그룹에게 과제카드 작성을 의뢰하여 최근 기술 수준에서 달성 가능한 연구목표를 설정함
- 과제카드는 연구개발 목표, 필요성, 연구 주요 내용, 관련기술/산업/시장동향, 최종성과물, 기존기술 활용방안 등으로 설정함
- 과제카드는 후보과제의 우선순위 평가 시, 평가자의 판단을 돕기 위한 것으로 향후 RFP 작성의 근거자료로 활용함

4. 유사과제 중복성 검토

가. 주요 유사과제 현황

| 기술 분야 | 유사 과제명 | 활용 · 고도화 · 차별화 방안 | | |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 활용 | 고도화 | 차별화 |
| 저비용 광촉매 생산 기술 | 부처명: 한국환경산업기술원 사업명: 환경융합 소재개발사업 과제명: 자원순환기술로 폐수 슬러지에서 제조한 산화티탄을 활용 SCR촉매 및 광촉매 필터 개발 | 활용 | ● | - 슬러지 광촉매로부터 SCR 광촉매용 산화티탄 생산 기술을 활용하여 광촉매 물성 및 활성이 좋은 슬러지 광촉매 생산 기술 확보 - 슬러지 광촉매 분쇄기술 및 분극기술 개발에 적용 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 한국생산기술원 사업명: 에너지자원순환사업 과제명: 염색슬러지 자원순환 재활용 기술 및 섬유에의 응용 기술 개발 | 활용 | ● | - 염색 슬러지로부터 슬러지 산화티탄 제조 기술을 활용하여, 슬러지 산화티탄 개선 - 슬러지 산화티탄 물성 개선 및 향상 기술 확보 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 산업자원부 사업명: 지역산업기술개발사업 과제명: 수처리 응집제를 이용한 광촉매 대량제조 기술개발 | 활용 | ● | - 기존 티탄염 응집제 기술을 개량하여 수처리 성능을 향상시키며, 광촉매 활성이 향상된 저비용 광촉매 생산 기술에 활용 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |
| 도로시설물 광촉매 기술 | 부처명: 교육과학기술부 사업명: 일반연구자지원 과제명: 친환경 콘크리트를 위한 가시광선 반응형 나노 광촉매와 박테리아를 이용한 고정화 기술 개발 | 활용 | | - 포자를 형성한 유용 미생물군의 생화학반응을 이용한 광촉매 고정화 신기술화 - 우레아제 효소의 환경에서의 생화학적 반응을 이용한 탄산칼슘의 석출 유도 - Titanium isopropoxide를 산·염기 처리를 이용한 졸겔법을 사용 나노 광촉매 개발 고도화 |
| | | 고도화 | ● | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 중소기업청 사업명: 산학협력기술개발 과제명: 석분슬러지 재활용 및 광촉매체를 이용한 백화방지 친환경 콘크리트 보도블록의 개발 | 활용 | ● | - 대기정화 및 오탁방지기능을 갖는 보도블록의 기술개발 고도화 - 자전거도로, 인도 등에 사용되는 기존 보도블록을 백화방지, 대기정화, 오탁방지 등의 기능을 갖는 보도블록으로 활용 - 민간 기업의 특수 보도블록 개발 촉진 유도 - 규산-알루미늄계 시멘트 재료를 사용하여 지오폴리머의 표면에 광촉매를 고온 소성함으로써 코팅의 안정성 향상 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 국토해양부 사업명: 교통물류연구사업 과제명: 탄소중립형 도로 기술개발 | 활용 | | - 도로시설용 TiO ₂ 콘크리트 공법 개발 - 표면침투제를 활용한 TiO ₂ 콘크리트 개발 - 경제성을 갖는 광촉매 재료의 응용적용 및 표면침투제 성능향상을 통한 광촉매의 적용 고도화 |
| | | 고도화 | ● | |
| | | 차별화 | | |



| | | | | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 부처명: 국토교통부 사업명: 건설핵심기술연구개발사업 과제명: 폐지재를 활용한 대기정화와 항균성을 갖는 친환경도로의 개발과 도로시설의 오염물질[질소산화물(NOx), 유해유기화합물(VOC)]의 제거기술개발 | 활용 | | - 구조재료로 직접사용이 가능한 광촉매 코팅 콘크리트 개발 - 광촉매 코팅의 내구성 향상 |
| | | 고도화 | ● | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 한국연구재단 사업명: 이공학개인기초연구지원 과제명: 고성능 나노 TiO ₂ 담체 및 도로환경 정화용 토목재료의 적용시스템 개발 | 활용 | | - 기존 시멘트 재료가 아닌 친환경 지오폴리머 사용 - 고온 코팅 방법으로 코팅 안정성을 확보하면서 역학적 성능 향상 - 운하중에 의해 발생할 수 있는 코팅 손상 최소화 기술 개발 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | ● | |
| 주거 및 다중이용시설 광촉매 기술 | 부처명: 중소기업청 사업명: 산학연공동기술개발 과제명: 의료용 스마트 살균 시스템 개발 | 활용 | ● | - 병실의 생물학적 안전성을 유지하기 위하여 스마트 살균 시스템을 개발함. - 고효율 살균을 위하여 오존나이지저를 이용하여 오존을 발생하고 오존을 활용하여 세균을 살균하는 기술을 적용 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 중소기업청 사업명: 기술혁신개발사업 과제명: 나노복합필터와 필름형 집진장치를 이용한 고성능 공기정화장치 개발 | 활용 | | - 나노복합필터를 최적화하여 오염물질의 제거 효율, 내구성을 극대화 하고 공기 투과율을 개선 - 공기조화부 설계, 유체해석을 통해 소음 저감을 수행 |
| | | 고도화 | ● | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 산업통상자원부 사업명: 중소기업기술혁신개발 과제명: 대기 오염 유해가스 흡착용 무기질 단열마감재 개발 | 활용 | | - 실내 온열환경 및 실내공기질 동시 만족을 위한 광촉매 플라스터 시스템 개발 - 실내 가시광선 반응형 광분해 효과 향상 기술 개발 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | ● | |
| 광촉매 성능 표준화 기술 | 부처명: 지식경제부 사업명: 산업혁신기술개발(표준화기술) 과제명: 광촉매 비효율 측정 평가법 | 활용 | ● | - 시편 제작방법의 체계화 및 표준화 - 광성유가 활용된 빛 흡수량/반응속도 동시 측정기술 제시 - 상호비교평가를 위한 장치 및 시편 제작 - Working Draft에 의한 비교평가 및 결과분석에 따른 Working Draft 수정 보완 - 산업표준심의회 요업부회에 KS 제정 요청 - 광촉매 관련 기업에 평가기술 전파 교육 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |
| | 부처명: 지식경제부 사업명: 산업혁신기술개발(표준화기술) 과제명: 광촉매 시료 액상 반응활성의 다면성 비교평가 및 측정방법 표준화 | 활용 | ● | - 액상반응 활성용 표준물질 선정 - 측정 시험장치의 표준화 - 표준시험화합물의 평가 - 표준 광촉매 활성 실험법의 평가 - 표준 광촉매 시험평가 |
| | | 고도화 | | |
| | | 차별화 | | |

나. 유사과제 검토 및 활용 방안

○ 저비용 광촉매 생산 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “폐수 슬러지에서 제조한 산화티탄을 활용 SCR촉매 및 광촉매 필터 개발”과 “수처리 응집제를 이용한 광촉매 대량제조 기술 개발”이 있음
- 이들 연구과제는 본 기획에서 이미 선행 확보기술로 지정한 폐수 슬러지에서 산화티탄 광촉매를 제조를 목적으로 수행한 원천기술 개발 과제임
- 본 기획에서는 이 원천기술인 폐수 슬러지 산화티탄 광촉매 제조기술을 바탕



으로 대량의 슬러지 광촉매 생산하는 기술과 건설자재에 활용하기 위하여 성형 및 가공 기술을 추가로 개발함

○ 도로시설물 광촉매 적용 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “탄소중립형 도로 기술 개발”과 “폐자재를 활용한 대기정화와 항균성을 갖는 친환경도료의 개발과 도로시설의 오염물질[질소산화물, 유해유기화합물]의 제거기술개발”이 있음
- 이들 연구과제 중 탄소중립형 도로에서는 티탄광물에서 제조한 고비용 산화티탄 광촉매를 도로 중분대 콘크리트에 혼입하였으나 고비용과 기술적 미비로 인해 계획한 성능에 미치지 못하였음
- 광촉매 친환경 도료의 개발에서는 일반 도료에 광촉매 재료를 물리적으로 혼입하여 단순하게 보도블록 표면에 코팅하는 연구과제로서 질소산화물 분해 성능은 어느 정도 확보하였으나 블록 건설자재의 내구성 미흡으로 시장에 활성화 되지 못함
- 이들 선행과제에서 수행한 연구개발 과정을 분석하고 성능과 성과물의 고도화를 위한 자료로 활용 가능함

○ 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “나노복합필터와 필름형 집진장치를 이용한 고성능 공기정화장치 개발”과 “대기 오염 유해가스 흡착용 무기질 단열마감재 개발”이 있음
- 고성능 공기정화장치 개발 과제에서는 필터의 성능 개선하기 위해서 필터재의 크기를 나노 사이즈로 조절하는 기술을 개발하여 작은 크기의 오염먼지를 제거하는 공기정화장치를 개발하였으나 잦은 필터 교체 문제점 발생
- 본 기획에서 개발하고자 하는 광촉매 공기조화기기의 기술 개발 시 필터의 성능을 최적화하기 위해서 광촉매 나노 가공기술 개발이 필요함을 시사함
- 흡착용 무기질 단열마감재의 경우 기존 고비용 광촉매를 플라스터 재료에 혼입하는 기술을 개발하여 광촉매 성능을 부여한 기술 개발
- 이 연구개발의 경우 실내 가시광과의 광촉매 반응 성능 확보가 미흡하여 기술개발의 완성도가 높지 않음. 그러나 저비용 광촉매의 가공 기술 개발과 복합되어 가시광 반응형 플라스터 개발을 고도화할 필요 있음



5. 후보과제 우선순위 평가

가. 개요

(1) 우선순위 평가의 목적

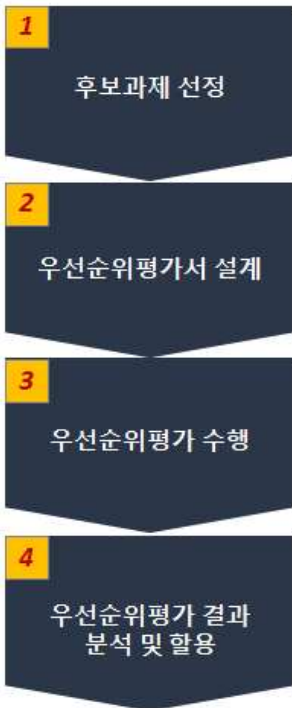
- 저비용 광촉매 재료, 건설자재 개발 및 적용기술 기획연구에서 도출된 후보과제 중 동 사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 선정과제 중 추진 우선순위를 설정하기 위함임
 - 산·학·연 전문가를 대상으로 저비용 광촉매 재료, 건설자재 개발 및 적용기술 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행함

(2) 우선순위 평가의 절차

- 우선순위 평가는 후보과제 선정, 우선순위평가서 설계, 우선순위평가 수행, 기술수요조사 결과분석 및 활용 순으로 추진함
 - 후보과제 선정단계에서는 기술수요조사 결과를 바탕으로 중복성 검토, 유사성 및 위계 검토를 통해 후보과제 pool을 설정, 과제카드를 작성하고, 기술분류체계에 매칭함
 - ▶ 후보과제 카드는 우선순위 평가 시 평가자의 판단을 돕기 위해 참고자료로 활용함
 - 우선순위 평가서 설계단계에서는 우선순위평가 항목을 결정하고 평가대상을 설정함
 - ▶ 기술적 중요도, 시급성, 파급효과, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성을 평가항목으로 설정함
 - ▶ 기술적 중요도, 시급성, 과학기술적 파급효과는 후보과제에 매칭되는 기술분류 체계 중분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용함
 - ▶ 우선순위 평가 시 참고자료로 후보과제에 해당하는 중분류의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 결과를 제공하여 우선순위평가자의 객관성을 도모함
 - 우선순위평가 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
 - 우선순위평가 결과분석 및 활용단계에서는 평가결과를 통해 사업 추진과제를 선정하고 과제추진 우선순위 선정에 활용함



우선순위평가 절차



세부내용

- 기술수요조사 결과를 바탕으로 후보과제 선정
 - 후보과제의 기술분류체계 매칭
-
- 후보과제의 우선순위 평가항목 설정
 - 기술적 중요도(기술의 핵심성, 기술개발 시급성, 과학기술적 파급효과), 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성
 - 기술적 중요도 평가는 후보과제에 매칭되는 기술분류체계 소분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용
-
- 우선순위평가 대상자 메일 발송 및 회수
-
- 사업 추진과제 선정
 - 과제 추진 우선순위 선정에 활용

그림 149. 우선순위 평가 진행 절차

(3) 우선순위평가서 발송 및 응답개요

- 우선순위평가는 내부 기획연구진, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

표 81. 우선순위평가서 발송 및 응답개요

| 구분 | 내용 |
|------|-------------------------------|
| 조사기간 | - 2016년 6월 13일 ~ 6월 26일 (2주간) |
| 조사대상 | - 내부 기획연구진, 자문위원 및 외부 전문가 15인 |
| 조사방법 | - E-mail을 통한 설문조사 |

(4) 우선순위평가 항목 설정

- ‘기술적 중요도’, ‘기술개발 시급성’, ‘과학기술적 파급효과’는 기술수준/예측조사 결과를 활용함
 - ‘기술적 중요도’는 해당기술이 ‘안전한 지반굴착기술’내에서 차지하는 상대



적인 중요도를 5점 척도로 평가함

- ‘기술개발 시급성’은 적정 수준을 구현해야할 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 5점 척도로 평가함
- ‘과학기술적 파급효과’는 해당기술이 과학기술 발전에 미치는 영향력을 5점 척도로 평가함

○ ‘기술개발 실현가능성’항목은 연구개발 사업 추진 시 과제카드 목표 수준까지 실현 가능한지 여부를 5점 척도로 평가함

- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

| 소분류 | 참고 자료 | | | | | 후보과제 우선순위 평가 | |
|-----|-------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|------------|--------------|-------|
| | 포트폴리오분석결과 | | | | | 후보과제 | 평가 항목 |
| | 수준-중요도 | 기술격차-격차추세 | 기술격차-기술수준 | 기술기반 성숙도-중요도 | 기술중요도 평가결과 | | |
| ○○○ | 기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역 | 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역 | 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역 | 기술기반 확보가 시급한 영역 | 4.0 | 1 ○○○ | 4 |
| | | | | | | 2 ○○○ | 3 |
| | | | | | | 3 ○○○ | 3 |

○ ‘사회경제적 파급효과’항목은 목표수준까지 기술개발 완료 시 사회경제적으로 미치는 파급효과를 5점 척도로 평가함

- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

| 소분류 | 참고 자료 | | | | | 후보과제 우선순위 평가 | |
|-----|-------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|------------|--------------|-------|
| | 포트폴리오분석결과 | | | | | 후보과제 | 평가 항목 |
| | 수준-중요도 | 기술격차-격차추세 | 기술격차-기술수준 | 기술기반 성숙도-중요도 | 기술중요도 평가결과 | | |
| ○○○ | 기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역 | 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역 | 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역 | 기술기반 확보가 시급한 영역 | 4.0 | 1 ○○○ | 4 |
| | | | | | | 2 ○○○ | 3 |
| | | | | | | 3 ○○○ | 3 |

○ ‘정부지원 필요성’항목은 기술개발 사업을 통해 기술을 획득하는 데에 정부지원이 필요한 정도를 5점 척도로 평가함

- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함



| 소분류 | 참고 자료 | | | | 기술중요도 평가결과 | 후보과제 우선순위 평가 | |
|-----|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------|-------|
| | 포트폴리오분석결과 | | | | | 후보과제 | 평가 항목 |
| | 수준-중요도 | 기술격차-격차추세 | 기술격차-기술수준 | 기술기반 성숙도-중요도 | | | |
| ○○○ | 기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역 | 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역 | 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역 | 기술기반 확보가 시급한 영역 | 4.0 | 1 ○○○ | 4 |
| | | | | | | 2 ○○○ | 4 |
| | | | | | | 3 ○○○ | 5 |

나. 후보과제 우선순위 평가결과

(1) 저비용 광촉매 생산 기술

| 후보과제명 | 기술 개발 실현 가능성 | 사회 경제적 파급 효과 | 정부 지원 필요성 | 기술 핵심성 | 기술 개발 시급성 | 과학 기술적 파급 효과 | 총합 | 순위 |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------------|------|----|
| 저비용 광촉매 대량 생산 기술 개발 | 5.0 | 4.7 | 4.8 | 4.5 | 4.6 | 4.3 | 27.9 | 1 |
| 저비용 광촉매 응집 반응 기술 개발 | 5.0 | 4.6 | 4.6 | 4.5 | 4.3 | 4.2 | 27.2 | 2 |
| 저비용 광촉매 파일럿 생산 기술 개발 | 4.9 | 4.3 | 4.7 | 4.4 | 4.4 | 4.3 | 27.0 | 3 |
| 저비용 광촉매 물성 향상 기술 개발 | 4.8 | 4.6 | 4.5 | 4.7 | 4.0 | 4.2 | 26.8 | 4 |
| 저비용 광촉매 응집제 개발 | 5.0 | 4.5 | 4.1 | 4.5 | 4.4 | 4.2 | 26.7 | 5 |
| 저비용 광촉매 성형 기술 개발 | 5.0 | 4.2 | 4.5 | 4.7 | 4.0 | 4.2 | 26.6 | 6 |

- 저비용 광촉매 생산 기술은 전체 과업에서 원천재료 기술에 해당하면 평가 총점 대부분은 26점 이상의 높은 평가점수가 도출됨
- 기획된 연구개발 분야는 이 광촉매 재료 원천기술을 바탕으로 응용기술 개발과 기술적, 경제적 파급효과를 도출할 수 있음
- 따라서 후보과제들 모두 포함한 3개 정도의 세세부과제를 구성함이 적절할 것으로 판단됨



(2) 도로시설물용 광촉매 전자재 개발 및 적용 기술

| 후보과제명 | 기술 개발 실현 가능성 | 사회 경제적 파급 효과 | 정부 지원 필요성 | 기술 핵심성 | 기술 개발 시급성 | 과학 기술적 파급 효과 | 총합 | 순위 |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|-----------|--------------|------|----|
| 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발 | 5.0 | 4.9 | 4.8 | 4.4 | 4.4 | 4.3 | 27.8 | 1 |
| 터널 및 지하공간 공기조화 시스템 광촉매 기술 개발 | 4.9 | 4.9 | 4.7 | 4.3 | 4.5 | 4.4 | 27.7 | 2 |
| 광촉매 콘크리트 성형용 이형 박리제 개발 | 4.9 | 4.8 | 4.5 | 4.4 | 4.5 | 4.5 | 27.6 | 3 |
| 광촉매 시멘트 페이스트 및 모르타르 제조 기술 개발 | 5.0 | 4.6 | 4.7 | 4.4 | 4.4 | 4.3 | 27.4 | 4 |
| 광촉매 포장 콘크리트 타설 장치 및 타설 최적화 기술 개발 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 27.3 | 5 |
| 광촉매 포장 콘크리트 구성 설계 및 제조 기술 개발 | 5.0 | 4.6 | 4.7 | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 27.2 | 6 |
| 광촉매 포장 콘크리트 공용성 검증 및 유지관리 기술 개발 | 4.8 | 4.6 | 4.8 | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 27.1 | 7 |
| 광촉매 기술 적용 공기청정 타워 기술 개발 | 4.8 | 4.8 | 4.9 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 27.1 | 7 |
| 터널 및 지하공간 광촉매 활성화 조명시스템 개발 | 4.6 | 4.6 | 4.7 | 4.3 | 4.5 | 4.4 | 27.1 | 7 |
| 광촉매 친환경 블록 등, 콘크리트 2차제품 개발 | 5.0 | 4.9 | 4.5 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 27.0 | 10 |
| 광촉매 적용 도로 흡음재, 방음벽 등, 부속시설물 건설자재 개발 | 4.8 | 4.5 | 4.7 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 26.0 | 11 |
| 폐콘크리트 미분말을 이용한 광촉매 모르타르 제조 기술 개발 | 4.6 | 4.2 | 4.6 | 4.4 | 4.0 | 4.0 | 25.8 | 12 |
| 자기세정 및 대기오염 저감기능을 갖는 광촉매 인조 판석 제조 기술 개발 | 4.8 | 4.7 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 25.7 | 13 |
| 광촉매 중앙분리대 적용 기술 개발 | 4.8 | 4.3 | 4.7 | 4.0 | 4.0 | 3.8 | 25.6 | 14 |
| 광촉매 콘크리트용 지오폴리머 적용 기술 개발 | 4.6 | 4.0 | 4.5 | 4.4 | 4.0 | 4.0 | 25.5 | 15 |

○ 저비용 광촉매를 활용하는 1차 응용기술에 해당하는 광촉매 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 개발 후보과제가 가장 높은 평가점수를 획득함

○ 또한, 가시적으로 대기오염을 제거할 수 있는 기술인 공기청정 타워기술은 평



가점수 27점 이상의 높은 점수를 획득함

- 한편, 페콘크리트 미분말 및 지오폴리머 등, 최근 콘크리트 특수재료 구성 기술은 광촉매 건설자재로의 개발 가능성은 높지만 시급성과 기술파급효과에서 상대적으로 낮은 평가점수를 획득함
- 따라서, 도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용기술에서는 평가점수 26점 이상의 후보과제 내용을 재정립하여 6개 내외의 세세부과제를 구성하는 것이 적절할 것으로 판단됨

(3) 주거 및 다중이용시설 광촉매 건자재 개발 및 적용 기술

| 후보과제명 | 기술 개발 실현 가능성 | 사회 경제적 파급 효과 | 정부 지원 필요성 | 기술 핵심성 | 기술 개발 시급성 | 과학 기술적 파급 효과 | 총합 | 순위 |
|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|-----------|--------------|------|----|
| 건축 외장 마감용 광촉매 노출 콘크리트 제조 및 시공 기술 개발 | 4.8 | 4.7 | 4.6 | 4.3 | 3.8 | 4.4 | 26.6 | 1 |
| 주거 및 다중이용시설 공기정화용 광촉매 공기조화 기기 개발 | 4.9 | 4.6 | 4.5 | 4.3 | 4.0 | 4.1 | 26.4 | 2 |
| 단열층 일체형 광촉매 건축 외장재 개발 | 4.8 | 4.2 | 4.5 | 4.3 | 4.0 | 4.3 | 26.1 | 3 |
| 광촉매 적용 도장재료 개발 | 4.7 | 4.5 | 4.2 | 4.3 | 4.0 | 4.3 | 26.0 | 4 |
| 가시광선 반응형 다기능 광촉매 플라스터 벽패널 시스템 개발 | 4.6 | 4.3 | 4.1 | 4.3 | 3.9 | 4.3 | 25.5 | 5 |
| 주거용 수처리 시설 광촉매 적용 기술 개발 | 4.7 | 4.6 | 4.6 | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 25.3 | 6 |
| 수처리용 태양광촉매 제조 기술 개발 | 4.7 | 4.6 | 4.5 | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 25.2 | 7 |
| 실내 광촉매 활성화를 위한 조명 시스템 개발 | 4.8 | 4.5 | 4.3 | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 25.0 | 8 |
| 수처리용 태양광촉매 반응기 개발 | 4.7 | 4.5 | 4.4 | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 25.0 | 8 |
| 광촉매 재료를 활용한 위생도기 및 타일 2차제품 개발 | 4.8 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 24.4 | 10 |
| 의료시설용 광촉매 건축자재 개발 | 4.8 | 4.0 | 4.2 | 3.5 | 4.3 | 3.5 | 24.3 | 11 |
| 의료시설 광촉매 공기조화 기기 및 살균 기술 개발 | 4.7 | 4.2 | 4.5 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 24.0 | 12 |
| 감염병 확산 방지를 위한 의료시설 실내용 건축 마감재 개발 | 4.6 | 4.0 | 4.5 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 23.7 | 13 |



| 후보과제명 | 기술 개발 실현 가능성 | 사회 경제적 파급 효과 | 정부 지원 필요성 | 기술 핵심성 | 기술 개발 시급성 | 과학 기술적 파급 효과 | 총합 | 순위 |
|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|-----------|--------------|------|----|
| 의료장비 광촉매 적용 기술 | 4.0 | 3.7 | 4.3 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 22.6 | 14 |
| 축사 진입 인적/물적 자원 광촉매 처리 기술 개발 | 4.0 | 3.8 | 4.3 | 3.3 | 3.2 | 3.6 | 22.2 | 15 |
| 축사 건물 및 접근 도로 광촉매 처리 기술 개발 | 4.3 | 3.7 | 4.0 | 3.3 | 3.2 | 3.6 | 22.1 | 16 |
| 축산용 광촉매 수처리 기술 개발 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 3.3 | 3.2 | 3.6 | 21.9 | 17 |

- 주거 및 다중이용시설용 광촉매 건설자재 개발 분야는 전체적으로 기술개발 가능성은 높지만 기술핵심성, 시급성 및 파급효과에서 다소 낮은 점수를 획득함
- 특히 의료시설 및 축산시설과 관련되어 광촉매 살균기술을 건설자재에 응용하는 분야는 미세먼지 및 대기오염 저감과 연관성이 낮고 건설 기술 분야에서 과학기술적 파급효과가 낮아 저순위를 나타냄
- 따라서, 미세먼지 및 실내공기질 향상과 밀접한 관련이 있는 건설자재 중심으로 평가점수 25점 이상을 획득한 후보과제를 대상으로 조정을 통해 5개 내외의 세세부과제를 구성하는 것이 적절할 것으로 판단됨

(4) 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술

| 후보과제명 | 기술 개발 실현 가능성 | 사회 경제적 파급 효과 | 정부 지원 필요성 | 기술 핵심성 | 기술 개발 시급성 | 과학 기술적 파급 효과 | 총합 | 순위 |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|-----------|--------------|------|----|
| 광촉매 건설자재의 대기 오염물질 제거 성능평가 기술 및 기준 개발 | 4.8 | 4.8 | 4.9 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 28.5 | 1 |
| 광촉매 재료 성능시험평가 기술 개발 | 4.9 | 4.7 | 4.8 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 28.4 | 2 |
| 광촉매 공기조화 기기 성능평가 표준화 기술 개발 | 4.8 | 4.7 | 4.8 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 28.3 | 3 |
| 광촉매 건설자재 실사용 대기환경 적용 Mock-Up 성능평가 실험 연구 | 4.8 | 4.8 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 28.3 | 3 |
| 광촉매 건설자재 실사용 실내환경 적용 Mock-Up 성능평가 실험 연구 | 4.7 | 4.8 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 28.2 | 5 |



| 후보과제명 | 기술 개발 실현 가능성 | 사회 경제적 파급 효과 | 정부 지원 필요성 | 기술 핵심성 | 기술 개발 시급성 | 과학 기술적 파급 효과 | 총합 | 순위 |
|----------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|-----------|--------------|------|----|
| 광촉매 건설자재 인증 표준화 연구 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 4.6 | 4.7 | 4.6 | 28.1 | 6 |
| 저비용 광촉매 원천재료 인증 표준화 연구 | 4.7 | 4.8 | 4.6 | 4.6 | 4.7 | 4.6 | 28.0 | 7 |
| 광촉매 작용에 따른 지하공간 공기질 성능 평가 연구 | 4.7 | 4.6 | 4.7 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 27.4 | 8 |
| 광촉매 건설자재의 방오 성능 기준 개발 및 검증 방안 연구 | 4.7 | 4.7 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 27.3 | 9 |
| 새집증후군 개선 광촉매 효과 성능평가 및 표준화 | 4.5 | 4.3 | 4.7 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 26.9 | 10 |
| 광촉매 건설자재의 살균 성능 기준 개발 및 검증 방안 연구 | 4.5 | 4.0 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 26.4 | 11 |

- 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야는 전체적으로 정부지원필요성, 시급성 및 파급효과에서 매우 높은 평가점수를 획득함
- 그 이유는 광촉매 재료 및 건설자재를 개발하더라도 그 성능을 입증할 수 있는 기술이 부족할 경우, 실용화 한계에 부딪힐 수 있기 때문인 것으로 판단됨
- 반면, 표준화기술은 제안된 후보과제가 별개로 연구개발 되기보다는 유사한 후보과제의 통합과 개발대상 과제의 연관성을 고려한 정리가 필요함
- 따라서, 표준화 기술은 정리과정을 통하여 세세부과제 4개 내외로 구성하는 것이 적정할 것으로 판단됨



4절 세부과제별 주요내용

1. (중점추진분야 1) : 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 분야 세부과제

(1) 연구개발 목표, 주요 연구내용, 주요 성과 및 활용 방안

| | |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제명 | 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 개발 |
| 과제목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 산화티탄 광촉매 대비 50 % 이상 저비용 고성능 광촉매 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 기술 개발 및 실용화 |
| 주요내용 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 응집기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 가공기술 개발 ◦ 가시광선 반응형 저비용 고성능 광촉매 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 생산 Pilot 설비 구축 |
| 주요성과 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 및 응집반응 기술 확보 ◦ 저비용 고성능 광촉매 대량생산 Pilot Plant 구축 ◦ 저비용 고성능 광촉매 대량생산 기술 확보 및 시제품 ◦ 가시광선 반응형 저비용 고성능 광촉매 시제품 |
| 활용방안 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 시멘트계 건설자재 개발용 광촉매 원천 소재로 활용 ◦ 도장재, 패브릭 석재 등 건설자재용 광촉매 원천 소재로 활용 ◦ 공기조화 기기 광촉매 필터 원천 소재 활용 ◦ 기타 파급효과로서 각종 산업용에 사용되는 산화티탄 재료로 활용 |



(2) 연차별 목표 및 내용

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 응집반응 조건 및 메커니즘 설정 | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 제조 최적의 하·폐수 슬러지 선정 및 특성 분석 - 저비용 고성능 광촉매 제조용 응집제 개발 - 응집제의 응집반응 조건 설정 - 산화티탄 응집 메커니즘 설정 |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 대용량 응집기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 대용량 하폐수 처리장 응집처리 방안 정립 - 대용량 응집조 설계 - 저비용 고성능 광촉매 회수 기술 개발 - 하폐수 처리수 수질 평가 |
| 3차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 소성 파일럿 설계 ◦ 슬러지 소성기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 소성 파일럿 플랜트 설계 - 저비용 고성능 광촉매 소성 파일럿 플랜트 제작 - 저비용 고성능 광촉매 소성 기술 개발 - 저비용 고성능 광촉매 활성화도 평가 |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 대용량 슬러지 건조 및 소성 기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 대용량 광촉매 슬러지 건조 기술 개발 - 대용량 광촉매 슬러지 소성 기술 개발 - 대량 생산된 광촉매 물성 평가 - 대량 생산된 광촉매 활성화도 평가 |
| 5차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 물성 향상 기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 성형 기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 품질기준 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 산염기 처리기술 개발 - 광촉매 분쇄 및 분극기술 개발 - 가시광 반응형 광촉매 가공기술 개발 - 광촉매 기능성 향상 성형기술 개발 - 저비용 고성능 광촉매 물성 기준 정립 - 저비용 고성능 광촉매 활성화도 기준 정립 |



