제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행안전성 개선기술 개발 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2018. 10.

주관연구기관명 : 한국건설생활환경시험연구원
주관연구책임자 : 박동협
연 구 원 : 이강영
" : 김대훈
" : 장태연
" : 한종민
공동연구기관명 : 한국건설기술연구원
공동연구책임자 : 이석기
공동연구기관명 : 도로교통공단
공동연구책임자 : 양신환
위탁연구기관명 : 충남대학교
위탁연구책임자 : 손영아

보고서 요약서

과제고유번호	17RDPP-C136066-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2017. 08. 25 - 2018. 08. 24	단 계 구 분	1/1
연 구 사 업 명	중 사 업 명	국토교통연구기획사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선기술 개발 기획			
연 구 책 임 자	박동협	해당단계 참 여 연구원 수	총: 23명 내부: 23명 외부: 0명	해당단계 연 구 비	정부:78,000천원 민간: 천원 계: 78,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 23명 내부: 23명 외부: 0명	총 연구비	정부:78,000천원 민간: 천원 계: 78,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국건설생활환경시험연구원 한국건설기술연구원 도로교통공단		참여기업명	-	
국제공동연구	상대국명 :			상대국연구기관명 :	
위 탁 연 구	연구기관명: 충남대학교			연구책임자: 손영아	
요약				보고서면수	

○ 외부자극 감응형 도로안전기술은 스마트 소재를 활용한 지능형 교통안전시설 개발로서 지속가능한 사회를 구현하고 교통사고로 인해 발생되는 사회적 비용을 획기적으로 절감하는데 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 본 기획과제로 도출되는 본 과제의 비전은 “외부자극 감응 재료를 활용하여 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선”으로 제품·응용기술, 설계·시공·유지관리기술, 성능평가, 시제품, 시방서(안)까지 기획 범위를 포괄적으로 설정하였으며, 기획 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, 과제 제안 요구서에는 ① 외부자극 감응 재료 및 제품화 기술 개발, ② 외부자극 감응형 제품의 성능평가 기술 개발, ③ 외부자극 감응형 교통안전시설 적용성 검증 및 실용화 기술 개발, ④ 외부자극 감응형 제품의 실증 테스트 및 주행 안전성 평가 기술로 전체 내용을 구성하였음.

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

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	외부자극 감응, 도로 시인성, 실시간 도로정보시각화, 취약구간, 주행안전성
	영 어	stimulus-responsive, Road visibility, Real time visualization of road condition, Vulnerability of road networks, driving safety

요 약 문

Ⅰ. 제　　목

○ 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술 개발

Ⅱ. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의

○ 본 기획과제는 “외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술 개발”로서 다양한 도로환경에 감응할 수 있는 스마트 소재 기술을 접목하여 실시간 도로정보 시각화 및 야간 도로 시인성 개선을 통해 국민 교통안전을 확보하기 위한 기술임.

그림 1 외부자극 감응기술 활용한 교통안전 기술 개요

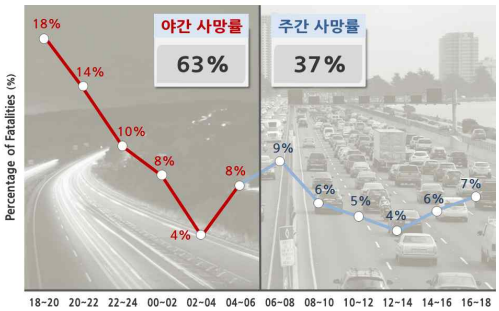
○ 도로 기후환경 주요 인자인 햇빛, 온도, 수분조건에 자극_감응하여 야간 도로 시인성, 도로 노면상태 정보를 실시간 시각화할 수 있는 재료 개발, 제품화, 시공, 유지관리, 실증화 방안 마련 등을 포함하는 것으로 기술을 정의할 수 있음.

2. 기술의 필요성

○ 도로안전성 강화를 통한 사회적 비용 저감

▪ ‘16년 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조원으로 연간 GDP의 1.45%에 해당되는 규모이며, 특히 야간 교통사고 사망률은 주간 대비 약 2배로 8.7조원의 사회적 비용이 발생

<교통사고로 인한 사회적 비용 추계>



<시간대별 사망자수 분석>

○ 사고 없는 안전한 교통 환경 조성 시급

▪ 악천후 시 일반사고에 비해 사망률이 두 배 이상 증가하는 것으로 보고되고 있으며, 2012년 서울시를 기준으로 야간 우천시 교통사고는 3천여 건으로 평소보다 40% 증가

<야간/우천시 시인성 저하 사례>

▪ 7대 특·광역시 교통사고발생 건수에 비해 도로 조명설치가 부족한 지방지역에서 사망자수가 2.8배 이상 발생함

○ 실시간 도로정보 시각화 기술의 경쟁력 확보

▪ 실시간 주행환경 시각화를 통한 사고위험 방지 및 야간이나 취약구간에서 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행여건을 제공

○ 외부자극 감응 요소기술의 새로운 패러다임 도출

▪ 도로교통 기술분야에서 기후환경에 대한 자극에 응답하여 도로정보를 빛 또는 색 변화로 실시간 시각화하여 주행안전성을 개선할 수 있는 첨단기술 수요 증가

○ 미래형 교통기술 구현을 위한 자율주행 연계 차로 기술 필요

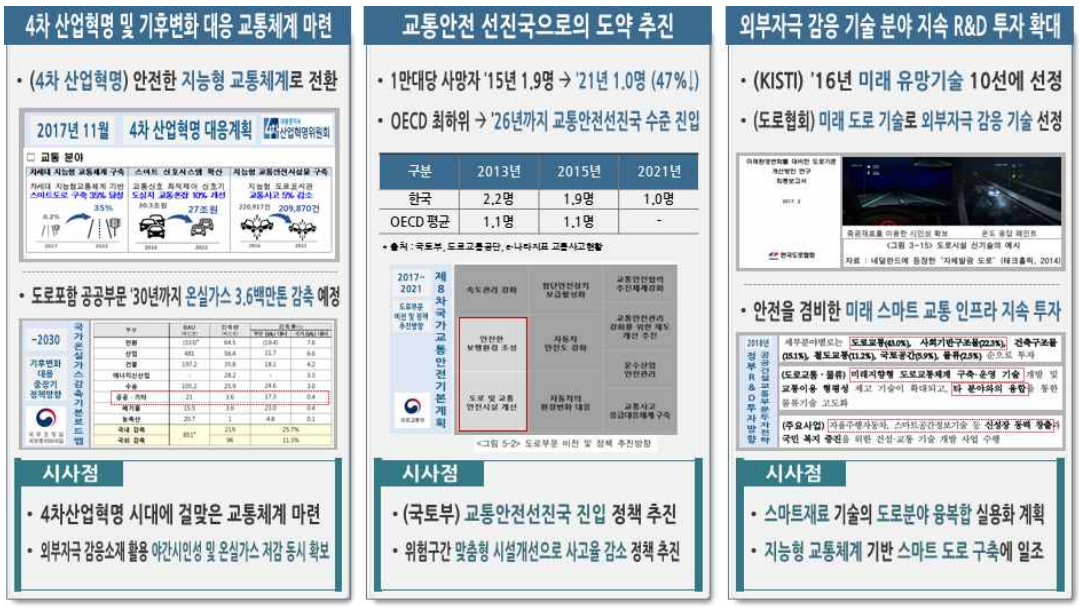
▪ 자율주행기술의 안전성을 확보하기 위해서는 차선의 시인성능을 최소기준 이상으로 상시 유지할 필요가 있음.

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책 동향 및 환경분석

가. 국내

○ 제8차 국가교통안전기본계획을 통해 OECD 최하위 수준인 국내 교통안전 수준을 ‘26년 교통안전선진국 진입을 목표로 설정



나. 국외

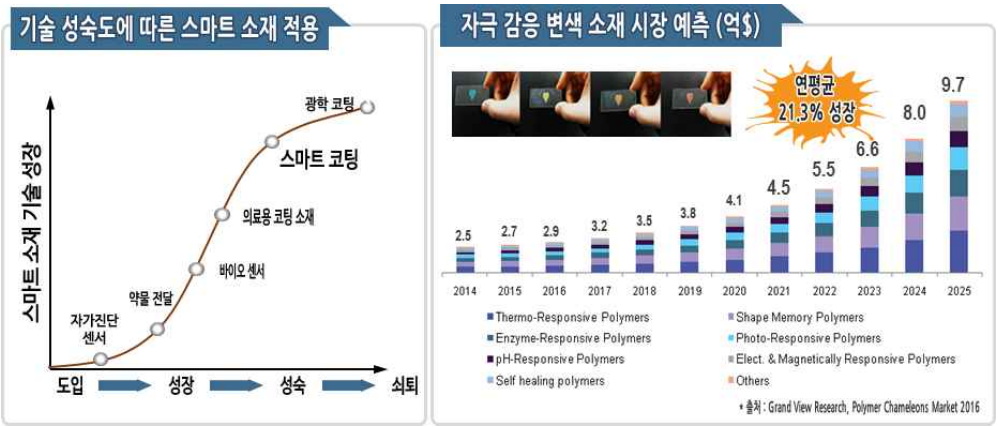
○ 도로 안전에 대한 관심 증대 및 자율주행 자동차 연계형 시스템 구축위한 신개념 도로 구축을 위한 정부주도 투자 증가

▪ 나라별 다양한 형태의 미래형 도로의 시험 운영 및 대규모 투자계획.

2. 국내외 시장동향 분석

○ 도로부문을 포함한 교통분야 세계시장 규모는 2010년 약 1조 409억 달러에서 2020년 2조 4876억달러 규모로 2배 이상 성장할 것으로 관측

○ 2016년에는 세계적으로 1조원 규모의 시장에서 2022년 까지 연간 22.3% 성장을 통하여 3조원 규모의 스마트·기능성 재료 시장이 형성될 것으로 예상



3. 국내외 기술개발 동향 분석

가. 기술동향 분석 시사점

○ 외부자극 감응 소재(광, 온도, 수분)의 경우 2000년대 이후 많은 연구가 이루어져 왔으나, 도로 적용에 관한 기술적용은 제한적임.

▪ (광감응 소재 도로안전표지 적용)
- 2000년대 이후 희토류 부활제를 활용한 persistent luminescence 개념이 등장하여, 200시간이상 발광이 지속되는 물질들도 보고되고 있음.
- 일부 선진국을 중심으로 도로 적용성 검토가 이루어져, 시범운행 구간을 운영하고 있음.
- 노면표시외 도로 시설물 관련 적용이 현재 다양하게 이루어지고 있으나, 국내 노면표시 적용에 대한 체계적인 기술적 접근은 전무함.

▪ (온도감응 소재 도로안전표지 적용)
- 온도감응 소재의 경우 매우 다양한 산업 분야에 응용 및 연구 개발이 이루어지고 있으나, 도로 적용성이 높은 저온감응 소재의 경우 연구가 제한적임.
- 최근 들어 저온감응 재료들을 활용한 일부 교통안전 시설물 관련 제품들이 출시되고 있어, 추후 도로 산업과의 융복합에 따른 신규시장 창출 가능성이 큼.

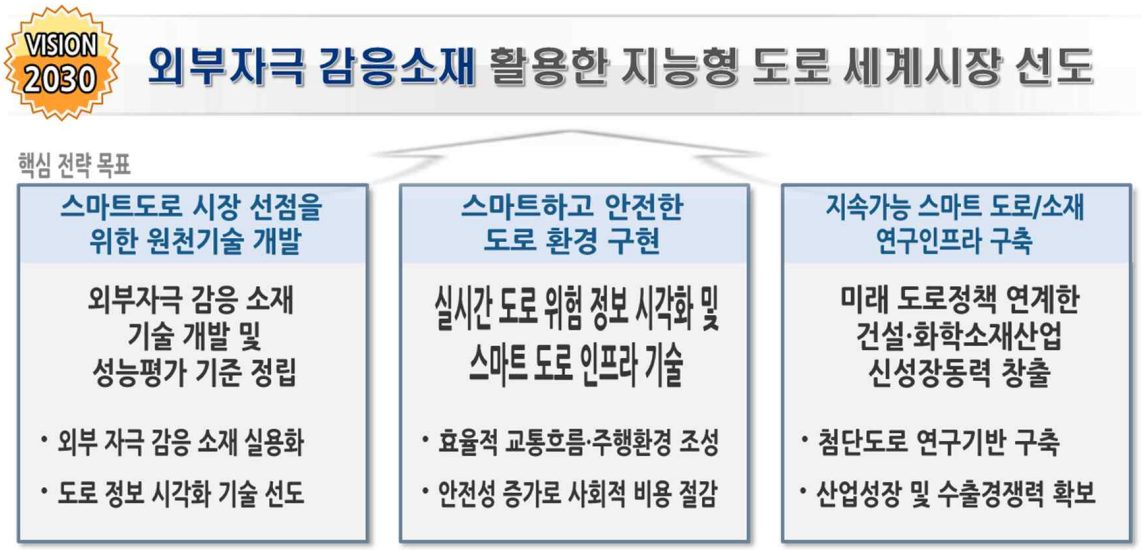
▪ (수분감응 소재 도로안전표지 적용)
- 수분감응 소재의 경우 전통적으로 사용되는 셀롤로스 필름의 투명화 특성을 이용한 재품들이 많이 활용 되어 왔으나, 도로 적용은 제한적.
- 도로에 적용 가능한 소재 개발을 통해 우천시 도로 시인성 향상 및 결빙 구간 시각화 등에 다양하게 활용 가능할 것.

▪ (도로 시인성 및 주행안전성 관련 기술)
- 도로 시인성 및 주행안전성 개선을 위해 도로 차선의 재귀 반사율 개선 및 정책기준 개선에 관한 다양한 연구개발이 이루어짐.
- 또한 신규 소재 적용 시험을 위한 다양한 도로 성능 평가 시설 구축 및 VR을 통한 초기 안정성 평가 등도 다양하게 이루어짐.
- 추후 외부자극 감응소재 도로 적용시 기존 평가 시설 및 연구결과를 바탕으로 합리적 기준 제시 및 시간소요 절감 가능.

Ⅳ. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 비전 및 목표

○ 본 기획연구는 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선을 위한 것으로서 기술적, 경제적, 사회적 측면을 고려한 연구 구성 및 추진 전략을 마련.



○ 본 연구의 목표는 실시간 도로 위험 시각화 기술, 야간 도로 시인성 기술, 노면표시 고도화 및 주행 안전성 확보 기술을 포함하여 설정.

자체 발광형 노면표시 기술 개발	실시간 도로 위험 시각화 기술 개발	실증화 테스트 및 실용화 기술 개발
- 광자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발	- 외부자극 감응 도로정보 시각화 재료 개발	- 자체 발광형 노면표지 성능지표 및 성능 기준 개발
- 자체 발광형 노면표시 제품화 기술 개발	- 외부자극 감응형 교통안전시설 제품화 기술	- 교통안전시설 성능지표 및 성능 기준 개발
- 자체 발광형 노면표시 적용성 검증 및 실용화 기술	- 교통안전시설의 적용성 검증 기술 개발	- 실제 도로환경 모사 시인성 실증 테스트 기술 개발
- 외부자극 감응형 노면표시의 성능평가 기술 개발	- 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발	- 외부자극 감응형 기술의 주행안전성 평가

2. 세부과제별 연구목표 및 주요내용

○ 외부자극 감응재료를 활용한 도로 교통안전분야의 기술격차 최소화 또는 기술선도를 위한 핵심적인 중점추진분야를 다음과 같이 2개 분야로 설정하였음.

- 세부과제 1 : 외부자극 감응 자체 발광형 노면표지 개발 및 실증 테스트 기술
- 세부과제 2 : 외부자극 감응형 교통안전표지 개발 및 실환경 성능검증 기술

○ 세부별 연구목표 (세부과제 1)

세부 과제명	세세부 과제명	세부별 주요 연구 내용
세부목표	외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트 기술	
1세부 : 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발	1-1 세부과제	외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발
	구성기술1	· 광자극 감응형 발광체 설계 및 요소기술 개발
	구성기술2	· 기존 가격 20% 이상 절감한 발광체 제조 및 성능 개선 기술 개발
	구성기술3	· 광자극 감응형 발광체의 마이크로 비드 기술 개발
	구성기술4	· 도로 노면표시 적용을 위한 발광효율 극대화 바인더 개발
	1-2 세부과제	광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발
	구성기술1	· 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광형 노면표시 제품화 기술 개발
	구성기술2	· 야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 제품화 기술 개발
	구성기술3	· 교통약자 보행환경 개선용 자체 발광형 보행로 제품화 기술 개발
	구성기술4	· 자체 발광형 노면표시 제품의 정량적 성능평가 기술 개발
	구성기술5	· 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능기준(안) 정립
	1-3 세부과제	자체 발광형 노면표시의 운전자 인지성능 향상 기술 개발
	구성기술1	· 취약구간의 주행안전성 개선을 위한 자체 발광형 노면표시 조합 시스템 개발
	구성기술2	· 도로조명 및 교통조건을 연계한 자체 발광형 노면표시 실용화 기술 개발
	구성기술3	· 자체 발광형 노면표시의 자율주행 차선인식 시스템 연계 기술 및 성능검증
	구성기술4	· 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발
	구성기술5	· 자체 발광형 노면표시 시스템의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립
	1-4 세부과제	자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트 기술 개발
	구성기술1	· 실규모 기반의 도로 시인성 실증 테스트 기술 개발
	구성기술2	· 자체 발광형 노면표시의 동적 시인성 실증 테스트
	구성기술3	· 도로 조건을 고려한 주행안전성 실증 테스트 기술 개발
	구성기술4	· 외부자극 감응형 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼(안) 보완

○ 세부별 연구목표 (세부과제 2)

세부 과제명	세세부 과제명	주요 연구 내용
최종목표	도로 노면결빙 상태를 실시간 예측 가능한 교통안전시설 개발	
2세부 : 외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 개발	2-1 세부과제	외부자극 감응형 가역적 변색제어 시각화 재료 개발
	구성기술1	· 저온자극 감응형 시각화 재료 설계 및 요소기술 개발
	구성기술2	· 가역적 변색제어 시각화 재료의 저비용 제조 기술 개발
	구성기술3	· 저온자극 감응형 가역 변색/고시인성 개선 복합화 기술 개발
	구성기술4	· 저온자극 감응형 시각화 재료의 성능 최적화 기술 개발
	2-2 세부과제	외부자극 감응형 교통안전시설 제품 기술 개발
	구성기술1	· 실시간 도로결빙 위험 시각화 교통안전시설의 제품 기술 개발
	구성기술2	· 저온환경 결빙노면 인지형 노면 보조표지 제품 기술 개발
	구성기술3	· 교통안전시설 시각화 구조 설계 및 인지 디자인 기술 개발
	구성기술4	· 도로환경을 고려한 교통안전시설의 시각화 전달빈도 설계 기술 개발
	구성기술5	· 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안) 정립
	구성기술6	· 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 방법 개발
	구성기술7	· 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안) 정립
	2-3 세부과제	외부자극 감응형 교통안전시설의 인지성능 개선 기술 개발
	구성기술1	· 도로 결빙위험 구간의 교통안전시설 조합 시스템 개발
	구성기술2	· 상습 결빙구간에서 교통안전시설 조합 시스템의 적용 세분화 기술
	구성기술3	· 교통안전시설 조합 시스템의 인지반응 성능평가 기술 개발
	구성기술4	· 교통안전시설의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립
	2-4 세부과제	외부자극 감응형 교통안전시설 실환경 성능검증 기술
	구성기술1	· 겨울철 도로 기후환경 모사 실환경/실규모 성능검증 기술 개발
	구성기술2	· 외부자극 감응형 교통안전시설 주행안정성 실증 테스트 기술
	구성기술3	· 외부자극 감응형 교통안전시설 설치·관리 매뉴얼(안) 보완

3. 세부과제 추진 전략

○ 미래 도로교통 안전시설물 시장을 선도할 수 있는 기술개발 우선 추진
○ 기존 국내외 선행연구 성과를 분석하여 중복성을 피하고 전문성 및 완성도 강화
○ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진

4. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

○ 총괄 로드맵

연구단 목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	비고
[세부과제 1] 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발	외부 자극 자체 발광 소재 기술 개발		소재 복합화 기술 개발	공정 최적화	
	시인성 개선 기술	광 감응 소재 제품화 기술 개발		설계 시공 기준 개발	
	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시		발광형 차선 적용성 검증	실용화 기술 개발	
	성능평가 방법 개발		발광형 노면표시 종합 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
	노면표시 취약구간 분석		성능고도화 기술	유지 관리 기술 개발	
[세부과제 2] 도로정보 시각화 외부자극 감응 교통안전시설 기술 개발	자극 감응형 시각화 소재 기술 개발		소재 복합화 기술	성능 최적화	
	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시	교통안전표지 제품화 기술 개발		공정 최적화	
	교통 안전시설 조합 시스템 개발		기후환경 시각화 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
	도로정보 인지성능 극대화 기술		도로환경모사를 통한 주행안전성 평가 기술	관리 지침 및 매뉴얼	
연차별 목표성과물	외부자극 감응형 소재 기술	도로 적용 재료 기술	스마트 재료 활용 시제품 및 시공기술	도로 적용 시방서 및 표준	

○ 세부과제 1

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	비고
외부자극 감응 자체 발광형 노면표지 재료 개발	외부 자극 자체 발광 소재 기술 개발		소재 복합화 기술 개발	공정 최적화	
	광감응형 발광 조성물 설계 및 요소기술	도료화를 위한 소재 복합화 기술			
	외부자극 감응형 발광체 제조 기술		공정개선을 통한 원가절감 기술 개발		
	노면 표지 적용을 위한 발광효율 극대화 바인더 기술				
외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발	노면표시 시인성 개선 기술	광 감응 소재 제품화 기술 개발		설계 시공 기준 개발	
		도료화를 위한 소재 복합화 기술		자전거 도로용 복합 발광형 제품 기술	
			교통약자 보행환경 개선용 보행로 제품화 기술		
	자체 발광형 표면 패터닝 기술 개발		발광형 제품 시공기술 개발	시공 기준(안) 개발	
자체 발광형 노면표시 인지성능 향상 기술 개발	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시	발광형 차선 적용성 검증		실용화 기술 개발	
	조명 없는 구간 도로적용 세분화	비전력 구간 운전자 시선 유도 기술		도로조명 및 교통 조건을 고려한 유지관리 기술	
	노면취약 구간 성능지표 및 평가방법 연구		경제성 평가를 통한 세부 적용 구간 및 적용 방법 연구		
		자율주행 차선 인식 시스템 연계 기술		자율주행 연계 동적 시인성 최적화 기술	
자체 발광형 노면표시 주행안전성 실증 테스트	성능평가 방법 개발	발광형 노면표시 종합 실증 평가		성능지표 및 실용화 기준 개발	
		외부자극 자체 발광형 노면표시 성능 평가 기술		도로 기후환경 모사 시험평가 및 실용화 기술 개발	
			외부자극 발광형 노면 표지 성능지표 및 기준		
	실제 도로환경 모사 주행안전성 모의 평가 시스템 연구		취약구간 모사 주행안전 실증 테스트		
연차별 목표성과물	조명 없는 구간 적용 발광형 재료 기술	자체 발광형 노면표지 시제품	시공 장비 및 시방서	도로 적용성 평가보고	

○ 세부과제 2

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	비고
외부자극 감응형 변색제어 시각화 재료 개발	자극 감응형 시각화 소재 기술 개발		소재 복합화 기술	성능 최적화	
	도로 기후환경 자극-감응 시각화 재료 설계 및 요소 기술	도로환경 응답 시각화 재료의 성능 최적화 기술			
	도로 온도 감응형 가역변색/고반사 시각화 재료 기술				
		시각화 재료 복합화 및 가역변화 제어		교통안전시설용 시각화 재료 성능 최적화 기술	
외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 제품 개발	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시	교통안전표지 제품화 기술 개발		공정 최적화	
	교통안전표지 유형별 시각화 설계 기술 및 적용 기준		유형별 시각화 설계 기술 및 시공 기준	전달빈도 설계 및 시공 기준(안)	
		가역적 변색제어 저비용 박막화 공정 기술 개발		교통안전표지 연속 제조 기술	
		시각화 전달빈도 설계 기술		시각화 구조 설계 및 디자인 기준(안)	
		결빙 위험 시각화 교통안전표지 제품화 기술		현장 적용성 평가 및 시공성 검증	
외부자극 감응형 교통안전시설 조합 시스템 기술 개발 및 성능검증	성능평가 방법 개발		기후환경 시각화 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
	결빙구간 인지성능 개선을 위한 조합 시스템		조합 시스템 인지성능 평가 기술		
		조합 시스템의 적용 세분화 기술		기후환경 모사 도로 정보 시각화 실증 시험평가 및 실용화 기술	
			교통안전표지 유형별 성능지표 및 기준 마련		
연차별 목표성과물	시각화 재료 원천 기술	도로 적용 시각화 재료 기술	시각화 재료 활용 시제품	도로적용성 평가보고	

Ⅴ. 사전타당성 검토

1. 정책적 타당성

○ 외부자극 감응형 교통안전표지 기술 개발은 스마트 소재를 활용한 지능형 도로 교통안전 기술로서 지속 가능하고 안전한 사회를 구현하고 교통사고로 인해 발생되는 사회적 비용을 획기적으로 절감하는데 기여할 것으로 판단됨.

○ 본 연구단은 교통안전 취약부분에 대한 안전관리 강화와 교통안전선진국 진입을 위한 교통안전 원천기술 및 실용화 기술개발을 추진하여 「제8차 국가교통안전기본계획」,「2030 국가온실가스감축 기본로드맵」,「2017년 4차 산업혁명 대응계획」등 미래 기술/시장 선점을 위한 추진 방향성에 부합함.

○ 외부자극 감응 원천소재 및 응용기술을 활용한 교통안전 기술 개발을 통해 독자적 기술경쟁력 확보가 가능하게 함으로서 미래형 신시장 창출에 기여할 수 있는 추진 방향성, 연구범위에 부합함.

○ 정부에서는 미래성장동력 창출 및 국민의 삶 향상 등 다양한 관점 또는 특정 기술·산업 분야 중심의 유망기술로 선정·발표하여, 국가의 주요 정책 수립 내 전략적 R&D 투자를 위한 중점 기술로 선정함.

2. 기술적 타당성

○ 본 연구단의 기술로드맵은 시각화 재료 개발부터 제품·응용기술, 설계·시공·유지관리기술, 실규모·실도로 성능평가, 시제품, 시방서(안)까지 일체형으로 분야별 구체적으로 개발기술과 성과물이 제시되어 있어 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨.

○ 스마트 소재 기술을 활용한 외부자극 감응형 교통안전 기술 개발은 기존 과제와 중복성이 없는 원천기술을 확보할 수 있는 과제임.

3. 경제적 타당성

○ 본 기획 대상 사업에 대한 비용편익 분석결과 B/C ratio가 1.5로 나타나 경제성 측면이 긍정적인 것으로 판단됨.

○ 외부자극 감응 재료 활용 기술 개발을 통해 교통사고 발생으로 인한 사회적 비용 절감 효과가 기대되며, 도로교통 산업의 신성장 동력원으로 향후 다양한 교통안전 산업분야로 확대가 기대됨.

○ 외부자극 감응형 교통안전시설에 대한 원천기술 확보를 통한 해외기술 의존도 해소 및 세계 최고수준 기술 확보를 위한 초석을 마련할 수 있는 연구임.

차 례

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

1절 기술의 정의 ····· 1
1. 기술의 정의 ····· 1
2. 기술분류체계 ····· 5
3. 세부 기술내용 ····· 6

2절 연구개발의 배경 및 필요성 ····· 11
1. 도로안전성 강화를 통한 사회적 비용 저감 ····· 11
2. 사고 없는 안전한 교통 환경 조성 시급 ····· 12
3. 조명이 없는 구간에서의 안전한 주행환경 구현 시급 ····· 14
4. 외부자극 감응 요소기술의 새로운 패러다임 도출 ····· 16
5. 실시간 도로정보 시각화 기술의 경쟁력 확보 ····· 17
6. 미래형 교통기술 구현을 위한 자율주행 연계 차로 기술 ····· 18
7. 도로 기후조건을 고려한 설계/시공 기술의 요구 증대 ····· 18
8. 다양한 도로 포장체 대응한 기술 수요 변화 ····· 19

제 2장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 21

1절. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 21
1. 국내 정책 동향 ····· 21
2. 국외 정책 동향 ····· 25

2절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 33
1. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 33
2. 주요 기업/제품/기술 및 시장점유 현황 ····· 46

3절 국내외 기술동향 및 분석 ····· 50
1. 외부자극 감응 관련 기술 개발 동향 ····· 50
2. 도로정보 시각화 관련 기술 동향 ····· 59
3. VR 관련 기술 동향 ····· 70
4. 자율주행 시스템 연계 차선 인식 기술동향 ····· 72

4절 논문 및 특허 분석 ····· 75
1. 외부자극 감응 기술 관련 논문 동향 ····· 75
2. 도로 시인성 기술 관련 논문 동향 ····· 85
3. 운전시뮬레이터 기술 관련 논문 동향 ····· 87
4. 노면표시 수명 관련 논문 동향 ····· 89
5. 특허동향분석 ····· 91

5절 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성 ····· 152

1. 유사과제 분석 ····· 152
2. 유사과제 기술분석 ····· 156
3. 기존 기술(연구)와의 차별성 ····· 159

6절 연구개발 인프라 분석 ····· 161
1. 연구인력 인프라 ····· 161
2. 연구기자재 인프라 ····· 162

7절 종합분석 ····· 167
1. 국내외 정책 동향 및 환경분석 시사점 ····· 167
2. 국내외 시장동향 분석 시사점 ····· 167
3. 국내외 기술개발 동향 분석 시사점 ····· 168

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 169

1절 기술개발추진방향 정립 ····· 169
1. SWOT 분석 ····· 169

2절 비전 및 목표 ····· 171
1. 비전 및 목표 ····· 171

3절 핵심요소기술(CTE) 선정 ····· 172
1. 핵심기술요소(CTE) 후보 ····· 172
2. 핵심기술요소(CTE) 도출 ····· 175
3. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표 ····· 184

4절 연구개발과제 구성 ····· 186
1. 연구개발과제 도출 ····· 186
2. 후보 연구개발과제 구성 ····· 188

5절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 189
1. 세부과제별 연구목표 및 주요내용 ····· 189
2. 예상되는 핵심성과 및 목표 수준 ····· 193
3. 세부과제별 추진 전략 ····· 195

6절 세부과제 간 연계관계 ····· 196
1. 과제 체계구성 ····· 196

7절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 197
1. 총괄로드맵 ····· 197
2. 1세부 ····· 197
3. 2세부 ····· 198

8절 성과의 활용방안 ····· 199
1. 성과의 활용반안 ····· 199

제4장 사전타당성 검토 ····· 201

1절 논리모형(As is/To be Model) ····· 201

2절 정책적 타당성(분석방법, 법적 근거) ····· 202
1. 국가 전략적 중요성 ····· 202
2. 상위계획 부합성 ····· 206

3절 기술적 타당성 ····· 210
1. 기술개발 목표와 내용의 적절성 ····· 210
2. 사업추진전략의 적절성 ····· 212
3. 성과평가 및 관리체계의 적절성 ····· 213
4. 기술로드맵의 우수성 ····· 213
5. 기술수준 및 성공가능성 ····· 214
6. 기존 사업과의 중복성 ····· 215
7. 산업계 보급 방안 및 제도화 연구 ····· 216

4절 경제적 타당성 ····· 218
1. 경제성 분석 ····· 218

5절 종합분석 ····· 223

제5장 소요예산 산정 ····· 224

1절 연구일정에 따른 인력투입 계획 ····· 224
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 224
2. 상세과제별 투입 연구인력 ····· 224

2절 소요예산 산정 ····· 225
1. 예산 산정방법 ····· 225

제6장 과제공모 방안 ····· 227
1절 과제제안 요구서(RFP) ····· 227
1. 총괄 RFP ····· 227
2. 1세부과제 RFP ····· 238
3. 2세부과제 RFP ····· 246

2절 연구단계별 평가기준(안) ····· 253
1. 평가항목 ····· 253
2. 가점 및 감점기준 ····· 253

표 차례

표 1 중점 연구분야 기술분류체계 ····· 5
표 2 외부자극 감응 요소기술 분야 중분류 기술내용 ····· 6
표 3 외부자극 감응 요소기술 분야 소분류 기술내용 ····· 6
표 4 광자극 감응 도로정보 시각화 분야 중분류 기술내용 ····· 6
표 5 광자극 감응 도로정보 시각화 분야 소분류 기술내용 ····· 7
표 6 온도(저온)자극 감응 도로정보 시각화 분야 중분류 기술내용 ····· 7
표 7 온도자극 감응 도로정보 시각화 분야 소분류 기술내용 ····· 7
표 8 수분자극 감응 도로정보 시각화 분야 중분류 기술내용 ····· 8
표 9 수분자극 감응 도로정보 시각화 분야 소분류 기술내용 ····· 8
표 10 교통안전시설 시공/유지관리 적용 분야 중분류 기술내용 ····· 9
표 11 외부자극 감응형 교통안전시설 적용분야 소분류 기술내용 ····· 9
표 12 도로정보 시각화 상용화 분야 중분류 기술내용 ····· 10
표 13 도로정보 시각화 상용화 분야 소분류 기술내용 ····· 10
표 14 차선인식 기술 분야 기술내용 ····· 10
표 15 야간 교통사고 총사회적 비용 (사망 및 중상자) ····· 11
표 16 연령별 교통사고 추세 ····· 11
표 17 총 인구대비 고령화 인구 및 자동차 등록대수 증가율 전망 ····· 12
표 18 ('13~'15년) 노면상태별 교통사고 발생현황 ····· 13
표 19 지자체 재정자립도와 평균 사망자수 ····· 15
표 20 가로등 점·소등에 따른 사고율 비교 ····· 16
표 21 미래도로 후보 정책 과제 ····· 24
표 22 세계 주요국가의 외부자극 감응 기술 관련 정책 ····· 32
표 23 도로 교통사고로 인한 손실비용 ····· 33
표 24 한국의 차로 수 기준연장 추정 ····· 33
표 25 2017년 표준품셈 차선도색 단가 (일부 발췌) ····· 34
표 26 차선도색 시장규모 추정액 ····· 34
표 27 도로 유지보수비 현황 ····· 35
표 28 OECD가입국 기준 연간 차선재도색 시장규모 추정 ····· 36
표 29 기획 분야 관련 교통사고 발생 통계 ····· 45
표 30 과제 수행에 따른 교통사고 편익 분석 ····· 45
표 31 국외 주요 연구기관 및 기술현황 ····· 46
표 32 국내 주요 연구기관 및 기술현황 ····· 47
표 33 차선도색 반사도 준공기준 및 변경 안 ····· 61
표 34 야간 우천시 차선도색 반사도 준공기준 및 제안(안) ····· 62
표 35 야간 우천시 차선도색 시인성 확보 방안(안) ····· 62
표 36 국내 차량 시뮬레이터 관련 연구 ····· 87
표 37 운전 시뮬레이터 활용 차량 안전도 연구 ····· 88
표 38 도로교통안전시설 효과분석 연구 ····· 89
표 39 검색 DB 및 검색범위 ····· 91
표 40 분석대상 기술분류 ····· 91
표 41 분석대상 기술분류 기준 ····· 92

표 42 유효특허 선별기준 ····· 92
표 43 외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안정성 개선 기술의 유효특허 선별결과 ····· 93
표 44 상위 8개 IPC 분류 ····· 94
표 45 경쟁자 Landscape AC ····· 97
표 46 핵심특허 선정기준 ····· 101
표 47 핵심특허 선별 결과 ····· 101
표 48 외부자극 감응 재료/소재 기술 재분류 기준 ····· 146
표 49 경쟁자 Landscape ····· 150
표 50 기존 기술과의 차별성_광자극 감응 도로시인성 기술 ····· 153
표 51 기존 기술과의 차별성_온도자극 감응 시각화 기술 ····· 154
표 52 기존 기술과의 차별성_수분자극 감응 시각화 기술 ····· 154
표 53 기존 기술과의 차별성_도로시인성 시공장비 기술 ····· 155
표 54 기존 기술과의 차별성_도로적용 실증화 기술 ····· 155
표 55 외부자극 감응형 교통안전시설 기술관련 국내유관기관 및 전문가 현황 ····· 161
표 56 한국건설생활환경시험연구원의 실환경 모사 주요 시험·평가 인프라 ····· 163
표 57 국내 도로적용 실증화 실험시설 현황 ····· 164
표 58 해외 도로환경 모사 실증화 실험시설 현황 ····· 165
표 59 SWOT 분석 ····· 170
표 60 기술자문단 구성원 ····· 175
표 61 우선순위 설문 방법 ····· 176
표 62 외부자극 자체 발광형 노면표시 핵심 요소 기술 ····· 179
표 63 외부자극 감응형 교통안전시설 핵심 요소 기술 ····· 181
표 64 실증 테스트 관련 세부 핵심 요소 기술 ····· 183
표 65 주요 기획연구 목표 및 구성내용 ····· 187
표 66 예상되는 연구개발과제 구성 ····· 188
표 67 국내 도로 유지관리 시장규모 예측 ····· 219
표 68 국내 차선 및 도로교통 표지 ····· 219
표 69 자체 발광형 노면표시 비용 추정 결과 ····· 220
표 70 노면 결빙 시각화 안전표지 설치/유지관리 비용 추정 결과 ····· 221
표 71 교통사고 감소 편익 추정 결과 ····· 222
표 72 노면결빙 감소 편익 추정 결과 ····· 222
표 73 비용편익분석 결과 ····· 222

그림 차례

그림 1 외부자극 감응기술 활용한 교통안전 기술 개요 ····· 1
그림 2 광자극 감응 기술 구분 ····· 3
그림 3 교통사고로 인한 사회적 비용 추계 ····· 11
그림 4 시간대별 사망자수 분석 ····· 11
그림 5 야간/우천 시 교통사고 빈도 및 치명도 증가(서울시) ····· 12
그림 6 야간/우천시 시인성 저하 및 도로조명 의한 차선 난반사 사례 ····· 13
그림 7 지역별 사고발생건수와 사망자수 ····· 14
그림 8 영국 Telegraph 기사 (2012) 및 ROSPA 보고서 (2017) ····· 15
그림 9 차로 유도선(Color Lane) 및 도로 시각화 방안 ····· 17
그림 10 자율주행차의 차선인식 메카니즘 ····· 18
그림 11 밀입도 아스팔트 (아스팔트 포장, 콘크리트 포장) ····· 19
그림 12 다공성(투수성) 포장의 원리와 효과 ····· 19
그림 13 제8차 국가교통안전기본계획 주요 내용 ····· 21
그림 14 '18년 정부 R&D 투자방향_공공건설교통부문 ····· 22
그림 15 2030년 국가 온실가스 감축 목표 ····· 22
그림 16 '17년 4차 산업혁명 대응계획 ····· 23
그림 17 The Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act ····· 25
그림 18 미국 Beyond Traffic 2045 ····· 25
그림 19 미국의 Greenroads 프로젝트 ····· 26
그림 20 미국 Smart city challenge 지원 도시 ····· 26
그림 21 미국의 인프라 평가 사례 ····· 27
그림 22 포장노면표시관리시스템 구축사례(미국, 미네소타) ····· 29
그림 23 GIS 기반 차선 시인성 정보시스템 개발(아이오와 주, 2004) ····· 29
그림 24 재활용 플라스틱 활용 도로 사례 ····· 30
그림 25 프랑스 노르망디에 시범 설치된 태양광 도로 ····· 31
그림 26 Daan Rosegaarde의 주행 중 전기차 자동충전 도로 개념도 ····· 31
그림 27 네덜란드 스마트 하이웨이 프로젝트 주요 기술 ····· 32
그림 28 외부자극 감응 재료의 시장수요 및 기술동향 ····· 37
그림 29 스마트 폴리머 및 자극 감응 변색소재 시장 예측 ····· 38
그림 30 세계 도로표지용 도료/코팅 시장 규모 및 전망 ····· 39
그림 31 세계 도로 표지용 도료/코팅 생산량 추이 분석 ····· 39
그림 32 세계 도료표지용 도료/코팅 제품별 시장 점유율 분석 ····· 39
그림 33 중국 도로 표지용 도료/코팅 시장현황(2014년 기준) 및 시장 전망 ····· 40
그림 34 아시아_태평양 지역의 도로 표지용 도료 및 코팅 시장 전망 ····· 40
그림 35 세계 도료 제품 관련 시장 분석 ····· 41
그림 36 국내 도로 표지용 도료 기술수요 동향 분석 ····· 41
그림 37 국내 도로표지용 도료 관련 시장동향 분석 ····· 42
그림 38 산업분야별 안료 사용량 분석 자료 ····· 42
그림 39 지역별 안료 사용량 및 시장 추세 ····· 43
그림 40 아시아_태평양지역 안료 시장 점유율 현황 및 추세 ····· 43
그림 41 국내 안료 시장 규모 및 추세 분석 ····· 44

그림 42 고성능 안료 생산업체 현황 ····· 44
그림 43 외부자극 감응 관련 기술 및 기업현황 ····· 48
그림 44 제조사별 시장점유율(2016) ····· 49
그림 45 고성능 차선 시장점유율 ····· 49
그림 46 염·안료 시장 및 주요업체현황 ····· 49
그림 47 축광재료 관련 기술 동향 ····· 50
그림 48 Glowing highway 구현 예(네덜란드 Oss N329) ····· 51
그림 49 네델란드 Glowing Road 구현 예 ····· 51
그림 50 광자극 감응 재료의 자전거 도로 적용(폴란드) ····· 51
그림 51 Starpath 제품의 적용 예시 ····· 52
그림 52 축광/형광 복합 기술을 활용한 Lifepaint ····· 52
그림 53 자전거 도로용 발광 코팅재 적용 예시(SWARCO) ····· 52
그림 54 자체 발광형 도로 표지용 도료 적용 예시(RALVA S.A) ····· 53
그림 55 교통약자 보행환경 개선용 보행로 예시(Silikal) ····· 53
그림 56 야간 도로 시인성 개선 제품 예시(3M) ····· 53
그림 57 무기 온도감응 재료의 종류 및 원리 ····· 54
그림 58 유기물 기반의 온도감응재료 종류 및 원리 ····· 54
그림 59 Thermochromic 결빙 시각화 표시 적용 (LIMBOFROST) ····· 55
그림 60 열변색 Colorless Paint 적용 ····· 55
그림 61 열변색 에너지 절감 도포 포장재 적용 ····· 56
그림 62 열변색 안료 적용한 타이어 ····· 56
그림 63 노면표시용 열변색 도료 적용 ····· 56
그림 64 온도감응형 소재를 활용한 도로표지 활용 예 ····· 57
그림 65 온도자극 감응의 도로 시각화 관련 주요 특허(영국) ····· 57
그림 66 외부자극 감응재료의 도로정보 시각화 주요 기술 내용 ····· 57
그림 67 수분 변색 소재 생활제품 적용 예 ····· 58
그림 68 수분 변색 안료 실생활 적용 ····· 58
그림 69 수분 변색 안료 도로 적용 및 개념도 ····· 59
그림 70 연속식 다중 분사 노면표시 시공 장비 ····· 59
그림 71 교통표지용 로드 프린트 장비(Trysil Maskin AS) ····· 60
그림 72 도로노면표시 입체 패터닝 시공 장비(BORUM) ····· 60
그림 73 GPS 기반의 무인 시공 장비(Tiny mobile robots) ····· 60
그림 74 노면표시 유지관리 장비(Waterblasting Technologies) ····· 61
그림 75 야간 도로 표지용 도료 ····· 62
그림 76 야간_우천시 도로 시인성 개선용 글라스 비드 구조 ····· 63
그림 77 EL-tape과 투명바인더 시공 예시 및 작동모습 ····· 64
그림 78 고성능 노면표시 및 발광형 노면표시 기술 개념도 ····· 64
그림 79 ASTM Method를 이용한 도로 노면표시 재료 평가방법 ····· 67
그림 80 Rain Tunnel를 이용한 도로 노면표시 재료 평가방법 ····· 67
그림 81 수용성 수지 도료의 도로 노면표시 적용 방법 ····· 68
그림 82 도로 노면표시 성능평가를 위한 조사장비 ····· 69
그림 83 교통안전시설 투자대비 효과 ····· 69
그림 84 자율주행시스템 차선인식 한계에 따른 사고 ····· 73

그림 85 카메라 기반 차선인식 알고리즘 ····· 73
그림 86 차량 영상 인식 관련 국내외 대표기업 ····· 74
그림 87 국가별 연도별 연국동향 (1990~2015년) ····· 75
그림 88 국내 관련 기술 연구 동향 ····· 76
그림 89 외부자극 감응 재료 연구 동향 ····· 76
그림 90 10시간 이상 잔광시간을 가지는 SrAl2O4:Eu2+,Dy3, Murayama et al (1996) ····· 77
그림 91 10시간 이상 잔광시간을 가지는 SrAl2O4:Eu2+,Dy3, Murayama et al (2001) ····· 77
그림 92 잔광시간 증가 메커니즘 Merceier et al (2005) ····· 77
그림 93 NIR 영역 까지 발광 하는 Zn3Ga2Ge2O10:0.5%Cr3, Liu et al (2012) ····· 78
그림 94 축광안료 배합에 따른 노면표시 성능 시험 ····· 79
그림 95 3,5-dialkoxy-N-4H-1,2,4-triazol-4-ylbenzamide를 활용한 저온감응 재료, Gutlich et al (2006) ····· 79
그림 96 carbocyanine의 저온 변이 특성. Bashev et al (2014) ····· 80
그림 97 NCO-DA의 저온 변이 특성. Kim et al (2013) ····· 80
그림 98 DA의 알킬체인 및 수소결합에 따른 변이 특성 조절, Kim et al (2016) ····· 80
그림 99 아스팔트와 열변색 도료 복합화 연구 Yu.et al. ····· 81
그림 100 온도자극 감응 기술 및 적용 사례 ····· 81
그림 101 boronic ester의 산화/환원 반응을 통한 수분 감응재료, Ohshita et al (2014) ····· 82
그림 102 수분 변색 안료 실생활 적용 ····· 82
그림 103 DA 분자를 활용한 수분변색 고분자 설계, Kim et al (2016) ····· 83
그림 104 DPP 단분자를 활용한 수분변색 분자 설계, Tan et al (2017) ····· 83
그림 105 perylene에 squaric 를 활용한 수분변색 분자 설계, Wurthner et al (2017) ····· 83
그림 106 수분자극 감응 기술 및 적용 사례 ····· 84
그림 107 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 95
그림 108 특허기술 성장단계별 의미 ····· 96
그림 109 국가별 기술성장 단계 ····· 96
그림 110 경쟁자 Landscape ····· 98
그림 111 세부기술별 IP 출원국 ····· 98
그림 112 주요출원인의 세부기술출원 동향 ····· 99
그림 113 세부기술별 기술점유율 변화 추이 ····· 100
그림 114 외부자극 감응 재료/소재연도별 주요 출원국 특허동향 ····· 146
그림 115 외부자극 감응 소재 부문 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 147
그림 116 외부자극 감응 소재 분야 특허 동향 ····· 148
그림 117 국가별 기술 성장단계 ····· 149
그림 118 정부 부처별 외부자극 감응재료 관련 과제 지원 현황 ····· 152
그림 119 비드 배합별_강수량별 재귀반사 성능 노면표시 배합별 재귀반사율 ····· 156
그림 120 국토교통부 기상환경 재현 도로 성능 평가 실험시설 조감도 ····· 163
그림 121 연구개발과제 도출과정 ····· 186
그림 122 세부과제 추진전략 ····· 195
그림 123 상위계획 부합성 ····· 207
그림 124 국토교통부 기상환경 재현 도로 성능 평가 실험시설 조감도 ····· 215

제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의

1. 기술의 정의

※ 본 기획과제는 “외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술 개발”로서 다양한 도로환경에 감응할 수 있는 스마트 소재 기술을 접목하여 실시간 도로정보 시각화 및 야간 도로 시인성을 개선하기 위한 국민 교통안전 확보 기술임.

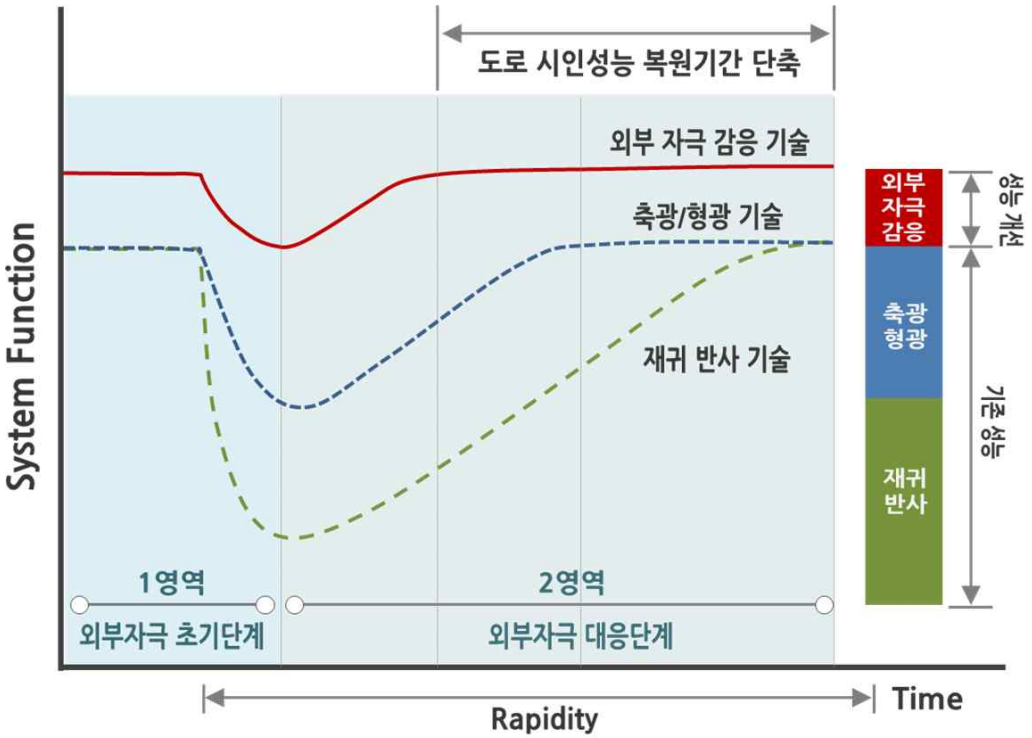
그림 1 외부자극 감응기술 활용한 교통안전 기술 개요

○ 도로 기후환경 주요 인자인 햇빛, 온도, 수분조건에 자극_감응하여 야간 도로 시인성, 도로 노면상태 정보를 실시간 시각화할 수 있는 재료 개발, 제품화, 시공, 유지관리, 실증화 방안 마련 등을 포함하는 것으로 기술을 정의할 수 있음.

가. 외부자극 감응재료(stimuli-responsive materials)

○ 외부의 물리적 또는 화학적 자극[열(thermal), 기계적(mechanical force), 자성(magnetic), 전기(electric field), 빛(light), 압력(pressure), 화학물질(chemical), pH 등]에 스스로 반응하여 화학적 성질 및 물리적 형상을 가역적 혹은 비가역적으로 제어할 수 있는 자극-응답(stimuli-responsive) 응용소재 기술.

○ 교통안전분야에서 다양한 도로기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 변색(chromism) 이나 투명성 등의 특성을 활용하여 실시간 도로정보 시각화로 안전한 주행환경을 구현하기 위한 지능형 도로 핵심 기술.



개념적 분류	개념적으로 포함되는 기술
1영역 도로 시인 성능 유지	• 이벤트 발생에 따른 도로 시인성능 저하 최소화 기술 • 이벤트 발생에 대한 단기적 측면의 대비 기술
2영역 시인 성능 향상 및 신속 복원	• 주행안전성 확보를 위한 감응형 재료 기술 • 도로 시인성능 향상, 복원 및 유지

나. 외부자극 감응기술의 적용방식

○ 광자극 감응기술(Light-Responsive) : 태양광이나 조명 등의 광자극을 받아 축광(Phosphorescence), 형광(fluorescence), 재귀반사(retro-reflectance) 특성으로 전기적 디바이스 없이 야간 도로 시인성, 고가시성을 확보할 수 있는 발광특성 제어 기술.

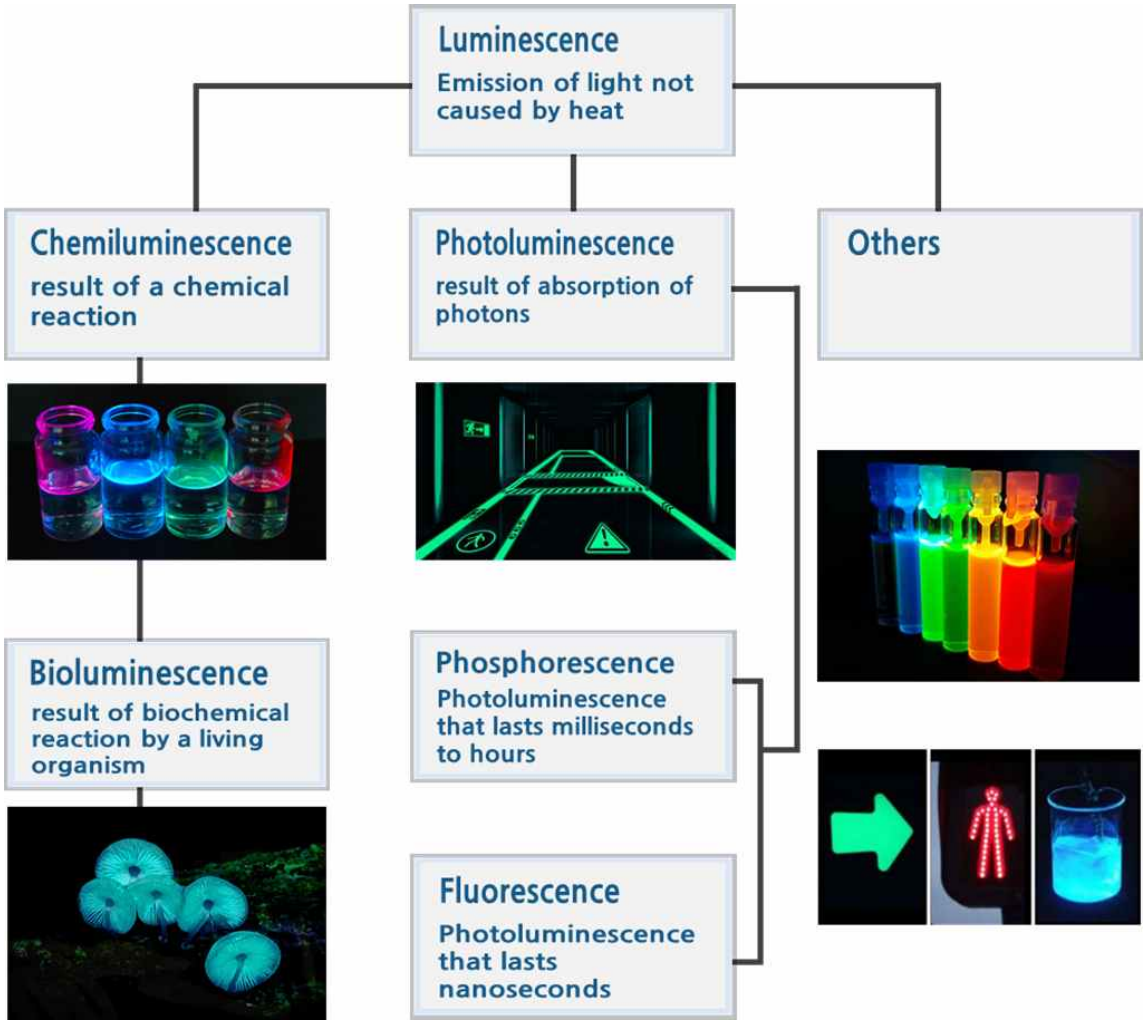
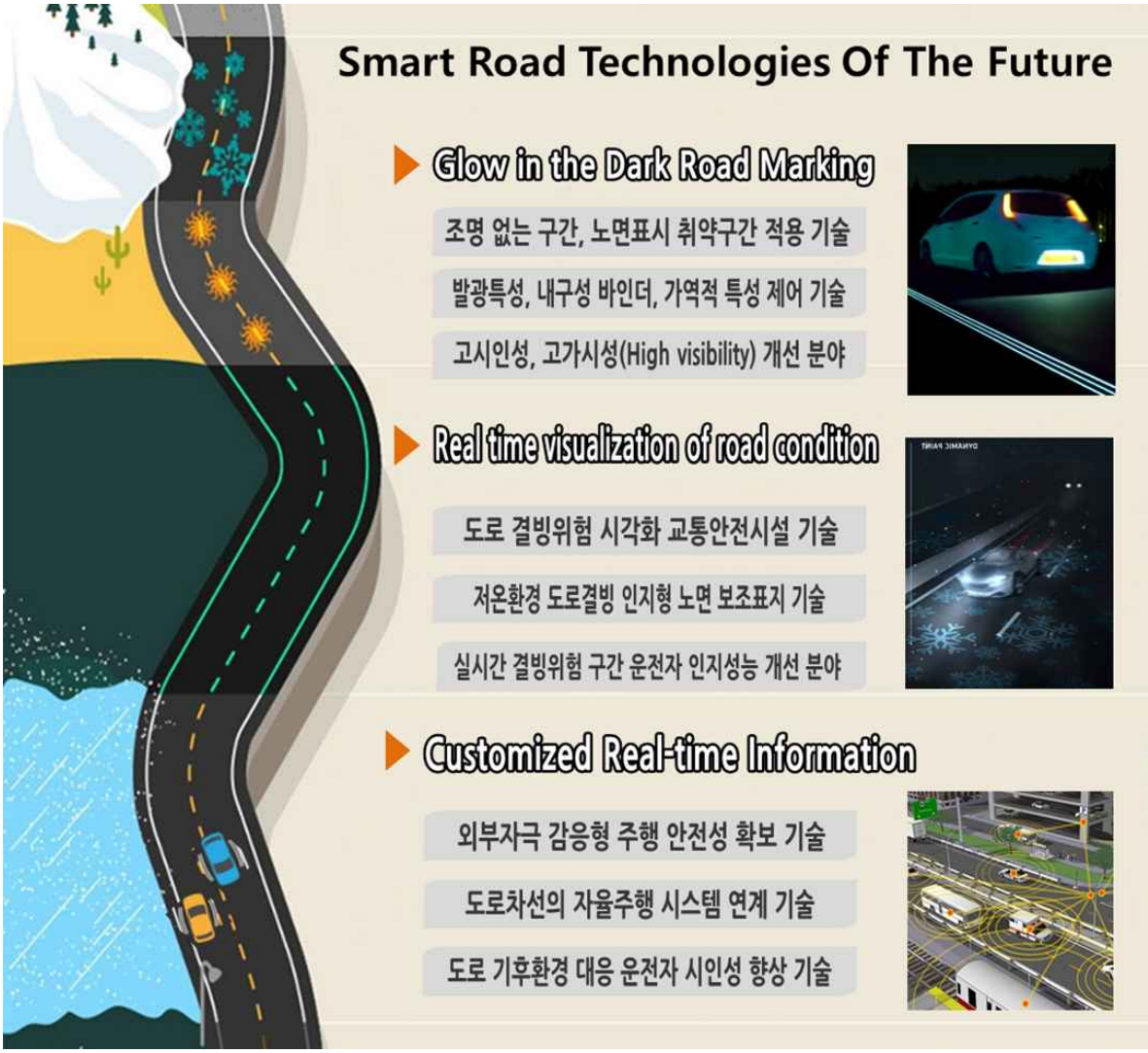


그림 2 광자극 감응 기술 구분

○ 온도자극 감응기술(Thermo-Responsive) : 외부 기온변화에 따른 색상변화를 통해 도로정보의 시각화에 효과적인 기술로서 특정 저온구간에서 변색 제어 기술로 도로 상태를 실시간 시각화 하여 결빙 위험상황을 대응할 수 있는 기술.

○ 수분자극 감응기술(Hydro-Responsive) : 우천시 물과 접촉을 하면 다양한 색상, 패턴을 바뀌고 다시 건조되면 원래 색으로 되돌아가는 가역적 변색 제어 기술로서 주행환경, 위험인자의 시각화 구현 가능 기술.

다. 외부자극 감응기술의 적용분야



2. 기술분류체계

○ 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술 개발을 위한 중점 연구 분야를 다음과 같이 구성함.

표 1 중점 연구분야 기술분류체계

대분류		중분류	소분류
1	외부자극 감응 요소기술 분야	도로정보 시각화 기술	· 가역적 외부자극 감응 요소기술
		외부자극 감응 기술의 도로 적용	· 도로 기후환경 대응 시각화 요소 기술
			· 도로환경/포장종류에 따른 자극 복합감응 요소기술
2	광자극 감응 도로정보 시각화 분야	야간 도로 시인성 기술	· 축광/형광/재귀반사 특성 복합화 재료 제조 기술
			· 발광 안정성 및 도로 적용 고내구성 바인더 기술
			· 광자극 감응 재료의 도로 시인성 성능 평가 기술
3	온도(저온)자극 감응 도로정보 시각화 분야	도로결빙 정보 시각화 기술	· 저온 환경 감응 재료 제조 기술
			· 도로결빙 교통안전시설 제품화 적용 기술
			· 도로결빙 위험 시각화 성능 평가 기술
4	수분자극 감응 도로정보 시각화 분야	우천시 도로정보 시각화 기술	· 가역적 특성제어 수분자극 감응 재료 제조 기술
			· 우천시 교통안전시설 제품화 적용 기술
			· 우천시 위험 시각화 성능 평가 기술
5	교통안전시설 적용 분야	설계·시공 기술	· 도로 유형별 현장시공 기준(안) 개발
			· 도로 유형별 시각화 설계 및 시공장비 개발
		유지관리 기술	· 도로조명 및 교통조건을 고려한 유지관리 지침 개발
			· 도로 기후조건을 고려한 유지관리 지침 개발
		운전자 가상현실 안전성 평가 기술	· 재료적 시인 성능 평가 및 운전자 시인성/판독성 평가
6	도로정보 시각화 상용화 분야	주요 도로환경 적용 실증화 기술	· 도로환경모사 실규모 성능평가(일사, 온도, 강우 등)
			· 실제 도로 조건을 고려한 실주행 환경 성능검증
			· 도로 적용 세분화 방안 및 목표성능 기준(안) 개발
7	자율주행 연계분야	차선인식 기술	· 자율주행 시스템 연계 도로차선 인식 기술 개발

3. 세부 기술내용

가. 외부자극 감응 요소기술 분야

○ 인위적인 외부 전력공급 없이 햇빛, 온도, 수분 등 도로 주행환경에 자극을 받아 스스로 빛을 방출하거나, 변색되는 감응 재료를 활용하여 노면표시 및 교통안전시설에 적용하기 위한 기술을 포함.

표 2 외부자극 감응 요소기술 분야 중분류 기술내용

중분류	기술내용
도로정보 시각화 기술	· 도로이용자에게 필요한 정보를 시각적으로 전달하기 기술
외부자극 감응 기술의 도로 적용	· 외부자극 감응 기술을 도로교통 안전시설에 접목하여 활용하는 기술

표 3 외부자극 감응 요소기술 분야 소분류 기술내용

중분류	소분류	기술내용
도로정보 시각화 기술	가역적 외부자극 감응 요소기술	· 광, 온도, 수분 등 외부환경 자극에 다양한 형태로 가역적 감응을 제어할 수 있는 기술
외부자극 감응 기술의 도로 적용	도로 기후환경 대응 시각화 요소 기술	· 도로 기후 환경에 대한 정보를 실시간 시각화하는 교통안전시설물에 대한 기술
	도로환경/포장종류에 따른 자극 복합감응 요소기술	· 다양한 포장에 복합적으로 적용할 수 있는 외부자극 감응형 교통안전시설 기술

나. 광자극 감응 도로정보 시각화 분야

○ 외부 전력공급 없이 햇빛이나 자동차 헤드라이트 빛을 흡수하여 일정시간 발광하는 기능을 통해 야간 도로 시인성을 개선할 수 있는 기술 개발 및 실용화를 위한 적용 기술을 포함.

표 4 광자극 감응 도로정보 시각화 분야 중분류 기술내용

중분류	기술내용
야간 도로 시인성 기술	· 도로이용자에게 필요한 야간 도로정보를 시각적으로 전달할 수 있는 도로 시인성 기술

표 5 광자극 감응 도로정보 시각화 분야 소분류 기술내용

중분류	소분류	기술내용
야간 도로 고시인성 적용 기술	축광/형광/인광 특성 복합화 재료 제조 기술	· 주간에 빛을 흡수해서 저장해 두었다가 야간에 방출하여 도로 시인성을 개선할 수 있는 광자극 감응 복합재료 제조 기술
	발광 안정성 및 도로 적용 고내구성 바인더 기술	· 도로 주행환경에 적합한 발광 효율 극대화, 고내구성 확보 기술
	광자극 감응 재료의 도로 시인성 성능 평가 기술	· 광원의 종류 및 강도에 따른 도로 시인성 확보를 위한 발광효율, 발광시간에 대한 평가 기술 개발

다. 온도(저온)자극 감응 도로정보 시각화 분야

○ 겨울철 급속히 낮아진 기온과 눈 등으로 발생하는 도로 결빙현상에 대해 온도자극 감응 성능으로 블랙아이스 및 미끄럼 발생 위험구간 표시를 통해 실시간 시각화할 수 있는 기술 개발 및 실용화를 위한 적용기술을 포함.