2. (중점추진분야 II) : 도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제

(1) 연구개발 목표, 주요 연구내용, 주요 성과 및 활용 방안

| 세부과제명 | 도로시설물 광촉매 건설자재 및 적용 기술 개발 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 과제목표 | <ul style="list-style-type: none"> 10m×10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성 (ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정) ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과 저비용 고성능 광촉매 혼입 시멘트계 건설자재 개발 저비용 고성능 광촉매 혼입 포장 콘크리트 및 포장 시공 기술 개발 저비용 고성능 광촉매 도로부속시설물 건설자재 및 시공 기술 개발 터널 및 지하공간에 광촉매 적용 시스템 개발 구조물 외벽 오염 및 백화 방지 방오 광촉매 기술 개발 |
| 주요내용 | <ul style="list-style-type: none"> 광촉매 혼입 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 제조 기술 개발 광촉매 혼입 이형박리제 제조 및 시공 기술 개발 경량기포 광촉매 콘크리트 및 방음, 흡음 패널 등 2차제품 개발 광촉매 친환경블록, 투수블록 및 인조석 등, 2차제품 개발 Hot-spot 오염지역 적용 위한 공기청정 타워 기술 개발 터널 및 지하공간 광촉매 활성 조명시스템 개발 터널 및 지하공간 광촉매 공기조화 시스템 개발 광촉매 건설자재의 질소산화물 및 황산화물 분해 성능평가 모듈 개발 광촉매 건설자재의 대기오염 제거 Test Bed 적용 대기오염 저감용 광촉매 건설자재 사용 매뉴얼 개발 |
| 주요성과 | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 고성능 광촉매 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 시제품 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 시제품 및 타설 장비 저비용 고성능 광촉매 도로 흡음, 방음 패널 등 2차제품 시제품 저비용 고성능 광촉매 친환경블록, 투수블록 및 인조석 등 2차제품 시제품 Hot-spot 오염지역 공기청정 타워 모형 시제품 터널 및 지하구조물 광촉매 활성화 조명/공기조화 시스템 시제품 대기오염 저감용 광촉매 건설자재 사용 매뉴얼 |
| 활용방안 | <ul style="list-style-type: none"> 대기오염 및 미세먼지 저감 도로시설물 건설자재로 활용 Hot-spot 오염지역 집중 공기청정 시스템으로 활용 대기오염 및 미세먼지 저감 위한 도로부속시설물에 적용하는 2차제품 건설자재로 활용 터널 및 지하공간 공기질 개선 건설자재/시스템으로 활용 |



(2) 연차별 목표 및 내용

(가) 도로시설물용 광촉매 시멘트계 건설자재 개발 부분

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> 광촉매 적용대상 도로시설물 대상 분류 광촉매 시멘트계 건설자재 제조기술 및 기본배합 설계 | <ul style="list-style-type: none"> 적용 대상별 시멘트계 광촉매 건설자재 소요성능 설정 콘크리트 내 광촉매 물질 균등 분산 및 고착 제조 기술 조사 광촉매 시멘트계 건설자재 기본배합 설계 (페이스트, 모르타르, 콘크리트, 경량기 포콘크리트, 지오폴리머 콘크리트) 광촉매 이형 박리제 구성재료 설계 <p>※ 기존 광촉매 재료 사용</p> |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> 광촉매 시멘트계 건설자재 배합 개발 및 특성 평가 광촉매 시멘트계 건설자재 오염물질 분해 성능평가 모듈 개발 터널 및 지하공간 적용 방식 검토 | <ul style="list-style-type: none"> 광촉매 시멘트계(포장) 건설자재 배합 개발 및 역학/내구 특성 평가 광촉매 시멘트계 건설자재 질소산화물 및 황산화물 분해 성능평가 모듈 개발 터널 및 지하공간 광촉매 건설자재 적용 방식 검토 광촉매 이형 박리제 제조기술 |
| 3차년도 | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 고성능 광촉매 시멘트계 건설자재 시제품 개발 광촉매 포장 콘크리트 시제품 개발 터널 및 지하공간 광촉매 건설자재 적용성 시험평가 | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 고성능 광촉매 시멘트계 건설자재 배합 개선 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 배합 개선 저비용 고성능 광촉매 콘크리트 질소산화물 및 황산화물 분해 성능평가 평가 터널 및 지하공간 광촉매 UV 조명시스템 설계 <p>※ 개발 저비용 고성능 광촉매 재료 사용</p> |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 고성능 광촉매 시멘트계 건설자재 시제품 개발 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 시제품 개발 터널 및 지하공간 광촉매 활성 조명시스템 개발 | <ul style="list-style-type: none"> 저비용 고성능 광촉매 시멘트계 건설자재 실외 적용성 평가 및 시제품 개발 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 실외 적용성 평가 및 시제품 개발 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 층구성 최적화(광촉매 포장층 두께, 접합 방식 등) 저비용 고성능 광촉매 포장 타설 장치 개발 터널 및 지하공간 광촉매 건설자재 적용 모형 제작 광촉매 건설자재 품질기준(안) 도출 |
| 5차년도 | <ul style="list-style-type: none"> TEST BED 적용 및 보완 | <ul style="list-style-type: none"> 지상 및 지하 공간 광촉매 건설자재 시범 TEST BED 적용 광촉매 건설자재 기술 보완 및 인증 표준화(4세부 공동) |



(나) 도로부속시설물용 건설자재 2차제품 개발 부분

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | - | - |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 건설자재 2차제품 적용대상 특성 조사 ◦ 광촉매 건설자재 2차제품 설계 | <ul style="list-style-type: none"> - 적용 대상 부속시설물별 구조적, 환경적 특성 조사 - 광촉매 방음, 흡음, 인조석, 친환경블록, 투수블록 등 2차제품 설계 - 2차제품 별 광촉매 층구성 상세설계 ※ 기존 광촉매 재료 사용 ※ 분해 및 제거 성능평가시험은 4세부에서 수행 |
| 3차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 도로부속시설물용 광촉매 혼입 2차제품 시제품 제작 | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 건설자재 2차제품 시제품 제작 - 저비용 고성능 광촉매 건설자재 2차제품 역학 및 내구특성 시험 평가 - 저비용 고성능 광촉매 건설자재 질소산화물 및 황산화물 분해 성능평가 ※ 개발 저비용 고성능 광촉매 재료 사용 ※ 성능평가는 실험실 조건 실시 |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 도로부속시설물용 광촉매 혼입 2차제품 현장 적용성 평가 ◦ 도로부속시설물용 광촉매 혼입 2차제품 시제품 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 2차제품 건설자재 실외 적용성 평가 - 저비용 고성능 광촉매 2차제품 건설자재 성능개선 및 시제품 개발 - 저비용 고성능 광촉매 건설자재 품질기준(안) 작성 |
| 5차년도 | - | - |



(다) Hot-Spot 공기청정 타워 기술 부분

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | - | - |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Hot-Spot 공기청정 타워 설치 환경 조사 ◦ Hot-Spot 공기청정 타워 기본 설계 | <ul style="list-style-type: none"> - 설치 위치, 간이 환경 영향 평가 - 설치 효과분석 및 구성 검토 - Hot-Spot 공기청정 타워 기본 설계 |
| 3차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Hot-Spot 공기청정 타워 상세 설계 ◦ Hot-Spot 공기청정 타워 구성품 제작 | <ul style="list-style-type: none"> - Hot-Spot 공기청정 타워 구성 상세 설계 - Hot-Spot 공기청정 공기조화 기기 제작 - Hot-Spot 공기청정 구조재 제작 - Hot-Spot 기타 구성품 제작 |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Hot-Spot 공기청정 타워 모형 제작 및 성능평가 | <ul style="list-style-type: none"> - Hot-Spot 공기청정 타워 모형 제작 - Hot-Spot 공기청정 타워 모형의 대기정화 성능 시험평가 - Hot-Spot 공기청정 타워 설치 수요처 선정 |
| 5차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Hot-Spot 공기청정 타워 TEST BED 적용 및 보완 | <ul style="list-style-type: none"> - Hot-Spot 공기청정 타워 제작 - Hot-Spot 공기청정 T/B 적용 및 운영 매뉴얼 작성 |



3. (중점추진분야 III) : 주거 및 다중이용시설물 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제

(1) 연구개발 목표, 주요 연구내용, 주요 성과 및 활용 방안

| | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제명 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 건설자재 및 적용 기술 개발 |
| 과제목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 친환경 건축자재 최우수등급 (TVOC 0.10 mg/m³·h 미만, HCHO 0.03 mg/m³·h 미만) ◦ 외부유입 미세먼지 전구물질 (VOCs, 암모니아) 30 % 저감 |
| 주요내용 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 혼입 도장재료 개발 ◦ 패브릭 건축자재 광촉매 처리 기술 개발 ◦ 실내 오염 물질 제거 및 단열, 흡음 등 다기능 건축자재 개발 ◦ 가시광선 반응형 다기능 플라스터 광촉매 건설자재 개발 ◦ 광촉매 공기정화 필터 및 공기조화 기기 개발 |
| 주요성과 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 혼입 페인트 시제품 ◦ 오염물질 제거 및 단열 복합 기능 광촉매 건축 패널 시제품 ◦ 소/대용량 광촉매 공기조화 기기 시제품 ◦ 대기오염물질 제거 및 자기세정 광촉매 타일 건축자재 시제품 ◦ 저비용 고성능 광촉매 적용 가시광 반응형 건축 내장재 시제품 ◦ 저비용 고성능 광촉매 실내용 건축자재 사용 매뉴얼 |
| 활용방안 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 건축물의 패시브 리모델링 건축자재로 활용 ◦ 실내공기질 민감시설(어린이 보육 시설, 노인요양시설 등) 살균 건축자재로 활용 ◦ 다중이용시설, 터널, 지하차도 및 지하주차장 등의 실내공기질 향상 및 살균 공기조화 기기로 활용 ◦ 광촉매 필터 기술을 활용한 다양한 응용 제품 개발 모듈로 활용 |



(2) 연차별 목표 및 내용

(가) 광촉매 건축자재 기술 부분

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 건축자재 적용성 검토 ◦ 광촉매 실내 광원 검토 | <ul style="list-style-type: none"> - 도장재료 종류별 광촉매 작용 활성화 적용성 사전 검토 - 도장재료 종류별 적용 범위 및 수요 사전 검토 - 광촉매 도장재 재료구성 - 광촉매 실내광원 조사 <p>※ 기존 광촉매 재료 사용</p> |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 도장재 재료구성 및 혼합기술 개발 ◦ 광촉매 건축자재 설계 ◦ 광촉매 실내 광원 평가 | <ul style="list-style-type: none"> - 도장재료 광촉매 재료 혼합기술 개발 - 광촉매 패브릭 건축자재 제품 설계 - 가시광선 반응형 광촉매 플라스터 재료구성 및 설계 - 광촉매 타일 건축자재 제품 설계 - 단열, 흡음 등 다기능 광촉매 건축패널자재 설계 - 광촉매 실내 광원 선정 및 성능시험평가 |
| 3차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 도장재 시제품 개발 ◦ 광촉매 건축자재 시제품 개발 ◦ 광촉매 건축자재 시제품 오염물질 제거 성능평가 ◦ 광촉매 실내 광원 시스템 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 도장재 시제품 개발 - 광촉매 패브릭 건축자재 시제품 개발 - 가시광선 반응형 광촉매 플라스터 제조기술 개발 - 광촉매 타일 건축자재 시제품 개발 - 단열, 흡음 등 다기능 광촉매 건축패널자재 시제품 제작 - 광촉매 건축자재 오염물질 제거 성능평가 - 광촉매 실내 광원 시스템 개발 <p>※ 저비용 고성능 광촉매 재료 사용</p> |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 건축자재 현장 적용성 평가 ◦ 광촉매 건축자재 시제품 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 건축 내장재 실내 광원 시스템 개발 - 저비용 고성능 광촉매 건축자재 실외 적용성 평가 - 저비용 고성능 광촉매 건축자재 성능개선 및 시제품 개발 - 저비용 고성능 광촉매 건축자재 품질기준(안) 작성 |
| 5차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ TEST BED 적용 및 보완 | <ul style="list-style-type: none"> - TEST BED 적용 및 보완/제조 및 시공 매뉴얼) 개발 |



(나) 광촉매 공기조화기기 기술 부분

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 원재료 선정 작업 진행 ◦ 광촉매 분말의 활성화 개질 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 필터용 광촉매 분말의 효율 향상을 위한 표면 개질 기술 개발 - 광촉매 기본 물질 혼합 시험 평가 - 기기 내 광원의 광촉매 활성화 평가 |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 공기조화용 광촉매 필터 제조 기술 확립 | <ul style="list-style-type: none"> - 공기조화용 광촉매 친환경 기존 조건 평가 - 공기조화용 광촉매 필터 제조 - 공기조화용 광촉매 필터 성능평가 |
| 3차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 공기조화기기 설계 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 적용 필터용 활성 광원 설치 기준 정립 - 광촉매 적용 공기조화기기 전처리 필터 선정 - 광촉매 적용 공기조화기기 유동 설계 - 광촉매 적용 공기조화기기 부품 설계 |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 공기조화기기 성능 평가 ◦ 광촉매 공기조화기기 시제품 제작 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 적용 공기조화기기 시제품 제작 - 광촉매 적용 공기조화기기 부품 안정성 평가 |
| 5차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 공기 조화기 시제품 현장 평가 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 적용 공기 조화기 시제품 평가 - 광촉매 적용 공기조화기 보완 사항 해결 |



4. (중점추진분야 IV) : 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야 세부과제

(1) 연구개발 목표, 주요 연구내용, 주요 성과 및 활용 방안

| | |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제명 | 광촉매 재료 및 자재 표준화 기술 개발 |
| 과제목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 재료 소요 성능평가 기술 개발 ◦ 실내 및 실외환경 모사 광촉매 성능 시험평가 방안 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 건설자재의 오염물질 저감효과 정량화 방안 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 재료 및 건설자재 인증시스템 구축 |
| 주요내용 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 저비용 고성능 광촉매 재료 성능평가 기술 개발 ◦ 저비용 고성능 광촉매 건설자재 성능평가 기술 개발 ◦ 광촉매 가시광 반응성능 평가 기술 개발 ◦ 광촉매 성능시험법, 시험장치 및 시험규격 개발 (단체표준) ◦ 광촉매 성능 인증제도 및 인증시스템 구축 |
| 주요성과 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 재료 성능평가 시험법(안) ◦ 광촉매 건설자재 성능평가 시험법(안) ◦ 가시광 응답형 광촉매 재료 성능평가 시험법(안) ◦ 광촉매 재료 성능평가 표준(안) (KS, 단체표준 등) ◦ 광촉매 건설자재 성능평가 표준(안) ◦ 광촉매 재료 및 건설자재 인증제도 제안 및 인증시스템 (안) |
| 활용방안 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 재료 및 자재 성능 평가에 이용 ◦ 표준화된 실험 방법 제시를 통한 연구 효율 향상 ◦ 품질 기준 제시를 통한 광촉매 기술의 신뢰성 향상 ◦ 인증 제도를 통한 해당 제품의 소비자-생산자간 신뢰감 확보 ◦ 광촉매 재료 및 건설자재의 공기 중 오염물질 제거 성능 평가를 위한 성능평가 시험방법 표준화 |



(2) 연차별 목표 및 내용

| 연차 | 연구목표 | 연구내용 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | ◦ 광촉매 성능 표준화 현황 분석 | <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 광촉매 성능 평가 시험 방법 조사 - 국내외 광촉매 표준화 현황 조사 - 국내외 광촉매 품질 기준 및 인증제도 조사 |
| 2차년도 | ◦ 광촉매 재료 성능평가 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 원재료 물성 평가 항목 선정 (입도분포 및 형상 등) - 광촉매 원재료 물성 평가 시험법(안) 개발 - 광촉매 원재료 성능 평가 항목 선정 - 광촉매 원재료 성능 평가 시험법(안) 개발 |
| 3차년도 | ◦ 광촉매 건설자재 성능평가 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 활용/재료 제품 성능평가 시험법(안) 개발 (가시광선 응답형 광촉매 포함) - 광원 및 기류 제어 기술, 실험 환경조건 모사 기술, 대상 오염물질 선정 및 측정 기술, 광촉매 반응 시험장치 제작 - 재료/제품 장기 내구성능 평가 시험법(안) 개발 - 재료/제품 수명예측 평가(안) 개발 |
| 4차년도 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 광촉매 재료 및 건설자재 품질기준 개발 ◦ 광촉매 성능평가 시험법 표준화 | <ul style="list-style-type: none"> - 재료/제품 별 품질 기준(안) - 광촉매 원재료 성능평가 시험법 표준(안) - 재료/제품별 성능평가 표준(안) |
| 5차년도 | ◦ 인증제도 및 인증시스템 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 원재료 성능평가 시험법 표준(안) - 재료/제품별 성능평가 표준(안) - 목적 별 인증제도(안) 개발 - 인증 시스템 구축 |



5절 주요 성과지표

1. (중점추진분야 I) : 저비용 고성능 광촉매 생산 기술 분야 세부과제

| 성과물 | 성과물 내용 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|-------------------|------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 저비용 고성능 광촉매 시제품 | 저비용 고성능 광촉매 제조 기술 및 광촉매 활용을 위한 가공 기술 개발 | 특허, 시제품 | - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 아세트알데히드 90% 이상 제거(가스백법) |
| 슬러지 광촉매 생산 파일럿 설비 | 하·폐수 슬러지에서 대량의 산화티탄 광촉매를 생산할 수 있는 파일럿 설비 | 장치 | - 저비용 고성능 광촉매 생산량 50 kg/h |

2. (중점추진분야 II) : 도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제

| 성과물 | 성과물 내용 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 저비용 고성능 광촉매 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 시제품 | 개발된 저비용의 광촉매를 재료로 활용하여 제조한 시멘트계 건설자재 시제품 | 특허, 시제품 | - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) |
| 저비용 고성능 광촉매 포장 콘크리트 타설 장비 | 도로 포장 광촉매를 효율적으로 타설할 수 있는 장비 | 특허, 장치 | - 기존 포장 피니싱 시간 10% 증가 이내 - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) |
| Hot-spot 오염지역 공기청정 타워 모형 시제품 | 도시 대기 중 질소산화물 오염도가 높은 도로변 Hot-spot 지점에 광촉매 기술이 적용된 공기청정 타워 | 특허, 장치 | - 주변(반경 50m) 질소산화물 농도 저감을 20% 이상 - 주변(반경 50m) 미세먼지(PM _{2.5}) 농도 저감을 30% 이상 |
| 저비용 고성능 광촉매 친환경블록, 투수블록 및 인조석 등 2차제품 시제품 | 저비용 고성능 광촉매가 포함된 콘크리트 건설자재 시제품 | 특허, 시제품 | - NO 제거 : 1.0 umol/50μm ² ·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 소요 자재 물성(KS 등) 만족 - 질소산화물 제거 0.5 μmol/5h 이상 |



| 성과물 | 성과물 내용 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|-------------------------------------|----------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 저비용 고성능 광촉매 도로 흡음, 방음 패널 등 2차제품 시제품 | 저비용 고성능 광촉매가 포함된방음, 흡음 및 빛 차단 건설자재 시제품 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - NO 제거 : 1.0 umol/50μm²·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 소요 자재 물성(KS 등) 만족 - 주변 질산화물 농도 저감률 30% 이상 |
| 터널 및 지하구조물 광촉매 활성화 조명/공기조화 시스템 시제품 | 터널 및 지하공간에서 광촉매 반응을 일으키는 조명시스템 제조기술 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - 터널내 미세먼지 저감률 30%, 질소산화물 저감률 20% 이상 |

3. (중점추진분야 III) : 주거 및 다중이용시설물 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 분야 세부과제

| 성과물 | 성과물 내용 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 광촉매 혼입 페인트 시제품 | 개발된 저비용의 광촉매를 재료로 활용하여 제조한 도장재 건설자재 시제품 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - NO 제거 : 1.0 umol/50μm²·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) - 아세트알데히드 90% 이상 제거(가스백법) |
| 오염물질 제거 및 단열 복합 기능 광촉매 건축 패널 시제품 | 광촉매 활성화 작용과 동시에 단열성능이 확보된 다기능 건축자재 시제품 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - 건축물 에너지절약 설계기준의 단열성능 만족(외기에 직접 면하는 거실 외벽 열관류율 중부0.21 이하, 남부 0.26 이하, 제주도 0.36이하) - NO 제거 : 1.0 umol/50μm²·5h 이상(ISO 22197-1 시험법, 일본 기준 2배) |
| 소/대용량 광촉매 공기조화 기기 시제품 | 실내, 터널 및 지하공간 등 공기순환 경로에서 오염물질을 분해, 제거하는 공기조화 광촉매 기기 시제품 | 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - 휘발성유기화합물 농도 저감률 40% 이상 - 포름알데히드 저감률 30% 이상 |
| 저비용 고성능 광촉매 적용 가시광 반응형 건축 내장재 시제품 | 일반 광촉매 건설자재와 공기조화기기는 UV광을 기본으로 적용하는 반면 가시광에 반응은 건축 내장재 시제품 | 특허, 시제품 | <ul style="list-style-type: none"> - 아세트알데히드 분해 : 50% 이상 제거(가스백법, 형광등) |



| 성과물 | 성과물 내용 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|----------------------------------|---------------------------------------------|--------|---------------------|
| 저비용 고성능 광촉매 적용 타일 건설자재 시제품 | 광촉매 적용 타일 건설자재 시제품 | 시제품 | - 기존보다 가성비가 200% 이상 |
| 저비용 고성능 광촉매 적용 실내용 건설자재용 사용자 매뉴얼 | 최적의 성능이 확보될 수 있도록 광촉매 적용 건설자재의 제작 또는 시공 매뉴얼 | 매뉴얼 | - 매뉴얼의 제시 |

4. (중점추진분야 IV) : 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 분야 세부과제

| 성과물 | 성과물 내용 | 성과물 유형 | 성과지표 |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 광촉매 재료 성능평가 표준(안) (KS, 단체표준 등) | 저비용 고성능 광촉매 재료의 성능 시험법과 평가 방안을 제시 | 규격(안) | - NO 제거 : ISO 22197-1 - 아세트알데히드 제거 : ISO 22197-2 - 톨루엔 제거 : ISO 22197-3 - 셀프클리닝 : ISO 27448 |
| 광촉매 건설자재 성능평가 표준(안) | 저비용 고성능 광촉매 건설자재의 성능 시험법과 평가 방안을 제시 | 규격(안) | - NO 제거 : ISO 22197-1 - 아세트알데히드 제거 : ISO 22197-2 - 톨루엔 제거 : ISO 22197-3 - 셀프클리닝 : ISO 27448 |
| 가시광 응답형 광촉매 재료 성능평가 시험법(안) | 가시광 응답형 광촉매 재료의 시험법과 평가 방안을 제시 | 규격(안) | - NO 제거 : ISO 22197-1 - 아세트알데히드 제거 : ISO 22197-2 - 톨루엔 제거 : ISO 22197-3 - 셀프클리닝 : ISO 27448 |
| 광촉매 재료 및 건설자재 인증제도 제안 및 인증시스템 (안) | 저비용 고성능 광촉매 재료와 건설자재의 상용화를 위해서 소비자에게 성능을 객관화할 수 있는 인증시스템 | 규격(안) | - NO 제거: ISO 22197-1 - 아세트알데히드 제거 : ISO 22197-2 - 톨루엔 제거 : ISO 22197-3 - 셀프클리닝 : ISO 27448 |



6절 기술개발 로드맵

1. 총괄 로드맵



* 광촉매 건설자재 1~2차년도 초기 개발에서는 기존 광촉매 사용
 ** 3차년도 시작품 개발에서는 개발한 저비용 고성능 광촉매 사용



2. 세부과제별 기술/성과 로드맵

가. 세부과제 1

| 1 세부 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 | | | | |
|---------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| 세부과제 목표 | 기존 산화티탄 광촉매 대비 동등 성능 이상, 가격 50% 이하 저비용 생산 기술 개발 | | | | |
| 세부과제 단계별 목표 | 저비용 고성능 광촉매 응집기술 | 저비용 고성능 광촉매 대량 생산기술 | 저비용 고성능 광촉매 가공기술 및 제품화 | | |
| 구성 기술 | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 저비용 광촉매 응집 기술 | 광촉매 응집제 개발 ↓ 광촉매 응집반응 기술 | | | | |
| 저비용 광촉매 생산 기술 | | 광촉매 회수 기술 ↓ 광촉매 응집설비 및 파일럿 설비 설계 | 광촉매 생산 파일럿 제작 ↓ 광촉매 파일럿 시범 생산 | | 저비용 광촉매 양산 시스템 구축, 제품 설명서 |
| 저비용 광촉매 가공 기술 | | | | 대량 광촉매 소성 및 분쇄/분급 기술 ↓ 광촉매 성형 기술 | |
| 저비용 광촉매 물성 및 활성화 평가 | 광촉매 물성 및 활성화 기초실험 | | 파일럿 광촉매 물성 및 활성화 평가 | 대량 생산 광촉매 물성 및 활성화 평가 | 저비용 광촉매 성능 최적화 및 제품화 |
| 연차별 목표성과물 | 저비용 고성능 광촉매 응집제 시작품 | | 저비용 고성능 광촉매 생산 파일럿 및 광촉매 시작품 | 저비용 고성능 광촉매 시제품 | 저비용 고성능 광촉매 다양한 상용 제품 |

나. 세부과제 2

| 2 세부 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 세부과제 목표 | 대기 중 미세먼지 전구물질(NOx, SOx) 1톤/km ² -day 제거 | | | | |
| 세부과제 단계별 목표 | 광촉매 건설자재 기본 구성/설계 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 핵심기술 개발 | 시제품 및 적용기술 개발 | T/B 적용 및 실용화 | |
| 구성 기술 | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 시멘트계 광촉매 건설자재 및 포장 콘크리트 | 광촉매 시멘트 건설자재 기본배합 | 도로 포장용 광촉매 콘크리트 배합 및 제조기술, 광촉매 성능 실내시험 및 평가 (4세부 공동) ↓ 구체용 광촉매 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 제조기술, 광촉매 성능 실내시험 및 평가 (4세부 공동) | 구체 및 포장 광촉매 콘크리트 시공기술 | | |
| 광촉매 도로부속시설물용 2차제품 | | 2차제품 기능 및 구성 상세설계 | 2차제품 제작 기술, 광촉매 성능 실내시험 | 광촉매 성능 실외시험평가 제품 품질기준(안) | Test-bed 적용 및 보완, 사용 매뉴얼 작성 |
| 터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술 | | 터널/지하공간 광촉매 건설자재 적용 방식 설정 | 터널/지하공간 광촉매 UV 조명시스템 설계 | 터널/지하공간 광촉매 건설자재 적용 모형 제작 | |
| 광촉매 이형 박리제 | 광촉매 박리제 구성 설계 | 광촉매 박리제 제조 기술 | 광촉매 박리제 성능평가 | 저비용 광촉매 박리제 제품화 | |
| Hot-Spot 공기 청정타워 | | 타워 설치 환경조사 및 기본 설계 | 타워 상세설계 및 구성품 제작 | 타워 모형 제작 및 광촉매 성능평가 | Test-bed 적용 및 보완, 사용 매뉴얼 작성 |
| 연차별 목표성과물 | 광촉매 시멘트 페이스트 시작품 | 광촉매 모르타르 (모르타르 콘크리트) 이형박리제 시작품 | 광촉매 시멘트 건설자재 시제품, 공기청정타워 및 광촉매 터널 모형 | | Test-bed 4건 |



다. 세부과제 3

| 3 세부 | 주거 및 다중이용시설 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 | | | | |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 세부과제 목표 | 친환경 건축자재 최우수등급 (중 휘발성유기화합물 0.10 mg/m ² ·h 미만, 포름알데히드 0.03 mg/m ² ·h 미만) 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30% 절감 | | | | |
| 세부과제 단계별 목표 | 광촉매 건축자재 기본 구성/설계 | 주거 및 다중이용시설용 광촉매 건축자재 핵심기술 개발 | 시제품 및 적용기술 개발 | T/B 적용 및 실용화 | |
| 구성 기술 | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 광촉매 도장재료 | 광촉매 도장재료 종류별 적용성 검토 및 재료 구성 | 종류별 광촉매 재료 혼합기술 개발 | 광촉매 도장재료 시제품 제조 및 성능평가 | Test-bed 적용 및 제품 설명서 | |
| 광촉매 실내 광원 시스템 | 광촉매 실내 광원 조사 | 광촉매 실내 광원 선정 및 성능평가 | 광촉매 실내 광원 시스템 개발 | | Test-bed 적용 및 보완, 제품 설명서, 사용 매뉴얼 |
| 광촉매 건축자재 2차제품 (패브릭, 플라스틱, 타일 및 다기능 패널) | | 2차제품 기능 및 구성 상세설계 | 2차제품 시제품 개발 광촉매 성능시험 | 2차제품 광촉매 성능 환경 모형실험 및 평가 | |
| 광촉매 공기조화기기 | 필터용 광촉매 분말 활성화 개질 기술 | 광촉매 필터 제조 기술 | 대상 용도별 광촉매 공기조화기기 설계 | 광촉매 공기조화기기 시제품 개발/안정성 평가 | Test-bed 적용 및 제품설명서/사용 매뉴얼 |
| 연차별 목표성과물 | | 광촉매 필터 시제품 | 광촉매 건축자재 2차제품 도장재 시제품 | 광촉매 건축자재 2차제품, 공기조화기기 시제품 | Test-bed 3건 |

라. 세부과제 4

| 4 세부 | 광촉매 재료 및 건설자재 성능 표준화 기술 | | | | |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------|
| 세부과제 목표 | 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 기술 개발 및 인증제도 개발 | | | | |
| 세부과제 단계별 목표 | 광촉매 원재료 성능평가기술개발 | 광촉매 재료/제품 성능평가 기술 개발 | 광촉매 재료/제품 품질 기준 개발 | 광촉매 성능평가 시험법 표준화 및 인증제도 개발 | |
| 구성 기술 | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 광촉매 재료 성능평가 기술 | 광촉매 성능평가 시험법 조사 | 광촉매 재료 평가항목 선정 | | | |
| | | 광촉매 원재료 평가 시험법(안) 개발 | | | |
| 광촉매 건설자재 성능평가 기술 | 광촉매 건설자재 표준화 현황조사 | 광촉매 건설자재 광촉매 성능 시험법(안) 개발 | 광촉매 건설자재 현장 적용성 평가방안 개발 | | |
| 표준화 기술 및 인증시스템 구축 | 품질 기준 및 인증제도 조사 | | | 성능평가 시험법 표준화 | 인증 시스템 개발 |
| | | | | 품질기준개발 | |
| 연차별 목표성과물 | | 광촉매 재료 평가 시험법(안) | 광촉매 건설자재 성능평가 시험(안) | 성능평가 표준(안) (KS 단체표준 등) | 인증시스템(안) |



7절 연구개발 추진 전략

1. 연구개발 전략



그림 150. 연구개발 추진 전략

- 경제성이 확보되는 저비용 광촉매의 대량생산 및 건설자재 적합용 재료개발
 - 기존 광촉매 대비 50%이하의 가격으로 동등이상의 성능을 갖도록 개발추진
 - 적용 목적에 따라 대상물에 적합하도록 개발 추진
 - 슬러지 생산부터 가공, 물성향상, 성형 및 제품화에 이르는 전 공정에 대한 상용화가 가능하도록 추진
- 기존기술과 연관기술의 상호 연계성 강화를 통한 연구개발 실효성 높임
 - 재료 생산 및 가공은 경제성확보, 성능향상, 적합성확보에 초점을 두고 추진
 - 응용제품 및 공법과 성능평가 및 표준화는 기존기술(재료)를 활용하여 재료 분야와 를 통해서 패스트트랙으로 연구수행
 - 재료분야, 응용분야, 그리고 평가 및 표준화분야의 상호 연계성 확보를 위한 조직구성과 협업연구체계를 수립하여 수행
- 기존 선행연구의 성과를 분석하여 중복성을 피하고 전문성 및 완성도를 강화
 - 각 연구내용별 최적의 컨소시엄 및 인력구성방안 마련을 위해 필요 연구역량



분석, 전문가 자문 등을 실시

- 산학연 협동연구, 국제공동연구 등 역량강화 및 결집방안 마련
- 기관별 전문성을 살려서 최선의 연구결과 도출이 가능하도록 연구기관별 연구 내용 구성

○ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진

- 건설, 화학, 환경 분야의 인적 물적 연구인프라를 활용하여 기술의 성능을 극대화하고 이에 대한 정확한 성능검증 수행
- 실용화를 위해서 현장 성능 검증이 가능하도록 국내 연구기관의 장비 및 인력을 적극 활용

2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

- 연구단계는 기획연구 → 핵심기술개발 연구 → 실용화(응용) 연구 분야로 구분하였으며, 핵심기술 개발을 통하여 TRL 1,2인 기술을 5,6으로 상승시키며 실용화 연구를 통하여 TRL을 7,8까지 상승



그림 151. 연구개발 단계별 기술 성숙도 설정



3. 단계별 연구개발 전략

가. 핵심기술 개발

- 핵심기술 개발 단계의 구성과 핵심 전략목표를 이행하기 위하여 다음과 같은 연구개발 분야(광촉매 원천재료, 건설재료/자재 및 성능평가 기술)를 도출

(1) 저비용 광촉매 원천재료 핵심기술 개발



그림 152. 저비용 광촉매 원천재료 기술 개발도

- 국내의 대부분 폐수 및 하수 총인 제거 처리에 응집공정이 사용되고 있으며, 이 공정에 사용되고 있는 응집제는 Al염, Fe염, PAC 등이 사용되고 있음. 이때 발생하는 슬러지는 매립, 복토제, 소각 등의 방법으로 처리되고 있음
- 본 기술은 기존에 사용되고 있는 응집제 대신에 Ti염을 응집제로 사용하여 응집 후 생성된 슬러지를 회수하여 탈수, 건조 및 소성공정을 거쳐 고부가가치의 광촉매 산화티탄을 제조하고, 이를 재활용 하는 기술임
- 폐수 및 하수처리장에 유입되는 원수의 성상이 각 지역별로 모두 다르기 때문에 이를 처리하기 위한 응집조건 및 응집제의 성상, 사용량 및 물성이 모두 달라짐. 각각의 폐수 및 하수처리장에 맞는 최적의 Ti염 응집제 제조 및 응집조건 확립이 필요함
- 또한, 각 지역별 폐수 및 하수처리장에 유입되는 원수 속에 존재하는 유기물질과 인 성분의 함량이 모두 다르므로 Ti염에 의해 발생하는 슬러지의 성상도 달라짐
- 이는 슬러지 소성조건에 영향을 주며, 소성 후 생성되는 광촉매 산화티탄의 물성에 커다란 영향을 줌. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 각각의 폐수 및 하수처리



장에서 발생하는 슬러지 소성조건 확립이 필요함

- 폐수처리장의 폐수가 응집조에 유입되면 Ti염 응집제를 주입한 후 응집공정을 실시함. 응집공정은 응집제와 폐수 중 미세입자의 반응을 촉진하기 위하여 급속교반을 한 다음 완속교반으로 플럭을 형성시켜 침강시키는 공정임
- 침강된 플럭을 인발하여 필터프레스를 이용하여 탈수시켜 탈수 슬러지를 얻음. Ti염이 포함된 탈수 슬러지를 건조/소성 과정을 거쳐 생성되어 얻어진 고형물을 분쇄하여 저비용 광촉매를 제조함
- 건조/소성 등 제조 공정과정에서 발생하는 분진 및 배출가스에 대한 처리는 핵심기술 개발 단계에서 검토가 이루어져야 함

(2) 도로시설물 광촉매 핵심기술 개발



그림 153. 광촉매 콘크리트 제조 기술 개발도

- 건설 분야에서는 주로 바인더에 의한 광촉매 고정화 기술에 큰 비중을 두고 연구되어 왔음(출처: 광촉매 콘크리트의 특성에 관한 연구, 이원암 등, 2002)
- 광촉매의 주원료인 이산화티탄은 백색 분말이어서 바람에 흩어지거나 물에 혼합 시 분리·회수가 어려우나 광촉매 분해 효능을 얻기 위해서는 고정화 기술 확보가 더욱 중요
- 특히 모르타르나 콘크리트에 광촉매를 직접 혼합하여 광촉매 콘크리트를 제조하는 기술개발 확보가 매우 중요함
- 분말 형태 제품의 경우 시멘트와 합성하여 광촉매 혼합 시멘트로 활용하거나 광촉매 콘크리트 개별 구성재료로 활용하기 위해 결합재 치환율 최적화 필요함
- 광촉매 콘크리트의 활성화를 위해 광촉매 입자크기에 대한 분급을 통한 광분해 효과를 검토하여 체계화할 필요가 있음



(3) 주거 및 다중이용시설 광촉매 핵심기술 개발



그림 154. 주거 및 다중이용시설 광촉매 적용 분야

- 페인트 혼입재료로서 산화티탄 광촉매를 적용하는 기술
- 벽지, 소파 천 등 패브릭 내장재에 산화티탄 광촉매를 적용하는 기술
- 건축 내외장용 패널 2차 제품에 산화티탄 광촉매를 적용하는 기술
- 타일 등 요업 2차 제품에 산화티탄 광촉매 적용 기술
- 공기조화 시스템에 광촉매 적용을 위한 광촉매 필터 모듈 기술

(4) 건설재료/자재 광촉매 성능평가 핵심기술 개발



그림 155. 광촉매 성능평가 핵심기술개발(좌: ISO 22197-1, 우: 실외 성능평가)



- 광촉매를 건설재료 및 자재에 적용 시 각각의 건설재료 및 자재의 용도에 따라 요구되어지는 성능은 달라지므로, 그에 따른 광촉매 성능평가 방법도 달라져야함
- 전 세계적으로 광촉매 재료 및 건설자재는 대부분 질소산화물, 황산화물, TVOC 등을 제거하기 위한 대기정화를 목적으로 사용되거나, 셀프크리닝 작용에 의한 더러움 방지 목적으로 사용됨. 그러므로 각각의 건설재료 및 자재의 용도에 맞는 성능평가 방법을 확립할 필요가 있음
- 현재 광촉매의 대기정화에 관련하여 제정된 ISO 규격은 질소산화물(ISO 22197-1), 아세트알데히드(ISO 22197-2), 톨루엔 제거법(ISO 22197-3)이 제정됨. 그러나, 일정한 크기의 시편만 측정이 가능하므로, 실제 건설재료 및 자재에 적용하기에는 한계가 있음. ISO 시험법을 바탕으로 하는 광촉매 재료 및 건설자재의 성능을 직접 측정할 수 있는 평가법이 필요함
- ISO 규격 중 질소산화물 제거법(ISO 22197-1)은 100 X 50 X 10 mm 크기의 샘플을 이용하여 측정하는 방법임. 보통 건설자재 샘플들의 크기는 ISO 규격에 맞지 않는 크기이므로, 절단하여 사용해야 하는 번거로움과 절단 시 파손되거나, 절단이 불가능한 샘플도 존재함. 또한 이로 인한 데이터 상의 오차가 발생 가능함
- 그러므로 크기가 각각 다른 건설자재 샘플을 측정할 수 있는 반응기를 개발하고, 이를 이용하여 ISO 규격의 시험법으로 얻은 데이터의 신뢰성을 확보하고자 함
- 현재 전 세계적으로 실제 설치된 건설재료 및 자재에 대한 규격화된 실외평가 측정방법이 없는 실정이며, 각 회사마다 자체 시험법에 따라 실외 시험을 진행하고 있음. 실외 현장 측정 시 바람, 햇빛, 오염원 종류 및 농도, 시설물 방향 등 고려되어야 할 인자들이 매우 다양하게 발생되므로 이를 고려한 시험법 개발이 필요함
- 건설자재의 질소산화물 관련 옥외 테스트는 전 세계적으로 아직까지 확립되어 있지 않음. 그러므로 실제 현장 테스트 전에 건설자재의 실증 테스트가 필요함
- 실증테스트 방법은 실제 현장과 유사하게 건설자재를 설치하고, 인위적으로 자동차 엔진을 이용하여 배기가스를 배출함으로써 실제 건설자재의 질소산화물 제거 성능 방법을 개발하고자 함
- 건설자재 실증 테스트는 바람의 영향, 햇빛의 강도, 건설자재 설치 위치, 오염원의 농도 등에 따른 방법을 고려하여 다각적으로 검토하여 성능 방법을 개발하고자 함
- 핵심기술 개발 단계에서는 시험법에 대하여 협회 또는 학회 시험규격으로 제안추진토록 함



나. 실용화 기술 개발

- 실용화 기술 개발 단계에서 과업의 구성과 핵심 전략목표를 이행하기 위하여 다음과 같은 연구개발 분야(시제품, 시공기술 및 표준화 기술)을 도출함

(1) 저비용 광촉매 원천재료 실용화기술 개발



그림 156. 슬러지 재활용 설비

- Ti염이 함유된 슬러지에서 광촉매 산화티탄을 생성시키는데 가장 중요한 공정이 소성 공정임. 이 소성공정을 통하여 슬러지에 포함된 Ti염이 광촉매 산화티탄으로 전환됨
- 하지만 각각의 폐수 및 하수에 존재하는 유기물 및 인화합물양에 따라 소성 중 자체적으로 발생하는 열에 의하여 소성조건이 달라지므로, 대량 생산에 앞서 파일럿 공정을 통한 제조 조건 확립이 필요불가결함
- 또한 제조된 광촉매 산화티탄을 건설재료 및 자재에 적용하기 위해서는 분쇄 및 분극 공정이 꼭 필요하며, 파일럿 설비를 통해 충분한 광촉매 산화티탄 분말 확보가 가능함
- 밀링기의 종류, 분쇄 및 분극 공정 최적화를 통해 입자크기 및 입도를 균일하게 조정이 가능함
- 슬러지에서 생성된 광촉매 산화티탄은 폐수에 포함된 다양한 불순물을 포함하고 있으며, 소성 공정 중에 대부분이 제거되지만 일부의 유기물과 무기물이 그대로



산화티탄 분말에 존재함

- 이로 인하여 광촉매 성능 및 순도가 낮아지므로, 고부가가치의 광촉매로 제조하기 위해서는 산염기 개질을 통한 화학적 처리기술이 필요함
- 실내에 존재하는 바이러스, 세균 및 새집증후군 물질 등을 제거하기 위해서는 가시광 감응 광촉매가 필요함
- 슬러지에서 소성을 통해 제조한 광촉매 산화티탄은 자외선에서 반응하는 광촉매이므로, 이를 직접 실내에서 사용하기에는 적절치가 않음. 그러므로 슬러지에서 생산된 광촉매 산화티탄을 가시광 감응 광촉매로 제조하기 위한 기술 확립이 필요함

(2) 도로시설물 광촉매 제품 실용화기술 개발



그림 157. 도로시설물 2차 제품 개발 예

- 대기 중의 질소산화물을 제거할 목적으로 광촉매를 도로포장 또는 도로시설물용 2차 제품 개발기술을 통한 실용화가 기술개발이 필요함
- 우선 광촉매 콘크리트를 이용한 도로포장분야를 들 수 있는데 콘크리트 포장 구간을 광촉매 콘크리트로 대체하고 이를 위해 구체 포장체 타설기술과 양생기술을 개발을 통해 보다 경제적인 콘크리트 포장기술 개발을 통한 실용화가 가능함
- 또한 도로 부속시설물로 분류되어있는 콘크리트 중양분리대, 방음벽 및 도로흡음자재, 보차도 블록 등의 콘크리트 2차 산업제품에 광촉매를 적용하여 보다



- 광범위한 광촉매 도로시설물 2차 제품개발을 통한 실용화 기술개발이 가능함
 - 광촉매가 갖고 있는 방오 성능을 통해 케이블 교량의 오염물질을 스스로 분해 및 제거하는 자기세정 기술 개발을 통한 부가가치가 높은 실용화 기술 개발이 가능함
 - 한편 질소산화물에 의한 대기오염원은 자동차 배기가스가 절대적이며 차량 정체 구간 및 도심지, 특히 터널 또는 지하공간 등을 중심으로 오염도가 집중되는데 구조체에 광촉매 코팅 또는 광촉매 콘크리트의 적용과 함께 UV 조명시설을 이용한 공기정화기술 실용화가 가능함
 - 터널 및 지하공간의 환기를 위한 공기조화 시설에 광촉매 필터와 UV 조명시설이 결합된 공기조화 시스템 개발을 통한 실용화 기술을 개발할 수 있음
- (3) 주거 및 다중이용시설 광촉매 제품 실용화기술 개발



그림 158. 주거 및 다중이용시설 광촉매 적용 분야

- 건축용 내외장재 2차제품, 페인트, 패브릭, 타일 등 건축 내외장재 실용화 제품 기술
- 광촉매의 살균작용을 실내 공기조화 흐름에 적용하는 기술(광촉매 공기조화 시스템 개발)
- 인체 무해 범위의 실내 UV 조사 조명시스템 기술
- 광촉매의 하이드록시기(OH 라디칼)에 의한 유기물(박테리아, 바이러스 등) 산화작용을 이용하여 가축 시설의 살균, 악취 제거, 전염병을 저감하는 기술



- 의료시설의 실내외 공간과 공기조화기기에 광촉매 자재를 구축하여 병원균의 확산을 방지하는 기술

(4) 광촉매 건설재료/자재 인증시스템 구축 개발

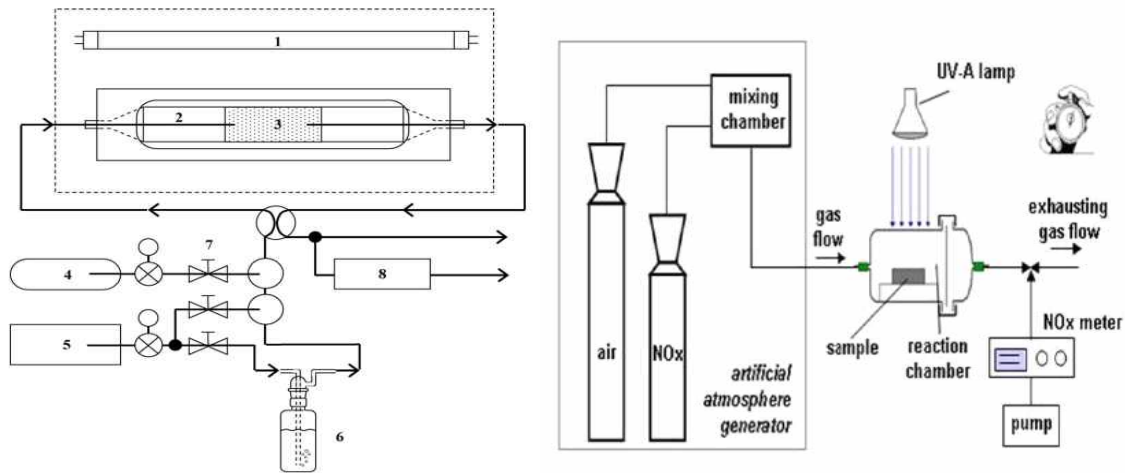


그림 159. 광촉매 인증 시험법 예

- 국내의 광촉매 관련 인증은 광촉매 협회에서 주관하는 시험법에 따라 진행되며, 현재 가스백 A, B법, 액상필름법, 질소산화물 제거법 등이 시행되고 있음
- 또한, 시험법에 의해 측정된 결과치에 근거하여 광촉매 인증 마크를 광촉매협회에서 발행하고 있음. 하지만 광촉매협회의 시험법은 2003년에 일본 광촉매표준화위원회에서 제정화 시험법을 그대로 사용하고 있는 실정이며, ISO 시험법에 따라 진행하는 시험은 질소산화물 제거법 뿐임
- 현재 전 세계적으로 통용되고 있는 광촉매 시험법은 ISO 시험법이므로, 국제 추세에 맞추어 ISO 시험법을 따를 필요가 있음. 광촉매 협회를 주축으로 하여 산학연 위원으로 구성된 광촉매표준화위원회를 조직하고, ISO 시험법을 바탕으로 한 광촉매 재료 및 건설자재의 국가표준 추진이 필요함
- 이를 위해서 우선적으로 ISO 시험 가능한 시험장비를 구축하는 것이 선행되어야 하며, 이를 통해 건설재료 및 자재의 시편 제조방법, 성능기준, 전처리 시험조건, 내마모성 등 기초실험이 선행되어야 함
- 최종적으로 단체표준 및 KS규격을 통한 광촉매 성능 인증시스템을 구축하기 위해서는 ISO 시험법을 통한 광촉매 시편의 최소 성능 기준이 중요함. 이는 실질적으로 오랜 시간 동안 시행하는 시간별, 계절별, 날씨상황에 따른 현장시험 결과와 국내의 대기환경 상황을 바탕으로 신중히 결정해야 함



8절 실용화 추진 전략

1. 기술적용 대상 설정

(1) 도로시설물

- 교통 체증 및 도심 구간 대기오염 제거용 콘크리트 포장에 활용
 - 고속도로 및 유료도로 Toll gate 구간 차량 배기가스 고농도 발생 지역
 - 신설구간 바탕 콘크리트와 광촉매 콘크리트 일체화 시공 활용
 - 광촉매 콘크리트의 살균효과 기대, 농촌 콘크리트 포장에 활용
 - 교체구간 광촉매 콘크리트 포장체만 시공 활용
 - 광촉매 콘크리트 최소량 사용으로 건설 추가 비용 최소화
- 광장 및 차량 통행 가능 구조 블록으로 활용
 - 보행용 보도블록의 경우 광촉매 코팅으로 가능
 - 광장 및 차량통행 지역은 광촉매 콘크리트 구조블록 필요
- 중앙분리대, 방음벽 및 터널의 공기정화용 콘크리트 시설물에 활용
 - 신설 또는 교체 중앙분리대 표면층 광촉매 콘크리트에 적용
 - 터널의 콘크리트 포장, 콘크리트 라이닝, 풍도, 환기시설에 적용 (터널의 경우 태양광 대신 UV조명과 조합 적용)
 - 자동차의 배기가스로 인한 오염도가 높은 터널, 지하차도 등
- [국토교통부령 제 223호(2015. 7. 22)] 상에 지정하는 “도로” 및 “도로 시설”을 기본 적용 대상 시설물로 설정

(도로 및 도로 시설 대상)

1. 고속도로, 일반도로
2. 자전거도로
3. 보도
4. 포장시설
5. 배수시설
6. 도로안전시설(방호울타리, 충격흡수시설, 과속방지시설, 미끄럼방지시설 등)
7. 방호시설(울타리, 옹벽, 방호시설, 방풍시설 등)
8. 터널의 환기시설
9. 환경시설
10. 교량



(2) 주거 및 다중이용시설물

- 광촉매 콘크리트 2차제품 형태로 적용
- 건축물 외벽 커튼월 패널 마감재로 활용
 - 도심지역 대기오염 지역 건축물에 적용 (지자체 중심으로 이산화질소 농도 0.05 ppm 이상 지역 우선 권고)
 - 건축물의 면적과 모양에 따라 광촉매 콘크리트 패널 모듈
- RC조 건축물의 경우 광촉매 콘크리트 영구거푸집으로 적용하여 대기오염 제거 성능 발휘
- 일반아파트 뿐 아니라 다중이용 시설인 백화점이나 마트 등의 실내 주차장의 경우 오염도가 높으므로 우선 적용 검토 필요
- 근린 체육시설(자전거도로, 산책로)등에 적용하여 공기정화와 살균기능을 부여 함으로써 쾌적한 도시 체육시설로 활용

2. 개발기술 수요처 발굴 전략

- 기술 적용 대상기관 : 개발된 기술을 이용하여 광촉매가 코팅된 콘크리트 도로 포장 및 도로시설물을 설치하는 기관
 - 국가 및 공공기관 시설을 비롯하여 위의 적용대상 시설물을 관리 및 시공하는 기관
 - 병원, 관공서, 다중이용시설, 격리시설, 학교 등의 교육시설, 일반 가정 등 사람이 거주하거나 활동하는 시설
 - 대단위로 가축을 사용하는 축산 농가, 동물원을 비롯한 동물 보호 시설
- 기술 실시기관 : 기술을 개발하는데 참여하는 연구기관 또는 개발 기술을 실시하는 기업
 - 국공립 연구기관 및 대학과 참여기업 자격으로 연구개발을 수행하거나, 기술 이전을 받아 개발기술을 기술 적용 대상기관에 설계 또는 시공을 실시하는 기업
 - 재료 또는 자재의 개발에 참여하거나 기술이전을 받아 관련 제품 또는 재료를 생산 판매하는 기업
- 시험 평가기관 : 기술개발에 참여하거나 개발된 시험평가 기술을 적용하여 광촉매 재료 및 자재와 제품의 성능을 평가하는 기관



- 국공립 시험기관, 공인시험기관(사립 법인)에서 이 연구과제를 통하여 생산된 시험법 및 시험규격과 추가 기존 시험규격을 적용하여 재료 및 자재의 광촉매 성능을 시험 및 평가
- “미세먼지 특별 관리대책(정부합동)”, “실내공기질 관리 계획(정부합동)” 등과 관련해서 관련 부처에 제도 개선사항을 제안함

3. 시장 진입 전략

- 본 과제의 목표는 광촉매가 적용 콘크리트 및 2차제품에 대한 현장적용성을 고려한 대기정화 성능 및 실내공기질 향상 능력 검증 우선
- 광촉매 적용 건설재료/자재의 인체 안정성에 대한 검증도 필요함
- 광촉매 적용 건설재료/자재의 현장적용성에 따른 “기술적용 대상 시설물”의 적용 우선순위를 선정할 필요 있음
 - 광촉매 콘크리트 도로 타설 : 신규 도로 타설 시 광촉매 콘크리트를 사용
 - 기존 도로시설물 코팅 : 기존 도로시설물에 광촉매 코팅을 적용
 - 보도블록 설치 : 기존 보도블록을 광촉매 콘크리트로 교체
- 대기공기 정화와 실내공기질 향상은 국민 보건건강과 밀접한 관련이 있는 정책과 연관되어 있음. 이에 따라 제도적 지원책의 마련이 필요함
- 연구 단계에서 기업과의 협의를 통해 실제 시공현장에 활용하여 과제 성과물의 현장 성능을 평가하고, 광촉매 콘크리트의 품질 및 성능이 검증되면 신규시장 진입 및 확대를 추진함
- 광촉매 콘크리트를 활용한 대기오염 성능 부여는 신규 건설 시설물의 설계 및 시공에서 구조물 고유의 하중에 대한 고려 이외 부가적인 재료 및 시공이 추가 되기 때문에 우선 대상 시설물에 대한 광촉매 적용기준이 강제성을 부여할 필요가 있음

4. 중소기업 중심의 실용화 추진체계

- 정부에서는 「정부3.0 추진계획」을 통하여 중소기업 지원이력의 체계적 관리와 중소기업 기업활동 원스톱 지원을 위한 통합지원시스템을 구축 ('13.12) (출처: 2014년도 정부 3.0 추진계획, 관계부처 합동, 2014.2)
- 성장가능성 높은 중소기업 대상 ‘글로벌 강소기업 프로그램’ 지원을 정부에서는 추진 중. 본 연구개발 사업을 통하여 해외수출이 가능한 글로벌 강소 중소



기업의 사업 아이템을 확보함

- 이와 관련하여 이 연구개발사업의 주요 연구개발 성과물로서 저비용 광촉매 재료와 이 저비용 광촉매 재료를 활용한 건설자재 개발이 포함되어 있음
- 저비용 광촉매 재료의 경우 우선 하·폐수 슬러지를 기반 재료로 활용, 이러한 슬러지 처리 및 재활용 사업군은 중소기업 사업영역에 해당
- 따라서 연구개발 단계에서부터 중소기업 참여를 적극 유도, 참여 방식은 단순 참여가 아닌 공동연구기관으로 적극 참여할 수 있는 추진체계 구성을 기본으로 함
- 또한 저비용 광촉매를 활용한 보도블록, 투수블록 등과 도로 흡음재 등의 광촉매 건설자재 2차제품 중소기업 사업군으로 분류된 제조산업
- 이러한 건설자재의 개발도 핵심기술 개발 단계에서부터 중소기업의 직접적인 연구개발 참여를 유도하는 추진체계를 구축함

9절 연구추진체계

1. 연구수행체계 정립

- “저비용 광촉매 재료 및 건설자재 개발과 실용화 기술 개발” 과제는 미세먼지를 대기오염 물질 제거와 주거 및 사무공간의 공기질 개선을 위한 건설자재의 핵심요소기술 개발과 유기적 연계를 통한 패키지화된 기술의 성격으로 “연구단 수준”의 구성이 적합함
- 산학연 각각의 특성에 맞는 역할분담 및 수행이 필요하며 유기적인 세부 기술 간 유기적인 연계가 필요함

2. 연구추진체계

- 연구단과 각 세부과제들이 산·학·연 협동연구체계를 구축하여 수행함
 - 기존의 연구과제 수행으로 이미 갖추어진 연구기반을 효과적으로 활용하기 위해 세부과제들 간의 연구내용 및 범위를 상호 조율하고, 필요에 따라 연구장비 및 인프라를 공유함으로써 우수한 연구개발 성과를 도출하는 방안을 마련토록 함
 - 연구 참여 주체들 간의 원활한 소통을 바탕으로 연구개발사업을 합리적으로 운영함
 - 연구비의 중복투자를 배제하여 연구개발비 투자 효율성을 제고함



- 연구단내 세부과제 사이의 상호 정보 교류를 위한 정기적인 교류회 및 워크숍 개최를 추진하고, 세부과제별로 독자적인 워크숍과 소연구모임을 활성화하여 세부전략을 시의적절하게 수립·운영함으로써 연구 추진의 효율성을 높임

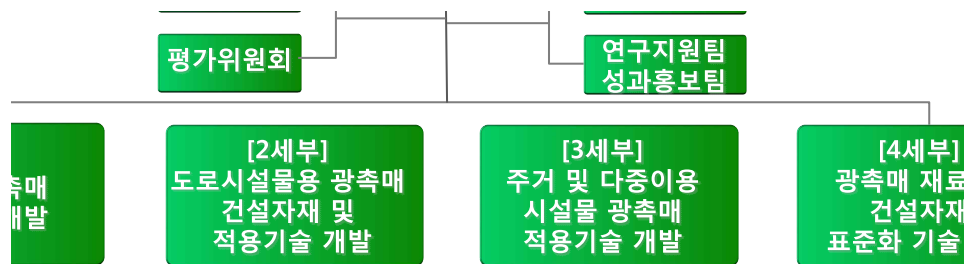


그림 160. 저비용 광촉매 기술 연구단 조직 구성도 (안)

- 연구개발 최종 성과의 성공률과 실용화율을 제고하기 위해 유사한 목표를 갖는 세세부 기술들 사이의 상호 접근방법을 다양하게 함으로써 부분적인 경쟁 체계 도입 유도
- 연구참여 주체들에게 산·학·연 각각의 특성에 맞도록 담당 연구분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각 주체들의 연구성과를 유기적으로 묶어 보다 거시적인 성과로 유도함으로써 연구효율을 극대화
- 특히 연구참여 주체 중에서 화학공학, 촉매공학 등, 건설 관련 전문 연구분야 이외 다학제적인 기술 분야의 연구인력이 참여하여 융합기술이 개발 및 도출될 수 있는 방안을 마련



세부과제별 산학연 협동 체계 구축

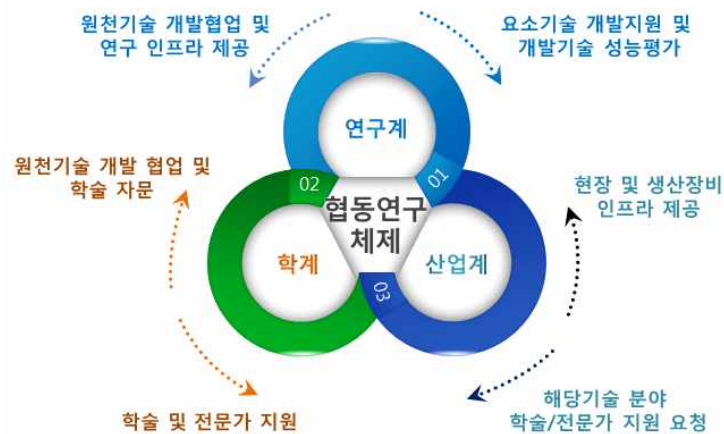


그림 161. 실용화 기술 개발 기반의 산학연 협동연구 체계

○ 단계별 연구개발 체계의 유연성 확보

- 국내외 시장 및 기술동향의 변화에 따른 기술개발 방향에 대한 수정이 필요할 경우 단계별로 연구개발 방향과 추진체계의 변경
- 핵심기술 개발 단계에서는 저비용 광촉매 원천재료의 개발은 원 계획 대로 진행하는 것이 연구성과 도출에 효과적임
- 그러나 핵심기술 개발 분야 중 응용기술에 해당하는 광촉매 건설자재 개발 부분은 사회적 필요성과 산업 환경의 변화에 따라 주력 개발 응용 제품군의 변경이 가능함
- 따라서 시장과 기술 동향의 변화, 특히 실용화 연구개발사업 임을 고려할 경우 시장 환경 변화에 따라 주력 연구개발 응용기술의 변화는 연차별로도 가능하며, 실용화 기술 개발 단계에서는 정리 및 집중화가 필요함
- 이에 따라 연구개발 추진체계의 변화와 연구개발 주체의 변경도 가능함



10절 기술개발의 파급효과

1. 경제적 파급효과

- 대기오염으로 인한 사회적인 비용이 연간 2조 6천억 원 이상이 발생하고 있으며, 이 중에서 질소산화물에 의한 영향이 약 1조 3천억 원에 달하므로 기술적 용의 경제적 효과는 1조원 이상으로 기대됨
- 2013년 현재 중국의 공기정화기 시장은 6,100억 원으로 조사되었으며, 매년 약 7.5%의 성장률을 보이는 것으로 보고되고 있음. 추후 대부분의 공기정화기 제조 기술에 본 기술이 적용될 수 있음
- 국내 공기청정기 시장 규모는 지난해 3천억 원에서 올해 5천억 원에 이를 것으로 예상되며, 보급률은 약 20%에 이를 것으로 보고되고 있음
- 2013년 현재 서울시 도심터널 세척비용으로 약 8억 원의 비용을 지출하고 있으며, 이러한 비용은 주로 미세먼지와 자동차에서 배출되는 오염원에 의한 것임
- 서울시의 도심터널은 계속 증가하고 있으며, 그 길이도 길어지고 있어 내부의 오염물질로 인한 시설관리비를 지속적으로 증가할 것으로 예상됨. 본 기술은 이러한 경제적인 비용을 절감하는 효과를 얻을 수 있음
- 하·폐수 폐기물에서 제조한 저렴한 산화티탄을 활용함으로써 건설재료, 공기조화기기 재료, 도로, 터널, 지하시설 등의 다양한 응용제품 분야에서 경제성을 확보할 수 있음
- 광촉매 재료와 건설자재에 대한 기술표준화를 통하여 양질의 제품을 시장에 공급함으로써 시장의 품질과 가격 경쟁을 활성화시키며, 전체적인 광촉매 시장을 성장시킬 수 있음
- 대부분 해외 기술에 의존하고 있는 환경 산업 원천 기술에 대한 우위를 확보하여 해외에서 수입되는 재료의 수입대체 효과를 기대할 수 있으며, 나아가 개발된 기술 및 재료의 해외 수출 전망도 높음