표 6 온도(저온)자극 감응 도로정보 시각화 분야 중분류 기술내용

중분류	기술내용
도로 결빙 정보 시각화 기술	· 도로 결빙구간에 대한 위험정보를 시각적으로 전달하기 기술

표 7 온도자극 감응 도로정보 시각화 분야 소분류 기술내용

중분류	소분류	기술내용
결빙환경 도로정보 시각화 제조 기술	저온 환경 감응 재료 제조 기술	· 도로 노면 결빙상태를 시각적으로 전달하기 위한 저온에서 가역적 변색 기능을 갖는 온도자극 감응 재료 제조 기술
	도로결빙 교통안전시설 제품화 적용 기술	· 도로결빙으로 도로상태 위험을 시각적 전달하기 위한 도로교통안전(노면 보조표시, 위험표지) 제품화 기술
	도로결빙 위험 시각화 성능 평가 기술	· 도로결빙 위험 정보를 시각화할 수 있는 온도구간, 변색성, 회복속도에 대한 평가방법 개발

라. 수분자극 감응 도로정보 시각화 분야

○ 수분과 접촉하면 다변색(multi-chromism) 및 투명성을 갖는 수분자극 감응 기능을 부여하여 빗길 감속운행 안내, 사고다발지역을 실시간 시각화할 수 있는 기술 개발 및 실용화를 위한 적용 기술을 포함.

표 8 수분자극 감응 도로정보 시각화 분야 중분류 기술내용

중분류	기술내용
우천시 도로정보 시각화 기술	· 빗길 안전운전에 대한 위험정보를 시각적으로 전달하기 기술

표 9 수분자극 감응 도로정보 시각화 분야 소분류 기술내용

중분류	소분류	기술내용
우천시 도로정보 시각화 제조 기술	가역적 특성제어 수분자극 감응 재료 제조 기술	· 도로 노면 젖음 상태를 시각적으로 전달하기 위한 우천시 가역적 변색 기능을 갖는 수분자극 감응 재료 제조 기술
	우천시 교통안전시설 제품화 적용 기술	· 우천시 도로 미끄럼 위험을 시각적 전달하기 위한 도로교통안전(노면 보조표시, 위험표지) 제품화 기술
	우천시 위험 시각화 성능 평가 기술	· 도로 젖음 위험 정보를 시각화할 수 있는 다변색성, 회복속도, 내구성에 대한 평가 기술

마. 교통안전시설 시공/유지관리 분야

○ 외부자극 감응 재료를 현장에 적용하기 위한 구체적 기준으로 도로정보 시각화 종류, 전력공극이 없는 도로 구간 적용 세분화, 시공기술, 사후처리, 초기 성능평가, 유지관리 등에 관한 통합기준을 포함하는 기술.

○ 외부자극 감응 재료 유형별 현장시공 기준 개발

- 도로조건에 따른 외부자극 감응 재료 선택기준 개발
- 외부자극 감응 재료 시공에 필요한 구체적인 규격 개발
- 외부자극 감응 재료 시공에 관련된 초기성능평가, 하자보증 제도 개발
- 외부자극 감응 재료 시공에 관한 정보관리 규격개발
- 개발된 현장시공 기준에 대한 실증 적용 및 피드백
- 외부자극 감응 재료 현장시공 매뉴얼(안) 개발

○ 외부자극 감응 재료 유형별 시공 및 성능평가 기술 개발
- 외부자극 감응 재료에 적합한 시공 기술 개발
- 도로 시인성 성능평가 관련 방법 개발
- 실시간 시각화 성능평가 관련 시스템 개발
- 시공기술에 대한 현장 실증테스트, 전문기관 안전성 및 내구성 평가

○ 가상현실 구현을 통한 운전자의 재료적 시인성/판독성 평가 및 안전성 평가

표 10 교통안전시설 시공/유지관리 적용 분야 중분류 기술내용

중분류	기술내용
설계·시공 기술	· 도로적용 세부화 및 도로정보 시각화 시공 기술
유지관리 기술	· 도로 기능개선 적용성 분석 및 유지관리 기술
가상현실 안전성 평가 기술	· 도로 시인성 및 운전자 시인성/판독성 평가

표 11 외부자극 감응형 교통안전시설 적용분야 소분류 기술내용

중분류	소분류	기술내용
설계·시공 기술	도로 유형별 현장시공 기준(안) 개발	· 도로 유형별 현장에 적용하기 위한 구체적인 시공기준(안) 개발
	도로 유형별 시각화 설계 및 시공 기술 개발	· 외부자극 감응 재료의 도로 시인성 및 시각화 전용 시공 기술 개발
유지관리 기술	도로조명 및 교통조건을 고려한 유지관리 지침 개발	· 자체 발광 기반의 야간 도로 시인성 개선을 위한 적용성 분석 및 유지관리기술 개발
	도로 기후조건을 고려한 유지관리 지침 개발	· 도로 위험구간 시각화를 위한 적용성 분석 및 유지관리기술 개발
VR 기반 주행 안전성	운전자 가상현실 안전성 평가 기술	· 재료적 시인 성능 평가 및 운전자 시인성/판독성 평가

바. 도로정보 시각화 상용화 분야

○ 주요 외부자극요소(햇빛, 온도, 습도, 강우 등)를 적용한 성능평가 기술로서 실제 도로 환경조건을 고려한 도로 시인성, 외부자극 감응 재현성, 가역적 특성 제어 상용성 등에 대한 실규모/실증 테스트 및 실용화를 위한 적용기술을 포함.

○ 도로정보 시각화 유형별 성능지표 및 한계성능 기준 개발
- 도로 시인성, 외부자극 감응 재현성, 가역적 내구성 등 성능지표 개발
- 각 성능지표에 대한 등급체계 개발
- 특정 환경에서 유지되어야 할 최소한계 성능기준 연구
- 특정 도로구간에 대한 성능평가 실증연구

표 12 도로정보 시각화 상용화 분야 중분류 기술내용

중분류	기술내용
주요 도로환경 적용 실증화 기술	· 주요 외부자극요소(햇빛, 온도, 습도, 강우 등)를 실시간 및 실제 규모 재현성 검증 기술

표 13 도로정보 시각화 상용화 분야 소분류 기술내용

중분류	소분류	기술내용
주요 도로 외부환경 적용 실증화 기술	도로 환경모사 실규모 성능평가	· 실시간 시각화 재현성 검증을 위한 실규모 element 적용성 검증 및 실용화 기술
	실제 도로 조건을 고려한 실주행 환경 성능검증	· 실제 도로 조건을 고려한 실증 테스트 및 실용화 기술
	도로 적용 세분화 방안 및 목표성능 기준(안) 개발	· 다양한 도로구조/포장/교통환경 조건에 따라 요구되는 교통안전시설 유형과 성능수준과 적용기준 개발

사. 자율주행 연계 분야

○ 자율주행차량의 주행경로학습, 인지반응 핵심기술로서 다양한 센서(카메라, LIDAR 등)를 활용하여 주행상황을 확인할 수 있는 차로인식 기술.

표 14 차선인식 기술 분야 기술내용

중분류	소분류	기술내용
차선인식 기술	자율주행자동차 연계 차선인식 기술 개발	· 다양한 센서 및 알고리즘을 복합화할 수 있는 자율주행차 시스템 연계 차선인식 기술

2절 연구개발의 배경 및 필요성

1. 도로안전성 강화를 통한 사회적 비용 저감

○ ‘16년 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조로 연간 GDP의 1.45%에 해상되는 규모이며, 특히 야간 교통사고 사망률은 주간 대비 약 2배로 8.7조의 사회적 비용이 발생하여 도로 시인성 및 정보 시각화를 통하여 야간사고율 10% 감소 시 사회적 비용 0.9조 저감이 예상됨.(2017 교통사고통계, 경찰청)

표 15 야간 교통사고 총사회적 비용 (사망 및 중상자)

구분	사고인원(A)	인당 비용(B)	야간사고 총사회적 비용 (A x B x 야간사고율 63%)
사망자	4,621명	4.4억	1.3조
중상자	195,000명	0.6억	7.4조
합계			8.7조

*출처 : 도로교통공단 보도자료 (2016), 한국운수산업연구원 (2011)

그림 3 교통사고로 인한 사회적 비용 추계

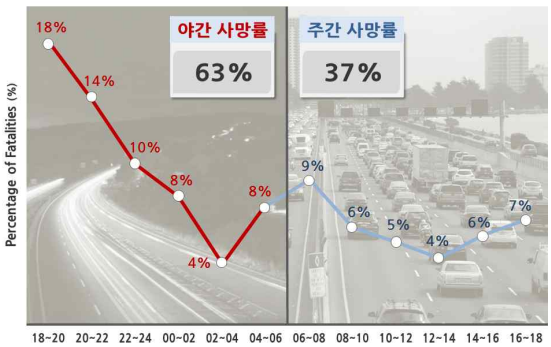


그림 4 시간대별 사망자수 분석

○ 제 7차 국가교통안전기본계획을 통한 고령운전자의 인지·주의능력 감퇴 등 고령자 신체적 특성 변화에 따른 다양한 정책을 추진하였으나 교통사고 사상자는 지속적으로 증가하는 추세.

표 16 연령별 교통사고 추세

구분			‘11년	‘12년	‘13년	‘14년	‘15년	연평균 증감율
	65세 이상	사망자	1,724	1,864	1,833	1,815	1,814	1.3%
		부상자	27,999	29,699	32,178	35,352	38,582	8.4%
	전체 연령	사망자	5,229	5,392	5,092	4,762	4,621	△3.0%
		부상자	341,391	344,565	328,711	337,497	350,400	0.7%

* 출처 : 제8차 국가교통안전기본계획 (2017~2021)

○ 고령사회로의 진입 및 가구 유형 변화 (1인 가구↑)에 따른 자동차 등록대수의 증가 등 도로부문의 교통여건 변화에 따라 국가단위에서의 사고율 감소 및 사회적 비용 저감을 위한 다양한 정책 마련이 시급한 상황.

표 17 총 인구대비 고령화 인구 및 자동차 등록대수 증가율 전망

구분	'15년 (A)	'21년	'26년 (B)	증가율 (B-A)/A
총 인구 (만명)	5,026	5,157	5,204	4%
고령화 인구 (만명)	662	849	1,084	64%
자동차 등록대수 (만대)	2,475	2,829	3,206	30%

* 출처 : 통계청 장례추계인구 (2014), 교통연구원 자동차 보유대수 장기 전망에 관한 연구 (2012)

2. 사고 없는 안전한 교통 환경 조성 시급

가. 도로교통 안전시설의 야간 도로 시인성에 대한 기술수준 및 한계성

○ TASS 교통사고 분석시스템(2017)에 따르면 악천후 시 일반사고에 비해 사망률이 두 배 이상 증가하는 것으로 보고되고 있으며, 2017년 교통사고 발생건 중에 야간에 발생한 교통사고는 2천여 건으로 사망자수는 2천1백명 주간보다 사망률이 높음.

○ 특히 도로 기하구조가 복잡하고 교차로가 많아 차선의 역할이 중요한 도심지에서 민원과 교통사고의 원인으로 인식되고 있으나, 적절한 관리체계가 마련되지 않아 현황파악 조차 어려운 상황. KBS 뉴스(2013년 7월 17일)에 따르면 서울시 도로 중 90% 이상이 차선 반사기준을 만족하지 못하고 있어(관계자에 따르면 1% 수준으로 추정) 차선의 야간 시인성 개선이 시급.

그림 5 야간/우천 시 교통사고 빈도 및 치명도 증가(서울시)

○ 교통안전표지 가운데 노면표시는 도로교통의 안전과 원활한 소통을 도모하고 도로구조를 보존함에 그 목적이 있으며 독자적으로 또는 교통안전시설과 신호기를 보완하여 도로 이용자에게 규제 또는 지시의 내용을 전달하는 기능을 함.(교통노면표시 설치・관리 매뉴얼, 경찰청, 2012)

○ 노면표시의 시인성은 주간에는 큰 문제가 되지 않으나, 야간에 성능이 급격히 저하되고, 전조등/가로등에 의한 난반사 발생으로 야간 시인성 확보에 악영향을 미침. 도로 차선은 종류와 형태별로 의미를 가지며 어떠한 도로 조건에서도 잘 보여야 주행 안전성을 확보할 수 있으나 야간, 우천시 차선 인식에는 어려움이 있음.

그림 6 야간/우천시 시인성 저하 및 도로조명 의한 차선 난반사 사례

○ 야간 도로 시인성 문제는 교통 분야의 세계적 이슈로 볼 수 있으나, 그럼에도 불구하고 전통적인 노면표시 재료/기술에 의존하면서 해당분야의 기술개발 연구사례는 쉽게 찾아보기 어려움.

○ 본 연구기획에서 광자극 감응 응용기술로 야간 도로 시인성 확보에 대한 연구가 시급하다 판단하고 있으며, 국내는 물론 국제적인 기술수요 또한 충분하다 판단됨.

나. 교통안전 소외지역에 적용 가능한 새로운 개념의 기술 전략 필요

○ 겨울철에 노면 결빙(블랙아이스)과 적설로 인해 발생한 7천 592건의 교통사고로 222명이 사망해 치사율은 2.9%로 분석됨. 노면 결빙으로 인한 교통사고 1천건 당 사망자 수는 35.9명으로 전체 평균인 21.6명보다 66.2% 많음.

표 18 ('13~'15년) 노면상태별 교통사고 발생현황

(단위: 건, 명, %)

구분	건조	습기	결빙	적설	기타	합계
발생건수	586,177	70,234	5,091	2,501	6,938	670,94
사망자수	12,072	2,041	183	39	140	14,475
부상자수	882,998	110,488	9,126	4,291	9,705	1,016,608
치사율(%)	2.1	2.9	3.6	1.6	2.0	2.2
1천건당 사망자수	20.6	29.1	35.9	15.6	20.2	21.6

※ 결빙과 적설을 합한 경우 7,592건 발생, 222명 사망, 치사율 2.9%

주) 1. 도로교통공단, 경찰청의 각년도별 교통사고 통계(2013~2015년)
2. 교통사고 치사율(인피사고 100건 당 사망자수)=(사망자수/발생건수)*100
3. 교통사고 발생 1천건당 사망자수=(사망자수/발생건수)*1,000

○ 비 오는 날 교통사고는 사고 100건당 치사율이 2.28명으로 전체 평균 교통사고 치사율(0.5명)에 비해 약 4.32배 높은 것으로 나타남. 비 오는 날 교통사고 발생 건수는 하루 평균 2천 814건으로 비가 오지 않은 날 2천 552건보다 10.3% 많으며, 교통사고 비용은 최근 5년간 1조 7천 921억원, 연평균 3천 584억원으로 추산.

○ 특히 겨울철 교통량이 한산한 외곽 지역, 터널 출구, 습기가 많은 교량 등 블랙 아이스존 형성을 인지할 수 있는 도로결빙 위험시각화 및 빗길 미끄럼 발생 저감 기술에 대한 정책적 지원이 필요함.

3. 조명이 없는 구간에서의 안전한 주행환경 구현 시급

○ 도로조명시설은 도로 이용자의 안전한 통행과 운전자의 시선을 유도하여 도로의 선형, 전방의 상황, 장애물이나 도로상의 급격한 변화 등을 정확히 판별하기 위해 설치. 조명이 없는 구간에서는 운전에 적절한 노면휘도를 유지할 수 없어 도로 선형 확보에 어려움이 있음.

○ 교통량(연간 일 교통량 : AADT)이 적은 국도나 지방도 경우 국부 조명 또는 조명시설 미설치로 인해 도로 선형, 교통 조건을 인지하는데 어려움이 있음. 도로교통사고통계에 따르면 7대 특·광역시 교통사고발생 건수에 비해 도로 조명설치가 부족한 지방지역에서 사망자수가 2.8배 이상 발생함.

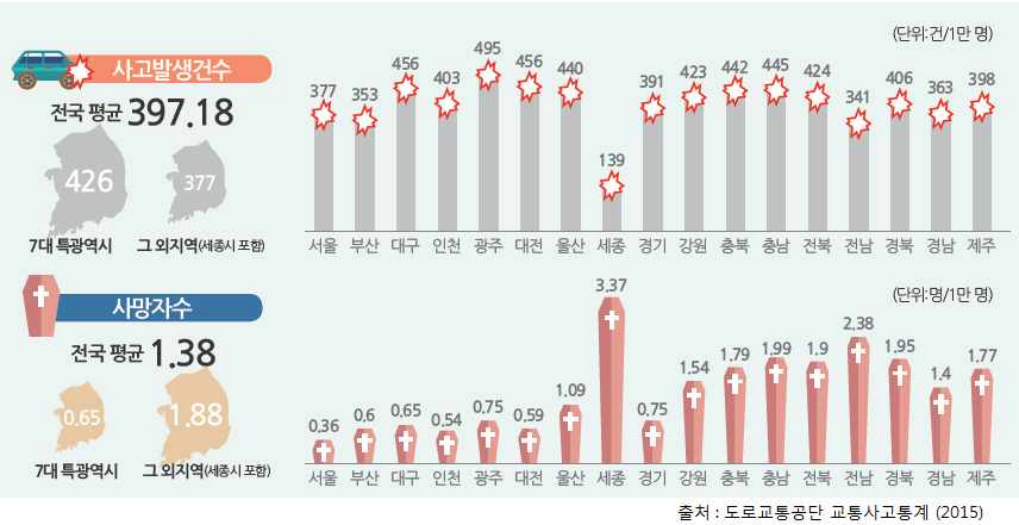


그림 7 지역별 사고발생건수와 사망자수

○ 특히 강원, 전남 등 도로 교통환경이 열악한 지자체의 경우 위험구간 관리를 위한 가로등 설치 등 시설 투자가 어려워 10만 명당 사망자수가 높은 경향이 있어, 외부 전력이 필요 없는 교통안전시설로 적용 가능한 기술도입이 시급한 실정.

표 19 지자체 재정자립도와 평균 사망자수

구분	재정자립도	10만명당 사망자수	구분	재정자립도	10만명당 사망자수
서울	85.8	3.9	강원	**28.3**	**15.8**
부산	56.9	5.6	충북	**35.8**	**16.7**
대구	52.4	7.2	충남	**37.9**	**19.6**
인천	65.8	5.5	전북	**27.7**	**18.1**
광주	48.2	7.2	전남	**24.7**	**22.8**
대전	55.1	6.8	경북	**30.2**	**19.4**
울산	71.3	9.4	경남	43.1	13.2
경기	69.0	7.5	제주	**34.7**	**15.4**

* 출처 : 행정자치부, 지방재정365
* 참고 : 재정자립도, 10만명당 평균 사망자수는 2012~2015년 4개년 평균치임

○ 조명이 없는 구간에서 운전자가 전방 위치를 확인할 수 있는 유일한 수단은 전조등과 차선임에도 불구하고 차량 전조등의 조사 길이 한계성으로 인해 차선 자체의 시인성 향상이 운전자의 주행 안전성을 확보할 수 있는 가장 중요한 수단임. 이에 차선에 대한 정적, 동적 시인성 및 복합적 시각화 보강기술에 대한 구체적이고 현실적인 연구와 실용화 기술개발이 시급함.

○ 영국에서는 운영비용 및 온실가스 저감을 목적으로 야간(9pm~5am)에 도로 가로등 소등 정책을 2009년부터 추진하였음. 자동차전용도로 70% 소등 포함 전체 가로등 소등 수는 75만개로 134만 달러의 비용절감과 온실가스를 줄이는 성과는 있었으나 사망 사고율이 급격히 증가함.

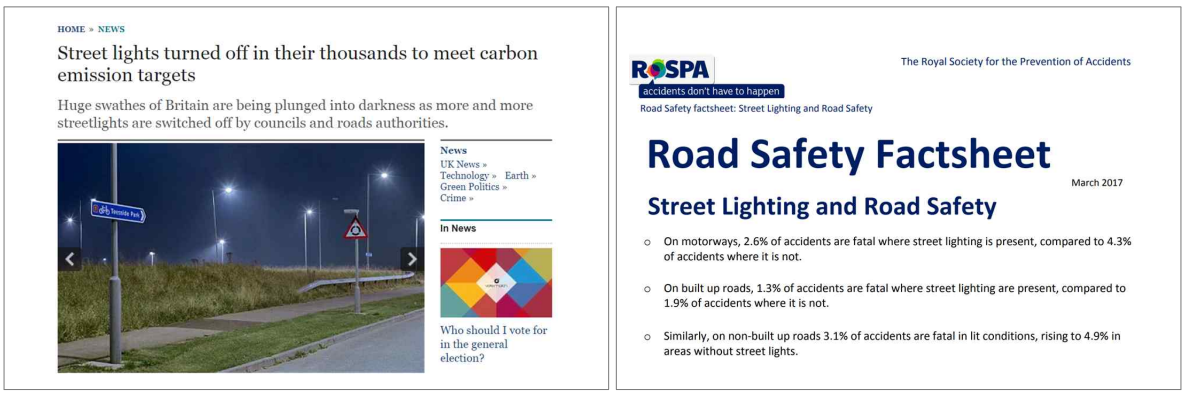


그림 8 영국 Telegraph 기사 (2012) 및 ROSPA 보고서 (2017)

○ ROSPA 보고서에 따르면 2015년 기준 영국 잉글랜드 및 웨일즈 지역의 가로등 소등 지역을 점등지역으로 전환하여 사고율을 연구한 결과 사망사고율이 현저히 감소함을 확인함. 이에 융복합 기술을 접목한 도로 시인성 개선에 대한 새로운 해결책의 다양한 접근이 요구되며 4차 산업혁명시대에 맞는 미래형 도로인프라 기술개발이 필요한 시점임.

표 20 가로등 점·소등에 따른 사고율 비교

구분		사망사고율 (%)		상승비율 (B-A)/A
		가로등 점등지역 (A)	가로등 소등지역 (B)	
	자동차 전용 도로	2.6%	4.3%	87%
	(일반) 도심 구간	1.3%	1.9%	46%
	(일반) 비도심 구간	3.1%	4.9%	58%

*출처 : 영국 ROSPA Report (2017)

4. 외부자극 감응 요소기술의 새로운 패러다임 도출

○ 급격히 변화하는 첨단 국토교통기술에서 도로정보 시각화와 주행 안전성에 대한 핵심 요소기술 개발 및 기술 확보 전략이 미흡한 상태임.

○ 국내외적으로 도로 기능 개선 및 정보 시각화를 통해 교통사고 발생률을 낮추는 가시적 성과를 보이고 있으며, 발광, 온도 또는 수분 변색 기술 등 시인성 확보를 위한 다양한 기술 적용으로 안전한 교통환경 조성에 정부지원이 필요.

○ 도로교통 기술분야에서 도로기후환경에 대한 자극에 응답하여 도로정보를 빛 또는 색 변화로 실시간 시각화하여 주행안전성을 개선할 수 있는 첨단기술 수요 증가.

○ 4차 산업 혁명 시대에 인공지능 등 소프트웨어분야는 지속적으로 성장발전하고 있으나, 교통안전소재, 시공 기술는 기존 제도 정비 미비로 그 속도를 따라가지 못하는 실정임.

○ 본 기획연구는 스마트하고 안전한 도로, 자율주행 자동차 기술 등 주력 국가 정책에 부합하기 위한 정부지원이 필수적이며, 정책연계를 통한 국가경쟁력 제고 및 국내 산업 육성에 이바지 가능.

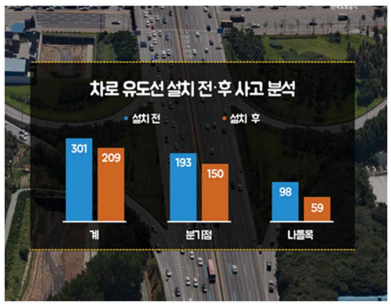
5. 실시간 도로정보 시각화 기술의 경쟁력 확보

○ 미래성장동력 창출 및 국민의 삶 향상 등 다양한 관점 또는 특정 기술·산업 분야 중심의 유망기술을 선정·발표되어, 국가의 주요 정책 수립 내 전략적 R&D 투자를 위한 중점 기술로 선정.

○ 도로교통 분야의 외부자극 감응재료를 활용하여 안전한 주행환경을 구현하기 위한 지능형 도로에 대한 기술수요 급증.

· 실시간 주행환경 시각화를 통한 사고위험 예방 및 야간이나 우천 시 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행여건을 제공.

○ 대표적인 도로정보 시각화 기술로 고속도로 갈림길(분기점, 나들목), 하이패스 차로, 시가지 교차로 등 운전자의 주행경로 혼선 유발 구간에 방향유도 컬러 차로 설치 후 교통사고가 약 31% 감소한 것으로 나타남. 차로유도선 색상 및 도료의 고가시성에 대한 시각화 기술은 내비게이션과 연계할 수 있는 효과적인 교통사고 예방 기술임.



컬러 차로유도선 설치 전·후 사고건수 비교

고속도로 분기점 컬러 차로유도선

교차로 주행 유도선

그림 9 차로 유도선(Color Lane) 및 도로 시각화 방안

○ 외부자극 감응기술은 내비게이션, 도로표지 기술과 연계하여 즉시 적용할 수 있어 위치 및 형상 데이터를 활용하여 신성장 동력 창출 및 해외시장 수출경쟁력 확보가 가능한 아이템이나 이를 활용한 도로 교통 기술은 전무한 상황으로 정책반영을 통한 정부 주도 시장 확대 필요.

· 도로정보 시각화 및 주행 안전성에 대한 핵심 요소기술 개발을 위해 다환경 및 실도로 성능검증, 평가기술 개발 및 관련 법령 제도 개선이 필수적이며 이를 위한 정부지원 필요.

○ 도로의 연속적인 정보를 운전자에게 제공하여 빠르고 안전한 주행환경 구현요망.

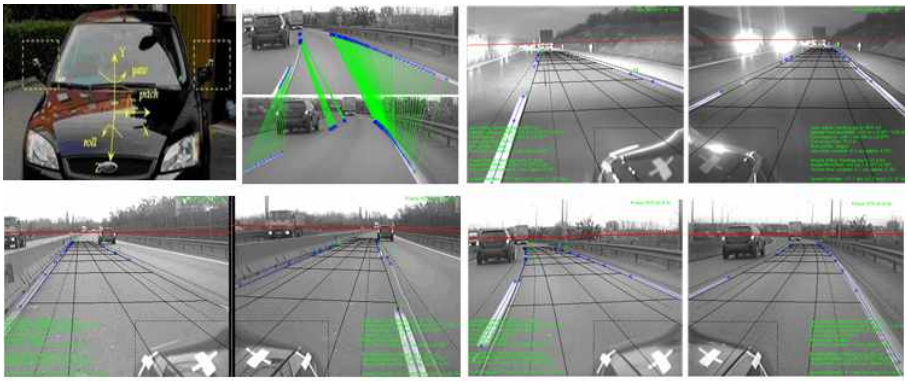
· 야간 도로정보 시각화 기술은 가로등과 같은 조명시설에 대한 에너지 절감 효과를 창출할 것으로 기대하고 있으며, 발광차선은 기존의 조명이 존재하지 않은 장소에서의 지속가능한 대안임.

· 야간 차선의 시인성 확보는 위험구간 사전인지 및 역주행 등의 피해가 감소 효과.

6. 미래형 교통기술 구현을 위한 자율주행 연계 차로 기술

○ 4차 산업혁명의 산물 중 하나인 자율주행차량은 이미 세계적으로 뜨거운 관심을 받고 있으며, 대형 자동차브랜드와 구글 등을 중심으로 기술이 고도화 되고 있음.

○ 자율주행차에는 주변상황을 인식할 수 있는 다양한 센서와 알고리즘이 복합적으로 활용되고 있으나, 카메라와 LIDAR 등이 가장 기본적인 정보수집 수단으로 이용되고 있으며, 특히 차선인식을 통한 주행경로 학습, 인지반응이 자율주행 핵심기술.



자료: Available in http://www.vision.ee.ethz.ch/~andrasb/project_lanedet.html

그림 10 자율주행차의 차선인식 메카니즘

○ 차선의 조도 저하는 자율주행차량의 차선 인식을 방해하며, 정상적인 상태라도 차선의 시인성이 낮아지게 되면 야간과 우천 시에는 인식률이 현저하게 떨어짐.

○ 자율주행기술의 안전성을 확보하기 위해서는 차선의 시인성능을 최소기준 이상으로 유지할 필요가 있음. 이와 관련된 최소 시인성의 한계기준에 대한 연구, 정량적인 성능저하 특성에 기반을 둔 주기적 모니터링과 유지보수 체계에 대한 연구 필요.

7. 도로 기후조건을 고려한 설계/시공 기술의 요구 증대

○ 도로 포장면의 표면조직(Surface texture)은 미끄럼 저항이 쉽게 확보되는 반면, 노면표시는 상당히 매끄러운 구조로 처리되기 때문에 미끄럼 저항에 취약한 특성을 보이며 특히 우천 시와 겨울철 결빙 시 현저하게 낮아지는 특성이 있음.

○ 도로 기후조건을 고려한 설계/시공 기술은 차량의 제동거리와 깊은 연관이 있으며, 교통약자 혹은 녹색교통수단(보행자, 이륜차, 자전거, 기타 레저용 이동수단)의 안전성 확보와 관련하여 시인성과 연계된 중요한 요소로 부각되고 있음. 특히 노면표시 면적이 넓은 도심 내 횡단보도와 고속주행 특성을 갖는 도로(고속도로, 교통량이 적은 일반국도·지방도, 야간주행)의 안전성 확보에 중요한 요소라 판단.

○ 노면표시의 미끄럼 저항 연구는 미국 등에서 1970년대부터 관심을 가지고 연구를 진행해 왔으며, 뉴질랜드(NZ-M/7, M/20, P/22, P20), 유럽연합(ISEU-1436) 등 일부 선진국들은 이미 노면표시에 대한 미끄럼 저항 성능규격을 운영 중(Harlow). 그러나 아직 국내에서는 노면표시의 미끄럼 저항에 대한 관심은 거의 전무한 상황.

○ 우리나라 경찰청 규격에는 미끄럼 저항 성능규격을 포함하고 있지 않기 때문에 아직 평가가 가능한 기관, 장비, 전문가가 없으며, 현재 경찰청 기준에서 참조하고 있는 KS M 6080 규격의 도료가 어느 수준의 마찰력을 보유하는지에 대한 평가사례를 찾아보기 어려움.

○ 본 기획연구에서는 교통약자 및 운전자 주행안전성 확보 기술로서 도로 기후조건을 고려한 노면표시 및 교통안전시설 응용기술로 새로운 사회적 기술 수요에 대응하고자 함. 또한 이미 여러 선진국에서 노면표시의 운전자 인지성능과 위험구간 사전 인지 개선에 대한 관심을 보이는 있는 만큼 국제적인 기술수요와 시장은 이미 형성되고 있다고 할 수 있음.

8. 다양한 도로 포장체 대응한 기술 수요 변화

○ 전통적인 도로포장은 포장구조의 내구성을 유지하기 위해 포장표면의 수분침투를 차단하는 밀입도 포장(Dense-graded asphalt pavement) (아스팔트와 시멘트 포장)이 주류를 이룸.

○ 밀입도 포장은 폭우 시 물보라로 인한 운전자 시야확보 문제, 미끄럼 저항 저하로 인한 제동거리 증가 등 주행안전에 단점이 발생.

그림 11 밀입도 아스팔트 (아스팔트 포장, 콘크리트 포장)

○ 이러한 단점을 보완하기 위해 우수를 하부로 침투시키는 다공성 포장 기술이 1970년대 개발되었으며, 이미 유럽, 일본 등을 중심으로 국제적으로 널리 확산되고 있는 추세. 일부 선진국에서는 다공성 포장이 법/지침에 따라 일반화되어 있으며, 유럽 대부분의 국가에서 국가 정책의 일환으로 도입 추진 중.

그림 12 다공성(투수성) 포장의 원리와 효과

○ 우리나라에서도 2000년대 중반부터 시범적으로 도입되고 있으며, 국토교통부에서는 다공성 포장 설계지침(안)을 개발하여 체계적인 설계와 시공을 장려하고 있음. 중장기 관점에서 우리나라의 도로네트워크에서도 다공성 포장의 점유율이 크게 확대될 것으로 예상됨.

○ 그러나, 다공성 포장면의 표면조직에 공극이 있어 밀입도 포장에 비해 상당히 거칠고, 조직깊이(texture depth)가 깊어지는 특성을 가짐. 즉 일반적인 도료를 사용할 경우 적은 면적에 더 많은 교통하중이 부하됨으로써 더 빠른 마모 특성을 보이게 될 것으로 판단되나, 아직까지 다공성 포장면에 최적화된 노면표시 재료나 설계방법에 대한 연구사례를 찾아보기 어려움.

○ 빈번한 차선도색의 방지, 다공성 포장의 확대 시공에 따른 국내외 시장규모 등을 고려할 때, 다공성 포장의 표면조직 특성에 적합한 노면표시 기술 연구가 필요할 것으로 판단됨.

제 2장 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향 및 분석

1. 국내 정책 동향

□ 제8차 국가교통안전기본계획 (2017~2021, 국토교통부)

- 국가교통안전기본계획에서 교통안전 취약 부문에 대한 안전관리를 강화하는 방향을 주요 정책 방향으로 하여 OECD 최하위 수준인 국내 교통안전 수준을 '21년까지 OECD 중위권 수준으로 향상하고 '26년 교통안전선진국 진입을 목표로 설정함.

- 1만 명당 사망자수('15년 1.9명 ⇒ '21년 1.0명, 47%↓)를 획기적으로 감소시키기 위해 위험 도로 및 위험구간 맞춤형 시설 개선, 첨단 기술 활용한 안전운전 유도, 고령 운전자 증가에 따른 안전정책 등을 실시하고 있음. 본 기획연구는 외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 향상을 통해 국가교통안전정책에 기여할 것으로 판단됨.

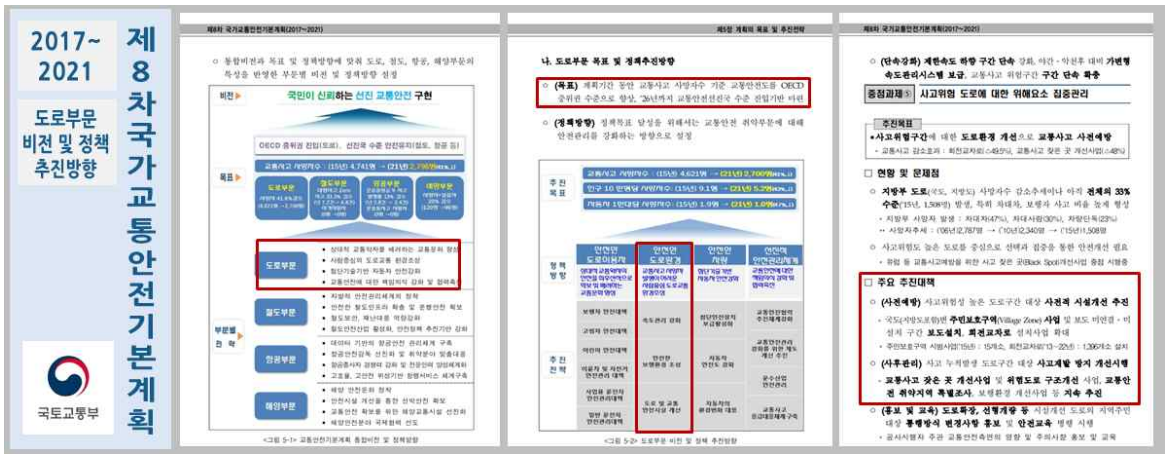


그림 13 제8차 국가교통안전기본계획 주요 내용

□ 도로교통 안전관리 정부 예산 증가

- 국토교통부는 도로 시설물 안전관리 강화 및 교통사고 예방시설 지속 확충을 위해 '15년 14,808억원 ⇒ '16년 15,220억원 ⇒ '17년 18,102억원으로 관련 예산이 증가하고 있음.

□ 「'18년도 정부 R&D 투자방향」 기술 분야별 투자전략

- '18년 정부 R&D 건설·교통부문 주요 키워드는 안전, 저에너지, 스마트 교통시스템, 융복합, 자율운행 등으로 범부처별 협업을 통한 안전을 겸비한 미래 스마트 교통 인프라 구축에 지속적인 투자가 지속될 것으로 전망됨.

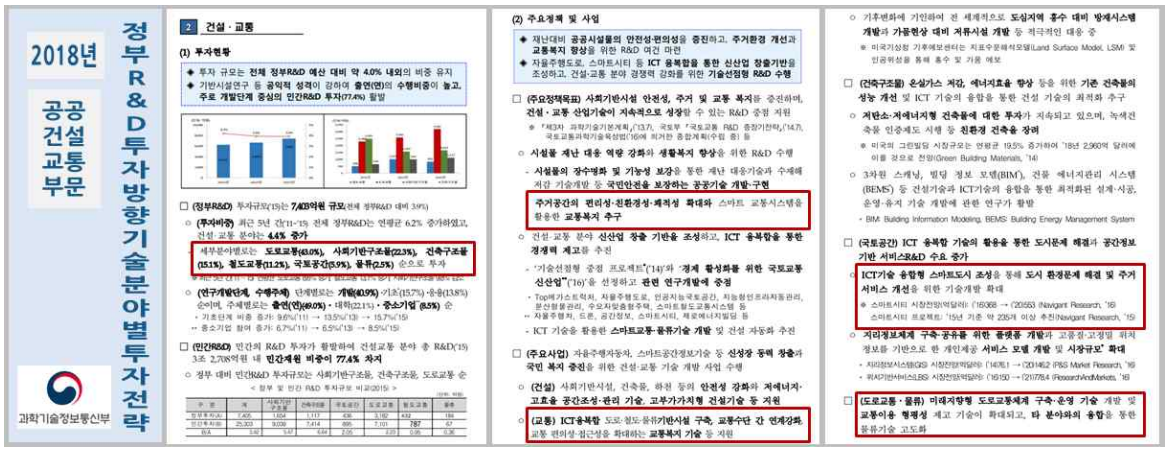


그림 14 '18년 정부 R&D 투자방향_공공건설교통부문

□ '2030 국가온실가스감축 기본로드맵'

- '30년 온실가스 국가감축 목표 37%(BAU 대비)를 효율적으로 목표 달성하기 위한 이행방안이 담겨있는 '2030 국가온실가스감축 기본로드맵'을 확정하여 건물, 에너지, 수송부문 등 부문별 감축방안을 마련하였음.

- 도로 LED 가로등 보급 등을 통하여 공공부문에 대해 '30년 온실가스 3.6백만 톤 감축을 추진하고 있으며, 이러한 목표를 달성하기 위해 전력공급이 필요 없는 외부자극 감응 소재를 실용화하여 야간 시인성을 확보하는 경우 국가 온실가스 배출량 감소에 크게 이바지할 것으로 판단됨.

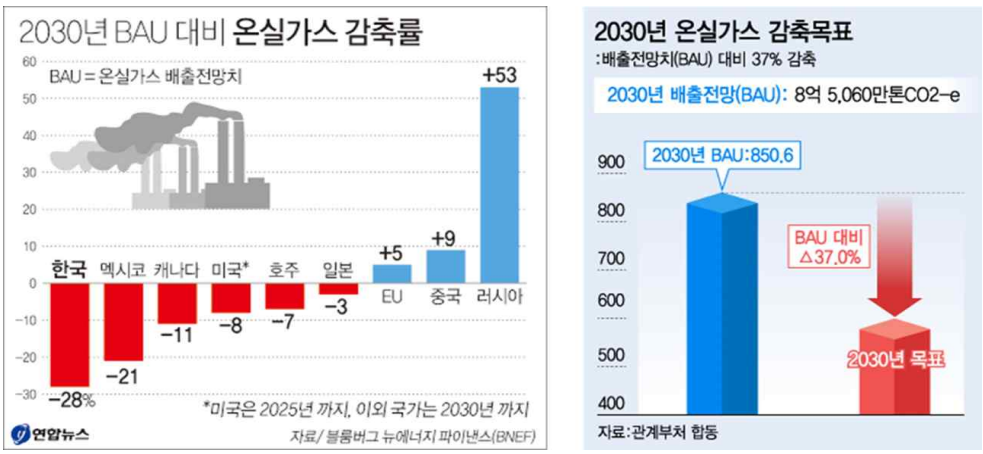


그림 15 2030년 국가 온실가스 감축 목표

- 또한, 기후변화에 안전한 사회 설을 주요과제로 하여 취약지역에 대한 대응시스템을 구축하고 있으며, 이를 위해 이상기후에 대비한 도로안전 배수시설과 도로변 시설물 유지보수 강화와 수요자 맞춤형 정보 제공을 위한 시스템을 마련하고 있음.

- 토사 붕괴 등으로 인한 전력 공급 차단에도 야간 시인성이 효과적으로 확보 되어야 하며 도로 결빙, 우천 시 도로환경 등 수요자가 실시간 기후환경과 리스크를 확인할 수 있는 도로정보 시각화가 필요한 시점임.

□ '17년 11월 관계부처 합동「4차 산업혁명 대응계획」수립·발표

○ '17년 11월 30일 21개 관계부처 합동으로 교통·환경·안전 이슈를 포함한 4차 산업혁명 대응계획을 확정·발표하여, 안전한 지능형 교통체계, IOT기반 지능형 안전표지판, 스마트시티 확산, 스마트 재해대응체계구축 등 사회문제 해결을 통한 변화된 미래 청사진을 제시함.

○ 교통분야의 주요내용을 살펴보면 지능형 교통체계 기반 스마트 도로 구축, 지능형 도로 표시판 도입으로 교통사고율 5% 감소, 자율주행차 집중 육성 등. 본 사업에서의 환경요인에 따른 외부자극 감응 기술 및 시공·실증평가 기술이 바탕이 되어 안전한 지능형 교통체계 구축 및 자율주행차 운행환경 개선에 일조할 것으로 예상.

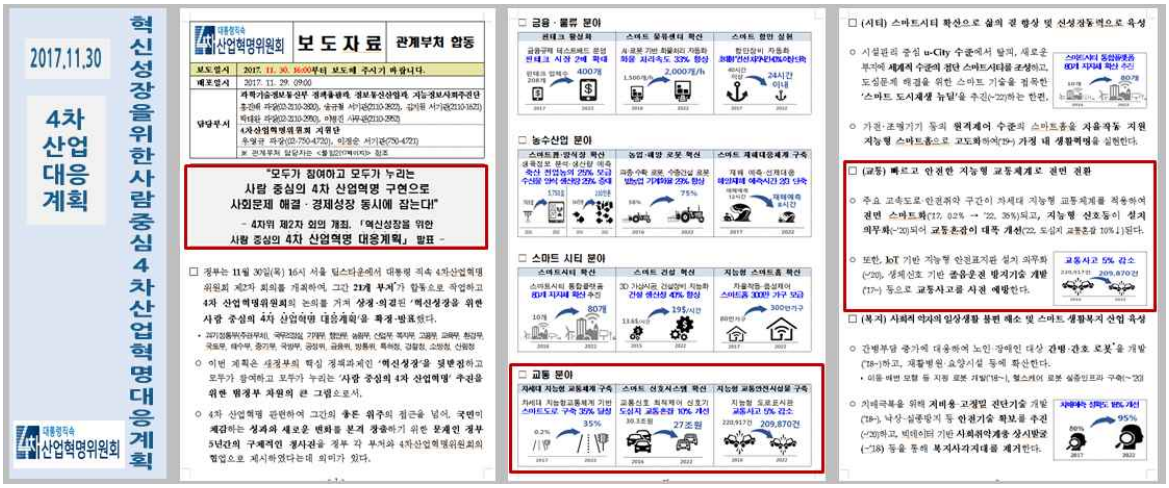


그림 16 '17년 4차 산업혁명 대응계획

□ 도로 신기술로 외부자극 감응 기술 유망

○ 한국과학기술정보연구원(KISTI)는 국내외 투자 선행도·집중도, 국내 과학기술 정책 부합성, 국내외 이슈/트랜드 분석을 통하여 2016년 외부자극 감응형 소재를 미래유망기술 10선으로 선정함.

○ 외부자극 감응형 소재는 외부의 변화에 스스로 반응하여 형상을 가역적으로 제어할 수 있는 자극-응답 첨단 화학소재 기술로 향후 5~10년 내 실용화되어 경제·사회 발전에 영향을 미칠 것으로 기대하고 있음.

○ 향후 미래 기술로 축광재료를 활용한 시인성 확보 기술, 노면에 눈 결정을 표시하여 노면 동결 위험을 알려주는 기술 등 외부자극 감응 기술을 선정하여 새로운 도로 발전체계를 획기적으로 탈바꿈시켜야 한다고 역설함.

○ 기후변화, 환경오염, 자원고갈에 대한 사회적 관심이 커짐에 따라 저탄소 교통체계로의 패러다임이 전환하고 있어 환경 친화적 도로의 도입을 위한 R&D를 중요시하고 있음.

□ 미래도로 정책과제 추진 전략

○ ‘17년 한국도로협회에서는 국토교통부 도로부문 정책 목표를 통해 사회환경 변화, 도로부문 패러다임 변화, 기술발전 등을 미래도로 정책과제로 선정하였음.

○ 사회구조·인구구조 변화, 신교통수단, 재난·기후변화의 정책 키워드가 가장 시급히 실현되어야할 분야로 본 연구를 통해 야간 및 도로 취약구간에서 시인성 확보, 교통안전표시 개선.

○ DMZ 통과구간은 무분별한 훼손을 최소화 하면서 도로시설 설치가 바람직하여, 가로등 등 전력공급 없이 야간 시인성 확보를 위한 기술이 필요.

표 21 미래도로 후보 정책 과제

구 분	주요 정책 과제
사회 구조 및 인구 구조 변화	· 고령자를 위한 도로 설계 기준 · 도시지역 생활도로 설계 지침 · 환경중심 자연형 도로설계 기준
신교통수단	· 자율주행도로 기하구조 연구방안 · 자율주행도로 부대시설 설치 및 관리지침 연구 · 자율주행 전용도로망 구축, 전용차로 운영, 대중교통 서비스 확대 방안 연구
환경변화	· 지하도로 용량증대, 에너지 효율 제고 위한 무빙도로 시스템 구축방안 연구
지능형 기술 개발	· 도로 설계속도 상향을 위안 설계지침 · 건설현장 로봇기술 도입방안 연구
통일 대비	· 남북한도로 설계기준 표준화 연구 · 통일대비 DMZ 보존 위한 친환경도로 건설방안 연구
재난, 기후변화	· 재난대비 도로 위험도 평가방안 연구 · 신에너지 활용한 도로건설방안 연구
도시화 및 메가시티 확대	· 도시지역 입체도로 건설방안
도로분야 기술발전	· 지능형 도로설계 기술개발 연구 방안 · 새로운 포장공법 지침 · 자율주행 지원 위한 도로의 디지털 설계방안 연구

2. 국외 정책 동향

가. 도로교통안전 정책 동향

□ 미국

○ 미국은 ’12년 7월부터 시행되고 있는 MAP-21(The Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act) 을 통해 장기적인 도로교통 프로그램 지원을 확대.

- ‘15년도부터 MAP-21을 확대 적용하여, 회계연도 동안 미국 내 도로교통수단 관련 프로그램에 1,030억 달러, 교통안전 프로그램에 224억 달러 규모로 투자.
- MAP-21은 정부의 육상교통 투자 정책방향이나 이와 관련된 제도들의 변화에 따라 육상교통 운영의 능률화 및 성능중심의 평가에 초점.
- 미국에서는 낙후된 도로인프라 문제를 해결하기 위해 주정부 도로 계획의 개선, 도로인프라 보수 및 성능향상을 위한 투자개선 등을 추진.

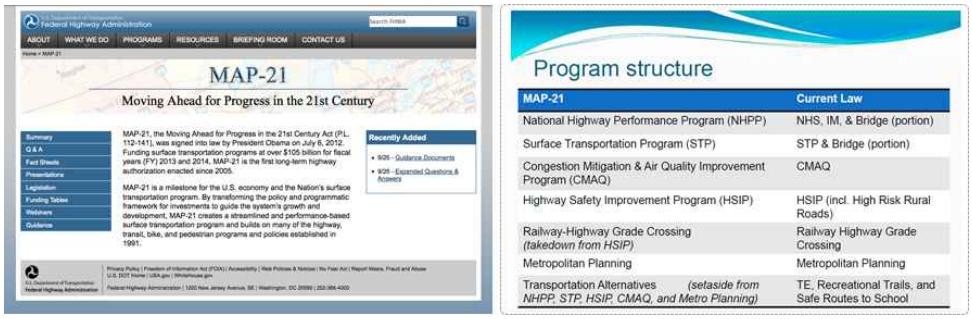


그림 17 The Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act

○ 2015년 2월, 미국 교통부(USDOT)는「Beyond Traffic 2045」를 발표하여 미국 내 교통 분야가 직면하고 있는 현재 상황을 토대로 하여 향후 30년간의 장기적인 정책비전을 제시함.

- 미래 정책 환경의 변화와 트렌드를 전망하고 효과적인 대응전략을 마련하는 등 선제적 액션플랜을 제시.
- 다양한 여건변화(통행, 물류, 기후변화 대응, 기술 혁신과 발전, 평등, 예산 확보와 투자 등)가 전체 교통부문에 미치는 영향 분석.

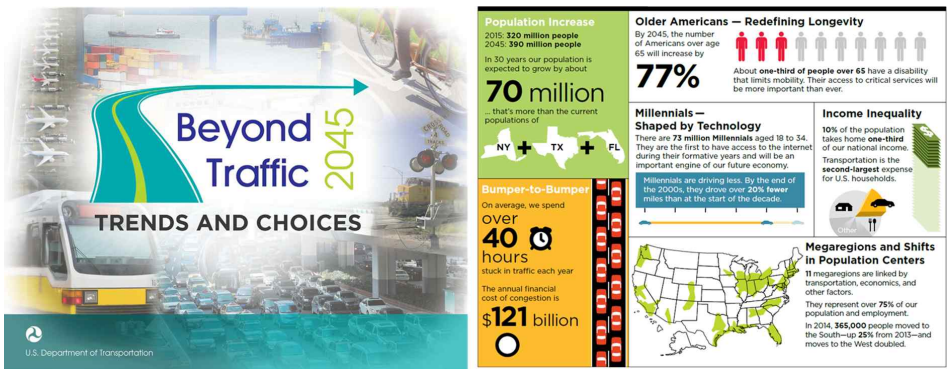


그림 18 미국 Beyond Traffic 2045

○ 도로의 친환경 정도에 따른 인증기준을 수립하여 도로 설계 및 시공단계에서부터 친환경적인 도로건설을 수행하도록 유도하는 인증 제도를 시행.

- 미국 워싱턴주에서는 미국 워싱턴대학교와 CH2M HILL사가 산학 공동 연구를 통해 Green-roads라는 친환경 도로 인증기준을 수립.
- 인증 기준은 Certified, silver, gold, evergreen의 4가지로 구분되며 친환경 검토, 생애주기비용 검토, 도로 포장 생애주기 분석, 포장품질 관리 계획, 소음 저감 계획, 폐기물 활용 계획, 오염 방지 계획, 빗물 오염 및 활용 계획, 포장 관리 계획, 현장 관리 계획 등으로 구분.

그림 19 미국의 Greenroads 프로젝트

○ 미국 연방교통부 스마트 교통체계를 포함하는 도로교통 인프라 지원

- TIGER(Transportation Investment Generating Economic Recovery) 펀드를 통하여 총 5억불의 도로교통 인프라 투자 지원금을 기관 및 민간기업의 다양한 프로젝트 지원.
- 스마트 교통체계 개선을 위해 美연방교통부는 5,000만 달러를 지원하는 'Smart city challenge'를 개최하여 교통수단, 온실가스, 스마트 가로등과 같은 교통시설, 자동화 셔틀 등 주요 문제점을 연구하여 실용화하기 위한 다양한 정책을 수립함.

그림 20 미국 Smart city challenge 지원 도시

○ 도로차선, 교통표지판 등 포함하는 안전한 교통안전시설 구축을 위해 'Highway Safety Improvement' 프로그램을 운영하는데 '16년 26억 달러 예산 책정.

○ (미국) '17년 ASCE 보고서에 따르면 도로·교량부문 인프라는 D등급으로 노후화 되어 있어 '25년까지 인프라 개선을 위해 약 2조 달러가 필요할 것으로 예상함.

2016–2025 (10 YEARS) Infrastructure Systems	Total Needs
Surface Transportation[1]	$2,042
Water/Wastewater Infrastructure[1]	$150
Electricity[1]	$934
Airports[1]	$157
Inland Waterways & Marine Ports[1]	$37
Dams[2]	$45
Hazardous & Solid Waste[3]	$7
Levees[4]	$80
Public Parks & Recreation[5]	$114.4
Rail[6]	$154.1
Schools[7]	$870
TOTALS	$4,590

그림 21 미국의 인프라 평가 사례

□ 유럽

○ (유럽) European Road Safety Action Programme을 통해 '20년까지 도로교통사망자를 50%까지 감축하는 것을 목표로 하여 시행중임. 특히 중앙분리대, 시설물에 대한 효과 사례 분석 및 안전시설 방향과 성능 규정을 포함하는 도로안전 보호시스템을 구축 중.

- 도로안전보호시스템 구축을 위하여 중앙분리대 및 중앙시설물의 효과에 대한 사례를 분석하고, 안전시설 방향과 성능규정을 제안함.
- 유럽연합 표준 1317(European Norm 1317) 뿐만 아니라 운전조건에 따른 안전시설 보호수준 확보를 규정.

○ EU의 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)은 '30년까지 안전한 도로교통을 위한 기술개발 로드맵을 제시함.

- 도로이용자의 안전, 안전한 자동차, 교통안전분석, 안전한 사회시설, 도로안전 및 보안을 위한 협동 등 기술 방향성 제시.
- 통합안전 도로교통시스템 구축을 통해 '20년까지 사고율 30% 감소, '30년 교통사고 제로 등 목표.

○ 글로벌 사회간접자본시설 건설을 위해 '30년까지 57조 달러가 소요되며 도로부문에 16.6조 달러가 투자될 것으로 전망하고 있으며 이중 약 10%는 유지·보수 투자비용으로 추정됨.

□ 노면표시 분야 교통안전 정책동향

○ 유럽연합은 도로노면표시의 성능에 관한 규격 EN1436을 제정. 이 표준은 휘도(색), 주간 및 야간 시인성, 내구성을 포함한 미끄럼 저항성에 대한 성능을 지정. 주요한 성능지표를 포함하고 있고 지표별 등급제를 적용하고 있어 본 연구의 성능기준 설정에 주요한 기준으로 활용 가능할 것으로 판단됨.

○ 유럽연합은 도로노면표시의 성능과 재료, 물리적 특성, 도로실증실험 등 다양한 세부 규격을 개발하여, 연구, 생산, 시공에 활용 중. 주요 관련 규격은 다음과 같음.

- IS EN 1436 Road Marking materials - Performance for road users
- IS EN 1423 Road Marking materials - Drop on materials - Glass beads, anti-skid aggregates and mixtures of the two
- IS EN 1424 Road Marking materials - Premix glass beads
- IS EN 1871 Road Marking materials - Physical properties
- IS EN 1790 Road Marking materials - Pre-formed Road Markings
- IS EN 1824 Road Marking materials - Road trials

○ 뉴질랜드는 약 10여 년 전까지 저가의 용제형 도료를 주로 사용. 또한 1990년대 초반에 수행된 조사에 의하면 주고속도로의 14% 수준만이 야간 재귀반사 기준율 충족하고, 6개월 마다 재도색이 이루어지고 있는 비효율적 차선운영정책의 심각성을 인식. 이에 1990년대 중반부터 차선도색사업은 성능기반 계약으로 대체.

○ 뉴질랜드는 횡방향으로 설치되는 노면표시의 미끄럼 저항이 오토바이 운전자, 자전거 이용자, 도보자 등에게 잠재적인 위험요소임을 인식하고 노면표시의 유형별(페인트, 장수명 노면표시, 고시인성 노면표시 등) 미끄럼 저항성 기준 TRANSIT NZ M/20, M/7, P/20, P/22)을 제정.

○ 호주 New South Wales의 경우 유럽연합과 유사한 형식으로 미끄럼 저항성에 대한 등급제를 운영하고 있으며, 45BPN(1, 2등급)을 적정수준, 3등급을 한계수준으로 지정.

○ 국제적으로 도로노면표시의 미끄럼 저항성 측정에 사용되는 대표적인 도구는 British pendulum tester가 있음. 해당 도구는 가벼운 무게와 휴대의 용의성, 빠르고 쉬운 측정, 경사진 도로에서의 측정, 간단한 수치도출 등의 장점이 있음. 단 지점기반 측정방식의 특성상 편차에 대한 안정적인 평균치 도출이 어렵다는 점, 고가이고 유지관리가 어렵다는 것이 문제점으로 지적되고 있음. 이외의 장비로는 Grip Tester가 있으며, 차선의 연속적인 측정이 가능하다는 점이 최대의 장점으로 인식되고 있음.

○ 영국의 Markon사는 EN1436에서 제시하는 규격을 기준으로 다양한 노면표시 재료/기술에 따른 성능실험 수행. 본 연구에서 벤치마킹이 가능한 주요 기관으로 인식됨.

○ 우리나라 경찰청 규격에는 미끄럼 저항 성능규격을 포함하고 있지 않아, 아직 미끄

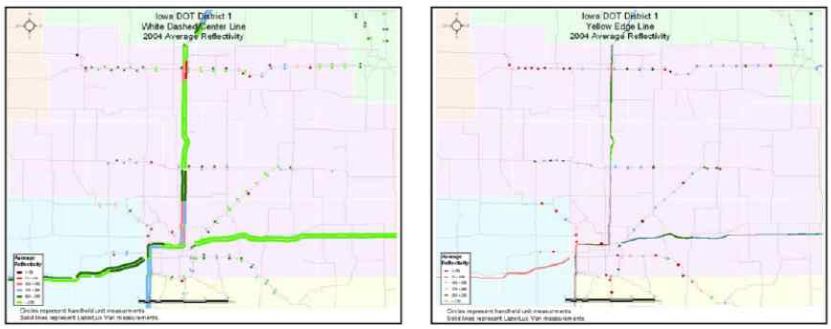
럼 저항성에 대한 평가가 가능한 기관, 장비, 전문가가 부족하며, 현재 경찰청 기준에서 참조하고 있는 KS M 6080 규격의 도료가 어느 수준의 마찰력을 보유하는지에 대한 평가사례를 찾아보기 어려움.

○ 노면표시의 내구성은 관리자비용 뿐만 아니라 사회적 편익과도 깊은 관계가 있음을 인식할 필요가 있음. 세계은행 World Bank의 도로관리분석 프로그램인 HDM-4(Highway Development and Management-4)에서도 공사구간에 대한 사회적 손실을 정량화하기 위한 방안을 제시하고 있으며(Bennett and Greenwood, 2003), 미연방도로국(FHWA)의 경우 Work-zone에 대한 경제성분석 전문소프트웨어 RealCOST를 개발하여 포장관리에 활용 중.(Walls III and Smith, 1998)

○ 해외에서는 스웨덴, 미국을 중심으로 1990년대 후반부터 노면표시관리시스템(Pavement marking management system) 구축사례가 증가하고 있는 추세(Lundkvist and Johansen, 2009; Hawkins et al., 2005; MDOT, 1999). 국내에서도 최근 국도교통부에서도 차선 시인성에 관심을 가지면서 차선 데이터베이스 구축에 관한 연구 기획 중.

자료 : MDOT, 1999

그림 22 포장노면표시관리시스템 구축사례(미국, 미네소타)



자료: Hawkins et al. 2005

그림 23 GIS 기반 차선 시인성 정보시스템 개발(아이오와 주, 2004)

나. 미래형 스마트 도로 확대 정책

○ (유럽) 지능형 교통시스템을 TEN-T 사업에 포함시켜 유럽 국가의 지능형 교통체계 도입을 지원하여, 지능형 교통체계 연구·시험운영·시스템 구축 등을 통하여 유럽차원의 교통정보 공유를 위한 상호 운영성 및 호환성 확보를 추진 중.

○ (유럽) EU PROS 보고서에서는 교통안전이슈를 4가지 분야(인간, 차량, 도로 인프라, 교통안전 분석 및 평가)로 구분되며 각 분야별 주요 이슈 및 기술을 도출.

○ 도로기술의 경우 도로상태 분석 및 경고하여 운전자의 운전 주행을 유도하는 기술 개발을 위해 차선, 표지판 등의 도로시설물에 대해 환경에 대한 신뢰성을 바탕으로 새로운 개념의 디자인 도입을 요구하고 있음.

미래 도로의 교통안전을 위한 주요 기술 개발 과제	
인간	• 교통약자 중심 도로설계 및 개인별 특성에 기반한 안전 기구 개발
차량	• 자동 운전 기술확대를 위한 도로와 차량의 상호 작용 기술
도로기술	• 도로상태 분석 및 경고하여 안전 주행 유도 기술
교통안전 분석·평가	• 사고 모니터링 감지 및 실제 사고원인 분석 기술 • 자동화 차량과 실제 운전자간의 영향 분석 연구

○ (네덜란드) 네덜란드 VolkerWessels 社는 100% 재활용 플라스틱을 활용하여 도로 속의 공간 마련이 가능한 도로건설 프로젝트를 추진하고 있음. 케이블이나 파이프라인이 쉽게 설치가 가능해 스마트 도로 확대에 기여할 것으로 보임.

그림 24 재활용 플라스틱 활용 도로 사례

○ (프랑스, 네덜란드, 미국) 지속 가능한 도로운영을 위해 태양광 패널로 포장된 친환경 도로 프로젝트를 추진하고 있음. 도로 표면에 비춰지는 태양광을 전력으로 변환하여 가로등, 교통시스템, 전기자동차에 공급하는 것으로 도로가 에너지 생산 솔루션으로의 활용 가능성에 대해 연구 중.

그림 25 프랑스 노르망디에 시범 설치된 태양광 도로

○ (영국) 스마트도로 건설, 도로여건 개선 및 효율화를 목적으로 ´15~20년 기간 내 25조를 투입하는 국가공공인프라 도로투자계획을 발표하였으며, 이중 2,340억원을 도로분야 기술 혁신에 투자할 계획임.

- ‘40년까지 교통사고 제로를 목표로 자율주행차량, 도로시설 관리에 신기술을 적극 도입할하여 미래도로를 위한 도로 기술 혁신 추진.

- 영국 교통부에서는 5년간 5억 달러를 충전식 CO_2 저배출 차량 개발에 투입할 예정이며, 도로에서 실시간 충전이 가능한 고속도로에 대한 시범사업을 실시하고 있음.

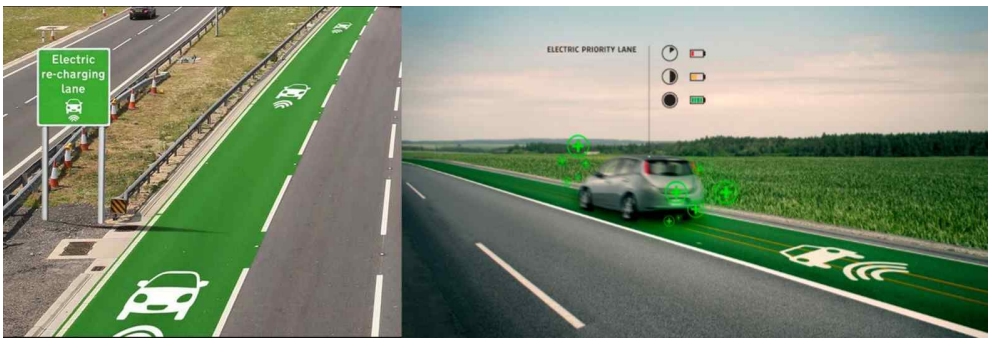


그림 26 Daan Rosegaarde의 주행 중 전기차 자동충전 도로 개념도

○ (중국) 도로교통 효율성 제고, 교통문제 해결, 환경오염 감소 등의 목적으로 지능형 교통시스템을 도입하고자 약 4500건의 관련 추진 프로젝트를 추진 중에 있음

다. 세계 주요국가의 외부자극 감응기술 정책 동향

○ (기술정책 동향) 2000년에 미국이 국가나노기술 이니셔티브를 발표한 이후 한국(2001), 일본(2001), 유럽연합(2002), 독일(2002), 중국(2002), 대만(2002) 등 세계 주요 국가들은 경쟁적으로 국가기술개발전략을 수립하고 정부차원의 연구개발을 본격화.

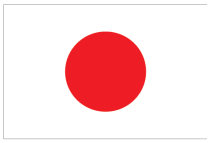
○ (기능별 외부자극 세분화) 향후 도로의 형태와 기능은 더욱 세분화되어 에너지 자립형 도로, 자기 치유형 도로, 노면에 기상, 블랙아이스, 차로 변경 등에 대해 안내하는 기능을 갖고 있는 ‘스마트 노면표시 도로’ 분야에 대한 다양한 기술개발을 진행하고 있음.

○ (스마트하이웨이 프로젝트) 네덜란드에서는 외부자극 감응 재료를 활용하여 도로안전과 에너지 절감에 대한 지능적이고 상호작용으로 묘사되는 스마트하이웨이 프로젝트를 진행하여 고속도로 일부 구간에 시범사업을 운영하고 있음.

그림 27 네덜란드 스마트 하이웨이 프로젝트 주요 기술

○ 지능형 도로 기술을 활용한 스마트 하이웨이 프로젝트는 야간·우천 시 운전자 안전 확보, 실시간 도로환경 정보제공, 실시간 충전 기능 도로로 구성되어 있으며, 전 세계적으로 큰 변화를 불러일으켜 주변 유럽국가 미국 등 선진국에서도 다양한 연구 시도.