2. 기술적 파급효과

- 정부에서는 2016년 8월 선정, 발표한 '9대 국가전략프로젝트'에 미세먼지 대책도 포함되어 있고, 권역별로 2019년까지 전국 미세먼지 입체 관측망 구축 계획이며, 화석연료에 의한 미세먼지 원인물질인 질소산화물과 황산화물의 저감



에 광촉매적용 기술이 크게 기여할 것으로 기대됨

- 특히 도로구조물에 광촉매 기술을 도입할 경우 자동차에서 배출되는 유해가스를 직접적으로 흡착 및 제거하여 대기오염방지에 상당히 효과적임(출처: 도로구조물 적용을 위한 광촉매 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거효율 평가, 김영규 등, 2014)
- 또한 매연, 휘발성 유기화합물(VOC : Volatile Organic Compounds), 다이옥신의 제거, 수질정화가 가능하고 대기 중의 SOx, NOx, 미세먼지 등에 광촉매의 제거효율이 높음 (출처: 광촉매를 이용한 건축, 토목 재료의 개발현황, 양진 등, 2001; 도로구조물 적용을 위한 광촉매 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거효율 평가, 김영규 등, 2014)
- 광촉매의 뛰어난 산화·환원력은 가정용, 산업용으로 다양한 활용도를 가질 수 있으며, 국민들의 삶의 질에 밀접한 영향을 미치는 주거시설의 새집증후군 유발물질 감소, 향균, 탈취 등 공기질 개선에 크게 기여할 것으로 예상됨
- 벽지, 천정재, 도료, 실내 마감재 등의 건축내장재에 광촉매를 적용하면 공기질 개선 및 향균능력 증진 효과는 공공기관, 숙박시설, 상업시설 등 생활환경 전반에 확대가 가능할 것으로 기대됨
- ‘다중이용시설 등의 실내공기질관리법’이 국무회의에서 의결되어 2016년 12월부터 시행예정이며, 새집증후군 및 환경성질환 유발물질인 휘발성유기화합물질에 의한 문제를 근본적으로 해결할 기술적 수단으로 기대됨
- 산화티탄이 각 산업에 적용되기 위해서는 다양한 물성에 대한 요구가 발생하게 됨. 저비용 광촉매 산화티탄 제조 과정 중에서 확보 가능한 전처리 기술은 이러한 물성으로 조절할 수 있으며, 이와 같은 기술은 슬러지 산화티탄을 각 산업에 충분히 적용 가능하게 할 것으로 기대 됨
- 하·폐수 폐기물에서 산화티탄 제조 시 확보 가능한 소성 기술, 분쇄 및 분극 기술 같은 원천기술은 다른 무기산화물 산화분야에 확대가 가능할 것으로 기대 됨
- 광촉매 재료 및 건설자재에 관한 기술 표준화 확립은 국내뿐만 아니라 국외에서도 광촉매 성능의 우수성을 인정받을 수 있어, 광촉매 재료 및 건설자재의 수출도 충분히 가능하며, 전 세계적으로 광촉매 재료 및 건설자재 분야에서의 리더가 될 수 있는 초석이 될 것으로 보임

3. 사회적 파급효과

- 환경부에서는 2016년 7월1일 ‘미세먼지 특별대책 세부이행계획’을 발표하면서



미세먼지 주범으로 노후경유차와 꼽은 바 있고, 또한 석탄 화력발전소의 배출가스도 미세먼지의 주요 요인으로 꼽혀 발전소 확충 장기계획에서 석탄 화력발전소를 계속 늘리기는 어려운 상황임

- 이러한 배출가스는 대기중에서 2차 화학작용을 거쳐 미세먼지로 변하며, 미세먼지는 세계보건기구(WHO) 1군 발암물질로 분류된 인체 유해 물질로서 입자가 매우 작아 인체에 흡수되어 기도, 폐, 심혈관, 뇌 등 우리 몸의 각 기관에 각종 호흡기 질환과 순환기계 질환을 유발하여 사망률을 높이는 요인임
- 2016년 9월 27일 세계보건기구(WHO)의 발표에 따르면 세계적으로 대기오염으로 인해 연간 최대 650만 명이 사망하며, 우리나라도 대기오염으로 인해 인구 100,000명당 21~40명이 사망하는 고준위 국가에 속함 (출처: WHO 홈페이지, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>)
- 미세먼지 전구물질인 질소산화물과 황산화물의 경우 광촉매 물질과 자외선 및 가시광선의 반응에 의해 분해되며 이로 인해 오염물질의 농도를 실내실험에서 70%까지 저감 가능
- 질소산화물과 황산화물이 미세먼지 등의 2차 대기오염물질들로 생성되는 과정의 효과적인 차단을 위해서는 가능하면 발생지에서 집중 저감시키는 것이 중요
- 광촉매 적용 시설물을 발생지 주변에 집중 보급하여 배출가스와 오염물질을 광분해 제거한다면 미세먼지 발생 저감으로 국민들의 건강이 크게 증진될 것으로 기대됨
- 광촉매가 적용된 건축내장재가 개발, 보급되면 광분해 작용으로 실내의 휘발성 유기화합물질이 저감되어 새집증후군으로 인한 국민건강의 위협요인을 효과적으로 방지할 수 있을 것임
- 높은 미세먼지 농도는 막대한 사회적 비용을 발생시킴. OECD(2014)에서 추산한 대기오염비용에 따르면 2005년에서 2010년 사이 실외 대기오염으로 인한 경제 손실은 연간 3,500조원 이상으로 추정하였음. 따라서 미세먼지 관리를 환경규제로 인식하기보다는 사회적 비용을 줄이는 투자로 인정하여 정책변화를 꾀할 필요가 있음
- 대기오염을 저감시키는 것은 예상되는 질병을 예방하여 질병으로 인한 진료비 등 사회적 비용 감소하고 종국적으로는 대기질을 개선시켜 쾌적한 생활환경 조성을 통한 삶의 질을 향상시킬 수 있음



제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절 인력투입계획

1. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

| 분류 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 |
|---------------------|-------|------|------|------|------|------|-----|
| 총괄 | | 32 | 64 | 84 | 64 | 50 | 294 |
| 중점 추진 분야 1 | 1세부기술 | 3 | 3 | 3 | - | - | 9 |
| | 2세부기술 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 16 |
| | 3세부기술 | - | 3 | 5 | 5 | 5 | 18 |
| | 소계 | 5 | 9 | 12 | 8 | 9 | 43 |
| 중점 추진 분야 2 | 1세부기술 | 3 | 6 | 6 | 4 | 3 | 22 |
| | 2세부기술 | 3 | 4 | 5 | 3 | - | 15 |
| | 3세부기술 | 3 | 6 | 6 | 5 | 5 | 25 |
| | 4세부기술 | - | 2 | 5 | 6 | 5 | 18 |
| | 5세부기술 | - | 4 | 5 | 5 | 3 | 17 |
| | 6세부기술 | 3 | 4 | 4 | - | - | 11 |
| 소계 | 12 | 26 | 31 | 23 | 16 | 108 | |
| 중점 추진 분야 3 | 1세부기술 | 4 | 4 | 3 | 3 | - | 14 |
| | 2세부기술 | - | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | 3세부기술 | - | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 |
| | 4세부기술 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 17 |
| | 5세부기술 | - | 4 | 4 | 3 | - | 11 |
| | 소계 | 7 | 19 | 18 | 16 | 10 | 70 |
| 중점 추진 분야 4 | 1세부기술 | 4 | 5 | 6 | - | - | 15 |
| | 2세부기술 | 4 | 5 | 6 | 6 | 4 | 25 |
| | 3세부기술 | - | - | 5 | 5 | 5 | 15 |
| | 4세부기술 | - | - | 6 | 6 | 6 | 18 |
| | 소계 | 8 | 10 | 23 | 17 | 15 | 73 |



- 연구인력 투입 단위는 기본으로 참여율 평균 50%를 기준으로 설정
- 즉, 참여율 50 %를 1인 투입 인력으로 산정함
- 각 세부기술별로 다소 차이는 있으나 전체 연구비 중에서 인건비 비율을 35~45% 사이로 설정한 후 이에 적합하게 투입 인원을 산정함
- 인건비 기준은 2016년 학술연구용역 표준단가를 기준으로 작성함

2. 상세 투입 연구인력

(1) 총괄 투입연구인력

| 분류 | 총 개발인력(명) | | | | | | 비고 |
|-------|-----------|------|------|------|------|-----|----|
| | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계 | |
| 책임연구원 | 10 | 16 | 18 | 15 | 12 | 71 | |
| 연구원 | 9 | 15 | 17 | 14 | 13 | 68 | |
| 연구보조원 | 5 | 16 | 22 | 15 | 14 | 72 | |
| 보조원 | 8 | 17 | 27 | 20 | 11 | 83 | |
| 합계 | 32 | 64 | 84 | 64 | 50 | 294 | |



(2) 중점추진분야별 투입연구인력

① 중점추진분야 1

| 분류 | | 총 개발인력(명) | | | | | | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|----|----|
| | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계 | |
| 계 | 책임연구원 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 9 | |
| | 연구원 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 9 | |
| | 연구보조원 | 0 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | |
| | 보조원 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 6 | |
| | 합계 | 5 | 9 | 12 | 8 | 9 | 28 | |
| 1 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 연구보조원 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | 보조원 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| | 소계 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 9 | |
| 2 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구보조원 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | |
| | 보조원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | |
| | 소계 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 16 | |
| 3 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 연구보조원 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | |
| | 보조원 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | |
| | 소계 | 0 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | |



② 중점추진분야 2

| 분류 | | 총 개발인력(명) | | | | | | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|-----|----|
| | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계 | |
| 계 | 책임연구원 | 4 | 6 | 6 | 5 | 4 | 25 | |
| | 연구원 | 3 | 6 | 6 | 4 | 4 | 23 | |
| | 연구보조원 | 2 | 7 | 9 | 6 | 5 | 29 | |
| | 보조원 | 3 | 7 | 10 | 8 | 3 | 31 | |
| | 합계 | 12 | 16 | 17 | 12 | 8 | 108 | |
| 1 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구보조원 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | |
| | 보조원 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 6 | |
| | 소계 | 3 | 6 | 6 | 4 | 3 | 22 | |
| 2 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | |
| | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| | 연구보조원 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 5 | |
| | 보조원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | |
| | 소계 | 3 | 4 | 5 | 3 | 0 | 15 | |
| 3 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구보조원 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | |
| | 보조원 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | |
| | 소계 | 3 | 6 | 6 | 5 | 5 | 25 | |
| 4 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구보조원 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 6 | |
| | 보조원 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 | |
| | 소계 | 0 | 2 | 5 | 6 | 5 | 18 | |
| 5 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구보조원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 보조원 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 5 | |
| | 소계 | 0 | 4 | 5 | 5 | 3 | 17 | |
| 6 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 연구보조원 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | 보조원 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 4 | |
| | 소계 | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 11 | |



③ 중점추진분야 3

| 분류 | | 총 개발인력(명) | | | | | | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|----|----|
| | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계 | |
| 계 | 책임연구원 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3 | 20 | |
| | 연구원 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 17 | |
| | 연구보조원 | 1 | 5 | 5 | 4 | 2 | 17 | |
| | 보조원 | 2 | 5 | 4 | 3 | 2 | 16 | |
| | 합계 | 7 | 19 | 18 | 16 | 10 | 70 | |
| 1 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | |
| | 연구보조원 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 보조원 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 6 | |
| | 소계 | 4 | 4 | 3 | 3 | 0 | 14 | |
| 2 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구보조원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 보조원 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 소계 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 | |
| 3 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| | 연구보조원 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 보조원 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | |
| | 소계 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | |
| 4 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구보조원 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | |
| | 보조원 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 소계 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 17 | |
| 5 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | |
| | 연구원 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 연구보조원 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 6 | |
| | 보조원 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| | 소계 | 0 | 4 | 4 | 3 | 0 | 11 | |



④ 중점추진분야 4

| 분류 | | 총 개발인력(명) | | | | | | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|----|----|
| | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계 | |
| 계 | 책임연구원 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 14 | |
| | 연구원 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 16 | |
| | 연구보조원 | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 | 17 | |
| | 보조원 | 2 | 4 | 10 | 6 | 4 | 26 | |
| | 합계 | 8 | 10 | 23 | 17 | 15 | 73 | |
| 1 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 연구보조원 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | 보조원 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 6 | |
| | 소계 | 4 | 5 | 6 | 0 | 0 | 15 | |
| 2 세부 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 연구보조원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| | 보조원 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 10 | |
| | 소계 | 4 | 5 | 6 | 6 | 4 | 25 | |
| 3 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | |
| | 연구원 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | |
| | 연구보조원 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | |
| | 보조원 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 6 | |
| | 소계 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 15 | |
| 4 세부 기술 | 책임연구원 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | |
| | 연구원 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 5 | |
| | 연구보조원 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 6 | |
| | 보조원 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | |
| | 소계 | 0 | 0 | 6 | 6 | 6 | 18 | |



2절 소요예산 투입계획

1. 산정 개요

- 세부과제별 상향식(Bottom up) 방법으로 전체사업 소요예산 산출
- 최소 연구단위인 세부기술과제를 수행하는데 소요되는 적정 연구비를 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 투입 연구비를 산정하여 총 소요연구비 규모를 확정함
- 항목별 예산은 ‘국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정’의 ‘별표 2 연구개발비 비목별 계상기준’을 작성기준에 따라 아래와 같이 산정함(기업부담금은 추정치임)
- 인건비 기준은 2016년 학술연구용역 표준단가를 기준으로 작성함
 - 2016년 학술연구용역 인건비 기준단가의 참여율 100% 기준으로 연봉을 계산한 후 인건비 단가를 예산 작성에 적용
 - 책임연구원 73,906천 원, 연구원 56,670천 원, 연구보조원 37,882천 원, 보조원 28,412천 원을 적용함
- 세부기술 분야 중 장비개발 또는 확보, 현장적용과 같은 직접비가 많이 소요되는 과제는 이에 적합하게 예산을 산정함
- 간접비는 기관과 학교의 참여를 고려하여 전체예산대비 평균 15%를 기준으로 작성함
- 소요예산은 정부출연금을 대상으로 작성하였으며 기업부담금은 참여기업 2개 이상 중소기업 비율 3분의 2이상 참여를 고려하여 총 연구개발비의 25% 이상을 기업부담금으로 계상함
- 민간부담금은 전체 소요예산을 책정하는 데에만 활용하고 항목별 소요예산에서는 고려하지 않음

| 구분 | 기업부담금 출연기준 (총 연구개발비 대비) |
|--------------------------------|----------------------------|
| 대기업 참여 | 50% 이상 |
| 중소기업 참여 | 25% 이상 |
| 2개 이상의 참여기업 중 중소기업의 비율이 2/3 이상 | 25% 이상 |

2. 연구비 총괄

(1) 연차별 소요예산

(단위: 백만 원)

| 구분 | 1차년도 | | 2차년도 | | 3차년도 | | 4차년도 | | 5차년도 | | 합계 | |
|----------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|-------|
| | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 | 정부 | 민간 |
| 총괄 | 1,971 | 741 | 3,586 | 1,350 | 4,463 | 1,679 | 3,459 | 1,303 | 2,521 | 946 | 16,000 | 6,020 |
| 중점추진분야 1 | 388 | 146 | 582 | 219 | 776 | 293 | 453 | 170 | 420 | 153 | 2,619 | 981 |
| 1세부기술 | 194 | 73 | 194 | 73 | 194 | 73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 582 | 219 |
| 2세부기술 | 194 | 73 | 194 | 73 | 291 | 110 | 194 | 73 | 226 | 80 | 1,099 | 409 |
| 3세부기술 | 0 | 0 | 194 | 73 | 291 | 110 | 259 | 97 | 194 | 73 | 938 | 353 |
| 중점추진분야 2 | 775 | 291 | 1,421 | 536 | 1,585 | 596 | 1,229 | 462 | 841 | 316 | 5,851 | 2,201 |
| 1세부기술 | 194 | 73 | 290 | 110 | 291 | 110 | 226 | 85 | 194 | 73 | 1,195 | 451 |
| 2세부기술 | 193 | 72 | 226 | 85 | 259 | 97 | 194 | 73 | 0 | 0 | 872 | 327 |
| 3세부기술 | 194 | 73 | 291 | 110 | 291 | 110 | 259 | 97 | 194 | 73 | 1,229 | 463 |
| 4세부기술 | 0 | 0 | 162 | 61 | 259 | 97 | 291 | 110 | 259 | 97 | 971 | 365 |
| 5세부기술 | 0 | 0 | 226 | 85 | 259 | 97 | 259 | 97 | 194 | 73 | 938 | 352 |
| 6세부기술 | 194 | 73 | 226 | 85 | 226 | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 646 | 243 |
| 중점추진분야 3 | 420 | 158 | 1,131 | 425 | 1,099 | 413 | 1,001 | 376 | 581 | 218 | 4,232 | 1,590 |
| 1세부기술 | 226 | 85 | 226 | 85 | 194 | 73 | 194 | 73 | 0 | 0 | 840 | 316 |
| 2세부기술 | 0 | 0 | 194 | 73 | 194 | 73 | 194 | 73 | 194 | 73 | 776 | 292 |
| 3세부기술 | 0 | 0 | 226 | 85 | 227 | 85 | 225 | 84 | 194 | 73 | 872 | 327 |
| 4세부기술 | 194 | 73 | 259 | 97 | 258 | 97 | 194 | 73 | 193 | 72 | 1,098 | 412 |
| 5세부기술 | 0 | 0 | 226 | 85 | 226 | 85 | 194 | 73 | 0 | 0 | 646 | 243 |
| 중점추진분야 4 | 388 | 146 | 452 | 170 | 1,003 | 377 | 776 | 296 | 679 | 259 | 3,298 | 1,248 |
| 1세부기술 | 194 | 73 | 226 | 85 | 259 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 679 | 255 |
| 2세부기술 | 194 | 73 | 226 | 85 | 259 | 97 | 259 | 98 | 194 | 73 | 1,132 | 426 |
| 3세부기술 | 0 | 0 | 0 | 0 | 226 | 86 | 226 | 85 | 194 | 73 | 646 | 244 |
| 4세부기술 | 0 | 0 | 0 | 0 | 259 | 97 | 291 | 113 | 291 | 113 | 841 | 323 |

※ 특기사항

- 중점추진분야 1 : 3차년도 광촉매 Pilot 설계 및 생산 시설 구축, 저비용 광촉매 재료 시제품 개발
- 중점추진분야 2 : 1~3차년도 광촉매 도로시설물 건설자재 개발, 4~5차년도 광촉매 도로시설물 시제품 개발 및 현장 T/B 적용
- 중점추진분야 3 : 1~3차년도 광촉매 주거 및 다중이용시설물용 건설자재 개발, 4~5차년도 광촉매 주거 및 다중이용시설물용 시제품 개발 및 현장 T/B 적용
- 중점추진분야 4 : 2~3차년도 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 시험용 장비 구축



(2) 예산항목별 소요예산

(가) 총괄예산

(단위: 백만 원)

| 비 목 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 | 구성비 |
|-----|------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| 인건비 | | 829 | 1,554 | 1,938 | 1,511 | 1,134 | 6,966 | 44% |
| 직접비 | 연구 장비/ 재료비 | 449 | 859 | 1,083 | 819 | 538 | 3,748 | 23% |
| | 연구 활동비 | 240 | 343 | 405 | 323 | 256 | 1,567 | 10% |
| | 연구 수당 | 160 | 302 | 379 | 295 | 219 | 1,355 | 8% |
| | 소계 | 849 | 1,504 | 1,867 | 1,093 | 1,013 | 6,326 | 40% |
| 간접비 | | 293 | 528 | 658 | 511 | 374 | 2,364 | 15% |
| 합계 | | 1971 | 3,586 | 4,463 | 3,459 | 2,521 | 16,000 | 100% |

(나) 중점추진분야 1

(단위: 백만 원)

| 비 목 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 | 구성비 |
|-----|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 인건비 | | 144 | 247 | 294 | 191 | 182 | 1,058 | 40% |
| 직접비 | 연구 장비/ 재료비 | 99 | 135 | 230 | 105 | 95 | 664 | 25% |
| | 연구 활동비 | 59 | 66 | 80 | 53 | 46 | 304 | 12% |
| | 연구 수당 | 28 | 47 | 57 | 37 | 35 | 204 | 8% |
| | 소계 | 186 | 248 | 367 | 195 | 176 | 1,172 | 45% |
| 간접비 | | 58 | 87 | 115 | 67 | 62 | 389 | 15% |
| 합계 | | 388 | 582 | 776 | 453 | 420 | 2,619 | 100% |



(다) 중점추진분야 2

(단위: 백만 원)

| 비 목 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 | 구성비 |
|-----|------------------|------|------|-------|-------|------|-------|------|
| 인건비 | | 312 | 621 | 701 | 523 | 364 | 2,521 | 43% |
| 직접비 | 연구 장비/ 재료비 | 193 | 336 | 373 | 312 | 193 | 1,407 | 24% |
| | 연구 활동비 | 95 | 133 | 140 | 110 | 89 | 567 | 10% |
| | 연구 수당 | 60 | 122 | 138 | 103 | 70 | 493 | 8% |
| | 소계 | 348 | 591 | 651 | 181 | 352 | 2,467 | 42% |
| 간접비 | | 115 | 209 | 233 | 181 | 125 | 863 | 15% |
| 합계 | | 775 | 1421 | 1,585 | 1,229 | 841 | 5,851 | 100% |

(라) 중점추진분야 3

(단위: 백만 원)

| 비 목 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 | 구성비 |
|-----|------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 인건비 | | 177 | 462 | 448 | 414 | 247 | 1748 | 41% |
| 직접비 | 연구 장비/ 재료비 | 103 | 313 | 303 | 265 | 141 | 1,125 | 27% |
| | 연구 활동비 | 44 | 101 | 99 | 94 | 60 | 398 | 9% |
| | 연구 수당 | 34 | 89 | 86 | 79 | 47 | 335 | 8% |
| | 소계 | 181 | 503 | 488 | 438 | 248 | 1,858 | 44% |
| 간접비 | | 62 | 166 | 163 | 149 | 86 | 626 | 15% |
| 합계 | | 420 | 1,131 | 1,099 | 1,001 | 581 | 4,232 | 100% |



(마) 중점추진분야 4

(단위: 백만 원)

| 비 목 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 | 구성비 |
|-----|------------------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| 인건비 | | 196 | 224 | 495 | 383 | 341 | 1,639 | 50% |
| 직접비 | 연구 장비/ 재료비 | 54 | 75 | 177 | 137 | 109 | 552 | 17% |
| | 연구 활동비 | 42 | 43 | 86 | 66 | 61 | 298 | 9% |
| | 연구 수당 | 38 | 44 | 98 | 76 | 67 | 323 | 10% |
| | 소계 | 134 | 162 | 361 | 279 | 237 | 1,173 | 36% |
| 간접비 | | 58 | 66 | 147 | 114 | 101 | 486 | 15% |
| 합계 | | 388 | 452 | 1,003 | 776 | 679 | 3,298 | 100% |



제6장 사전타당성 검토

1절 정책적 타당성

1. 국가전략의 중요성

가. 국가전략 프로젝트 부합성

(1) 국가전략 프로젝트 개요

- 제2차 과학기술전략회의에서 관계부처 합동으로 발표된 「국가전략 프로젝트」에 따르면 “미세먼지” 저감은 9대 국가전략 프로젝트 중 하나 (출처: 경제부흥, 국민행복 실현을 위한 국가전략 프로젝트, 관계부처 합동, 2016.8.10.)

미세먼지 생성원인 규명, 선진국 수준의 관리시스템 구축

생성원인 과학적 규명, 저감기술 ('19) → 대형사업장 실증 ('20)

미세먼지
농도
(전국평균)

26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

현재 '25

- 정부는 미세먼지의 과학적 대응의 필요성을 강조
 - 2016년 현재 전국의 미세먼지 평균농도는 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 2025년 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 저감
 - 정부는 과학적 근거가 부족하여 관리 대상이나 수준을 정하기 어려움
 - 미세먼지에 노출되는 국민 건강 확보가 정부의 중요 정책으로 부상
- 정부의 미세먼지 규제·정책 영역 중 관련 세부 내용
 - 미세먼지 관리 대상을 PM₁₀에서 미세먼지 PM_{2.5}로 전환
 - 이것은 국민의 건강에는 미세먼지 PM_{2.5}가 주로 영향을 끼치는 것으로 판단
 - 효과적인 저감을 위해 발생원별 규제 프레임 마련에 치중
- 과학기술 지원 영역 중 관련 세부 내용
 - 우선 PM₁₀ → PM_{2.5}로 전환하는 과학적 근거와 데이터를 마련
 - 미세먼지 PM_{2.5}의 효율적 저감기술의 개발과 확산을 추진
 - 과학기술기반의 미세먼지 솔루션은 7년을 대응기간으로 설정
 - 생활체감형 보호기술로 무필터 공기청정기 및 시스템 개발을 예시로 설정



(2) 본 기획 연구단의 기술개발을 통한 정부 정책 실현

- 미세먼지 저감을 위한 정부 지원 기술개발 연구사업
 - PM_{2.5} 미세먼지를 발생하는 전구물질인 질소산화물과 황산화물을 제거하는 방안으로 저비용의 산화티탄의 광촉매 재료를 개발
 - 이를 이용하여 건설자재에 산화티탄 광촉매를 혼입 또는 표면처리하는 기술을 개발하여 건설자재가 광촉매 작용을 지속적으로 활성화하는 기술 개발
- 본 기획의 연구개발 사업의 정책적 효과
 - 2025년까지 미세먼지 PM_{2.5}의 평균농도를 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ →18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 저감시키려는 정부 정책에 기여
 - 실내 유입 및 실내 발생하는 PM_{2.5} 미세먼지 발생을 저감하여 생활체감형 보호기술 개발·보급의 정부 정책을 지원
 - 미세먼지를 효과적으로 저감하기 위한 발생원별 규제 프레임 마련의 정부 정책을 넘어서, **발생된 미세먼지 원인 물질을 제거하는 Positive 정책 제공**

나. 미세먼지 관리 특별대책 부합성

(1) 특별대책 개요

- 미세먼지로 인한 국민생활환경을 개선하고 정부에서는 국무조정실이 중심이 되어 관계부처 합동은 「미세먼지 관리 특별 대책」을 발표 (출처: 국민 안전과 건강 보호를 위한 미세먼지 관리 특별대책, 관계부처 합동, 2016.6.3.)
- 미세먼지의 실내유입 차단으로 실내공기질 개선
 - 국토교통부 관리의 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 개정('17)하고 다중이용시설 환기설비의 미세먼지 여과 성능 기준을 개선
 - 터널 내 미세먼지 응집·필터링을 통해 차량 내 미세먼지 PM_{2.5} 유입 차단 기술을 개발('14~'19)
- 미세먼지 대응기술 개발
 - 배출된 질소산화물(NOx)· 황산화물(SOx)· 휘발성유기화합물(VOCs) 등의 2차 생성 전구물질을 제거할 수 있는 기술 개발을 추진
- 글로벌 환경 R&D 강화 및 해외 진출 기술 추진
 - 미세먼지 분야 글로벌 환경 R&D 협력 강화 및 ODA를 통한 개도국 진출 확



대 정책 추진

- 신흥시장의 현지 애로기술 수용조사로 해외 기술수요 맞춤형 R&D 기술 개발 추진

(2) 미세먼지 특별 대책에서 국토교통 R&D 사업 추진을 통한 정부 정책 실현

- 특별 대책 중에서 미세먼지의 실내유입 차단과 다중이용시설이 환기설비 여과 성능을 본 기획과제에서 실내공기 개선을 위한 광촉매 공기조화 기기 개발이 실현
- 산화티탄 광촉매는 미세먼지로 생성되는 원인물질인 질소산화물, 황산화물과 휘발성유기화합물을 분해 및 제거하는 촉매 소재로서 본 기획의 연구단에서는 이를 기존 대비 50 % 이상 감소된 저비용을 첨단 재료를 개발
- 중국의 적극적인 미세먼지 저감 정책과 인도, 베트남 등 개도국 여건에 적합한 환경분야 적정기술 개발과 상용화 보급을 통해 글로벌 환경 사업을 선도할 수 있는 기술을 개발
- 이상의 정책 실현과제는 관계부처 합동 대책 중 국토교통부와 관련된 사업 범위로서 정부 차원에서 추진하는 **미세먼지 관리 특별대책에 국토교통 연구개발 사업을 통하여 실현**

2. 상위계획 부합성

가. 국토교통 R&D 정책

(1) 건설교통 R&D 중장기계획 (2013~2017, 국토해양부)

- 미래의 환경변화에 대응하고 지속가능한 녹색성장을 위해 국토교통부는 「건설교통 R&D 중장기계획」을 수립
- ① 첨단건설 재료
 - 강재, 콘크리트 등의 SOC 시설물 소재분야 첨단화를 통한 친환경·고효율·고성능 건설재료 개발
- ② 친환경 도로
 - 도로수명 증대, 혼잡비용 저감, 도로유발 대기오염감소 등 인간·환경 친화적이며 지속가능한 도로기술 개발



- 본 기획과제는 첨단 친환경 건설재료 및 자재 개발과 관련 있으며 응용기술 연구개발을 통하여 환경 친화적인 지속가능 도로시설물 기술을 확보하고자 함

(2) 국토교통 R&D 사업체계 개편(안) 연관성

- 본 기획과제는 첨단 친환경 건설재료를 포함하는 건설기술연구사업과 연관성을 지니고 있음
- 국토교통 R&D 사업체계 개편(안)에 따르면 본 기획과제는 「사회기반시설 자율진단·관리 기술개발」과 연관성을 지님
 - 즉, 도로, 터널 및 지하철 역사 등 사회기반시설을 사용하는 국민의 안전과 건강 활동과 밀접한 연관성을 지니고 있음
 - 기존 사회기반시설의 대기 환경을 청정하게 유지함으로써 사회기반시설의 안전성과 장수명화를 유지할 수 있게 함

나. 광촉매 활성화 정책 (나노 기술과 연계)

- 미래부는 “제4기 나노종합발전계획”을 확정하고 이를 통하여 나노기술의 제조업 현장 확산을 추진하고 미래 유망산업 주도기술에 대한 조기투자를 통해 글로벌 나노기술 혁신을 선도하는 계획을 수립(출처: 미래창조과학부, 제4기 나노기술종합발전계획 3대 전략 12개 과제, 2016.4.11.)
 - 이와 연계하여 산화티탄 원천 재료를 슬러지에서 제조하는 기술을 확보하고 이를 이용하여 건설자재에 활용하기 위해서 저비용으로 대량 생산기술을 개발
 - 산화티탄의 광촉매 작용 효율을 높이기 위해서는 나노 수준의 재료 가공기술 개발이 필요하며, 이를 본 기획의 연구사업 추진을 통해 확보

다. 2차 수도권 대기환경개선 기본 계획 (2015년~2024년)

- 대기오염으로부터 수도권(2,000만) 주민의 건강을 보호하고 쾌적한 생활을 영위하기 위한 계획, 수도권 대기환경개선에 관한 특별법(2003.12 제정) 제 8조에 근거
- 환경부장관은 매 10년마다 기본계획 수립을 시행하고 기본계획 추진실적을 매 3년마다 정기국회 개회 전까지 국회에 제출
- 서울특별시 등 6개 광역시장은 기본계획을 바탕으로 시행계획을 5년마다 수립 시행하고 매년 시행계획 추진실적 보고서를 작성, 환경부장관에게 보고



- 1차 수도권 대기환경개선 기본계획은 2005년부터 2014년까지 시행되었으며 현재는 2차 계획(2015년~2024년)이 진행 중임
- 동 계획의 관리대상 오염물질은 PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, NO_x, VOCs, O₃
- 이중에서 본 기획과제의 연구사업 추진을 통하여 PM_{2.5}, SO_x, NO_x, VOCs, O₃를 확실히 저감할 수 있는 솔루션을 제공
- 또한 이를 통해 수도권 미세먼지 PM_{2.5}의 배출량 삭감 목표인 53 %를 충족시키는데 기여