표 22 세계 주요국가의 외부자극 감응 기술 관련 정책

국가	주요정책
	▪ 2009년에는 '21세기 나노기술연구개발법(2003)'을 개정한 '나노기술수정법안 2009 (National Nanotechnology Initiative Amendments Act of 2009)'을 발표하고, 나노기술의 안전성, 산업화, 교육 문제에 주력 - 2012예산을 통해 15개 기관이 연구개발을 지원할 예정이며, 특히 에너지부 등 5개 부처가 NNI 예산의 95%를 운용
	▪ 세계적인 나노기술 강국으로서, 하이테크 전략의 일환으로 독일연방교육연구부(BMBF)를 중심으로 7개의 성(省)이 연계하여 'Nano Initiative Action Plan'이 책정되고 있으며, 2011년에 BMBF는 '나노기술 액션플랜 2015'를 발표
	▪ 지난 2001년부터 제2기 과학기술기본계획('01~'05), 제3기 과학기술기본계획('06~'10)의 중점 분야의 하나로 나노기술을 선정하고 전략적인 국가투자를 실시 - 나노 관련 연구개발은 문부과학성과 경제산업성이 주도하고 있으며, 연구개발 거점형성, 교육 및 인재양성, 산학관 연계, 자금지원, 국제협력 및 표준 등 다양한 프로그램을 시행
	▪ 국가자연과학기금위원회(NSFC)는 80년대 중반부터 나노기술개발을 지원해 왔으나, 2000년 이후 국가차원의 계획이 수립되면서 관련 연구기관이 신설되는 등 본격적인 연구개발을 추진 - 중국정부는 나노기술을 성공적으로 산업화하기 위해, 국가전략을 인재, 특허, 표준 등으로 세분화하고 중국이 보유한 경쟁우위를 유지하면서 인재, 특허, 표준이 서로 결합된 전략을 추진

2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내외 시장현황 및 전망

□ 도로교통 안전사업 관련 시장동향

○ 국토교통부는 도로 시설물 안전관리를 강화하고 교통사고 예방시설을 지속 확충하기 위하여, 17년에는 전년보다 약 2.8% 증가한 1조 8,102억원을 투자할 계획이라고 밝힘.

* 교통안전예산 투자증가 : ('15년) 14,808억원→ ('16년) 15,220억원 → ('17년) 18,102억원

○ 교통사고 사회적 비용 연간 26조 5,725억원 (국가 예산의 9.7%) 로 연간 지속적으로 증가하고 있음.(* 물적·인적피해 사고비용은 증가 모두 증가추세)

표 23 도로 교통사고로 인한 손실비용

구분	사상자 비용	사회기관비용	물피비용	계
도로	156,750 억원	12,594 억원	96,381 억원	265,725 억원

○ 'Global Insight'에 따르면 2010년 도로부문을 포함한 교통분야 세계시장 규모는 약 1조 409억 달러지만 2020년 2조 4876억 달러 규모로 2배 이상 성장할 것으로 관측.

* 건설시장의 46%를 아시아가 점유할 것이며, 남미, 아프리카 등의 점유율은 상승하는 반면 북미, 유럽의 점유율은 크게 하락할 것으로 예상

* 해외 도로시장의 급성장세와 국내 도로물량 감소에 대응하기 위한 국내 건설기업의 해외진출 확대, 특히 수주지역 다변화 전략이 시급한 상황.

□ 도로연장 관련 시장동향

○ 국토교통부 2016년 도로업무편람 (2016) 2015년 12월 31일 기준으로 총 도로연장은 107,527km로 여기에 포장률을 고려한 포장도로의 총 연장을 계산하면 98,890km로 파악됨.(국토교통부, 2016)

표 24 한국의 차로 수 기준연장 추정

구분	연장(km)	포장률(%)	평균차로수 (가정)	차로수 기준연장 (km)
고속국도	4,193	100%	6	29,351
국도(시관내)	13,948	99.6%	4	69,461
지방도	89,386	90.4%	4	404,025
전체	107,386	92.1%	-	502,837

비고 : 도로등급별 연장 및 포장률은 국토교통부 2016년 도로업무편람 참조

○ 고속국도, 일반국도, 지방도의 평균차로수를 각각 6차로, 4차로, 4차로로 가정한다면 차로수 기준 총 연장은 502,837km로 파악됨. 평균적으로 2년에 1회 재도색을 수행한다고 가정하면 기타 교통노면표시(횡단보도, 기호, 문자 등)를 제외하고도 1년에 약 250,000km 이상에 해당하는 시장규모가 형성되어 있다고 추정할 수 있음.

○ 구체적인 국내 시장규모를 파악하기 위해 아래 기준을 2017년 표준품셈의 차선도색 단가에 적용하여 비용을 추산하면 다음과 같음.

표 25 2017년 표준품셈 차선도색 단가 (일부 발췌)

품 명	규 격	단위	단가(노무, 재료, 경비포함)
차로밑그림-공용구간	실선	㎡	752
차로밑그림-공용구간	파선	㎡	1,504
차선도색(수용성)공영구간	기계식, 백색실선	㎡	5,894
차선도색(수용성)공영구간	기계식, 황색실선	㎡	6,196
차선도색(수용성)공영구간	기계식, 백색파선	㎡	6,138
차선도색(수용성)공영구간	기계식, 황색파선	㎡	6,439

○ 추정결과에 따르면 연 1,808억원 수준의 시장규모가 형성되어 있다고 판단되며, 이를 도로연장을 기준으로 단가를 역 추산하면 약 1,680,000원/km/년으로 추정됨.(단 해당단가는 교통노면표시를 제외한 순수 차선도색 비용이며, 복선 설계 등을 고려하지 않는 보수적 관점에서 추정된 단가이며, 고기능성 노면표시 재료의 단가 상승분은 고려하지 않은 결과임.)

표 26 차선도색 시장규모 추정액

구분	종류	밑그림 단가 (원/km)	차선도색 단가 (원/km)	총 단가 (원/km)	차선도색수요 (km/년)	총비용 (억원)	총비용 (년)
4차로	실선	338,400	2,697,600	3,618,300	47,349	1,713	1,808
	파선	225,600	920,700				
6차로	실선	338,400	2,697,600	4,539,000	2,097	95	
	파선	451,200	1,841,400				

※ 비고 : 추정에 적용된 기준은 아래와 같음
- 중앙선 = 황색실선 1, 노변차로 = 백색실선 2, 일반차로 = 백색파선 (차로수-2)
- 차선폭 15cm (경찰청 기준 15~30cm)
- 파선 50% 도색
- 공용구간 기준 단가 적용/수용성 도료 단가 적용/기계식 포설장비 단가 적용/차로밑그림 단가 포함
- 2년에 1회 재도색
- 기타 교통노면표시(횡단보도, 기호, 문자 등) 제외

□ 도로 유지보수 관련 시장동향

○ (국내시장동향) 2014년 도로 유지보수비는 2.3조원 규모로 일반국도, 특별 및 광역시도, 그리고 고속 국도 순으로 높은 비용을 지출함.

○ 고속국도가 도로 유지보수비의 14.0%인 3,234억원을, 일반국도가 35.7%인 8,210억원을 각각 집행함.

- 특별 및 광역시도는 도로 유지보수비의 18.7%인 4,309억원, 지방도, 시도, 군도의 유지보수비는 전체 도로 유지보수비의 각각 10.5%, 14.6%, 6.4%를 차지하고 있음.

표 27 도로 유지보수비 현황

(단위 : 십억원)

구분	합계	고속국도	일반국도	특별, 광역시도	지방도	시도	군도
1980	69.6	24.7	14.2	8.9	9.7	7.3	4.8
1985	160.3	29.9	52.3	33.2	18.8	16.1	10.1
1990	309.1	61.8	96.0	72.7	30.9	33.9	13.8
1995	934.3	90.1	359.5	204.7	96.5	106.0	77.5
2000	1,610.9	126.4	627.4	368.5	131.1	128.8	228.8
2005	2,725.4	365.5	1,097.2	48.6	425.5	371.9	416.6
2010	2,212.4	302.2	796.6	387.1	285.3	256.0	185.2
2014	2,302.1	323.4	821.0	430.9	242.4	336.4	148.0

주 : 「도로법」 제23조, 제87조 및 도로의 유지보수 등에 관한 규칙 제3조에 의거 각급 도로관리청으로부터 도로 현황 자료를 제출받아 작성된 자료로 한국도로공사도 포함됨.

자료 : 국토교통부(2015), 도로 보수 현황.

○ 도로 및 보수현황 시스템에서 2013년부터 2016년까지 노면표시 유지보수 실적을 보면, 2016년에 물량이 2.8배 증가하였으나, 보수비는 감소하여 집행되었음.

- 도로보수 실적세부내역을 검토한 결과 국비를 사용하는 지방도의 물량이 물량증가의 대부분을 차지하였으나(14,128,482㎡), 보수비는 2억원 가량 증가하였음.

- 이를 통하여 국비로 관리되는 지방도에 가격이 낮은 제품으로 대량 유지보수를 실시한 것으로 판단되며, 늘어나는 유지보수 물량과 한정된 예산에서 고내구성의 노면표시 재료의 개발이 필요한 시점임.

○ (국외시장동향) 전 세계적으로 차선도색도료 시장은 2016년에 1,366.2 kilo tons로 추정되고 있으며, 세계적 시장은 새로운 고속도로 건설 및 유지보수 등을 원동력으로 성장할 것으로 예상됨.

○ 새로운 도로건설 뿐만 아니라 기존차선의 유지보수와 연관이 있으며, 운전자의 속도, 운전조건, 온도를 기록하고 차량의 센서 시스템과 통신하는데 도움이 되는 인텔리전트 거리 표시 시스템에 대한 투자 증가로 지속적으로 발전할 것으로 예상됨.

○ OECD회원 대상국의 도로등급별 연장규모를 고려하여 연간 차선 재도색 시장규모 추정결과는 다음과 같음.

표 28 OECD가입국 기준 연간 차선재도색 시장규모 추정

국가	재도색 연장(km/년, 50% 가정)				1년 재도색 비용(억원)				
	고속국도	국도	지방도로	기타	고속국도	국도	지방도로	기타	총계
일본	2056	27716	64688	511981	93	1003	2341	18525	21962
미국	36683	12149	935839	2290778	1665	440	33861	82887	118853
영국	1878	24519	-	-	85	887	0	0	972
프랑스	5825	4449	188983	333175	264	161	6838	12055	19319
독일	6459	19695	89036	206500	293	713	3222	7472	11699
이탈리아	3350	10750	73700	156050	152	389	2667	5646	8854
스페인	1513	11767	69401	250527	69	426	2511	9065	12070
네덜란드	1329	1231	3901	63187	60	45	141	2286	2532
노르웨이	-	5223	22167	19518	0	189	802	706	1697
스웨덴	1029	6806	41453	244139	47	246	1500	8834	10627
스위스	906	8955	25904	-	41	324	937	0	1302
덴마크	604	1315	-	35285	27	48	0	1277	1352
그리스	599	4650	15433	37800	27	168	558	1368	2122
뉴질랜드	-	5438	41811	-	0	197	1513	0	1710
룩셈부르크	74	419	946	1175	3	15	34	43	95
멕시코	4587	20406	42538	121931	208	738	1539	4412	6898
벨기에	882	6450	675	69000	40	233	24	2497	2794
슬로바키아	210	1769	1809	23616	10	64	65	854	993
아이슬란드	21	2193	1503	2757	1	79	54	100	234
아일랜드	449	2204	5816	39479	20	80	210	1428	1739
호주	25709	90648	-	320068	1167	3280	0	11581	16028
오스트리아	860	5240	11820	44377	39	190	428	1606	2262
체코	388	3125	24368	37460	18	113	882	1355	2368
캐나다	8500	43000	57500	595500	386	1556	2081	21547	25569
터키	1064	15671	16078	161522	48	567	582	5844	7041
포르투갈	1369	3127	2210	4375	62	113	80	158	414
폴란드	741	8907	76877	121042	34	322	2782	4380	7517
핀란드	405	6666	6783	25607	18	241	245	927	1432
헝가리	781	3515	11585	85775	35	127	419	3104	3685
칠레	-	-	-	-	0	0	0	0	0
슬로베니아	385	410	2568	16074	17	15	93	582	707
이스라엘	233	3071	-	6109	11	111	0	221	343
에스토니아	-	2007	6239	21149	0	73	226	765	1064
합계	108884	363485	1841622	5845949	4942	13152	66635	211524	296254

○ 우리나라를 제외한 총 33개국(칠레 제외 22개국)을 대상으로 한 세계시장 규모는 29조 6,200억원 수준으로 추정됨. 특히 상위 5개국인 미국, 캐나다, 일본, 프랑스, 호주가 전체규모의 68%를 차지하는 것으로 분석.

□ 외부자극 감응기술 시장동향

○ (최근시장동향) 외부자극 감응재료(stimuli-responsive materials)는 온도, 습도, pH, 파장 또는 강도와 같은 물리적·화학적 자극을 인식하고 스스로 반응하는 기능을 보유하고 있는 지능형 소재로 IT, 자동차, 패키징, 도로 시설물 등과 같은 주요 최종 사용자 산업을 포함하여 다양한 산업 분야에서 활용이 확대되고 있음.

- 4차 산업혁명의 핵심기술을 구성하는 고기능성 스마트 소재, 웨어러블 디바이스, 유연센서 및 고효율 에너지 소자, 섬유강화복합소재 등에 대한 고분자·화학·섬유 시장의 지속적인 성장 추세

○ (기술적 이슈) 교통안전분야에서 외부자극 감응소재는 도로 기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 색상이나 투명도 변화 등의 특성을 활용하여 도로정보 시각화 기술에 적용하는 사례가 증가함에 따라 새로운 응용에 대한 기술개발이 확대되는 추세.

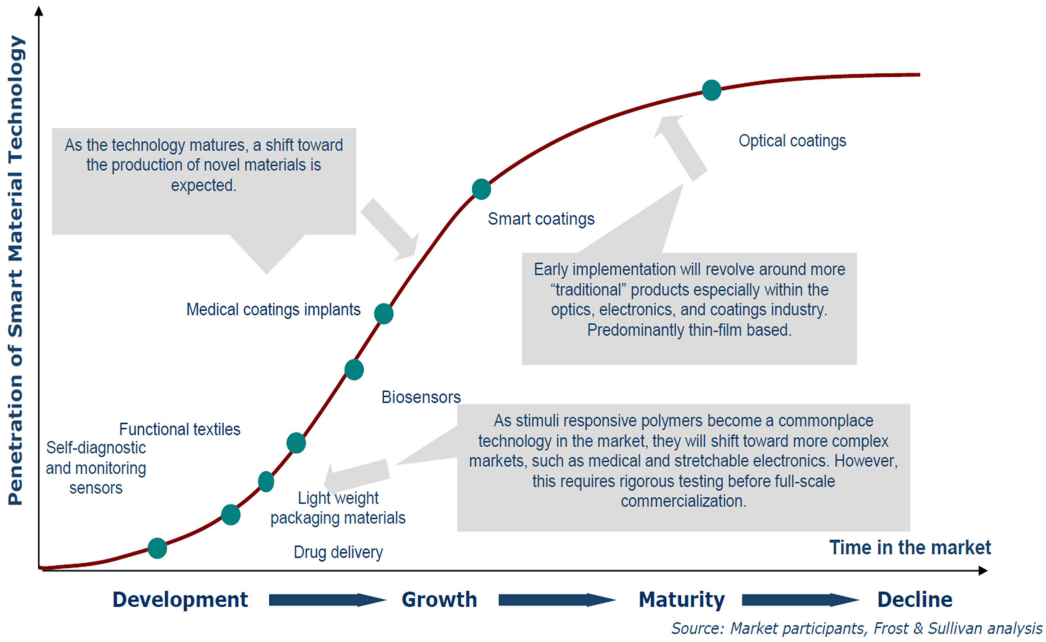
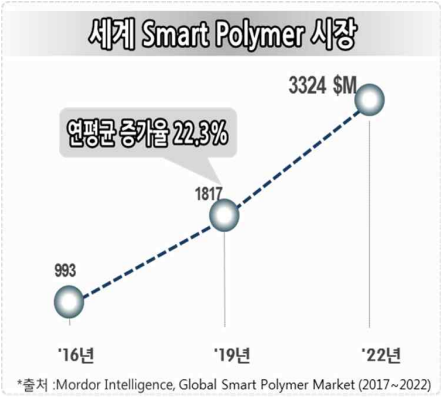


그림 28 외부자극 감응 재료의 시장수요 및 기술동향

○ (국외시장) 2016년에는 세계적으로 1조원 규모의 시장에서 2022년 까지 연간 22.3% 성장을 통하여 3조원 규모의 스마트·기능성 재료 시장이 형성될 것으로 예상됨.(Mordoer intelligence report, Global Smart Polymer Market)

- 특히 변색 소재 시장의 경우 2015년 기준 2억 750만 달러의 시장에서 2022년 5억 5천만 달러 시장이 예상됨.
- 현재 소수의 다국적 기업이 소재 응용분야 원천기술을 독점하고 있음.(Akzo Nobel, Evonik, BASF, Du Pont, Dow corning 등)
- 아시아 태평양 시장은 세계에서 가장 큰 시장으로 세계 수요의 15% 차지.



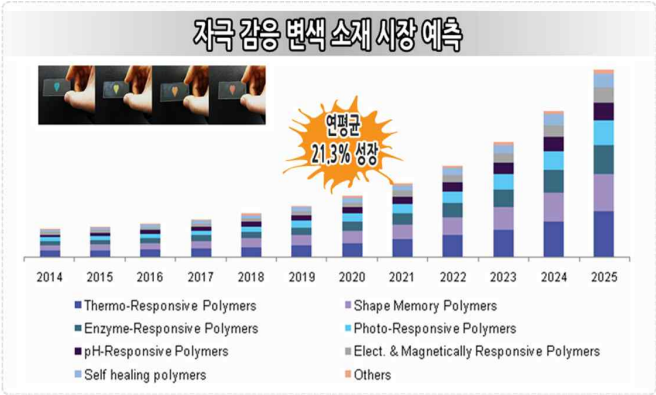


그림 29 스마트 폴리머 및 자극 감응 변색소재 시장 예측

○ (국외시장) 최근 Frost&Sullivan 보고에 의하면 2011년에 220억 달러에 이르던 스마트 소재시장이 12.8% 연평균 성장률(compound annual growth rate(CAGR))로 2016년에는 400억 달러에 이를 것으로 전망됨.

- 자극-응답 소재는 스마트 소재 시장의 35%를 차지하여 2016년에는 약 110억 달러의 시장이 형성될 것으로 전망됨. 더 높은 삶의 질의 욕구와 관련 기술의 발달이 자극-응답 소재 기술 및 시장의 발전을 가속화 시킬 것으로 예상됨.
- 최근 자극-응답 소재의 개발은 전 세계적으로 많은 관심 속에 급격히 진행되고 있으며, 최종 제품에 대한 소비자의 니즈에 따라 특정 외부 자극에 대해 반응하여 기능성을 부여할 수 있는 자극응답 기술들이 발전할 것으로 보임. 이러한 기술들은 다양한 산업에 걸쳐서 융합이 가능하여 다양한 응용제품들이 쏟아질 것으로 전망됨.

○ (국내시장) 국내에서는 주로 학계 및 연구소에서 자극-응답 소재에 대한 기초적인 연구만 진행되어 아직 시장이 크게 형성되지 않은 상황임

- 향후 국가 주력산업 분야인 자동차 및 정보전기, 전자, 조선, 항공, 국방, 건설 등 전방산업과 에너지 및 환경 등 후방산업의 생산을 적극적으로 유발시키는 전후방 파급효과가 매우 큰 산업임.

□ 국내·외 도로 시인성 개선 도료/코팅재 시장동향

○ (국외시장) 전 세계 도로 표지용 도료/코팅 시장규모는 2016년 기준 4조원 규모로, 2025년 까지 연간 5.04%의 계속적인 성장으로 5.1조원 규모의 시장을 형성할 것으로 예상됨.(Grand View Research Report, 2016)

- 세계 도료 및 코팅재 시장규모는 2016년 기준 142조원 규모로 이 가운데 도로 표지용 코팅은 2.81%를 차지. 2016년 도로 표지용 코팅재 생산량은 1,554 kilotons에서 2021년 1,995 kilotons으로 증가할 것으로 예상하고 있음.

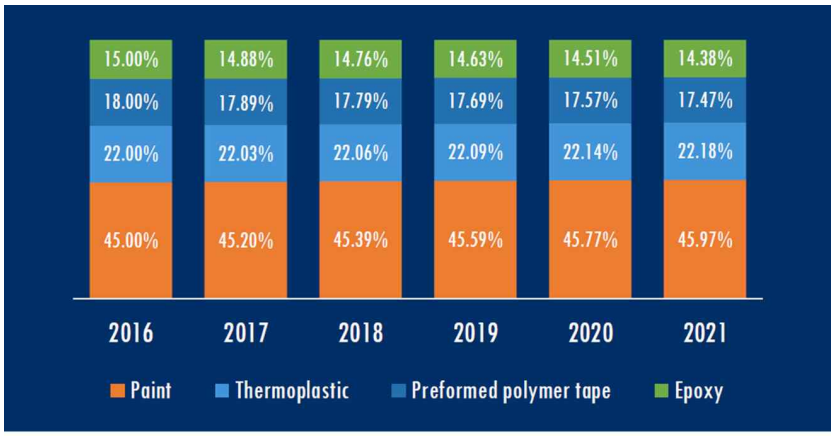
출처 : TECHNAVIO.COM-"GLOBAL TRAFFIC ROAD MARKING COATINGS MARKET 2017-2021"

그림 30 세계 도로표지용 도료/코팅 시장 규모 및 전망

출처 : TECHNAVIO.COM-"GLOBAL TRAFFIC ROAD MARKING COATINGS MARKET 2017-2021"

그림 31 세계 도로 표지용 도료/코팅 생산량 추이 분석

- 또한 도료 표지용 도료/코팅 가운데 도료 타입이 전체 시장의 약 45%를 차지하고 있으며, 다음으로 thermoplastic 22%, Preformed polymer tape 18%, epoxy 15% 순으로 시장 점유율을 차지하고 있음.



출처 : TECHNAVIO.COM-"GLOBAL TRAFFIC ROAD MARKING COATINGS MARKET 2017-2021"

그림 32 세계 도료표지용 도료/코팅 제품별 시장 점유율 분석

- 특히 중국, 인도, 아프리카 지역의 경제 성장에 따라 계속적으로 수요가 상승할 것으로 예상됨.
- 현재 도로용 도료/코팅 시장의 경우 기술적 성숙단계에 도달하였으나, 최근 들어 고기능성 도료에 대한 수요가 증가하고 있음.

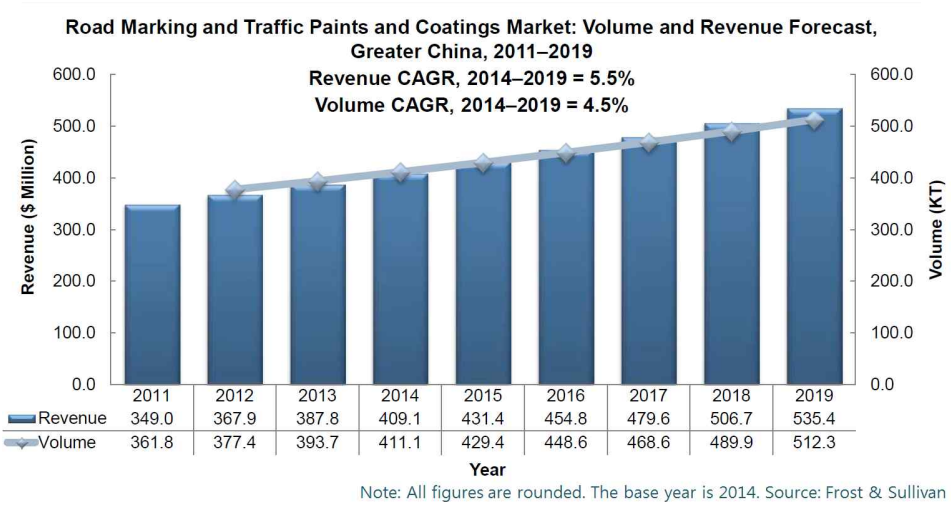


그림 33 중국 도로 표지용 도료/코팅 시장현황(2014년 기준) 및 시장 전망

○ (국외시장) 최근 Frost&Sullivan 보고에 의하면 2014년에 556백만 달러에 이르던 아시아-태평양지역의 도로 표지용 도료, 코팅 시장이 5.1% 연평균 성장률(compound annual growth rate(CAGR))로 2019년에는 714백만 달러로 안정된 성장을 보일 것으로 전망됨.

그림 34 아시아_태평양 지역의 도로 표지용 도료 및 코팅 시장 전망

○ (국외시장) 특히 야간 시인성 개선을 위한 발광형 도료의 경우, 야간 교통사고 억제에 큰 도움을 줄 것으로 기대되고 있어 고위험 사고발생지역 표시, 주차장 라인 등 특수목적형 도로표시 시장에서도 큰 수요가 있을 것으로 예상됨.(Grand View Research Report, 2016)

○ (국외시장) 세계 고성능 도료시장은 2016~2021년간 연간 4.6 %의 성장률 예측 및 소비량은 2021년 1,300만 톤 규모에 달할 것으로 예측되며, 이는 신흥 경제권 및 전환 경제권 국가의 고성능 제품 수요 확대가 촉진 요인임.

- 세계의 도료관련 소재 시장은 2012년 619억 달러로 추정되며, 연평균 9.8 %의 성장으로 2016년에는 약 950억 달러에 도달하였으며, 지역별 점유율은 아시아가 42.3 %, 그 뒤를 유럽, 미국이 차지하고 있음.

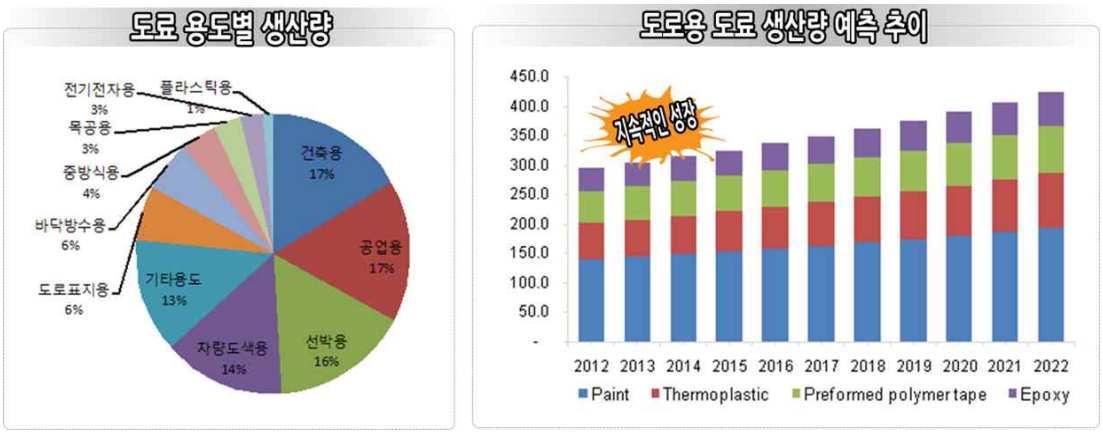


그림 35 세계 도료 제품 관련 시장 분석

○ (국내시장) 정부의 사회기반시설 확충 정책과 더불어 국내 도로 표지용 도료시장은 교통사고 감소와 도로 주행 안전성 확보를 위해 고성능, 고품질 제품 위주로 기술 수요가 급증하고 있는 상황.

Factors	Assessment	Trend
Opportunity size ($ M)*	36.5	Increasing
Primary needs	Performance, durability, quality, resistance to skid and increased retro-reflectivity	Increasing
Price sensitivity	Medium	Stable
Purchase influencers	Performance, environmental compliance	Increasing
Distribution structure	Direct sales and distributors	-
Demand for innovation	High	Increasing

Note: Opportunity size data pertains to 2019. Source: Frost & Sullivan

그림 36 국내 도로 표지용 도료 기술수요 동향 분석

○ (국내시장) 국내 도로 표지용 도료 시장은 2014년에 29.9백만 달러에서 4.1% 연평균 성장률(compound annual growth rate(CAGR))을 보이며 2019년에는 36.5백만 달러로 안정된 성장이 전망됨. 특히 기술변화 정도가 매우 높아 고성능 기술개발에 대한 투자수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨.

Measurement Name	Measurement	Trend
Segment stage	Growth	-
Segment revenue (2014)	$29.9 M	▲
Segment forecast (2019)	$36.5 M	▲
Segment Volume (2014)	20.7 KT	▲
Base year segment growth rate	3.8%	●
Compound annual growth rate (CAGR, 2014–2019)	4.1%	-
Price sensitivity (scale of 1 to 10, low to high)	7	●
Number of competitors (active market competitors in base year)	Less than 10	●
Degree of competition (scale of 1 to 10, low to high)	8	▲
Degree of technical change (scale of 1 to 10, low to high)	8	▲

Decreasing ▼ Stable ● Increasing ▲

Note: All figures are rounded. The base year is 2014. Source: Frost & Sullivan

그림 37 국내 도로표지용 도료 관련 시장동향 분석

□ 국내·외 고성능 안료 시장 전망

○ 세계의 고성능 안료(축광, 형광 등) 시장은 2016년 196억 달러를 기록하였으며, 2021년 까지 연평균 성장률 5.75 %로 성장하여 288억 달러에 이를 것으로 예측됨.

- 전자, 자동차, 도료, 항공 및 소비재 분야 등으로 다양하게 활용 중이며, 신규 원천 기술 개발에 집중하고 있음.

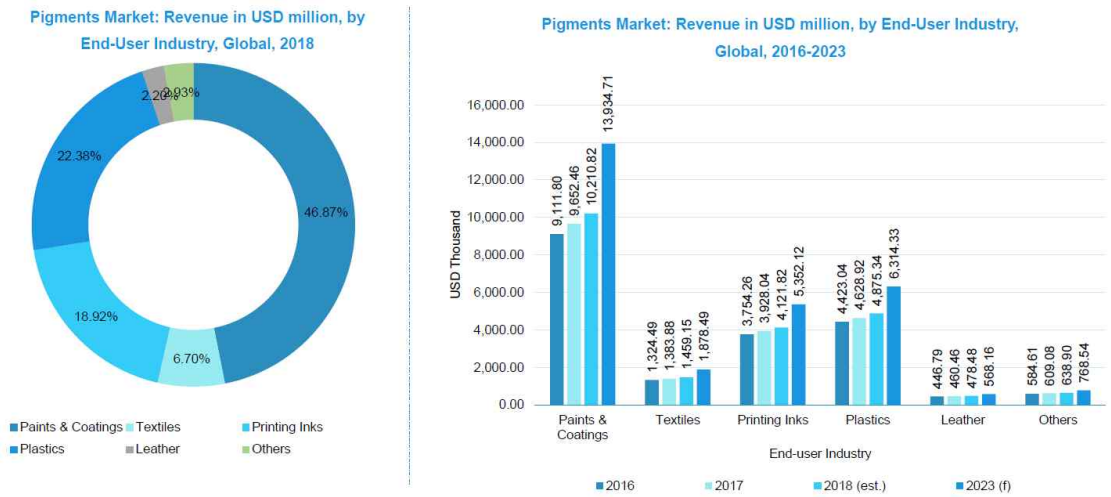


그림 38 산업분야별 안료 사용량 분석 자료

- 2017년 고성능 특수 안료 세계 시장에서 아시아_태평양지역이 95억 달러로 전체 시장의 45%를 차지하고 있으며, 향후 연평균 6.91%의 성장률로 2023년 141억 달러에 달할 것으로 전망.(Mordor Intelligence, 2017년 Global Pigments Market 보고서)
- 시온안료(Thermochromic pigments)와 주광형광안료(Daylight fluorescent pigments) 같은 특수 안료의 이용량이 증가하고 있어, 이를 이용한 새로운 도료 기술의 수요가 향후 증가할 것으로 예측됨.

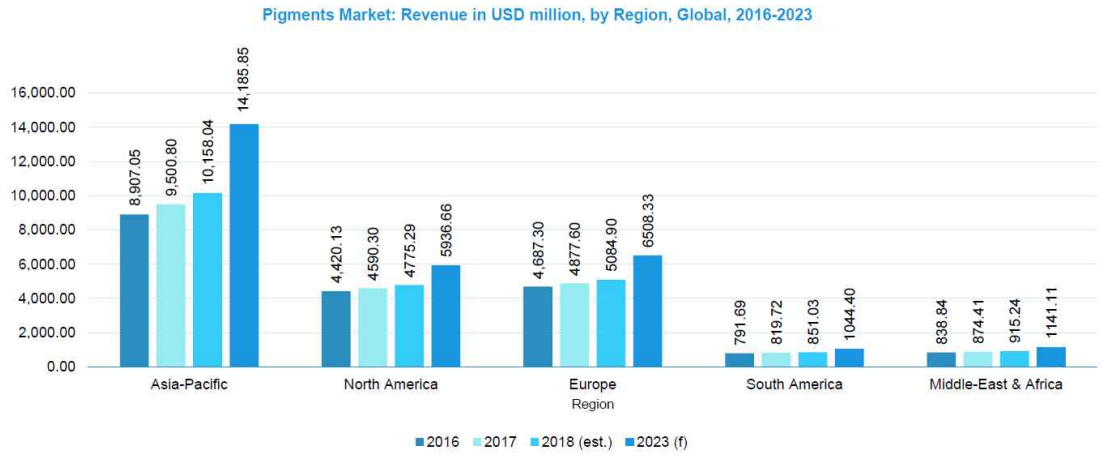


그림 39 지역별 안료 사용량 및 시장 추세

○ 인도와 중국 중심으로 도로 표지용 안료 제조가 이루어지고 있으나, 고성능(축광, 변색 등) 안료 생산은 여전히 유럽, 미국, 일본 기업들이 주도하고 있음. 현재 유럽과 아시아 시장은 시장 규모가 비슷한 것으로 추정되며 중국, 인도의 빠른 성장이 보고됨.

- 2018년 아시아_태평양지역에서 중국 45.18%, 인도 12.35%, 일본 9.91%, 한국 8.57%로 시장을 점유하고 있으며, 2023년에서 중국 47.82%, 인도 12.59%, 일본 8.45%, 한국 7.99%로 시장규모가 예상되고 있음.

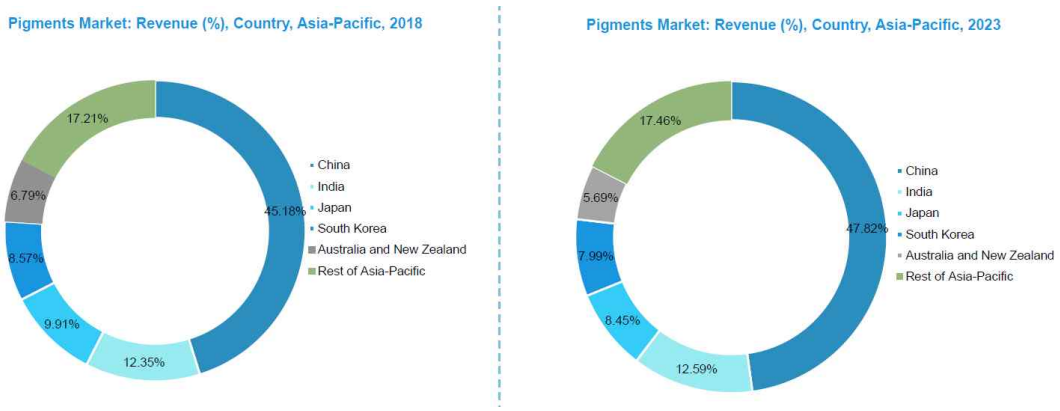


그림 40 아시아_태평양지역 안료 시장 점유율 현황 및 추세

○ 국내 도료 및 염/안료 산업은 선진국 대비 기술경쟁력이 부족하지만, 수요산업과의 연계를 통한 성장 잠재력을 보유하고 있음.

- 산발적인 지원으로 인해 국내 기술 수준은 선진국 또는 기업 대비 미약한 수준으로 국책사업 차원의 적극적인 지원이 시급함.
- 중소업체 투자 연구비 부족, 정부 지원 부족 등의 기술개발 미흡으로 관련된 기능성 소재 응용기술이 미진하여 대부분 중요 기능성 제품을 외국 기업에 수입 의존하는 상황임.

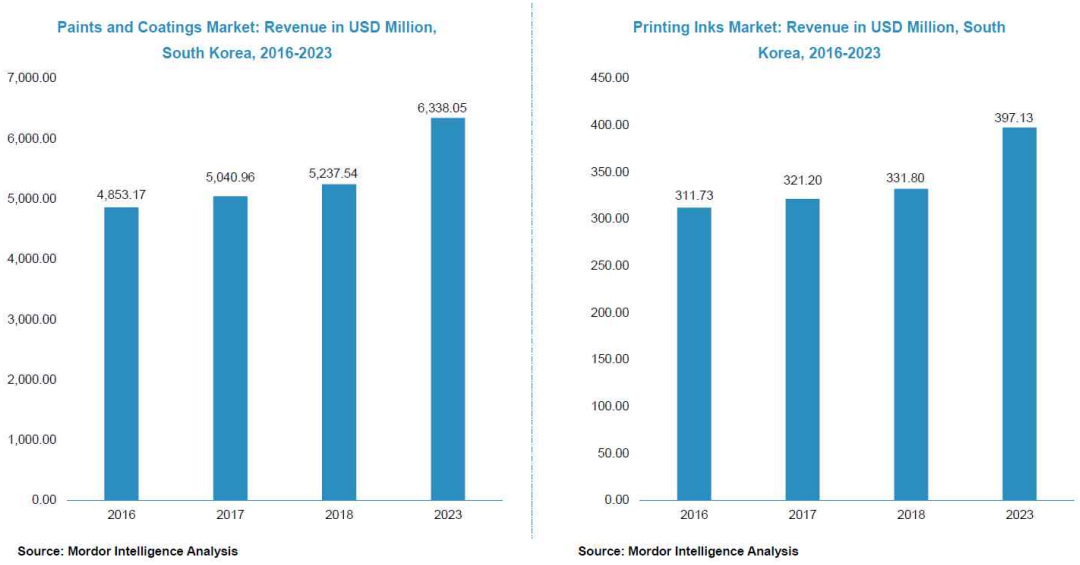


그림 41 국내 안료 시장 규모 및 추세 분석

○ 고성능 안료 시장은 BASF SE, Chemours, Venataor, Kronos, Clariant 등에서 전체 시장의 50% 이상을 점유하고 있으며, DIC, Tronox, Lomon Billions, Lanxess AG, Merck KGaA, Sudarshan Chemical Industries Ltd 등에서 나머지 시장을 점유하고 있는 상황임.

그림 42 고성능 안료 생산업체 현황

□ 교통사고 통계 분석을 통한 사고 감소 편익 추정

○ 본 기획 과제와 연관된 교통사고 통계를, 도로교통공단 교통사고분석시스템에 기록된 2016년 전국 도로 교통사고발생에 대하여 분석함.

- 야간 차선 관련 법규 위반사항에 따른 교통사고와 도로 상태별 교통사고 분석을 통해서 본 기획과제와 직접적인 관련이 있는 교통사고에 따른 사회적 비용을 추산함.

표 29 기획 분야 관련 교통사고 발생 통계

관련항목	차선법규위반 (야간)			도로상태		소계
	중앙선침범	교차로 운행법 위반	차로위반	포장습기	포장결빙	
발생건수	4,475	5,221	1,475	20,828	1,135	11,171
사망자	134	15	4	549	43	153
부상자	7,353	8,537	2,455	32,278	2,213	18,345
치사율	2.99	0.29	0.27	2.64	3.79	
건당 사상자	1.67	1.63	1.66	1.57	1.398	

- 외부자극 감응소재를 활용한 주요 기획 내용에 따라 야간 도로 시인성 개선 및 노면 상태(노면 젖음, 결빙)에 따른 교통사고 통계가 직접적인 연관이 있음.
- 야간 차선 관련 법규위반으로 인한 사고는 주로 중앙선 침범, 교차로 운행법 위반, 차로위반 등이 있으며, 중앙선 침범을 제외한 경우 치사율은 상대적으로 낮음.
- 반면 포장도로의 습기 및 결빙시 일어난 교통사고의 경우 평균 치사율(1.8 명)에 비하여 상당히 높은 사고의 심각성을 보이며, 특히 도로결빙의 경우 2배에 가까운 치사율과 높은 사고당 사상자수를 보여 결빙시 사고의 심각성이 매우 높음을 알 수 있음.

○ 본 과제 적용에 따른 사고 감소율 30 %로 추산하였을 경우, 사고감소 편익을 다음과 같이 추산하였음.

표 30 과제 수행에 따른 교통사고 편익 분석

	차선 관련(야간)	사고감소편익 (천원)	도로상태	사고감소편익 (천원)
사망자	46	29,960,168	178	115,672,300
부상자	5,504	109,535,104	10,347	205,921,617
계		139,495,272		321,593,918
총계 (천원)		461,089,190		

주) PGS 비용 포함, 한국교통연구원 (2013) 교통사고비용 추정 방법론 정립에 따라 계산

- 한국교통연구원 보고서에 따라 PGS 비용을 포함하여 추산한 결과, 2016년 기준 4,600 억원 규모의 편익이 발생할 것으로 산정됨

2. 주요 기업/제품/기술 및 시장점유 현황

□ 국내외 외부자극 감응관련 기술현황

○ (국외기술현황) 최근 5년간 발표된 스마트 고분자(smart polymers) 및 자극 응답 고분자(stimuli responsive polymers)에 대한 연구개발 건수는 총 409건 중 215건으로 전체의 52.5%를 차지하고 있어 스마트 소재 기술에 대한 관심도가 매우 크게 증가하고 있음.

표 31 국외 주요 연구기관 및 기술현황

기관명	주요 연구내용
Univ. of Washington (미국)	· 열 감응 PNIPAAm 소재를 이용한 바이오 메디컬 응용 소재 제조 · Microfluidics를 이용한 PNIPAAm 코팅재 개발 및 응용 기술 개발
Purdue University (미국)	· 친수성-친유성 공중합체를 이용한 용매 민감성 스마트 고분자 개발 · 자극 감응형 표면처리기술 개발
Univ. of South Mississippi(미국)	· 외부자극 반응 self-healing materials 제조 및 응용기술 개발 · 자극 감응형 에멀전 소재 및 화장품으로의 응용 기술 개발
Rutgers University (미국)	· Organoboron 하이브리드 고분자의 자극 민감성 향상 기술 개발 · 양친성 Organoboron 고분자의 optoelectric 적용 기술 개발
Duke University (미국)	· 바이오 분자인식 및 접합을 위한 표면 나노구조 스마트 고분자소재 개발 · 스마트 표면을 위한 자극민감성 고분자 소재 개발
MIT(미국)	· 화학증착 방법에 의한 나노튜브 기반 스마트 소재 개발 · 타깃 지향형 약물 전달 스마트 화학 소재 개발
Du Pont(미국)	· 아조벤젠 기반 physiochemical 거동 스마트 고분자 소재 개발 · 광모듈레이션이 가능한 스마트 고분자 소재 개발
Bayer materials Science(독일)	· 열가소성 폴리우레탄을 사용하여 새로운 형상기억 고분자 개발 · 고내열 특성을 가지는 열경화성 스마트 소재 개발
막스플랑크연구소 (독일)	· 폴리일렉트로라이트 캡슐 적용 자극반응 스마트 소재 개발 · 금 나노입자 고분자 복합체를 적용한 스마트 고분자 복합체 개발
Univ. of Mainz (독일)	· 온도 및 광민감성 스마트 고분자 소재 개발 · 텔레킬릭 고분자를 적용한 단백질 인식 스마트 고분자 소재 개발
Kagoshima University (일본)	· 나노어셈블리를 이용한 다양한 자극 감응 스마트 소재 개발 · 자극 반응 고분자의 바이오 메디컬 적용 기술 개발
Univ. of Tokyo (일본)	· Self-oscillating 겔 기술을 이용한 자연모사 스마트 소재 개발 · 수화겔 적용 바이오 메디컬 응용 스마트 소재 개발
Osaka University (일본)	· 리빙 양이온 중합을 이용한 블록공중합체 합성 및 이를 이용한 열 및 pH 감응 스마트 고분자 소재 제조
Chinese Academy of Science(중국)	· 열 및 pH 감응형 스마트 고분자 브러쉬 소재 개발 · 이산화탄소 민감형 스마트 고분자 소재 개발
US Air Force(미국)	· 공항활주로에 EL 광원 적용을 위하여 필드 테스트를 수행 · 기존 광원에 비하여 인지거리가 길었으며, 눈부심도 없으며, 깜빡임, 후광도 없는 것으로 평가

○ (국내기술현황) 전자·자동차 산업을 중심으로 스마트 소재에 대한 관심이 급증하여, 자동차, 스마트 디스플레이, 에너지 하베스팅, 센서 소자, 스마트 코팅재 등 그 활용도가 급증하고 있음. 미국·일본 등 기술 선진국에 비교하여 정책적 지원은 미진하여 관련 자극 응답형 스마트 소재의 집중적인 지원이 요구됨.

- 서울대학교, 카이스트, 포항공과대학교, 고려대학교, 유니스트, 한국화학연구원 등 국내 학계 및 연구소에서 다양한 자극에 반응하는 고분자 소재 및 표면에 대한 연구가 이루지고 있으나, 국내 원천기술은 아직 전무한 상황임.

- 일부 대학에서 기초 소재에 대한 연구가 진행 중이나 코팅화 개념으로 디바이스-프리 기반의 기술은 아직까지 개발이 미진한 상황임.

표 32 국내 주요 연구기관 및 기술현황

기관명	주요 내용
한국화학연구원	·고유전 특성을 가지는 입자의 복합화 및 소자화 기술 ·표면특성제어를 통한 지능형 코팅재 제조 기술 ·지능형 DDS 기술
KAIST	·온도 응답형 지능형 미셀기술 ·이온성 전기 활성 고분자 액추에이터 기술
한국전자부품연구원	·지능형 분자 기계 및 MEMS 기술
서울대	·전기 응답형 지능형 고분자 인공근육 기술
포스텍	·pH 및 온도 감응성 지능형 고분자를 이용 지료용 유전자 전달체 기술 ·초고밀도 나노 채널 적용 기술
인하대	·자기장 응답 고분자 유체 및 해석 기술 ·일렉트로 레올로지 적용 가능성 입자 및 복합화 기술
충남대	·외부자극 감응 자가조립 분자체 합성 기술 ·스마트 초분자 구조 해석 기술
광주과학기술원	·자기조립 특성을 이용한 스마트 표면 제어 기술 ·고분자 네트워크 조절을 통한 구조 제어 기술

□ 국내외 외부자극 감응관련 기업현황

○ (Cornerstone Research Group) 항공기의 손상을 감지하고 7분 내에 자기 치유하는 자극-응답 코팅 기술을 개발

○ (Creganna & mNemoscience GmbH) 스텐트(stents), 봉합(sutures)등 의료분야에 적용하기 위한 생체적합하거나(biocompatible) 생분해성인(biodegradable) 자극-응답 코팅 기술을 개발

○ (The Procter & Gamble) hydrophobic, hydrophilic 고분자들을 이용한 자극-응답 코팅 기술을 개발

○ (NOF Corporation) textiles를 보호하기 위해 di-sulphide 결합을 가지면서 가교된 수용성 고분자를 이용하여 자기치유용 자극-응답 분해성 하이드로겔(hydrogel)을 개발

○ (FujiXerox) 전기 신호에 대한 광산량, 반사량, 흡수량 또는 투과량을 제어할 수 있는 광학 소자개발

○ (Intelimer Polymer) 예측 가능한 범위에서 온도 변화의 반응 폴리머에 관한 것으로 사전에 설정된 온도로 가열 또는 냉각되어 부피, 투과성, 접착성, 점도가 변경되는 폴리머 개발

○ (Textronics) 섬유, 필름 또는 코팅 형태의 전도성 고분자는 연산 시 동적 변화를 제공하는 고분자 개발

○ (CRG) 우주항공용 자기 치유 복합 소재인 CRG's Veriflex 형상 기억 폴리머(SMP) 개발

그림 43 외부자극 감응 관련 기술 및 기업현황

□ 국내 도로표지용 도료 관련 기업현황

○ Akzo Noobel(네덜란드), BASF(독일), Sherwin-Williams(미국), PPG(미국) 등이 세계적 선두기업으로 현재의 성능보다 더 높은 수준의 성능과 복합 기능을 갖는 High Performance형 제품, 지구 온난화 대책으로 Energy Save형 제품 및 친환경 제품 등의 시장을 선도.

○ 2013년도 정밀화학 전체 생산업체는 1,462개사로 2012년 1,429개사보다 2.3% 증가함. 이중 페인트 생산업체는 171개사로 2012년 167개사보다 2.4% 증가하였고, 정밀화학 전체 생산업체중 11.6% 점유하고 있음.

○ 국내 페인트 시장은 KCC, 삼화페인트, 노루페인트, 건설화학, 조광페인트 등 5대 메이저 기업이 80% 이상을 점유하고 있는 상태에서 150여개의 중소기업이 공존하고 있음.

○ 실제 국내 도로 표지용 도료시장은 500억 규모로서, 상위 3개(정석케미칼, 대화페인트, 대동안전) 회사가 전체시장의 81%를 생산 및 공급하고 있음.

그림 44 제조사별 시장점유율(2016)

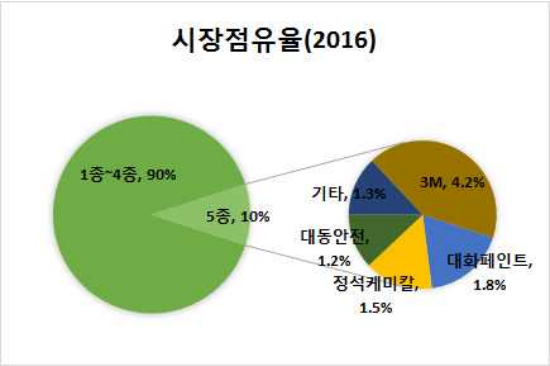
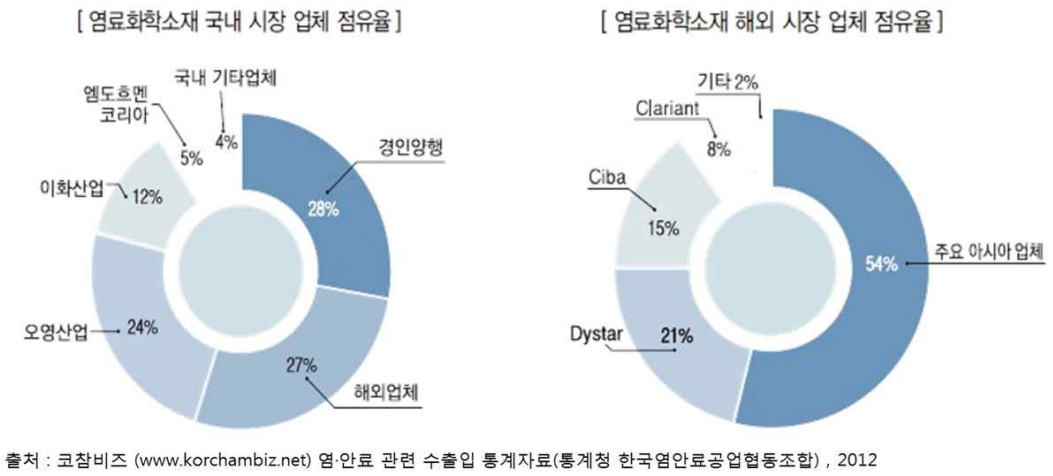


그림 45 고성능 차선 시장점유율

□ 국내외 염·안료 관련 기업현황

○ 세계 염·안료산업 시장규모는 280억달러 수준(2008)으로 2000년대 연평균2.8%의 성장률을 유지하고 있으며, 향후에도 기술융합화 등 새로운 기술의 발전과 고부가가치화로 성장을 지속하여 2015년에는 346억 달러 수준에 달할 전망임.

- 최근 전세계 염료생산량은 약100만톤 정도로 추정되고 Dystar, Clariant 등 유럽업체는 고급 및 고부가가치 염료에 특화하고 일반품은 아시아국가에서 구매하고 있음.(생산비율은 아시아 : 유럽 : 미주= 75 : 15 : 10 추정).
- 세계 염료산업은 신흥염료 생산국가의 출현으로 생산능력은 110만~120만톤 규모이고, 소비는 95만~100만톤(약100억 달러)으로 추정되는 등 염료의 공급과잉 상태가 지속되고 있음.



출처 : 코참비즈 (www.korchambiz.net) 염·안료 관련 수출입 통계자료(통계청 한국염안료공업협동조합) , 2012

그림 46 염·안료 시장 및 주요업체현황

3절 국내외 기술동향 및 분석

1. 외부자극 감응 관련 기술 개발 동향

가. 광자극 감응 기술 개발 동향

○ 빛을 발광하는 특성을 지닌 인광재료 중에서 축광체 재료는 태양광, 전등 등 빛의 자극을 받아 에너지를 흡수한 후, 이를 가시광으로 환원하여 어두운 곳에서 장시간 발광하는 특징을 갖고 있음.

○ 1600 년대에 BaS 기반의 자연 발생 불순물에 의한 축광재료가 발견되었으나, 당시 활용은 제한적이었음. 이전의 축광 소재의 경우 발광 지속시간이 짧아 다양한 곳에 활용에 제한이 있었으나, 2000년대 이후 희토류 부활제를 활용한 persistent luminescence 개념이 등장하여, 200시간이상 발광이 지속되는 물질들도 보고되고 있음.

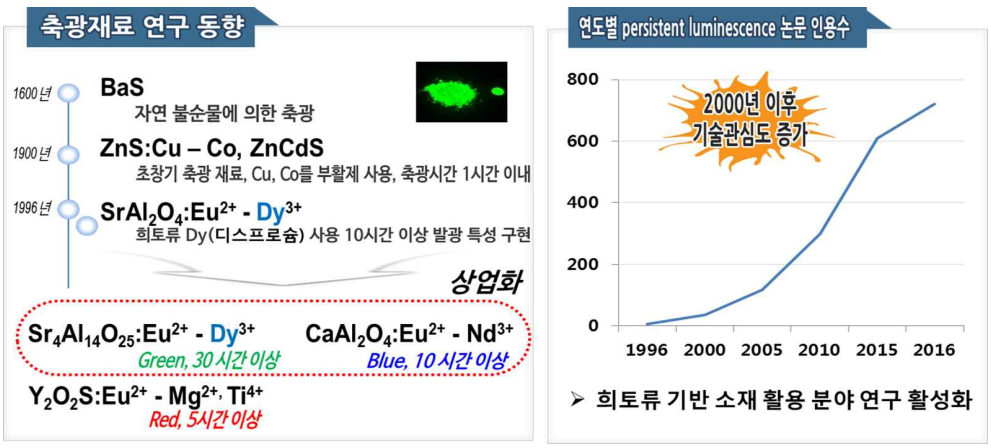


그림 47 축광재료 관련 기술 동향

○ 이러한 희토류 부활제 기반의 물질들은 긴 발광시간 뿐만 아니라 특유의 흡수 및 발광 파장으로 인해 인체 고정밀 이미지 센서 등에도 다양하게 활용 되고 있으나, 국내 기술은 아직 매우 미진함.

○ 대부분의 상용화된 제품의 경우 일본 Nemoto, Nichia 등 기업에서 독점적으로 생산하고 있으며, 최근 국내 회사에서도 발광 지속시간 10시간 이상의 제품들이 생산되고 있음.

국내외 시장 동향

구 분	현재의 시장규모 (2012년)	예상 시장규모 (2015년)
세계 시장규모	2,309	3,100
국내 시장규모	263	350
산출 근거	< 한국과학 기술정보원'형광체 기술 동향' 2008 >	

Nemoto(일본), Nichia(일본), UMS(미국), Luming group(중

세계시장 90% 이상 장악

LumiNova®

LUMING TECHNOLOGY GROUP CO.,LTD

lumnochem

○ 특히 발광특성이 우수한 $Sr_4Al_{14}O_{25}$:Eu,Dy 계열의 물질을 활용하여 네덜란드 Heijmans 社와 Daan Roosegaarde가 아스팔트 도로에 홈을 파서 축광 도료를 주입하는 시공방식으로 낮에 햇빛으로 충전해 밤에 최대 10시간까지 발광하는 차선을 시험 적용함.

○ 하지만 실제 외부에서 추가적으로 에너지를 공급하고 있어 야간 도로 시인성 확보의 기술적 한계성이 존재.

그림 48 Glowing highway 구현 예(네덜란드 Oss N329)

○ 2014년 네덜란드의 북부 라반트 지역에 Daan Roosegaarde가 반 고흐의 작품'별이 빛나는 밤'에서 영감을 얻어 1km 길이의 자전거 전용도로에 축광 페인트를 도포해 "Van Gogh-Roosegaarde cycle path"를 조성함, 이때 충분한 발광특성을 구현하기 위해 추가적인 LED 조명을 함께 사용하였음.(축광재료의 가수분해로 인한 내구성능 저하 발생)

그림 49 네델란드 Glowing Road 구현 예

○ 2016년 폴란드의 TPA SP. Zoo 에서는 잔광 특성이 개선된 도료를 사용하여 추가적인 LED 조명 없이도 12시간 이상 발광특성 확보가 가능한 자전거 도로를 조성함.

그림 50 광자극 감응 재료의 자전거 도로 적용(폴란드)

○ 최근 영국 Pro-Teq 社는 알루민산 스트론튬을 이용한 polyurethane-urea 기반의 Starpath-PRO 제품을 개발하여 Christ's Pieces에 설치하였으며, Nissan Leaf 자동차에도 적용이 되었음. 이 제품의 경우 최대 16시간 발광 가능하고 시공과정이 간편하여 설치비와 유지비가 낮다는 장점이 있음.(가역적 바인더 기술의 한계성으로 고효율/내구성에 대한 기술적 개선이 필요)

그림 51 Starpath 제품의 적용 예시

○ 또한 2015년 Volvo사에서는 인체에 무해한 축광도료 및 형광재료를 복합적으로 이용하여 보행자/자전거 안전을 위해 쉽게 사용할 수 있는 Life Paint 제품을 개발하여 현재 시판 중임.

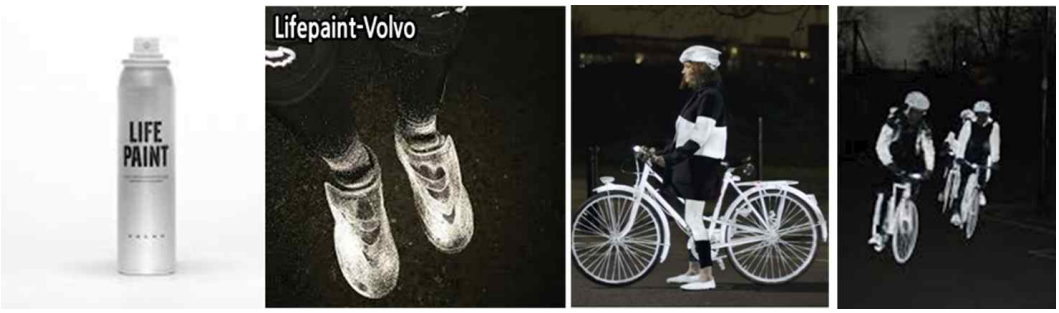


그림 52 축광/형광 복합 기술을 활용한 Lifepaint

○ 오스트리아의 SWARCO Traffic Austria GmbH 社는 자전거 도로, 공원 및 인도에 Afterglow effect를 적용하는 도료 및 플라스틱 제품을 개발하였으며, 방지턱 개념을 도료 제품에 적용하여 시공 기간 및 비용을 단축함.

그림 53 자전거 도로용 발광 코팅재 적용 예시(SWARCO)

○ 스페인의 RALVA S.A. 社는 다양한 색상/패턴의 도로 표지용 도료를 생산하고 있으며, Photoluminescent 제품도 개발되어 있으나, 아직 내구성 문제로 자동차 도로용으로는 크게 적용하지 못하고 있는 상황임.

그림 54 자체 발광형 도로 표지용 도료 적용 예시(RALVA S.A)

○ 독일의 Silikal 社는 Cold plastic based on MMA resin으로 적용하여 hot melt type 처럼 열을 가하지 않고도 5~15분 정도의 빠른 경화시간을 나타내며, 마모와 UV 저항성이 매우 우수한 제품을 개발함. 또한 시공 기간 단축을 위한 Tile type으로 점자 블록을 대체한 제품을 개발함.

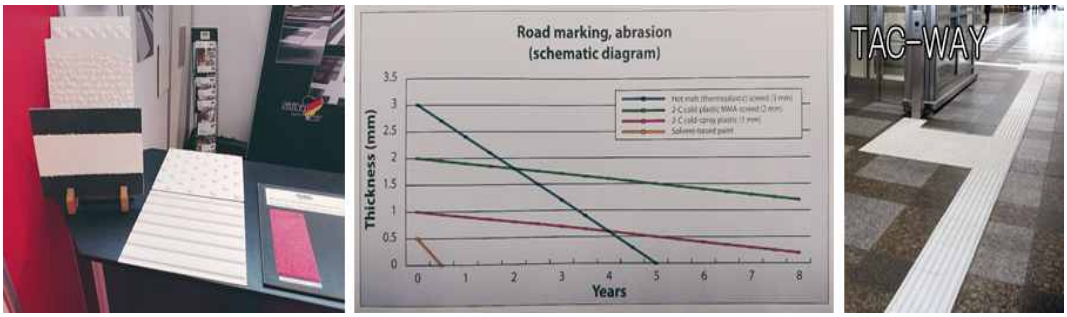


그림 55 교통약자 보행환경 개선용 보행로 예시(Silikal)

○ 3M 社는 도로 안전 시설물에 적용하기 위한 Reflective sheet, 차량용 marking tape을 전시하였으며, 도로 표지용 도료를 용융접착식 테이프 형태로 제조하여 연속시공 가능, 균일한 야간 시인성 확보가 가능함.

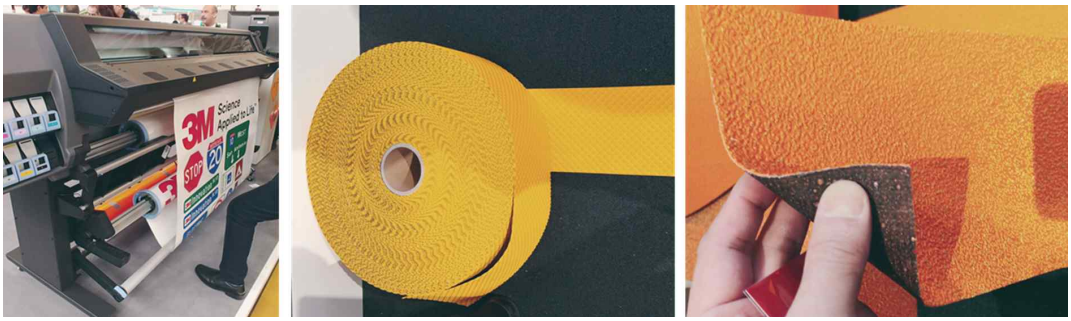


그림 56 야간 도로 시인성 개선 제품 예시(3M)

나. 온도자극 감응 기술 개발 동향

○ 열변색 특성의 경우 고대 ruby의 색이 가열하였을 경우 초록으로 바뀌는 “antiquity 현상”을 시작으로 많은 연구가 이루어져 왔음.

○ 특히 전도성 고분자의 연구가 활발해짐에 따라 최근 10년간 괄목할만한 이론적 기술적 성장이 나타남.

○ 현재 온도 감응형 소재는 크게 무기물, 유기 단분자 및 고분자, 액정형 물질로 분류되고, 무기물 기반의 재료가 가장 상업적으로 많이 활용됨.

○ 무기물 재료의 경우 온도에 따른 결정구조 전형에 따른 band gap 변화로 색변화가 일어나며, 상대적으로 낮은 가격 및 쉬운 공정으로 많은 활용이 이루어지고 있으나, 상전이 온도 조절에 한계가 있고 변색의 범위 또한 한정적임.

무기물 온도감응 재료

Material	Transition Temp	Color
Cu_2HgI_4	67 °C	red → brown
Ag_2HgI_4	47–51 °C	yellow → orange
MgI_2	126 °C	red → yellow
Bis(dimethylammonium) tetrachloronickelate	110 °C	red → blue
Cr_2O_3:Al_2O_3	400 °C	Red → grey
VO_2	68°C	transparent → reflectance
VO_2 (tungsten)	29°C	

- 변이 온도 및 색 조절이 제한적임

무기물 결정 전형 예

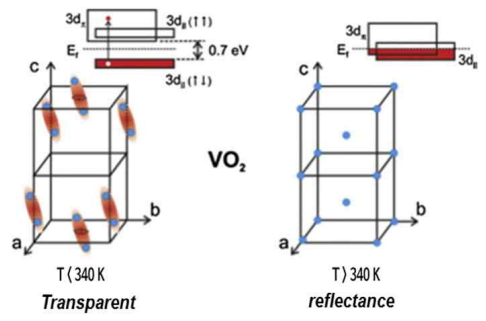
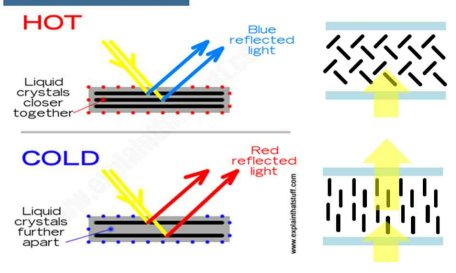


그림 57 무기 온도감응 재료의 종류 및 원리

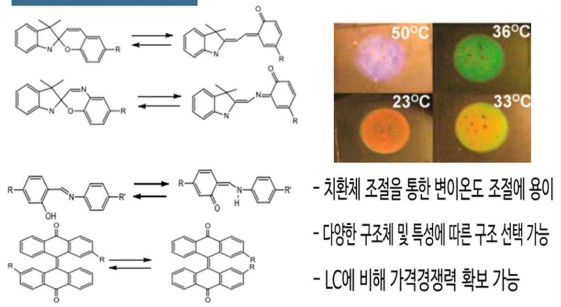
○ 액정형 분자를 이용한 빛의 투과를 조절함으로써 색을 발현시키는 연구 또한 많이 진행되고 있으나, 이를 위해서는 encapsulation 공정과, 다중층 공정이 필요함으로 경제성이 떨어짐. 이에 반해 유기물의 경우 치환체 조절을 통한 전이 온도 조절이 상대적으로 자유롭게 색 구현이 유리한 장점을 가짐.

액정형 온도감응 재료



- 다중층 공정으로 상대적으로 생산단가가 높음

유기물 온도감응 재료



- 치환체 조절을 통한 변이온도 조절에 용이
- 다양한 구조체 및 특성에 따른 구조 선택 가능
- LC에 비해 가격경쟁력 확보 가능

그림 58 유기물 기반의 온도감응재료 종류 및 원리

○ 독일 SWARCO 社에서는 노면의 온도를 시각적으로 전달하기 스노우 심볼, ICE, FORST 글자 등이 0℃ 이하에서 시각화 되도록 하는 연구를 진행함. 열가소성 수지에 온도자극 변색 안료를 압출기로 혼련한 후 필름 또는 시트 상으로 제작하여 노면에 적용되는 제품으로 특히 교량 시작점 등 취약한 곳에 적용됨. (국내 겨울환경조건을 고려한 가역적 변색제어 핵심기술 개발이 필요)

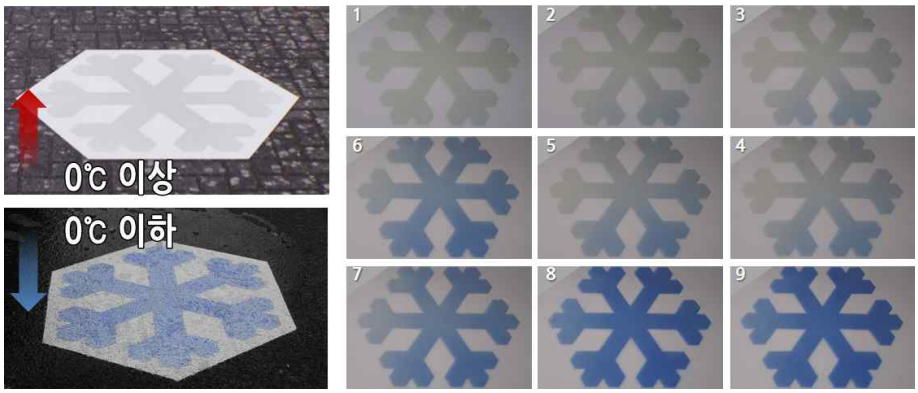
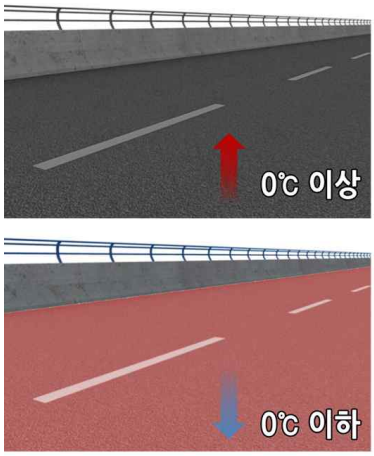


그림 59 Thermochromic 결빙 시각화 표시 적용 (LIMBOFROST)

○ 프랑스 Eurovia 社에서는 동결조건인 0℃ 이하의 노면에서 흰색 노면표시 도료가 투명(colorless)하게 되어 아래층 분홍색 도료가 노출되는 지능형 페인트 기술을 개발하였으며 프랑스 북부지역에 적용되어 실증평가가 진행 중임.유사한 연구를 미국 Rhode Island 대학 및 영국 Color Therm 기업에서 수행중이며, 각각 -35℃~125℃, -10℃~69℃에서 가역적으로 색상이 변하는 코팅 및 페인트를 개발 완료함. (도로 표면에서의 내마모성 및 미끄럼저항 성능에 대한 검증이 필요)

그림 60 열변색 Colorless Paint 적용

○ Shell 社에서는 아스팔트 바인더에 TCP(열변색 안료)를 브랜딩 하여, 0℃ 이하에서 분홍색으로 도로 노면 색상이 변하게 하는 아스팔트 조성물 특허를 등록함. 열변색 안료가 포함된 도로 표지는 탈락 등 내구성의 문제로 아스팔트 자체에 열변색 안료를 적용하였음. (도로 포장층에서 열변색 안료의 균질한 분산화 기술이 초기 단계임.)



	Aging	Appearance at ambient temperature	Appearance below 0℃
Sample 1	No aging	No colour	Pink colour
Sample 1	24 hours in UV light in air	No colour	Pink colour
Sample 1	24 hours in UV light in water	Slightly pink	Pink colour
Sample 1	72 hours in UV light in air	Slightly pink	Slightly pink
Sample 1	72 hours in UV light in water	No colour	Pink colour
Sample 2	No aging	No colour	Pink colour
Sample 2	24 hours in UV light in air	No colour	Pink colour
Sample 2	24 hours in UV light in water	No colour	Pink colour
Sample 2	72 hours in UV light in air	Slightly pink	Slightly pink
Sample 2	72 hours in UV light in water	No colour	No colour
Sample 3	No aging	No colour	Slightly pink
Sample 3	24 hours in UV light in air	No colour	No colour
Sample 3	24 hours in UV light in water	No colour	No colour
Sample 4	No aging	No colour	Pink colour
Sample 4	24 hours in UV light in air	No colour	Pink colour
Sample 4	24 hours in UV light in water	No colour	Pink colour
Sample 4	72 hours in UV light in air	No colour	Pink colour
Sample 4	72 hours in UV light in water	No colour	Pink colour

그림 61 열변색 에너지 절감 도포 포장재 적용

○ 캐나다 ARTIS 社, 미국 TOYO社 등 일부 타이어 생산기업에서 7℃ 이하의 온도에서 타이어 측면의 색상이 변색되게 설계하여 제품으로 생산 중 차량 운행전 노면 온도를 시각적으로 인지시켜 겨울철 안전운행을 유도하고 및 스노우타이어로 교체 시점을 시각적으로 확인시키기 위한 기술.

그림 62 열변색 안료 적용한 타이어

○ UMinho Univ.에서는 나노 파티클이 적용된 열변색 도료를 개발하여, 차선 도로 표지에 활용하는 연구를 진행함. 0℃ 이하에서 차선의 색상을 분홍색, 그린색 등으로 변경시켜 운전자가 노면 온도를 인지하여 사고율을 낮추는 연구임.

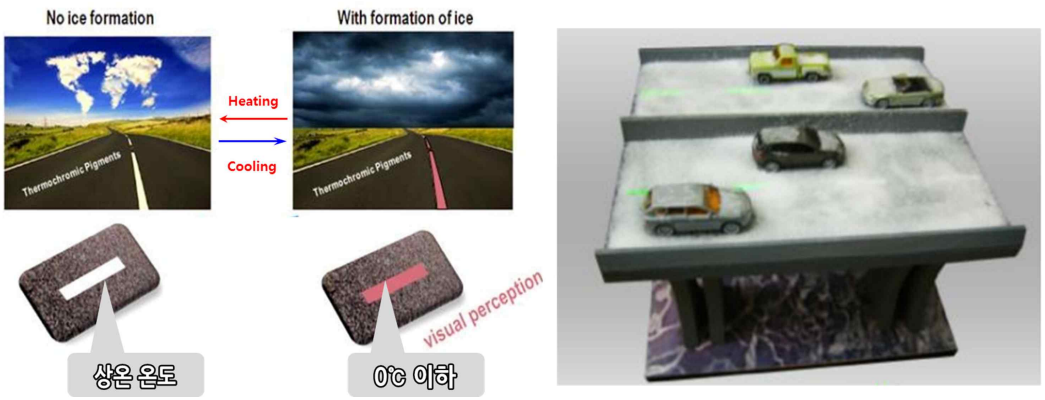


그림 63 노면표시용 열변색 도료 적용

○ 유럽에서는 2006년 처음으로 감온재료를 이용한 도로 결빙 안내 표지에 관한 특허가 출원된 이후로, 다양한 형태의 경고 문구 또는 눈결정 모양이 결빙 온도에서 나타나는 형태로 새로운 지능형 표지판으로 시험 도입되고 있음.

그림 64 온도감응형 소재를 활용한 도로표지 활용 예

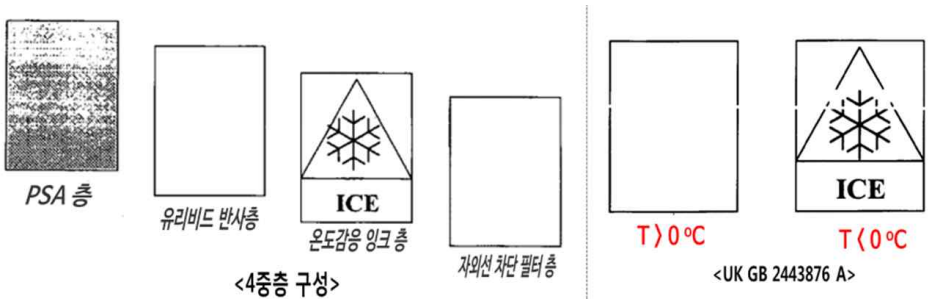


그림 65 온도자극 감응의 도로 시각화 관련 주요 특허(영국)

○ 국내에서는 아직 온도감응소재를 활용한 도로 시설물 적용에 관한 예는 없으나, 올해 한국건설기술연구원에서 “온도와 습도에 따라 노면상태를 표시할 수 있는 가변 안전표지 (2017)” 특허가 등록되었음. 이는 도로 표지에 관한 것으로 감온 도료(Thermo-chromism Paint) 및 습도표시카드(Humidity Indicator Card: "HIC")용 도료를 이용하여 젖은 노면 또는 결빙 상태를 도형이나 문자로 표지하고자 함. (습도표시표지 방법에 대한 제시를 하였으나, 감온 재료의 적용에 관해서는 개념적으로만 제시)

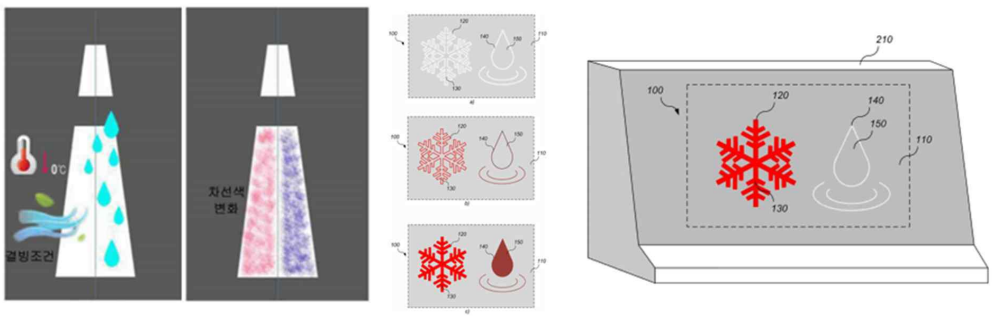


그림 66 외부자극 감응재료의 도로정보 시각화 주요 기술 내용

다. 수분자극 감응 기술 개발 동향

○ 수분감응 소재의 경우 전통적으로 사용되는 셀룰로스 필름의 투명화 특성을 이용한 재품들이 많이 활용 되어 옴. 이러한 제품들은 간단한 2중 인쇄를 통해 수분이 닿았을 경우, 내층의 색이 발현됨으로써 수분 변색 특성을 구현하였음. (용매 저항성 및 마찰 견뢰도에 약점을 가지고 있어 활용에 제한을 가짐)

그림 67 수분 변색 소재 생활제품 적용 예

○ 또한 1900년대 이후 정밀 유기 합성 기술의 발전으로 다양한 형태의 수분 감응형 소재가 보고되고 있음. 대표적으로는 Dynamic chemical reaction, Amphiphilic blockcopolymer, diacetylene 고분자를 활용하여 다양한 재료들이 보고되고 있음.

○ 진린대 Zhang 교수팀에서는 기존의 물질과 달리 투명한 상태에서 물과 접촉하였을 때 다양한 색이 발현되는 물질을 설계하였고, 이를 잉크가 필요 없는 water-jet 프린팅을 통해 시연함으로써 친환경 정보 시각화 소재로서 적용 가능성을 보임.

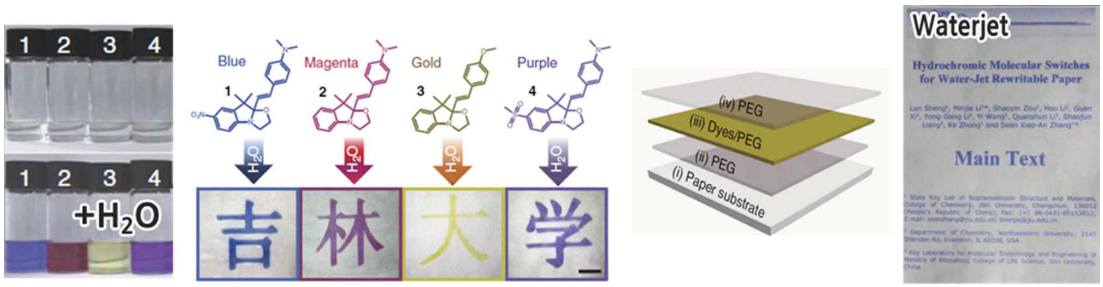


그림 68 수분 변색 안료 실생활 적용

○ 수분 변색 잉크 형태의 스프레이를 이용한 그래비티 기법을 적용하여, 비가 올 때 글씨나 문양이 나타나게 하여 도로정보를 시각화 기술이 적용된 사례가 보고 됨.

○ 특히 2015년 영국 광고 디자인 공모전 D&AD에서 수변색 잉크를 사용해 비가 오면 숨겨져 있던 그림이 나타나도록 설계한 'Project Monsoon'이 최고상을 수상함. 이 프로젝트엔 미국의 세계적인 색상 회사 팬톤(Pantone)도 함께 참여하여, 실현 가능성을 높이고 있음.(아직까지 컬러에 대한 변색제어 한계성 및 바인더의 내구성 확보에 대한 기술적 개선 필요.)

그림 69 수분 변색 안료 도로 적용 및 개념도

2. 도로정보 시각화 관련 기술 동향

가. 교통안전표지의 자동화 및 입체 패터닝 시공 장비 기술

○ 최근 스웨덴의 KoPAB 社는 다섯 개의 빔을 이용한 동시 도료 분사가 가능하도록 설계된 CASM Printer를 개발 및 차량에 적재하였음. CASM Printer는 건널목과 같은 심볼을 도장하는데 유용하며, 실제 약 5주 동안 1,100개의 건널목을 도장하여 도장 시간을 획기적으로 단축시킴.

그림 70 연속식 다중 분사 노면표시 시공 장비

○ 노르웨이의 Trysil Maskin AS 社는 위와 유사하지만 다양한 모양의 심볼을 분사할 수 있는 Trafficprinter를 개발함. 7.5m 길이의 심벌을 분사하는데 약 1분의 시간이 소요되며 인력 및 시간 소요를 단축시킴.

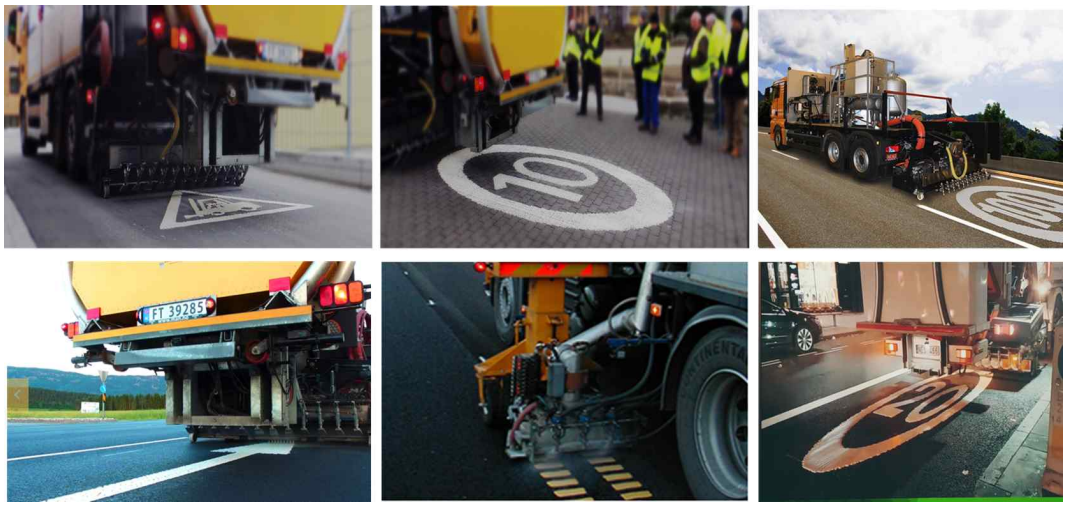


그림 71 교통표지용 로드 프린트 장비(Trysil Maskin AS)

○ 덴마크의 BORUM 社 및 Hoffman 社는 차선 도료를 분사하는데 있어 다양한 입체/형태의 도료(Spray, Agglomerate, Dots 등)로 분사 가능한 장비를 개발함.

그림 72 도로노면표시 입체 패터닝 시공 장비(BORUM)

○ 덴마크의 Tiny mobile robots 社는 모바일 장치를 이용하여 위성지도 상 도료 분사 지점을 입력하여 장비가 무인으로 도료를 분사하는 장비를 개발함. 단거리 분사 및 도료의 premarking 에 적용함.

그림 73 GPS 기반의 무인 시공 장비(Tiny mobile robots)

○ Waterblasting Technologies 社는 Water jet과 vacuum system을 이용한 도로 마커 제거 장비를 개발함. 도로의 분진이 물과 함께 섞여 별도 공간으로 흡입되기 때문에 환경 문제에 자유로우며, 고압의 물을 통한 순간 도료 제거가 가능함.

그림 74 노면표시 유지관리 장비(Waterblasting Technologies)

나. 도로 시인성 및 주행안전성 관련 기술 동향

□ 차선재료 품질기준 및 유지관리 개선 연구

○ 현행 노면표시용 도료는 KS M 6080에 재료별 및 색상별로 구분하여 품질기준을 마련하고 있어 품질기준에 만족하는 도료를 사용하고 있지만 시공 후 공용기간 경과로 인해 발생하는 열화로 인해 재시공이 발생하여 직접비용과 간접비용이 많이 발생하고 있음.

○ 특히 야간시인성과 우천 시 시인성에 대한 품질기준 및 시공기준이 마련되어 있지 않아 이에 대한 유지관리 개선을 위한 연구를 수행하였음.

○ 또한, 노면표시 재료별 품질시험방안과 실제 노면표시 재료를 이용하여 내마모성, 도로 시인성, 재귀반사도 등을 시험·분석하여 우천시 및 야간 시인성 향상을 위한 재료조합 (엘레멘트 글라스비드 30% + 일반 글라스비드 70% 살포)을 제안하였음.

□ 차선도색 시인성 향상을 위한 반사도 증진방안

○ 국내 도로 노면표시에 대한 재료별 기준 공용수명에 대한 기준을 마련하고 있지만 고속도로를 기준으로 고품질의 도로 노면표시에 대한 수요, 야간 및 우천 시 시인성 저감으로 인한 교통사고 사망률 증가로 인해 새로운 도로 노면표시 시공법 및 정책대안을 제시.

표 33 차선도색 반사도 준공기준 및 변경 안

구분	준공검사		하자검사 (최소요구 성능)		비고
	현행	변경	현행	변경	
백색	150 이상	250 이상	110 이상	110 이상	※ 재도색 시기 : 하자검사 기준 이하
황색	110 이상	175 이상	90 이상	90 이상	
청색	90 이상	100 이상	70 이상	70 이상	

(단위 : mcd/㎡ Lux)

○ 특히 야간 교통사고의 치사율은 주간에 비해 두 배에 달하고, 최근 들어 고령운전자의 증가로 인해 야간 시인성의 중요성이 강조되고 있으므로 이에 대한 대책으로 돌출형 차선재료의 도입을 검토하였으나 비용이 고가이므로 정책 개선방안 제시로 대체함.

○ 현재 국내는 우천 시 도로 노면표시 시인성에 대한 기준이 없으므로 정책대안과 야간 우천 시 시인성 확보방안을 제시함.

표 34 야간 우천시 차선도색 반사도 준공기준 및 제안(안)

구분	재귀반사도 (mcd/㎡ Lux)		비고
	시공 초기	우천시	
백색	150 이상	250 이상	※ 우천시 측정값은 Wet Recovery 시험으로 측정
황색	110 이상	175 이상	

표 35 야간 우천시 차선도색 시인성 확보 방안(안)

구분		사용재료	사용방법
현행		일반 글라스비드 (굴절율 1.5~1.9)	일반형 100 vol% 사용
개선	야간 시인성	고굴절율 비드 혼합 (굴절율 1.9 이상)	30 vol% 이상 혼합사용
	우천시 시인성	우천형 비드 혼합	40 vol% 이상 혼합사용

□ 고반사 유리비드를 이용한 고내구성 도로 표지용 도료 개발

○ 국내 도로 노면표시 기준 미흡, 고령사회 진입, 어린이 교통사고 증가 등으로 인해 교통사고감소에 대한 필요성이 높아짐에 따라 고반사 유리비드를 이용한 고내구성 도로 표지용 도료개발을 진행함.

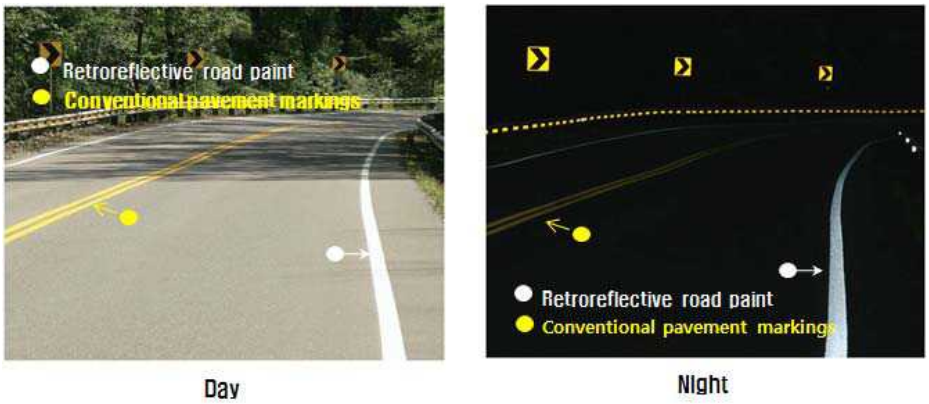


그림 75 야간 도로 표지용 도료

○ 고부착 바인더 개발, 야간 및 우천 시 재귀반사도가 우수한 재귀반사체 개발, 고내구성 및 고휘도 융착식 도로 표지용 도로를 개발하였으며, 개발된 제품은 다양한 내구성 검증을 거친 후 인천국제공항 활주로에 시범 적용하여 도료의 손상여부, 야간 및 우천 시 시인성 확보 여부를 평가하였음.

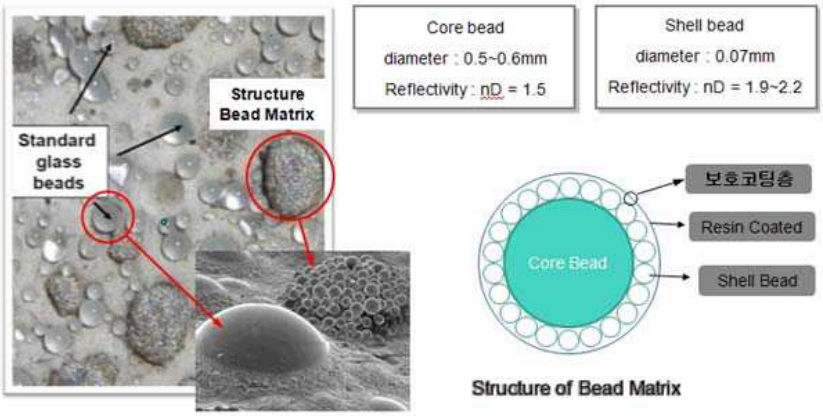


그림 76 야간_우천시 도로 시인성 개선용 글라스 비드 구조

□ 기상조건 변화에 따른 노면표시 비드의 최적 배합비율 산정

○ 현재 국내에서 도로 노면표시에 도포되는 비드는 굴절률 1.5의 유리알로 야간 우천 시 효과적인 재귀반사 능력을 발휘하고 있지 못하고 있어 야간 및 우천 시 교통사고 발생위험이 상존하고 있음.

○ 야간 시인성 확보를 위해 비드의 굴절률이 2.4인 우천형과 1.9인 건조형을 혼합하여 사용하는 방안을 제시하였음.

○ 개발한 글라스 비드는 굴절률 1.5 비드에 비해 상당히 고가이므로 경제성 평가에서 한계가 있으므로 다양한 비율로 혼합된 비드를 국내 고속도로 길가장자리에 설치하였을 때 발생하는 비용과 편익을 산정하여 경제성 분석을 시행하고 이를 근거로 다양한 대안을 제시하였음.

○ 분석결과, 대안 굴절율 2.4 비드가 100% 구성된 차선에서 가장 시인성이 높은 것으로 나타났으며, 굴절율 1.5 비드 80%와 2.4 비드 20%로 구성된 차선이 가장 경제성이 높은 것으로 분석되었음.

□ 노면표시 시인성 확보 기술 개발

○ 야간의 도로에서 운전 시 특히 무조명 구간에서 시인성이 저하하여 교통사고 발생위험이 증가하고 있으며, 특히 야간 시인성 저하로 인한 역주행으로 대형사고가 빈번히 발생하고 있음.

○ 따라서 본 연구에서는 노면표시에 사용가능한 고내구성 축광재료를 개발하고 축광 및 발과 효율을 증대하기 위하여 EL-tape (Electro Luminescent tape)을 적용하여 장시간 고효율 발광이 가능한 노면표시 재료를 개발하였음.

○ 또한, 적외선 광원-카메라 기술 개발과 적외선 감응 및 반사물질 도료를 제작하여 감응형 노면식별기술을 개발하였으며, 개발된 기술을 차량에 적용하여 야간 운전 및 안개 등 기상악화 시 안전한 시인성 확보가 가능한 기술을 개발하였음.

그림 77 EL-tape과 투명바인더 시공 예시 및 작동모습

□ 야간 운전자 시인성 확보 기술 개발

○ 야간의 도로에서 시인성 확보 및 교통사고 발생위험을 감소하기 위하여 고내구성·고효율의 5종 재료 및 발광체 적용 노면표시를 개발하였음.

○ 개발목표는 포장재료와 상이한 거동이 보이는 노면표시로 인한 내구성 저하 및 균열발생 방지가 가능한 고내구성 노면표시, 고내구성 저황변 폴리우레탄 투명바인더 개발 및 새로운 5종 상온 경화형 플라스틱 도료 개발. 그리고 EL tape을 활용한 발광형 노면표시 개발로 설정하여 개발하였음.

그림 78 고성능 노면표시 및 발광형 노면표시 기술 개념도

○ 기존의 노면표시에 야간뿐만 아니라 우천 시에도 시인성이 확보되는 노면표시 기술을 개발함으로 야간 교통사고 발생을 획기적으로 감소시키고 실효성 있는 야간 운전자의 안전성 향상을 기대하고 있음.

□ 고속도로 시설물별 차선 반사도 다양성 연구

○ 도로 노면표시의 주요성능인 재귀반사도는 도로의 기하구조 특성, 노면표시 재료, 교통량, 기상, 환경요인 등 다양한 요인에 의해 영향을 받고 있음.

○ 이에 본 연구는 고속도로 노면표시 중 차선의 재귀반사성능 감소가 심할 것으로 판단되는 특성 기하구조 및 시설물 구간에 대한 재귀반사도 특성을 분석하여 기하구조 및 시설물 특성별 재귀반사성능기준을 제시하였음.

○ 분석을 위해 중부고속도로 하남 JCT~남이 JCT 구간에 대한 황색실선, 백색점전의 재귀반사도를 측정하였으며, 이 측정된 자료를 도로시설물 특이사항별로 구분하여 진입 전, 해당구간, 통과 후로 구분하여 분석을 시행하였음.

○ 분석결과, 곡선구간, 오르막구간, IC램프구간, 터널구간의 재귀반사도는 타 구간에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타나 도로 구간별, 시설물별 도로 노면표시의 시공기준을 구분하여 적용하는 것을 제안함

□ 고기능·장수명 차선도료의 교통사고 감소효과 분석

○ 야간이나 우천 시 도로 노면표시의 시인성이 낮아져 교통사고의 위험이 증가하고 있으며, 이를 위한 고기능·장수명 차선도료에 대한 시범적용이 이루어지고 있지만 이에 대한 평가가 적절하게 이루어지지 못하고 있는 실정임

○ 이에 이명환 외 (2015)은 한국도로공사에서 교통안전성을 높이기 위해 경부고속도로 판교~대전구간에 시범 시공한 고기능·장수명 차선도료에 대한 교통사고 감소효과를 설문조사와 경험적 베이즈 평가를 이용하여 분석하였음

○ 분석결과, 설문조사에서는 시범적용에 대한 긍정적인 응답이 전체 응답자의 87% 이상으로 나타나 높은 만족도를 보였으며, 교통사고 감소효과는 단순 교통사고 발생건수는 시범시공 전 62건에서 시공 후 48건으로 감소효과가 있는 것으로 나타났으며 경험적 베이즈 평가결과 약 41.7%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 분석되었음.

□ 야간의 시인성 저하가 교통사고에 미치는 영향 진단

○ 야간의 시인성 저하가 교통사고 발생에 미치는 영향을 분석하기 위하여 속도제한 100~110 ㎞/h로 운영 중인 경부선, 서해안선, 영동선, 서울외곽순환고속도의 경기지역 구간을 대상으로 교통사고 발생자료를 수집하였음.

○ 수집된 자료를 기상조건, 가로등 유무, 도로 서비스수준 등을 고려하여 통계학적 방법을 이용하여 분석을 시행하였음.

○ 분석결과, 기상조건이 양호한 야간에 시인성이 저하로 인한 교통사고발생확률은 양(+)의 변수로 나타나 교통사고발생에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 도로 서비

스수준에서는 수준이 A인 자유주행이 가능한 교통상황에서 교통량 증가로 인해 서비스 수준이 낮아진 B보다 야간 시인성 저하가 교통사고발생가능성을 높이는 것으로 나타났음.

다. 도로 시인성 성능검증 관련 기술 동향

○ 외국에서의 도로 노면표시 관련 연구 및 기술은 공공기관을 중심으로 도로 노면표시 재료의 활용성 및 시공기준에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 특히 미국의 경우 주(States)마다 주변환경과 기상환경이 달라 주 특성에 맞는 도로 노면표시 재료 및 공법을 선정하기 위하여 기존 개발되어 있는 도로 노면표시 재료 및 공법을 수정·보완하여 실제 도로현장에 시범 시공하여 현장적용성에 관한 연구를 주로 시행하고 있음

○ 하지만 외국의 공공기관의 경우 외부자극이나 시인성 향상을 위한 신기술개발이 미흡하기 때문에 연구소와 도로 노면표시 전문업체를 중심으로 형광물질이 첨가된 도료 개발 등 다양한 도로 노면표시 재료 개발이 진행되고 있음.

□ A Study of Cold Plastic Pavement Marking Material

○ 미국 Michigan 주 교통국은 1960년대부터 도로 노면표시 재료에 대한 내구성 및 적용성에 대한 연구를 진행해왔으며, 특히 특정 도로 노면표시 재료를 실제 도로에 적용하여 시범운영을 통해 경험적 연구결과를 도출하는 연구를 수행하였음.

○ Michigan 주는 기후특성상 춥고 긴 겨울기후를 가지고 있어 기후로 인한 영향과 트럭 등 중차량 통행에 영향을 미치는 도로 노면표시(Cold Plastic)를 3개의 도시(Lansing, Grand Rapids, 그리고 Tonia) 특정 구간에 시공하여 겨울기간동안 관찰조사를 시행하였음.

○ 조사결과, Cold Plastic은 내구성이 매우 강해 겨울철 도로 노면표시로 적절한 것으로 분석되었으며, 특히 시멘트 콘크리트포장에서 겨울철 제설 및 기타 유지보수 활동에도 강한 내구성을 유지하는 것으로 나타났음.

□ High Performance Traffic Marking in Wet Weather

○ 미국 Florida 주 교통국은 잦은 우천을 대비하여 야간 시인성이 높은 도로 노면표시에 대한 기준을 마련하기 위하여 다양한 도로 노면표시의 자료, 공법, 기준 등을 분석하여 Florida 주에 적합한 도로 노면표시를 제안하였음

○ 우천 시 야간 시인성이 높은 도로 노면표시 재료 및 공법을 선정하기 위하여 조사구간거리, 역반사율, 공용수 등을 재료와 공법에 대한 평가항목를 선정하였으며 평가방법은 ASTM Method와 Rain Tunnel을 이용하였음.

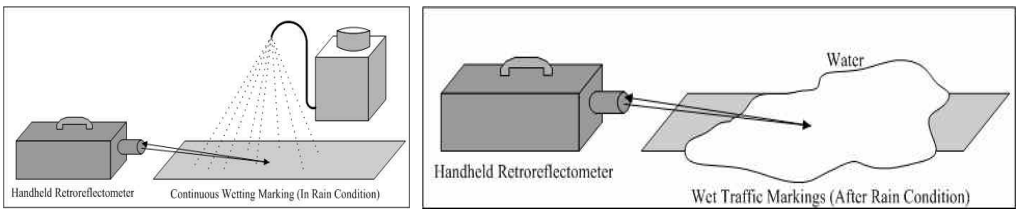


그림 79 ASTM Method를 이용한 도로 노면표시 재료 평가방법

그림 80 Rain Tunnel를 이용한 도로 노면표시 재료 평가방법

○ 평가대상 도로 노면표시 재료는 1) 표준 비드가 포함된 표준도료(standard paint with standard beads), 사이즈가 큰 비드가 포함된 표준도료(standard paint with large beads), 3) 습식 역반사 테이프(wet retroreflective tape), 4) 반 습식 역반사 테이프(semi-wet retroreflective tape), 열가소성 수지(thermoplastic profile-type markings), 6) 강화된 역반사 도료(raised retroreflective pavement markers)이며 각 평가방법에 의해 평가를 시행하였으며 평가결과 Florida 주를 위한 적정 재귀반사율 및 공법을 제안하였음.

□ **Advances in Retroreflective Technologies for Road Signage, Vehicle Visibility and Pavement Markings, Delivering Safer Roads for all**

○ 세계적인 안전제품을 개발·판매하는 3M사에서는 도로의 안전을 위한 다양한 도로 노면표시 재료와 제품을 개발하여 판매하고 있으며 이를 통해 야간 시인성 향상 등을 인한 교통사고발생을 줄이고 있음

○ 최근에 개발된 도로 노면표시 재료는 역반사 성능을 높여 재귀반사 능력을 향상시킨 제품을 개발하였으며, 특히 재귀반사 능력을 향상시킨 Diamond Grade Cybed DG을 적용하여 도로 운전자의 도로 노면표시에 대한 시인성을 향상시켜 교통안전을 향상시킨 제품으로 평가받고 있음

○ 더욱이 도로 노면표시에 형광물질을 첨가하여 야간 조명이 없거나 조명의 조도가 불량할 시 도로 노면표시에 대한 시인성 향상에 도움을 주는 제품을 개발하였으며, 본 제품은 호주의 스쿨존에서 Yellow-Green 색상의 도로 노면표시에 활용하고 있음.

□ Application and Characteristics of Waterborne Road Marking Paint

○ 도로 노면표시는 교통사고를 예방하고 운전자에게 정보를 제공하는 기능을 하고 있지만 내구성과 시공비용로 열을 가해 노면에 용착시키는 열가소성 수지(thermoplastics)를 많이 사용하고 있지만 환경과 시민의 건강에 유익하지 못하다는 단점이 있음

○ 열가소성 수지 이외 도료를 이용한 도로 노면표시를 시공할 시 기상상황(낮은 기온과 높은 습도)을 고려하여 유기용제를 이용한 도료(solventborne)를 많이 사용하였으나 유기용제를 대신하여 환경과 시민의 건강에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 수용성 수지 도료(waterborne marking paint)를 이용하여 내구성이 강한 도로 노면표시 도료를 적용하는 방안을 개발함.

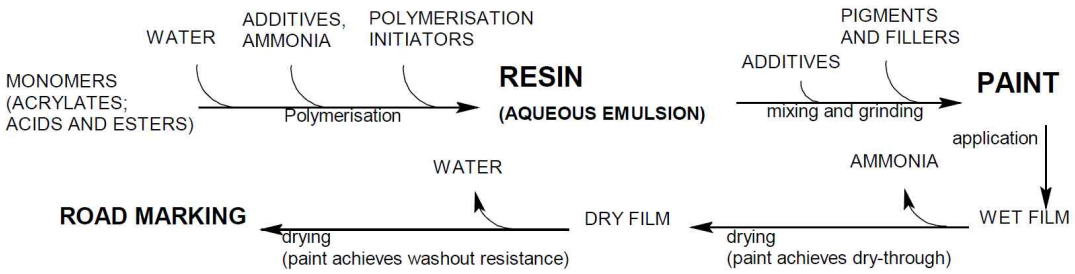


그림 81 수용성 수지 도료의 도로 노면표시 적용 방법

○ 개발된 수용성 수지도료 적용방법은 Croatia에 적용하여 조사한 결과 내구성은 유기용제를 이용한 도료에 비해 우수한 것으로 분석되었으며, 시공 시 도료의 건조 또한 유기용제를 이용한 도료에 비해 수용성 도료가 빠른 것으로 나타남.

□ Low-Temperature Waterborne Pavement Marking Paints: A Road Assessment of this Low-VOC Option

○ 기존 도로 노면표시는 휘발성 유기 화합물이 다량 포함된 재료가 많이 사용되어 환경과 시민의 건강에 대한 위험이 높아지고 있어 휘발성 유기 화합물의 사용을 최소화하는 수용성 수지 도료를 개발하여 적용하는 연구를 수행하였음

○ 기존의 수용성 수지 도료는 대기온도가 50°F(10°C) 이상일 때 사용가능하며 대기온도가 50°F(10°C) 이하일 경우 유기용제를 이용한 도료를 사용하여 도로 노면표시를 시공하여 시공 후 차량통행제한(no tract time)을 최소화하였으나 본 연구에서는 32°F(0°C)에도 차량통행제한을 최소화할 수 있는 휘발성 유기 화합물 사용 최소화된 수용성 수지도료를 개발하였으며, 시범시공을 통해 성능을 검증하였음.

□ Lane Marking/Striping to Improve Image Processing Lane Departure Warning Systems

○ 도로 노면표시의 시인성과 내구성은 교통안전뿐만 아니라 교통안전을 위해 개발된 차선이탈경고시스템에도 영향을 주고 있어 도로 노면표시를 위한 재료, 시공 및 유

지관리, 공용수명, 도로 노면표시의 기준 등에 대한 연구를 시행하였음

○ 도로 노면표시 재료뿐만 아니라 도로포장 재료별(아스팔트 및 콘크리트) 도로 노면표시 색상과 적절한 시공장비에 대한 분석을 시행하여 차선이탈경고시스템에 적합한 도로 노면표시에 대한 기준을 마련하였음.

그림 82 도로 노면표시 성능평가를 위한 조사장비

○ 또한 차선이탈경고시스템을 위한 도로 노면표시 재료 및 공법에 대한 경제성 분석을 시행하여 도로 노면표시 시공 시 차선이탈경고시스템에 적합한 재료와 시공방법에 대한 분석결과를 도출하였음

□ The 1966 Annual Report on Highway Safety Improvement Programs(Publication No. FHWA-SA-96-040, FHWA 1996)

○ 미국 FHWA에서는 1974년부터 1995년까지 도로 안전 관련 투자와 효용 관련 분석 결과를 제시하였으며 여타 안전시설 대비 야간 도로를 환하게 밝혀 주는 시설(조명, 차선 등)이 투자 대비 효과가 가장 우수한 것으로 제시하였음

HIGHWAY SAFETY IMPROVEMENTS
WITH THE HIGHEST BENEFIT-COST RATIOS
1974-1995

Rank	Improvement Description	Benefit-Cost Ratio
1	Illumination	26.8
2	Upgrade Median Barrier	22.6
3	Traffic Signs	22.4
4	Relocated/Breakaway Utility Poles	17.7
5	Remove Obstacles	10.7
6	New Traffic Signals	8.5
7	Upgrade Guardrail	8
8	New Median Barrier	7.6
9	Upgrade Guardrail	7.5
10	Upgrade Traffic Signals	7.4
11	Upgrade Bridge Rail	6.9

1. Illumination 26.8

3. VR 관련 기술 동향

가. 국내 운전시뮬레이터 기술 동향

○ [도로교통공단] 국내에 연구목적으로 운전시뮬레이터가 처음 도입된 사례는 2004년 도로교통공단 교통과학연구원에서 도입한 ROTA-DSⅡ모델임. ROTA-DSⅡ 시스템은 대우자동차의 레간자 외형의 Full-Cabin 방식이며 6축 모션플랫폼 방식으로 제작되었고, 구성 소프트웨어로 SCANeR Studio 프로그램이 적용되었으며 운전자의 인간공학적 요인 연구수행을 위해 안구추적장치(FACELAB) 및 바이오팩 장비와 연동할 수 있음. ROTA-DSⅡ를 활용하여 현재까지 졸음운전, 음주운전, 운전 중 주의분산 등 인적요인에 관한 연구가 총 26건 수행되었음.

○ [기타기관] 도로교통공단의 사례 이후 교통안전분야의 유관 기관들이 연구개발의 목적으로 본격적으로 운전시뮬레이터를 도입하기 시작했으며 한국자동차부품연구원, 한국건설기술연구원, 교통안전공단, 한국도로공사, 한국교통연구원 등이 최근까지 연구용 시뮬레이터를 도입·운영한 바 있음. 현재 각 기관에서 도입하여 운영중인 시뮬레이터들은 대부분 최대 6축 모션플랫폼을 적용하였고 전체 차량 외관을 갖추고 있는 Full-Cabin 방식을 따르고 있음. 최근에는 차량의 앞좌석 부분만을 적용하여 소형화 하고 모션플랫폼만 적용한 Half-Cabin 방식도 존재함. 교통안전분야 유관기관 외에도 서울대학교, 서울시립대학교, 부산대학교 등 대학들도 연구개발 목적의 소형 운전시뮬레이터들을 보유하고 있으나 일부에서는 모션플랫폼이 적용되지 않은 영상 기반의 시뮬레이터를 운영하고 있어 전체적인 운전시뮬레이터의 개발 수준이나 성능은 기관 보유 시뮬레이터에 미치지 못하는 것으로 판단됨.

나. 국외 운전시뮬레이터 기술동향

○ [NADS(National Advanced Driving Simualtor)] 미국 아이오와 대학의 연구용 운전시뮬레이터인 NADS는 대형 유압식 6자유도 운동플랫폼에 360의 회전테이블(yaw table)과 가진기, 종·횡방향 레일 등 최고 성능의 시뮬레이터에 필요한 요소를 모두 갖추고 있음. 기기의 성능수준 만큼 운용 노하우역시 오랜 경험을 바탕으로 축적되어 세계 최고 성능으로 평가받고 있으며 필요에 따라 차량 캐빈을 1시간 이내 교체할 수 있는 특징도 갖추고 있음. NADS의 대표적 운영사례를 보면 무선음성 통신장치와 운전자 주의분산의 관계분석 연구, 주행 중 타이어 파손에 따른 운전자 행동평가, 초보운전자의 위험성 평가, 선글라스 착용·약물 투약 등과 같은 다양한

요인에 따른 운전자 행동 변화 및 위험도 평가 등 주로 인적요인의 분석에 초점을 두고 있으며, 최근에는 첨단차량 시스템에 대한 운전자의 적응도·수용도 등 차량 장비와 운전자의 상호작용 등도 연구 중임.

분야	연구내용 및 범위
운전 중 주의분산	무선 음성통신장치와 운전자 주의분산의 관계
운전자 행동분석	타이어 펑크에 따른 운전자 행동평가 초보운전자의 위험도
약물복용과 운전장애	선글라스 등 안과 관련 부착물에 따른 운전자 인지평가 약물투약에 따른 운전자 행동분석
첨단차량 시스템	ESC 효과분석 및 운전자 적응도 및 수용도 평가 새로운 차량인터페이스에 대한 운전자 적응도 평가 차로 변경 중 충돌방지장치의 효과 및 운전자 적응도 평가

○ [Benz 社 운전시뮬레이터] 대형 차량제조사 중 하나인 독일 벤츠의 운전시뮬레이터는 1985년도에 최초로 개발되었고, 이후 2000년대에도 지속적으로 컴퓨터 시스템 업그레이드가 이뤄지고 있으며 현재까지도 가장 대표적인 운전시뮬레이터 중 하나임. 벤츠의 운전시뮬레이터는 대형 유압식 6자유도 운동플랫폼에 횡방향 레일을 최조로 도입한 사례이며 이 외에도 HMI평가나 인간공학 분야의 연구를 위한 별도 시뮬레이터도 구축하고 있음. 이 시뮬레이터를 활용한 대표적 연구사례로는 긴급제동보조장치(Brake Assist System; BAS) 조향보조장치(Steering Assistant System) 등 최신 차량 안전장치의 효과평가 등이 존재함.

분야	연구내용 및 범위
제동지원시스템(BAS) 개념 평가	위급 제동시 운전자의 페달반응 확인 실험을 통해 BAS 개발 기초자료 제공 및 개념 도입에 기여
BAS의 보행자 보호 효과평가	BAS 장착에 따른 보행자 충돌사고 48% 감소 확인
BAS Plus 효과평가	기존 BAS 대비 사고율 60% 충돌속도 40% 감소효과 확인
조향보조시스템(SAS) 사용성 평가	SAS 시스템의 운전자 사용성 및 적응성 평가
Drive by Wire 사용성 평가	Drive by Wire 시스템의 운전자 사용성 및 적응성 평가

○ [Ford 社 - VIRTTEX(Ford's Virtual Test Track Experiment)] 미국의 포드 社에서는 주로 운전자의 행동 및 반응실험에 활용하고 있으며 차량 설계 엔지니어의 교육에도 활용하고 있음. 특히 차량 동특성을 고려한 모션플랫폼 설계로 일반적인 시뮬레이터에서 느껴질 수 있는 이질감을 줄이고자 시도하였고, VIRTTEX를 활용한 사례로는 차량의 전방추돌경고시스템(Foward Collision Warning; FCW) 개발이나, 운전 중 주의분산에 관한 연구, 졸음운전의 영향 및 위험성 연구 등 운전자 인적요인에 대한 연구와 차량 인테리어 및 구동장치의 설계 적용 등이 있음.

분야	연구내용 및 범위
전방추돌방지시스템(FCW) 개발	FCW 타이밍 결정 관련 기초 연구 충돌상황에서의 운전자 제동 및 조향판단 연구
운전 중 주의분산	젊은 운전자가 나이 많은 운전자 대비 운전 중 멀티태스킹 능력이 저하됨을 확인
졸음운전의 영향	운전 중 졸음 방지시스템 개발
기타	인체공학적 개념에 따른 차량 인테리어 설계 4륜구동 차량의 트랙션 컨트롤, 서스펜션 기하학 등

4. 자율주행 시스템 연계 차선 인식 기술동향

○ 최근 자동차 산업은 IT 기술을 접목하여 운전자에게 편의를 제공하기 위한 운전자 보조 시스템에 관한 연구가 진행되고 있다. 차량에 장착된 다수의 Radar를 통해 전방의 차선을 센싱하여 차선을 효과적으로 인식하는 방법이 있음.

○ 하지만 이러한 방법의 경우에는 주로 고비용의 센서가 고급 차량에서만 장착되어 상용화가 되는 단점을 가지고 있으며, 블랙박스 또는 차량 전방의 카메라를 통해 경계를 인식하는 방법이 있음.

○ Tesla사에서는 자율주행을 위한 차선 인식을 Lidar를 사용하지 않고, 다중 카메라 기반기술을 통한 인식 기술을 상용차에 적용하여, 판매하고 있으나 지속적인 오작동으로 인해 인명피해가 발생하고 있어, 카메라를 이용한 차선 인식 기술의 진일보가 요구 됨.

중앙일보

"테슬라 사고, 태양 역광 탓" … 자율주행차 또 날씨 오작동

[중앙일보] 입력 2018.04.10 01:07 종합 8면 지면보기

주요 자율주행차 사고

일시	관련 기업	사고 내용
2016년 2월 14일	구글	자율주행차의 과실로 시험 주행 중 버스와 접촉사고
2016년 5월 7일	테슬라	대형 트레일러와 충돌, 첫 운전자 사망사고
2017년 11월 8일	나브야	자율주행셔틀, 실주행에서 트럭과 접촉사고
2018년 3월 18일	우버	교차로 건너던 행인 치어 첫 보행자 사망사고
2018년 3월 23일	테슬라	고속도로에서 중앙분리대를 들이받아 운전자 사망

주요 자율주행차 사고

그림 84 자율주행시스템 차선인식 한계에 따른 사고

○ 차선 검출 시스템은 차량의 차선 단위의 측위를 가능케 하며 차선 유지 제어에 필요한 신호를 전달한다는 점에서 상당한 정확도가 요구됨.

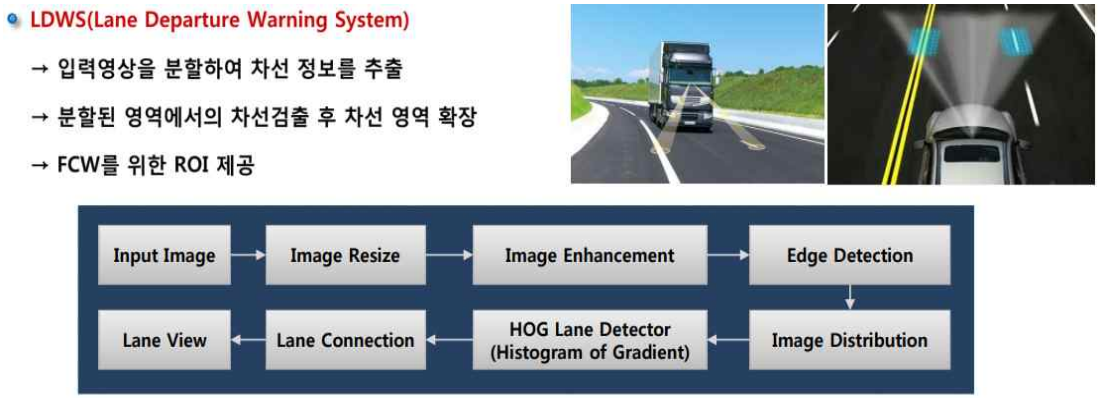


그림 85 카메라 기반 차선인식 알고리즘

○ 카메라기반 차선 인식기술은 주로 단거리용, 장거리용 두 가지 이상의 카메라 시스템을 복합적으로 이용하며, 최근 들어서는 야간 시인성을 개선하기 위해 SWIR 영역 또한 적극 활용되고 있음. 이렇게 입력 한 영상을 분할하여, 차선 정보를 추출하고, FCW를 위한 ROI를 제공하는 방식을 채택하고 있음.

○ 성능 자체의 한계를 보완하기 위해 센서 이용을 다변화하는 연구로 라이다(LiDAR)를 이용한 방법과 다중카메라(AVM, Around View Monitor)를 이용하여 차선을 검출하는 방법이 제안됨.

○ 모빌아이는 세계 ADAS 프로세서의 70%가량을 점유, 모빌아이는 ADAS 프로세서 '아이큐(EyeQ)4' 출시, 완전주행을 지원하는 '아이큐5'는 2020년을 목표로 개발 중임.

그림 86 차량 영상 인식 관련 국내외 대표기업

○ 국내 차선인식 및 자율주행 카메라 기술의 대표적인 기업인 PLK 테크놀로지에서는 현재 2018년 유로 NCAP에 따른 버추얼 라인(가드레일이나 중단된 차선) 인식기능을 갖춘 제품을 시판하고 있음.

4절 논문 및 특허 분석

1. 외부자극 감응 기술 관련 논문 동향

가. 분석개요 및 목적

○ 조사범위 : 1990년~2017년

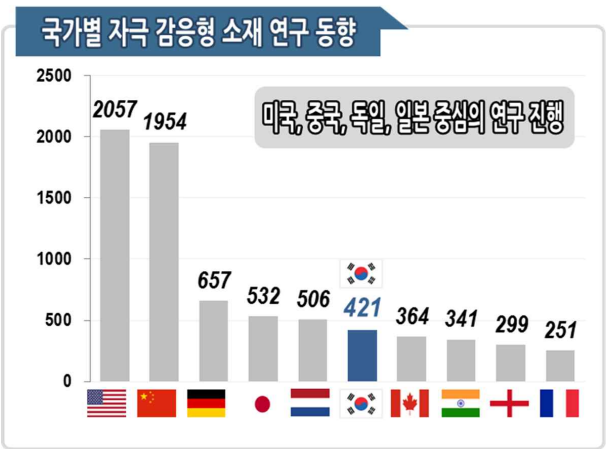
○ 국내/외 논문검색 : 논문 검색 전문사이트(SCOPUS), 논문 데이터베이스 (Web of Science)

○ 조사항목 : 국가별/연도별 논문수 및 인용횟수에 대한 조사를 실시하고, 소재별 연구 동향 분석

○ 분석목적 : 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하는 것을 목적으로 함,

나. 국내·외 논문 동향

□ 자극 감응형 소재 연구 동향



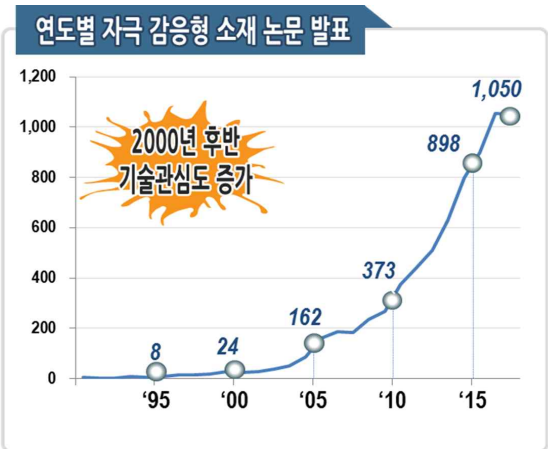


그림 87 국가별 연도별 연국동향 (1990~2015년)

○ 일부 선진국 지두로 소재개발이 이루어지고 있음, 특히 미국과 중국이 연구를 주도적으로 이끌어 나가고 있음.

- (미국) 신규 소재기술 중심의 연구개발 및 바이오, 약물전달 분야 적용에 중점 (나노재료 활용 기술)
- (중국) Chinese Academy of Science (CAS, 376편) 를 중심으로 고분자소재 원천기술 개발
- (독일)다양한 응용분야 중심의 소재개발 (열경화성 스마트 소재, 형상기억 스마트 소재)

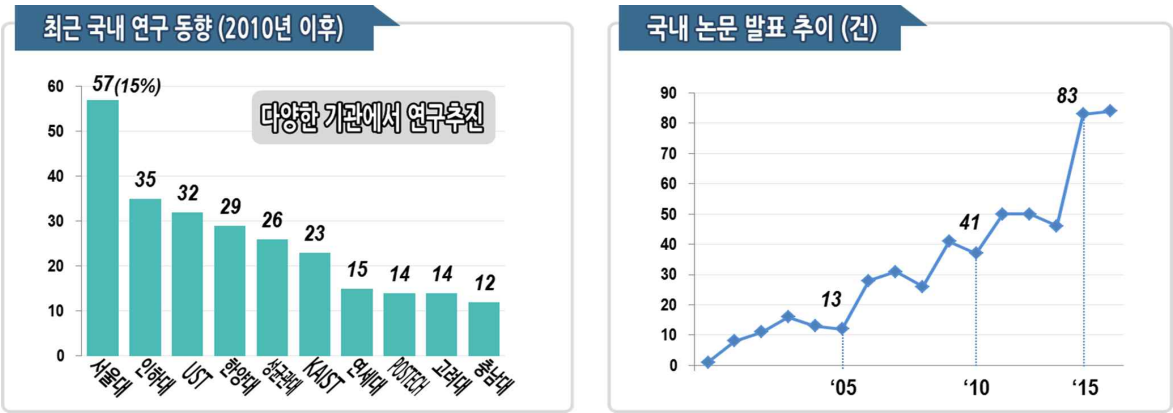


그림 88 국내 관련 기술 연구 동향

○ 2010년 이후 국내 다양한 기관에서 연구가 광범위하게 진행 되고 있음 (25개 기관에서 10개 이상의 논문 발표)

○ KISTI 선정 10대 미래유망기술로 선정하여 정부에서 지원을 확대되고 있으나, 전자재료, 바이오소재 쪽에 집중되어 있음.

그림 89 외부자극 감응 재료 연구 동향

○ (광 감응 재료) 잔광시간이 긴 광자극 감응 소재의 경우, 1996년 $SrAl_2O_3$ 계열의 재료가 보고된 후 희토류 부활제를 이용한 발광 휘도 및 잔광 시간 개선에 관한 연구가 지속적으로 이루어짐.

○ (온도 감응 재료) conjugated polymer의 발견으로 유기물의 온도에 따른 변색특성에 관한 다양한 연구가 이루어 짐. 특히 고분자 결정 구조 분석 기술의 발달로 변색의 원리가 규명되고, 현재까지도 연간 1,000 건 이상의 신규 논문이 발표되고 있음.

○ (수분 감응 재료) 수분 감응 재료의 경우 대부분 CuBr 또는 셀롤로스 기반의 이중층 구조를 사용한 것에서 탈피하여, 물과의 반응 및 상호작용 변화를 통한 새로운 형태의 재료들이 최근에 보고되고 있음.

다. 외부자극 감응기술 관련 국내·외 논문 분석

□ 광자극 감응 소재 연구

○ 1996년 Nemoto 사의 Murayama 팀에서는 기존의 BaS, ZnS와 같은 물질에서 탈피하여, $SrAl_2O_4:Eu^{2+},Dy^{3+}$ 물질을 보고함. 이 물질의 경우 기존의 물질과 다르게 10시간이상의 잔광시간을 가지며, 사람들의 많은 관심을 얻어 이 분야 연구를 활성화시킴.

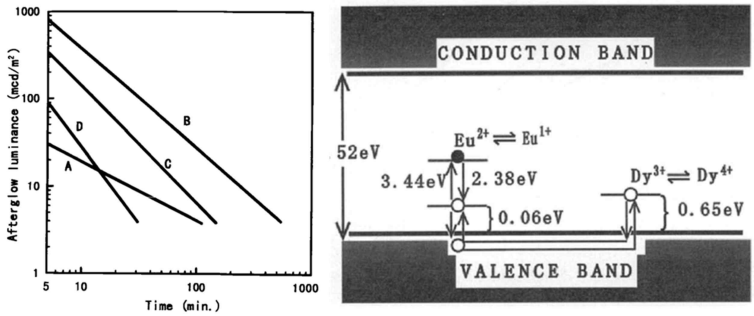


그림 90 10시간 이상 잔광시간을 가지는 $SrAl_2O_4:Eu^{2+},Dy^{3,}$ Murayama et al (1996)

○ 2001년 칭화대의 Zhang 팀에서는 disilicate가 도핑된 $Sr_2MgSi_2O_7:Eu^{2+},Dy^{3+}$을 보고하였고, 이를 통해 다양한 무기 원소들의 첨가를 통한 발광시간 및 파장이 조절 가능함을 보임.

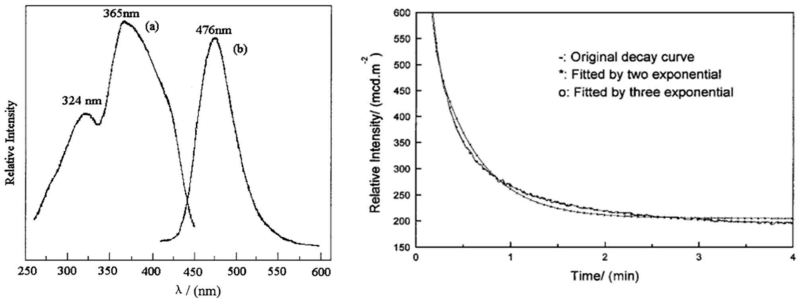


그림 91 10시간 이상 잔광시간을 가지는 $SrAl_2O_4:Eu^{2+},Dy^{3,}$ Murayama et al (2001)

○ 2005년 프랑스의 T. Le Mercier 팀에서는 $SrAl_2O_4$-Eu^{2+}에서 희토류 부활제를 잔광시간 증가에 대한 메커니즘을 규명하였음. Dy^{3+}가 $SrAl_2O_4$-Eu^{2+} 결정의 defect에 들어감으로서, electron trap의 수를 증가 시켜 발광 시간을 증가시킴을 증명함.

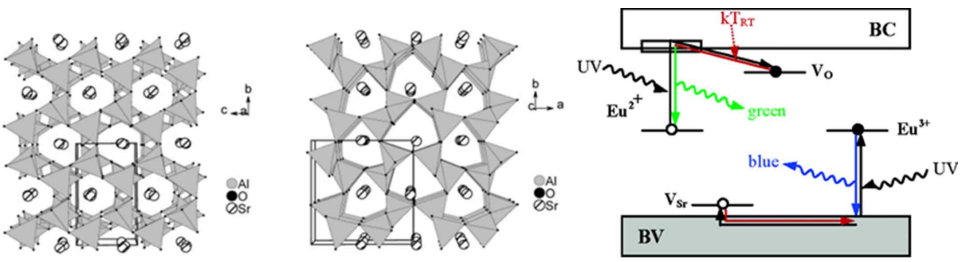


그림 92 잔광시간 증가 메커니즘 Merceier et al (2005)

○ 2012년 조지아대학의 Liu 교수팀에서는 $Zn_3Ga_2Ge_2O_{10}$:0.5%Cr^{3+}를 이용하여 650~1000nm 까지의 빛을 방출하는 물질을 Nature Material에 보고함. 이 물질은 최대 360시간 까지 발광을 지속하고 짧은 시간의 햇빛 노출에도 2주 이상 활성화 되는 특징을 가짐. 또한 NIR 파장의 발광으로 바이오 센싱으로 활용 가치를 극대화 함.

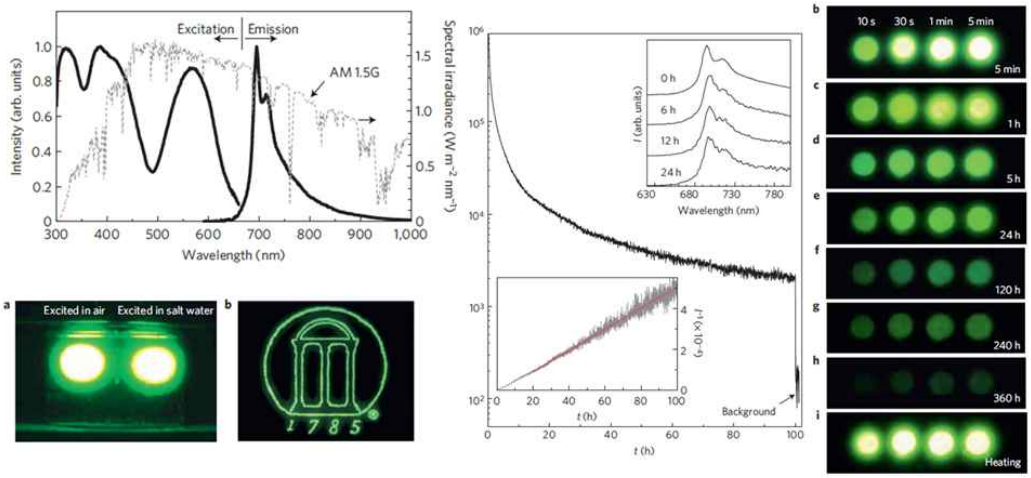
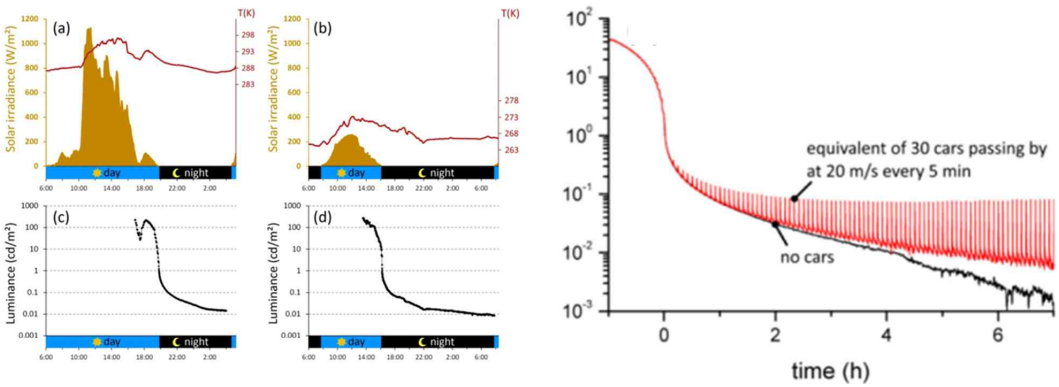


그림 93 NIR 영역 까지 발광 하는 $Zn_3Ga_2Ge_2O_{10}$:0.5%Cr^3, Liu et al (2012)

○ 2015년 벨기에 Ghent University의 Smet 팀에서는 $SrAl_2O_4$:Eu^{2+},Dy^3 의 실제 야외 적용에 관한 조건에 관하여 연구함. 현재 까지 온도에 따른 발광시간의 영향 및 도로 적용을 위한 한계점 및 가능성을 분석함.