라. 실내공기질 관리 기본계획 (2015~2019)

- 쾌적한 실내공기질에 대한 국민욕구 증대
 - 쾌적한 실내공기 등 삶의 질에 대한 국민욕구는 큰 반면, 아토피 등 환경성 질환 환자 수는 증가 추세('09년, 766만명→'13년, 896만명, 17% 증가)
- 실내공기질 관리가 중요해짐에 따라 '실내공기질 관리 기본계획(5년)' 수립이 법정화('14.3, 실내공기질 관리법 개정)
 - 범정부 합동 「실내공기질 관리 기본계획('15~'19)」 수립·추진
 - 관계 부처 : 환경부, 교육부, 국방부, 산업통상자원부, 보건복지부, 고용노동부, 국토교통부, 원자력안전위원회
- ① 「실내공기질관리법」에 따른 법정 중기계획
 - 「실내공기질관리법」에 따라 수립되는 법정계획으로, 관계 중앙행정기관의 장과 협의·수립
 - 5개년('15~'19) 간의 실내공기질 관리 비전 및 정책목표를 제시하는 중기계획
- ② 실내공기질 관리에 관한 국가기본계획
 - 「실내공기질 관리법」에 의한 대상시설은 물론 각 개별법에 의한 대상시설까지 고려하여 기본방향 제시
 - 기본계획에 따라 관계 중앙행정기관은 소관업무별로, 시·도는 해당지역별로 세부 시행계획 수립·시행
 - 실내공기질 관리의 목표, 추진방향, 관리여건 및 현황, 부문별 세부대책 등을 포괄하는 종합계획
- ③ 국민건강을 보호하기 위한 구체적 실천계획



- 「환경보건종합계획」과 연계하여 실내공기질 관리 정책방향 및 세부 추진계획 등을 제시
- 국민이 실생활에서 체감할 수 있는 구체적인 세부 실행방안을 제시하는 실천 계획
- 이상의 정부 실내공기질 관리 정책과 연계하여 본 기획과제 수행 시 실내 공기 오염원 발생 시 제거 및 저감 기술로 적용
 - 신축 공동주택의 휘발성유해물질(VOCs)의 분해 및 제거 기술로 활용
 - 미세먼지(PM_{2.5}), 곰팡이 등 신규 위해물질의 측정 및 관리기준 정립에 활용

3. 사업추진의 의지 및 관련 기관 협조 체계

가. 연구개발 참여기관 참여 의지

- 정부출연연구기관에서는 국가 Issue 아젠다로서 “대기오염 및 미세먼지 저감을 위한 기술개발”을 위해서 각 기관의 전문분야 별로 연구개발 주제 선정과 세부기술 개발을 위해 노력하려고 있음
- 특히 미세먼지 2차생성 전구물질인 질소산화물과 황산화물의 분해 제거를 위해서 우선 기존 산화티탄 광촉매를 활용한 적용 가능성을 검토하기 위한 선행 기초 연구를 진행하는 등 광촉매 건설자재 연구개발에 대한 관심이 높음
- 한편, 시험평가 전문 연구기관에서는 국가 중요 아젠다 솔루션을 도출하기 위해 국가표준 및 관련 시험기준의 정비를 위한 조사연구를 진행하는 등, 미세먼지 및 대기오염 저감을 위한 연구개발 기반을 조성
- 민간업체에서 최근 친환경 건설자재 개발에 대한 관심이 고조되고, 일반 건설자재와 달리 성장 가능 건설자재 산업의 창출을 위해 광촉매 건설자재 개발에 적극 참여하고자 하는 의지가 강함
- 또한 대학연구소에서 새로운 기능이 첨가되는 광촉매 재료 및 건설자재의 성능 발휘 메커니즘과 작용효과 최적화를 위한 미세구조연구 등에 대한 학술적 관심이 지대함

나. 관련 기관 협조 체계

- 본 기획에서는 연구개발 성과물의 확산을 위해서 공공시설물 관리 주체인 지



- 방 정부를 대상으로 연구개발 후 성과물 시범 사업 가능성을 사전에 검토함
- 광촉매 건설자재를 활용한 미세먼지 저감사업 개념 설명 및 제안
(국토교통부 도로운영과, 2016년 10월 26일)
 - 제물포 터널 내 질소산화물 저감사업 사전 제안 및 옥수터널 시범사업 제안
(서울시, 2016년 9월 26일)
 - 지하차도 공기질 개선을 위한 광촉매 건설자재 적용 사전 제안
(수원시, 2016년 7월 5일)
 - 수원시 미세먼지 심각현황 논의 및 시범사업 제안
(수원시, 2016년 8월 8일)
- 이러한 협의는 기존 광촉매를 적용하여 우선 그 효과에 대한 검증을 선행적으로 확인하고 연구개발 및 실용화의 필요성과 가능성을 검증하는데 그 목적이 있음
- 사전 제안을 통하여 필요성과 상용화 성공가능성을 타진하였으며 향후 본 과제 연구개발을 통하여 저비용 고효율 광촉매의 기술의 성공적인 실용화를 검토함

2절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 기획연구 목표의 적절성

- 본 연구 비전 및 목표를 구체적으로 제시
 - 본 연구의 비전은 “미세먼지 및 유해물질로부터 안전하고 쾌적한 국민 생활 환경을 조성하고, 광촉매 재료 및 광촉매 건설자재 세계시장 석권”임
- 비전과 목표 달성을 위한 단계별 연구사업 구성
 - 1단계 (핵심기술 개발) ;
 - 경제적인 광촉매 재료 대량 생산기술 개발
 - 도로시설물, 주거 및 다중이용시설 광촉매 건설자재 개발
 - 2단계 (실용화 기술 개발) ;
 - 광촉매 재료 생산 파일럿 생산설비 구축



- 대상 시설물별 광촉매 응용기술 개발
- 광촉매 재료, 건설자재의 표준화 기술 개발

○ 정량적 성과목표 설정

- 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50 %를 만족하고 기존 가격대비 50 %이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발
- 10m \times 10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성 (ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm 2 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정)
 - ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km 2 ·8hr 제거 효과
- 친환경 건축자재 최우수등급 (TVOC 0.10 mg/m 2 ·h 미만, HCHO 0.03 mg/m 2 ·h 미만)
- 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30 % 저감
- 산화티탄 광촉매 및 광촉매 건설자재 세계시장 선도

○ 이상의 전체 목표 설정은 정책, 기술, 시장동향 등의 분석결과로부터 도출되었으며, 연구개발 수행 시 달성 가능한 것으로 판단됨

- 저비용 광촉매 재료기술은 세계적 수준을 지니고 있어서 대량생산 기술을 개발할 경우 세계 선도기술 개발이 가능
- 도로시설물, 주거 및 다중이용시설 광촉매 건설자재의 응용 국내 기술은 선지국 대비 기술성숙도 낮지만 외국도 기술 개발 정체 상태
- 이것은 기존 광촉매 재료가 고가여서 활용성에 제한을 받기 때문으로 파악됨
- 저비용의 광촉매 재료 생산 기술 개발을 기반으로 광촉매 건설자재 응용기술 개발을 추진할 경우 기술 격차는 매우 빠르게 줄일 수 있음
- 또한 개발 기술의 건설자재의 경우 실용화를 활성화하기 위해서는 성능 시험 방법의 표준화와 재료 및 자재의 인증시스템 구축으로 수요자의 신뢰도를 높이는 기술 개발이 반드시 필요함

○ 중점추진분야 및 세부과제는 총괄목표를 달성하기 위해 적절하게 도출되었으며, 세부과제의 연구목표 달성 시 총괄목표 달성이 가능할 것으로 판단됨

- 중점추진분야 및 세부과제는 국내외 기술동향 조사, 논문 및 특허분석, 기술 수요조사를 통하여 후보과제 pool을 구성하고 촉매공학, 도로공학, 구조공학, 건설재료공학 및 R&D정책 전문가의 기술예측조사, 기술수준조사 등을 통하여 세부과제를 도출함
- 총괄목표를 달성하는데 필요한 세부과제 정의 및 범위, 요소기술을 명확하게 제시하였으며, 본 과제 수행 시 세부과제별 추진방법 및 전략의 보완이 필요할 것으로 판단됨



나. 연구내용의 논리성 및 적절성

- 단계별 세부과제를 도출하기 위하여 국내외 경제/기술 동향, 인프라 분석, 선행 사업 분석을 실시하였고, 비전 및 목표를 달성하기 위한 연구개발 과제들로 구성되어 있음
- 세부별 기술개발 구성
 - 1단계 세부별 핵심기술 구성
 - 1세부 : 저비용 광촉매 재료의 응집기술과 광촉매 제조기술 개발
 - 2세부 : 광촉매 활용 시멘트 페이스, 모르타르 및 콘크리트 제조기술과 광촉매 포장콘크리트 시제품개발
 - 3세부 : 광촉매 도장재료, 건축 내외장재 시제품 개발
 - 4세부 : 광촉매 재료 및 건설자재의 성능평가를 위한 시험법, 시험장치를 개발
 - 2단계 세부별 실용화기술 구성
 - 1세부 : 저비용 광촉매 생산 파일럿 플랜트 구축 및 저비용 광촉매 대량 생산기술 개발
 - 2세부 : 도로부속시설물용 블록, 중분대, 흡음재 등의 2차제품 개발과 터널 지하공간 광촉매 적용기술 개발
 - 3세부 : 광촉매 건축 내외장재 적용기술, 광촉매 공기조화 시제품 개발
 - 4세부 : 광촉매 재료 및 건설자재 품질기준, 인증제조 및 인증시스템 구축
- 세부과제의 구성기술은 기술수요조사, 기술예측조사 및 전문가 자문회의 등을 통해 기술개발 필요 분야에 대해 논리적이며 타당하게 도출되었음
 - 후보과제 도출, 중복성 검토, 우선순위 도출 등의 과정을 통해 세부과제 및 구성기술을 설정하여 절차의 타당성을 높였음

다. 추진전략의 적절성

- 본 기획연구의 추진전략은 외부전문가 활용, 산·학·연 협력조직체 구성 및 활용, 기술 및 시장동향 파악을 통한 요구사항 도출 등을 기반으로 추진전략의 적절성을 높임
 - 관련 분야 연구진의 네트워크 구성 추진과 외부 전문가의 자문 등을 통해 기술 개발의 전문성을 높임



- 산·학·연 협력조직체 구성을 통해 각 분야의 의견을 수렴하여 사업추진 시 위험요소 설정과 이에 대한 극복 방안을 제시함으로써 연구개발의 성공 가능성을 높이도록 유도함

- 국내외 기술 및 시장 분석과 수요처 및 수요자의 의견을 청취함으로써 연구개발 성과물의 실용화 가능성을 높임

라. 추진체계의 적절성

- 본 사업은 핵심기술 개발 단계, 실용화 기술 개발 등, 단계별로 다양한 연구개발 특성을 지니고 있으며 세부 간의 연계 방안이 강구되어야 하는 등, 산학연관 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관의 구성이 필요함
- 특히 연구참여 주체 중에서 화학공학, 촉매공학 등, 건설 관련 전문 연구분야 이외 다학제적인 기술 분야의 연구인력이 참여하여 융합기술이 개발 및 도출될 수 있는 방안을 마련
- 관련 부처 및 유관기관과의 지속적인 의견수렴 및 협력체계 구축
 - 관련 부처와의 지속적이고 상시적인 의견수렴 및 검증체계 구축을 통한 정책 및 제도 제안의 법제화 실현
 - 국내외 기술인프라 현황 및 연구개발 수행현황을 기반으로 과제와 관련하여 역량을 보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색
 - 연구성과물의 사업 수요처가 지방 정부가 될 수 있기 때문에 수요처를 감안한 지방 정부의 의견을 핵심기술 연구개발 단계에서부터 수렴할 수 있도록 자문 체계를 구성함

마. 사업기간 및 연구개발비의 합리적 편성

- 본 사업은 국민생활 건강 향상을 위해서 대기공기질 및 실내공기질을 개선하고 사회적 Hot-Issue인 미세먼지 저감을 목표로 2단계 총 4개 세부과제로 이루어진 연구단 사업으로 추진
 - 단계별 기간 및 사업비
 - 총사업 : 사업기간 5년, 정부출연금 16,000 백만원, 기업부담금 6,020 백만원
 - 1단계 : 사업기간 3년, 정부출연금 10,020 백만원, 기업부담금 3,770 백만원
 - 2단계 : 사업기간 2년, 정부출연금 5,980 백만원, 기업부담금 2,250 백만원



- 사업기간 및 사업비는 비전과 목표를 달성하기 위해서 적절하게 구성되었으며, 실용화 사업으로써 중소기업을 중심으로 운영함

바. 성과목표 및 지표 설정의 적절성

- 연구개발 성과를 중간 단계 및 최종 단계에서 정량적으로 평가하기 위해 성과목표 및 성과지표를 정량적으로 설정하고 측정방법을 세부과제 수준에서 평가 가능하도록 제시함.
 - 각 세부과제에서는 학술적 성과와 지식재산권을 공통지표로 설정하고 각 세부과제의 특성에 맞는 지표를 설정하여 세부목표에 부합하도록 지표를 설정하고 이에 따른 설정 근거를 제시하였음
 - 세부과제별로 성과물의 형태를 분명히 설정하고 세부과제의 성과물이 전체 연구단에 대하여 활용방안을 제시함
- 연구개발 성과물의 산출 단계를 세분화하고 연구개발 기간 동안 조기에 현장 적용의 수요가 발생할 경우, 기존 시설물에 대하여 대기오염 및 미세먼지 저감 기술로 적용할 수 있는 중단 단계 실용화 기술이 산출될 수 있도록 구성함
- 기대되는 성과의 활용도와 활용계획이 적절하게 설정되어 있어, 향후 본 연구단의 성과물들이 기술을 필요로 하는 현장 및 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

사. 기술로드맵의 우수성

- 제시한 기술개발 로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 연도별로 성과물이 구체적으로 제시되어 있으며 연구개발 단계별의 연구개발의 진도와 완성도를 측정할 수 있는 근거를 마련함
 - 기술개발 로드맵은 세부과제의 목표, 세부과제의 단계별 목표, 세부과제의 단계별 성과물, 각 구성기술의 연관 관계 등이 명확히 제시됨
- 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세부과제의 성과목표를 토대로 작성되어 있음
- 본 기술로드맵은 1단계 핵심기술 개발, 2단계 실용화기술 개발로 이루어 졌으며, 각 핵심기술이 성공적으로 개발 될 수 있도록 세부 및 세세부가 구성되어 있음



2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술개발 역량 및 잠재력

- 기술개발을 위한 전문인력 보유 정도, 기술 구축정도, 연구시설 및 설비, 기술 투자지원 등에 대하여 국내와 선진국과의 인프라 수준을 비교 분석하였음
 - 각 세부과제 관련 전문인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨
 - 연구시설 인프라 관련하여서는 광촉매 재료 및 건설자재 제조기술 개발과 실험실 내 성능평가와 관련된 시설 인프라는 작은 노력으로 구축이 가능함
 - 그러나 현장 실증성능시험을 위해서는 연구개발이 진행되면서 구축하여야 할 부분임. 또한 광촉매 재료를 연구개발에 활용하기 위한 실험적 대량 생산에 필요한 파일럿 플랜트는 연구개발 기간 중 설계 및 제작하여 구축이 필요함
 - 이러한 현장 실증실험 인프라 및 파일럿 생산 설비의 구축은 기술 선진국에서는 보유하고 있지 않으며, 연구개발 기간 동안 구축할 경우 기술적 우위를 점유할 수 있는 기반 인프라를 제공

나. 기술개발의 위험요인

- 본 사업의 성공적인 수행을 위해 기술개발의 위험요인 검토
 - 현재까지 세계적으로 관련 연구의 실용화가 성공하지 못한 가장 큰 이유는 광촉매 원천재료에 대한 획기적인 저비용 제조 및 생산기술을 확보하지 못한 데 있음
 - 본 연구개발 사업은 기술수준조사에서 파악한 바와 같이 저비용 광촉매 재료에 대한 원천 기술은 국내 기술이 우위에 있음
 - 따라서 상대 우위의 저비용 광촉매 원천 재료 기술을 바탕으로 건설자재 응용 기술개발을 가속할 수 있음
 - 단, 1단계 핵심기술을 개발에서의 위험요인은 크지 않으나 2단계 실용화 기술 개발 단계에서는 시험평가 기준 및 인증시스템 구성에서 표준의 인정과 인증시스템의 수용에 어려움이 예상됨
 - 따라서 4세부의 성능평가 및 인증 기술 개발 분야와 연구단 주관연구기관에서는 연구개발 초기 단계부터 실용화를 위한 저변의 이해를 높이는 노력이 필요함



- 적용 대상시설물의 신규 건설 계획이 점차 축소되고 있는 상황에서 개발 기술의 적용성을 높이기 위해서는 기존 시설물에 대한 세부 실용화 적용기술 부분도 본 과제 연구개발 계획 단계에서는 정밀히 검토되어야 함
- 정부지원 지연 및 기술개발 지연 시 선진국과의 기술격차 증대로 인해 해외 기술에 대한 의존도가 더욱 높아질 것으로 예측됨
- 국내외 시장 및 기술동향의 변화에 따른 기술개발 방향에 대한 수정이 필요할 경우 단계별로 연구개발 방향과 추진체계의 변경할 수 있는 추진전략을 확보

다. 기술개발 성공가능성

- 본 기획연구의 시장진출을 위한 목표 대상물을 명확히 제시하고 기술개발의 경제적, 기술적, 사회적 측면의 파급효과를 구체적으로 제시
- 경제적 파급효과
 - 대기오염으로 인한 사회적인 비용이 연간 2조 6천억 원 이상이 발생하고 있으며, 이 중에서 질소산화물에 의한 영향이 약 1조 3천억 원에 달하므로 기술적용의 경제적 효과는 1조원 이상으로 기대됨
 - 2013년 현재 중국의 공기정화기 시장은 6,100억 원으로 조사되었으며, 매년 약 7.5%의 성장률을 보이는 것으로 보고되고 있음. 추후 대부분의 공기정화기 제조 기술에 본 기술이 적용될 수 있음
 - 국내 공기청정기 시장 규모는 지난해 3천억 원에서 올해 5천억 원에 이를 것으로 예상되며, 보급률은 약 20%에 이를 것으로 보고되고 있음
 - 2013년 현재 서울시 도심터널 세척비용으로 약 8억 원의 비용을 지출하고 있으며, 이러한 비용은 주로 미세먼지와 자동차에서 배출되는 오염원에 의한 것임
 - 서울시의 도심터널은 계속 증가하고 있으며, 그 길이도 길어지고 있어 내부의 오염물질로 인한 시설관리비를 지속적으로 증가할 것으로 예상됨. 본 기술은 이러한 경제적인 비용을 절감하는 효과를 얻을 수 있음
 - 하·폐수 폐기물에서 제조한 저렴한 산화티탄을 활용함으로써 건설재료, 공기조화기기 재료, 도로, 터널, 지하시설 등의 다양한 응용제품 분야에서 경제성을 확보할 수 있음
 - 광촉매 재료와 건설자재에 대한 기술표준화를 통하여 양질의 제품을 시장에 공급함으로써 시장의 품질과 가격 경쟁을 활성화시키며, 전체적인 광촉매 시장을



성장시킬 수 있음

- 대부분 해외 기술에 의존하고 있는 환경 산업 원천 기술에 대한 우위를 확보하여 해외에서 수입되는 재료의 수입대체 효과를 기대할 수 있으며, 나아가 개발된 기술 및 재료의 해외 수출 전망도 높음

○ 기술적 파급효과

- 정부에서는 2016년 8월 선정, 발표한 '9대 국가전략프로젝트'에 미세먼지 대책도 포함되어 있고, 권역별로 2019년까지 전국 미세먼지 입체 관측망 구축 계획이며, 화석연료에 의한 미세먼지 원인물질인 질소산화물과 황산화물의 저감에 광촉매적용 기술이 크게 기여할 것으로 기대됨
- 특히 도로구조물에 광촉매 기술을 도입할 경우 자동차에서 배출되는 유해가스를 직접적으로 흡착 및 제거하여 대기오염방지에 상당히 효과적임(출처: 도로구조물 적용을 위한 광촉매 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거효율 평가, 김영규 등, 2014)
- 또한 매연, 휘발성 유기화합물(VOC : Volatile Organic Compounds), 다이옥신의 제거, 수질정화가 가능하고 대기중의 SOx, NOx, 미세먼지 등에 광촉매의 제거효율이 높음 (출처: 광촉매를 이용한 건축, 토목 재료의 개발현황, 양진 등, 2001; 도로구조물 적용을 위한 광촉매 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거효율 평가, 김영규 등, 2014)
- 광촉매의 뛰어난 산화·환원력은 가정용, 산업용으로 다양한 활용도를 가질 수 있으며, 국민들의 삶의 질에 밀접한 영향을 미치는 주거시설의 새집증후군 유발물질 감소, 향균, 탈취 등 공기질 개선에 크게 기여할 것으로 예상됨
- 벽지, 천정재, 도료, 실내 마감재 등의 건축내장재에 광촉매를 적용하면 공기질 개선 및 향균능력 증진 효과는 공공기관, 숙박시설, 상업시설 등 생활환경 전반에 확대가 가능할 것으로 기대됨
- '다중이용시설 등의 실내공기질관리법'이 국무회의에서 의결되어 2016년 12월부터 시행예정이며, 새집증후군 및 환경성질환 유발물질인 휘발성유기화합물질에 의한 문제를 근본적으로 해결할 기술적 수단으로 기대됨
- 산화티탄이 각 산업에 적용되기 위해서는 다양한 물성에 대한 요구가 발생하게 됨. 저비용 광촉매 산화티탄 제조 과정 중에서 확보 가능한 전처리 기술은 이러한 물성으로 조절할 수 있으며, 이와 같은 기술은 슬러지 산화티탄을 각 산업에 충분히 적용 가능하게 할 것으로 기대 됨



- 하·폐수 폐기물에서 산화티탄 제조 시 확보 가능한 소성 기술, 분쇄 및 분극 기술 같은 원천기술은 다른 무기산화물 산화분야에 확대가 가능할 것으로 기대 됨
- 광촉매 재료 및 건설자재에 관한 기술 표준화 확립은 국내뿐만 아니라 국외에서도 광촉매 성능의 우수성을 인정받을 수 있어, 광촉매 재료 및 건설자재의 수출도 충분히 가능하며, 전 세계적으로 광촉매 재료 및 건설자재 분야에서의 리더가 될 수 있는 초석이 될 것으로 보임

○ 사회적 파급효과

- 환경부에서는 2016년 7월1일 ‘미세먼지 특별대책 세부이행계획’을 발표하면서 미세먼지 주범으로 노후경유차와 꼽은 바 있고, 또한 석탄 화력발전소의 배출가스도 미세먼지의 주요 요인으로 꼽혀 발전소 확충 장기계획에서 석탄 화력발전소를 계속 늘리기는 어려운 상황임
- 이러한 배출가스는 대기중에서 2차 화학작용을 거쳐 미세먼지로 변하며, 미세먼지는 세계보건기구(WHO) 1군 발암물질로 분류된 인체 유해 물질로서 입자가 매우 작아 인체에 흡수되어 기도, 폐, 심혈관, 뇌 등 우리 몸의 각 기관에 각종 호흡기 질환과 순환기계 질환을 유발하여 사망률을 높이는 요인임
- 2016년 9월 27일 세계보건기구(WHO)의 발표에 따르면 세계적으로 대기오염으로 인해 연간 최대 650만 명이 사망하며, 우리나라도 대기오염으로 인해 인구 100,000명당 21~40명이 사망하는 고준위 국가에 속함 (출처: WHO 홈페이지, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>)
- 미세먼지 전구물질인 질소산화물과 황산화물의 경우 광촉매 물질과 자외선 및 가시광선의 반응에 의해 분해되며 이로 인해 오염물질의 농도를 실내실험에서 70%까지 저감 가능
- 질소산화물과 황산화물이 미세먼지 등의 2차 대기오염물질들로 생성되는 과정의 효과적인 차단을 위해서는 가능하면 발생지에서 집중 저감시키는 것이 중요
- 광촉매 적용 시설물을 발생지 주변에 집중 보급하여 배출가스와 오염물질을 광분해 제거한다면 미세먼지 발생 저감으로 국민들의 건강이 크게 증진될 것으로 기대됨
- 광촉매가 적용된 건축내장재가 개발, 보급되면 광분해 작용으로 실내의 휘발성 유기화합물질이 저감되어 새집증후군으로 인한 국민건강의 위협요인을 효과적



으로 방지할 수 있을 것임

- 높은 미세먼지 농도는 막대한 사회적 비용을 발생시킴. OECD(2014)에서 추산한 대기오염비용에 따르면 2005년에서 2010년 사이 실외 대기오염으로 인한 경제 손실은 연간 3,500조원 이상으로 추정하였음. 따라서 미세먼지 관리를 환경규제로 인식하기보다는 사회적 비용을 줄이는 투자로 인정하여 정책변화를 꾀할 필요가 있음
- 대기오염을 저감시키는 것은 예상되는 질병을 예방하여 질병으로 인한 진료비 등 사회적 비용 감소하고 종국적으로는 대기질을 개선시켜 쾌적한 생활환경 조성을 통한 삶의 질을 향상시킬 수 있음
- 이상의 연구개발 파급효과를 달성하기 위한 구체적인 기술개발 계획과 수행추진체계를 제안함으로써 기술개발 성공가능성을 높임

3. 기존 사업과의 중복성 검토

- 본 기획과제에서는 기획과정과 자문위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하였으며, 기존 연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화하였음
- 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
- 기획과정에서 전문가 워크숍을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 기획 타당성 검토 시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음
- 기획과정을 통해 제기된 기존 유사연구 및 이에 대한 연계, 활용, 차별화 전략은 다음과 같음
- 저비용 광촉매 생산 기술 관련 연구사업 검토
 - 관련 선행 연구과제로는 “폐수 슬러지에서 제조한 산화티탄을 활용 SCR촉매 및 광촉매 필터 개발”과 “수처리 응집제를 이용한 광촉매 대량제조 기술 개발”이 있음
 - 이들 연구과제는 본 기획에서 이미 선행 확보기술로 지정한 폐수 슬러지에서 산화티탄 광촉매를 제조를 목적으로 수행한 원천기술 개발 과제임
 - 본 기획에서는 이 원천기술인 폐수 슬러지 산화티탄 광촉매 제조기술을 바탕으로 대량의 슬러지 광촉매 생산하는 기술과 건설자재에 활용하기 위하여 성



형 및 가공 기술을 추가로 개발함

○ 도로시설물 광촉매 적용 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “탄소중립형 도로 기술 개발”과 “폐자재를 활용한 대기정화와 항균성을 갖는 친환경도료의 개발과 도로시설의 오염물질[질소산화물, 유해유기화합물]의 제거기술개발”이 있음
- 이들 연구과제 중 탄소중립형 도로에서는 티탄광물에서 제조한 고비용 산화티탄 광촉매를 도로 중분대 콘크리트에 혼입하였으나 고비용과 기술적 미비로 인해 계획한 성능에 미치지 못하였음
- 광촉매 친환경 도료의 개발에서는 일반 도료에 광촉매 재료를 물리적으로 혼입하여 단순히 보도블록 표면에 코팅하는 연구과제로서 질소산화물 분해 성능은 어느 정도 확보하였으나 블록 건설자재의 내구성 미흡으로 시장에 활성화 되지 못함
- 이들 선행과제에서 수행한 연구개발 과정을 분석하고 성능과 성과물의 고도화를 위한 자료로 활용 가능함

○ 주거 및 다중이용시설 광촉매 적용 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “나노복합필터와 필름형 집진장치를 이용한 고성능 공기정화장치 개발”과 “대기 오염 유해가스 흡착용 무기질 단열마감재 개발”이 있음
- 고성능 공기정화장치 개발 과제에서는 필터의 성능 개선하기 위해서 필터재의 크기를 나노 사이즈로 조절하는 기수를 개발하여 작은 크기의 오염먼지를 제거하는 공기정화장치를 개발하였으나 잦은 필터 교체 문제점 발생
- 본 기획에서 개발하고자 하는 광촉매 공기조화기기의 기술 개발 시 필터의 성능을 최적화하기 위해서 광촉매 나노 가공기술 개발이 필요함을 시사함
- 흡착용 무기질 단열마감재의 경우 기존 고비용 광촉매를 플라스틱 재료에 혼입하는 기술을 개발하여 광촉매 성능을 부여한 기술 개발
- 이 연구개발의 경우 실내 가시광과의 광촉매 반응 성능 확보가 미흡하여 기술개발의 완성도가 높지 않음. 그러나 저비용 광촉매의 가공 기술 개발과 복합되어 가시광 반응형 플라스틱 개발을 고도화할 필요 있음



3절 경제적 타당성

1. 경제적 타당성 분석의 전제 조건

가. 사회적 할인율 (social discount rate)

- 연구개발사업수행의 비용과 편익은 어느 한 시점에만 발생하는 것이 아니라 보통 수년 혹은 수십 년에 걸쳐 발생하므로, 사업수행에 대한 경제성 분석은 시점을 일정하게 놓고 이루어져야 함. 그런데 통상 경제적 타당성 분석은 현재 시점에서 평가함
- 적정 사회적 할인율을 추정하는 작업은 매우 복잡하므로 굳이 새롭게 추정하는 것보다는 한국개발연구원 (KDI)에서 제시하고 있는 사회적 할인율 (2013년 12월 현재 5.5%)을 이용하는 것이 효과적임
 - 따라서 본 기획연구에서는 KDI에서 사용하고 있는 5.5%의 사회적 할인율을 적용하였음

나. 분석 기간 (planning horizon)

- 연구개발 사업의 경제적 타당성을 평가하기 위해서는 사업수행기간이 아니라 해당 사업의 효과가 몇 년이나 지속될 것인지를 의미하는 분석기간, 즉 비용편익 분석의 대상 기간을 결정해야 함. 또한 분석 기간에 걸쳐 균일하게 효과가 발생하기도 하고 균일하게 않게 효과가 발생하기도 함
 - 이러한 부분에 대해서는 적절한 가정을 토대로 모형을 설계해야 함
- 분석 기간을 너무 짧게 잡으면 사업의 효과가 제대로 반영되지 못하는 문제점이 발생하고, 반대로 너무 길게 잡으면 비용 또는 편익 측정에서의 불확실성 (Uncertainty)이 너무 커져 결과 자체를 신뢰하기 어렵게 됨
 - 분석 기간에 대하여 최적으로 설정하는 것 역시 연구의 중요한 이슈임.
 - 해당 기술 분야의 R&D 전문가, 사업전문가 등의 의견을 토대로 적절하게 분석 기간을 설정해야 함

(1) 편익회임기간

- 합리적인 범위 내에서 분석기간을 적절하게 설정하는 것이 중요한 문제로 연구개발 사업 기간과 연구개발 사업 기간이 종료된 후 편익이 발생하는 기간으로 구분하여 설정함



- 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 편익 회임기간이라고 정의
- 일반적으로 연구개발 활동으로 인한 경제적 효과가 발생하기 위해서는 기술개발의 사업화 등의 과정을 거쳐야하기 때문에 상당한 시간이 소요되며, 연구개발 부문 사전 타당성조사에서는 이 편익 회임기간 동안에는 경제적 편익이 발생하지 않는 것으로 간주
- 즉, 연구개발투자 이후 편익 회임기간을 지난 시점을 최초 편익 발생 시점으로 정의
- 본 기획과제와 같이 저비용 광촉매 원천연구 있고 응용기술 개발의 경우 KISTEP의 표준 지침에 따라 평균 6.4년이 걸리는 것으로 나타남²⁰⁾
- 한국개발연구원에서는 사업추진 측이 사업계획(안)에서 편익 회임기간을 제시하는 경우 이를 준용하는 것을 원칙으로 하되, 별도의 언급이 없을 경우 기초연구는 5년, 개발·응용연구는 3년을 기본으로 사업특성을 고려하여 반영

(2) 편익기간

- Mansfield (1991)는 편익기간과 관련한 기존 연구결과에 따라 투자시점을 기준으로 8년 후에는 사회적 편익이 더 이상 발생하지 않는다는 가정을 세운 바 있음
- 기술수명주기 (Technology Life Cycle, Technology Cycle Time)는 특허의 서지정보를 이용해 정량적으로 산출되는 지표 중 하나로서, 인용된 특허들의 발행연도와 인용한 특허의 발행연도 차이값들의 중간값 (Median age), 즉 인용-피인용 시차의 중앙값으로 정의
 - 특허를 이용해 세부분야별로 산출된 기술수명기간은 관련분야의 기술을 개발하는 연구개발사업의 편익기간으로 이용됨

(3) 기준년도 (base year)

- 경제적 타당성 평가에서 편익과 비용이 제각기 다른 시점에서 발생되므로, 사회적 할인율을 이용하여 비교 가능한 동일시점의 가치로 일치시켜야 함.
- 본 연구에서는 비용-편익분석의 기준 시점을 본보고서 작성 시점의 전년도 말에 해당하는 2015년 12월말 기준으로 통일하여 평가함

20) 한국과학기술기획평가원, 2014.11. 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 (제 2판).



2. 비용 추정

가. 연도별 비용

- 본 기획에서 수행한 저비용 광촉매 연구개발사업의 연차별 소요예산과 세부과제별 소요예산은 제5장 연구비 산정 부분과 같음
 - 정부출연금과 기업부담금의 매칭으로 연구사업을 운영하며, 4개의 세부과제 사업으로 구성되어 있음
- 연구개발사업 기간은 2018년~2023년의 5년간으로 설정
 - 즉, 5개년에 걸쳐 Inverse U shape 형태로 연구비를 투자할 예정
 - 이는 3년차에 가장 왕성한 투자가 이루어지고, 5년차 사업화 시점에서는 상대적으로 적은 투자를 하는 것으로 가정한 것임

3. 편익 추정

가. 편익 추정의 전제조건

- KISTEP (2011) 「예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축」에서는 2000년부터 2009년까지 미국등록 특허 155만여 건의 인용정보를 이용해 국제특허분류 (IPC; International Patent Classification) 클래스별 기술 수명주기 중위수 (median)를 산정하여 제시한 바, 이에 근거하여 편익 발생기간을 결정하는 것이 논리적으로 근거를 가짐 (이하 별책 경제성 평가 보고서 참조)
- 광촉매 기술은 IPC 분류 중 “섹션 C의 화학; 야금”으로 분류
 - 세부분야는 “C20/화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외”로 분류하는 것이 타당
 - TCT 값 9를 수용하며, 본 기술의 수명주기를 9년으로 설정
 - 이는 동 분야의 기술혁신의 빈도수와 기술혁신의 임팩트 등을 고려할 때, 비교적 합리적인 값으로 사료됨
- 화학; 야금 분야의 특허건수 127,590건을 분석했을 때, TCT (중위수)는 9, TCT (평균값)은 11.1432가 도출됨 (이승규 외, 2011)
 - 본 연구에서는 보다 보수적인 추정을 위해서, 화학; 야금 분야의 TCT (중위수) 값 9를 기술수명주기로 설정



- 따라서 본 연구에서는 사업완료 후, 2023년~2031년 동안, 즉 9년간 편익이 발생한다고 가정함
- 경제성 분석 대상기간은 사업기간과 기술수명주기를 합친 2018년부터 2030년까지의 14년간임
- R&D 기여도의 경우, 현재 사용하고 있는 28.1% (신태영, 2004), 10.9% (하준경, 2005) 등의 수치는 최근의 변화를 반영하지 못하는 등 여러 한계점을 갖고 있어, 이에 대한 대안 마련이 지속적으로 요구되고 있는 상황임
- R&D 사업화성공률은 연구개발사업의 결과물이 시장에서의 편익으로 이어지는 과정에서 발생할 수 있는 불확실성을 어느 정도 반영한다는 의미를 가지지만, 연구개발사업의 다양한 특성으로 인해 일관되게 적용되기 힘들다는 한계점이 존재
 - 여기서는 국가 연구개발사업의 평균 사업화 성공률인 39.7%를 사용하기로 함
- 편익은 사업수행으로 창출된 매출액 전체가 아닌 부가가치를 기준으로 산정되기 때문에 부가가치율을 고려할 필요가 있음
 - 여기에서는 화학제품 부문의 19.78%를 사용하기로 결정함

표 82. 편익 추정 및 전제조건 결정 내용

| 구분 | 적용하는 값 | 근거 |
|---------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 편익 발생기간 | 9년 | IPC 분류의 화학물질 및 화학제품 제조업의 기술수명주기 9년의 평균 수명을 적용 |
| 사회적 할인율 | 5.5% | KDI에서 발간한 예비타당성조사 일반지침 (제5판)에 따라 5.5%를 적용 |
| R&D 기여도 | 35.4% | R&D 사업에 대한 KISTEP 예비타당성조사에서 널리 통용되고 있는 35.4% 적용 |
| 기술개발(사업화) 성공률 | 39.7% | 국가연구개발사업의 기술사업화 성공률 평균치를 적용함 |
| 본 사업기여율 | 30% | 광촉매 R&D 관련 본 사업의 기여율을 대략 30% 정도로 가정함 |
| 부가가치율 | 19.78% | 한국은행 산업연관표 (2014년)의 투입산출표 중 기본부문 (403부문) 기초가격평가표를 적용. '화학제품'의 부가가치율을 산정하여 적용함 |



나. 편익 추정 원칙

- 본 사업의 수행을 통한 결과물은 1) 국내발생 미세먼지 감축으로 인한 편익 (의료비용 감소 및 쾌적한 삶의 질), 역시 2) 실내공기질 개선 및 새집증후군 저감에 따른 편익 (의료비용 감소 및 쾌적한 삶의 질), 그리고 본 제품의 판매에서 발생하는 시장별 편익, 보다 구체적으로 a) 광촉매 원료 시장, b) 도로시설물 광촉매 활용 시장, c) 생활환경 광촉매 활용 시장, d) 기타 광촉매 활용 시장 등의 시장에서 발생하는 편익 등이 있을 수 있음
 - 본 연구에서 다루어야 할, 1) 미세먼지 감축에 따른 편익, 2) 실내공기질 개선 및 새집증후군 저감에 따른 편익의 경우, 본 연구사업에 따라 미세먼지가 저감되는 정도, 실내공기질이 개선되는 정도를 계량적으로 측정하기가 어려움
 - 또한 미세먼지 감축에 따른 의료비용 감소, 실내공기질 개선에 따른 유아 등의 아토피 발생 비율 감소에 따른 의료비용 감소 등에 대해서는 추정 자체가 큰 이슈이기 때문에, 위 두 편익에 대한 구체적인 추정은 다음에 심도 있는 연구에서 다루어지길 희망함.
 - 대신 본 연구에서는 본 제품을 통해서, 국내외의 위 시장들에서 제품판매를 통해 얻는 편익을 더욱 구체적으로 추정해보고자 함
- 본 연구를 통해서 발생하는 시장 편익은 국내시장에서 발생 가능한 편익과 해외시장에 진출하여 발생할 수 있는 편익으로 구분
 - 본 연구에서는 이 부분을 상당히 보수적으로 추정하여, 국내·외 시장에서 발생하는 편익을 추정하고자 함
 - 소위 시장수요 접근법을 적용하여 편익을 추정하되 부가가치 (value-added) 창출의 관점에서 경제적 편익을 평가하고자 함
- 편익 추정에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 편익의 개념이 예비타당성조사 일반지침 제 5판에 부합해야 하는 것이며, 편익 항목 간 이중계산의 문제가 없어야 한다는 것이므로, 편익 추정에 있어서 이 원칙을 견지하여 추정함

다. 편익 추정방법

- 편익이 발생하는 각 시장의 성장 규모를 예측하여 추정하는 것이 바람직하나, 데이터 구득의 어려움이 존재
 - 또한 위에서 언급한 세부 시장 이외의 영역에서 많은 편익이 발생하나, 데이터 구득이 난망함



- 따라서, 각각의 세부 시장에서 발생하는 편익을 중복되지 않게 추정하여 계산함
- 위와 같이 편익추정을 추생하더라도, 편익이 발생하는 사업 후 미래 9년간의 예측 데이터를 무리한 가정으로 추정하기 보다는, 수치의 신뢰성 확보를 위해서는 지속적인 시장데이터 업데이트에 기반한 경제성평가 보완이 필요할 것임
- 본 연구에서는 편익을 최대한 보수적으로 추정하기 위하여, 시장의 성장률도 보수적으로 가정하여 수행함
- 전문가 설문에 의거하여 미래 시장규모 등이 예측·계상되어 논리적 설득력을 갖추기 위해서는 AHP 등 비교적 널리 통용되는 의사결정기법을 사용하여 로직을 갖추는 것이 매우 중요함

라. 편익의 구체적 추정

- 본 사업의 편익은
 - 1) 국내발생 미세먼지 감축으로 인한 편익 (의료비용 감소 및 쾌적한 삶의 질)
 - 2) 실내공기질 개선 및 새집증후군 저감에 따른 편익 (의료비용 감소 및 쾌적한 삶의 질)
 - 3) 국내시장 편익, 즉 본 제품의 판매에서 발생하는 국내 시장별 편익, 보다 구체적으로 a) 광촉매 원료 시장, b) 도로시설물 광촉매 활용 시장, c) 생활환경 광촉매 활용 시장, d) 기타 광촉매 활용 시장 e) 기타 등의 시장에서 발생하는 편익 등임
 - 4) 국외시장 편익, 세부시장은 국내시장과 유사하게 구성
- 그러나 본 연구에서 구체적으로 추정하는 편익은, 추정노력이 광범위하게 진행되어, 별도의 노력을 필요로 하는 1)과 2)를 제외하고 (본 사업의 심층타당성 분석에서는 반드시 수행되어야 할 것임), 3)과 4)의 편익 부분을 추정하는데 중점을 둠
- 본 연구를 통해서 발생하는 시장 편익은 국내 시장에서 발생 가능한 편익과 해외 시장에 진출하여 발생할 수 있는 편익으로 구분됨
- 국내시장 편익을 추정을 위한 국내시장 추정
 - 국내시장의 편익은 광촉매 관련 국내시장의 규모로부터 도출할 수 있음
 - 국내시장규모는 KISTI 등의 예측에 근거하여, 2012년 시장규모로부터 9%씩



성장한다고 보수적으로 가정

- 실제 광촉매시장은 9% 이상의 수치로 비선형적으로 성장하고 있으나, 보수적 수정을 위해, 9% 정도의 선형적 성장으로 가정함
- 실제로 a) 광촉매 원료 시장, b) 도로시설물 광촉매 활용 시장, c) 주거 및 다중이용시설 광촉매 활용 시장, d) 기타 광촉매 활용 시장 e) 기타 등의 시장 규모는 이보다 훨씬 크게 추정될 수 있으나, 여기서는 보수적 추정을 하였음

표 83. 국내 광촉매 시장 규모 예측 (단위 : 억 원)

| 년도 | 국내광촉매시장 |
|------|---------|
| 2012 | 3,000 |
| 2013 | 3,270 |
| 2014 | 3,564 |
| 2015 | 3,885 |
| 2016 | 4,234 |
| 2017 | 4,615 |
| 2018 | 5,031 |
| 2019 | 5,484 |
| 2020 | 5,977 |
| 2021 | 6,515 |
| 2022 | 7,102 |
| 2023 | 7,741 |
| 2024 | 8,437 |
| 2025 | 9,197 |
| 2026 | 10,025 |
| 2027 | 10,927 |
| 2028 | 11,910 |
| 2029 | 12,982 |
| 2030 | 14,151 |

○ 해외시장 편익을 추정을 위한 해외시장 규모 추정

- 해외시장의 편익은 광촉매 관련 해외시장의 규모로부터 도출할 수 있음
- 해외시장규모는 해외시장 동향조사 등의 예측에 근거하여, 2014년 시장규모로부터 10%씩 성장한다고 보수적으로 가정
- 실제 광촉매시장은 9% 이상의 수치로 비선형적으로 성장하고 있으나, 보수적 수정을 위해, 9% 정도의 선형적 성장으로 가정함



표 84. 해외 광촉매 시장 규모 예측 (단위 : 억 원)

| 년도 | 해외시장규모 |
|------|--------|
| 2014 | 18,704 |
| 2015 | 20,387 |
| 2016 | 21,814 |
| 2017 | 23,341 |
| 2018 | 24,975 |
| 2019 | 26,724 |
| 2020 | 28,594 |
| 2021 | 30,596 |
| 2022 | 32,738 |
| 2023 | 35,030 |
| 2024 | 37,482 |
| 2025 | 40,105 |
| 2026 | 42,913 |
| 2027 | 45,917 |
| 2028 | 49,131 |
| 2029 | 52,570 |
| 2030 | 56,250 |

마. 편익 계산

○ 시장수요 접근법은 다음과 같이 적용됨

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>연간 경제적 편익 = 미래 시장 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> × 예상 시장 점유율 (국내외 각각 10%) × 사업기여율 (30.0%) × R&D 기여율 (35.4%) × R&D 사업화 성공률 (39.7%) × 부가가치율 (19.78%) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



○ 도출되는 편익은 아래와 같음

표 85. 도출 편익

(단위 : 억 원)

| 년도 | 국내시장 | 해외시장 | 국내시장+ 해외시장 | 도출편익 | 편익의 현재가 (2016년 말 기준) |
|------|--------|--------|---------------|--------|-------------------------------|
| 2012 | 3,000 | | | | |
| 2013 | 3,270 | | | | |
| 2014 | 3,564 | 18,704 | | | |
| 2015 | 3,885 | 20,387 | | | |
| 2016 | 4,234 | 21,814 | | | |
| 2017 | 4,615 | 23,341 | | | |
| 2018 | 5,031 | 24,975 | | | |
| 2019 | 5,484 | 26,724 | | | |
| 2020 | 5,977 | 28,594 | | | |
| 2021 | 6,515 | 30,596 | | | |
| 2022 | 7,102 | 32,738 | | | |
| 2023 | 7,741 | 35,030 | 42,771 | 35.669 | 24.5 |
| 2024 | 8,437 | 37,482 | 45,920 | 38.295 | 25.0 |
| 2025 | 9,197 | 40,105 | 49,303 | 41.117 | 25.4 |
| 2026 | 10,025 | 42,913 | 52,938 | 44.148 | 25.8 |
| 2027 | 10,927 | 45,917 | 56,844 | 47.406 | 26.3 |
| 2028 | 11,910 | 49,131 | 61,042 | 50.906 | 26.8 |
| 2029 | 12,982 | 52,570 | 65,553 | 54.669 | 27.3 |
| 2030 | 14,151 | 56,250 | 70,401 | 58.712 | 27.7 |



4. 비용-편익 분석

가. 비용-편익분석의 개요

- 경제성 분석은 편익/비용 비율 (B/C ratio), 순현재가치 (NPV), 내부수익률 (IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정이며, 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행함

나. 비용-편익분석 기법

- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 가장 큰 대안을 선택하는 방법임
 - 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간 (일반적으로 현재년도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 ‘현재 가치화’라고 함
 - 각 사업의 편익-비용비는 현재 가치로 환산된 편익과 비용으로 나타내는 것이 일반적이며 일반적으로 편익/비용 비율이 1.0보다 크면 경제성이 있다고 판단

$$B/C \text{ ratio} = PV \text{ of } B / PV \text{ of } C_t$$

- 그러나 위 식에서 보듯이 편익/비용비율(B/C ratio)은 사업의 비용 1단위당 편익이 얼마인가를 보여주는 것이므로 자연히 소규모 사업이 상대적으로 높은 편익/비용 비율을 갖게 되는 경우가 많으며 비용과 편익을 명확히 구분하기 어려울 때가 많음
 - 따라서 사업의 우선순위를 결정하는 데 있어 편익/비용 비율기준만으로 큰 의미가 있다 할 수 없음
- 순현재가치 (Net Present Value: NPV)는 현재가치로 환산된 장래의 연차별 순편익의 합계에서 초기 투자비용 및 현재가치로 환산된 장래의 연차별 비용의 합계를 뺀 값을 의미함. NPV>0이면 경제성이 있다고 판단함

$$NPV = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{NB_n}{(1+r)^n} \quad n = 1, 2, \dots, N$$

여기서, I : 투자액, NB : 순편익, r : 사회적 할인율, N : 경제성 분석 기간



- 내부수익률 (Internal Rate of Return: IRR)은 편익과 비용의 합계가 동일하게 되는 수준의 현재가치 할인율을 의미함.
 - 즉, 어떤 사업의 순현재가치의 값을 '0'으로 하는 특정한 값의 할인율을 의미함. 내부수익률이 시장이자율보다 높은 경우 혹은 공공사업에 대해 사회적으로 용인할 수 있는 이자율보다 높게 나타나면 그 사업은 타당성이 있다고 평가할 함

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{NB_n}{(1+I)^n}$$

여기서, I : 투자액, NB : 순편익, I : 내부수익률, N : 경제성 분석 기간

- 각 방안별 문제점을 간략하게 지적하면 우선, B/C ratio와 IRR을 사용함에 있어 애매한 경우가 다소 있음
 - 구체적으로 B/C ratio는 재투자 비용이 드는 사업을 평가함에 있어 재투자 비용을 비용으로 산정할 것인지 혹은 음의 수익으로 산정할 것인지에 따라 다른 값을 가짐
 - IRR은 사업규모가 다른 경우 IRR만으로는 우열을 가리기 힘들다는 문제가 있으며 사업간 상호 독립적이란 가정 하에 도출하는데, 만약 사업간 상호배타적인 경우, 즉 경쟁적 관계의 사업에서 다수의 IRR을 가지는 경우가 발생할 수 있는 문제점이 있음
 - IRR 및 B/C ratio의 문제점으로 인해 일반적으로 NPV가 우월하다고 알려져 있지만, NPV 또한 예산상 제약이 있는 경우 한계가 있음
 - 대규모사업이 소규모사업에 비해 큰 순현재가치가 발생하게 되어 대규모사업이 통상 유리하게 평가되는데, 예산제약으로 인해 하나의 대규모 사업과 여러 개의 소규모 사업 중 선택해야 하는 경우가 있는데, 이 경우 NPV는 올바른 평가를 수행할 수 없음
- 결국 어떤 사업의 경제적 타당성의 유무판단기준으로서 어느 한 기준에 전적으로 의존하는 것은 문제가 있음을 인식해야 하며, 결론적으로 순현재가치, 내부수익률 및 편익/비용 비율 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 의사결정을 내리는 것이 타당함

다. 분석 시 전제 사항

- 경제성 분석에 있어 비용과 편익은 모두 사회적 비용 및 편익으로 간주할 수



있는데, 일반적으로 공공 투자시설의 경우 비용은 실질적으로 투자되어 사용된 비용을 계상하는 반면 편익은 회수 방법을 통한 실제 수익이 아닌 사회적 편익을 기준으로 함

- 본 연구에서도 먼저 비용 및 편익을 산정하고 이로부터 사업의 경제성을 분석함
 - 본 사업의 투자기간은 2018년부터 2023년까지이며, 편익은 2023년부터 2030년까지 발생하여, 2018년부터 2030년까지가 경제성 분석 대상 기간임
 - 현재가격은 2015년 12월을 기준으로 사업의 비용 및 편익에 적용하고 본 사업은 그 성격상 비용이 초기에 집중 발생하는 반면, 편익은 건설 후 장기간 동안 발생하기 때문에 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하여 평가함

○ 사회적 할인율

- 비용과 편익의 미래 흐름을 비교하기 위하여 사용되는 할인율은 자원의 기회 비용, 즉 투자 사업에 사용된 자본이 다른 투자 사업에 사용되었을 경우 얻을 수 있는 수익을 추정하게 할 뿐 아니라 사람에 따라 혹은 사회에 따라 그리고 시대에 따라 다를 수 있는 시간의 객관적인 가치를 나타냄
- 할인율 개념의 적용에 있어서는 많은 이견이 있으나 특정 투자 사업이 정부에 의해 주도되는 경우에는 사회적 할인율의 개념을 적용하고, 민간자본에 의해 추진되는 경우에는 시장이자율에 근거한 재무적 할인율을 적용하는 것이 일반적임
- 사회적 할인율은 통상 시장이자율보다 낮은 수준으로 책정되는데 그 이유는 사회적 할인율을 사용하여 사업타당성을 평가하는 주체가 주로 정부이며 정부로서는 미래사업의 중요성이 더 높게 평가되어야 하기 때문임
- 대부분의 국가는 투자사업의 특성에 따른 할인율을 자국의 경제성장률, 물가상승률, 경제적 잠재능력 등을 고려하여 개괄적인 방법으로 정부가 추정하여 사용하고 있는데 일반적으로 개발도상국 사회간접자본의 경우는 7~8% 이상, 선진국의 경우는 보통 5~6% 수준을 적용하고 있음
- 본 연구에서는 KDI의 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침』(제5판)에 의거하여 5.5%를 적용

라. 비용-편익분석 결과

- 비용-편익 분석에서 일반적으로 편익-비용 비율>1일 경우 경제적 타당성이



있는 것으로 판단됨

- 가장 보수적으로 추정했을 때, 본 사업의 경우 순현재가치는 46.5억원으로서 0보다 크며, 편익/비용 비율이 1.2으로서 1.0을 상회하고, 내부수익률은 사회적 할인율 5.5%를 상회함
- 따라서 본 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 평가됨

표 86. 비용-편익분석 결과

| 경제성 분석 | 순현재가치 | 편익/비용 비율 | 내부수익률 |
|--------|--------|----------|-------|
| | 46.5억원 | 1.2 | 8.5% |

○ 비용 및 편익의 흐름은 다음 표와 같음

표 87. 비용과 편익의 흐름

(단위 : 억 원)

| 년도 | 비용 (연구개발 투자) | 국내시장 | 해외시장 | 총시장 | 편익 | 비용과 편익의 현가 |
|------|-----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| 2017 | 28.9 | 4,615 | 23,341 | | | -27.4 |
| 2018 | 42.6 | 5,031 | 24,975 | | | -38.3 |
| 2019 | 59.1 | 5,484 | 26,724 | | | -50.4 |
| 2020 | 46.1 | 5,977 | 28,594 | | | -37.1 |
| 2021 | 43.3 | 6,515 | 30,596 | | | -33.1 |
| 2022 | | 7,102 | 32,738 | | | -30.2 |
| 2023 | | 7,741 | 35,030 | 42,771 | 36.697 | 25.2 |
| 2024 | | 8,437 | 37,482 | 45,919 | 39.399 | 25.7 |
| 2025 | | 9,197 | 40,105 | 49,303 | 42.301 | 26.1 |
| 2026 | | 10,025 | 42,913 | 52,938 | 45.420 | 26.6 |
| 2027 | | 10,927 | 45,917 | 56,844 | 48.772 | 27.1 |
| 2028 | | 11,910 | 49,131 | 61,042 | 52.373 | 27.5 |
| 2029 | | 12,982 | 52,570 | 65,553 | 56.244 | 28.0 |
| 2030 | | 14,151 | 56,250 | 70,401 | 60.404 | 28.5 |
| | | | | | B-C | 46.5 |
| | | | | | B/C | 1.2 |
| | | | | | IRR | 8.5% |



마. 민감도 분석

- 타당성을 평가하기 위해서는 사용되는 경제성 평가의 편익과 비용의 계산에는 많은 불확실성이 내포되어 있음
- 불확실성에 대처하기 위해서는 민감도 분석 (sensitivity analysis)을 많이 시행하는데, 민감도 분석은 투자비나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수, 예를 들어서 비용, 편익, 할인율 등에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하는 방법임
- 1) 시장규모 예측치의 변화, 2) 시장점유율의 변화, 3) 기타 지표의 변화 등에 따라 NPV 값의 변화를 추적해 볼 수 있음. 기본적으로 본 연구에서는 대체로 가장 보수적인 증가치를 사용하였기 때문에, 시장점유율 10% 초과 적용 시, 시장규모의 10% 이상 성장 시 NPV 값은 크게 향상될 것임
 - 물론 반대로 시장 침체 시, 점유율 하락 시 NPV값은 음으로 나올 수 있음



제7장 과제공모 방안

1절 과제제안 요구서

1. 총괄과제제안 요구서

| 연구개 과제명 | 저비용 고성능 광촉매를 활용한 미세먼지 저감 건설기술 개발 |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 재료 분말도 $10\mu\text{m}$이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50%이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발 ○ $10\text{m}\times 10\text{m}$ 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성 (ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm^2 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정) ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) $0.1\text{톤}/\text{km}^2\cdot 8\text{hr}$ 제거 효과 ○ 친환경 건축자재 최우수등급(총 휘발성유기화합물 $0.1\text{mg}/\text{m}^2\cdot \text{h}$ 미만, 포름알데히드 $0.03\text{mg}/\text{m}^2\cdot \text{h}$) ○ 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30% 저감 |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 | <ul style="list-style-type: none"> □ 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 하·폐수 폐기물을 재활용하여 친환경 자원인 산화티탄 광촉매를 생산하고 이를 통하여 경제적, 사회적 부가가치를 창출할 수 있는 기술 개발이 필요함 ○ 공정기술 개발을 통하여 산화티탄 광촉매의 생산단가를 기존 대비 50 % 이상 절감 기술을 개발하고 이를 이용하여 획기적으로 대기질을 개선할 수 있는 광촉매 건설자재 응용기술 개발의 계기를 마련 ○ 최근 중국 발 미세먼지와 석탄 화력발전소의 미세먼지로 인한 대기 오염은 심각한 수준에 이르렀고, 국민들의 대기 환경오염 개선에 대한 요구는 증가 ○ 국내 대기오염원 중 질소산화물의 총 배출량은 2011년 기준 260,990톤 이고, 이중 도로 이동오염원 부분에서 가장 많은 45.9%가 배출 ○ 최근까지 도로 이동 오염원으로 유발되는 질소산화물을 줄이기 위한 국가 정책은 자동차 관리에 초점이 맞춰져 있었고, 도로 정비 |



| | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>부분에서의 정책은 미비한 실정</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 정부는 9대 국가전략 프로젝트 및 미세먼지 관리 특별대책(국무조정실, 2016.6)을 통한 「미세먼지 저감 기술개발」을 시급히 추진하고 있으며, 특히 국민건강과 밀접한 관련이 있는 미세먼지의 2025년 전국 평균농도를 선진국 수준인 ($26\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 18\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 설정함 ○ 최신 건축물은 에너지 효율로 인해 밀폐성이 높아짐에 따라 내부 공기의 순환이 점차적으로 어려워져 실내공기질 오염으로 인한 국민 건강 악화 우려 <ul style="list-style-type: none"> - 실내공기질을 악화시키는 주요 요인으로는 새집증후군 물질로 분류되는 휘발성유기화합물과 최근 주목받고 있는 조리 과정에서 배출되는 미립자 및 유해가스 등이 있음 ○ 우리나라에 영향을 끼치는 중국의 경우도 미세먼지에 의한 대기 오염이 중국을 중심으로 사회문제화 되고 있으며, 공기청정기 시장이 급성장하고 있음 ○ 문재인 대통령 대선공약집 「평화로운 한반도 안전한 대한민국 “생활안전 강화 - 국민건강을 위협하는 미세먼지 저감 종합대책을 마련”」과 관련하여 현 정부에서도 미세먼지 저감을 위해 관심을 갖고 노력하고 있음 |
| <p>□ 기술동향</p> | <p><국내 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 국내에서 산화티탄 분말을 하·폐수 폐기물에서 제조하는 원천 기술을 개발한 바 있음 ○ 그러나 하·폐수 폐기물에서 산화티탄 광촉매를 대량 생산하는 기술은 국내외적으로 아직 개발되지 못하고 있는 실정임 ○ 국내 출연연과 대학 연구기관에서 TiO_2를 모르타르에 혼입하여 모르타르의 강도특성을 평가하였으며, 질소산화물 제거 특성에 대한 초기 연구를 수행하여 광촉매가 혼입된 시멘트 페이스트가 질소산화물을 효과적으로 저감시키는 것을 확인 ○ 국내에서는 콘크리트를 중심으로 광촉매의 활성화 성능을 일부 확인하는 연구가 진행되었으나 산화티탄 광촉매 원재료 생산의 고비용으로 인해 적용기술 개발은 거의 못하고 있는 실정임 ○ 국내에서 광촉매를 활용한 건축 내장재의 개발은 거의 없는 실정이며, 이것은 원재료의 비용과 제조기술의 미비와 광촉매 활성화 성능평가 기술개발의 미흡이 원인임 ○ 국내의 공조 기술은 필터링을 통한 오염물질 제거에 초점이 맞추 |



어져 있으며, 주로 hepat 필터의 수명 연장과 기능 향상을 목표로 하고 있음

- 필터의 자체 항바이러스 및 항균력을 높이기 위하여 금속 물질을 활용하는 기술이 연구되고 있으며, 은(Ag), 구리(Cu)를 사용함. 이 금속들은 자체 항균력을 가지고 있으나 물질의 단가가 상당히 고가여서 광범위하게 적용하기 어려움
- 한국광촉매협회가 2003년에 설립되어 광촉매 제품에 대한 인증 기준을 제시하고 인증 제도를 운영하고 있으나, 극히 일부의 제품에 불과하며, 광촉매 자체에 대한 인증 및 현장 적용성에 대한 평가를 수행하고 있지 못한 실정임
- 오염 물질 저감을 위한 광촉매 기술 개발연구는 다양하게 수행되어 왔으나, 표준화된 실험 방법이 없고, 광촉매 성능을 보증해줄 수 있는 인증기준이 없어 연구실용화에 많은 어려움이 존재
- 국내의 광촉매 성능 평가 시험 방법은 ISO를 적용한 것으로 일본에서 개발한 JIS를 차용하고 있어 표준의 자립화를 위한 연구가 필요한 실정임