○ 국내 평화엔지니어링에서는 “도로의 야간 교통사고 저감을 위한 야광형 포장노면표시 기술개발의 적용성 연구“ 논문을 통해 국내외 광자극 소재의 적용 사례 검토 및 교통사고 통계를 분석하여 야간 교통사고 특성을 분석 및 사고저감을 위해 야광 노면표시 기술의 도로 환경 적용 방안을 제시함.

○ 또한 같은 연구팀에서 “도로의 축광차선 도료 개발을 위한 축광안료 최적 배합비 산정에 관한 연구“ 논문을 통해 축광안료를 배합한 노면표시용 도료 개발을 위한 축광안료 최적 배합비에 대해 실험을 수행하여 축광 노면표시 성능 및 시공특성을 분석.

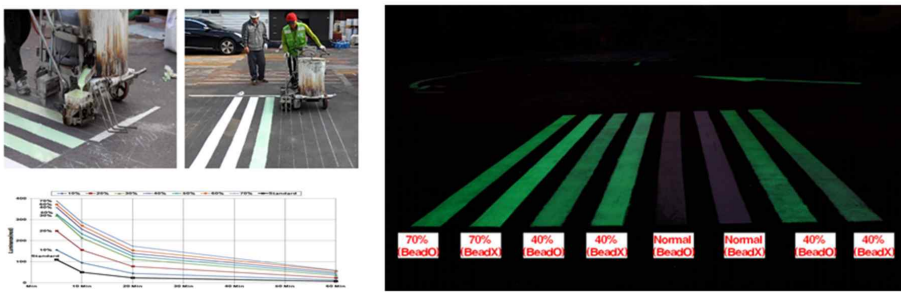


그림 94 축광안료 배합에 따른 노면표시 성능 시험

□ 온도 감응 소재 연구

○ 온도 감응형 소재의 경우 매년 1,000 건 이상의 신규 논문이 발표되고 있으나, 본 과제에 활용하고자 하는 저온에서 감응하는 재료는 제한적임.

○ 2006년 독일의 Gutlich 교수팀에서는 상온에서 변이 가능한 액정형 물질을 발표하였음.

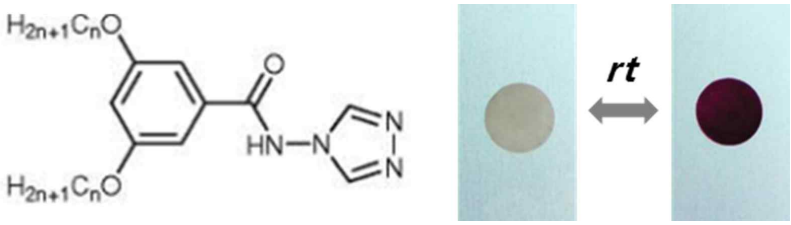
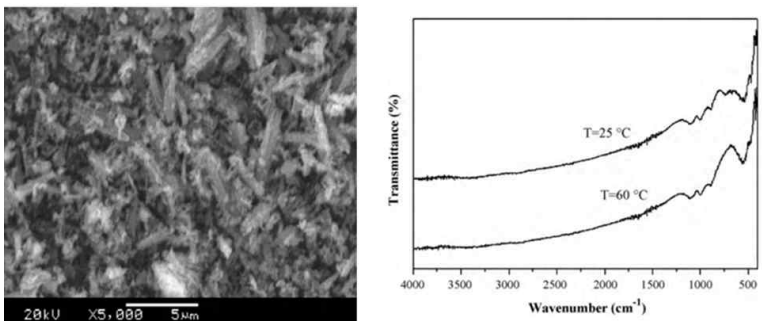


그림 95 3,5-dialkoxy-N-4H-1,2,4-triazol-4-ylbenzamide를 활용한 저온감응 재료, Gutlich et al (2006)

○ 2010년 Dalian 대학 Ning 교수팀에서는 기존의 VO2에 tungstem 도핑을 통하여 VO_2 의 열감응 온도를 69.5℃에서 37.8℃ 까지 낮추는데 성공함. 이를 통해 기존 무기물도 결정 구조 조정을 통해 더 낮은 온도에서 감응 할 수 있음을 증명함.



○ 2014년 모스크바 대학의 Bashev 교수팀에서는 carbocyanine을 이용하여 저온에서 변색 가능한 물질을 개발하여 스마트 패키징으로 활용 가능한 시스템을 보고함.

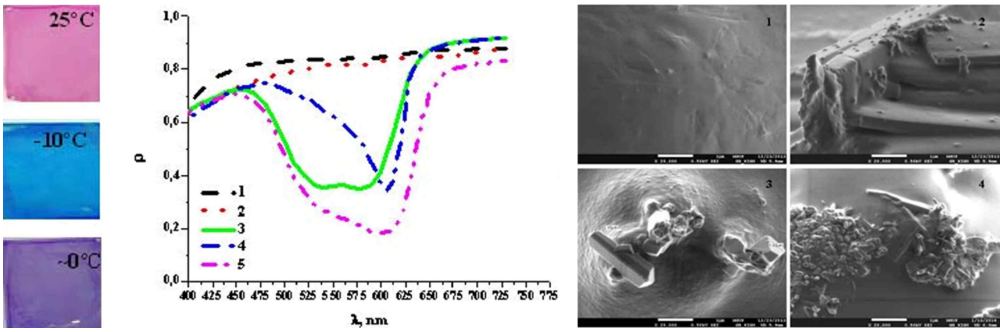


그림 96 carbocyanine의 저온 변이 특성. Bashev et al (2014)

○ 2013년 한양대 김종만 교수팀에서는 diaectylene에 NCO 그룹을 도입하여 11℃부근에서 색변화가 일어나는 물질을 보고하였음.

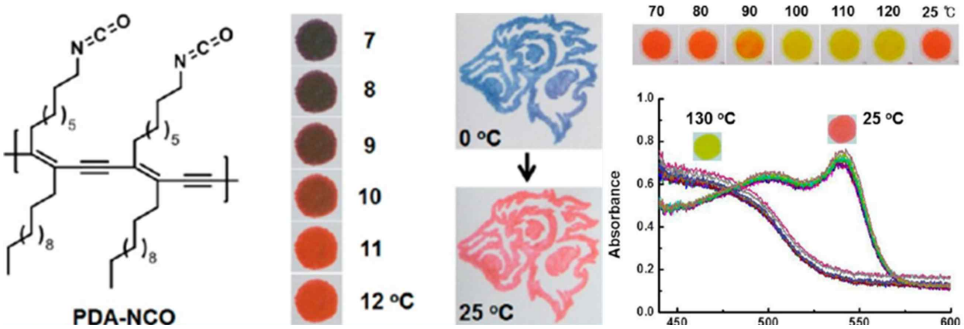


그림 97 NCO-DA의 저온 변이 특성. Kim et al (2013)

○ 같은 연구팀 2016년에서는 저온 감응 가능한 polydiaectylene 재료를 보고하였음. 알킬체인의 길이에 따라 결정 전형 온도를 5~30℃ 까지 자유롭게 제어 가능함을 보였음.

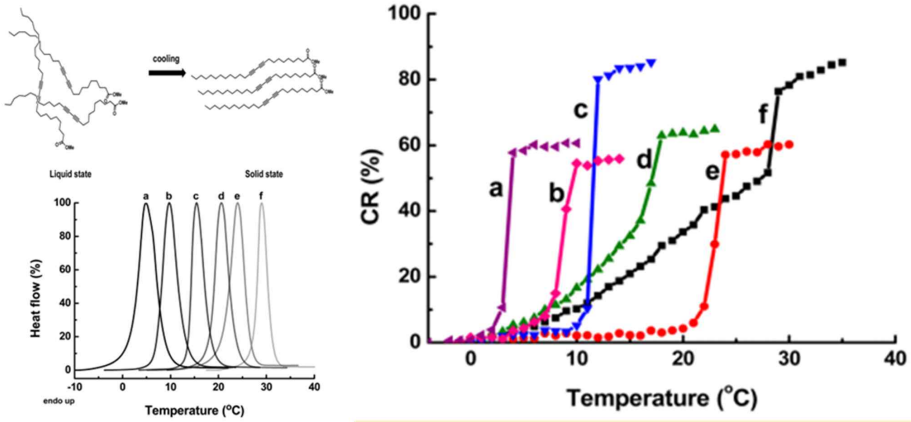


그림 98 DA의 알킬체인 및 수소결합에 따른 변이 특성 조절, Kim et al (2016)

○ 2014년 케이스 웨스턴 리저브 대학교의 Yu 교수팀에서는 아스팔트에 열변색 도료를 코팅하여 온도에 따른 도로의 차열효과 증대를 통해 열섬현상 저감을 연구함.

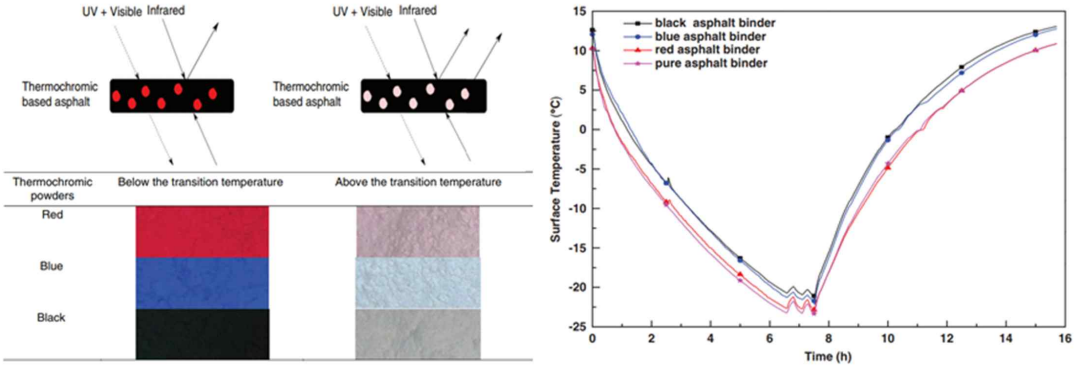


그림 99 아스팔트와 열변색 도료 복합화 연구 Yu.et al.

○ 온도 감응형 염료는 가역적 및 비가역적으로 나뉘며, 비가역적 염료는 과거 산업용으로 많이 사용 했으나 현재 많은 연구자들이 가역적 온도 감응형 염료를 발전시키고 있으며 이를 접목시키기 위한 방법으로 마이크로 캡슐화기술 또는 프린팅 기술 등을 개발하고 있음. 가역적 염료의 재료는 점점 다양해지고 있는데 기존의 대표적인 fluoran계 염료 외에 PDA기반의 염료, stilbene계 감온색소와 PVDF의 복합체등 여러 물질들이 발견되고 있음. 온도 감응형 염료는 온도에 따라 색 변화가 육안으로 확인 가능하므로 패션, 기능성 의류, 생활용품, 열 확인용 라벨지, 인테리어 등에 적용 되고 있으며, 앞으로 각종 분야에서 적용 가능성을 가짐.

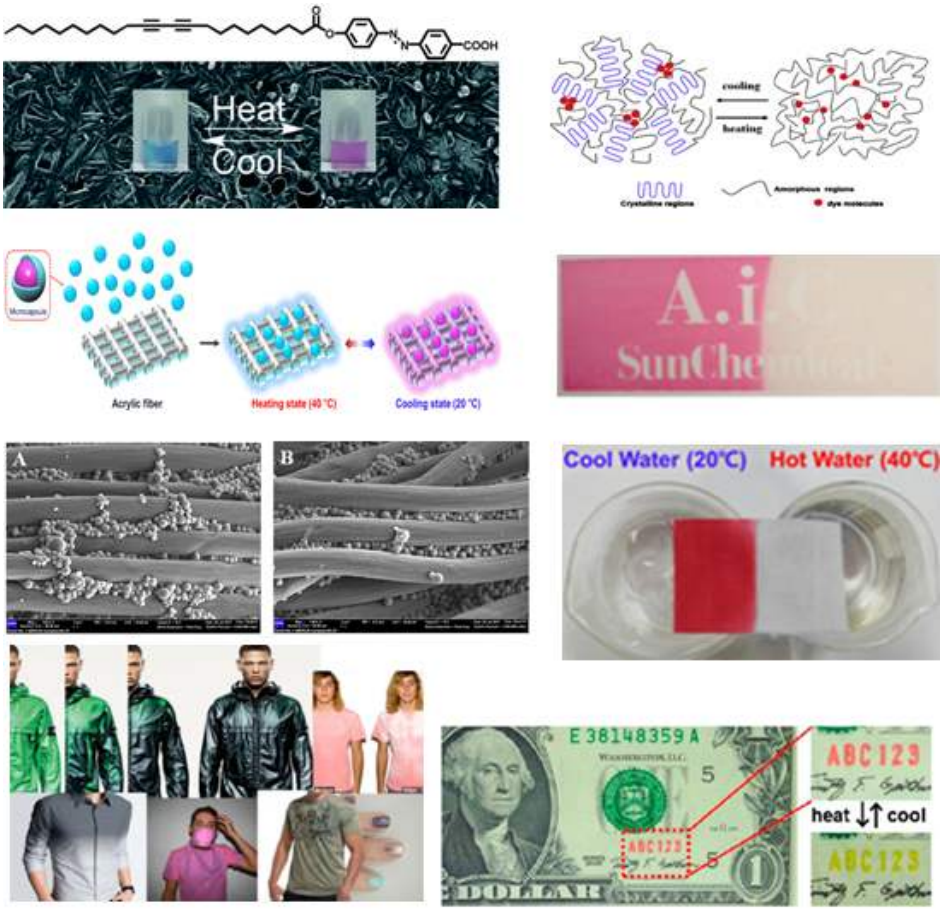


그림 100 온도자극 감응 기술 및 적용 사례

□ 수분 감응 소재 연구

○ 수분 감응 재료의 경우 수분선택성의 구현의 어려움으로 인해 많은 연구가 진행되지 못하였으나, 최근 들어 boronic ester와 DA분자를 이용한 수분 감응 재료 연구가 시작되고 있음.

○ 2014년 히로시마대 Ohshita교수팀에서는 안트라센과 boronic ester 결합을 가지는 신규 구조체를 이용해 수분에만 색이 변하는 염료 개발하였음. 이 염료의 경우 수분 선택성이 매우 우수하여, 유기용매 내에 미량의 잔존 수분 검출에 유용함이 보고되었음.

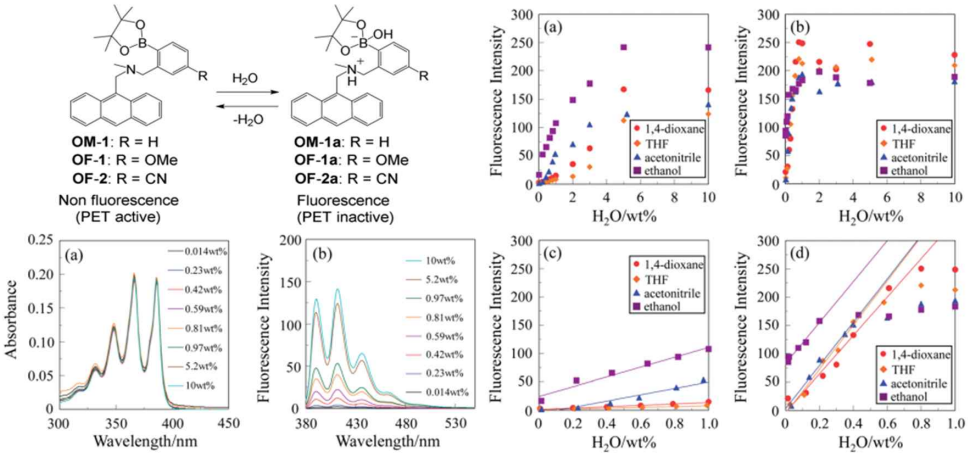


그림 101 boronic ester의 산화/환원 반응을 통한 수분 감응재료, Ohshita et al (2014)

○ 진린대 Zhang 교수팀에서는 기존의 물질과 달리 투명한 상태에서 물과 접촉하였을 때 다양한 색이 발현되는 물질을 설계하였고, 이를 잉크가 필요 없는 waterjet 프린팅을 통해 시연함으로써 친환경 정보 시각화 소재로서 적용 가능성을 보임.

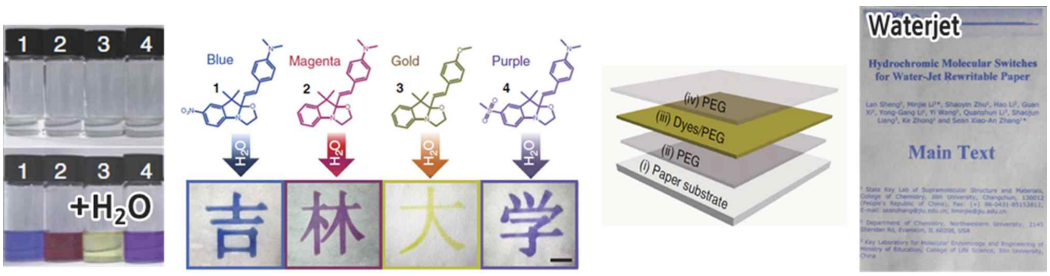


그림 102 수분 변색 안료 실생활 적용

○ 2016년 한양대 김종만 교수팀에서는 diaectylene에 친수성 imidazolium ion 그룹을 도입하여 물에 의해 색변화가 일어나는 물질을 보고하였음. 이물질의 경우 반응성이 매우 민감하여, 땀샘 지도에도 활용 가능함을 보임.

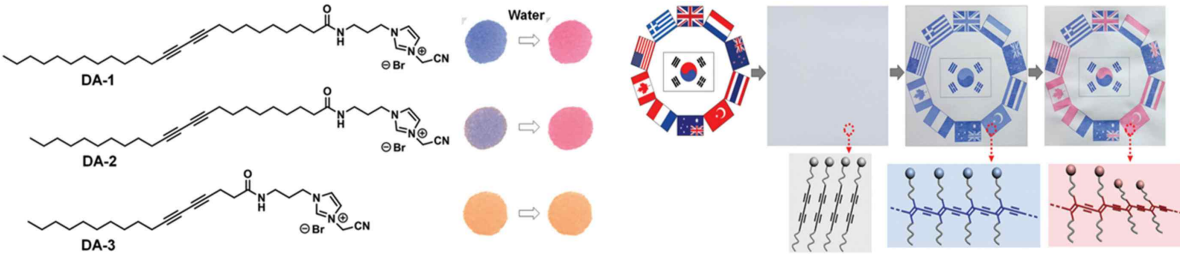


그림 103 DA 분자를 활용한 수분변색 고분자 설계, Kim et al (2016)

○ 2017년 싱가포르대학 Tan 교수팀에서는 부산대 장준경 교수팀과 공동연구를 통해 DPP 염료의 자기조립 현상을 이용하여 rewritable한 잉크 적용을 보고함.

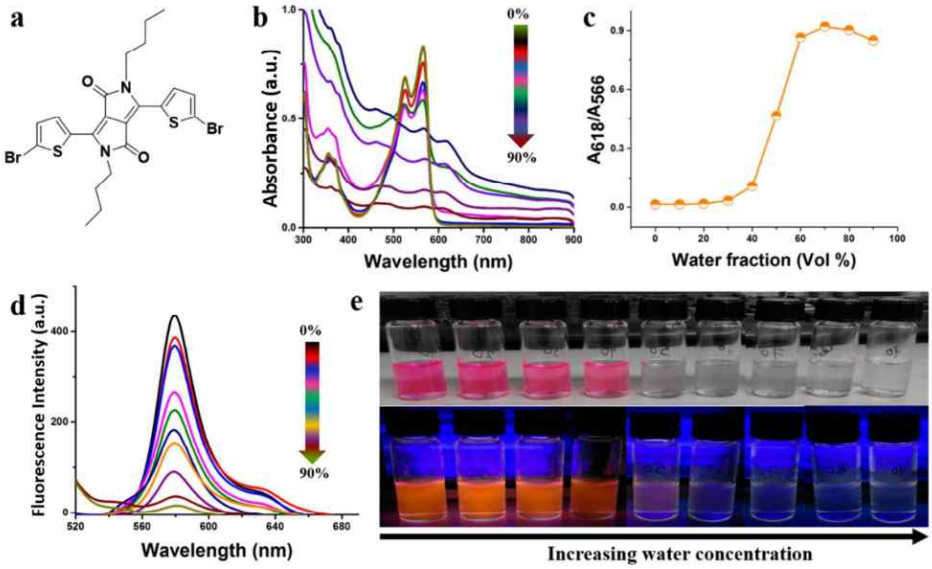


그림 104 DPP 단분자를 활용한 수분변색 분자 설계, Tan et al (2017)

○ 2017년 독일 뷔르츠부르크 대학 Wurthner 교수팀에서는 perylene에 squaric acid를 도입하여 intramolecular interaction조절을 통한 수분 변색 특성을 보고하였음.

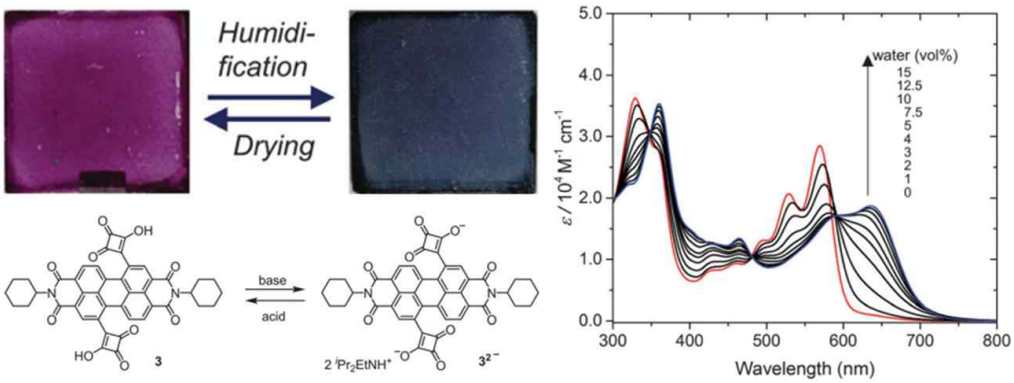


그림 105 perylene에 squaric 를 활용한 수분변색 분자 설계, Wurthner et al (2017)

○ 현재 많은 연구자들이 수분 감응형 염료의 가변적 발색을 다양화 시키고 많은 응용분야에 접목시키기 위해 집중하고 있음. 현재 소개되고 있는 연구동향은 기존의 물질과 달리 투명한 상태에서 물과 접촉하였을 때 다양한 색이 발현되는 물질을 설계하였고, 이를 waterjet 프린팅을 통해 시연하는 것이 제안되고 있음. 또한 최근에는 재료를 가열시키면 다시 사용할 수 있는 프린팅소재 및 적용기술을 연구하여 친환경 정보 시각화 소재로서 적용 가능성을 나타내고 있음. 그리고 다른 용도의 water contents detection, humidity sensor, sweat pore mapping 등으로 확대된 다양한 응용분야로 연구되고 있음.

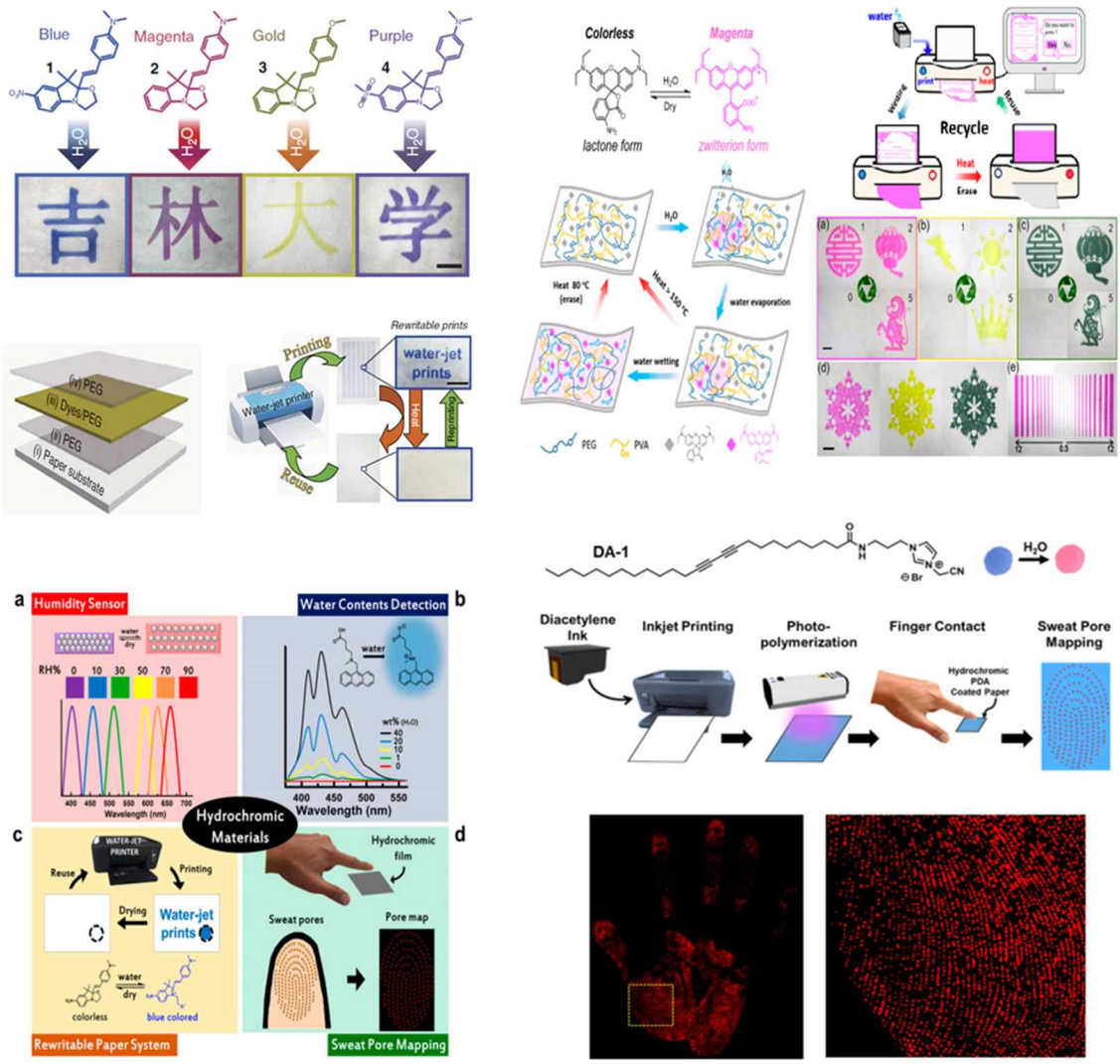


그림 106 수분자극 감응 기술 및 적용 사례

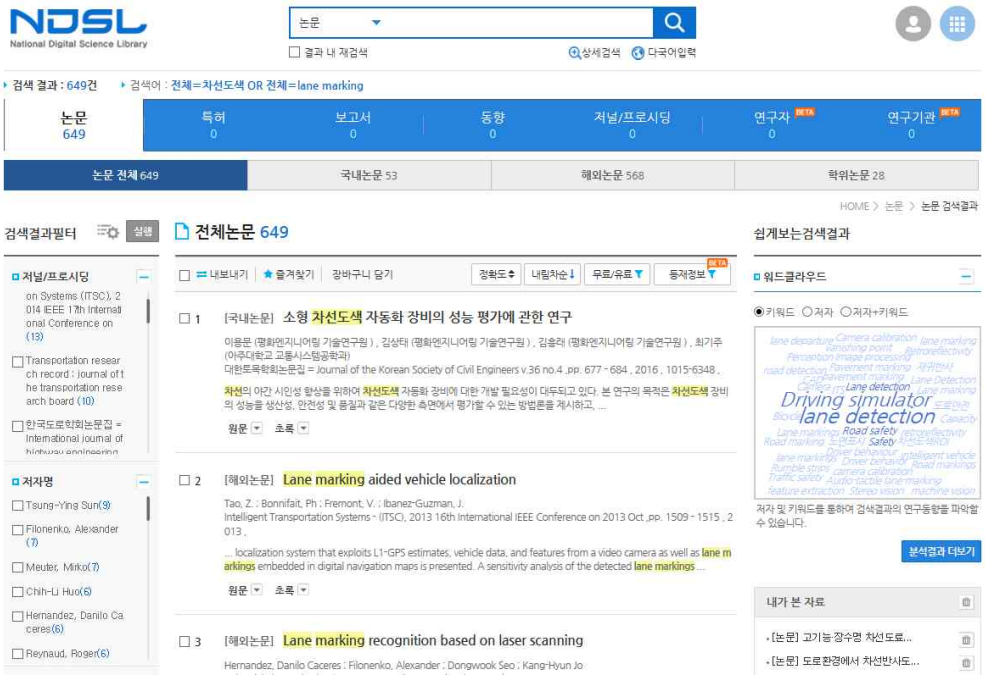
2. 도로 시인성 기술 관련 논문 동향

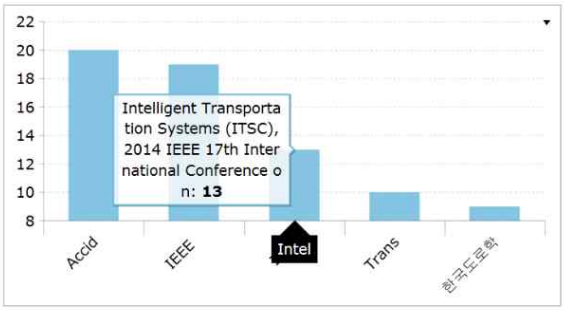
가. 분석개요 및 목적

○ 도로 차선 및 도색과 관련된 논문은 총 649건이 검색되었음(국내 53건, 국외 568건, 학위논문 28건)

○ 1968년부터 관련 논문이 발행되었으며 2003년부터 급속히 증가하는 추세임

○ 차선 도색 방법과 장비, 시인성 관련 논문이 많이 검색되었으며 최근에는 자율주행 차량과의 연계에 있어서 차선 인식률을 높이는 연구가 자동차 산업 분야에서 활발히 진행되고 있음을 확인.





나. 국내·외 논문 동향

□ 도로환경에서 차선반사도 성능의 영향변수에 따른 특성

○ 차선반사도의 성능은 교통사고 감소와 교통용량, 차량속도의 일정 유지와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있으며 전국의 시간적, 공간적으로 샘플링된 차선반사

도 데이터베이스 자료를 이용하여 차선 반사도 성능의 영향변수별 특성을 연구

○ 현재 영향변수별로 관측된 차선반사도가 인간공학적인 최소반사도와 차이가 있으므로 최소치와 관찰차이를 줄일 수 있는 개선형 인간공학연구나 재료시험연구 필요

○ 영향변수의 하나인 교통량이 많은 곳에서 관측된 차선반사도의 감소가 심하므로 그 적정유지방법에 대한 연구 필요

○ 영향변수의 하나인 재료적 특성 성능과 인간공학적 최소반사도 성능이 차이가 나므로 재료별 차별적 사용방법 검토

○ 관찰된 차선반사도의 영향변수별 표준편차가 매우 심하며 일관성 있는 유지 관리 방안 필요

□ 고기능·장수명 차선도료의 교통사고 감소효과 분석

○ 광원이 없는 야간이나 비가 오는 날에 차선이 잘 보이지 않아 사고위험이 크게 증가하고 있는 가운데, 한국도로공사에서는 교통안전성을 높이기 위해 경부고속도로 판교~대전에 고기능 장수명 차선도료를 시범 적용

○ 하지만 이러한 고기능 장수명 차선도료에 대한 실질적인 연구가 부족했으며 본 연구에서 고기능 장수명 차선 도료에 대한 소개 및 설문조사에 기반한 기술통계분석과 고기능 장수명 차선도료의 사용에 대한 시범 설치 구간의 사고 자료를 분석

○ 설문조사 결과 시범적용에 대한 긍정적인 응답이 87%이상으로 높은 만족도를 보였고 설치 전 62건에서 설치 후 48건으로 사고 감소 효과의 증진이 있는 것으로 확인, 경험적 베이즈 방법 분석 결과, 약 41.7%의 교통사고 감소효과

□ 고속도로 시설물별 차선반사도 다양성 연구

○ 차선의 주요성능인 차선 반사도는 도로의 기하구조 특성, 차선재료, 교통량, 일기, 환경 요인 등 다양한 요소에 의해 영향을 받으며 그 결과 차선은 영향을 받은 정도에 따라 각기 다른 반사성능을 나타냄

○ 공용중인 고속도로에서 차선의 반사성능 감소가 심할 것으로 예상되는 특정 기하구조 및 시설물 구간의 차선반사도 증감의 특성을 확인하여 밝히는 데 그 목적이 있으며 현행 최소차선반사도 기준과 비교하여 차선 반사도의 기하구조 또는 시설물 구간에 따른 차별적 관리가 필요하다고 주장

○ 데이타 분석을 위해 중부고속도로 하남 JCT-남이 JCT 구간에서 황색실선. 백색점선의 차선 반사도를 측정한 결과, 곡선구간, 오르막구간, IC 램프구간, 터널구간에서 차선반사도가 상대적으로 낮게 측정되었으며 차선반사도의 기하구조 및 시설물 구간에 따른 차별적 적용 및 관리의 필요성 제시

3. 운전시뮬레이터 기술 관련 논문 동향

가. 운전자 인적요인 및 오류행동 분석

○ 운전시뮬레이터를 활용한 연구의 대부분은 위험상황 발생의 원인 분석과 관련 사고의 예방기술 확보를 목적으로 하고 있음. 대부분의 교통사고 발생원인은 운전자의 오류 때문이므로 운전시뮬레이터 활용 연구의 대부분이 운전자의 운전행동(특히 오류행동)을 분석하는 데 주목적을 두고 분석을 실시함. 운전시뮬레이터에서 주로 다루는 종속측정치들은 기본적으로 조향, 속도, 가감속 행동 등 차량의 거동정보로 이뤄져 있으며 운전자의 행동을 차량 거동정보를 통해 해석하였음. 우리나라에서 최근 운전시뮬레이터를 이용하여 운전자의 인적요인와 오류행동을 분석한 연구사례들은 운전 중 발생할 수 있는 피로(졸음)이나 운전자의 주의분산 등에 초점을 두고 있으며, 최근 들어 졸음운전에 의한 대형교통사고가 사회적 문제로 대두되고 있고 이 외 교통사고의 주요 원인으로 작용하는 운전자의 부주의 행동에 대한 학술적 관심 역시 높은 상태로 현장에서 실차를 통해 수행하기 위험한 연구들을 운전시뮬레이터를 활용하여 수행하고 있는 실정임.

표 36 국내 차량 시뮬레이터 관련 연구

연구자(년도)	연구제목
박동진, 이재식 (2014)	2D와 3D 디스플레이로 구현된 운전 시뮬레이션에서 운전자의 종적 차량통제 수행, 주관적 피로감 및 현실감의 차이
손준우, 박명옥 (2015)	Driving Simulator Validation for Cognitive Distraction Research
박민수, 이경훈, 김회용(2013)	생체신호인지기반 운전자 상태감지를 위한 시뮬레이터 개발에 관한 연구
정현빈, 양지현 (2014)	운전자 부주의 및 과부하 판단 알고리즘 기초 연구(차량시뮬레이터 실험 데이터 기반 차량 및 생체변수 효용성 분석)
김은정, 오영달, 박선홍 (2015)	주행시뮬레이터 기반 음주운전 판단 연구
류동운, 오영달, 박선홍 (2016)	증강현실 HUD 기반 전방차량 색상에 따른 운전자 인지반응 평가
이강희, 정낙탁, 백건희, 정충민, 서명원 (2016)	차량시뮬레이터를 이용한 음주 및 졸음 운전 데이터 패턴 분석
홍지언, 임준범, 송병근, 이수범 (2011)	차량시뮬레이터를 이용한 교통정보제공 유형에 따른 이용자 심리적 반응 및 만족도 평가에 관한 연구
이상로, 김중효, 이남용, 박영수 (2013)	차량시뮬레이터를 이용한 초보운전자의 잠재적 운전행동 분석

나. 차량 안전도 증진을 위한 응용 연구

○ 차량동역학 정보와 그래픽 품질의 향상은 실차환경을 가상환경으로 대치할 수 있는 조건을 충족시켰고, 이제는 실차실험이 반드시 필요한 경우라도 본 실험을 실시하기 전에 차량시뮬레이터를 이용한 사전실험을 거쳐 문제점을 파악하고 연구자들이 예상하지 못했던 오류를 사전에 차단하는 것이 일반적임. 특히 차량제조사 또는 차량 부착장치 개발 업체나 연구기관들은 운전시뮬레이터를 이용하여 새로운 제품의 성능을 테스트함으로써 실차실험에 소요되는 비용이나 위험부담을 크게 줄일 수 있음. 최근에는 교통사고 위험을 사전에 차단하기 위한 ADAS 시스템의 개발과 보급이 크게 늘어 이러한 제품의 성능을 시험하는 연구들이 운전시뮬레이터 활용한 연구 중 많은 부분을 차지하고 있고, 차량 안전도 증진을 위한 ADAS 제품들의 성능/안전성 연구는 필연적으로 자율주행차량 관련 기술로 연결됨. 자동차 업체들뿐만 아니라 IT 기업들 역시 자율주행차 관련 기술 분야에 뛰어들고 있으며 기술력 선점을 위해 경쟁이 치열한 상황으로 이러한 시장 환경에서 운전시뮬레이터는 새롭게 개발된 자율주행 자동차 기술을 시험해 볼 수 있는 좋은 환경을 제공할 뿐 만 아니라 아직 개발되지 않은 아이디어 차원의 자율주행 기술도 미리 성능을 검증해 볼 수 있는 환경제공도 가능해 매우 경제적임.

표 37 운전 시뮬레이터 활용 차량 안전도 연구

연구자(년도)	연구제목
오승용, 김경태, 유창호, 한갑수, 권대규 (2014)	운전자 정보전달을 위한 차량용 햅틱시트 연구
윤종민, 명성식 (2015)	차량시뮬레이터를 이용한 차량주행성능 예측 기법
이환희, 장민규, 한종철, 구태윤, 문진동 (2012)	차량주행시뮬레이터 기반 전방 충돌 회피 지원 시스템 평가 기술 개발
구태윤, 한종철, 장민규, 문진동, 우덕현 (2011)	차량주행시뮬레이터 기반의 LDWS 검증 기술 개발
장민규, 한종철, 구태윤, 장세인 (2013)	차량주행시뮬레이터 환경에서의 카메라 기반 DAS제품 검증을 위한 CIS 에뮬레이터 개발
이환희, 한종철, 구태윤, 장세인 (2013)	차량주행시뮬레이터 환경에서의 sensor-fusion 기반 AEB 성능 평가 기술 개발
김선우, 한종부, 김성수 (2016)	가상 무인 차량시뮬레이터를 이용한 영상 기반 무인 차량의 원격 조종성 연구
김선우, 신대희, 기선옥, 김성수 (2014)	가상 환경 및 6축 모션 시뮬레이터를 이용한 무인차량 영상 안정화 장치 시험
이용관, 곽기성, 박찬호, 정호운, 황성호 (2013)	가상환경을 이용한 지능형 자동차 주행 제어 알고리즘 개발
김선우, 한종부, 김성수 (2015)	영상 기반 원격 조종성 분석을 위한 가상 무인차량 시뮬레이터의 주관적 실험
김태수, 이종언, 김주영, 민경득, 변윤섭, 김영철 (2013)	자율주행차량의 장애물 인지 알고리즘을 위한 시뮬레이터 개발
유동연, 박찬호, 김영갑, 황성호 (2017)	자율주행차 시뮬레이터를 활용한 제한적 제어권 이양 알고리즘 개발

다. 도로교통안전시설 효과분석

○ 운전시뮬레이터는 운전자와 차량 및 차량구성 장치들에 대한 연구 외에 도로환경(도로시설 및 교통안전 시설 등)의 안정성 분석 연구에도 활용되고 있음. 교통사고 위험 감소를 위한 다양한 도로시설(공사구간 안내표지, 가변속도제한표지 등)들이 개선되거나 새로 생겨남에 따라 이러한 시설들이 운전자들에게 정확한 정보를 전달하는지, 원래 설치목적에 따른 원활한 기능을 하는지, 오히려 운전자의 부적절한 주의를 유도하고 사고위험을 증가시키지는 않는지 확인할 필요가 존재함. 이 때 운전시뮬레이터는 유용하게 사용될 수 있으며, 차량가술 개발의 경우와 마찬가지로 도로 및 교통안전시설의 효과에 대한 연구에서는 운전시뮬레이터가 큰 비용절감의 수단으로 활용될 수 있음. 특히 도로시설(교량, 터널 등)처럼 큰 공사비용이 소요되는 경우 시공 이전에 운전시뮬레이터를 이용한 효과 검증으로 시공 시 오류를 줄이고 재시공에 소요되는 비용을 크게 절감시키는 장점이 존재함.

표 38 도로교통안전시설 효과분석 연구

연구자(년도)	연구제목
고상근, 최기주, 이상수, 윤일수 (2012)	공사구간 형광주황색 교통안전표지 적용에따른 주목성 효과 연구
조영태, 정인범 (2010)	도시고속도로를 위한 실시간 가변속도 제한
이동희, 고영준 (2010)	장대 도로터널의 시환경 개선시설 디자인 개발 및 평가 (인제터널 적용사례를 중심으로)
정은희, 구준모, 박세진 (2009)	장대터널 운전 시 운전자의 인체생리신호 분석
김종민, 노관섭, 정봉조 (2007)	차량시뮬레이터를 이용한 장대터널 운전자 특성 연구
이광수, 김문식, 박유경 (2013)	차량시뮬레이터 기반의 교차로 신호경고시스템 평가기술 개발
어효경, 박범진, 김태형, 허진녕(2013)	터널구간 VSL 운영기법과 효과분석 (홍지문 터널을 대상으로)

4. 노면표시 수명 관련 논문 동향

□ 국외 노면표시 수명에 관한 연구

연구자(년도)	연구내용
Thamizharasan,A., Sarasua, W.A., Clarke, D., Davis, W.J. (2003)	- 노면표시 지속성에 관한 두 가지 모델 개발 ① 시간에 따른 비선형모델 개발 ② 노면표시 색, 종류, 재료, 교통량에 따른 모델 개발 - 직선도로에서 노면표시 수명은 교통량에 영향이 없음

Abboud and Bowman (2002)	- 수성, 열가소성수지의 비용과 지속성을 연구하여 효과적인 수명결정 - 최소 반사성능 한계치를 150mcd/(m2 · lx) - 차량 노출정도에 따른 로그함수 모델 RL = -19.457Ln(VE)+267, R2=0.31 (수성페인트) RL = -70.806Ln(VE)+640, R2=0.58 (열가소성수지) 여기서, ① RL : 노면표시의 반사성능값 (mcd/(m^2 · lx) ② Ln : 자연로그 VE : 차량 노출량 (천대)
Migletz et al. (2001)	- 노면표시 재료에 대한 내구성 평가 선형모델 : Mean RL= a+(b*CTP) 이차모델 : Mean RL= a+(b*CTP)+c*(CTP)2 지수모델 : Mean RL= a*e(b*CTP) 여기서, ③ RL : 반사성능의 계수값 ④ CTP : Cumulative number of Traffic Passages ⑤ a : 초기 반사성능값, b : CTP의 수계수
Migletz et al. (1999)	- 미국 FHWA를 대신해 32개주에서 노면표시의 교체시기를 측정 - 각각 15개 샘플에서 한계값 이하로 떨어지는 평균값과 중앙값 분석
Jung-Taek, Maleck, and Taylor (1999)	- 수성, 폴리에스테르, 열가소성수지 재료의 노면표시 감성 모델 연구 - 하루 평균 0.14%로 반사성능 감소 결과 - 선형회귀모델 개발 Y = -0.4035X+279.42, R2=0.17 (수성페인트) Y = -0.3622X+254.82, R2=0.14 (열가소성수지) 여기서, ⑥ Y : 반사성능값(mcd/(m^2 · lx)), X : 노면표시 설치기간(일)
Andrady et al. (1997)	- 포장 노면재료의 반사성능과 시간에 대한 관계식 개발 - $T_{100} = 10^{(R_0 - 100)/b}$ 여기서, ⑦ T_{100} : 반사성능 mcd/(m2 · lx) 도달시간 ⑧ R_0 : 초기 반사성능 값 ⑨ b : 반사성능의 반 대수 구성의 기울기
Perrin, Martin, and Hansen (1997)	- paint, epoxy, tape 세 종류의 노면표시 재료 비교 - 재료 수명과 AADT, 노면포장 종류에 따른 반사성능의 관계를 규명

5. 특허동향분석

가. 분석범위

□ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

○ 본 특허기술동향조사는 2017년 11월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 대상으로 분석됨. 본 조사는 Wips On 검색 DB를 주요하게 사용하여 특허검색을 실시하고, 해당기술에 대해 특정 국가에서 원천 및 선두 기술을 보유하고 있는 것으로 판단되는 경우, 해당 국가 특허청 검색을 실시함.

○ 분석대상 특허[1)]

표 39 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	Wips On	1996.01.01.~ 현재까지	공개 및 등록특허 전체문서
	미국 (USPTO)	Wips On		
	일본 (JPO)	Wips On		
	유럽 (EPO)	Wips On		

□ 분석대상 기술 및 검색식 도출

○ 기술분류체계

표 40 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류
외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선(A)	외부자극 감응 재료/소재 (AA)	감응 소재 관련 기술 (AAA)
		고효율 및 내구성 등 성능 향상 기술 (AAB)
	시공·설계 및 시공장비 (AB)	시공·설계 관련 기술 (ABA)
		시공장비 관련 기술 (ABB)
	시각화 평가기술 (AC)	

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2016년부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 **정량분석은 1996년도(1996.1.1.)~2016(2015.12.31.)년도 까지 한정**함.

○ 기술분류 기준

표 41 분석대상 기술분류 기준

대분류	중분류	소분류	검색개요(기술범위)
외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선(A)	외부자극 감응 재료/소재 (AA)	감응 소재 관련 기술 (AAA)	- 외부 자극(온도, 빛, 수분 등)에 반응하여 도로의 시인성을 향상시키는 소재 기술 - 실제 제품 적용 사례 및 주요 경쟁사 특허 현황
		고효율 및 내구성 등 성능 향상 기술 (AAB)	- 외부환경에 노출된 노면에 시공된 재료의 내구성 및 내마모성, 미끄럼저항성능 향상 기술 - 필름 형태로 구현되는 시인성 향상 기술 - 환경응답, 고응답성(응답속도, 복원속도) 발현을 위한 수단관련 기술 - 장시간 고효율 발광을 위한 수단관련 기술
	시공·설계 및 시공장비 (AB)	시공·설계 관련 기술 (ABA)	- 외부 환경에 대한 영향이 적은 시공 방법(상온경화 도포 기술) - 감응 소재 물성 향상 시공 방법 - 유도로 설치 및 위험표시 시각화 설치물
		시공장비 관련 기술 (ABB)	- 감응 소재의 공급 및 분사가 용이한 장치 기술 - 시공단가를 고려한 미세 정량화 제어 및 재현성 확보 장치 기술
	시각화 평가기술 (AC)		- 야간 시인성 평가기술 - 운전자와 도로•교통 특성이 반영된 도로의 시인성 평가 방법 - 운전자 시점에서 도로의 시인성 확보 정도 평가 - 야간 도로의 주행유도시설 및 노면의 정량적 평가 방법 - 조사 장비, 평가모형 등의 시스템 - 컬러 변화에 따른 위험 또는 정보 시각화 평가 기술

□ 유효특허 선별 기준 및 결과

○ 유효특허 선별 기준

- 외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선 기술의 Raw Data에 대한 유효특허 선별 기준을 마련하여 적용함.

표 42 유효특허 선별기준

대분류	중분류	소분류	유효특허 추출기준	노이즈 제거기준
외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선(A)	외부자극 감응 재료/소재 (AA)	감응 소재 관련 기술 (AAA)	▪ 축광 안료, 고성능 차선용 도료, 적외선 활용 소재 기술 ▪ 온도 및 습도에 변화에 따른 시인성 개선 특성 발현 기술	▪ 디스플레이 구동을 위한 소재 ▪ 전·자기 등 별도의 에너지 주입을 통한 여기 특성을 가지는 소재 ▪ 노면 온도 유지 관련 소재 ▪ 도로 시인성 개선 이외의 목적을 포함하는 소재 기술(의료•제약용, 건축용, 모바일, 의류용, IT용 등)
		고효율 및 내구성 등 성능 향상 기술 (AAB)	▪ 신뢰성 확보를 위한 투명 바인더 기술, 폴리머 기술 ▪ 재귀반사, 발광특성 극대화 기술, 소재 코팅기술 등	

대분류	중분류	소분류	유효특허 추출기준	노이즈 제거기준
	시공·설계 및 시공장비 (AB)	시공·설계 방법 관련 기술 (ABA)	▪ 감응소재 도포 방법 ▪ 도로 상황에 따른 감응 소재 도포 구간 설계 방식 ▪ 감응소재를 코팅한 교통 시설물 포함 ▪ 시인성 향상을 위한 도포 패턴 ▪ Dark Road Marking, Dynamic Road Marking, Customized Real-tine Information	▪ 액정 디스플레이 및 발광 소자 등 전자기 장치 관련 특허 ▪ 잡초형성 억제 기술 ▪ 아스팔트 시공 및 보수 장치 특허 ▪ 도로 절단 기술 ▪ 도로 시인성 개선 이외의 목적을 포함하는 소재 기술(의료•제약용, 건축용, 모바일, 의류용, IT용 등)
		시공장비 관련 기술 (ABB)	▪ 감응소재 시공 특성화 장치 ▪ 차선 도포 균일성 향상 기술	
	시각화 평가기술 (AC)		▪ 감응소재 노면표시 성능 테스트 ▪ 차량용 노면표시 식별지원 장치 기술 (카메라, 센서 등) ▪ 컬러 시각화 평가기술	▪ 자율주행 관련 장치 및 시스템 특허 ▪ 헤드라이트 자동 제어 시스템 ▪ 장애물 인식 관련 기술 ▪ 도로 상황 대응 장치 기술 ▪ 도로 시인성 개선 이외의 목적을 포함하는 소재 기술(의료•제약용, 건축용, 모바일, 의류용, IT용 등)

○ 유효특허 선별 결과

▪ 유효특허를 선별한 결과 외부자극 감응 재료/소재 분야 667건, 시공·설계 및 시공장치 분야 641건, 시각화 평가기술 분야 252건 로 총 1,560건의 유효특허가 도출됨. 이는 최종 검색식에 따른 Raw data 10,601건에서 약 15%를 차지함.

표 43 외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안정성 개선 기술의 유효특허 선별결과

대분류	중분류	소분류	검색건수				
			한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	합계
외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선(A)	외부자극 감응 재료/소재 (AA)	감응 소재 관련 기술(AAA)	110	52	129	34	**325**
		고효율 및 내구성 등 성능 향상 기술(AAB)	155	97	59	31	**342**
	소 계		265	149	188	65	**667**
	시공·설계 및 시공장비 (AB)	시공·설계 방법 관련 기술(ABA)	192	41	142	9	**384**
		시공장비 관련 기술(ABB)	135	33	76	13	**257**
	소 계		327	74	218	22	**642**
	시각화 평가기술 (AC)		50	32	150	20	**252**
	소 계		50	32	150	20	**252**
총 계			**642**	**255**	**556**	**107**	**1,560**

□ 특허기술동향조사 분석방법

○ Main IPC 분류

▪ 분석내용 : 도로 시인성 재료, 재료의 시공 장치 및 시인성 평가 기술

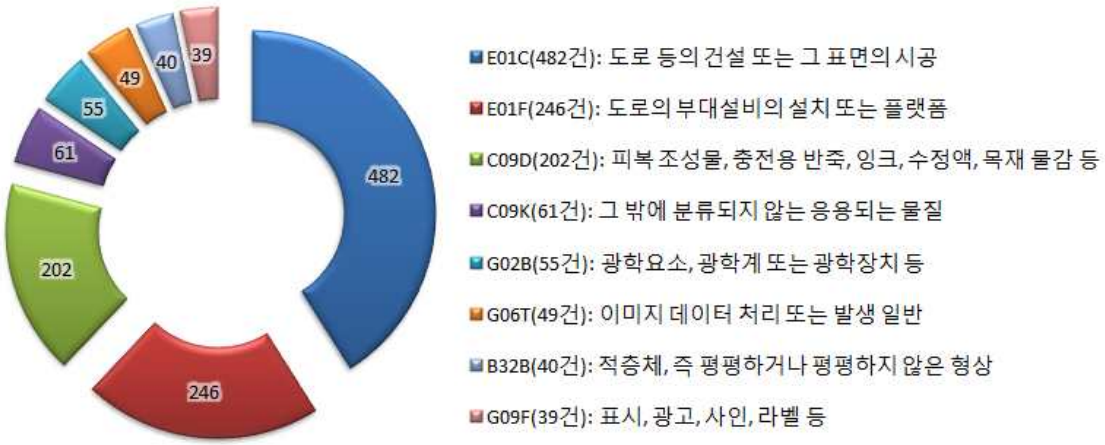


표 44 상위 8개 IPC 분류

Main IPC	IPC설명	건수
E01C	도로 등의 건설 또는 그 표면의 시공	482
E01F	도로의 부대설비의 설치 또는 플랫폼	246
C09D	피복조성물,충전용반죽,잉크,수정액,목재물감등	202
C09K	그 밖에 분류되지 않는 응용되는 물질	61
G02B	광학요소, 광학계 또는 광학장치 등	55
G06T	이미지 데이터 처리 또는 발생 일반	49
B32B	적층체,즉 평평하거나 평평하지 않은 형상	40
G09F	표시, 광고, 사인, 라벨 등	39

▪ 본 분석에서는 외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선 기술 분야에서 도출된 특허를 IPC별로 분석함으로써, Main IPC를 도출하고 이에 따른 세부 기술 분류 및 특허 검색 결과를 분석함.

나. 특허기술 동향조사 분석방법

□ 국가별 Landscape

○ 국가별 특허 점유 현환을 살펴보면, 한국(KIPO) 665건(41%), 미국(USPTO) 253건(16%), 일본(JPO) 576건(36%), 유럽(EPO) 106건(7%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 한국(KIPO)이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타나며, 그 뒤를 이어 일본(JPO), 미국(USPTO), 유럽(EPO)의 순으로 특허 기술을 점유하고 있음.

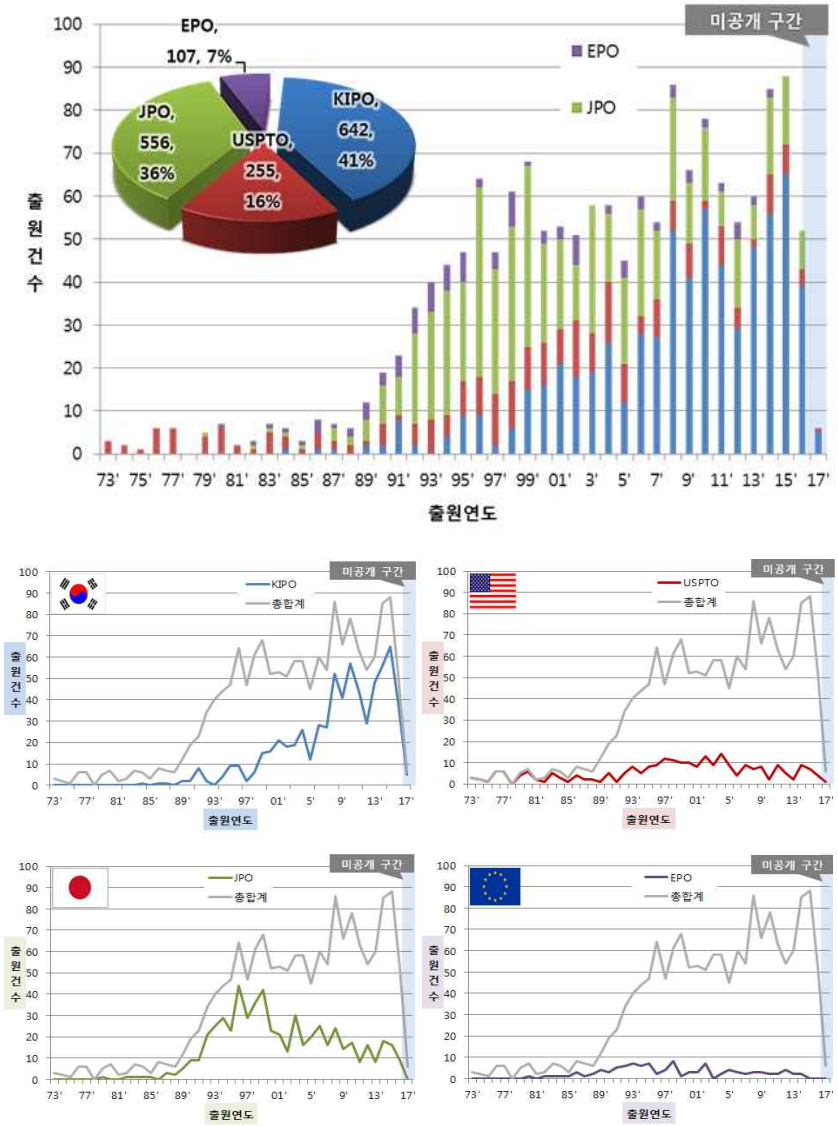


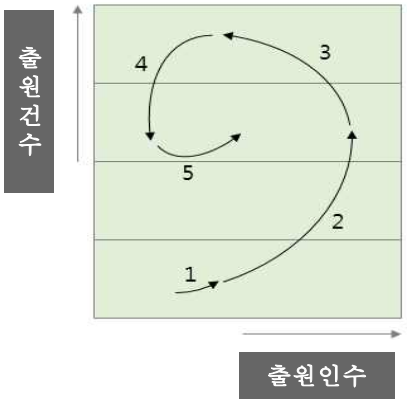
그림 107 주요 출원국 연도별 특허동향

- 미국(USPTO)은 253건, 일본(JPO)은 576건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석 구간 중기 해당기술의 전체 특허 동향과 유사한 형태를 보였으며 최근까지 완만한 형태를 유지하고 있음.

- 일본은 해당 기술의 급격한 성장기에 특허 동향을 주도하였으며, 이는 감응소재의 조성 및 제조 방법에 대한 원천 기술에 대한 것으로 사료됨.

- 유럽의 경우 자동차 주요 생산국인 독일(DE)을 포한하여 스위스(CH), 네덜란드(NL) 등 유럽 뿐만 아니라 한국, 미국, 일본에 출원하는 경향성도 크게 나타남.
- 한국(KIPO)은 665건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기에는 출원이 활발하지 않았으나 2000년대 진입하면서 서서히 증가하는 추세를 최근까지 유지하고 있음.
- 이는 2000년대부터 최근까지 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행안전성 개선 기술의 특허 동향 흐름을 주도하는 것으로 나타남.