<국외 기술동향>

- 일본 Ishihara Sangyo에서는 2002년부터 귀금속인 Pt와 Hypophosphorous Acid를 함께 산화티탄에 도핑하여 가시광선에서 반응할 수 있는 산화티탄을 제조하는 연구를 수행 중
- Toshiba Lighting & Technology는 가시광선으로 파장 영역을 변화시키기 위해 산화티탄에 귀금속, 알칼리 이온, 전이 금속, 희토류 금속 이온 등의 다양한 금속 이온을 도핑
- 일본은 Ishihara Sangyo, Sakai Chemical 등 광촉매 원료를 생산하는 업체와 TOTO, Toshiba Light & Technology 등, 광촉매 2차 제품을 생산하는 1,000여개의 업체가 광촉매 활용 연구개발 및 제품화하여 세계시장을 선도
- 그러나 일본에서는 원천소재인 산화티탄은 주로 티탄광물 또는 다른 기술로 제조하고 하·폐수 폐기물을 이용하여 저비용을 산화티탄을 제조하는 기술은 보유하고 있지 않음
- 이탈리아의 이탈시멘티(Italcementi)사에서는 광촉매 혼합 시멘트 적용 건물 및 보도블록 제품을 판매중이며, 지속적인 광촉매 시멘트 관련 연구를 통해 광촉매 시멘트 분야에서 다수의 특허를 보유하고



| | |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>있음</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽이 실내 온열환경 및 실내공기질 동시 만족을 위한 Passive 플라스터 시스템 개발을 선도(EU - CETIEB Project). 총 연구비 약 50억원, 7개국 15개 기관 참여하여 실내공기질 향상 연구를 진행 중 ○ 일본 등 주요 선진국에서는 친환경자재이면서 유해화학물질의 흡착 및 분해성능, 항균, 흡방습 성능 등을 갖는 기능성 건설자재의 개발이 증가하고 있고 이를 규격으로 제정하기 위한 성능평가 방법정립에 대한 연구들이 증가함 ○ 일본은 광촉매 제품화를 통해 세계시장에 진출하고 있으며 JIS/ISO 제정, 효과기준 설정, 가시광 응답형 광촉매 기술 확립을 통해 소재로부터 각종 응용제품에 이르기까지 세계 최고수준의 연구를 진행 중 ○ 유럽은 2002~2005년까지 4년간 광촉매를 적용하여 NOx 등의 분해 및 셀프크리닝 성능을 확보하기 위한 PICADA(Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment) 프로젝트에서 광촉매 정화성능 표준 평가 방법에 대한 연구개발을 수행 ○ 일본은 광촉매 산업이 가장 활성화되어 있는 국가로 대부분의 광촉매 관련 시험 방법은 일본에서 개발·표준화(JIS)되었으며, ISO 에도 등재되었음 ○ 실내공기 오염물질 관련 성능평가 방법 규격 중 오염물질의 방출량을 측정분야는 국제표준 ISO 뿐만 아니라 EN, JIS, ASTM 등 지역, 단체 및 국가규격으로 표준화되어 있지만, 실내공기 오염물질을 저감하는 광촉매 활용 제품에 대한 성능평가 방법의 표준화는 상대적으로 미흡한 실정 |
| 3. 연구개발 내용 | |
| | <p>《저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 생산을 위한 최적의 하폐수 선정 - 하·폐수 폐기물에 따른 최적의 저비용 고성능 광촉매 응집제 ○ 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 하·폐수 폐기물로부터 대량 산화티탄 광촉매 생산 파일럿 플랜트 설계 및 제작 기술 |



| | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 가시광선 반응형 광촉매 가공 기술 - 저비용 고성능 광촉매 가공·성형기술 ○ 저비용 고성능 광촉매를 활용한 시멘트계 건설자재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 구체용 광촉매 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 - 광촉매 포장콘크리트 - 광촉매 혼입 콘크리트 최적 배합 및 시제품 ○ 광촉매 나노물질의 인체 위해성 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 화학적 처리 방법을 이용한 광촉매 나노물질의 인체 독성 평가 기술 개발 - 세포 노출 실험 기법을 이용한 광촉매 나노물질의 인체 독성 평가 기술 개발 ○ 광촉매를 활용한 건설자재 및 재료의 마모 등에 의한 위해성 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 챔버 시설을 이용한 광촉매 건설자재 및 재료의 마모에 의한 대기오염물질 발생 기작 평가 - 광촉매 건설자재 및 재료의 마모에 의해 발생한 대기오염물질의 인체 독성 평가 기술 개발 ○ 국내에서 사용되는 광촉매 나노물질 및 나노물질 제품의 소비자 노출 지수 및 정량적 위해도 평가 결과 제시 《도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발》 ○ 저비용 고성능 광촉매를 활용한 도로부속시설물용 2차 제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 보도블록, 투수블록, 중앙분리대, 흡음재 등 - 도로부속시설물용 2차 제품 시제품 및 제품 설명서 ○ 광촉매 건설자재 도로(부속)시설물 적용기술 <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 포장콘크리트 시공장치 및 시공기술 - 광촉매 도로용 건설자재 시공기술 ○ Hot-spot 오염지역 적용 위한 공기 청정타워 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 적용 건설자재를 활용한 공기 청정타워 - 타워 자체 및 내부 광촉매 활성화 설비 기술 ○ 터널 및 지하구조물 광촉매 적용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 터널 및 지하구조물 광촉매 적용 기술 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



| | |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간 광촉매 활성화 조명시스템 《주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발》 ○ 저비용 고성능 광촉매 건축자재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건축자재 코팅용 도료재료 - 광촉매 패브릭 건축자재 - 광촉매 플라스터 건축자재 - 단열 및 흡습 등, 다기능 광촉매 건축내외장재 패널 - 광촉매 활성화 실내 조명시스템 개발 ○ 광촉매 공기정화 필터 및 공기조화 장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공조정화용 광촉매 필터 - 광촉매 적용 공기조화기기 제품 《광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발》 ○ 저비용 고성능 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - UV 광 및 가시광 광촉매 반응 성능평가 기술 - 재료 및 자재 단위 성능시험법(안) - 광촉매 건설자재 현장조건 성능평가 시험방안 ○ 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 표준화 <ul style="list-style-type: none"> - 협회 또는 KS 표준 시험평가(안) 제시 ○ 광촉매 성능 인증제도 및 인증시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 재료 및 건설자재 인증제도 제안 - 광촉매 재료 및 건설자재 인증시스템(안) 제시 |
| 4. 연구개발 추진방법 | |
| □ 추진 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심 성과 목표를 제시 * 예) 기존 광촉매 대비 성능 00%, 생산 단가 절감 00%, 생산능력 ton/year 등 ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 |



| | |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 광촉매 재료 성능분석 및 평가 관련 전문가 및 장비/시설 인프라 보유 기관의 활용 방안 제시 ○ 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 최소한으로 계획함 |
| <input type="checkbox"/> 추진 체계 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 산·학·연 공동연구로 구성, 광촉매 원천소재 개발이 가능한 전문 분야 연구기관이 반드시 참여 ○ 슬러지 산화티탄 광촉매 시작품이 개발에 다소 시간이 필요하나 계획된 연구기간 내 응용 제품을 개발하기 위해서는 연구 초기에 본 세부과제의 연구수행 방법을 타 세부과제와 연계할 방안 제시 필요 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 개발하는 저비용 고성능 광촉매 소재의 성능평가와 관련하여 세부과제 간 연계 방안을 확립하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 개발하고자 하는 재료 및 제품의 성능검증, 유해성 평가 등이 가능하도록 해당 전문가를 반드시 연구진에 포함 ○ 저비용 고성능 광촉매뿐만 아니라 일반 광촉매 재료에 대하여도 적용이 가능한 시험규격의 개발 ○ 인증제도의 활성화를 위해서 국가기술표준원 또는 해당 부처 기준 부서와 연계 활동 계획 제시 ○ 일부 세부 구성과제는 분리과제로 수행, 특히 저비용 고성능 광촉매를 활용 2차 제품 개발의 경우 연구내용에서 제시한 제품군 이외 다른 제품을 개발할 수 있음 |
| 5. 최종성과물 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 산화티탄 광촉매 재료 시제품 ○ 저비용 고성능 광촉매를 적용한 페이스트/모르타르/콘크리트 시제품 |



| | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매를 적용한 2차 제품 시제품 <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 적용 도로부속시설물 2차 제품 시제품 - 저비용 고성능 광촉매 적용 건축 내외장재 시제품 ○ Hot-spot 오염지역 공기 청정타워 모형 ○ 저비용 고성능 광촉매 재료 및 건설자재 제조 및 시공 지침(안) <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 적용 시멘트계 건설자재 제조 및 시공 지침(안) - 저비용 고성능 광촉매 적용 건축 내외장재 사용 매뉴얼 - 저비용 고성능 광촉매 공기조화기기 사용 매뉴얼 ○ 광촉매 성능평가 표준화 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 재료 성능평가 시험법(안) - 광촉매 건설자재 성능평가 시험법(안) - 광촉매 건설자재 성능평가 표준(안) (KS, 단체표준 등) - 인증제도 및 인증시스템 (안) |
| <p>6. 연구기간 및 지원예산</p> | |
| <p><input type="checkbox"/> 전 체</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2022.12 (4년 9개월) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월) ○ 총 정부출연금 : 15,302 백만 원 이내 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 956 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능 |
| <p>7. 기 타</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구단장 신청자는 반드시 2세부과제의 주관연구책임자로 참여하여야 함 ○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음 |



| | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> * www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 * 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 * (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함 * 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



- 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발 계획에 제시해야 함
 - 연구개발 기술 수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시하여야 함
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 기타 세부적인 연구내용, 주요 성과물, 연구비(안) 등은 기획보고서 참조
- 과제별 연구기간 및 공모방식
 - 연구단 분리공모 과제 : 저비용 고성능 광축매를 활용한 미세먼지 저감 건설기술 개발



| 세부과제명 | 연구내용 | 총 연구기간 (연차) | 공모방식 | | 금회 공모 |
|----------|----------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------|
| | | | 컨소 시엄 공모 | 분리 공모 | |
| 【세부과제 1】 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발(3,895백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| | 광촉매 재료 및 건설자재의 인체 위해성 평가(600백만원) | 3년 (2~4) | | ○ | |
| 【세부과제 2】 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발(5,738백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| 【세부과제 3】 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발(3,060백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| 【세부과제 4】 | 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발 (2,009백만원) | 4년 (2~5) | | ○ | |



2. 세부과제 제안 요구서

가. 1 세부과제

| 연구개발 과제명 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발 | |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1. 연구개발 목표 | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 하·폐수 폐기물에서 산화티탄 광촉매를 생산하는 기반 기술을 개발하고, 이를 위해서 Pilot Plant 설비를 제작하여 산화티탄 대량 생산기술을 확보 ○ 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50%를 만족하고 기존 가격대비 50%이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 생산기술을 개발 ○ 광촉매 건설자재 개발을 위해 연구개발 단계에 필요한 저비용 고성능 광촉매를 생산하고 응용기술 개발 목적에 적합하게 산화티탄 광촉매를 가공하는 기술을 개발 | |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 | | |
| <input type="checkbox"/> 필요성 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 하수 내에 다량 함유되어 있는 인은 하천의 부영양화를 유발 <ul style="list-style-type: none"> - 4대강 수질 개선 일환으로 총인 관리강화법이 발표 - 4대강 총인 농도 제한 규정 : 1등급 지역 0.2 mg/L 이하, 2등급 지역 0.3 mg/L 이하, 3등급 지역 0.5 mg/L 이하, 4등급 지역은 2.0 mg/L 이하 ○ 이러한 하수의 수처리 응집 공정에서 대량 생산되는 하·폐수 폐기물은 소각, 매립 등의 방식으로 폐기 처분함에 따라 환경 훼손에 일조함 ○ 폐기처리 되는 하·폐수 폐기물을 친환경 자원인 산화티탄 광촉매로 생산하고 이를 통하여 경제적, 사회적 부가가치를 창출할 수 있는 기술 개발이 필요함 ○ 기존 산화티탄 광촉매 소재는 주로 티탄광물로부터 정제를 통하여 생산. 희소광물인 티탄광물의 부존량 한계로 대량 생산이 어렵고 생산단가가 높아 응용제품을 개발하기 어려움 ○ 하·폐수 폐기물로부터 응집 공정을 통하여 생산할 수 있는 산화티탄 광촉매의 생산단가는 기존 광촉매 대비 50 % 이상 절감이 가 | |



| | |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>능하여 광촉매 활용 기술 개발에 획기적인 계기를 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 미국의 경우 연간 약 5,000천 톤의 하수 폐기물이 발생. 주로 매립과 소각처리를 하나, 일부 비료로 활용하는 기술을 개발하였으나 중금속 규제로 인해 활성화 되지 못함 ○ 유럽과 일본 등에서도 하·폐수 폐기물의 처리 방안은 미국과 비슷하며, 많은 처리 비용과 사회적 문제를 유발하고 있음 ○ 하·폐수 폐기물을 활용하여 산화티탄 광촉매를 생산하는 원천기술을 이용하여 광촉매 대량 생산기술을 개발할 경우 관련 산업분야에서 국내외 시장에 진출할 수 있는 실용화 기술을 개발할 수 있음 |
| <p>□ 기술동향</p> | <p><국내 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 산화티탄의 제조는 티탄광물에서 염소법과 황산법을 이용하여 산화티탄 분말을 제조 ○ 최근 국내에서 산화티탄 분말을 하·폐수 폐기물에서 제조하는 원천기술을 개발한 바 있음 ○ 그러나 하·폐수 폐기물에서 산화티탄 광촉매를 대량 생산하는 기술은 국내외적으로 아직 개발되지 못하고 있는 실정임 ○ 한편, 기존 산화티탄의 광촉매 반응 자외선 광선 영역에서만 가능한 것으로 알려짐. 그러나 최근 가시광선 영역에서도 광촉매 반응이 가능하도록 산소 결핍형 산화티탄을 제조하려는 연구가 진행되고 있으나 성과는 미미함 ○ 산화티탄 표면에 다양한 금속 이온을 도핑하여 산화티탄의 물성이나 반응 에너지 준위의 변화를 주려는 연구가 시작되고 있음 ○ 또한 광촉매 표면 반응성 향상의 기술 추이는 표면 반응성과 기계적 강도를 동시에 향상시키려는 연구가 이루어지면서 금속 이온보다는 실리카, 제올라이트, 알루미나 등의 금속 산화물을 도핑하거나 첨가하려는 연구가 시작되고 있음 ○ 배병철(2010)은 여러 가지 열처리 온도에서 다성분 도핑된 TiO₂ 광촉매를 제조하였으며, 김화정(2010)은 Cr과 Cu를 도핑하여 가시광선 반응형 광촉매에 대한 연구를 수행함 <p><국외 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일본 Ishihara Sangyo에서는 2002년부터 귀금속인 Pt와 |



| | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Hypophosphorous Acid를 함께 산화티탄에 도핑하여 가시광선에서 반응할 수 있는 산화티탄을 제조하는 연구를 수행 중</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Toshiba Lighting & Technology는 가시광선으로 파장 영역을 변화시키기 위해 산화티탄에 귀금속, 알칼리 이온, 전이 금속, 희토류 금속 이온 등의 다양한 금속 이온을 도핑 ○ TOTO는 이미 90년대 화장실 욕조 등 위생용기에 산화티탄 광촉매 기술을 적용하였고 2000년대 들어서 산화티탄에 금속 이온, 고분자, 금속 산화물 등을 첨가하여 물성 변화를 시도함 ○ 일본은 Ishihara Sangyo, Sakai Chemical 등 광촉매 원료를 생산하는 업체와 TOTO, Toshiba Light & Technology 등. 광촉매 2차제품을 생산하는 1,000여개의 업체가 광촉매 활용 연구개발 및 제품화하여 세계시장을 선도 ○ 그러나 일본에서는 원천소재인 산화티탄은 주로 티탄광물 또는 다른 기술로 제조하고 하·폐수 폐기물을 이용하여 저비용을 산화티탄을 제조하는 기술은 보유하고 있지 않음 ○ 프랑스, 독일, 이탈리아 등 유럽은 일본과 광촉매 제품화 기술 제휴를 통해 2차제품 개발에 주력하고 있으며 산화티탄 광촉매 원천소재 제조에 대한 혁신적 기술은 없음 ○ Du Pont은 향후 3대 전략 개발 기술의 하나로 광촉매 코팅 소재를 선정했으며 제품 개발에 주력하고 있음 |
| <p>3. 연구개발 내용</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 생산을 위한 최적의 하폐수 선정 - 하폐수에 따른 최적의 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 ○ 저비용 고성능 광촉매 응집반응기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 응집 조건 확립 - 하폐수에 따른 응집 플럭 메커니즘 정립 ○ 저비용 고성능 광촉매 소성 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 소성 파일럿 설계 및 제작 - 파일럿 저비용 고성능 광촉매 소성 기술 개발 ○ 대량 광촉매 재료 건조 및 소성 기술 개발 ○ 대량 저비용 고성능 광촉매 재료 가공 기술 개발 |



| | |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 산염기 개질 처리 - 저비용 고성능 광촉매 분쇄/분극 기술 개발 - 가시광선 반응형 광촉매 가공 기술 개발 ○ 저비용 고성능 광촉매 성형기술 개발 - 저비용 고성능 광촉매 성형 방법 개발(광촉매 볼 등) - 저비용 고성능 광촉매 표면처리 기술 개발 |
| <p>4. 연구개발 추진방법</p> | |
| <p>□ 추진전략</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심성과 목표를 제시 * 예) 기존 광촉매 대비 성능 00%, 생산 단가 절감 00%, 생산능력 ton/year 등 ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 광촉매 재료 성능분석 및 평가 관련 전문가 및 장비/시설 인프라 보유 기관의 활용 방안 제시 ○ 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 최소한으로 계획함 |
| <p>□ 추진체계</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 산·학 또는 산·학·연 공동연구로 구성, 광촉매 원천소재 개발이 가능한 전문 분야 연구기관이 반드시 참여 ○ 개발될 저비용 고성능 광촉매의 경우 이를 이용한 타 세부과제와 연계성이 높으므로 Pilot 생산이 가능하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 따라서 Pilot 설비 및 플랜트 확보를 위해 관련 전문 업체의 참여가 반드시 필요함 |



| | |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 개발하는 저비용 고성능 광촉매 소재의 성능평가는 4세부와 연계하여 수행함. 단, 4세부에서 수행이 어려운 부분은 이 세부과제에서 수행하도록 수행체계를 구성할 수 있음 |
| 5. 최종성과물 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 응집제 개발 및 응집반응 기술 확보 ○ 저비용 고성능 광촉매 제조 시작품 ○ 저비용 고성능 광촉매 대량 생산 시작품 ○ 저비용 고성능 광촉매 대량생산 Pilot Plant 설비 ○ 저비용 고성능 광촉매 파일럿 생산 시제품 ○ 응용기술 분야별 저비용 고성능 광촉매 가공 제품 |
| 6. 연구기간 및 지원예산 | |
| <input type="checkbox"/> 전 체 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2022.12 (4년 9개월) <li style="padding-left: 20px;">- 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월) ○ 총 정부출연금 : 3,895 백만 원 이내 <li style="padding-left: 20px;">- 1차년도 정부출연금 : 335 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 |
| 7. 기 타 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구단장 신청자는 반드시 2세부과제의 주관연구책임자로 참여하여야 함 |



| | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> * www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 * 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 * (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함 * 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



| | |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>등의 근거자료로 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 <p>○ 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발 계획에 제시해야 함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 기술 수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시하여야 함 <p>○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함</p> <p>○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 <p>○ 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음 <p>○ 기타 세부적인 연구내용, 주요 성과물, 연구비(안) 등은 기획보고서 참조</p> <p>○ 과제별 연구기간 및 공모방식</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구단 분리공모 과제 : 저비용 고성능 광촉매를 활용한 미세먼지 저감 건설기술 개발 |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



| 세부과제명 | 연구내용 | 총 연구기간 (연차) | 공모방식 | | 금회 공모 |
|----------|----------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------|
| | | | 컨소 시엄 공모 | 분리 공모 | |
| 【세부과제 1】 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발(3,895백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| | 광촉매 재료 및 건설자재의 인체 위해성 평가(600백만원) | 3년 (2~4) | | ○ | |
| 【세부과제 2】 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발(5,738백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | |
| 【세부과제 3】 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발(3,060백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | |
| 【세부과제 4】 | 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발 (2009백만원) | 4년 (2~5) | | ○ | |



나. 2 세부과제

| 연구개발 과제명 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발 |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50 %를 만족하고 기존 가격대비 50 %이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매를 혼입한 시멘트계 건설자재를 개발하고 이를 이용하여 도로포장, 터널을 비롯한 도로시설물에 적용하는 기술을 개발 ○ 또한 저비용 고성능 산화티탄 광촉매를 적용한 보도블록, 방음 및 흡음 패널 2차 제품 등을 개발하여 도로 부속시설물에 적용하는 기술을 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 10m×10m 크기의 도로시설물(보도블록, 시멘트 도로) 야외 실험장의 하루 8시간 NO제거량 10g 달성(ISO22197-1 준용, 6개 이상 표본 측정 지점, 측정 지점 50cm² 당 NO 제거량을 자연광 상태에서 측정) <ul style="list-style-type: none"> ; 대기 중 미세먼지 전구물질(질소산화물, 황산화물) 0.1톤/km²·8hr 제거 효과 ; 하루 운행 경유차 5천4백 대 질소산화물 배출량 제거 효과, (경유차 주행 거리 52.6 km/day, 자동차 질소산화물 배출 허용기준 0.35 g/km) ; 하루 운행 휘발유차 11만2천 대 질소산화물 배출량 제거 효과, (휘발유차 주행거리 28.7 km/day, 자동차 질소산화물 배출 허용기준 0.031 g/km) |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 | |
| □ 필요성 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 정부는 9대 국가전략 프로젝트 및 미세먼지 관리 특별대책(국무조정실, 2016.6)을 통항 「미세먼지 저감 기술개발」을 시급히 추진하고 있으며, 특히 국민건강에 밀접한 관련이 있는 PM_{2.5} 미세먼지의 2025년 전국 평균농도를 선진국 수준인 (26μg/m³→18μg/m³)로 설정함 ○ 최근 중국 발 미세먼지와 석탄 화력발전소의 미세먼지로 인한 대기오염은 심각한 수준에 이르렀고, 국민들의 대기 환경오염 개선에 대한 요구는 증가 ○ 국내 대기오염원 중 질소산화물의 총 배출량은 2011년 기준 260,990톤 이고, 이중 도로 이동오염원 부분에서 가장 많은 45.9%가 배출 ○ 최근까지 도로 이동 오염원으로 유발되는 질소산화물을 줄이기 위한 국가 정책은 자동차 관리에 초점이 맞춰져 있었고, 도로 정비 부분에서의 정책은 미비한 실정 |



| | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 지역적으로 질소산화물 농도가 높은 Hot-spot 지역에 대해서는 오염된 공기를 흡인→정화→배출하는 더욱 적극적인 공기정화 기술이 필요하며 광촉매를 적용함으로써, 질소산화물 저감 효과를 기대 ○ 도심지 지하도로(터널) 건설 시 터널 유출입부 및 환기구 주변의 환경오염에 따른 민원이 빈번하게 발생하여 사업의 진행에 어려움이 있음. 지하 구조물에서 배출되는 오염물질을 저감·제거하여 쾌적한 도심 환경 구축할 필요성 높음 ○ 유럽, 미국, 일본 등 많은 국가에서 기상이변 및 환경오염에 적극적으로 대응하기 위해 지속가능한 도로정책을 수립하고 있으며, 친환경 도로 건설 및 관리 체계 구축을 국가 경쟁력의 중요한 요소로 판단 ○ 세계 광촉매 시장은 일본, 이탈리아가 독점적인 지위를 확보하고 있으며, 기타 유럽 국가들도 꾸준한 광촉매 연구를 통해 시장 진입을 시도하고 있음. 이에 관해 국내관련 연구의 수준은 미미한 실정 ○ 중국의 경우 환경문제에 대한 대책으로 스마트 에코시티 건설계획을 수립하고 있으며, 2025년까지 약 370조 원을 투입할 계획. 따라서 외국의 스마트 에코시티의 핵심기술로 광촉매 기술을 개발, 관련 시장을 선점할 필요 있음 |
| <p>□ 기술동향</p> | <p><국내 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 대학에서 TiO₂를 모르타르에 혼입하여 모르타르의 강도특성을 평가하였으며, TiO₂의 혼입율이 증가할수록 모르타르의 압축강도와 휨강도가 증가하는 것을 확인 ○ TiO₂를 시멘트 중량대비 10% 혼입하여 질소산화물 제거 특성을 연구하였고, 광촉매가 혼입된 시멘트기 질소산화물을 효과적으로 저감시키는 것을 확인 ○ 국내에서 광촉매의 혼입률 및 도포횟수 등에 따른 보도블록의 백화, 대기정화 등의 특성을 평가하였고 혼합과 표면도포방법 중 도포방법이 효과가 높은 것인 확인함 ○ 또한 국내 출연연에서 탄소중립형 도로 기술개발 연구의 일부로 광촉매 코팅 콘크리트를 사용한 도로 중앙 분리대 현장 시험시공을 시공한 바 있음 ○ 국내에서는 콘크리트를 중심으로 광촉매의 활성화 성능을 일부 확인하는 연구가 진행되었으나 산화티탄 광촉매의 비용으로 인해 |



| | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>적용기술 개발은 거의 못하고 있는 실정임</p> <p><국외 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일본은 1970년대부터 광촉매 기술연구를 활발히 진행 중이며 최근 건축자재를 중심으로 상용화한 사례가 있으나 비용증가에 따라 적용에 한계가 있음 ○ TOTO는 이미 90년대 화장실 옥조 등 위생용기에 산화티탄 광촉매 기술을 적용하였고 2000년대 들어서 산화티탄에 금속 이온, 고분자, 금속 산화물 등을 첨가하여 물성 변화를 시도함 ○ 이탈리아의 이탈시멘티(Italcementi)사에서는 광촉매 혼합 시멘트 적용 건물 및 보도블록 제품을 판매중이며, 지속적인 광촉매 시멘트 관련 연구를 통해 광촉매 시멘트 분야에서 다수의 특허를 보유하고 있음 ○ 미국의 Georgia Institute of Technology에서는 TiO₂를 혼입한 시멘트의 수화특성을 연구하였으며, TiO₂의 혼입량이 증가할수록 초기 수화반응속도와 수화열이 증가하는 것을 확인 ○ 홍콩의 Hong Kong Polytechnic University는 TiO₂를 혼입한 시멘트 블록의 질소산화물 제거특성을 연구함. TiO₂를 혼입한 시멘트의 질소산화물 제거특성이 검증되었고 골재의 종류, 입자크기, 양생기간 등에 따라 제거성능이 차이나는 것을 확인 ○ 스코틀랜드의 Aberdeen University에서는 TiO₂를 혼입한 시멘트에서 TiO₂의 입자 크기에 따른 질소산화물(NOx) 제거 성능에 관한 연구를 수행, TiO₂를 혼입한 시멘트는 일반 시멘트보다 질소산화물 제거 성능이 증가함을 입증 ○ 미국의 Louisiana State University는 표면을 TiO₂로 코팅한 콘크리트 도로의 질소산화물 제거특성을 연구하였으며, 코팅에 TiO₂ 함량이 높아질수록 질소산화물 제거특성이 높아지는 것을 확인 ○ 네덜란드에서는 Hengelo 지역에 폭 5m, 길이 150m의 광촉매 코팅 보도블록을 시공하여 질소산화물(NOx)가 19~28% 감소한 것을 확인 |
| 3. 연구개발 내용 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 활용 시멘트계 건설자재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시멘트계 건설자재 광촉매 혼입 최적 배합 |



| | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 시멘트계 광촉매 건설자재 역학적 물성의 변화 평가 - 광촉매 혼입 시멘트계 광촉매 건설자재의 광촉매 활성화 성능 평가 (4세부 공동) - 다양한 결합재 구성에 따른 시멘트계 광촉매 건설재료 배합개발 및 광촉매 활성화 성능평가 ○ 광촉매 적용 건설자재 반응성 최적화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 적용 대상 구조물별 광촉매 효율 극대화 형상 설계 - 광촉매 사용량 최적화 기술 ○ 광촉매 박리제 제조 기술 개발 ○ 도로 포장체, 터널 구조체 등 도로시설물 적용 시공기술 개발 ○ 도로(부속)시설물용 광촉매 건설자재 2차제품 <ul style="list-style-type: none"> - 블록류, 방음 및 흡음 패널 등 2차제품 - 2차제품 광촉매 활성화 최적 시공법 ○ Hot-Spot 오염지역 광촉매 공기 청정타워 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 건설자재 및 공기조화기기 적용 기술 - Hot-Spot 공기 청정타워 설계 및 모형 제작 - 청정타워 광촉매 활성화 설비 기술 ○ 터널 및 지하구조물 광촉매 적용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간 최적 광촉매 건설자재 및 공조시스템 구성 - 터널/지하공간 광촉매 활성 조명시스템 구축 ○ 광촉매 건설자재 미치 청정타워 적용 Test Bed ○ 대기오염 저감용 광촉매 적용 건설자재 사용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저비용 고성능 광촉매 건설자재 제조 및 시공 지침(안) 개발 - 광촉매 적용 2차제품 및 시스템 시공 매뉴얼 개발 |
| 4. 연구개발 추진방법 | |
| □ 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심 성과 목표를 제시 * 예) 광촉매 도로시설물 오염물질 제거율 00%, 광촉매 적용 건설재료 자재 추가 생산 |



| | |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>비용 00% 이내 등,</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 광촉매 자재의 성능분석 및 평가 관련하여 4세부와 연계성 제시 ○ 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 최소한으로 계획함 |
| <p>□ 추진체계</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 산·학·연 공동연구를 원칙으로 하며 광촉매 적용 콘크리트 및 2차제품을 개발 및 생산할 수 있는 산업체의 참여 필수 ○ 저비용 산화티탄 광촉매 시작품이 개발에 다소 시간이 필요하나 계획된 연구기간 내 응용 제품을 개발하기 위해서는 연구 초기에 본 세부과제의 연구수행 방법을 타 세부과제와 연계할 방안 제시 필요 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 개발하는 저비용 고성능 광촉매 적용 재료 및 제품의 성능평가는 4세부와 연계하여 수행함. 단, 4세부에서 수행이 어려운 부분은 이 세부과제에서 수행하도록 수행체계를 구성할 수 있음 ○ 일부 구성과제는 분리과제로 수행, 특히 저비용 고성능 광촉매를 활용 2차제품 개발의 경우 연구내용에서 제시한 제품군 이외 다른 제품을 개발할 수 있음 |
| <p>5. 최종성과물</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 광촉매 혼입 시멘트계 광촉매 건설자재 재료구성 및 기본 배합설계 ○ 기존 광촉매 혼입 시멘트계 광촉매 건설자재 시작품 |



| | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 혼입 시멘트계 광촉매 건설자재 시제품 ○ 저비용 고성능 광촉매 적용 도로부속시설물 2차제품 시제품 ○ 터널 및 지하구조물 광촉매 활성화 조명시스템 구성도 ○ 광촉매 이형 박리제 제조 시제품 ○ 저비용 고성능 광촉매 시멘트계 광촉매 건설자재 실외환경 유효성 검증 결과 ○ 저비용 고성능 광촉매 시멘트계 광촉매 건설자재 시제품 ○ 저비용 고성능 광촉매 적용 도로부속시설물 2차제품 시제품 ○ Hot-spot 오염지역 공기청정 타워 모형 ○ 저비용 고성능 광촉매 건설자재 시공 프로세스 ○ 저비용 고성능 광촉매 도로시설물용 건설자재 Test Bed 적용 ○ 터널 및 지하구조물 광촉매 활성화 시스템 T/B 적용 ○ Hot-spot 오염지역 공기청정 타워 T/B 적용 |
| <p>6. 연구기간 및 지원예산</p> | |
| <p><input type="checkbox"/> 전 체</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2022.12 (4년 9개월) <li style="padding-left: 20px;">- 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2019.12 (9개월) ○ 총 정부출연금 : 5,738 백만 원 이내 <li style="padding-left: 20px;">- 1차년도 정부출연금 : 430 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 |
| <p>7. 기 타</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 |



| | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 <ul style="list-style-type: none"> ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 과제별 연구기간 및 공모방식
- 연구단 분리공모 과제 : 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발

| 세부과제명 | 연구내용 | 총 연구기간 (연차) | 공모방식 | | 금회 공모 |
|----------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------|
| | | | 컨소 시엄 공모 | 분리 공모 | |
| 【세부과제 1】 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발(3,895백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | |
| | 광촉매 재료 및 건설자재의 인체 위해성 평가(600백만원) | 3년 (2~4) | | ○ | |
| 【세부과제 2】 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발(5,738백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| 【세부과제 3】 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발(3,060백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | |
| 【세부과제 4】 | 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발 (2,009백만원) | 4년 (2~5) | | ○ | |