○ 기술 성장단계 파악



1. 태동	- 신기술의 출현 - 특허와 특허출원인의 적은 증가
2. 성장	- R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 - 특허와 특허출원인의 빠른 증가
3. 성숙	- 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 - 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
4. 쇠퇴	- 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생 - 특허 수의 감소, 특허출원인의 정체 또는 감소
5. 회복	- 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴 - 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환

그림 108 특허기술 성장단계별 의미

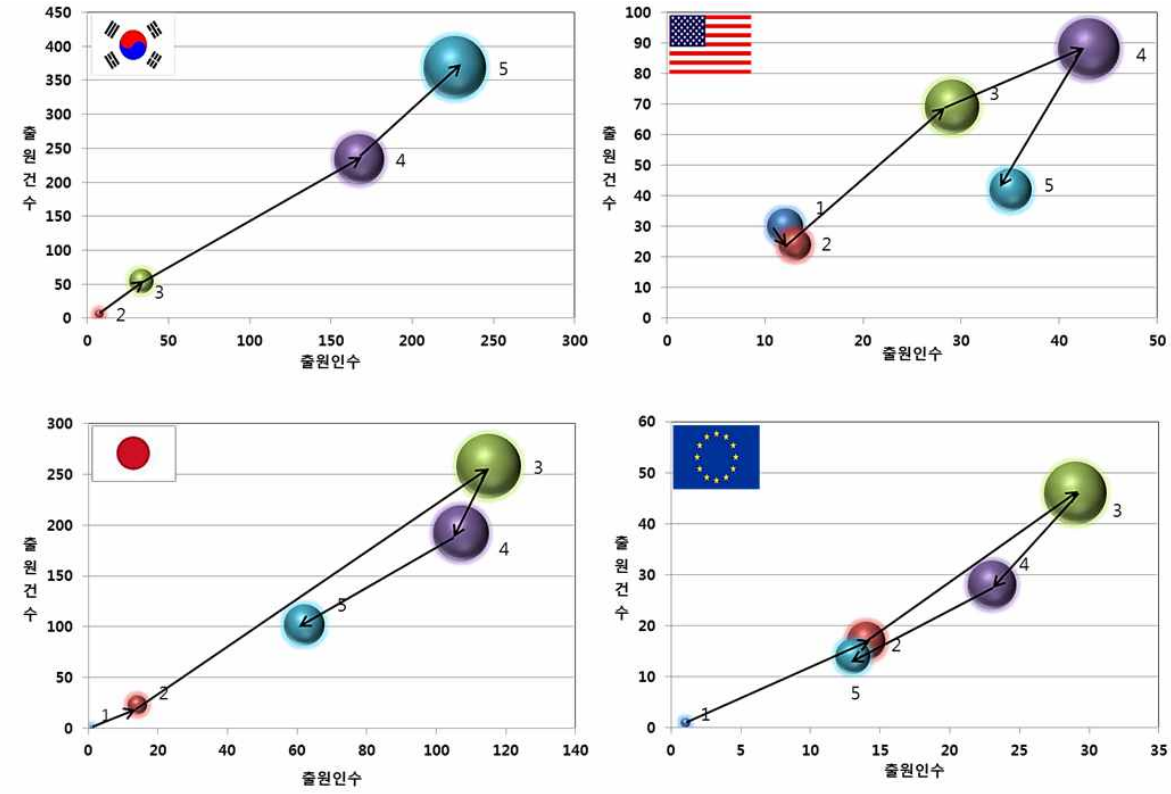


그림 109 국가별 기술성장 단계

□ 경쟁자 Landscape

○ 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 출원국

표 45 경쟁자 Landscape AC

출원인	출원인 국적	기관 성격	주요 IP 출원국 (건수, %)					구간 밀집도	주력기술분야
			한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	IP시장 국종합		
3M INNOVATIVE PROPERTIES	미국	산	10	32	6	10	미국	3구간	AAB
			17%	55%	10%	17%			
SHINGOKIZAI	일본	산	0	0	41	0	일본	3구간	ABB
			0%	0%	100%	0%			
SEKISUI JUSHI	일본	산	0	2	33	0	일본	3구간	ABA
			0%	6%	94%	0%			
NEMOTO	일본	산	1	4	21	0	일본	3구간	AAA
			4%	15%	81%	0%			
NISSANMOTOR	일본	산	0	2	16	0	일본	4구간	ACA
			0%	11%	89%	0%			
대동안전	한국	산	16	0	0	0	한국	5구간	AAB
			100%	0%	0%	0%			
한국건설기술연구원	한국	연	16	0	0	0	한국	5구간	ACA
			100%	0%	0%	0%			
NIPPON CARBIDE	일본	산	0	3	8	3	일본	3구간	AAB
			0%	21%	57%	21%			
HITACHI	일본	산	0	0	13	0	일본	4구간	ABA
			0%	0%	100%	0%			
SEKISUICHEM	일본	산	0	0	13	0	일본	3구간	ABA
			0%	0%	100%	0%			
TOYOTA MOTOR	일본	산	0	0	13	0	일본	4구간	ACA
			0%	0%	100%	0%			

* **기관특성:** (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* **주력 기술분야:** (AAA) 감응 소재 관련 기술, (AAB) 고효율 및 내구성 등 성능 향상 기술, (ABA) 시공•설계 관련 기술, (ABB) 시공장비 관련 기술, (ACA) 시각화 평가기술

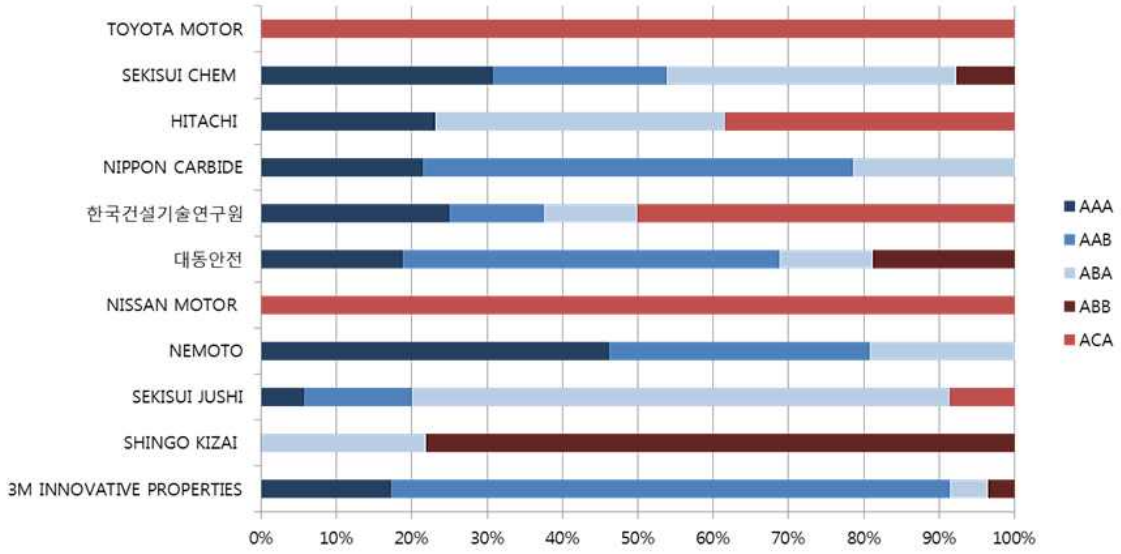
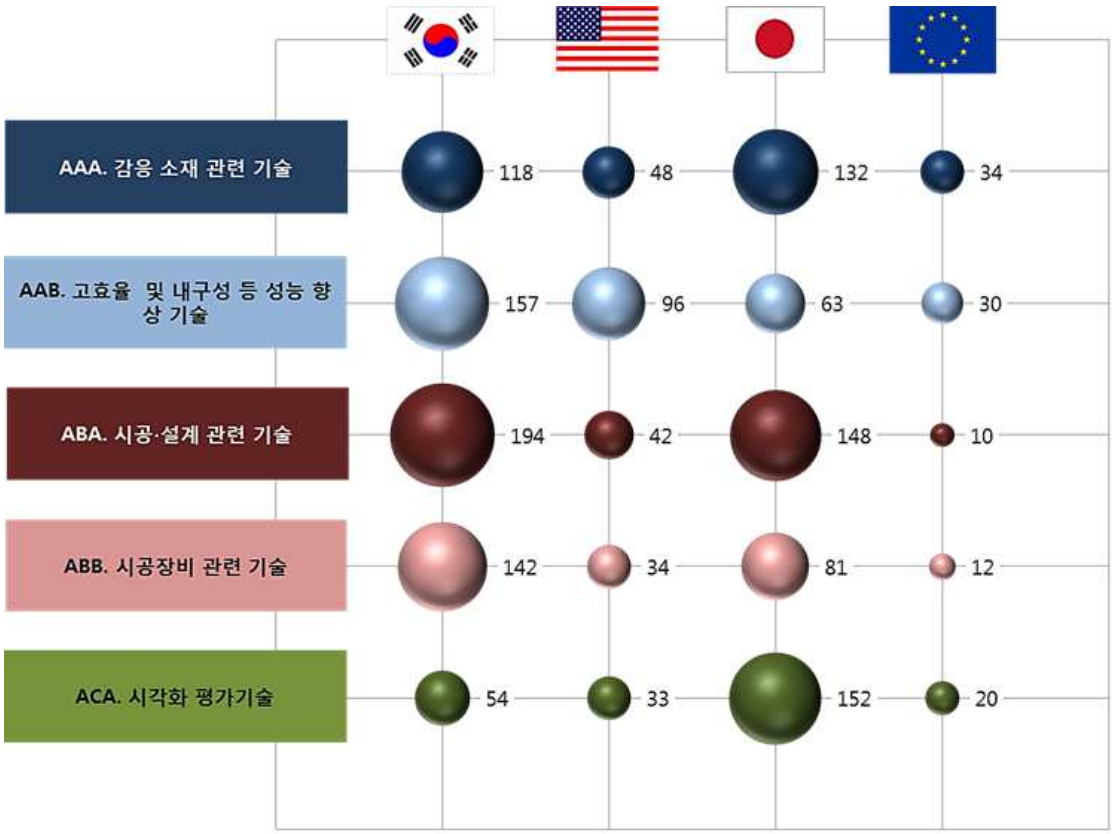


그림 110 경쟁자 Landscape

다. 세부기술 분석

□ 국가별 공백 역점분야 분석



*원의 크기: 출원 건수를 나타냄

그림 111 세부기술별 IP 출원국

□ 주요출원인 공백 역점분야 분석

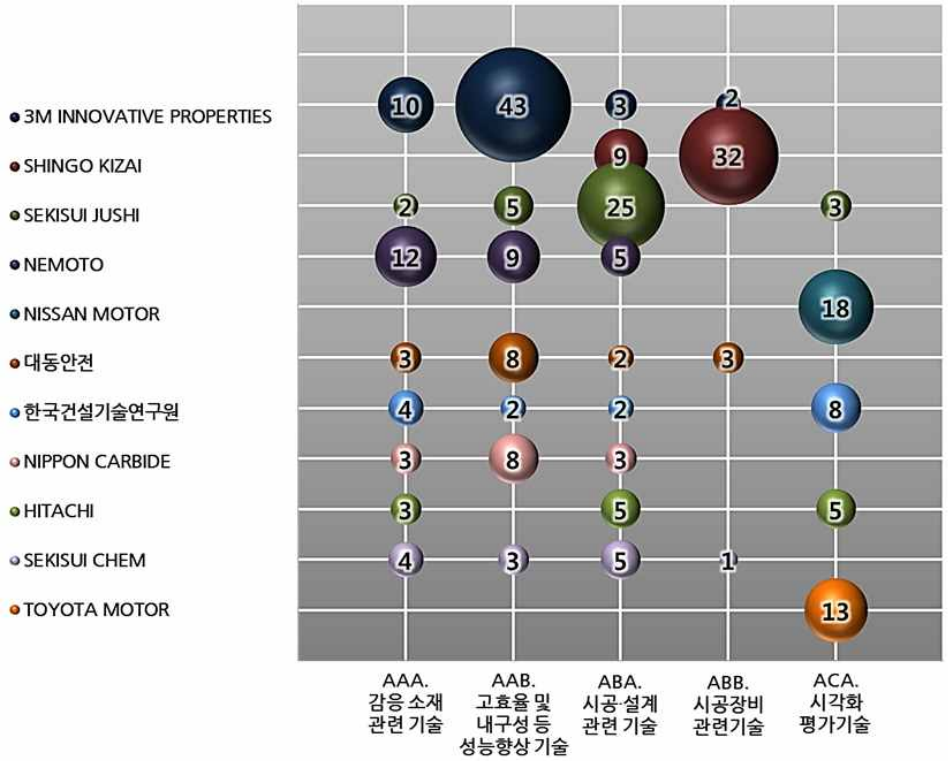


그림 112 주요출원인의 세부기술출원 동향

○ 주요 출원인의 세부기술에 대한 출원 동향을 살펴보면, 가장 많은 특허를 보유한 미국의 3M INNOVATIVE PROPERTIES 社와 한국의 대동안전주식회사는 시각화 평가기술(ACA)를 제외하고 세부기술 분야에서 골고루 특허를 보유하고 있으며, 그 중 감응소재의 고효율 및 내구성 등 성능개선 향상 기술(AAB) 분야에 가장 많은 특허를 보유하고 있음. 그 뒤를 이어 주요 출원인 2위인 일본의 SHINGO KIZAI는 감응소재의 시공·설계 및 시공장비(AB) 기술에 양분화 된 특허출원 경향을 보임.

○ 주요 출원인 Top 11에 포함된 같은 계열사인 SEKISUI JUSHI와 SEJISUI CHEM 社는 세부기술 분야 전반에 골고루 특허를 보유하고 있으며, 두 계열사의 특허를 상호 보완한다면 세부기술 분야 모두에서 특허를 보유하는 것으로 파악됨.

○ 일본 자동차 제조업체 NISSAN MOTOR와 TOYOTA MOTOR는 시각화 평가기술에 대한 집중적인 특허를 출원하는 경향성을 보이며, 그 밖의 주요 출원인의 경우 특정 기술에 편향하지 않고 세부 기술별로 고르게 특허를 출원하는 경향을 보임.

○ 주요 출원인의 세부기술 출원 동향을 분석한 결과, 특정 분야에 대하여 선도 기업들의 특허 출원 건수의 점유율이 10~20%로 나타나, 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행안전성 개선 기술분야에 있어 특정 기업이나 기술에 대한 독과점 현상은 없는 것으로 나타남.

□ 구간별 기술추이 분석

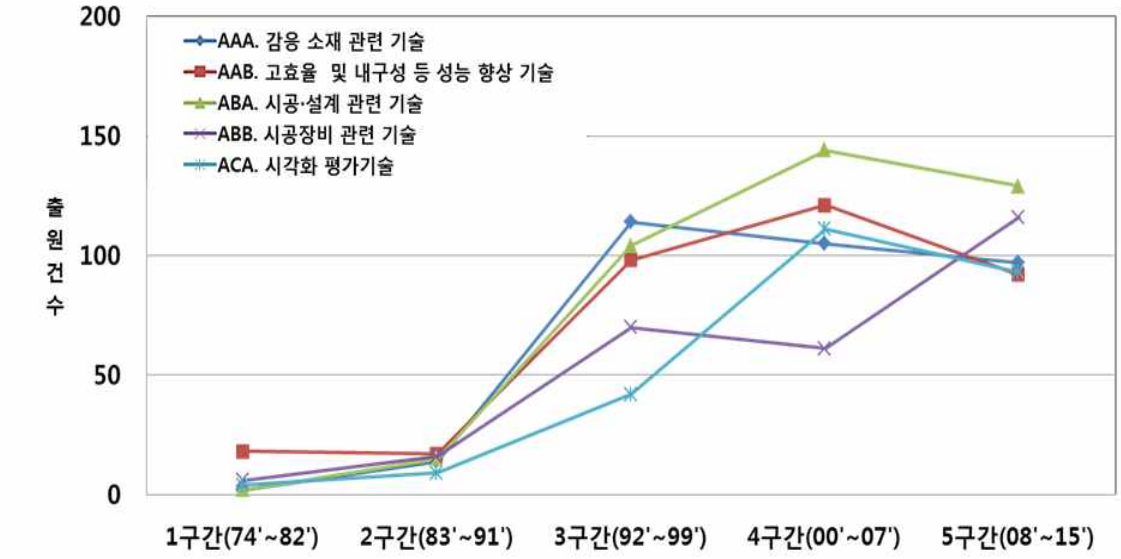


그림 113 세부기술별 기술점유율 변화 추이

○ 3구간(1992년~1999년) 이후 각 세부기술별 서로 다른 증감 형태를 보이나, 그 중 감응 소재 관련 기술(AAA)의 경우 소폭이지만 지속적인 감소 추세를 보이고 있음에 따라 감응소재에 대한 기술은 상대적으로 정체된 기술로 판단되며, 이는 일본의 주요 출원인들에 의해 해당 분야가 이미 기술적 성숙을 이룬 것으로 판단됨. 향후 신규 특허 확보 및 시장 진입을 위해서는 감응 소재에 대한 기능 병합기술이나 신규 물질개발 등 기술 경쟁력의 확보가 요구됨.

라. 심층분석

□ 핵심특허 선별

○ 주요 출원국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에 공개 또는 등록된 외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선에 대해 A) 외부자극 감응 재료/소재 667건 (B) 시공·설계 및 시공장비 642건, (C) 시각화 평가기술 252건으로 총 1,560건의 유효특허를 추출하였으며, 광자극 감응 재료, 온도자극 감응 재료, 수분자극 감응 재료 및 내구성 향상 소재기술로 재분류함.

○ 또한, 중국에 대한 기술 중요도가 높다고 판단되어 외부자극 감응 재료/소재 분야에 대하여 추가 조사를 진행하였음. 관련특허 추출 결과 총 6,650건의 특허가 검색되었으며, 노이즈 제거를 통해 최종적으로 157건의 유효특허를 추출하였음.

○ 기술재분류에 따라 광자극 감응 재료, 온도자극 감응 재료, 수분자극 감응 재료 및 내구성 향상 소재기술로 재분류하여 광자극 감응 재료 487건, 온도자극 감응 재료 93건, 수분자극 감응 재료 26건 및 내구성 향상 소재기술 207건으로 총 813건에 대하여 핵심 특허를 추출 실시함.

○ 최종적으로 핵심특허 추출 결과 광자극 감응 재료 23건, 온도자극 감응 재료 11건, 수분자극 감응 재료 건으로 총 42건의 핵심특허를 추출하였음.

표 46 핵심특허 선정기준

선정기준	선정이유
등록여부	- 등록건이 아닌 경우, 침해 의미 없음 - 등록건이 아니어도 기술적으로 유사한 경우 핵심특허로 포함
주요 출원인 보유특허	- 주요 분쟁은 기업 위주로 발생하므로, 개인출원은 의미 없음
패밀리 특허 국가수	- 패밀리 특허출원이 많을수록 기술에 의한 의지가 강하다고 판단 - 특허적 가치 및 영향력이 높다고 볼 수 있음
기타	- 특허 청구 범위 및 기술적 유사도 검토 후 핵심특허로 선정

표 47 핵심특허 선별 결과

대분류	중분류	재분류	유효특허대상건수	핵심특허 대상건수
외부자극 감응재료를 활용한 도로시인성 향상 및 주행안전성 개선(A)	외부자극 감응 재료/소재 (AA)	광자극 감응 소재	487	23
		온도자극 감응 소재	93	11
		수분자극 감응 소재	26	8
		내구성 향상 소재기술	207	-
	시공·설계 및 시공장비 (AB)	-	-	-
	시각화 평가기술 (AC)	-	-	-
합 계			**813**	**42**

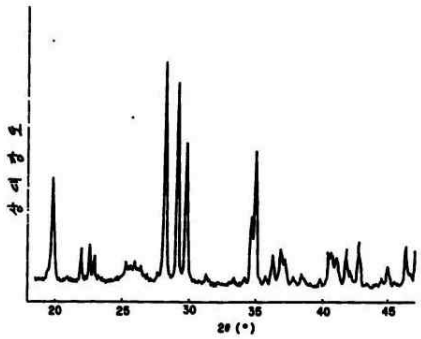
□ 핵심특허 리스트

No.	국가코드	문헌번호	출원일	발명의 명칭	기술 분류
1	KR	10-0145246	1994-03-10	축광성 형광체	광감응
2	JP	3456553	1994-11-01	축광성 형광체	광감응
3	JP	3552763	1994-11-01	축광성 형광 발색 재귀 반사 시트	광감응
4	JP	3722875	1995-07-06	형광성 물체 및 축광성 형광체층 형성 방법	광감응
5	US	5874491	1997-04-11	Phosphorescent highway paint composition	광감응
6	US	6005024	1998-01-06	Phosphorescent epoxy overlay	광감응
7	KR	10-0372764	2000-05-22	축광도료 조성물, 그 제조방법	광감응
8	US	6969475	2003-11-19	Photoluminescent alkaline earth aluminate and method for making the same	광감응
9	CN	101372598	2007-08-20	Energy-storing self-luminescent road marking coating	광감응
10	CN	100575452	2007-09-07	Orange-yellow long persistence phosphor and method for making same	광감응
11	US	7959827	2007-12-12	Persistent phosphor	광감응
12	US	8003012	2008-03-28	Method for producing a palette of colors for persistent phosphors and phosphors made by same	광감응
13	KR	10-0973252	2008-08-21	시인성 확보용 차선도색재와 차선도색공법	광감응
14	US	8329061	2009-07-15	Phosphorescent phosphors	광감응
15	US	9017575	2011-06-06	Phosphorescent phosphor and phosphorescent pigment	광감응
16	CN	103382365	2013-06-26	Polyester coating for road sign	광감응
17	KR	10-1526810	2014-07-23	시인성 및 발광 기능이 향상된 차선규제봉	광감응
18	KR	10-1636717	2016-01-28	축광안료를 이용한 융착식 노면표시용 도료	광감응
19	KR	10-1636719	2016-01-28	글래스비드가 함유된 축광안료를 이용한 노면 표지용 조성물	광감응
20	CN	105860738	2016-06-13	Self-luminous road sign marking coating and application thereof	광감응
21	CN	106147324	2016-07-07	High-pigmentation-degree light-emitting and light-reflecting road marking coating and preparation method thereof	광감응
22	CN	106046891	2016-07-19	Anti-freezing luminescent reflective road marking coating and preparation method thereof	광감응
23	JP	6157783	2016-11-18	적색계 발광 축광성 형광체	광감응
24	JP	3833322	1996-11-25	감온 변색성 자외선 경화형 잉크 조성물	온도감응

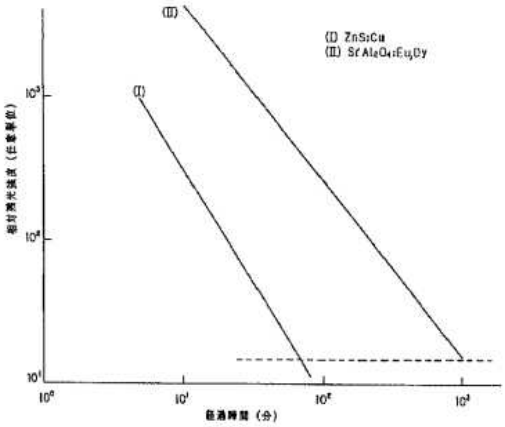
No.	국가코드	문헌번호	출원일	발명의 명칭	기술 분류
25	JP	3865916	1997-12-26	가역 열변색성 조직물	온도감응
26	US	5897271	1997-12-31	Road reflectors with temperature dependent color	온도감응
27	JP	4878930	2006-06-14	가역 감온 변색성 히스테리시스 조성물	온도감응
28	KR	10-0890863	2007-11-02	온도감응 색상변화 콘크리트 조성물	온도감응
29	JP	5324128	2008-05-14	열 변색성 조성물 및 열 변색성 마이크로 캡슐	온도감응
30	KR	10-1009051	2008-10-08	온도감응색변화 조성물	온도감응
31	JP	5164788	2008-10-28	가역 열변색성 조직물 및 그것을 내포한 가역열 변색성 마이크로캡슐 안료	온도감응
32	CN	105143367	2014-02-17	Solid writing material	온도감응
33	CN	105949384	2016-05-18	Preparation method and application of thermochromic optical material	온도감응
34	KR	10-1765253	2016-11-11	온도와 습도에 따라 노면상태를 표시할 수 있는 가변 안전표지	온도감응
35	CN	1014415	1990-08-28	Moistrure sensitive allochromic coating	수분감응
36	JP	3312438	1993-08-20	물 검지 인디케이터	수분감응
37	JP	3451673	1993-10-25	수분 표시기용 잉크 조성물 및 그것을 이용한 기록 매체	수분감응
38	KR	10-0173103	1996-07-12	수분 접촉 변색 물질과 그 제조 방법	수분감응
39	EP	2339340	2009-12-24	Halogen and heavy metal-free composition for a humidity indicating card and humidity indicating card obtainable therefrom	수분감응
40	EP	2463650	2010-12-10	Indicator material and indicator device comprising said indicator material and method of manufacture	수분감응
41	CN	104237187	2014-09-18	Water-sensitive fluorescence enhanced test paper as well as preparation method and application thereof	수분감응
42	CN	106188391	2016-07-18	Humidity-responsive pure organic room temperature phosphorescent andfluorescent double emission polymer material	수분감응

□ 핵심특허 리스트

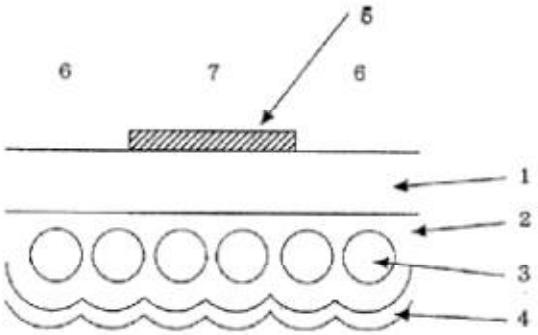
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(1)

발명의 명칭	축광성 형광체		
출원인(국적)	NEMOTO(JP)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-0145246 B1 (1998.04.28)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	10-1994-0004637 (1994.03.10)	법적상태	소멸
Family 특허	JP3585994B2 | JP3586199B2 | CN001151229C | DE69400160T3 | DE09422359U1 | KR10-0145246B1 | HK152196A | JP 2543825 B2 | EP0622440B1 | TW268043B | AU661941B2 | US5424006A | CA2116194A1		
			
대표청구항	1. MAl2O4로 표시되는 화합물이며, M은 칼슘, 스트론튬, 바륨으로 된 군에서 선택된 하나 이상의 금속원소, 또는 M에 마그네슘을 첨가한 금속원소로 된 화합물을 모결정으로 함과 동시에 부활제로서 유로퓸을 M으로 표시한 금속원소에 대하여 몰%로 0.001~10% 첨가하고, 공동부활제로서 셀륨, 프라세오듐, 네오듐, 사마륨, 디스피로슘, 호르뮴, 에르븀, 트륨, 이테르븀, 루테튬으로 된 군에서 선택한 하나 이상의 원소를 M으로 표시한 금속원소에 대하여 몰%로 0.001~10% 더 첨가한 것을 특징으로 하는 축광성 형광체.		
기술의 핵심	- 실시예 1. MAl2O4로 표시되는 화합물이고 M는 칼슘, 스트론튬, 바륨으로 된 군에서 선택한 적어도 하나 이상의 금속 원소로 된 화합물을 모결정으로 함. - 실시예 2. MAl2O4로 표시되는 화합물이고 M는 칼슘, 스트론튬, 바륨으로 된 군에서 선택한 적어도 하나 이상의 금속원소에 마그네슘을 첨가한 복수의 금속원소로 된 화합물을 모결정으로 함. - 실시예 3. 실시예 1 또는 2의 축광성 형광체에 부활제로써 유로퓸을 M로 나타낸 금속원소에 대한 몰%로 0.001%이상 10%이하 첨가함. - 실시예 4. 실시예3의 축광성형광체에 공부활제로써 란탄, 세륨, 프라세오디뮴, 네오듐, 사마륨, 가도리늄, 테르븀, 디스프로슘, 호르뮴, 에르븀, 트륨, 이테루븀, 루테튬, 망간, 석, 비스머스로 된 군의 적어도 하나이상의 원소를 M로 나타낸 금속원소에 대한 몰%로 0.001%이상 10%이하 첨가함. - 실시예 5. 실시예1, 2, 3 또는 4의 축광성 형광체 중에서 실온에서 200~450㎚의 자외선 및 가시광을 조사할때에 적어도 50℃이상의 고온영역에 열발광의 글로우피크를 가짐.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(2)

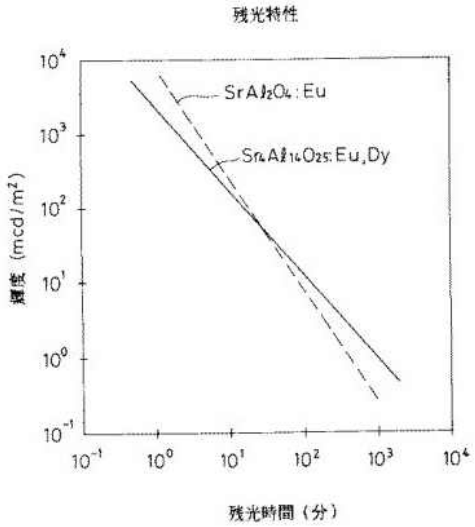
발명의 명칭	축광성 형광체		
출원인(국적)	NEMOTO(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3456553 B2 (2003.08.01)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	1994-268463 (1994.11.01)	법적상태	소멸
Family 특허	DE69532496T2 | CN001154710C | PT710709E EP0710709B1 | JP3456553B2 | TW464683B | KR10-0194774B1 | AU690742B2 | US5686022A | CA2161820A1		
			
대표청구항	1. M1-x Al2 O4-x 로 표시되는 조성의 화합물로 M는 칼슘, 스트론튬, 바륨으로 구성되는 군에서 선택되는 적어도 하나 이상의 금속 원소로 구성되는 화합물을 모결정으로 하고 또한 x를-0.33≦x≦0.60의 범위(단 X=0을 제외한다)로 함과 동시에 부활제로서 유로퓸을 M로 나타내는 금속 원소에 대한 몰%로 0.001 %이상 10%이하 첨가하고, 또한 모두 부활제로서 세륨, 프라세오디뮴, 네오디뮴, 사마륨, 디스프로슘, 홀뮴, 에르븀, 툴륨, 이테르븀, 루테튬으로 구성되는 군 중 적어도 하나 이상의 원소를 M로 나타내는 금속 원소에 대한 몰%로 0.001%이상 10%이하 첨가한 것을 특징으로 하는 축광성 형광체.		
기술의 핵심	- 본 특허는 장시간 잔광 특성을 가지며, 화학적으로 안정적이고 내광성이 우수한 물질의 구성에 관한 것임. - 앞선 핵심특허(1)과 비교하여 원자량에 대하여 특정 범위를 추가 한정하여 권리범위가 좁게 등록된 것으로 보임. - 보다 구체적인 실시예로, SrAl2O4:Eu | SrAl2O4:Eu,Dy | SrAl2O4:Eu,Nd | CaAl2O4:Eu | CaAl2O4:Eu,Dy | CaAl2O4:Eu,Nd | CaAl2O4:Eu,Sm | BaAl2O4:Eu,Nd | BaAl2O4:Eu,Sm | SrxCa1-xAl2O4:Eu,Dy | SrxBa1-xAl2O4:Eu,Dy | SrxMg1-xAl2O4:Eu,Dy 등		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(3)

발명의 명칭	축광성 형광 발색 재귀 반사 시트		
출원인(국적)	NEMOTO(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3552763 B2 (2004.05.14)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	1994-268465 (1994.11.01)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
			
대표청구항	수지 100 중량부에 대해서 10~300 중량부의 축광성 형광체를 가지는 축광성 형광 발색 수지 조성물에 의해 형성된 축광성 형광 발색 영역과 재귀 반사 영역으로 구성되는 축광성 형광 발색 재귀 반사 시트로서, 축광성 형광체로서 M1-XAl2O4-X로 표시되는 조성의 화합물로 M는 칼슘, 스트론튬, 바륨으로 구성되는 군에서 선택되는 적어도 하나 이상의 금속 원소로 구성되는 화합물을 모결정으로 한 것을 이용해 또한 X가—0.33≦X≦0.60의 범위에 있어 부활제로서 유로퓸을 M로 나타내는 금속 원소에 대한 몰%로 0.001%이상 10%이하 첨가하고 모두 부활제로서 네오디뮴, 사마륨, 디스프로슘, 홀뮴, 에르븀, 튤륨, 이테르븀, 루테튬으로 구성되는 군의 적어도 하나 이상의 원소를 M로 나타내는 금속 원소에 대한 몰%로 0.001%이상 10%이하 첨가하고 재귀 반사 영역이 광투과성 톱 필름과 베이스 필름과 양필름 사이에 간극을 남겨둔 채로 양필름을 부분적으로 연결하는 연결부로 구성되어, 연결부가 축광성 형광 발색 수지 조성물에 의해 형성되고 톱 필름 및/또는 베이스 필름에는 재귀반사 요소가 배치되어 있는 재귀 반사 구조를 가지도록 형성한 것을 특징으로 하는 축광성 형광 발색 재귀 반사 시트.		
기술의 핵심	- 헤드라이트 등의 광원으로부터 광을 주행하는 차량의 방향을 향하여 반사하고 차량 운전자에 대해 우수한 시인성을 제공하기 위한 재귀반사시트에 관한 것으로, 내광성이 우수하고 매우 장시간 잔광하는 특성을 가지는 축광 형광체를 더 포함하여 축광성 형광 발색 영역과 재귀반사 영역을 적절히 조합하여 그 효과를 극위대화 시키기 위한 기술임. - 광투과성 톱 수지층(1), 봉입 수지층(2), 유리 비즈(3), 유리 비즈(3)의 하면에는 광반사막이 되는 금속 증착막(4), 축광성 형광 발색층(5), 재귀반사 영역(6) 및 축광성 형광 발색 영역(7)		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(4)

발명의 명칭	형광성 물체 및 축광성 형광체층 형성 방법		
출원인(국적)	MARUWA KOGYO(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3722875 B2 (2005.09.22)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	1995-170902 (1995.07.06)	법적상태	소멸
Family 특허	JP3722875B2		



대표청구항	1. 하기 일반식(1)으로 표시되는 축광성 형광체의 층을 하층으로서 하기 일반식(2)으로 표시되는 축광성 형광체의 층을 표층으로 하고, 상기 하층의 막 두께를 50μm 이상, 상기 표층의 막 두께를 250μm이하로 축광성 형광체층을 구비하는 형광성 물체. 【화1】 $Me_4Al_{14}O_{25}:X$ ・・・(1) 【화2】 $MeAl_2O_4:X$ ・・・(2) 일반식(1), (2)에 있어서 Me는 스트론튬, 마그네슘, 칼슘에서 선택되는 1종 이상의 금속 원소, X는 유로퓸, 세륨, 랜턴, 테르븀, 디스프로슘, 툴륨에서 선택되는 1종 이상의 원소이다.
기술의 핵심	- MeAl2O4:X ⋯(2) 축광성 형광체는 초기 휘도가 높고 Me4Al14O25:X ⋯(1) 축광성 형광체는 잔광의 지속성이 우수함에 따라, 초기에 있어서는 일반식(2) 축광성 형광체의 발광에 의해 충분한 시인성이 확보되고 이후에는 일반식(1) 축광성 형광체의 발광에 의해 충분한 시인성이 확보가 가능함. - 금속 원소(Me) 및 부활제 원소(X)에 대하여 1종 이상의 복수의 종류를 사용할 경우 각 각 금속 원소의 비율을 특별히 제한하지 않음. - 표층의 두께가 250μm를 초과하면, 일반식(1)의 축광성 형광체층에서 방사되는 광의 휘도를 훼손할 우려가 있으므로, 표층의 두께를 250μm이하로 함 - 하층의 막 두께가 얇아지면 지속성이 저하할 우려가 있으므로, 하층의 막 두께는 50μm 이상으로 함.

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(5)

발명의 명칭	Phosphorescent highway paint composition		
출원인(국적)	Anders; Irving(US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	5874491 A (1999.02.23)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	08/837017 (1997.04.11)	법적상태	소멸
Family 특허	US6005024A | US5874491A | US5665793A | US5665973A | US5472737A		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. A luminescent composition comprising: a) a luminescent substance comprising a compound expressed by the matrix MAl2O4in which M is at least one metal element selected from the group consisting of calcium, strontium and barium or alternatively, is a matrix MAl2O4in which M is a plurality of metal elements comprised of magnesium and at least one element selected from the group consisting of calcium, strontium and barium, b) an epoxy resin in which the luminescent substance is mixed; and c) a water-based colorant paint dispersion mixed with a) and b).		
기술의 핵심	- 본 특허는 도로표면을 마킹하는데 유용한 조성물과 관련하여 수분 민감성 발광물질(예를들어, 높은 휘도 및 잔광 특성을 가지는 인광성 물질) 및 수분 안전성 확보를 위한 에폭시 수지 또는 폴리 우레탄 수지를 포함하고 있음 - 발광 조성물에 있어서, a) MAl2O4를 포함하는 발광 물질로서, M은 칼슘, 스트론튬, 및 바륨 중 하나 이상의 금속이거나, M이 칼슘, 스트론튬 및 바륨 중 하나 이상이며 마그네슘을 더 포함하는 금속이고, b) 발광 물질이 혼합된 에폭시 수지 및 c) a 및 b가 혼합된 착색 페인트 분산액으로 구성되는 것을 특징으로 함 - 유로퓸의 0.001 몰 % 내지 10 몰 %가 활성화제로서 매트릭스에 첨가 될 수 있음. (몰 %는 M으로 표시되는 금속 원소임) - 세륨, 프라세오디뮴, 네오디뮴, 사마륨, 가돌리늄, 테르븀, 디스프로슘, 홀륨, 에르븀, 툴륨, 이테르븀, 루테튬, 망간, 주석 및 비스무트는 MAl2O4로 표시되는 매트릭스에 M으로 표시되는 금속 원소에 대하여 몰 %로 공 활성화제로서 도핑 될 수 있음.		

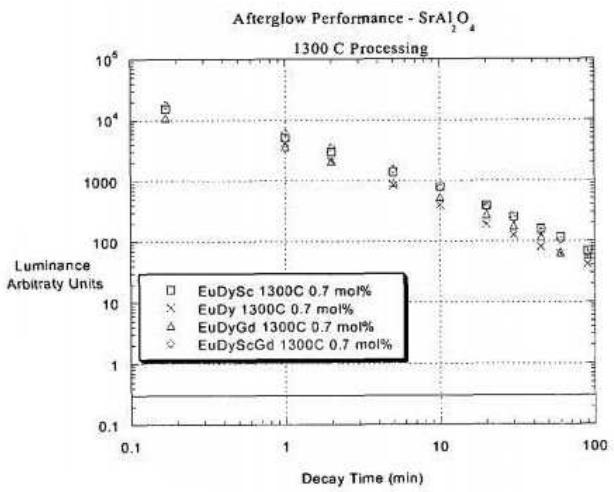
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(6)

발명의 명칭	Phosphorescent epoxy overlay		
출원인(국적)	Anders; Irving(US) | ders; Bruce(US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	6005024 A (1999.12.21)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	09/004163 (1998.01.06)	법적상태	소멸
Family 특허	US6005024A | US5874491A | US5665793A | US5665973A | US5472737A		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. A phosphorescent-luminescent epoxy overlaying composition, for use in highlighting, during dark or non-daylight conditions, and preserving, and protecting ground surfaces, structure surfaces, article surfaces, or markings on ground, structure or article surfaces, comprising: (a) a nearly colorless phosphorescent-luminescent material, comprising a compound expressed by the matrix MA1204in which M is at least one metal element selected from the group consisting of calcium, strontium and barium or alternatively, is a matrix MA1204in which M is a plurality of metal elements comprised of magnesium and at least one element selected from the group consisting of calcium, strontium and barium; and (b) a two-part epoxy (comprising a resin component and a hardener/activator component) that, after curing, is fairly clear, durable, tough, non-aqueous, and moisture stable (insensitive), whereby said overlaying composition, when exposed to a light source, exhibits brightness properties superior to the brightness properties of conventional sulfide phosphorescent materials, and afterglow (i.e., energy deca time period) properties superior to, by exceeding by about ten times, the afterglow properties of conventional sulfide phosphorescent materials.		
기술의 핵심	- 본 특허는 노면 상의 표식을 강조하기 위한 인광발광 에폭시 조성물에 관한 것으로, (a) 거의 무색인 인광발광 재로로, MAl2O4로써 M은 칼슘, 스트론튬 및 바륨 중 하나 이상의 금소 원소이거나, M은 칼슘, 스트론튬 및 바륨 중 하나 이상이며 마그네슘을 더 포함하는 금속이고 b) 2성분 에폭시(수지 성분 및 경화제/활성제 성분 포함)로 구성됨. - 상기의 조성물이 광원에 노출될 때, 종래의 황화물 인광 물질의 발광 특성보다 우수한 휘도를 가지고 10배 이상의 잔광을 나타내며, 투명하고, 내구성 내수성 및 내습성이 우수한 특성을 나타냄. - 공 경화제/활성제는 란탄, 세륨, 프라세오디뮴, 네오디뮴, 사마륨, 가돌리늄, 테르븀, 디스프로슘, 홀뮴, 에르븀, 툴륨, 이테르븀, 루테튬, 망간, 주석 및 이들의 혼합물로 이루어짐.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(7)

발명의 명칭	축광도료 조성물, 그 제조방법		
출원인(국적)	서성호(KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-0372764 B1 (2003.02.05.)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	10-2000-0027487 (2000.05.22)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. 인체에 무해하고, 긴 잔광시간과 경시안정성이 우수한 축광도료 조성물로서, 상기 축광도료 조성물은 (A) MAl2O4 · M1Re로 표시되는 무기계 축광안료 15중량%와; (여기서, M은 칼슘, 스트론튬, 바륨으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나 이상의 금속원소이고, 상기 M1 은 상기 M이라는 금속원소에 대해 몰%로 0.001 ~ 10% 첨가된 부활제로서의 유로퓸이며, 상기 Re는 상기 M이라는 금속원소에 대해 몰%로 0.001 ~ 10% 첨가된 공부활제로서 셀륨, 이테루븀, 루테튬으로 구성되는 그룹으로 부터 선택된 적어도 하나 이상의 원소로 이루어진다) (B) 상기 축광안료와 피도물간의 접착성을 부여하고, 장시간 저장시에도 경시안정성을 갖도록 하기 위하여 중량평균분자량이 50만 ~ 70만이고, 카르복실기, 하이드록실기 또는 아민기 중 어느 하나를 포함하는 바인더수지 70 ~ 73중량%와; (C) 물, 유기용제 또는 반응성 용제로 이루어진 희석제 10.9 ~ 15중량%; 및 (D) 도료용 첨가제 0.8 ~ 25중량%를 포함하고; 이로인해, 상기 축광도료 조성물을 장시간 저장하더라도 안료의 침강이나 시드가 발생하지 않는 것을 특징으로 하는 축광도료 조성물.		
기술의 핵심	- 본 특허는 내후성과 잔광휘도가 우수하고, 인체에 무해하며, 장기 저장시에도 안료의 침강 및 시드(seed)가 형성되지 않는 축광도료 조성물 및 조성물의 제조방법에 관한 것임. - 축광안료가 상기 바인더, 희석제 및 첨가제로 이루어지는 조성물에 분산된 상태로 이루어짐. - 무기계 축광안료로서 일실시예로 SrAl2O4 , CaAl2O4를 사용하며, 이는 스피넬(Spinel) 구조를 갖고 최대발광파장은 440 ~ 580nm이며, 루미노시티(Luminosity)가 2 ~ 10cd/㎡이고, 잔광시간이 최대 2000분 이며, 비중이 3 ~ 3.6이고, 내후성과 내수성이 양호하고, 내열성은 400℃까지 안정한 특성을 가짐.		

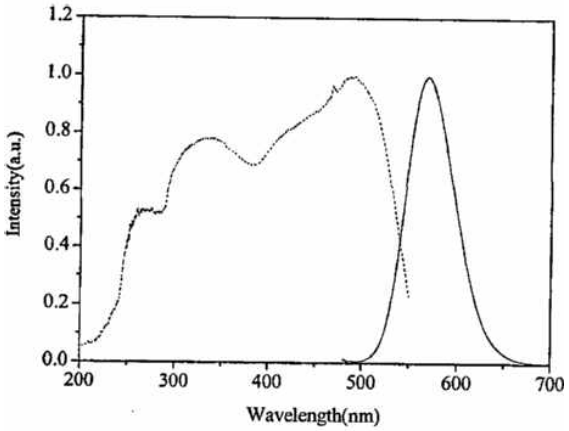
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(8)

발명의 명칭	Photoluminescent alkaline earth aluminate and method for making the same		
출원인(국적)	KB Alloys(US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	6969475 B2 (2005.11.29)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	10/717106 (2003.11.19)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. A photoluminescent aluminate comprising SrAl2O4:Eu,Dy,Gd,Sc wherein the following materials and quantities are combined and reacted to form the aluminate: SrCO3(1.0 mole) Al2O3(1.0 mole) Eu2O3(0.005 mole) Dy2O3(0.01 mole) Gd2O3(0.005 mole) Sc2O3(0.005 mole) B2O3 (0.2 mole).		
기술의 핵심	- 본 특허는 주변 조명이 제거된 후에도 어두운 영역에서 광을 방출하는 재료에 관한 것으로 스칸듐(Sc)과 같은 전이 금속을 첨가하여 란탄족원소(Eu, Dy, Gd 등)만을 사용할 때 예상되는 광보다 밝고 긴 잔광을 가지는 물질을 구체적으로 한정하고 있음. - 스칸듐(Sc)의 첨가는 Sc2O3를 통해서 진행되며, Sc2O3는 Eu2O3 및 Dy2O3로 도핑된 SrAl2O4 또는 Eu2O3, Dy2O3 및 다른 REM 산화물로 도핑된 SrAl2O4에서 약 0.01~3.0 몰% 범위에서 첨가됨. - 본 발명은 총 도펀트의 농도는 0.6~10 몰% 범위인 SrAl2O4:Eu, Dy계 형광체에 관한 것임.		

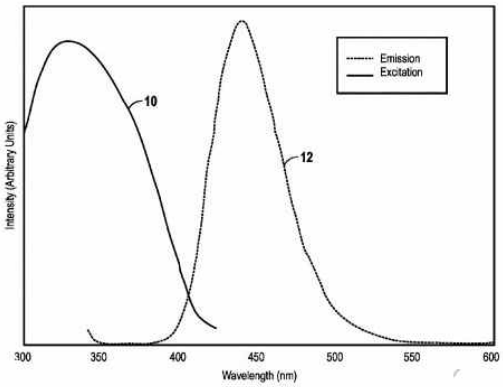
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(9)

발명의 명칭	Energy-storing self-luminescent road marking coating		
출원인(국적)	BJRB RuiTong Maintenance Center (CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	101372598 B (2012.01.11)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2007-10143325 (2007.08.20)	법적상태	등록
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. energy-storing self-luminescent road marking coating is characterized in that the raw material weight umber ratio of said coating consists of: 石油树脂 15～16 份 石英砂 15～16 份 碳酸钙粉 25～50 份 玻璃微珠 18～20 份 聚乙烯蜡 0.8～1.2 份 邻苯二甲酸二辛酯 0.8～1.5 份 EVA 热熔胶 1.0～1.2 份 钛白粉 2.0～4.0 份 蓄能自发光材料 1.0～10 份； Said petroleum resin are C9 aromatic hydrocarbon; Said lime carbonate is that fineness 40～200 orders and fineness are two kinds of 300～350 purposes, and wherein fineness is that the ratio of weight and number of 40～200 purpose lime carbonate is 15～20 parts, and fineness is that the ratio of weight and number of 300～350 purpose lime carbonate is 20～30 parts;Said energy-storing self-luminescent material is a rare-earth type energy-storing self-luminescent material.		
기술의 핵심	- 본 특허는 에너지 저장 자체 발광 도로마킹 도료에 관한 것으로, 원료 및 그의 구성비를 구체적으로 한정하여 등록받은 특허임 - 석유수지(15~16 중량), 석영모래(15~16 중량), 탄산칼슘 분말(25~50 중량), 글래스비드(18~20 중량), 폴리에틸렌 왁스(0.8~1.2 중량), 디 옥틸 프탈레이트(0.8~1.5 중량), EVA핫멜트 접착제(1.0~1.2 중량, 이산화 티탄(2.0~4.0 중량) 및 형광물질(1.0~ 10 중량)을 포함함 - 이때, 상기 석유수지는 C9 방향족 탄화수소이고, 상기 탄산칼슘은 각각 40~300mash 15~20 중량 및 300~350mash 20~30 중량을 포함하고, 에너지 저장 지가 발광 재료는 희토류를 포함하는 것을 특징으로 함 - 다른 실시예에서 코팅재료는, 석유수지, 석영모래, 탄산칼슘 분말, 글래스비드, 폴리에틸렌 왁스, 디 옥틸 프탈레이드, EVA 핫멜트 접착제, 형광 안료, 자체 발광 재료, 자외선 흡수제로 구성됨.		

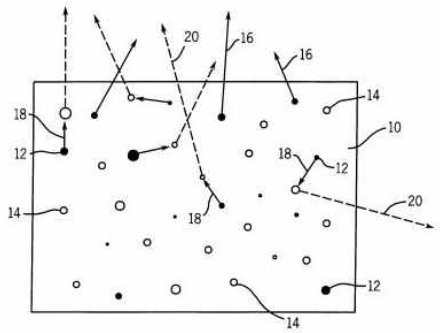
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(10)

발명의 명칭	Orange-yellow long persistence phosphor and method for making same		
출원인(국적)	CHANGCHUN OPTICS FINE MECH(CN), CAS	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	100575452 C (2009.12.30)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2007-10056035 (2007.09.07)	법적상태	등록
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. orange-yellow long persistence phosphor, the chemical structural formula that it is characterized in that described fluorescent material is Sr 3-x-ySiO 5: Eu x, Dy y, wherein x, y are molar fraction, the span of x, y: x=0.01, y=0; X=0.01, y=0.03; X=0.1, y=0.1; After exciting, the 200nm-550nm wavelength light sends orange-yellow long-afterglow.		
기술의 핵심	- 본 특허는 오렌지나 노란색으로 장시간 발광하는 형광체에 관한 것으로, 환원 분위기에서 1250~1400℃로 2~4시간 처리하여 분말로 분쇄하여 제조되며, 햇빛이나 자외선에 노출 된 후 여기원을 제거하더라도 5시간 이상 잔광을 유지하는 물질임. - 화학식 Sr3-x-ySiO5:Eux, Dyy를 가지는 물질로 x, y는 몰분율을 나타내는데 그 비는 x= 0.01, y= 0; x=0.01, y=0.03; x=0.1, y=0.1 이며, 200nm~550nm에 의해 여기되어 오렌지나 노란색으로 잔광을 내는 것을 특징으로 함.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(11)

발명의 명칭	Persistent phosphor		
출원인(국적)	General Electric Company (US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	7959827 B2 (2011.06.14)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	11/954814 (2007.12.12)	법적상태	등록
Family 특허	JP5599719B2 | US8545723B2 | EP2229425B1 | US8333907B2 | US8211334B2 | US8003012B2 | US7959827B2 | WO2009-076202A1 | US2008-0171229A1		
			
대표청구항	1. A phosphor of formula of Ax-y-z Al2-m-n-o-pO4:Euy, REz, Bm, Znn, Coo, Scp wherein: A is Ba, Sr, Ca, or a combination of these metals; x is between about 0.75 and 1.3; y is between about 0.0005 and 0.1; z is between about 0.0005 and 0.1; m is between about 0.0005 and 0.30; n is between about 0.0005 and 0.10; o is between about 0 and 0.01; p is between about 0 and 0.05; and RE is Dy, Nd, or a combination thereof.		
기술의 핵심	- 본 특허는 잔광성 형광체에 관한 것으로, Ax-y-z Al2-m-n-o-pO4:Euy, REz, Bm, Znn, Coo, Scp 구조식에 있어 A는 Ba, Sr, Ca 또는 이들 금속의 조합이고; x는 약 0.75 내지 1.3이고; y는 약 0.0005 내지 0.1이고; z는 약 0.0005 내지 0.1이고; m은 약 0.0005 내지 0.3이고; n은 약 0.0005내지 0.1이고 o는 약 0 내지 0.001이고; p는 약 0 내지 0.05이며; RE는 Dy, Nd 또는 이들의 조합인 것을 특징으로 함. - 유로퓸, 디스프로슘 및 네오디뮴과 같은 란타노이드 금속의 조합물의 첨가에 의해 활성화 된, 13 족 금속 산화물과 조합 된 알칼리 토금속 산화물을 포함하는 형광체임.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(12)

발명의 명칭	Method for producing a palette of colors for persistent phosphors and phosphors made by same		
출원인(국적)	General Electric Company (US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	8003012 B2 (2011.08.23)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	12/057496 (2008.03.28)	법적상태	등록
Family 특허	WO2009-076202A1 | US2008-0171229A1 | US7959827B2 | US8003012B2 | US8211334B2 | US8333907B2 | EP2229425B1 | US8545723B2 | JP5599719B2		
			
대표청구항	1. A persistent phosphor blend comprising: at least one persistent phosphor comprising a composition selected from the group consisting of a) a composition having a general formula Ax-y-zAl2-m-n-o-pO4:Euy, Dyz, Bm, Znn, Coo, Scp, and b) a composition having general formula Ax-y-zAl2-m-n-o-pO4:Euy, Ndz, Bm, Znn, Coo, Scp; and at least one other phosphor, wherein the excitation spectrum of the at least one other phosphor partially overlaps the emission spectrum of the persistent phosphor.		
기술의 핵심	- 본 특허는 형광체 조합에 관한 것으로 a) Ax-y-zAl2-m-n-o-pO4:Euy, Dyz, Bm, Znn, Coo, Scp (이때, A는 Ba, Sr, Ca 또는 이들 원소의 조합이며, x는 약 0.75~1.3, y는 약 0.0005~0.1이고, z는 약 0.0005~0.1이고, m은 약 0.0005~0.3이고, n은 약 0.0005~0.1이고, o는 약 0~0.01이며, p는 약 0~0.05임) b) Ax-y-zAl2-m-n-o-pO4:Euy, Ndz, Bm, Znn, Coo, Scp (이때, A는 Ba, Sr, Ca 또는 이들 원소의 조합이며, x는 약 0.75~1.3, y는 약 0.0005~0.1이고, z는 약 0.0005~0.1이고, m은 약 0.0005~0.3이고, n은 약 0.0005~0.1이고, o는 약 0~0.01이며, p는 약 0~0.05임) - 상기 중 적어도 하나 이상의 잔광 형광체와 여기 스펙트럼이 부분적으로 중첩되는 하나 이상의 다른 형광체를 더 포함하는 것을 특징으로 함		

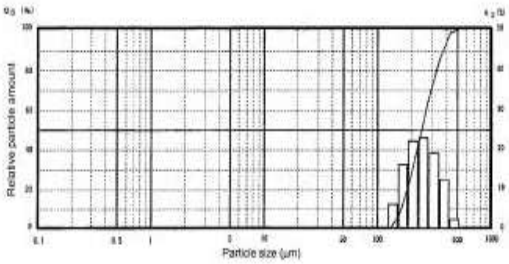
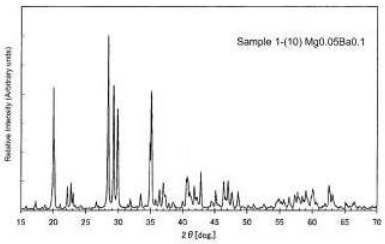
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(13)

발명의 명칭	시인성 확보용 차선도색재와 차선도색공법		
출원인(국적)	(주)코스펙(KR) | 주식회사 오르매(KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-0973252 B1 (2010.07.26)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	10-2008-0081643 (2008.08.21)	법적상태	등록
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. 탄산칼슘 30~40중량%, 메타카오린 10~25중량%, 해포석 3~10중량%, 이산화티타늄 1~5중량%, 색안료 3~6중량%, 무기발수재인 Zn-stearate 0.1~3중량%, 무기형광체인 ZnGa2O4 또는 SBxMS:EU2+ 중 어느 하나 0.1~3중량%, 에폭시 15~25중량%, 조막재 1~3중량%, 및 희석재 5~10중량%를 혼합 후 고속교반하여 제조된 것을 특징으로 하는 차선도색재.		
기술의 핵심	- 본 특허는 차선도색재 및 차선도색공법에 관한 것으로, 탄산칼슘, 메타카오린, 해포석, 이산화티타늄, 안료, 무기발수재(Zn계), 무기형광체, 안료, 에폭시, 조막재, 희석재를 혼합하여 제조한 시인성 확보용 차선도색재를 제공하기 위함. - [실시예1] 차선도색재는 탄산칼슘 30~40중량%, 메타카오린 10~25중량%, 해포석 3~10중량%, 이산화티타늄 1~5중량%, 색안료 3~6중량%, 무기발수재(Zn-stearate) 0.1~3중량%, 무기형광체(ZnGa2O4 혹은 SBxMS:EU2+) 0.1~3중량%, 에폭시 15~25중량%, 조막재 1~3중량%, 희석재 5~10중량%를 혼합 후 고속교반하여 제조함. - [실시예2] 차선도색재는 탄산칼슘 30~40중량%, 메타카오린 10~25중량%, 해포석 3~10중량%, 이산화티타늄 1~5중량%, 색안료 3~6중량%, 무기발수재(Zn-stearate) 0.1~3중량%, 무기형광체(ZnGa2O4 혹은 SBxMS:EU2+) 0.1~5중량%, 에폭시 15~25중량%, 조막재 1~3중량%, 희석재 5~10중량%를 혼합 후 고속교반하여 제조함. - 20,000braine이하의 탄산칼슘과 메타카오린를 사용하여 도로노면과의 침투접착력이 우수하고 내구성과 내마모성이 우수하여 내구성 보증기간을 기존 제품보다 30% 이상 연장시킴으로서 경제적 비용을 절감할 수 있음.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(14)

발명의 명칭	Phosphorescent phosphors		
출원인(국적)	Performance Indicator(US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	8329061 B2 (2012.12.11)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	12/503211 (2009.07.15)	법적상태	등록
Family 특허	WO2011-008930		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. A photoluminescent phosphor comprising a matrix represented by the formula: (1－x－y－z)GO.xMXi.n[(1－k/2)Al2O3.kA].yEu2+O,zR3+O1.5 wherein: G=Sr or Ca; M=Li, Na, Ca, Sr, Ba; or their combinations; Xi=F, Cl, or F2, Cl2; A=MgO or AlN; R=Dy alone or in combination with one or more of Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, and Lu or their combinations; x=0.00001 to 0.4; y=0.00001 to 0.10; z=0.00001 to 0.10; n=1 to 3; and k=0.00001 to 0.10;		
기술의 핵심	- 인광 발광 물질은 녹색 발광 형광체인 SrAl2O4 : Eu, Dy , 청록색 형광체 SrAl4O7 : Eu, Dy 및 Sr4Al14O25 : Eu, Dy와 같은 희토류 원소가 도핑 된 알루미네이트를 포함함. - 본 발명에서 실시예 1. Sr1－x－y－zAl2O4－x:EuyDy2xMF2 2. Sr1－x－y－zAl2O4.02－x:EuyDy2xMCl2 3. Sr(1－y－z)Al2－xO4.02－3x/2:EuyDyzNx 4. EuyDyzxMX2 / Sr4 (1-x-y-z) Al14O25-4x : Eu4y4xMX2 5. r (1-x-y-z) Al2-kO4-1 / k-x : EuyDyz, xSrF2, kMgO 6. Sr (1-x-y-z) Al2-kO4-x-3k / 2 : EuyDyzxSr2, kAlN 7. Sr1-x-y-zAl2O4-x : EuyDyzxMF - 할라이드 또는 질화물 치환과 함께 알루미네이트 매트릭스 내에 마그네슘 또는 아연과 같은 전하 보상기를 포함시키며, 할로겐화물과 질화물을 함께 사용하여 인광체 매트릭스의 일부 산화물을 대체함. - 발광 인광 물질에서, 디스프로슘의 일부는 y3 +, La3 +, Gd3 +, Lu3 +, Ce3 +, Pr3 +, Nd3 +, Sm3 +, Tb3 +, Ho3 +, Er3 +, Tm3 +, Yb3 +, In3 + 및 공동 도펀트로서의 Bi3 +를 포함함.		

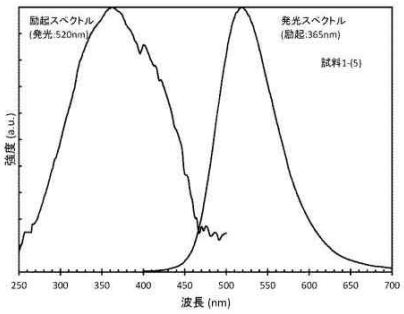
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(15)

발명의 명칭	Phosphorescent phosphor and phosphorescent pigment		
출원인(국적)	NEMOTO(JP)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	9017575 B2 (2015.04.28)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	13/639432 (2011.06.06)	법적상태	등록
Family 특허	HK1178196A1 | JP5652967B2 | CN102933686B PT | 2540797E | EP2540797B1 | WO2011-155428A1 | WO2011-155428A1		
 			
대표청구항	1. A phosphorescent phosphor represented by the general formula (Sr1-a-b-x-yMgaBabEuxDyy)Al2O4, wherein: a satisfies a relation 0.02≦a≦0.1; b satisfies a relation 0.03≦b≦0.15; x satisfies a relation 0.005≦x≦0.03; y satisfies a relation 0.005≦y≦0.05; (a+b) satisfies a relation 0.08≦(a+b)≦0.2.		
기술의 핵심	- 본 특허는 야외의 여기 조건 하에서 일몰 후 10시간 내지 12시간 후에 우수한 잔광 휘도를 가지는 축광 형광체에 관한 것임. - 화학식 (Sr1-a-b-x-yMgaBabEuxDyy)Al2O4으로, a는 0.02≤a≤0.1, b는 0.03≤b≤0.15, x는 0.001≤x≤0.04, y는 0.004≤y≤0.05이며, (a + b)는 0.08≤ (a + b)≤0.2인 것을 한정하여 등록된 특허임. - 축광 형광체 원료는 탄산 스트론튬 (SrCO3) 등의 스트론튬 (Sr) 원료산화 마그네슘 (MgO) 또는 염기성 탄산마그네슘과 같은 마그네슘 원료; 탄산바륨 (BaCO3)과 같은 바륨 원료; 탄산칼슘 (CaCO3)과 같은 칼슘 (Ca) 원료; 알루미나 (Al2O3) 등의 알루미늄 원료; 산화 유로퓸 (Eu2O3)과 같은 활성화제로서의 유로퓸 (Eu)의 원료; 산화디스프로슘 (Dy2O3)과 같은 공 활성화제로서의 디스프로슘 (Dys)의 원료를 포함함.		

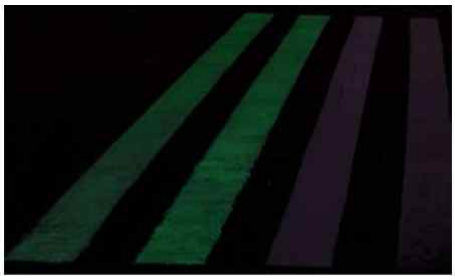
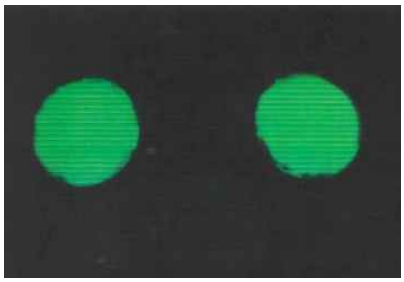
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(16)

발명의 명칭	Polyester coating for road sign		
출원인(국적)	Nanjing Hongrongda Resin(CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	103382365 A (2013.11.06)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2013-10259325 (2013.06.26)	법적상태	공개
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. road sign polyester coating, it is characterized in that: its component comprises following composition by weight: 80～100 parts of unsaturated polyester resins, 5～15 parts of petroleum resin, 40～60 parts of modification phosphorescent pigments, 3～8 parts, strontium aluminate fluorescent material, 20～30 parts, solidifying agent, 1～4 part of dispersion agent, 0.5～2 part of defoamer, 0.5～2 part of promotor; Described modification phosphorescent pigment is by weight than comprising following component: 80～100 parts of phosphorescent pigments, 20～30 parts of water, 10～20 parts of ethanol, 5～10 parts of hydrochloric acid and 10～15 parts of tetraethoxys.		
기술의 핵심	- 본 특허는 도로 마킹 폴리에스테르 도료에 관한 것으로, 불포화 폴리 에스테르 수지 80~100 중량, 석유수지 5~15중량, 변형된 인광 안료 40~60 중량, 스트론튬(Sr) 형광체 3~8중량, 경화제 20~30중량, 분산제 1~4중량, 소포제 0.5~2중량으로 구성되고, 상기 변형된 인광 안료는 인광(축광)안료 80~100중량, 물 20~30 중량, 에탄올 10~20 중량, 염산 5~10 중량 및 Tetracthoxysilane 10~15중량으로 구성되는 것을 특징으로 함. - 경화제는 지방족 헥사메틸렌 디 이소시아네이트 또는 뷰렛임. - 소포제는 폴리실록산-폴리에테르 공중 합체임. - 분산제는 폴리 아크릴 레이트임.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(17)

발명의 명칭	축광성 형광체		
출원인(국적)	NEMOTO(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	2015-214702 A (2015.12.03)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	분할 2015-124119 (2015.06.19)	법적상태	공개
Family 특허	WO2015-137287A1 | JP5780573B2 | JP2015-214702A | CN105980525A | US2016-0319190A1 | EP 3088488 B1		
			
대표청구항	1. MAl2O4로 표시되는 화합물로 M로 나타내는 금속 원소는 스트론튬(Sr), 마그네슘(Mg) 및 바륨(Ba)으로 구성되는 화합물을 모결정으로 함과 동시에 부활제로서 유로퓸(Eu)을 포함하고 모두 부활제로서 디스프로슘(Dy)을 포함한 축광성 형광체로서, 유로퓸(Eu)의 함유량은 몰비로 0.001≦Eu/(M+Eu+Dy) ≦0.05이며 디스프로슘(Dy)의 함유량은 몰비로 0.004≦Dy/(M+Eu+Dy) ≦0.06이며 마그네슘(Mg)의 함유량은 몰비로 0.02≦Mg/(M+Eu+Dy) ≦0.1이며 바륨(Ba)의 함유량은 몰비로 0.03≦Ba/(M+Eu+Dy) ≦0.15이며 리튬(Li),나트륨(Na), 칼륨(K),루비듐(Rb)의 군 중 적어도 하나의 알칼리 금속 원소를 포함하고 알칼리 금속 원소의 함유량은 M로 나타내는 금속 원소와 유로퓸(Eu)과 디스프로슘(Dy)의 합계 1 몰에 대해서 0초과 0.06밀리 몰 미만인 것을 특징으로 한 축광성 형광체.		
기술의 핵심	- 본 특허는 Mg, Ba lac 알칼리 금속 원소를 동시에 포함함으로써 높은 잔광 휘도를 가지는 축광 형광체에 관한 것임. - 스트론튬(Sr)의 원료 : 탄산스토론튬(SrCO3) 마그네슘(Mg)의 원료 : 산화 마그네슘(MgO) 염기성 탄산마그네슘 등과 바륨(Ba)의 원료 : 탄산바륨(BaCO3) 알루미늄(Al)의 원료 : 알루미나(Al2O3) 부활제로서의 유로퓸(Eu)의 원료 : 산화 유로퓸(Eu2O3) 모두 부활제로서의 디스프로슘(Dy)의 원료 : 산화 디스프로슘(Dy2O3) 알칼리 금속 원소 : 나트륨(Na) 칼륨(K)의 원료 : 탄산나트륨(Na2CO3), 탄산칼륨(K2CO3) - 형광체 원료와 플럭스(붕산(H3BO3))를 소정량 측량하고 볼밀 혼합 등을 이용하여 충분히 혼합하여 형광체 원료의 혼합분말을 얻음. - 알칼리 금속 원소의 나트륨(Na)이나 칼륨(K)의 원료(탄산나트륨(Na2CO3), 탄산칼륨(K2CO3))는 수용액으로 한 상태에서 소정량을 첨가해도 좋음.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(18)

발명의 명칭	축광안료를 이용한 융착식 노면 표지용 도료		
출원인(국적)	대동안전주식회사(KR) |(주)평화엔지니어링(KR)	**출원국**	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-1636717 B1 (2016.06.30)	**상세분류**	광감응
출원번호 (출원일)	10-2016-0010734 (2016.01.28)	**법적상태**	등록
Family 특허	-		
 			
대표청구항	1. 바인더수지 100 중량부, 축광안료 80 내지 120 중량부, 충전제 4 내지 10 중량부, 열안정제 2 내지 8 중량부 및 점도조절제 2 내지 6 중량부로 이루어지며, 상기 바인더수지는 수소첨가 석유수지로 이루어지고, 상기 충전제는 중량평균 분자량이 10000 내지 20000인 폴리프로필렌으로 이루어지며, 상기 점도조절제는 폴리에틸렌왁스로 이루어지는 것을 특징으로 하는 축광안료를 이용한 융착식 노면 표지용 도료.		
기술의 핵심	- 본 특허은 축광안료를 이용한 융착식 노면 표지용 도료에 관한 것임. - 바인더수지는 수소첨가 석유수지로 이루어지며, 탄화수소의 함량이 15 내지 25%임. - 축광안료는 350 내지 450LUX의 빛을 받았을 때, 5 내지 10mcd의 휘도를 나타내는 것을 사용해야됨. 따라서 축광 안료는 소량의 희토류 원소(유로피늄(Eu), 가돌리늄(Gd), 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb) 및 이터늄(Yb))로 이루어진 군에서 선택된 희토류 원소가 도핑된 알카리토류 금속의 알루미나 성분의 복합물인 무기계 축광안료를 사용함. - 이때 알칼리토류 금속 알루미나 성분의 복합물로는 산화알루미늄과 산화칼륨, 산화스트론튬 및 산화마그네슘으로 이루어진 그룹에서 선택된 하나 이상의 염들의 복합체로서, Al2O3CaO, Al2O3MgO, SrAl2O4, SrAl2O4(OH) 또는 Al2O3CaOSrOB2O3 등과 같은 염들의 복합물을 사용할 수 있는데, 본 발명에서는 희토류 원소가 도핑된 알루미나 성분(Al2O3-SrO3-B2O3)의 축광 안료를 사용함.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(19)

발명의 명칭	글래스비드가 함유된 축광안료를 이용한 노면 표지용 조성물		
출원인(국적)	대동안전주식회사(KR) | (주)평화엔지니어링(KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-1636719 B1 (2016.06.30)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	10-2016-0010741 (2016.01.28)	법적상태	등록
Family 특허	-		
 실시예 1 비교예 1			
대표청구항	1. 바인더수지 100 중량부, 축광안료 80 내지 120 중량부, 충전제 4 내지 10 중량부, 열안정제 2 내지 8 중량부, 점도조절제 2 내지 6 중량부 및 글래스비드 1 내지 5 중량부로 이루어지며, 상기 축광안료는 입자크기가 250 내지 350 마이크로미터이고, 상기 바인더수지는 수소첨가 석유수지로 이루어지며, 상기 충전제는 중량평균 분자량이 10000 내지 20000인 폴리프로필렌으로 이루어지고, 상기 점도조절제는 폴리에틸렌왁스로 이루어지며, 상기 글래스비드는 150 내지 850 마이크로미터의 입자크기를 나타내는 것을 특징으로 하는 글래스비드가 함유된 축광안료를 이용한 노면 표지용 조성물.		
기술의 핵심	- 본 특허는 글래스비드가 함유된 축광안료를 이용한 노면 표지용 조성물에 관한 것으로 바인더수지, 축광안료, 충전제, 열안정제, 점도조절제 및 글래스비드로 구성됨. - 축광 안료는 소량의 희토류 원소(유로피늄(Eu), 가돌리늄(Gd), 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb) 및 이터늄(Yb))로 이루어진 군에서 선택된 희토류 원소가 도핑된 알카리토류 금속의 알루미나 성분의 복합물인 무기계 축광안료를 사용함. - 알칼리토류 금속 알루미나 성분의 복합물로는 Al2O3CaO, Al2O3MgO, SrAl2O4, SrAl2O4(OH) 또는 Al2O3CaOSrOB2O3 등과 같은 염들의 복합물을 사용할 수 있는데, 본 발명에서는 희토류 원소가 도핑된 알루미나 성분(Al2O3-SrO3-B2O3)의 축광 안료를 사용함. - 또한 축광안료는 입자크기가 250 내지 350 마이크로미터를 나타내는 것을 사용하는 것이 바람직한데, 상기의 입자크기를 나타내는 축광안료는 쉽게 비산되지 않아 우수한 작업성을 나타내며, 수분 등에 의한 뭉침현상이 억제됨.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(20)

발명의 명칭	Self-luminous road sign marking coating and application thereof		
출원인(국적)	Zhang Yue(CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	105860738 A (2016.08.17)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2016-10420997 (2016.06.13)	법적상태	공개
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. a self-luminous road signs gage mark coating, it is characterised in that described self-luminous highway sign and marking The component of coating includes by weight: 0-30 part road mark paint I, 55-96 part road mark paint II, And 4-15 part self-luminous microballon, wherein, the component of described self-luminous microballon includes by weight: microballon Substrate 58-135 part, self-luminescent material 5-30 part ; Described self-luminescent material is aluminate long afterglow materials, and described aluminate long afterglow materials is selected from SrAl2O4: Eu, Dy and Sr4Al14O25: the one in Eu, Dy.		
기술의 핵심	- 본 특허는 자발광 도로 마팅용 도료에 관한 것으로, 도로 마킹 페인트I 0~30중량, 도로 마킹 페인트II 55~96중량 및 자발광 무기 중공구체로 구성됨. - 이때, 상기의 자발광 무기 중공구체는 중공구체 기판 85~135중량, 자발광 물질 5~30중량을 가지는 알루미네이트 잔광 재료이며, 상기 알루미네이트 잔광 재료는 SrAl2O4: Eu, Dy 및 Sr4Al14O25: (Eu or Dy) 중 하나인 화학식을 가지는 것을 특징으로 함. - 도로마킹 페인트I는 자체 발광 재료, 수지(C5 석유 수지, C9 석유 수지, 에폭시 수지 또는 아크릴 수지 중 하나), 석영, 탄산칼슘분말, 이산화티탄, EVA 핫멜트 접착제, 글래스비드를 포함함. - 도로마킹 페인트II는 핫멜트형 도로페인트로 수지(C5 석유 수지, C9 석유 수지, 에폭시 수지 또는 아크릴 수지), 석영 모래, 탄산칼슘 분말, 이산화 티타늄, EVA 핫멜트 접착제, 글래스비드를 포함함.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(21)

발명의 명칭	High-pigmentation-degree light-emitting and light-reflecting road marking coating and preparation method thereof		
출원인(국적)	HEFEI DINGLIANG OPTICAL TECHNOLOGY (CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	106147324 A (2016.11.23)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2016-10528625 (2016.07.07)	법적상태	공개
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. the luminous reflecting road mark paint that a degree of staining is high, it is characterised in that be made up of the raw material of following weight portion: Zinc oxide 1-3, GdCl31-3, ethylene glycol 6-10, ground calcium carbonate 1-2, NaF 1-3, aqueous polyurethane emulsion 40-50,Ethyl acrylate 3-5, citric acid 1-3, titanium dioxide 10-15, blanc fixe 10-15, glass microballoon 10-15, deionized water is fittedAmount, appropriate amount of ethanol ; The content of described aqueous polyurethane emulsion is 40-50%.		
기술의 핵심	- 본 특허는 고발광성 반사 도로 표시 도료에 관한 것으로 산화 아연 1~3중량, GdCl3 1~3중량, 에틸렌 글리콜 6~10중량, 탄산칼슘 1~2중량, NaF 1~3중량, 수성 폴리 우레탄 에멀젼 40~50중량, 에틸 아크릴 레이트 3~5중량, 시트르산 1~3중량, 이산화 티탄 10~15중량, 침강 황산 바륨 10~15중량, 글래스비드 10~15중량, 탈이온수 및 적당량의 에탄올으로 구성됨. - 이때, 수성 폴리 우레탄 에멀젼의 함량은 40~50%인 것을 특징으로 함. - 이때, 제조방법은 a) GdCl3를 에틸렌 글리콜 용액 3 ~ 5 부에 녹이고 맑은 용액으로 저어주고, 나머지 에틸렌 글리콜 용액에 NaF를 녹이고 맑은 용액으로 저어준 뒤, 두 용액을 혼합시킴. 이 용액에 라 우릴 황산나트륨을 반응기에 넣고 150-200 ℃의 오븐에 20-25 시간 동안 두고, 반응 취출 오토클레이브를 완료하고, 탈 이온수로 세척하고 원심 분리하여 실온 여과하고, 얻어진 침전물을 냉각시키고, 에탄올을 3-5 번 세척시킴. 이 침전물을 40 ~ 80 ℃에서 20 ~ 25 시간 건조하여 중간체를 얻고, 볼 밀링 후 볼밀에 산화 아연, 이산화 티타늄, 중탄산칼슘, 중정석 분말, 유리 비드를 넣고 에탄올 용액으로 초음파 분산 한 다음 건조하여 혼합물을 얻음. 수성 폴리우레탄 에멀젼에 중간체를 첨가하고, 혼합물 및 에틸 아크릴 레이트, 시트르산을 잘 저어줌.		