다. 3 세부과제

| 연구개발 과제명 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발 |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50 %를 만족하고 기존 가격대비 50 %이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매를 활용하여 건축 내외장재를 개발하고, 이를 적용 대상 시설물과 부위에 시공하는 기술을 개발 ○ 실내공기질 향상과 전염병 확산 방지를 위해서 공기조화 장치에 광촉매를 적용하는 기술을 개발하고 이를 이용하여 주거, 다중이용 시설에 적용하는 기술을 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 건축자재 최우수등급 (TVOC 0.10 mg/$\text{m}^3\cdot\text{h}$ 미만, HCHO 0.03 mg/$\text{m}^3\cdot\text{h}$ 미만) - 외부유입 미세먼지 전구물질(VOCs, 암모니아) 30 % 저감 |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 | <ul style="list-style-type: none"> □ 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 정부의 저탄소 녹색성장 및 국가 온실가스 배출 감축 목표 달성에 기여하기 위해, 에너지 절감 잠재력이 높은 기존 건물의 Passive 리모델링 기술이 요구됨 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 20만동의 신축건물은 법규에 의해 에너지 성능 수준을 제한하고 있으나, 680만동에 달하는 기존 건축물의 경우 강제 규정이 없어 에너지 절약 사각지대 ○ 최근 건물 에너지 절약을 위한 고단열·고기밀화에 따른 실내공기질 악화 문제가 대두되면서, 쾌적한 생활공간에 대한 요구가 증대됨 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 내장재 교체로 인한 유해물질(HCHO, VOCs)방출, 환기부족으로 인한 실내 공기 오염도 증가 ○ 리모델링을 위한 설치·적용이 간편하면서도 Energy-Retrofit과 실내공기질(IAQ) 향상을 동시에 만족시키는 신개념 복합기능 Passive System으로의 접근이 필요 ○ 또한 최신 건축물은 에너지 효율로 인해 밀폐성이 높아짐에 따라 내부 공기의 순환이 점차적으로 어려워져 실내공기질 오염으로 인한 국민 건강 악화 우려 <ul style="list-style-type: none"> - 세계보건기구의 통계에 의하면 약 280만 명이 영향 받음 - 실내공기질을 악화시키는 주요 요인으로는 새집증후군 물질로 |



| | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>분류되는 휘발성유기화합물과 최근 주목받고 있는 조리 과정에서 배출되는 미립자 및 유해가스 등이 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2016년 6월에 발표된 정부의 「미세먼지 관리 특별대책」에 따르면 외부에서 유입된 공기와 실내 발생하는 PM_{2.5} 미세먼지 농도가 국민의 건강을 해치는 수준인 것으로 파악 ○ 중국은 심각한 대기오염문제를 겪고 있으며 최근 대기질을 개선하는 가전제품에 관심이 높으며 관련 제품의 매출이 증가세에 있음 ○ 호흡기 질환을 일으키는 미세 입자 물질 “PM_{2.5}”에 의한 대기 오염이 중국을 중심으로 사회문제화 되고 있으며, 2013년 공기 청정기 세계시장은 전년 대비 7.5% 증가한 1,894 만 대, 2014년에는 2,000 만 대를 돌파하였음 ○ 현재 공기정화기의 바이러스 억제력이 미미하여 감염병 이슈에 대응하지 못하고 있으나 바이러스 억제력이 구비된 공기정화기의 공급이 이루어지면 미세먼지 이상의 파급효과가 있을 것으로 예상됨 |
| <p>□ 기술동향</p> | <p><국내 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내의 경우 자외선 반응형 대기유해물질(NOx, SOx 등) 흡착성능 향상 기술 개발에 대한 연구는 활발하나, 실내 가시광선 반응형에 대한 연구는 미흡한 실정. 특히 밴드갭 저감 및 가시광 광분해 효과 향상 기술이 요구됨 ○ 국내에서 광촉매를 활용한 건축 내장재의 개발은 거의 없는 실정이며, 이것은 원천재료의 비용과 제조 및 제작기술의 미비 및 성능평가 기술개발의 미흡을 인함 ○ 국내 건설자재의 경우, 단순히 유해화학물질을 적게 방출하는 친환경인증과 난연기준 만족에만 초점이 맞추어져 있기 때문에 유해화학물질의 흡착 및 분해성능, 향균 및 항곰팡이, 원적외선 또는 음이온 방출기능 등은 미흡한 상황임 ○ 국내의 공조 기술은 필터링을 통한 오염물질 제거에 초점이 맞추어져 있으며, 주로 헤파 필터의 수명 연장과 기능 향상을 목표로 하고 있음 ○ HEPA 필터의 수명은 분진이 필터에 쌓이게 되면 필터의 배압이 상승하게 되고 필터의 교체 주기가 짧아지는 단점이 발생하게 됨 ○ 필터링 효율을 향상하기 위하여 정전 분무 기술이 연구되고 있음. |



| | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>하전된 미세 액적에 의하여 미세 먼지의 필터링 효과를 높이기 위한 방법이나 비용이 높고 안전성이 검증되지 않음</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 필터의 자체 항바이러스 및 항균력을 높이기 위하여 금속 물질을 활용하는 기술이 연구되고 있으며, 은(Ag), 구리(Cu)를 사용함. 이 금속들은 자체 항균력을 가지고 있으나 물질의 단가가 상당히 고가여서 광범위하게 적용하기 어려움 ○ 특허정보를 분석에 의하면 공기청정기 관련 특허는 666건이며 2000년대에 들어서 출원 건수가 급격히 증가하는 추이를 보임 <p><국외 기술동향></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽이 실내 온열환경 및 실내공기질 동시 만족을 위한 Passive 플라스터 시스템 개발을 선도(EU - CETIEB Project). 총 연구비 약 50억원, 7개국 15개 기관 참여. 크게 3개의 연구주제로 구성 ○ 일본 등 주요 선진국에서는 친환경자재이면서 유해화학물질의 흡착 및 분해성능, 항균, 흡방습 성능 등을 갖는 기능성 건설자재의 개발이 증가하고 있고 이를 규격으로 제정하기 위한 성능평가 방법정립에 대한 연구들이 증가함 ○ 일본은 광촉매 제품화를 통해 세계시장에 진출하고 있으며 JIS/ISO 제정, 효과기준 설정, 가시광 응답형 광촉매 기술 확립을 통해 소재로부터 각종 응용제품에 이르기까지 세계 최고수준의 연구를 진행 중 ○ 항바이러스 공조 기술 중 유전체 배리어 방전(Dielectric barrier discharge) 기술은 상온에서 특수한 방전 방식을 이용하여 저온 플라즈마를 발생하는 방식으로 플라즈마에서 발생하는 전자와 반응 활성종을 활용하는 것으로 알려짐 ○ 미국에서 바이오 에어로졸의 포집 기술에 대한 연구가 가장 활발히 진행되고 있으며, 최근에는 나노 구조체를 이용한 포집, 분리, 농축 및 검출 등 두 가지 기술 이상을 연동시킨 융합 기술 개발 연구를 진행하고 있음 ○ 일본에서는 최근 들어 광촉매를 가전제품인 주택용 광촉매 공기청정기에 탑재하여 세균, 바이러스, 냄새분자를 광촉매 작용으로 산화 분해하는 연구가 진행되고 있음 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

3. 연구개발 내용



| | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 도장재료 재료 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 도장재료별 광촉매 최적화 기술 ○ 패브릭 건축자재 광촉매 처리 기술 개발 ○ 다기능 광촉매 건축내장재 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단열, 실내 오염 물질 제거 등 다기능 건축자재 - 다기능 무기질 단열마감재 배합 및 제조기술 - 실내오염물질 산화·분해 및 습도조절 ○ 가시광선 반응 분해 광촉매 활용 건축 내장재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 실내오염물질 흡착·분해·고정화 기술 - 광분해 촉매의 플라스터 코팅 기술 ○ 광촉매 공기정화 필터 및 공기조화 장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공조정화용 광촉매 필터 - 광촉매 적용 공기조화 제품 ○ 광촉매 건축재료 및 자재 사용 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모르타르 제조 및 시공 매뉴얼 개발 - 유해물질 제거 기능성 전자재 현장 시공 매뉴얼 개발 |
| <p>4. 연구개발 추진방법</p> | |
| <p>□ 추진전략</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심성과 목표를 제시 * 예) 실내공기 정화율 제거율 00%, 광촉매 공기조화 장치 효율 00% 등, ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계 |



| | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>획에 포함</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 자재의 성능분석 및 평가 관련하여 4세부와 연계성 제시 ○ 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 최소한으로 계획함 |
| <p>□ 추진체계</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 산·학·연 공동연구를 원칙으로 하며 광촉매 적용 건축자재를 개발 및 생산할 수 있는 산업체의 참여 필수 ○ 저비용 산화티탄 광촉매 시작품이 개발에 다소 시간이 필요하나 계획된 연구기간 내 응용 제품을 개발하기 위해서는 연구 초기에 본 세부과제의 연구수행 방법을 타 세부과와 연계할 방안 제시 필요 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 개발하는 저비용 고성능 광촉매 적용 재료 및 제품의 성능평가는 4세부와 연계하여 수행함. 단, 4세부에서 수행이 어려운 부분은 이 세부과제에서 수행하도록 수행체계를 구성할 수 있음 ○ 일부 구성과제는 분리과제로 수행, 특히 저비용 고성능 광촉매를 활용 2차제품 개발의 경우 연구내용에서 제시한 제품군 이외 다른 제품을 개발할 수 있음 |
| <p>5. 최종성과물</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 도장재료 구성 ○ 필터용 광촉매 개발 분말 시작품 ○ 기존 광촉매 혼입 도료 시작품 ○ 기존 광촉매 혼입 필터 시작품 ○ 저비용 고성능 광촉매 적용 단열 및 오염물질 제거 건축 내외장용 패널 시작품 ○ 저비용 고성능 광촉매 공기조화 장치 시작품 ○ 저비용 고성능 광촉매 다기능 건축 내외장재 시작품 ○ 저비용 고성능 광촉매 건축자재 실내외환경 모사 유효성 검증 |



| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 건축자재 2차제품 시제품 ○ 저비용 고성능 광촉매 공기조화기기 시제품 ○ 저비용 고성능 광촉매 건축자재 T/B 적용 ○ 저비용 고성능 광촉매 건축자재 제품설명서 및 사용 매뉴얼 |
| <p>6. 연구기간 및 지원 예산</p> | |
| <p><input type="checkbox"/> 전 체</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2022.12 (4년 9개월) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월) ○ 총 정부출연금 : 3,060 백만 원 이내 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 191 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 |
| <p>7. 기 타</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 <ul style="list-style-type: none"> ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 |



| | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none">○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시<ul style="list-style-type: none">- 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시<ul style="list-style-type: none">※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시<ul style="list-style-type: none">- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시<ul style="list-style-type: none">※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안<ul style="list-style-type: none">- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음<ul style="list-style-type: none">- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음- 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



포함)이 조정될 수 있음

○ 과제별 연구기간 및 공모방식

- 연구단 분리공모 과제 : 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발

| 세부과제명 | 연구내용 | 총 연구기간 (연차) | 공모방식 | | 금회 공모 |
|----------|----------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------|
| | | | 권소 시업 공모 | 분리 공모 | |
| 【세부과제 1】 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발 (3,895백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | |
| | 광촉매 재료 및 건설자재의 인체 위해성 평가(600백만원) | 3년 (2~4) | | ○ | |
| 【세부과제 2】 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발(5,738백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | |
| 【세부과제 3】 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발(3,060백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| 【세부과제 4】 | 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발 (2,009백만원) | 4년 (2~5) | | ○ | |



라. 4 세부과제

| 연구개발과제명 | 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발 |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 재료 분말도 10 μm 이하, ISO 22197-1에 따른 NO 제거율 50 %를 만족하고 기존 가격대비 50 %이하 경제성을 확보한 저비용 고성능 광촉매 재료 및 건설자재의 광촉매 활성화 성능을 평가할 수 있는 시험법을 개발하고 표준화함 ○ 광촉매 자재의 실내 및 실외환경 모사 광촉매 성능평가를 위한 시험 및 실험 방안을 개발 ○ 광촉매 건설재료 및 자재의 상용화를 활성화하는데 필요한 인증제도 및 인증시스템 (안)을 개발 |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 | |
| □ 필요성 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 광촉매 활용 환경 정화 기술은 “더불어 사는 쾌적한 주거환경 조성을 통한 국민 삶의 질 향상”을 위한 국토교통부의 주요 추진정책(2016년)에 부합 ○ 일본의 광촉매 기술은 공기정화, 수질 정화 및 살균효과 등 오염 문제 해결에 탁월한 성능이 있음을 입증 받은 바 있으며 2000년대부터 국내에서도 광촉매 기술이 적용된 공기살균기, 청정기, 건설자재 등에 사용되고 있으나 성능 및 안전성에 대한 표준화된 평가방법의 미비로 시장이 활성화되지 못하고 있음 ○ 광촉매 제품의 실용화를 위해서는 원료 자체의 기초특성 평가 기술과 제품 및 현장적용에서의 성능평가기술의 정립으로 수요자의 제품 성능에 대한 신뢰성 확보가 필요함 ○ 국내에서는 (사)한국광촉매협회를 주체로 광촉매 재료에 대한 총 7건의 국가표준(KS)와 4건의 민간표준을 규정하여 성능 평가 및 인증 제도를 운영하고 있지만, 일부 제품에 대한 인증 제도에 불과함 ○ 또한, 기존에 개발되어 있는 ISO 기준은 자외선을 사용한 경우의 오염원 별 광촉매 제품의 표준만 제시되어 있을 뿐 광촉매 자체 및 광촉매 고정화제 등에 대한 품질 성능 평가 방법 및 표준이 미비한 상태임 ○ 일부 기업과 연구소를 중심으로 진행되고 있는 광촉매 활용 기술을 통한 관련 업계의 활성화와 친환경 사회구축을 위해서는 |



| | |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>광촉매 활용 기술에 대한 신뢰성 있는 정량적 평가기술의 정립 및 정부차원의 제도마련이 시급한 상황임</p> <p>○ 일본, 유럽 등에서는 광촉매 제품성능시험평가방법을 국제표준으로 제정함으로써 세계시장을 선점위한 노력을 경주하고 있음</p> |
| <p>□ 기술동향</p> | <p><국내 기술동향></p> <p>○ 국내의 경우 2002년 산업자원부 산하 기술표준원이 주축이 되어 광촉매 및 연관분야의 산학연 전문가가 참여하는 광촉매 표준화위원회를 구성하고 이를 중심으로 광촉매의 표준화 연구를 수행하였음</p> <p>○ 한국광촉매협회가 2003년에 설립되어 광촉매 제품에 대한 인증 기준을 제시하고 인증 제도를 운영하고 있으나, 극히 일부의 제품에 불과하며, 광촉매 자체에 대한 인증 및 현장 적용성에 대한 평가를 수행하고 있지 못한 실정임</p> <p>○ 오염 물질 저감을 위한 광촉매 기술 개발연구는 다양하게 수행되어 왔으나, 표준화된 실험 방법이 없고, 광촉매 성능을 보증해줄 수 있는 인증기준이 없어 연구실용화에 많은 어려움이 존재.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 서울시립대에서는 국토교통부의 지원으로 “광촉매 나노 소재를 이용한 자가세정 및 방오 기능을 지닌 주택/빌딩용 고기능 유리 개발” 연구를 수행한 바 있음 - 벤텍프런티어에서는 미래창조과학부의 지원을 받아 “광촉매 코팅 필터를 이용한 VOCs 및 생활방사능 제거 장치 개발” 연구를 수행한 바 있음 - 신도산업에서는 환경부의 지원으로 “광촉매 나노컴포지트 코팅을 통한 자기정화형 도로시설물 제조기술개발” 연구를 수행한 바 있음 <p>○ 국내의 광촉매 성능 평가 시험 방법은 ISO를 적용한 것으로 일본에서 개발한 JIS를 차용하고 있어 표준의 자립화를 위한 연구가 필요한 실정임.</p> <p><국외 기술동향></p> <p>○ 미국은 광촉매 산업이 크게 활성화되어 있지 않아 성능평가에</p> |



| | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>대한 규격이 규격화되어 있거나 표준화와 관련된 공식적인 활동이 미비한 실정</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽은 2002~2005년까지 4년간 광촉매를 적용하여 NOx 등의 분해 및 셀프크리닝 성능을 확보하기 위한 PICADA(Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment) 프로젝트에서 광촉매 정화성능 표준 평가 방법에 대한 연구개발을 수행 ○ 일본은 광촉매 산업이 가장 활성화되어 있는 국가로 대부분의 광촉매 관련 시험 방법은 일본에서 개발·표준화(JIS)되었으며, ISO에도 등재되었음. <ul style="list-style-type: none"> - 경제산업성(經濟産業省)의 주도로 2002년 9월 일본 파인 세라믹스 협회에 광촉매 표준화 위원회 내의 향균·방곰팡이 분과 위원회를 마련해 JIS원안 작성 및 ISO에 등재 ○ 일본은 2014년에 가시광선에 대한 광촉매의 성능 평가 시험 방법을 추가하여 관련 JIS를 개정하고 2015년 ISO에 등재 신청 ○ 실내공기 오염물질 관련 성능평가 방법 규격 중 오염물질의 방출량을 측정분야는 국제표준 ISO 뿐만 아니라 EN, JIS, ASTM 등 지역, 단체 및 국가규격으로 표준화되어 있지만, 실내공기 오염물질을 저감하는 광촉매 활용 제품에 대한 성능평가 방법의 표준화는 상대적으로 미흡한 실정 |
| 3. 연구개발 내용 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용 고성능 광촉매 재료 광촉매 활성화 성능평가 기술 개발 ○ 저비용 고성능 광촉매 건설자재 광촉매 활성화 성능평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - UV 광 및 가시광 광촉매 반응성능 평가 기술 ○ 광촉매 활성화 성능평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 실내 및 실외 시험장치 개발 - 광촉매 활성화 성능평가 시험법(안) - 광촉매 적용 환경조건 모니터링 및 제어기술 개발 ○ 실내 및 실외 실험환경 모사 기술 개발 ○ 광촉매 재료 및 건설자재 성능평가 표준화 |



| | |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 협회 및 KS 표준(안) 개발 ○ 광촉매 성능 인증제도 및 인증시스템 구축 |
| <p>4. 연구개발 추진방법</p> | |
| <p>□ 추진전략</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구 내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심 성과 목표를 제시 * 예) 00 시험장치 개발 신뢰도 00%, 시험법 00건 등, ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 광촉매 자재의 성능분석 및 평가 관련하여 1, 2, 3 세부와 연계성 제시 ○ 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 최소한으로 계획함 |
| <p>□ 추진체계</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 출연연 또는 공공연구기관 중심의 학·연 공동연구를 원칙으로 하며 광촉매 적용 건축자재를 개발 및 생산할 수 있는 산업체의 참여 필수 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 저비용 고성능 광촉매뿐만 아니라 일반 광촉매 재료에 대하여도 적용이 가능한 시험규격의 개발 |



| | |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ○ 인증제도의 활성화를 위해서 국가기술표준원 또는 해당 부처 기준 부서와 연계 활동 계획 제시 |
| 5. 최종성과물 | |
| | ○ 국내외 광촉매 재료 성능평가 방안 적용성 평가 보고서 ○ 광촉매 재료 성능평가 시험법(안) ○ 광촉매 활성화 촉진반응 시험장치 ○ 광촉매 건설자재 성능평가 시험법(안) ○ 가시광 응답형 광촉매 건설자재 성능평가 시험법(안) ○ 광촉매 재료 성능평가 표준(안) ○ 광촉매 자재 성능평가 표준(안) ○ 인증제도 및 인증시스템 기초(안) ○ 광촉매 재료 성능평가 표준(안) ○ 광촉매 자재 성능평가 표준(안) ○ 인증제도 및 인증시스템 구축(안) |
| 6. 연구기간 및 지원 예산 | |
| <input type="checkbox"/> 전 체 | ○ 총 연구기간 : 2019.01 ~ 2022.12 (4년) - 1차년도 연구기간 : 2019.01 ~ 2019.12 (12개월) ○ 총 정부출연금 : 2,009 백만 원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 571 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 |
| 7. 기 타 | |
| | ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고 |



| | |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 <ul style="list-style-type: none"> ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ 과제선정 후 진도점검관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

| 세부과제명 | 연구내용 | 총 연구기간 (연차) | 공모방식 | | 금회 공모 |
|----------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------|
| | | | 컨소 시업 공모 | 분리 공모 | |
| 【세부과제 1】 | 저비용 고성능 광촉매 생산기술 개발(3,895백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| | 광촉매 재료 및 건설자재의 인체 위해성 평가(600백만원) | 3년 (2~4) | | ○ | |
| 【세부과제 2】 | 도로시설물용 광촉매 건설자재 및 적용기술 개발(5,738백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| 【세부과제 3】 | 주거 및 다중이용시설물 광촉매 적용 기술 개발(3,060백만원) | 5년 (1~5) | | ○ | ○ |
| 【세부과제 4】 | 광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발 (2,009백만원) | 4년 (2~5) | | ○ | |



2절 선정평가 방법

1. 평가항목

| 기준항목 | 세 부 항 목 |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 연구개발목표 (10점) | 최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점) |
| | 성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점) |
| 연구개발내용 (20점) | RFP와의 적합성(5점) |
| | 과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점) |
| | 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점) |
| | 연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점) |
| 추진전략 및 계획 (20점) | 연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점) |
| | 연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점) |
| | 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점) |
| | 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점) |
| 개발기술의 실용성 및 경제성 (40점) | 개발기술의 혁신성 및 차별성(10점) |
| | 활용방안의 적절성 및 구체성(10점) |
| | 개발기술의 실용성 및 사업성(10점) |
| | 개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점) |
| 연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점) | 연구전문성 및 해당분야 실적(5점) |
| | 연구과제 관리 및 운영 능력(5점) |

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

| | |
|--------|---------------------------------------------------------|
| 부합성 평가 | 평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치 |
| 중복성 평가 | 평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치 |

가. 연구개발 목표

- 미세먼지 저감된 쾌적한 생활환경 조성을 위한 저비용 고성능 광촉매 건설자재 기술 개발의 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종 목표를 설정하여 제시



- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시

나. 연구개발 내용

- 미세먼지 저감된 쾌적한 생활환경 조성을 위한 저비용 고성능 광촉매 건설자재 기술 개발과 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가
- '미세먼지 저감된 쾌적한 생활환경 조성을 위한 저비용 고성능 광촉매 건설자재 기술'에 대한 '저비용 고성능 광촉매 생산 기술', '도로시설물용 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술', '주거 및 다중이용시설물 광촉매 건설자재 개발 및 적용 기술 개발' 및 '광촉매 재료 및 건설자재 표준화 기술 개발' 등과 같이 체계적인 과제구성여부 평가
- 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발 계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단
- 미세먼지 저감된 쾌적한 생활환경 조성을 위한 저비용 고성능 광촉매 건설자재 기술개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성
- 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부
- 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부



라. 개발기술의 실용성 및 경제성

- 기관선정의 우선순위는 미세먼지 저감된 쾌적한 생활환경 조성을 위한 저비용 고성능 광촉매 건설자재 기술에 적용할 원천기술을 확보할 수 있고 저비용 고성능 광촉매를 활용한 도로시설물, 주거 및 다중이용시설물에 적용할 핵심기술 및 활용 기술개발로 재료 및 자재시장을 개척할 수 있는 실용성을 동시에 만족할 수 있는 연구개발 계획이 수립되어 있는 지에 초점을 두어 선정함
- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상 정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 연구성과를 통한 정책적 근거를 마련할 가능성과 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 방안이 성과지표의 구체적 항목으로 제시 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과 뿐 아니라 사회적 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

- 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음
- 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제 내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함
- 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함
- 연구책임자는 본 과업의 특성 상, 관련 정부부처 및 전문연구기관과 공고한 협력체계를 구성할 수 있는 역할을 수행해야 함



2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1안) 일반적인 기준

- 본 과업은 과업 특성 상 기업이 주관연구기관일 경우 별도의 가점을 부여하지 않음

(단, 국토해양기술 연구개발 관리지침의 준수 여부는 전문기관에서 별도로 정한다.)

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

- 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)
 - 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
 - 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

- 현재 개정 작업중에 있는 「국토해양부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

※『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(11.3.28)』제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련



마. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점



제8장 참고문헌

1. 국가기술표준원, 국가기술표준원 통계, 2015.12.
2. 국립환경과학원, 3년간의 새아파트 오염물질 변화, 2009.
3. 국립환경과학원, 신축공동주택의 거주기간에 따른 실내공기 오염도 변화추이 및 영향 인자 파악, 2005.
4. 국무조정실, 국가방역체계 개편, 2015.9.
5. 국토교통부, 2016년도 도로 현황 조서, 2016
6. 국토교통부, 국토부 사전공표정보 2012 도로보수현황, 2012.
7. 국토교통부, 건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017), 2012.5.
8. 국토교통부, 도로함몰 위험도 평가 및 분석기술 개발 기획 보고서, 2015.
9. 국토해양부, 탄소중립형 도로 기술 개발 기획보고서, 2011.06.
10. 관계부처 합동, 경제부흥, 국민행복 실현을 위한 국가전략 프로젝트, 2016.8.10.
11. 관계부처 합동, 2014년도 정부 3.0 추진계획, 2014.2.
12. 관계부처 합동, 미세먼지 관리 특별대책, 2016.6.
13. 관계부처 합동, 제2차 국가 감염병 위기대응 기술개발 추진전략(17~21), 2016.4.11.
14. 관계부처 합동, 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019), 2015.2.
15. 관계부처 합동, 환경보건 10개년 종합계획(2011~2020), 2015.12.22.
16. 그린타임즈, 미세먼지의 오염현황은?, 2016.05.16.
17. 교통안전공단, 2012년도 자동차 주행거리 실태분석 연구, 2013.12.
18. 김영규, 홍성재, 이경배, 이승우, 도로구조물 적용을 위한 광축매 콘크리트의 질소산화



- 물(NOx) 제거효율 평가, 한국도로학회 논문집, 16(5), 2014.10.
19. 김태관, 광촉매 기술의 응용제품 및 광촉매 시장 현황, 공기청정기술, Vol.18, No.2, 2005.
 20. 미래창조과학부, 2016년 R&D사업설명회 발표자료, 2016.
 21. 미래창조과학부, 제4기 나노기술종합발전계획 3대 전략 12개 과제, 2016.4.11.
 22. 박경수, 친환경 화학처리기술을 통한 콘크리트 구조물의 환경오염 저감 및 환경영향성 평가 최종보고서, 국토교통부, 2013.
 23. 백선재, 하수슬러지 재활용을 위한 전처리 공정별 최적의 반응 메카니즘 규명, 2015.
 24. 전남대출판사, 광촉매 기술 최전선, 2009.
 25. 삼성경제 연구소, 산업뉴스, Pike Research 2011, 2014.04.09.
 26. 서울보건환경연구원, 2012년 다중이용시설 실내공기질 오염도 검사 결과, 2012.
 27. 서울보건환경연구원, 서울시 지역별 질소산화물 농도 현황, 2013.
 28. 서울시청개발연구원, 교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구, 2008.
 29. 야노경제연구소(일본), 광촉매, 한국과학기술정보연구원, 2007.
 30. 양진, 하상욱, 이종열, 광촉매를 이용한 건축, 토목 재료의 개발현황, 한국콘크리트학회, 13(2), 46-50, 2001.
 31. 이승규 외, 예비타당성 조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축, KISTEP, 2011.
 32. 이원암, 양진, 유재상, 이종열, 광촉매 콘크리트의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 학술대회 논문집, 2002.
 33. 이탈시멘티 홈페이지, www.italcementigroup.com.



34. 중소기업청, 2013 중소기업 기술로드맵(2014~2016)-녹색제조 내 산업용기계편, 2013.
35. 중소기업청, 2013 중소기업 기술로드맵 : 녹색제조 - 02 에코 조명건축, 2013.
36. (주)알앤디비즈, TiO₂광촉매 [시장동향 리포트 2006], 2006.
37. 한국무역협회 북경지부, 중국 가정용 공기청정기 시장 동향, 2015.2
38. 한국환경산업기술원, 2012 공공기관 녹색구매 수범사례집, 2012
39. 한국과학기술정보연구원, 광촉매 응용분야, 부품소재종합정보망
40. 한국과학기술기획평가원, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 (제2판), KISTEP, 2014.11.
41. 한국과학기술기획평가원, 2014년도 예비타당성조사 보고서 노화대응 신체활력 기술개발사업, KISTEP, 2016.9.
42. 한국건설기술연구원, 신축아파트와 기존아파트의 실내오염물질 농도 및 아파트 층별 포름알데히드 농도 변화, 2012.
43. 한국환경산업기술원 국가환경정보센터, 실내공기오염으로 인한 건강영향, 2014-12호, 2014.
44. 한국법제연구원, 실내공기질 관리 선진화를 위한 법령.제도 연구, 2012.8.
45. 화학경제연구원, 건축자재 시장분석 및 전망(2003~2012), 2008.
46. 한국연구재단, 대학TOL지원(커넥트코리아)사업 성과사례집 2006~2010년, 2011.6.
47. 한국환경정책평가연구원, 녹색기술 적용 촉진을 위한 제도개선 방안: 하수슬러지 및 고농도 액상 폐기물을 중심으로, 2011
48. 해외투자진출 정보포털(<http://www.ois.go.kr/portal/>), [녹색정책] 中, 보조금 정책으로



- 친환경 건축시장 활기, 2012.5.27.
49. 환경부, 2016년 R&D사업설명회 발표자료, 2016.
 50. 환경부, 환경마크제도와 환경마크제품, 2015.06.
 51. 환경부 보도자료, 대기오염 방지기술 중국 진출을 위한 간담회 개최, 2013.12.30.
 52. 환경부 보도자료, “알면 보인다. 미세먼지 도대체 뭘까?,” 2016.04.
 53. 환경부, 제2차 대기환경개선 종합계획(2016~2025), 2015.12.31.
 54. 환경부, 수도권대기환경청, www.me.go.kr.
 55. 환경부, 2차 수도권 대기환경관리 기본계획(2015~2024년), 2013
 56. 환경부, 2016년 미세먼지 전망 및 대응방안, 2016.3.24.
 57. 환경부, 하수슬러지 감량화 방안 연구, 2011
 58. 환경부, 제품환경성 향상 기술, 환경기술 동향보고서, 환경부, 2011.11.
 59. 한국과학기술기획평가원, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구 (제1판), KISTEP, 2011.12.
 60. WHO 홈페이지, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en>.
 61. WHO Map Production, [http://gamapserver.who.int / mapLibrary / app / searchResults.aspx](http://gamapserver.who.int/mapLibrary/app/searchResults.aspx), 2011.9.26.
 62. BBC, BBC Research, 2010.
 63. EU - CETIEB Project, www.cetieb.eu.
 64. Environmentalleader 홈페이지, [http://www.environmentalleader.com /2013/ 05/ 02/ green-building-materials-254 bn-annual-market-by-2020/](http://www.environmentalleader.com/2013/05/02/green-building-materials-254-bn-annual-market-by-2020/)



65. Fujishima, A., Honda, K. *Nature*, 1972, 238, 37.
66. GWI(Global Water Market) 2011, *Globar Water Intelligence*, 2011
67. Helioclean Project, <http://www.helioclean.com>.
68. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 237, 2012
69. KISTI 미리안, 글로벌 동향 브리핑, 2013.08.16.
70. KOTRA 해외비즈니스포털(http://tradedoctor.kotra.or.kr/bp/cn/gw/BPCNGW021M.html?BBS_ID=10&ARTICLE_SE=20302&ARTICLE_ID=2125580&MENU_CD=M00001&UPPER_MENU_CD=M00002&MENU_CD2=M00006), 中, “급성장하는 친환경 투수성 보도블럭”, 2010.09.30.
71. LIGHT2CAT-R&D Project, <http://www.light2cat.eu>.
72. Ralph Baric, *Nature Medicine* 21 1508-1513, 2015.