○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(22)

발명의 명칭	Anti-freezing luminescent reflective road marking coating and preparation method thereof		
출원인(국적)	HEFEI DINGLIANG OPTICAL TECHNOLOGY (CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	106046891 A (2016.10.26)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2016-10567519 (2016.07.19)	법적상태	심사중
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. a freeze proof luminous reflecting road mark paint, it is characterised in that be made up of the raw material of following weight portion: Propylene glycol 1-3, GdCl31-3, ethylene glycol 6-10, CaCl21-2, NaF 1-3, aqueous polyurethane emulsion 40-50, propylene Acetoacetic ester 3-5, citric acid 1-3, titanium dioxide 10-15, blanc fixe 10-15, glass microballoon 10-15, emulsion acrylic resin is fitted Amount, deionized water is appropriate, appropriate amount of ethanol ; The content of described aqueous polyurethane emulsion is 40-50%, and emulsion acrylic resin solid content is 20-40%.		
기술의 핵심	- 본 특허는 동결방지 발광 도로 표시 도료에 관한 것으로, 프로필렌 글리콜 1-3중량, GdCl3 1-3중량, 에틸렌 글리콜 6-10중량, CaCl2 1-2중량, NaF 1-3중량, 수성 폴리 우레탄계 에멀젼 40-50중량, 프로필렌 아세테이트 에스테르 3-5중량, 시트르산 1-3중량, 이산화 티탄 10-15중량, 침강 황산 바륨 10-15중량, 글래스비드10-15중량, 에멀젼 아크릴 수지, 적당량의 탈 이온수 및 에탄올을 포함하여 구성됨. - 이때, 수성 폴리 우레탄 에멀젼의 함량은 40~50%이고, 에멀젼 아크릴 수지 고형분의 함량은 20~40%인 것을 특징으로 함. - 이때, 제조방법은 에틸렌글리콜 용액에 GdCl3를 녹이고, 나머지 에틸렌글리콜 용액에 NaF를 녹인 뒤, 두 용액을 혼합시켜줌. 이 용액을 라 우릴 황산나트륨을 반응기에 넣고 150-200 ℃의 오븐에 20-25 시간 동안 두고, 반응기로부터 반응물을 취한 후, 냉각, 원심분리, 여과, 세척하여 중간체를 얻고, CaCl2, 이산화 티타늄, 중정석 분말, 유리비드를 에탄올 용액으로 초음파 분산, 교반, 건조 후 혼합물을 수득함. 이 중간체를 수성폴리우레탄 에멀젼에 첨가하고, 혼합물, 에틸아크릴레이트, 프로필렌글리콜, 구연산 등과 혼합시켜 제조함.		

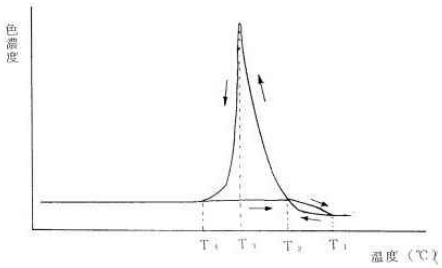
○ 광자극 감응 재료 핵심특허 분석(23)

발명의 명칭	적색계 발광 축광성 형광체		
출원인(국적)	NEMOTO(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	6157783 B2 (2017.06.16)	상세분류	광감응
출원번호 (출원일)	2017-511960 (2016.11.18)	법적상태	등록
Family 특허	WO2017-090541A1		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. MSi2O2N2:Yb,R로 표시되는 화합물로, M은 스트론튬(Sr), 칼슘(Ca), 바륨(Ba) 및 마그네슘(Mg)에서 선택되는 적어도 일종의 금속 원소이며, R는 에르븀(Er), 홀뮴(Ho), 가돌리늄(Gd), 프라세오디뮴(Pr), 테르븀(Tb), 디스프로슘(Dy), 네오디뮴(Nd), 비스무트(Bi), 스칸듐(Sc) 및 크롬(Cr)에서 선택되는 적어도 일종의 원소인 것을 특징으로 한 적색계 발광 축광성 형광체.		
기술의 핵심	- 본 특허는 가시광에 의해 효율적으로 여기되고, 또한 화학적으로 안정적인 적색계 발광 축광성 형광체에 관한 것임. - 형광체 원료는 아래와 같음. 스트론튬(Sr)의 원료 : 탄산스토론튬(SrCO3) 칼슘(Ca)의 원료 : 탄산칼슘(CaCO3) 바륨(Ba)의 원료 : 탄산바륨(BaCO3) 마그네슘(Mg)의 원료 : 염기성 탄산마그네슘 규소(Si)의 원료 : 산화 규소(SiO2) 부활제로서 이용하는 이테르븀(Yb)의 원료 : 산화 이테르븀(Yb2O3) 공 부착활제로서 이용하는 원소 에르븀(Er)의 원료 : 산화 에르븀(Er2O3) - 형광체 원료를 소정량 측량하고 볼밀 혼합 등을 이용하여 충분히 혼합하여 형광체 원료의 혼합분말을 얻음. - 부활제로서 이용하는 이테르븀(Yb)의 첨가량, 공 부착활제로서 이용하는 원소의 첨가량은 목적의 형광체 1몰에 대해서 몰비로 0.00001내지 0.1까지의 범위 내에서 목적으로 하는 잔광 특성에 맞추어 적의 선택할 수 있음. - 이테르븀(Yb)은 몰비로 0.0001~0.04, 에르븀(Er)은 몰비로 0.0005~0.05, 홀뮴(Ho)은 0.0001~0.004 범위가 적합함.		

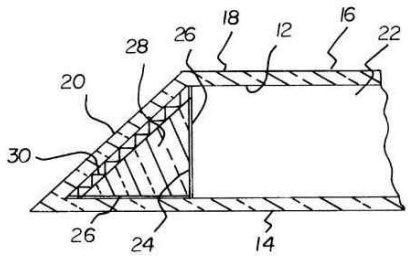
○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(24)

발명의 명칭	감온 변색성 자외선 경화형 잉크 조성물		
출원인(국적)	MATSUI SHIKISO CHEM (JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3833322 B2 (2006.07.28)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	1996-328030 (1996.11.25)	법적상태	소멸
Family 특허	JP3833322B2 | US6008269A		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. 감온 변색성 마이크로 캡슐 및 광중합 개시제를 함유해서 이루어지는 자외선 경화형 잉크 조성물에 있어서 상기 마이크로 캡슐로서 자외선 흡수제를 함유하지 않고, 평균 입자 지름이 0.5 내지 50μm이며, 상기 광중합 개시제로서 2,2-디메톡시-1,2-디페닐-에타논, p-메틸 티오-2-모르폴리노 2,2-디메틸 아세토페논,1-하이드록시사이클로헥실 페닐 케톤, [4- [(4-메틸 페닐) 티오] 페닐] 페닐-메타논, [4-페닐티오페닐] 2´,4´-디클로로페닐-메타논, 또는 클로로 메틸벤조페논 중 에서 선택되는 적어도 일종의 화합물을 사용하는 것을 특징으로 하는 감온 변색성 자외선 경화형 잉크 조성물.		
기술의 핵심	- 본 특허는 감온 변색성 마이크로 캡슐 및 광중합 개시제를 포함하는 자외선 경화형 잉크 조성물에 관한 것으로, 자외선 흡수제를 함유하지 않는 마이크로 캡슐의 평균 입자 지름이 0.5 내지 50μm이고, 광중합 개시제로 아세토페논계 화합물 또는 벤조페논계 화합물 중 적어도 일종의 화합물을 사용하는 것을 특징으로 함. - **감온 변색성 조성물**로서는 트리페닐 메탄 프탈리드계, 플루오란계, 페노티아진계, 인돌릴 프탈리드계, 류코(leuco) 오라민계, 스피로피란계, 로다민 락탐계, 트리페닐 메탄계, 디아릴 프탈리드계, 트리아젠계, 스피로 뚜껑 런계, 잔텐계, 나프토 락탐계, 아조메틴계 등의 감압 감열 복사지용 색소로서 알려진 류코(leuco) 색소와 벤조트리아졸계, 페놀계, 방향족 카르복실산계, 지방족 카르복실산계, 티오 요소계, 인산계, 혹은 이들의 각종 에스테르류나 금속염 등의 감압 감열 복사지용 현색제로서 알려진 유기 현색제로 구성되는 2 성분계 조성물, 혹은 상기 2 성분계 조성물에 에스테르계, 에테르계, 알코올계, 케톤계, 카르복실산계, 아조메틴계 등의 유기 매체를 추가로 첨가해서 이루어지는 3 성분계 조성물 및 액정 조성물 등 온도의 변화에 따라 색채가 가역적으로 변화할 수 있는 각종의 조성물을 들 수 있음. - **마이크로 캡슐화 기법**으로서는 코아세르베이션법, 계면중합법, in situ(인사이투) 중합법, 액중 경화 피복법, 기중 현탁 피복법, 분무건조(spray drying)법 등을 들 수 있고 이들을 각 단독으로 혹은 2종 이상의 것을 조합해 채용할 수 있음. - **자외선 경화형 잉크 조성물**은 상기의 광중합 개시제를 필수 성분으로 하지만 그 이외에 종래 공지의 구성 성분을 채용할 수 있음.		

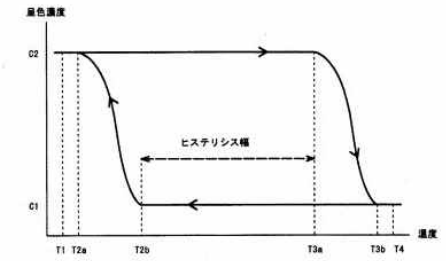
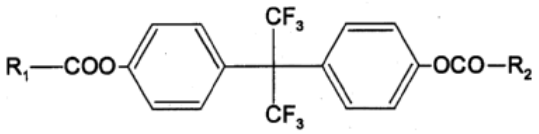
○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(25)

발명의 명칭	가역 열변색성 조직물		
출원인(국적)	PILOT INK(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3865916 B2 (2006.10.13)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	1997-368668 (1997.12.26)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. (가) 전자 공여성정 색상성 유기 화합물과 (나) 하기 일반식(1)으로 표시되는 알콕시 페놀 화합물에서 선택되는 전자 수용성 화합물과 (다) 상기 (가), (나)에 의한 전자 주고받음 반응을 특정 온도역에서 가역적으로 발생시키는 반응 매체인 화합물로서 에스테르류와 사슬식 탄화수소류, 지방 환식 탄화수소류, 방향족 탄화수소류, 할로겐화 탄화수소류, 왁스류에서 선택되는 화합물을 필수 성분으로 하는 소색 상태로부터의 가열에 의한 승온을 트리거로 하고, 가열 후의 강온과정에서 발색을 시작해, 최대 발색 농도의 발색 상태를 발현한 후, 소색 상태로 복귀하는 가역적 변색 기능을 구비한 가역 열변색성 조직물. (R는 탄소수 3 내지 10의 직사슬 및 결사슬 알킬기를 나타낸다.)		
기술의 핵심	- 본 특허는 가열 후의 감온과정에서 최대 발색 농도를 나타내는 발색 상태를 가역열 변색성 재료에 관한 것임. - **(가) 전자 공여성정 색상성 유기 화합물**로서는 종래보다 공지의 디페닐메탄 프탈리드류, 페닐 인돌릴 프탈리드류, 인돌릴 프탈리드류, 디페닐메탄 아자프탈리드류, 페닐 인돌릴 아자프탈리드류, 플루오란류, 수치 리노 퀴놀린류, 디아자로다민 락톤류 등을 들 수 있어 이하로 이들의 화합물을 예시함. - **(나) 전자 수용성 화합물**로서는 일반식(1)으로 표시되는 알콕시 페놀 화합물에서 선택됨. p-n-프로필옥시 페놀, p-n-부틸옥시 페놀, p-n-펜틸옥시 페놀, p-n-헥실옥시 페놀, p-n-헵틸옥시 페놀, p-n-옥틸옥시 페놀, p-n-노닐옥시 페놀, p-n-데실옥시 페놀 , p -이소프로필옥시 페놀, p-1-메틸프로필옥시 페놀, p-3-메틸부틸옥시 페놀, p-2-메틸 펜틸옥시 페놀 등을 들 수 있다. - **상기 (가), (나)에 의한 전자 주고받음 반응을 특정 온도영역에서 가역적으로 발생시키는 반응 매체인 (다) 화합물로**서는, 에스텔 종류가 유효함.		

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(26)

발명의 명칭	Road reflectors with temperature dependent color		
출원인(국적)	Widmer; Timothy S. (US)	출원국	US
등록/공개번호 (등록/공개일)	5897271 A (1999.04.27)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	09/001718 (1997.12.31)	법적상태	등록
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. A thermochromatic road marker reflector comprising, in combination: a rigid transparent housing having a square bottom face, a top face with a central square extent and a pair of beveled end extents integrally coupled between the central extent of the top face and the bottom face, and a pair of side extents integrally coupled between side edges of the top and bottom faces to define an interior space; a rigid rectilinear block with a top face and a bottom face each with a surface area equal to that of the central square extent of the top face of the transparent housing thereby defining prism shaped compartments; reflective layers situated within the interior space of the transparent housing and lining a bottom and rear surface of each of the prism shaped compartments which are defined by a portion of the bottom face of the transparent housing and a side face of the block, respectively; a transparent thermochromatic material situated within the prism shaped compartments for changing a color of light reflected off of the reflective layers upon a surrounding temperature dropping below a predetermined amount of about 32 degrees Fahrenheit		
기술의 핵심	- 본 특허는 온도 의존형 변색 도로 리플렉터에 관한 것으로, 정사각형 바닥면을 가지는 경질의 투명 하우징(12)은 중앙 사각 범위 상부면(16)과 상기 상부면(16)과 바닥면(14) 사이에 결합된 경사진 단부 확장면(20)을 가지고, 투명 하우징(12)의 상면(16)의 중앙 사각 범위와 동등한 표면적 범위에 위치하는 강성 직선 블록(22)을 포함하고, 투명 하우징(12)의 내부 공간 내에는 각 프리즘 형상 격실(24)의 바닥(14) 및 배면을 일직선으로 하는 반사층(26)이 위치하며, 주변 온도가 약 32°F 온도 아래로 떨어지면 반사 층(26)으로부터 반사되는 광의 색을 변경시키기 위하여 프리즘 형태의 격실 내에 열 변색 소재(28)를 포함하고, 반사된 빛을 분산시키기 위하여 프리즘 형상의 구획 내에 상면(16)과 열 변색 소재(28) 사이에 위치한 광 조작층을(30) 더 포함하는 것을 특징으로 함.		

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(27)

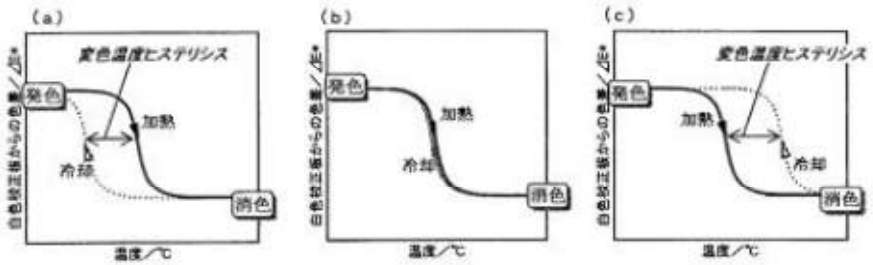
발명의 명칭	가역 감온 변색성 히스테리시스 조성물		
출원인(국적)	MATSUI SHIKISO CHEM (JP)	**출원국**	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	4878930 B2(2011.12.09)	**상세분류**	온도감응
출원번호 (출원일)	2006-164260 (2006.06.14)	**법적상태**	등록
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. (가) 류코(leuco) 색소, (나) 현색성 물질 및 (다) 변색 온도 조정제를 포함하여 구성되는 가역 감온 변색성 조성물에 있어서 (다) 변색 온도 조정제가 화학식 1으로 나타나는 화합물인 것을 특징으로 하는 가역 감온 변색성 히스테리시스 조성물. 【化1】  (식 중의 R1 및 R2는 탄소수8~18의 알킬기 또는 알케닐기를 나타낸다.)		
기술의 핵심	- 본 특허는 온도 변화에 의해 넓은 히스테리시스폭을 가져 가역적 변색을 나타내, 어느 일정한 온도영역에서 2종 이상이 다른 색상 상태를 발현시킬 수 있는 가역 감온 변색성 조성물에 관한 것임. - **류코(leuco) 색소는 전자 공여성 화합물로 구성되는 것으로서**, 현색성 물질과 정색 반응을 통해 발색하는 성분임 - 류코(leuco) 색소를 1종 또는 2종 이상 조합해 이용할 수 있고 이것에 의해 발색 상태의 색채를 임의로 할 수 있음. - **현색성 물질본 현색성 물질은 전자 수용성 화합물로 구성되는 것으로서**, 상기 류코(leuco) 색소를 발색시키는 능력을 가지는 성분이며 현색성 물질을 1종 또는 2종 이상 조합해 이용함으로써, 발색 시의 색채 농도를 자유롭게 조절할 수 있으며, 통상적으로 류코(leuco) 색소 1 중량부에 대해서 0.1~100 중량부 정도의 범위 내에서 선택하는 것이 적합함. - **변색 온도 조정제는 상기 류코(leuco) 색소와 현색성 물질의 정 색상에 있어서 히스테리시스 특성을 초래하는 물질임.** - 변색 온도 조정제의 사용량은 통상적으로 류코(leuco) 색소 1 중량부에 대해서 1~1000중량부 정도의 범위 내에서 사용하는 것이 바람직함.		

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(28)

발명의 명칭	온도감응 색상변화 콘크리트 조성물		
출원인(국적)	아주산업 주식회사(KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-0890863 B1 (2009.03.20)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	10-2007-0111423 (2007.11.02)	법적상태	등록
Family 특허	-		

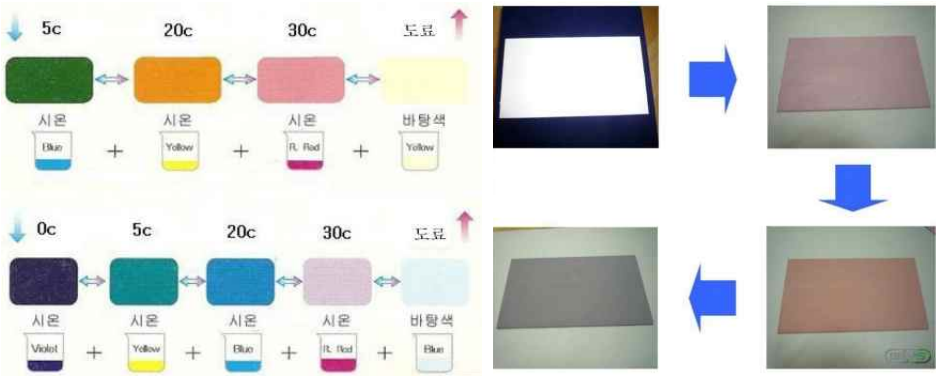
대표청구항	1. 결합재, 물 및 골재를 포함하는 온도감응 색상변화 콘크리트 조성물에 있어서, 상기 물 100 중량부에 대하여 온도 변화에 반응하여 색상을 변화시키는 기능성 잉크를 50~80%의 중량비로 첨가하되, 상기 기능성 잉크는 마이크로캡슐 내에 변색 온도 범위와 색상이 다른 2~10종의 감온 잉크가 배합 충진되고, 상기 각각의 감온 잉크는 변색 온도 범위 전, 후에서 투명한 상태가 되며, 상기 감온 잉크를 이용한 열감지 온도는 -15℃ ~ 70℃사이이며, 변색 온도 범위는 2℃~10℃인 것을 특징으로 하는 온도감응 색상변화 콘크리트 조성물.
기술의 핵심	- 본 특허는 온도 변화에 따라 콘크리트 건설구조물의 색상이 변화하는 콘크리트 조성물에 관한 것임. - 가역형 감온잉크로는 금소착염, 코레스텔릭액정, 메타모컬러 3종류가 있음. - 이러한, 특성을 이용해 변색 온도 범위와 색상이 다른 2~10종의 기능성 잉크를 배합시켜 사용할 수 있으며, 여러 종류의 감온잉크를 배합해서 사용하게 되면, 온도변화에 따라 다양한 색상 연출이 가능한 건설구조물을 시공하는 것이 가능함.

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(29)

발명의 명칭	열 변색성 조성물 및 열 변색성 마이크로 캡슐		
출원인(국적)	SAKURA COLOR PROD CORP(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	5324128 B2 (2013.07.26)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	2008-126884 (2008.05.14)	법적상태	등록
Family 특허	WO2009-008436A1 | KR10-2010-0046004A | JP5324128B2 | CN101970603B		
			
대표청구항	1. 전자 공여성정 색상성 유기 화합물, 전자 수용성 화합물 및 감감제를 포함한 열 변색성 조성물로서, 상기 감감제로서 (1) 총 탄소수 5 이상의 지방산 메틸에스테르 및 (2) 총 탄소수 4 이상의 지방산 아미드의 양자를 포함한 열 변색성 조성물로서, 상기 지방산 메틸에스테르가 옥탄산 메틸, 데칸산 메틸, 라우린산 메틸, 미리스트산 메틸, 팔미트산메틸, 스테아린산 메틸 및 베헤닌산 메틸의 적어도 1종이며 상기 지방산 아미드가 스테아린산 아미드, 베헤닌산 아미드, 올레산 아미드, 라우린산 아미드, 미리스틴산 아미드, 팔미트산 아미드 및 에루신산아미드의 적어도 1종인 열 변색성 조성물.		
기술의 핵심	- 본 특허는 소정의 지방산 메틸에스테르 및 지방산 아미드 중 하나 또는 둘 다를 감감제로서 채용함으로써, 높은 발색 농도를 달성함과 동시에 색 잔여(소색 농도)를 낮게 억제할 수 있고, 이에 따라 높은 변색 색차를 실현하기 위한 것임. - 또한, 본 발명에서는 변색 색차가 클 뿐만 아니라 샤프한 변색 특성을 통해, 변색 개시 온도(또는 소색 개시 온도)로부터 변색 완료 온도(또는 소색 완료 온도)의 폭이 짧고, 알기 쉬운 변색 거동 야기함. - 소정의 지방산 메틸에스테르 및 지방산 아미드를 둘 다 감감제로서 채용하는 경우에는, 상기 효과에 부가적으로 양자의 배합 비율에 따른 변색 온도 히스테리시스 ΔH를 자유롭게 설정할 수 있음. 특히 본 발명에서는 상기 ΔH를 0℃로부터 원하는 값(바람직하게는 20℃ 이하, 보다 바람직하게는 5℃ 미만, 가장 바람직하게는 4.5℃ 이하)까지의 범위 내에서 연속적 또는 단계적으로 임의로 설정이 가능함		

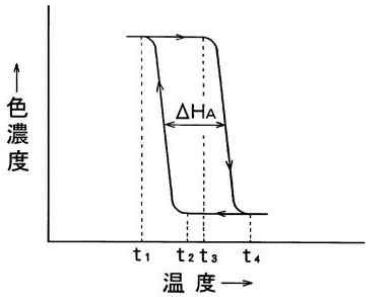
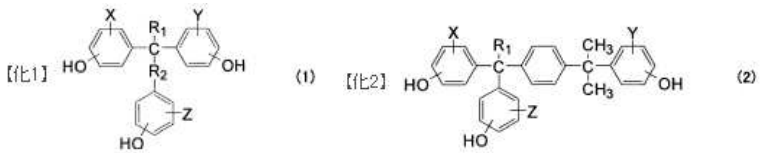
○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(30)

발명의 명칭	온도감응색변화 조성물		
출원인(국적)	신성철(KR) | 정희준(KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-1009051 B1 (2011.01.11)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	10-2008-0098867 (2008.10.08)	법적상태	등록
Family 특허	-		

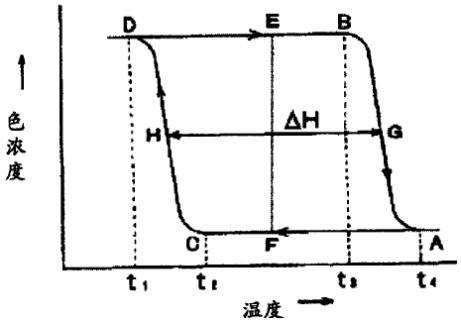


대표청구항	1. 도료 100중량부당 감온 온도역대 및 색상이 상이한 두 개 이상의 시온안료 각각 10 내지 22중량부; 경화제 20 내지 30중량부; 산화아연 8 내지 10중량부; 티타늄다이옥사이드 10 내지 15중량부; 및 시너메이트 5 내지 7 중량부를 포함하는데, 상기 경화제는 도료 및 시온안료가 배합된 후 첨가되고, 상기 도료의 색상은 연한 색이며, 저온에서 고온 또는 고온에서 저온으로 변하는 온도에 감응하여 순차적으로 변화하는 3개 이상의 색상을 갖는 것을 특징으로 하는 온도감응색변화 조성물.
기술의 핵심	- 본 특허는 시온안료를 이용하여 온도에 따라 색상이 변화하는 조성물에 대한 것으로, 서로 상이한 색상 및 온도 역대를 가진 두 개 이상의 시온안료를 포함하여 온도의 변화에 따라 색상이 순차적으로 변화하는 온도감응색변화조성물에 관한 것임. - 온도감응색변화조성물에 색상 및 온도역대가 다른 시온안료가 3개 포함되는 경우, 제1온도역대를 갖는 제1시온안료는 10~15중량부, 제2온도역대를 갖는 제2시온안료는 17~20중량부, 제3온도역대를 갖는 제3시온안료는 16~22중량부로 포함되는 것이 바람직함. 이때 국내의 사계절이 뚜렷한 기후조건을 이용하기 위해서, 제1시온안료의 제1온도역대는 -2~5℃이고, 상기 제2시온안료의 제2온도역대는 18~25℃이며, 상기 제3시온안료의 제3온도역대는 28~31℃인 것이 보다 바람직함. - 바탕색이 되는 도료의 색상은 연한 색이며, 시온안료의 온도 역대별 색상은 온도역대가 낮을수록 진한 색이고, 온도역대가 높을수록 연한 색인 것이 색 혼합 배색 원리에 비추어 바람직함.

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(31)

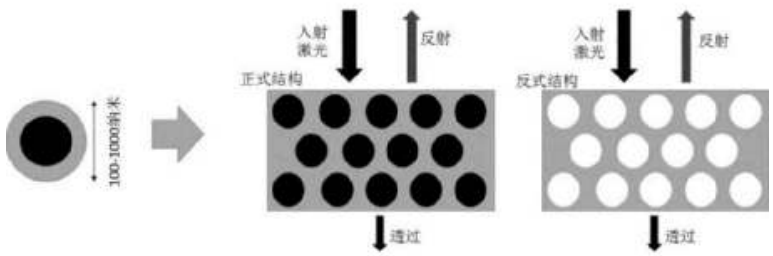
발명의 명칭	가역 열변색성 조직물 및 그것을 내포한 가역열 변색성 마이크로캡슐 안료		
출원인(국적)	PILOT INK (JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	5164788 B2 (2012.12.28)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	2008-276328 (2008.10.28)	법적상태	등록
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. (가) 전자 공여성정 색상성 유기 화합물과 해 아자프탈리드계 화합물 , (나) 전자 수용성 화합물로서 하기 일반식(1) 또는(2)으로 나타나는 화합물, (다) 상기 (가), (나) 성분에 의한 전자 주고받음 반응을 특정 온도영역에서 가역적으로 발생시키는 반응 매체로 구성되는 가역 열변색성 조직물. 		
기술의 핵심	- 본 특허는 (나) 전자 수용성 화합물로서 특정 화합물을 이용함으로써, 종래의 가역 열변색성 조직물에서는 방지하는 것이 어려운 착색 상태에서 장기간 방치한 후, 소색 상태로 했을 때의 갈변(착색)을 방지할 수 있고 발색 시에는 선명한 색조를 나타내, 소색 시에는 무색이 되는 가역 변색성 조성물 및 그것을 내포한 가역열 변색성 마이크로캡슐 안료에 관한 것임. - 가역 열변색성 조직물은 (가) 전자 공여성정 색상성 유기 화합물, (나) 전자 수용성 화합물 및 (다) 상기 양자의 정색 반응 발생 온도를 결정하는 반응 매체의 필수 3성분을 적어도 포함한 가역 열변색성 조직물이 이용됨. - (가) 성분의 전자 공여성정 색상성 유기 화합물로서는 azaphthalide계 화합물이 이용됨 - (나) 성분의 전자 수용성 화합물로서는 일반식(1) 또는(2)으로 나타나는 화합물이 이용됨. - (다) 성분은 (가) 및 (나)의 전자 공유반응을 특정 온도영역에서 가역적으로 발생시키는 반응 매체에 관한 것으로 알코올류, 에스테르류, 케톤류, 에테르류, 산 아미드류를 들 수 있음.		

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(32)

발명의 명칭	Solid writing material		
출원인(국적)	PILOT (JP)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	105143367 A (2015.12.09)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	2014-80009146 (2014.02.17.)	법적상태	공개
Family 특허	JP6067406B2 | JP6054266B2 | JP6033745B2 | US2015-0376433A1 | EP2957608A1 | TW201500484A | WO2014-126231A1		
			
대표청구항	1. a solid writing body, is characterized in that, is provided with the shell of the periphery of inner core and this inner core coating that can write, in this shell, comprises filler, The described inner core write comprises reversible thermochromic microcapsule pigment and figuration material, be surrounded by temperature sensing color changing color mnemonic combinations thing in described reversible thermochromic microcapsule pigment, described temperature sensing color changing color mnemonic combinations thing at least comprises (a) to electro color developing organic compound, (b) electron acceptor compound and (c) make described (a), the electron-transfer reaction of (b) composition reversibly occurs in specified temp region reaction medium.		
기술의 핵심	- 본 특허는 우수한 색 변환 특성, 노광성, 성형성 및 강도를 가지는 고체 필기구에 관한 것으로, - 코어 및 상기 코어의 외주면을 덮는 쉘을 포함하고, 상기 쉘은 필러를 포함하며, 코어는 가역 열 변색성 마이크로 캡슐 안료 및 성형제를 포함하여 이루어짐 - 이때, 온도 민감성 변색 조성물은 (a) 전자 공여 발색성 유기 화합물, (b) 전자 수용체 화합물 및 (c) 성분 (a) 및 (b)의 전자 전달 반응이 특정 온도 범위에서 일어나도록 반응하는 매질로 구성되는 것을 특징으로 함.		

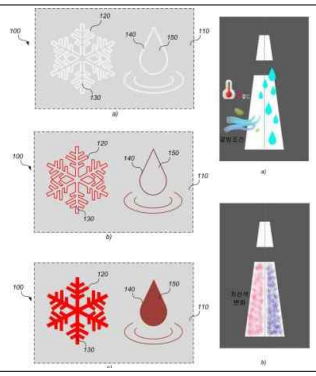
○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(33)

발명의 명칭	Preparation method and application of thermochromic optical material		
출원인(국적)	PHOMERA TECHNOLOGIES ZHUHAI (CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	105949384 A (2016.09.21)	상세분류	온도감응
출원번호 (출원일)	2016-10329844 (2016.05.18)	법적상태	공개
Family 특허	-		



대표청구항	1. a preparation method for temperature sensing color changing optical material, including preparing Nano microsphere, it is characterised in that specifically includes following Step: Step (1): prepare the Nano microsphere with nucleocapsid structure with emulsion polymerization, the Nano microsphere of nucleocapsid structure includes core And shell, Shell Materials comprises polymer viscoelastic body ; Step (2): with rubbing method the Nano microsphere of preparation is coated in substrate and is processed into composite optical thin film, be temperature Quick color-change optical material.
기술의 핵심	- 본 특허는 온도 감응 광학물질의 제조 방법에 관한 것으로, 0~90℃ 중 임의의 온도에서 반응할 수 있으며, 임의의 온도에서 쉘의 굴절률이 크게 변하여 물질의 전체 색을 변화시키는 기술임. - 나노 미립자 사이즈의 물질 제조를 위하여 다음 단계를 포함함. 1단계: 유화 중합에 의해 핵단백질 구조를 가지는 나노미립자를 제조하는 단계 (상기 핵단백질 구조는 코어와 쉘을 포함하고, 쉘은 폴리머 점탄성체로 이루어짐) 2단계: 러빙(rubbing)을 통해 준비된 나노미립자를 기판에 코팅하여 광학필름으로 가공하는 단계를 특징으로 함 - 코어는 폴리스티렌 또는 이산화 규소와 같은 유기 또는 무기 재료를 사용함. - 쉘은 폴리 에틸 아크릴 레이트와 같은 폴리머 점탄성 재료를 사용함. - 코어에는 폴리스틸렌 및 가교제가 포함되며 중간층에는 EA단량체와 ALMA 단량체가 포함되며 쉘에는 EA단량체와 열 감응 단량체가 포함됨. - 열 감응 단량체의 경우 oligosaccharide glycol propylene acid methyl ester, NIPA, dimethylaminoethyl methacrylate, N, N-DMAA를 사용함.

○ 온도자극 감응 재료 핵심특허 분석(34)

발명의 명칭	온도와 습도에 따라 노면상태를 표시할 수 있는 가변 안전표지		
출원인(국적)	한국건설기술연구원 (KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-1765253 B1 (2017.07.31)	상세분류	온도/수분감응
출원번호 (출원일)	10-2016-0150533 (2016.11.11)	법적상태	등록
Family 특허	US 9790652 B1		
			
대표청구항	1. 도로 또는 교량구간의 젖은 노면(Wet Surface)과 결빙(Freezing) 가능성을 도로이용자에게 알려주기 위해서 노면상태를 표시하는 안전표지에 있어서, 안전표지 상에 배경색으로 사용되도록 도포되는 일반 도료(110); 제1 감온물질로 형성되며, 기설정된 온도에서 발색하여 상기 일반 도료(110)와의 경계면을 설정하도록 도포되는 제1 감온 도료(Thermo-chromism Paint: 120); 상기 제1 감온물질보다 낮은 온도에서 발색되는 제2 감온물질로 형성되며, 상기 제1 감온 도료(120)에 의해 설정되는 경계면 내부에 도포되어, 상기 도로 또는 교량구간의 결빙 상태를 표시하는 결빙표시용 제2 감온 도료(130); 제1 습도표시카드(Humidity Indicator Card: HIC)용 물질로 형성되며, 기설정된 상대습도에서 발색하여 상기 일반 도료(110)와의 경계면을 설정하도록 도포되는 제1 습도표시 도료(140);		
기술의 핵심	- 본 특허는 온 도료 및 습도표시 도료를 이용하여 노면의 결빙 상태 및 젖은 노면 상태를 정확하게 표출함으로써 별도의 외부전원 없이 도로 또는 교량구간의 상태를 식별하는 기술임. - 감온도료는 기설정된 온도에서 발색하여 일반 도료와의 경계면을 설정하도록 구비됨 - 제1 및 제2 감온도료는 온도에 따라서 색상이 변하는 감온물질(Thermo Chromism Material) 또는 시온물질(Heat Sensitive Material)로 지칭할 뿐 구체적으로 설명하고 있지 않음 - 제2 감온 도료는 도로의 결빙 상태를 보다 강조해서 표시할 수 있도록 제1 감온도료보다 낮은 온도에서 발색하도록 설정됨,(예를 들어 제1 감온도료의 발색 온도는 0℃일 때, 제2 감온 도료의 발색 온도가 -5℃일 수 있음) - **습도표시 도료는 습도표시카드(Humidity Indicator Card: HIC)용 물질로 형성되며,** 기설정된 상대습도에서 발색하여 상기 일반 도료(110)와의 경계면을 설정하도록 구비됨.		

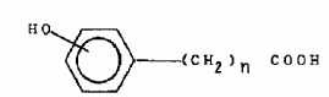
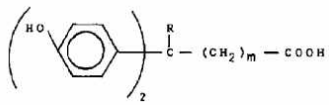
○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(35)

발명의 명칭	Moistrure sensitive allochromic coating		
출원인(국적)	Bejing Inst. of Textile Science (CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	001014415 B (1991.10.23)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	1990-10007209 (1990.08.28)	법적상태	등록
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1, a kind of color is with the different allochroic paints that change of humidity in the air, it is characterized in that earlier by cobalt chloride as the wet sensitive colour changing body, hexamethylenetetramine, urea and membrane-forming agent as sensitizing agent are made the basis slurry, adding toner by the basis slurry then forms, toner can be used the chlorination phthalocyanine, the azo orange, azophosphine, or azo is bright red, membrane-forming agent can be used 1. butyl acrylate, methyl methacrylate, the acrylamide copolymer emulsion, 2. polyvinyl alcohol series copolymer emulsion, 3. chitin emulsion, 4. methyl acrylate and butyl acrylate series copolymer emulsion (comprise add n-methylolacrylamide terpolymers), or 5. rubber latex.		
기술의 핵심	- 본 특허는 습도에 민감한 도료에 관한 것으로, 민감성 도료, 감광제, 토너, 막형성제 등을 조합하여 다양한 용품에 코팅 또는 인쇄되어 공기 중의 습도에 따라 변색하는 물질에 관한 것임. - 이와 관련하여 **민감성 도료**로 염화 코발트(cobalt chloride), **감광제**로 hexamethylenetetramine, urea, **막형성제**로 1. butyl acrylate, methyl methacrylate, the acrylamide copolymer emulsion 또는 2. polyvinyl alcohol series copolymer emulsion, 또는 3. chitin emulsion 또는 4. methyl acrylate and butyl acrylate series copolymer emulsion 또는 5. rubber latex **토너**로 붉은 색을 띄는 chlorination phthalocyanine, the azo orange, azophosphine, azo를 사용하는 것을 특징으로 함.		

○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(36)

발명의 명칭	물 검지 인디케이터		
출원인(국적)	TOYO INK SC HOLDINGS(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3312438 B2 (2002.05.31)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	1993-206045 (1993.08.20)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. 기재에 고체 분말의 무기 금속염 또는 무기물 및 에틸렌 - 초산비닐 공중합계 수지를 포함한 현색층, 변색영역이 다른 2 종류 이상의 산염기지시약, 또는 산염기지시약 및 염료와 셀룰로오스계 수지를 포함한 발색층 및 셀룰로오스계 수지를 포함한 보호층을 순차적으로 마련해서 이루어지는 물 검지 인디케이터.		
기술의 핵심	- 본 특허는 수분에 의해 변색하고 신속하게 소색되는 수분 감지 인디케이터에 관한 것임. - **현색층**은 고체 분말의 무기 금속염 또는 무기물과 에틸렌-초산비닐 공중합계 수지를 포함함. 에틸렌-초산비닐 공중합계 수지는 무기 금속염 또는 무기물과의 잉크화 안정성이 우수하고, 기재와의 접착성이 좋으며, 친유성이기 때문에 물에 의해 친수성 발색층 및 보호층을 신속하게 용해시키고 소색성이 우수함. - **현색층에 사용하는 고체 분말의 무기 금속염**으로서는 수산화나트륨, 수산화칼륨, 수산화칼슘, 수산화마그네슘, 탄산칼륨, 탄산나트륨(무수), 탄산(수소) 나트륨, 탄산칼슘, 초산나트륨을 들 수 있으며, 고체 분말의 무기물로서는 붕산을 들 수 있다. 그 중에서도, 안정성, 변색 속도 및 변색성에서 탄산칼륨, 탄산나트륨(무수) 및 수산화마그네슘 등이 있음. - **발색층의 산염기지시약은** 無色-黃色:2, 4-ジニトロフェノ-ル、O-ニトロフェノ-ル / 無色-赤色:キナクリドンレッド、フェノ-ルフタレン、O-クレゾ-ルフタレン / 無色-青色:チモ-ルフタレン / 黃色-青色:ブロムフェノ-ルブル-、ブロムチモ-ルブル-、チモ-ルブル- / 赤色-黃色:クレゾ-ルレッド、メチルオレンジ、フェノ-ルレッド - **발색층의 염료**로서는 아조 염료, 안트라퀴논 염료, 인디고이드 염료, 황화염료, 퀴논이민 염료 등을 들 수 있지만 수용성인 식용 청색 1호, 식용 적색 3호, 식용 황색 4호 등의 식용 색소가 적합하게 이용됨. - 2종 이상의 산염기지시약으로서는 ブロムチモ-ルブル-/フェノ-ルフタレンおよびOニトロフェノ-ル/フェノ-ルフタレンの 조합이, 염료 및 산염기지시약으로서는 食用青色1号/フェノ-ルフタレンおよび食用黃色4号/フェノ-ルフタレンの 바람직함.		

○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(37)

발명의 명칭	수분 표시기용 잉크 조성물 및 그것을 이용한 기록 매체		
출원인(국적)	TOPPAN PRINTING CO LTD(JP)	출원국	JP
등록/공개번호 (등록/공개일)	3451673 B2 (2003.07.18)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	1993-266114 (1993.10.25)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. 유기산, 유기산에 의해 발색하는 정 색상성 유기 화합물, 흡수성 분말 및 고분자 결착제로 구성되는 조성물이 비수용매 중에 용해 또는 분산되어서 이루어지는 소색형 수분 표시기용 잉크 조성물로서, 상기 유기산이 하기 일반식 (화학식 1), (화학식 2)로 표시되는 하이드록시페닐 알킬카르복실산 또는 그 유도체인 것을 특징으로 하는 소색형 수분 표시기용 잉크 조성물. 【화학식 1】 【화학식 2】  		
기술의 핵심	- 본 특허는 대기 중에서 유색이지만 수분과 접촉 시 소색하는 수분 표시기에 관한 것임. - (가) 정 색상성 유기 화합물 본 발명에 사용되는 유기산에 의해 발색하는 정 색상성 유기 화합물로서는 산성으로 발색 혹은 색상 변화를 일으키는 pH지시약, 트리아릴 메탄 유도체, 플루오란 유도체 등이 사용됨. - (나) 유기산은 상온에서 고체인 것이 바람직함. - (다) 고분자 결착제는 지지체와 정 색상성 유기 화합물, 유기산 및 흡수성 분말을 고착하기 위해 이용되어 유기 용제에 용해 가능한 열가소성 수지이면 어느 것도 사용할 수 있음. - (라) 흡수성 분말은 수분 표시기 조성물에 첨가함으로써, 다공질 구조를 형성하고 수분과 정 색상성 조성물과의 접촉을 추진하고 정 색상성 유기 화합물의 색조 변화를 촉진하는 기능을 하며, 친수성임. 구체적으로, 전분, 카올린, 탈크, 미분말 셀룰로오스, 규산 알루미늄, 산화 규소, 탄산칼슘 등이 있음. - (마) 비수용매로서는 이상으로 나타낸 잉크 조성물, 특히 고분자 결착제를 용해하는 것이 필요함. 구체적으로는 방향족 탄화수소, 지방족 탄화수소, 에스테르류, 케톤류, 알코올류 등 중에서 적의 선택해 사용함. - (가)~(마)의 잉크 조성물을 지지체에 도포해 측정 영역을 형성하는 것으로 있지만, 도포에 해당해 인쇄법, 코팅법(예를 들어 롤 코팅, 스프레이 코팅, 딥 코팅, 베타코팅) 등이 이용됨.		

○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(38)

발명의 명칭	수분 접촉 변색 물질과 그 제조 방법		
출원인(국적)	한국조폐공사(KR)	출원국	KR
등록/공개번호 (등록/공개일)	10-0173103 B1 (1998.10.27)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	10-1996-0028177 (1996.07.12)	법적상태	소멸
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. 코발트 염화물을 디아민류와 반응시켜 색소체인 코발트-디아민 착염을 만들고, 코발트-디아민 착염에, 비닐피리딘류와 비닐화합물 및 가교제를 첨가하여 공중합시켜서 된 것을 특징으로 하는 수분 접촉 변색 물질.		
기술의 핵심	- 본 특허는 수분 접촉시 즉시 색이 변하고 수분이 증발되면 원래의 색으로 돌아가는 수분 접촉 변색 물질과 그의 제조 방법에 관한 것임. - 코발트 염화물을 디아민류와 반응시켜 착염으로 만들게 되면 6배위자의 8면체 구조를 형성하여서 일반 코발트 염화물과 달리 자연 조건하에서도 조습하지 않는 안정한 청색 착염으로 존재하게 되며, 물과 강제 접촉시킬 경우에만 수화물을 형성하여 적색으로 변하게 되는 수용성 코발트-디아민 착염의 성질을 이용함. - 물질 합성은 코발트 염화물을 아민류와 6배위 결합시켜 착염을 만드는 합성 과정과 비닐피리딘류, 비닐화합물, 가교제 등으로 구성된 고분자 구조내에 위의 코발트-디아민류 착염을 도입하는 합성 과정으로 구성됨. - 디아민류는 N, N-디에틸에틸렌디아민, N, N-디메틸에틸렌디아민, 에틸렌디아민, 테트라메틸렌디아민, 헥사메틸렌디아민, 옥타메틸렌디아민, 디메틸글리옥심 등이 있으며, 착화합물의 색상은 청색-청녹색을 나타냄. - 비닐피리딘류는 4-비닐피리딘, 3-비닐피리딘, 2-비닐피리딘, 2-메틸-5-비닐피리딘, 5-에틸-2-비닐피리딘, 2-비닐퀴놀린, 2-비닐이미다졸, 4-비닐이미다졸, 4-비닐피리미딘, 2-비닐페노티아진, 9-비닐아크리딘 등이 있으며, 반응성과 가장 변색 효과가 좋은 것은 4-비닐피리딘으로서 스티렌과 유사한 전자적 구조를 가지며 중합 성질도 비슷함.		

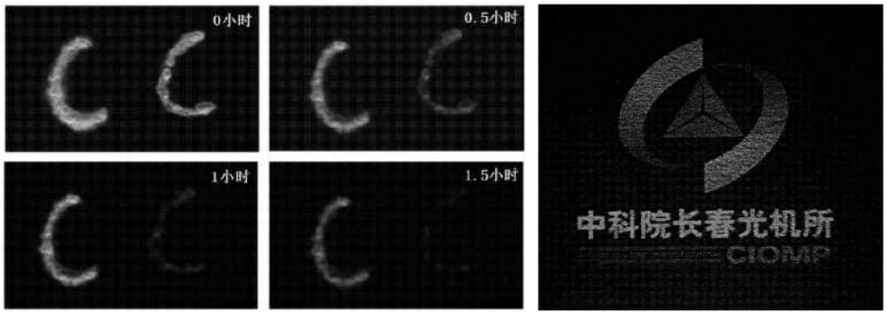
○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(39)

발명의 명칭	Halogen and heavy metal-free composition for a humidity indicating card and humidity indicating card obtainable therefrom		
출원인(국적)	Süd-Chemie AG (DE)	출원국	EP
등록/공개번호 (등록/공개일)	2339340 B1 (2012.03.07)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	2009-180725 (2009.12.24)	법적상태	등록
Family 특허	KR10-2011-0095978A | SG172544A1 | EP2339340B1 | MY147507A | US8518344B2 | CN102109506B | TWI429904B | JP5595258B2		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	Composition for a humidity indicating card comprising**(a) an organic pH indicator dye compound,** (b) a Bronsted acid or base, (c) a polyol having the general formula HOCH2-(CHOH)n-CH2OH, wherein n can be 0, 1, 2, 3 or 4, and(d) a solvent; whereinsaid components (a), (b), (c) and (d) do not contain halogen and/or heavy metals.		
기술의 핵심	- 본 특허는 특정한 한계 값을 초과하는 상대 습도를 검출하기 위한 물질 및 그 물질을 포함하는 장치에 관한 것임. - 조성물은 (a) 유기성 pH지시약 염료 화합물, (b) 브론스테드산 또는 브론스테드 염기, (c) 화학식 HOCH-(CH2),-CHOH을 가지는 폴리올(이때, n은 0,1,2,3 또는 4일 수 있음) (d) 용매를 포함하고, 상기 성분 (a), (b), (c) 및 (d)는 할로겐 및 중금속을 포함하지 않는 것을 특징으로 함. - **(a) 유기 pH 지시 염료 화합물은** 일반적으로 잘 알려져 있는 리트머스(litmus), 시아니딘(cyanidine), 자이레놀 블루, 뉴트럴 레드, 티몰 블루, 페놀프탈레인, 알리자린, 알칼라인 블루, 티몰프탈레인이과 트리페닐메탄 하부구조(triphenylmethan substructure)로 자이레놀 블루, 티몰 블루, 페놀프탈레인, 알리자린, 알칼라인 블루, 티몰프탈레인 및 페나진 하부구조(phenazin substructure)로 뉴트럴 레드가 있음. - (b) 브론스테드산 또는 브론스테드염기는 알칼리 금속 카보네이트, 알칼리 금속 하이드록사이드, 알칼리 금속 아세테이트, 아세트산, 시트르산, 황산, 질산이 있음. - (c) 폴리올은 유기 pH 지시 염료 화합물 (a)의 색감을 증가시킴. 에틸렌 글리콜(ethylene glycol), 글리세린(glycerine), 에리스리톨(erythritol), 자일리톨(xylitol), 만니톨(mannitol), 소르비톨(sorbitol)이 대표적임. - (d) 용매매는 물, 메탄올, 에탄올, 아세톤 및 그것들의 조합으로부터 선택됨.		

○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(40)

발명의 명칭	Indicator material and indicator device comprising said indicator material and method of manufacture		
출원인(국적)	Clariant Produkte (Deutschland) GmbH(DE)	출원국	EP
등록/공개번호 (등록/공개일)	2463650 B1 (2015.04.15)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	2010-194491 (2010.12.10)	법적상태	등록
Family 특허	US 8671739 B2		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. Indicator material suitable for detecting relative humidity exceeding a specific limit value and/or liquid water comprising(a) a first fibrous sheet,(b) a second fibrous sheet laminated to one surface of said first fibrous sheet by means of a hot-melt adhesive that is arranged in a geometrically regular pattern of dots or lines and that does not cover the entire surfaces laminated to each other such that permeation of an aqueous solution from said first fibrous sheet to said second fibrous sheet is allowed,(c) an indicator composition which comprises (c1) a water-soluble dye and, optionally, (c2) a deliquescent salt and is contained in said first fibrous sheet in finely divided form.		
기술의 핵심	- 본 특허는 특정한 한계 값을 초과하는 상대 습도를 검출하기 위한 물질 및 그 물질을 포함하는 장치에 관한 것임. - 상기의 조성물은 (a) 제1 섬유 시트, (b) 점선 또는 기하학적으로 규칙적인 패턴으로 배열된 핫멜트 접착제에 의해 상기 제1 섬유 시트의 한 표면에 적층된 제2 섬유 시트 (c) (c1) 수용성 염료와 (c2)조해성 염을 포함하는 인디케이터는 상기 제1 섬유 시트에 분산된 것을 특징으로 함. - (c1)의 실시예는 Brilliant Blue FCF (Acid Blue 9, E133, FD&C Blue No. 1) Riboflavine (E101), Patentblue VF sodium salt (Acid Blue 1), Acid Fuchsine (Acid Magenta, Acid Violet 19), Acid Blue 40 (Alizarin direct blue A2G), Basic Blue 9 (Methylene blue), Acid Violet 6, Acid Violet 12, Acid Yellow 23, Basic green 4 (Malachite green), Litmus, Cyanidine, Xylenol blue, Neutral red (Basic red 5), Thymol blue, Alizarin, Alkaline blue 및 uranine (fluorescein sodium salt), fraxine, aesculine, protoporphyrin IX가 있음. - (c2)조해성 염은 LiBr·2H2O, ZnBr2·2H2O, LiCl·H2O, CaBr2·6H2O, LiI·3H2O, potassium acetate, CaCl2·6H2O, MgCl2·6H2O, NaI·2H2O, K2CO3, NaBr·2H2O, KI, NaCl, sodium acetate, NH4Cl, KBr, (NH4)2SO4, KCl, ZnSO4·7H2O(20°C), CsI, K2SO4 (permanganate, chromate, dichromate, nitrate, chlorate, perchlorate, hypochlorite 등은 염료의 색상에 영향을 미치므로 적합하지 않음)		

○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(41)

발명의 명칭	Water-sensitive fluorescence enhanced test paper as well as preparation method and application thereof		
출원인(국적)	CHANGCHUN INSTITUTE OF OPTICS, FINE MECHANICS AND PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES (CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	104237187 B (2017.07.25)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	2014-10478909 (2014.09.18)	법적상태	등록
Family 특허	-		
			
대표청구항	1. water-sensitive Fluorescence Increasing test paper, it is characterised in that be composited by nano particle with paper ; The nano particle is dissolved in aggregation in non-polar solven by amphipathic carbon nano dot and formed ; The amphipathic carbon nano dot surface has hydrophilic radical and lipophilic group ; The hydrophilic radical of amphipathic carbon nano dot is the one or more in amino, amide groups, carboxyl, sulfydryl and hydroxy l ; OleophylicGroup is the one or more in alkyl, alkylene and aryl radical.		
기술의 핵심	- 본 특허는 습도에 반응하여 발광하는 유기 상온 형광 및 인광 이중 방사 고분자 재료를 나노 입자로 합성하여 수분에 민감한 형광 시험종이에 관한 것임 - 나노 입자는 양극성 탄소 나노점을 비극성 용매에 용해시켜 형성되며, 양극성 나노 점의 표면은 친수기 및 친유기를 가지는데, 친수기는 amino, amide groups, carboxyl, sulfydryl and hydroxyl 중 하나이며, 친유기는 하나 이상의 alkyl, alkylene 및 aryl radical인 것을 특징으로 함		

○ 수분자극 감응 재료 핵심특허 분석(42)

발명의 명칭	Humidity-responsive pure organic room temperature phosphorescent and fluorescent double emission polymer material		
출원인(국적)	EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY(CN)	출원국	CN
등록/공개번호 (등록/공개일)	106188391 A (2016.12.07)	상세분류	수분감응
출원번호 (출원일)	2016-10563059 (2016.07.18)	법적상태	공개
Family 특허	-		
대표도면이 없습니다.			
대표청구항	1. a preparation method for the double pure organic polymer luminescent material launched of the room temperature phosphorimetry fluorescence of humidity response, its feature being phosphorescence fluorescent monomer, by copolymerization simple with acrylamide, obtaining can be by the luminous room temperature changed of humidity regulation The pure organic polymer material of phosphorescence fluorescent ; Specifically comprise the following steps that(1) preparation of phosphorescent monomer ; On the basis of the aromatic rings with heavy atom group, the alkyl chain of one end band olefinic double bonds in modification ; (2) preparation of fluorescent monomer ; On the basis of there is the aromatic rings of fluorescent emission, the alkyl chain of one end band olefinic double bonds in modification ; (3) preparation of phosphorescence fluorescent monomer/acrylamide copolymer ; Phosphorescent monomer is dissolved in the organic solvent of 2 ~ 5 mL with acrylamide together with fluorescent monomer, wherein phosphorescent monomer and third. The mass ratio of acrylamide is 1:5 ~ 1:50, and adds azodiisobutyronitrile as initiator, initiator amount and phosphorescent monomer mass ratio is 1:8 ~ 1:30, system drum noble gas deoxygenation 30 min, reacts 6 h at 70 DEG C, and products therefrom methanol is washedWash, dried pure organic room temperature phosphorimetry polymeric material.		
기술의 핵심	- 본 특허는 습도에 반응하는 인광 및 형광 이중 발광 유기 고분자 물질의 제조 방법에 관한 것으로, (1) 인광성 단량체 제조 단계: 중원자 방향족 고리에 기초한, 한쪽 말단에 알켄 이중 결합을 가지는 알킬 체인 (2) 형광성 단량체 제조 단계: 형광을 방출하는 방향족 고리에 기초한, 한쪽 말단에 알켄 이중 결합을 가지는 알킬 체인 (3) 인광 형광 단량체/아크릴아미드 제조 단계: 인광성 단량체를 아크릴 아미드 및 형광성 단량체와 함께 2~5mL의 유기 용매에 용해시키고(이때 인광성 단량체와 아크릴 아미드의 질량비는 1:5~1:50), 개시제로 azodiisobutyronitrile을 첨가하고(이때 개시제와 인광성 단량체의 질량비는 1:8~1:30), 탈산소 분위기에서 30분, 70℃에서 6시간 동안 반응시킨 후 메탄올로 세척 후 건조시키는 것을 특징으로 함		

마. 외부자극 감응 재료/소재분야 종합분석

□ 외부자극 감응 재료/소재 기술 재분류

○ 외부자극 감응재료/소재(AA)분야에 대하여 감응원에 따라 기술 재분류를 요청하여 상기 중분류에 대하여 각각 광자극 감응재료, 온도자극 감응재료, 수분자극 감응재료 및 내구성 향상 소재기술로 기술을 재분류함

○ 또한, 외부자극 감응재료/소재(AA)분야에 대한 기존 주요 출원국과 더불어 중국(CN)에 대한 특허를 추가 조사하였으며, 그 추출 기준은 기존과 동일함.

표 48 외부자극 감응 재료/소재 기술 재분류 기준

중분류	소분류	유효특허 추출기준
외부자극 감응 재료/소재(AA)	광자극 감응재료	야간 도로 시인성 관련 기술, 노면표시, 형광, 인광, 자광, 축광, 재귀반사, Glowing lines, Glowing paint, 감응 도료 기술
	온도자극 감응재료	열변색, 감온재료, 시온재료, 온도감응, 도로결빙, 블랙아이스, Thermo-chromism paint, Dynamic paint, Signal Paint
	수분자극 감응 재료	수분변색, 수분 감응, 우천시 위험 시각화, 습도에 따른 발색 변화관련 기술
	내구성 향상 소재기술	미끄럼 방지 기술, 내구성 및 신뢰성 향상 기술, 환경에 영향을 최소한으로 받도록 포장하는 기술

□ 외부자극 감응 재료/소재 주요출원국 기술개발 활동현황

○ 외부자극 감응 재료/소재(AA) 연도별 주요 출원국 특허동향

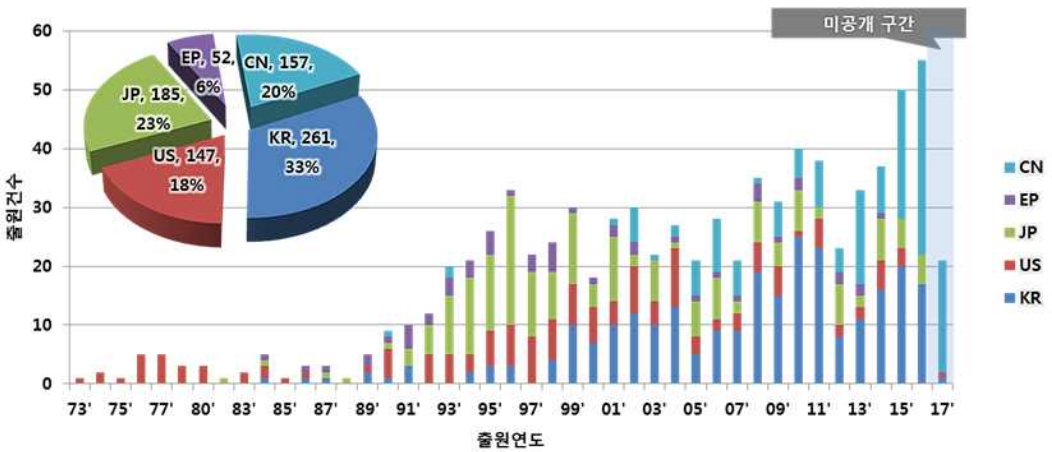


그림 114 외부자극 감응 재료/소재연도별 주요 출원국 특허동향

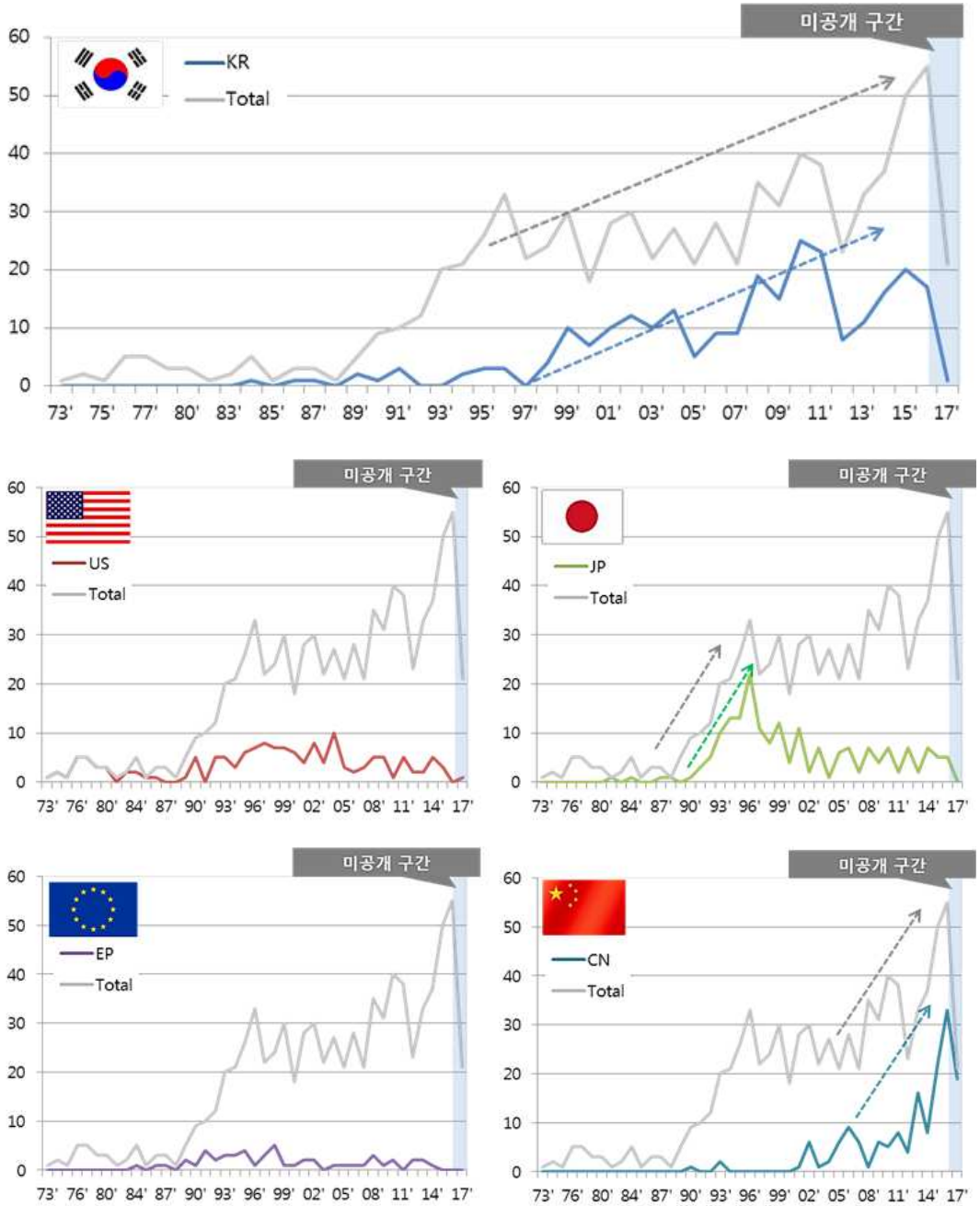


그림 115 외부자극 감응 소재 부문 주요 출원국 연도별 특허동향

- 외부자극 감응 재료/소재(AA)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 261건(33%), 미국(USPTO) 147건(18%), 일본(JPO) 185건(23%), 유럽(EPO) 52건(6%), 중국(SIPO) 157건(20%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 한국(KIPO)이 가장 많은 특허 기술을 보유하고 있는 것으로 나타나며, 그 뒤를 이어 일본(JPO) > 중국(SIPO) > 미국(USPTO) >유럽(EPO)의 순으로 특허 기술을 점유하고 있음
- 외부자극 감응 재료/소재(AA) 분야에서 한국(KIPO)은 261건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기에는 출원이 미미하였으나 1990년대 후반에 진입하면서 급격한 출원의 증가를 보였으며 최근까지 꾸준한 출원이 이어지고 있음

- 한국(KIPO)의 경우, 다수의 출원인이 시장 경쟁하고 있는 것으로 시장 성장기의 전형적인 모습을 보이고 있음. 최근 구간의 다출원 기관을 살펴본 결과, 강남제비스코, 대동안전 주식회사 등의 주요 출원인들이 활발한 출원활동을 보이는 것으로 나타남.
- 미국(USPTO)은 148건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 외부자극 감응 재료/소재(AA) 분야의 가장 많은 출원을 기록하고 있는 출원인인 3M INNOVATIVE 社가 미국 특허를 주도하고 있는 것으로 분석됨
- 일본(JPO)은 188건의 특허가 출원되었으며, 1990년대 가장 활발한 특허 출원을 보여 전체적으로 특허기술의 중반기를 이끈 것으로 보이나, 최근 완만한 특허출원 형태를 보이고 있음. 주요출원인 상위권 중 절반이 일본 기업으로 외부자극 감을 재료/소재(AA) 분야에 있어 시장을 리드하고 있는 기업은 대부분 일본 기업으로 나타남.
- 주요 출원인 중 SEKISUI 社의 경우 계열사인 SEKISUI CHEM 및 SEKISUI JUSHI 社가 공동 10위를 차지하고 있음으며 자국 출원에 집중하고 있는 경향있어 일본에 대한 SEKISUI 계열사에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료됨.
- 중국(SIPO)특허는 157건으로 분석군간 중 후반부에 집중적으로 출원되는 경향성을 보이고 있는 것으로 나타남. 최초 출원은 1990년대에 시작되었으나 2000년 초반까지 큰 경향성을 보이지 않다가 최근구간 급격한 증가추세를 보이고 있어, 한국과 더불어 외부자극 감응 재료/소재(AA) 분야의 기술 후반기를 리드하고 있는 것으로 나타남.

□ 주요 출원국별 재분류 기술 특허 동향

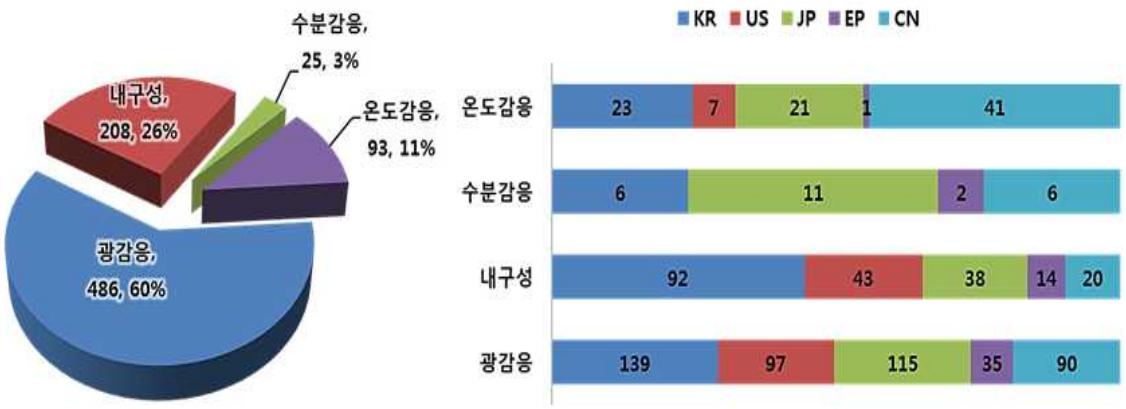


그림 116 외부자극 감응 소재 분야 특허 동향

○ 외부자극 감응 재료/소재(AA)에 대하여 각 재분류 기술에 대한 전체 출원 경향을 살펴본 결과, 광감응 관련기술이 486건(60%)으로 가장 많은 출원을 기록하였으며, 그 뒤를 이어 내구성 관련기술이 208건(26%), 온도감응 관련기술이 93건(11%), 수분감응 관련기술이 25건(3%) 순으로 나타남.

- 각 재분류 기술별 주요 국가의 출원 경향을 살펴본 결과, 광감응 및 내구성 관련기술에서는 한국(KIPO)의 출원이 가장 많은 것으로 나타났으며, 온도감응 분야에서는 중국(SIPO)의 출원이 월등히 높았고, 수분감응 분야에서는 일본(JPO)의 출원이 상대적으로 많은 것으로 보임.

□ 기술 성장단계 파악

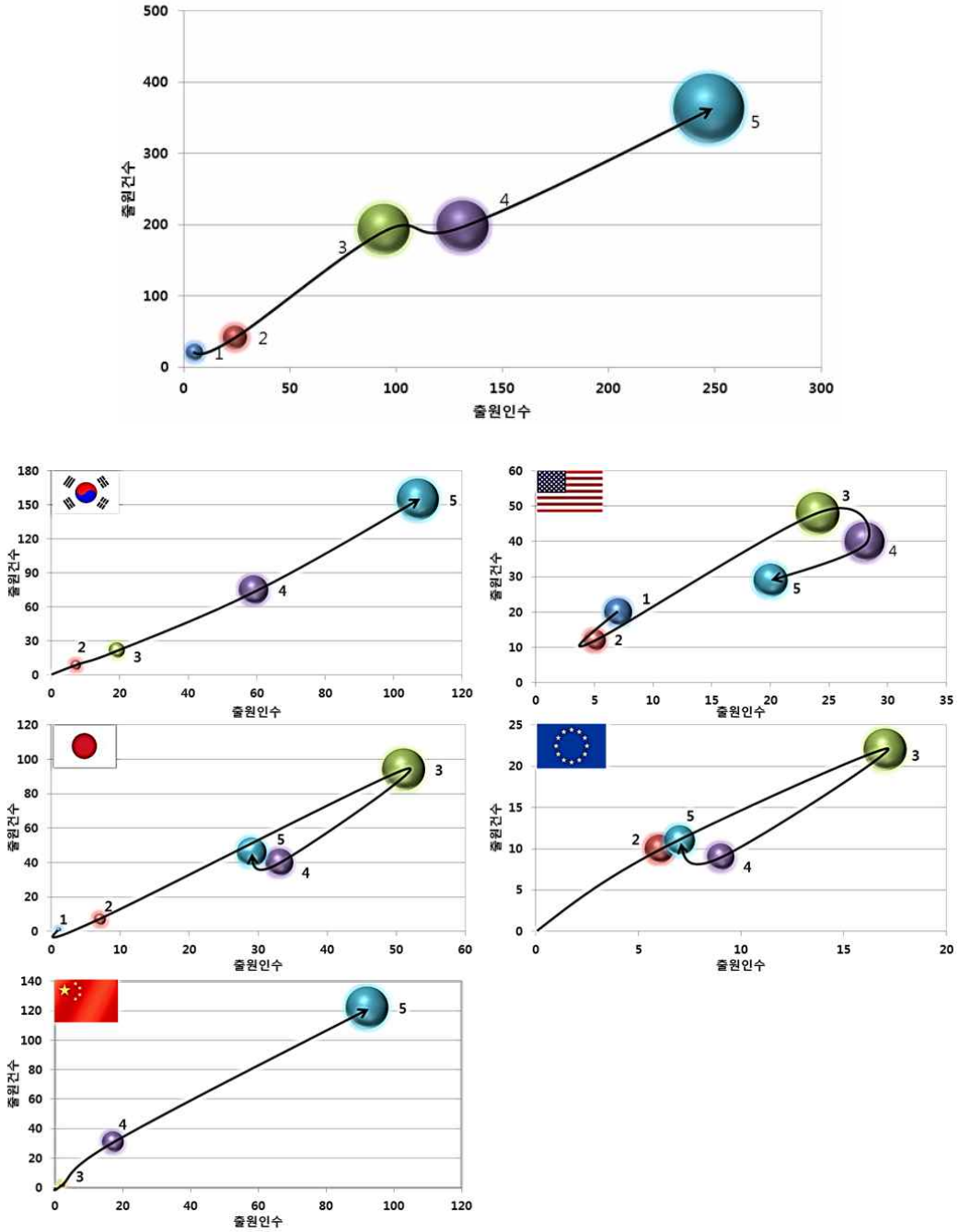


그림 117 국가별 기술 성장단계

□ 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 출원국

표 49 경쟁자 Landscape

출원인	출원인 국적	기관성격	주요 IP 출원국 (건수, %)						구간 밀집도	주력기술분야
			한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (SIPO)	특허 출원 건수		
3M INNOVATIVE PROPERTIES	미국	산	8	36	4	6	0	57	3구간	광감응
			14%	63%	7%	11%	0%			
NEMOTO	일본	산	1	5	22	0	0	28	3구간	광감응
			4%	18%	79%	0%	0%			
HEFEI DINGLIANG OPTICAL TECHNOLOGY	중국	산	0	0	0	0	16	16	5구간	광감응
			0%	0%	0%	0%	100%			
CAS (Institute of Physics and chemistry)	중국	연	0	0	0	0	14	14	4구간	광감응
			0%	0%	0%	0%	100%			
NIPPON CARBIDE	일본	산	0	3	6	2	0	11	3구간	광감응
			0%	27%	55%	18%	0%			
PILOT CORP	일본	산	0	1	8	0	2	11	5구간	온도감응
			0%	9%	73%	0%	18%			
대동안전	한국	산	11	0	0	0	0	11	5구간	광감응
			100%	0%	0%	0%	0%			
Rohm & Haas Co.	미국	산	0	0	0	6	2	8	5구간	내구성
			0%	0%	0%	75%	25%			
강남제비스코	한국	산	8	0	0	0	0	8	5구간	내구성
			100%	0%	0%	0%	0%			
SEKISUI CHEM	일본	산	0	0	7	0	0	7	3구간	광감응
			0%	0%	100%	0%	0%			
SEKISUI JUSHI	일본	산	0	0	7	0	0	7	3구간	내구성
			0%	0%	100%	0%	0%			

* **기관특성:** (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

○ 외부자극 감응 재료/소재(AA) 분야의 주요출원인 Top11(공동 10위 포함)을 추출한 결과, 미국의 3M INNOVAITVE PROPERTIES 社가 가장 많은 특허를 출원한 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 일본의 NEMOTO 社, 중국의 HEFEI DINGLIANG OPTICAL TECHNOLOGY 社와 CAS(Institute of Physics and chemistry) 社 등이 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남.

- 전체 주요 출원인 Top11 중 일본의 기업이 5개(46%) 업체로 외부자극 감응 재료/소재(AA) 분야기술은 일본 기업에서 리드하고 있는 것으로 분석됨. NEMOTO(2위), NIPPON CARBIDE(5위), PILOT CORP(5위), SEKISUI CHEM, SEKISUI(공동 10위) 순으로 위치하고 있으며, 이중 SEKISUI JUSHI 및 SEKISUI CHEM SEKISUI 그룹의 계열사로 소재에 대한 막대한 경쟁력을 바탕으로 시공·설계에 대한 특허에 집중하고 있는 것으로 나타남.

- 국내 기관 및 기업은 대동안전주식회사(7위)와 강남제비스코(9위))이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

- 다출원 기준 Top 11위의 주요 출원인 중 미국 국적의 최대 출원인인 3M INNOVAITVE PROPERTIES 社는 자국뿐만 아니라 한국, 일본 및 유럽에 고른 출원을 진행하고 있는 것으로 나타남. 일본 및 한국 국적의 주요 출원인의 경우 대다수 자국 출원에 집중하고 있는 것으로 나타나 해외 경쟁력 확보가 시급한 것으로 분석됨

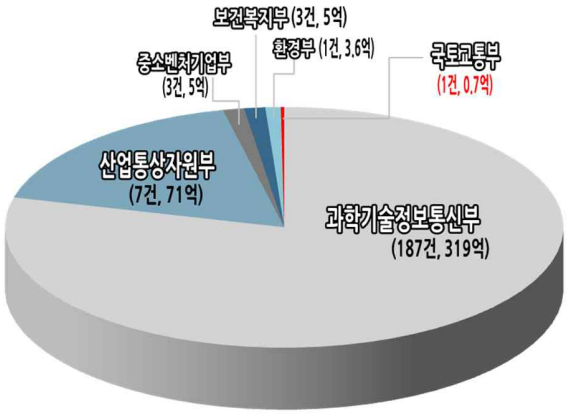
- 주요 경쟁자는 광감응 관련기술 분야의 출원에 추력하고 있는 것으로 나타났으며, 그 외에 일본의 PILOT 社 온도감응 기술에 집중하고 있으며, 미국의 Rohm & Haas 社, 한국의 강남제비스코 社 및 일본의 SEKISUI 社 내구성 관련 기술에 집중 출원하고 있는 것으로 조사됨.

○ 이는 광감응, 온도감응, 수분감응 소재/재료를 활용한 교통안전기술 아직 연구가 많이 진행되지 않은 초기단계이며, 앞으로 연구가 활발히 진행 될 수 있는 여력이 있어 국내 기업의 지식재산권 및 글로벌 신규 시장을 타깃으로 경쟁력 확보가 충분하다고 판단됨.

5절 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성

1. 유사과제 분석

○ 외부자극 감응 소재와 관련되 타부처 과제 진행 현황 분석을 NTIS 분석을 통해 진행하였음. 의학 및 생체공학 관련된 자료는 제외하고 검색한 결과, 노이즈 제거 후 2010년 이후 총 203건 검색되어, 과제 전담기관별 분석하였음.



구분	과제수	총 예산
과학기술정보통신부	187	31,869,184,747
산업통산자원부	7	7,051,100,000
중소벤처기업부	3	493,453,000
보건복지부	4	492,400,000
환경부	1	360,000,000
국토교통부	1	78,000,000
총합계	203	40,344,137,747

그림 118 정부 부처별 외부자극 감응재료 관련 과제 지원 현황

- 2010년 이후 총 400 억원 규모의 정부 예산이 투입되어 연구 및 제품개발에 투자가 이루어지고 있음.
- 대부분 과학기술정보통신부의 연구분야 지원과제가 전체 70% 가 넘게 차지하고 있으며, 산업통상자원부 및 중소기업벤처부에서도 지원 규모를 늘려가고 있음.
- 현재 국토교통부에서는 외부자극 감응 재료관련 과제는 본과제 이외에는 추진되고 있지 않음. 추후 외부자극 감응 재료와 도로교통 시스템과의 융합을 통한 다양한 산업 발전을 위한 투자 촉구 됨.

○ 기존 연구와의 중복성 검토는 NTIS(국가과학기술지식정보)에서 유사과제를 검색하여 기존 연구과제의 연구분야, 범위 및 특징을 고찰하였음.

- 중복성 검토는 키워드, 연구개발 방향, 주요 성과물 및 연구내용에 기준하여 비교함.
- 검토 결과는 중복도, 차별성 및 연계방안으로 구분하여 기술함.
- 중복도 정도는 0(중복도 없음), 1(선후행적 관계만 존재), 2(미약한 중복), 3(중복성이 일부분 존재)로 평가함.

표 50 기존 기술과의 차별성_광자극 감응 도로시인성 기술

기존 연구과제		검토결과	
과제명	주요연구내용	중복도	차별성
노면표시 시인성 확보 기술 개발 (한국건설기술연구원)	- 축광 노면표시 기술 개발 - 감응형 노면표시 식별 기술 개발	2	- 기존 축광 기술 적용을 위한 투명바인더 및 도로 식별기술 개발에 관한 내용으로 본 연구과제와는 구분됨
야간 및 악천후시 차선 시인성 확보를 위한 고기능성·장수명 차선도색 기술 개발 (평화엔지니러링)	- 야광차선 도색기술 개발을 - 자동화 차선도색 장비 개발 - 차선도색기술의 비용·편익 분석	2	- 기존 축광 기술 적용 배합비에 따른 적용성 검토 및 실도로 적용을 위한 도색 장비 개발에 국한된 기초적인 내용으로 본 연구과제와 구분됨
고반사 유리비드를 이용한 고내구성 도로 표지용 도료 개발(KCL)	- 고내구성 및 고휘도 융착식 도로 표지용 도료 개발 - 야간 및 우천시 재귀반사도가 우수한 글라스비드 개발	0	- 본 연구과제는 글라스비드를 사용하지 않고 광자극 감응재료를 적용하여 도로 시인성 기술 확보
장잔광 축광재료 개발 및 활용(서울시립대학교 산학협력단)	- 고휘도 및 장잔광 특성이 우수한 스트론튬 산화알루미늄계 축광성 분말재료 제조 기술 개발	1	- 본 연구과제는 기존 연구과제인 축광 소재 개발과는 구분됨
인쇄기법을 이용한 자체발광 다색면광 도로 표지 개발(제이엘씨)	- EL 시트를 적용한 도로표지 개발	0	- 기존 연구는 광자극 감응재료를 이용한 시인성 향상 기술과는 구분됨
마이크로프리즘 기술을 이용한 도로표지용 재귀반사지 개발(경상대학교)	- 마이크로 프리즘 기술 기반의 재귀반사 시트 제조 및 특성 개선	0	- 기존 연구는 광자극 감응재료를 이용한 시인성 향상 기술과는 구분됨
조명등용 축광식 피난유도체 개발 (트리아시스템)	- 반영구적으로 사용이 가능한 축광식 피난유도체 개발 - 기존 축광안료 사양과 배합을 통한 연구 및 개발	0	- 기존 연구는 정전시 신속한 대피를 위한 유도체 개발로 본 연구과제와는 구분됨
장축광 안료를 이용한 인체 도포용 조성물 개발(안양과학대학)	- 조성물의 혼합, 사용성, 안정성 확인 - 조성물의 점성유지와 안료의 침전현상 개선	0	- 기존 연구는 인체에 도포하여 단시간 동안 치장하는 물감으로 본 연구과제와는 구분됨

표 51 기존 기술과의 차별성_온도자극 감응 시각화 기술

기존 연구과제		검토결과	
과제명	주요연구내용	중복도	차별성
스마트 패치/스티커 온도계용 온도 감응 소재 개발(한국생산기술연구원)	- 온도 감응형 고분자 및 형광소재의 캡슐화 공정 개발 - 온도 감응형 고분자의 단량체를 함유한 나노 캡슐 제조 - 나노 캡슐의 온도 변화에 따른 형광 세기 최적화	0	- 본 연구개발은 온도자극 감응 시각화 기술로 기존 연구인 감응형 고분자 소재 개발과는 구분됨
고온 감응형 안료 제조 및 이를 이용한 발열제품 안전사고 예방용 색채시각화 기술개발 (폴리크롬)	- 고온 감응형 안료 제조 공정 개발 및 이를 이용한 색채시각화 기술 개발	1	- 본 연구개발은 저온 자극 소재를 이용한 기술로 기존 연구와는 구분됨
표면 불안정을 이용한 자극 감응 화학 표면 연구(동아대학교)	- 기계적 불안정을 이용한 자극 감응 표면 개발 - 온도 감응성 고분자의 공중합을 통해 열적 거동 조절	0	- 기존 연구는 물리적 자극에 감응하여 부피가 변화는 하이드로젤의 특성을 이용한 연구로 본 연구과제와는 구분됨

표 52 기존 기술과의 차별성_수분자극 감응 시각화 기술

기존 연구과제		검토결과	
과제명	주요연구내용	중복도	차별성
안개다발지역의 안전관리 시스템 개발 연구 (한국건설기술연구원)	- 안개다발지역에 대한 도로 위험 경보 표시장치와 지능형 도로전광표지 개발	0	- 본 연구개발은 수분자극을 통한 도로면의 시각화 기술로 기존 연구와는 구분됨
적정 온도/습도 관리를 위한 감응식별 라벨 개발 (디노플러스)	- 적정 온도/습도 관리를 위한 감응식별 라벨 개발	0	- 기존 과제는 혈액의 안전한 관리를 위해서 시온잉크를 적용한 온도/습도 감응 식별 라벨로 본 연구과제와는 구분된

표 53 기존 기술과의 차별성_도로시인성 시공장비 기술

기존 연구과제		검토결과	
과제명	주요연구내용	중복도	차별성
상온경화형 Plastic 컴파운딩 도료용 장수명 도로차선 도색장치 개발 (전북대학교자동차부품금형기술혁신센터)	- 상온 경화형 분사식 도료 도색장비 개발	1	- 도로 표면에 그루빙(Grooving) 등을 활용하기 때문에 일반 도로표지용 도료 도색 장비 개발과 구분됨
영상처리 및 카메라 비젼방식을 통한 도로의 차선, 기호, 문자도색 자동화 공법 개발 (동국대학교산학협력단)	- 카메라 비젼을 통한 도색 자동화 공법 개발	1	- 기존 연구는 도로시인성 확보 시공장비와는 구분됨
자동 온도조절장치와 압력조절장치를 구비한 열가소성 도색장치 (전북대학교자동차부품금형기술혁신센터)	- 열융착식 도로 표지용 도료를 위한 도색장치 개발	1	- 기존 연구는 도로시인성 확보 시공장비와는 구분됨

표 54 기존 기술과의 차별성_도로적용 실증화 기술

기존 연구과제		검토결과	
과제명	주요연구내용	중복도	차별성
야간 도로 시인성 평가 시스템 개발 (한국건설기술연구원)	- 도로 노면 및 선형 유도 시설에 대한 조사 및 평가 시스템을 포함한 기술 개발 - 야간 도로 시인성 평가 솔루션 검증	1	- 본 연구과제는 기후 환경에 대한 실증화 기술, 이동식 차량을 이용한 실시간 차선 재귀반사성능 평가 등 기존 과제인 평가 시스템과는 구분됨
차량탑재형 차선도색 품질 검사장치 개발 (로드텍)	- 차량을 이용한 차선도색 상태 조사 프래그램 개발	0	- 본 연구개발은 도로에 적용된 도료의 실증화 기술로 차선도색 상태 조사 프로그램 기술과는 구분됨
스마트하이웨이 테스트베드 모니터링 및 활용 (한국도로공사)	- 스마트하이웨이 테스트베드 기술시연, 모니터링 및 데이터 축적	0	- 본 연구개발은 도로에 적용된 도료의 실증화 기술로 스마트하이웨이 실증화 기술과는 구분됨

2. 유사과제 기술분석

○ 도로 차선 및 도색과 관련된 국가 R&D 보고서는 총 203건이 검색되었음

○ 최근 자율차 관련 대응 기술 연구가 활발히 진행 중이며 차선 재료에 있어서 축광/형광/재귀반사/EL을 활용한 자체 발광 재료에 관한 연구를 일부 진행한 것으로 판단됨.

□ SMART Highway 안전성 확보기술 개발

○ 스마트 하이웨이 안전성 확보를 위하여 다양한 노면표시 바인더 재료의 성능 실험, 수용성의 경우 바인더의 두께가 얇기 때문에 대부분의 유리알이 표면에만 떠있는 상태이기 때문에 부착력이 불량하며, MMA의 경우에는 적당한 깊이로 유리알이 잘 부착됨. 융착식 역시 부착력이 좋은 편이나, MMA의 부착력을 능가하지는 못하는 것으로 나타났으며, 따라서 MMA 노면표시 방식이 고성능 노면표시의 재료로 적합한 것으로 판단됨.

○ 또한, 그라스 비드 배합별, 강수량별 재귀반사 측정값을 보면 젖은 상태(recovery)에서는 굴절률 1.5와 1.9 bead의 재귀반사율이 건조시에 비하여 크게 감소하였으나 2.4 bead는 크게 증가하여 건조 시 굴절률보다 약 다섯 배 증가한 1,166mcd/㎡·Lux를 나타났음.

○ 5mm/h 강수 시 재귀반사율에서 굴절률 2.4 bead가 포함되지 않은 노면표시는 190mcd/㎡·Lux를 밑돌았으며, 40% 이상 포함된 노면표시는 240 mcd/㎡·Lux이상의 높은 재귀반사율을 보였음.

○ 10mm/h와 20mm/h 강수시에도 2.4 bead가 많이 포함되어있는 노면표시가 높은 재귀반사율을 보였으며, 2.4 bead는 20mm/h 강수 시에도 231mcd/㎡·Lux의 재귀반사율을 나타내는 등 우천 시에 높은 성능을 발휘하였음.

○ 또한 스마트 차량과 첨단 도로 인프라와의 연계 연구로서 스마트 차량의 센서가 잘 인식될 수 있도록 도로 인프라 측면에서의 적극적 지원 필요성 대두

번호	Bead(%)			반사성능(mcd/㎡·Lux)				
(n)	1.5	1.9	2.4	건조상태	젖은상태	5mm/h	10mm/h	20mm/h
1	100	0	0	313	156	94	40	12
2	80	20	0	607	202	90	39	16
3	60	40	0	629	351	187	97	29
4	40	60	0	1,676	311	111	42	15
5	20	80	0	2,356	246	136	60	23
6	0	100	0	2,495	221	90	39	22
7	80	0	20	176	294	174	108	50
8	60	20	20	993	245	76	35	15
9	40	40	20	1,096	453	225	140	63
10	20	60	20	1,836	396	213	98	47
11	0	80	20	2,437	439	240	156	66
12	60	0	40	219	437	244	131	66
13	40	20	40	595	524	337	211	135
14	20	40	40	1,246	494	280	123	41
15	0	60	40	1,742	613	373	245	92
16	40	0	60	311	602	411	249	113
17	20	20	60	749	550	512	313	156
18	0	40	60	1,076	632	408	210	84
19	20	0	80	218	693	571	348	166
20	0	20	80	813	633	440	293	105
21	0	0	100	212	1,166	793	484	231
22	20	10	70	331	460	332	244	161
23	10	20	70	425	523	400	261	156

번호	비율	건조	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10:0:0	250	156	144	131	119	107	94	83	73	62	51	40	37	34	32	29	26	23	21	18	15	12
2	8:2:0	250	202	180	157	135	112	90	80	70	60	49	39	37	35	32	30	28	25	23	20	18	16
3	6:4:0	250	250	250	250	250	220	187	169	151	133	115	97	90	83	76	70	63	56	49	43	36	29
4	4:6:0	250	250	250	231	191	151	111	98	84	70	56	42	40	37	34	32	29	26	23	21	18	15
5	2:8:0	250	246	224	202	180	158	136	121	106	90	75	60	56	52	49	45	41	37	34	30	26	23
6	0:10:0	250	221	195	168	142	116	90	80	69	59	49	39	37	36	34	32	31	29	27	26	24	22
7	8:0:2	216	250	250	246	222	198	174	161	148	135	122	108	102	97	91	85	79	73	67	61	56	50
8	6:2:2	250	245	211	178	144	110	76	68	59	51	43	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15
9	4:4:2	250	250	250	250	250	250	225	208	191	174	157	140	132	124	117	109	102	94	86	79	71	63
10	2:6:2	250	250	250	250	250	250	213	190	167	144	121	98	93	88	83	78	73	67	62	57	52	47
11	0:8:2	250	250	250	250	250	250	240	224	207	190	173	156	147	138	129	120	111	102	93	84	75	66
12	6:0:4	219	250	250	250	250	250	244	221	199	176	153	131	124	118	111	105	98	92	85	79	72	66
13	4:2:4	250	250	250	250	250	250	250	250	250	236	211	203	196	188	181	173	166	158	150	143	135
14	2:4:4	250	250	250	250	250	250	250	248	217	186	155	123	115	107	99	90	82	74	66	58	50	41
15	0:6:4	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	245	230	215	199	184	169	153	138	123	107	92
16	4:0:6	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	249	235	222	208	195	181	168	154	140	127	113
17	2:2:6	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	235	219	203	188	172	156
18	0:4:6	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	249	210	197	185	172	159	147	134	122	109	97	84
19	2:0:8	218	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	238	220	202	184	166
20	0:2:8	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	236	218	199	180	162	143	124	105
21	0:0:10	212	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	231
22	2:1:7	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	244	235	227	219	211	202	194	186	178	169	161
23	1:2:7	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	240	230	219	209	198	188	177	167	156

그림 119 비드 배합별_강수량별 재귀반사 성능 노면표시 배합별 재귀반사율

□ 노면표시 시인성 확보 기술 개발

○ 아스팔트포장과 유사한 거동 특성을 나타내는 저황변 소프트타입 축광 바인더를 개발하여 포장가속 시험기를 이용한 공용성능 평가 결과 소성변형은 심하게 발생되었으나 균열이나 탈리는 발생하지 않음

○ 감응형 노면표시 식별기술 개발은 적외선 영역의 기술을 적용하였을 때 최적의 시인성을 확보할 수 있는 적외선 광원-카메라 기술 개발로서 안개상황 시 발생하는 산란현상에 대비하여 및 보정용 Cut-Off Filter(600nm 이하 파장 임의 제거기술)를 적용하여 시인성 증진

○ 적외선 감응재료가 반사하도록 금속산화물을 적용한 재료 선택 및 무조명 구간에서 시인성 확보를 위해 축광물질을 추가한 노면표시 물질을 제작하여 적외선 영역 및 육안 확인을 통해 기존 차선대비 시인성이 향상됨을 확인

○ 도로 포장 재료 특성에 적합한 축광 재료 개발과 더불어 안개 상황에서 적외선 센서를 이용한 차선 인식률을 향상시키는 것으로 궁극적으로 개발된 재료의 신뢰성 검증에 한계가 있으며 특정 도로 포장체에 국한된 한계가 있음

□ 고반사 유리비드를 이용한 고내구성 도로 표지용 도료 개발

○ 고반사 유리비드를 이용한 고대구성 도로표시용 도료 개발로서 고반사 유리비드 복합체 제조 및 바인더를 이용하여 야간 및 우천시 시인성이 우수한 도로 표지용 도로 개발, 공항 활주로에 적용하여 우천시 및 야간 시인성 평가 수행

○ 세부 개발 내용에 따른 목표치는 재귀반사도(Dry, Wet), 미끄럼저항, 내마모성, 부착강도 등이며 개발된 도료는 모든 항목에서 우수한 성능을 보였으나 색좌표 및 도표 색상별 제시는 하지 않은 것으로 판단

□ 지능형 교통시스템의 AVS(Automatic Vehicle Systems) 적용을 위한 주행 환경 인식 시스템 개발

○ 지능형 교통시스템의 AVS(Automatic Vehicle Systems)적용을 위한 주행 환경 인식 시스템 개발로서 고 신뢰도의 도로환경 인지 기술 개발 및 적용으로 ITS 체계의 효율화를 목적으로 함

○ 특히 차선인식 시스템(LDWS)의 경우 차선의 기본 성능이 인식에 있어서 매우 중요하며 야간 및 악천후 상황에서의 차선 인식률을 높이는 것이 중요할 것으로 판단

○ ITS시장예측모형에 의거 2020년까지 정상적 시나리오의 경우 누적시장규모가 약 14조 8천억원의 거대시장에서 핵심 기술의 개발로 수입대체 및 매출 증대의 효과 기대

□ 주행패턴 인식을 통한 차량 능동 안전도 제어에 관한 기반 기술 연구

○ 능동 조향 제어 HILS 시스템에 의한 조향 제어 기법 연구에서는 차선 감지 시스템에서 추정된 차선 파라미터를 바탕으로 차량이 차선을 이탈하는 것을 예측하여, 능동 조향 제어 장치의 작동 여부를 판단하고 능동 조향 제어 시스템에서는 차량이 차선을 이탈하였을 경우 차선을 이탈하지 않도록 추가적인 조향 입력을 주는 차선 이탈 방지 능동 조향 제어 시스템 개발

○ 차선 이탈 방지 능동 조향 제어 시스템 개발에 있어서 가장 중요한 것은 차선의 인식률이며 외부 기상 환경(안개, 우천)에 대한 차선 인식률에 대한 고려는 이루어지지 않은 기초적인 연구로 판단되며 향후 기상 환경 조건이 고려된 차선 인식률 향상 시스템 및 차선 인식률을 높일 수 있는 첨단 소재를 활용한 차선 개발이 시급할 것으로 판단

□ SMART 도로-자동차 사고예방 지원기술 개발

○ 고속도로상에서 주행 중 운전자 졸음 및 부주의 등 인적 요인에 기인하는 교통사고를 사전에 예방 및 방지를 목표로 차량-노변간 무선통신기반으로 DGPS를 활용한 차량의 고정밀 위치정보와 도로의 차선좌표정보를 융합처리/판단하여 운전자에게 정보를 제공하는 주행로 이탈경고 기술개발과 WAVE 통신 기반의 도로 및 차량 정보를 통합 처리하여 주행 중 전방에 발생한 위험요소를 검출하고 이를 운전자에게 경고제공 후 차량의 자동 감속제어를 구현하는 도로정보 기반의 차량제어 지원 기술 개발로 구성되어 있으며 3가지 서비스로 정지차량 추돌방지, 급커브 속도방지, 주행로 이탈복귀가 있음.

○ 궁극적으로 차선좌표 정보나 차선 인식률을 첨단차량이 잘 인식할 수 있는 기술적 대안이 필요할 것으로 판단.

□ 지능형 운전자보조시스템을 위한 비전 기술 개발

○ 최근 차량에 장착한 센서를 이용하여, 차량, 보행자, 차선 등 주행 관련 외부환경에 대한 데이터를 수집하여 인지하는 첨단 운전자보조시스템(Advanced Driver Assistance Systems: ADAS)에 대한 연구가 활발히 진행.

○ 운전자보조시스템중의 중요한 기능인 차량인식, 보행자 인식 및 차선인식 기술을 개발하였으며 영상에서 저조도와 안개 영향을 제거하는 기술을 개발하여 날씨요인을 고려하는 차량인식을 방법을 개발하여 인식률을 대폭 개선.

○ 도로영상에 Inverse Perspective Mapping, complement Laplacian of Gaussian, Blob 필터링 및 Hough transform, RANSAC line fitting을 통하여 차선을 인식하는 기술 개발하였고, blob 필터링 단계에 이어 blob identification 과정을 덧붙여 차선후보지 선출의 정확도를 높임으로써 자체 제작 dataset 과 Caltech lane dataset에서 각각 98.1% 의 인식률 달성.

○ 영상 기반 매핑 및 필터링 기법을 이용하여 차선을 인식하는 기술개발로서 복잡한 구조와 알고리즘 기반의 차선 인식기술로 판단되며 향후 차선 자체가 첨단차량이 인식할 수 있는 별도의 마킹이나 센서 또는 명함 대비 기법(Negative or Positive)을 이용한 기초연구가 필요할 것으로 판단

□ 차선이탈경보시스템

○ '차량의 룸미러 후면에 소형의 CCD 카메라를 장착, 주행 중 입력된 도로영상에서 차선관련 정보를 실시간으로 처리하기 위하여 독자적으로 설계된 전처리 프로세서인 FPGA와 영상처리 프로세서인 ARM S3C2410로 구성된 전용의 영상처리 시스템 구현.

○ 에지(Edge) 연산 등의 특징치 추출을 고속으로 분산 처리하여 차선인식 및 이탈경보를 실시간 수행(영상 크기 : 320× 240)

○ 차선인식 : EDF(Edge Distribution Function) 및 LBPE(Lane Boundary Pixel Extraction) 알고리즘 이용, 동영상을 통하여 수행 능력 확인.

○ 건조 노면 등 일반 조건에서의 차선 인식률을 측정하였으며 노면 습윤 및 안개, 우천시 측정 정확도에 대한 언급은 없으며 추가적으로 첨단 차량에 대응할 수 있는 노면표시 개발 필요.

3. 기존 기술(연구)와의 차별성

□ 광자극 감응 소재 기술의 기존 도로 융합 기술 개발

- 광감응 소재 개발 기술 및 공정 최적화를 통한 소재 적용 확장성 확보
- 축광/형광/반사 기술 융합을 통한 야간 도로 시인성 극대화
- 고효율 고내구성 바인더 재료 및 상용성 확보 기술 개발
- 제품경쟁력 확보를 위한 노면표시 적용 공법 및 전용 설비 개발
- 광자극 감응 재료를 활용한 교통안전시설의 도로 시설물 적용성 검토

□ 온도자극 감응 소재 기술의 도로 및 시설물 적용 기술 개발

- 결빙 구간 감지를 위한 저온감응 특성 소재 개발
- 온도자극 감응 소재 옥외 환경 적용을 위한 capsulation 기술 개발
- 도로 시설물 적용을 위한 온도 자극 감응속도와 시인 특성 제어 기술 확보 및 성능 평가 기법 개발

□ 수분자극 감응 소재 기술의 도로 및 시설물 적용 기술 개발

- 도로 및 시설물 적용 가능한 수분감응 기술 개발
- 저온 감응 소재 복합화를 통한 결빙구간 탐지 신뢰성 확보 기술 개발
- 우천시 도로 시인성 개선을 위한 노면표시 적용성 기술 개발
- 도로 시설물 적용을 위한 수분 자극 감응속도와 시인 특성 제어 기술 확보 및 성능 평가 기법 개발

□ 도로 시인성 개선 및 설계_시공 기술 개발

○ 도로에 설치 및 시공되는 안전시설이나 재료는 재료 개발을 포함하여 설계/생산, 시공 및 적용 방법/기준과 더불어 유지관리 및 국가 시책/정책이 모두 유기적으로 고려되어야 함에도 불구하고

○ 기존의 연구개발 결과들은 단품 위주의 재료 개발에만 집중되어 있어 변형된 다른 시설과의 접목시 역학적 특성이 다르기 때문에 적용의 한계성 및 내구성에 의문 발생

○ 따라서 본 기획연구에서는 향후 본 과제 연구 내용 및 현장 시공, 적용, 유리관리 및 정책 등을 모두 고려한 다기능의 "외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술"을 개발하고자 함

○ 이를 위해서는 현재의 문제점과 요구되어지는 성능을 고려할 것이며 특히 본 기획연구를 통하여 향후 도출될 기술 개발 결과물이 적용되는 도로 포장 형태에 대한 고려가 필수적으로 이루어져야 할 것임.

6절 연구개발 인프라 분석

1. 연구인력 인프라

가. 연구인력 현황

○ 본 연구에서 기획하고 있는 외부자극 감응형 노면표시 기술의 범위는 재료 개발부터 설계, 생산, 시공, 장비, 활용, 관리, 상용화를 포함하고 있으나, 아직 국내에는 노면표시 만을 전문으로 하는 연구기관은 없는 것으로 파악됨. 이에 각 요소별 연구수행 및 자문이 가능한 전문기관을 파악.

○ 외부자극 감응형 노면표시 기술은 다양한 분야의 기술이 융합되는 만큼 분야별 유기적인 협력이 매우 중요. 따라서 상기 분야별 전문가들은 물론 이들과 네트워크를 조성하고 있는 국내외 전문가들을 초빙한 대규모 자문단을 구성하고, 정기적 세미나를 개최하여 지속적 정보교류와 협업체계를 유지할 수 있도록 유도할 필요가 있음.

표 55 외부자극 감응형 교통안전시설 기술관련 국내유관기관 및 전문가 현황

구분	기관	분야구분	전문가	활용방안
연구원	한국표준과학연구원	개발(재료)	박선종 박사	광학기준 분야
	자동차부품연구원	상용화(평가/인증) 상용화(성능기준)	윤주호 박사 박선홍 박사	차선성능 분야 자율주행 분야
	한국화학연구원	개발(재료)	공호열 박사	온도감응 분야
	한국건설생활환경시험연구원	개발(재료, 설계)	박동협 박사	고분자합성 분야
	한국건설기술연구원	상용화(적용)	이석기 박사	도로조명 및 안전시설 분야
정부기관/공사/공단	경찰청	상용화(성능기준) 활용/관리(적용)	도로운영과	지침개발 분야
	한국도로공사	상용화(성능기준)	박제진 박사	가상현실(VR) 분야
	도로교통공단	시공(장비) 상용화(평가/인증)	양신환 박사	측정시스템 분야
대학교	충남대학교	개발(재료, 설계)	손영아 교수	외부자극 분야
	한양대학교	활용/관리(적용)	오 철 교수	교통운영 분야
	KAIST	개발(재료)	김범준 교수	외부자극 분야
	포항공대	개발(재료)	박태호 교수	외부자극 분야

	한국교통대학교	개발(재료) 상용화(성능기준)	인인식 교수 김진태 교수	발광신소재 분야 차선기준 분야
	아주대학교	상용화(평가/인증) 상용화(성능기준)	윤일수 교수 김경일 교수	차선기준 분야 인지심리 분야
	서울시립대학교	상용화(성능기준)	이동민 교수	교통안전 분야
	부산대학교	상용화(성능기준)	이재식 교수	교통심리 분야
	대진대학교	활용/관리(경제성)	신영철 교수	경제학 분야
	서울과학기술대학교	활용/관리(경제성)	정성봉 교수 유승훈 교수	교통경제 분야 가치평가(VE) 분야
일반기업	욱성화학	개발(설계)	정종식 박사	제조기술 분야
	평화엔지니어링	개발(재료, 설계) 시공(생산, 장비) 활용/관리(경제성)	김상태 박사	고기능성 분야 비용/편익 분야 포설장비 분야
	울산 TP	개발(재료)	김기수 박사	응용소재 분야
	㈜헵스켐	개발(설계)	김형석 박사	바인더 분야
	정석케미칼	시공(시공)	마영길 박사 김대원 박사	현장시공 분야
	㈜래도	시공(시공)	조중호 이사	현장시공 분야

2. 연구기자재 인프라

가. 국내 연구기자재 구축 현황

○ 본 기획연구는 햇빛, 온도, 수분 등 도로 주행환경을 모사하여 외부자극 감응재료의 도로 시인성 및 실시간 시각화에 대한 평가가 필수적임. 또한 강우, 강설, 안개 등 악천후 상황에 대응하기 위해 실제 상황을 재현할 수 있는 실증실험 테스트 베드가 필요함.

○ 재료개발 및 생산, 테스트와 관련된 인프라는 대부분 유관기관에서 보유하고 있어 전문가 협업/자문 및 임대형식으로 활용 가능할 것으로 판단됨. 그러나 실증실험을 위한 테스트베드를 확보하는 것이 가장 중요한 관건.

○ 현재 한국건설생활환경시험연구원은 건설자재, 환경, 에너지에 대한 전문화된 시험 평가 및 시험 장비를 구축되어 있으며 실규모 건축물의 대한 자연환경모사 종합 성능평가를 진행할 수 있는 시스템을 구축하고 있음.

표 56 한국건설생활환경시험연구원의 실환경 모사 주요 시험·평가 인프라

구분	기후변화 대응 다환경 실험시설	도로표지용 도료 시험평가
진행업무		
	- 기후환경모사 종합성능평가 - 광, 온도, 수분 실환경 모사 설비	- 윤하중/미끄럼 내구성 평가 시설 - 모바일 휘도 평가 인프라 구축
구분	내후성 시험 평가	커튼월 Mock-up 시험
진행업무		
	- 옥외폭로내후성시험 인프라 - 실내촉진내후성시험 인프라	- 기밀성능/수밀성능 - 열순환 및 결로시험

○ 또한 실제 도로 주행실험을 위해 자유로운 점용과 차량통제, 악천후(눈, 비, 안개 등)에 대한 모사가 가능하며, 도로변 조명시설들을 자유롭게 활용이 필요. 일반 공공도로는 테스트베드로써 부적합하며, 전문적으로 설계된 전용실험도로가 필요한 실정.

○ 실제 주행실험 테스트베드를 검토한 결과 국토교통부(국토교통기술진흥원)이 구축중인 기상환경재현 도로성능실험시설이 가장 적합하다고 판단. 특히 터널형 쉴드와 악천후를 모사할 수 있는 첨단시설을 갖추고 있어 주행안전성 평가에 최적화된 조건을 가지고 있음.(2018년 6월 준공예정)

그림 120 국토교통부 기상환경 재현 도로 성능 평가 실험시설 조감도

표 57 국내 도로적용 실증화 실험시설 현황

구분	시설개요	소재지
기후변화대응 다환경 실험시설	- 주요 기후환경요소(온도, 습도, 일사, 강우, 강설)의 인공발생 및 제어시설을 갖춘 인공기후환경 실험시설	KCL 진천
기상환경 재현 도로 성능 평가 실험시설	- 악천후 상황을 재현하여 도로안전시설, 우천 시 고휘도 노면표시 등의 개발 및 인증에 활용 가능 - 강설시, 도로표지 및 교통안전시설 시인성 실험, 신제품·신기술 성능 실험	국토교통부 연천
극한상태 구조특성 실험시설	- 일상적인 범주의 하중, 온도, 압력을 초과하는 극한하중 및 극한환경을 모사하여 이에 노출된 구조물과 부재의 거동을 평가하는 실험시설	서울대 서울
도로주행 시뮬레이터 실험시설	- 기존도로나 설계단위의 도로를 3차원 가상주행을 통해 개선, 검토하며 인간공학적 도로 안전성 분석, 안전시설물 평가 등이 가능한 도로주행 시뮬레이터 실험시설 구축	한국도로공사 화성
도로안전시험 성능 시험장	- 건물·신호교차로·버스전용로 등 구현된 도심부, 스쿨존 등 실험도시 조성 - 연구자가 필요한 상황·조건을 설정하여 기술개발·평가에 활용가능	국토교통부 화성
인공기후 실험시설	- 인공기후 실험 챔버 및 IAQ 분석실 등을 구축하여 건축 환경 및 설비에 관한 연구를 종합적으로 수행	대우건설 수원
지능형자동차부품시험장	- 강우, 강설, 안개 등 악천후 상황에서 자동차 부품의 기능 및 성능 평가	대구

나. 해외 연구기자재 구축 현황

○ 해외 선진국의 경우 우리보다 앞서 도로망의 구축단계를 거쳤고, 이미 관리 중심의 정책을 펼치고 있음. 성능(performance)을 중심으로 정책효과를 모니터링하고, 나아가 성능에 기반을 두어 계획을 수립하는 방향으로 변화하고 있음.

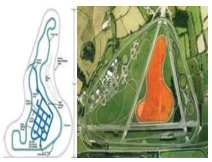
○ 미국, 일본, 영국 등 선진국의 경우 악천후(강우, 강설, 안개 등)의 상황에 대응하기 위한 대형 도로성능 평가 실험시설을 이미 갖추고 있으며 이를 활용해 교통안전에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있음.

○ 최근 자율주행자동차의 등장과 발전으로 선진국에서는 교통상황, 노면상태, 기후 상태, 돌발 상황 등을 모사할 수 있는 주행시험장을 이용해 테스트하여 필요한 데이터를 제공하고 있음.

○ 미국은 2015년 MTC(Mobility Transformation Center)를 설립하여 세계최초의 자율주행자동자 전용 테스트베드를 구축, 공공도로에 나가기 전 성능 및 악천후 속에서도 자율주행자동차가 제대로 작동하는지 실증실험을 진행하고 있음.

표 58 해외 도로환경 모사 실증화 실험시설 현황

구분	시설개요		소재지
Fukui Prefecture	- 인공적으로 온도, 습도, 강우, 강설까지 다양하게 조성하여 제품 전체를 동적으로 평가 가능		일본
Stuttgart 대학	- 첨단차량과 도로환경이 연계된 교통안전도 평가에 활용 - 2012년 개발된 레일을 갖춘 전기식 모션플랫폼 중 최대 규모		독일
Leeds 대학	- 차량안전 및 첨단 교통시스템 개발용 시뮬레이터 - VMS 표시방법에 따른 운전자 행동분석 및 차선표시 방법에 따른 운전자 행동분석 등 평가		영국
VTTI 시험장	- 강설, 강우, 안개 등 악천후 상활을 모사하여 노면표시 등의 시인성을 평가		미국
TTI 주행실험장	- 강우상황을 재현하는 기능을 하며, 강우 시 노면표시 등의 시인성 등을 평가하는데 활용		미국
미시건대학 MTC	- 자율주행관련기술 개발 및 검증, 기술표준화 작업, 자율차 및 자율 도로체계 규격 및 성능 수준 분류에 활용		미국

TRL 주행시험장	- 강우상황을 재현하여 도로표지 등의 시인성을 실험하기 위한 시설 - 다양한 자량방호한전시설의 성능평가를 목적으로 하는 실험시설		영국
innov ITS	- 실시간 경로탐색, 텔레매틱스와 교차로 신호 연동화, 신차 충돌 및 안전검사, 도로인프라 성능평가 등 실험 가능		영국
ITS 실험시설	- 실시간 경로탐색, 텔레매틱스와 교차로 신호 연동화, 신차 충돌 및 안전검사, 도로인프라 성능평가 등 실험 가능		일본
NILIM 주행시험장	- 악천후 상황에서 주행실험보다는 차량 및 검지기 등의 성능평가에 주안점을 두고 있음		일본

7절 종합분석

1. 국내외 정책 동향 및 환경분석 시사점

가. 국내

○ 제8차 국가교통안전기본계획을 통해 OECD 최하위 수준인 국내 교통안전 수준을 ‘26년 교통안전선진국 진입을 목표로 설정

○ 17년 11월 관계부처 합동「4차 산업혁명 대응계획」에 따라 안전한 미래형 도로 산업의 정책적 지원 확대 예상

○ 한국과학기술정보연구원(KISTI)는 2016년 외부자극 감응형 소재를 미래유명기술 10선으로 선정하여 연구분야 투자 확대

○ 안전한 도로교통 환경 조성을 위한 정부 정책의 기조와 4차 산업 혁명 및 지능형 신소재 개발 확대에 따른 미래형 도로산업 투자를 활성화 할 것으로 기대됨.

나. 국외

○ 도로기술의 경우 도로상태 분석 및 경고하여 운전자의 운전 주행을 유도하는 기술 개발을 위해 차선, 표지판 등의 도로시설물에 대해 환경에 대한 신뢰성을 바탕으로 새로운 개념의 디자인 도입을 요구하고 있음

○ 도로 안전에 대한 관심 증대 및 자율주행 자동차 연계형 시스템 구축위한 신개념 도로 구축을 위한 정부주도 투자 증가

▪ 나라별 다양한 형태의 미래형 도로의 시험 운영 및 대규모 투자계획

2. 국내외 시장동향 분석 시사점

○ 도로부문을 포함한 교통분야 세계시장 규모는 2010년 약 1조409억 달러에서 2020년 2조4876억달러 규모로 2배 이상 성장할 것으로 관측

○ 2016년에는 세계적으로 1조원 규모의 시장에서 2022년 까지 연간 22.3% 성장을 통하여 3조원 규모의 스마트·기능성 재료 시장이 형성될 것으로 예상

○ 중국, 인도, 아프리카의 급격한 성장으로 도로용 도료 시장은 계속적인 시장성장이 예측. 특히 교통 안정성의 관심으로 고기능성 도로용 도료 시장의 규모는 점차 확대될 것으로 예측됨

○ 도로 적용 가능한 신규 소재의 경우 현재 일부 선진국을 중심으로 연구가 진행되는 단계로 신규 항목으로 초기 시장 진입을 통해 세계시장 선도 가능

3. 국내외 기술개발 동향 분석 시사점

가. 기술동향 분석 시사점

○ 외부자극 감응 소재(광, 온도, 수분)의 경우 2000년대 이후 많은 연구가 이루어져 왔으나, 도로 적용에 관한 기술적용은 제한적임.

▪ (광감응 소재 도로안전표지 적용)

- 2000년대 이후 희토류 부활제를 활용한 persistant luminesece 개념이 등장하여, 200시간이상 발광이 지속되는 물질들도 보고되고 있음.
- 소수 선진국을 중심으로 도로 적용성 검토가 이루어져, 시범운행 구간을 운행하고 있음.
- 노면표시외 도로 시설물 관련 적용의 경우 현재 다양하게 이루어지고 있으나, 국내 노면표시 적용은 전무함.

▪ (온도감응 소재 도로안전표지 적용)

- 온도감응 소재의 경우 매우 활발하게 연구 개발이 이루어지고 있으나, 도로 적용성이 높은 저온감응 소재의 경우 연구가 제한적.
- 최근 들어 저온감응 재료들을 활용한 일부 교통 시설물 관련 제품들이 나오고 있어, 추후 도로 산업과의 융복합에 따른 신규시장 창출 가능성이 큼.

▪ (수분감응 소재 도로안전표지 적용)

- 수분감응 소재의 경우 전통적으로 사용되는 셀롤로스 필름의 투명화 특성을 이용한 재품들이 많이 활용 되어 왔으나, 도로 적용은 제한적임.
- 도로에 적용 가능한 소재 개발을 통해 우천시 도로 시인성 향상 및 결빙 구간 시각화 등에 다양하게 활용 가능할 것.

▪ (도로 시인성 및 주행안전성 관련 기술)

- 도로 시인성 및 주행안전성 개선을 위해 도로 차선의 재귀 반사율 개선 및 정책 기준 개선에 관한 다양한 연구개발이 이루어짐.
- 또한 신규 소재 적용 시험을 위한 다양한 도로 성능 평가 시설 구축 및 VR을 통한 초기 평가 등도 다양하게 이루어짐.
- 추후 외부자극 감응소재 도로 적용시 기존 평가 시설 및 연구결과를 바탕으로 합리적 기준 제시 및 시간소요 절감 가능.

제3장 연구개발과제 구성 및 추전전략

1절 기술개발추진방향 정립

1. SWOT 분석

가. 내부역량 및 외부환경

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
시장환경	내부	강점(S)	ㅇ 교통사고 예방을 위한 지능형 교통안전시설 요구 증대 ㅇ 안전의식 개선에 따른 교통안전산업 투자 활성화
		약점(W)	ㅇ 대부분 시공 업체 영세화에 따른 신기술 적용 제한 ㅇ 선진국 제품의 국내 시장 선점
	외부	기회(O)	ㅇ 타 기술 분야를 융합한 차별화된 스마트 재료 응용 시장 확대 ㅇ 유럽 등을 중심으로 유지관리 비용 감소 프로젝트 시행
		위협(T)	ㅇ 다국적 기업 중심의 고기능성 재료의 시장 지배력 ㅇ 가격 경쟁력을 바탕으로 한 신흥 국가 등장
산업동향	내부	강점(S)	ㅇ 도로교통분야 연구개발을 위한 관련 산업 인프라 보유 ㅇ 신기술 개발 및 품질향상을 위한 지속적 기술 투자 확대
		약점(W)	ㅇ 새로운 먹거리 창출을 위한 시장정보 미흡 ㅇ 도로관련 시공사와 첨단재료 생산업체간의 협력 시스템 미흡
	외부	기회(O)	ㅇ 도로 안전시설물 유지보수 산업시장의 증가세 ㅇ 도로 교통사고 손실비용 저감을 위한 교통안전예산 투자 증가
		위협(T)	ㅇ 기술력과 영업력을 바탕으로 한 글로벌 기업의 지배력 강화 ㅇ 장기적 건설경기 침체 우려 확산
정책방향	내부	강점(S)	ㅇ 해외 경쟁력 강화를 위한 스마트 건설재료에 대한 정책 강화 ㅇ 교통사고 예방시설 및 스마트 교통인프라 구축에 지속적 투자
		약점(W)	ㅇ 도로 시설물 안전관리 분야 기술적 융합 개념 도입 부진 ㅇ 스마트 도로 패러다임 변화에 대한 시장진입 촉진 미흡
	외부	기회(O)	ㅇ 도로 정보전달을 통한 교통안전의 중요성 인식 확대 ㅇ 도로 인프로 보수 및 성능향상을 위한 투자 확대 실시
		위협(T)	ㅇ 새로운 재료 및 기술에 대한 보수적인 정책 추진 ㅇ 운영의 능률화 및 성능중심의 새로운 무역장벽 등장

기술동향	내부	강점(S)	ㅇ 첨단 IT, ET, BT, NT 기술과 전통적 기술의 융복합 확산 ㅇ 실환경 실증을 위한 신뢰성 평가 설비 구축
		약점(W)	ㅇ 도로 적용을 위한 초기 투자비용 요구 ㅇ 스마트 소재 응용기술에 대한 기술 클러스터 활용 미비
	외부	기회(O)	ㅇ 제품 품질 기준 강화에 따른 고기능성 제품 수요 증가 ㅇ 외부자극 감응 재료에 대해 세계적으로 기초연구단계
		위협(T)	ㅇ 선진국 독자기술의 제품화. 실용화 비즈니스 모델 추진 ㅇ 후발 주자들의 신규 기술 개발
연구개발 인프라	내부	강점(S)	ㅇ 첨단융합기술 개발을 위한 세계적인 IT, NT 인프라 보유 ㅇ 연구개발을 위한 충분한 인력/장비 인프라 확보
		약점(W)	ㅇ 관련 산·학·연간의 인프라 공유 미흡 ㅇ 선진국 대비 스마트 재료 관련 R&D 프로젝트 부족
	외부	기회(O)	ㅇ 해외 선도 연구기관과의 협력체계 구축
		위협(T)	ㅇ 시설, 장비, 평가 툴 연구개발 인프라 투자 확대 ㅇ 실증화/실용한 성능평가 및 연구시설의 적극적 활용 미흡

나. SWOT 분석

□ 도출된 내부역량 및 외부환경 요인을 가지고 아래와 같이 SWOT 분석을 실시하였으며. 이를 통하여 미래시장 대응 방안을 도출함.

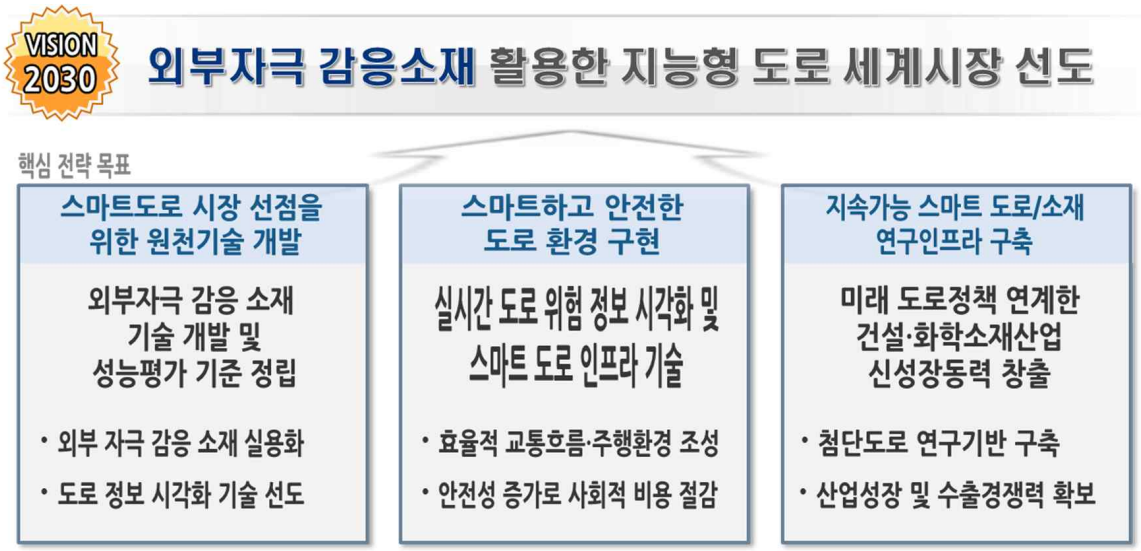
표 59 SWOT 분석

	SO 전략	WO 전략
대응 방안	ㅇ 국내 도로 시험 운용을 통한 가시적인 제품 성능 구현 ㅇ 신규 해외 시장을 확보를 위한 적극적인 시장 경쟁 ㅇ 교통안전 관련 지자체 대상 제품 홍보 ㅇ 스마트 재료 융합 제품의 도로 적용 활성화를 위한 정부 및 지자체 투자 촉구 ㅇ 핵심 기술 확보 및 스마트 도로 인프라 연계를 위한 중장기적 기술 개발	ㅇ 시공업체와 협력관계 강화로 제품 보급 노력 ㅇ 해외 선진 제품과의 경쟁력 강화를 위한 가격 절감 및 시공성 향상을 위한 노력 ㅇ 해외 선진 제품과의 경쟁력 강화를 위한 가격 절감 및 시공성 향상을 위한 노력 ㅇ 다양한 등급의 제품 개발을 통해 해외시장 진출 전략 다변화
	ST 전략	WT 전략
대응 방안	ㅇ 첨단 도로 인프라와 연계 가능한 기술의 지속적인 개발로 국내 시장주도권 확보 ㅇ 경찰청 및 국토부 차선 성능기준 재설정 및 책임 시공제 도입 요구 ㅇ 국내 및 국제 표준화 활동 강화 ㅇ 선진 우수 성공 사례 벤치마킹 ㅇ 제품 신뢰도 증대를 위한 지속적 기술투자	ㅇ 내부 품질 관리 강화로 제품 성능 신뢰도 향상 ㅇ 시공지역 지속적인 점검을 통해 보완 기술 개발 및 투자 ㅇ 원가 절감을 위해 수출 현지 업체 협력 강화 ㅇ 수출품 현지화 전력을 위한 내후성 확보 방안 마련

2절 비전 및 목표

1. 비전 및 목표

○ 본 기획연구는 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선을 위한 것으로서 기술적, 경제적, 사회적 측면을 고려한 연구 구성 및 추진 전략을 마련.



○ 본 연구의 목표는 실시간 도로 위험 시각화 기술, 야간 도로 시인성 기술, 노면표시 성능 고도화 및 주행 안전성 확보 기술을 포함하여 설정.

3절 핵심요소기술(CTE) 선정

1. 핵심기술요소(CTE) 후보

No.		CTE명
외부자극 자체 발광형 노면표시 기술 개발	후보1	· 고굴절 글라스 비드 활용 노면표시 기술
	후보2	· 광자극 자체 발광형 노면표시 제조 기술
	후보3	· 자체 발광형 노면표시 입체구조 제어 시공 기술
	후보4	· 재귀반사 복합화 형광체 도료 배합설계 기술
	후보5	· 실제 도로 환경 모사 야간 시인성 평가 기술
	후보6	· 재귀반사_미끄럼저항성_내마모성 융합복합 재료 기술
	후보7	· 자체 발광 노면표시용 도료(설계_합성_제조) 제조 기술 개발
	후보8	· 광자극 감응형 발광체의 조성물 설계 및 요소기술 개발
	후보9	· 기존 가격 절감 가능한 발광체 제조 및 성능 개선 기술 개발
	후보10	· 도로 노면표시 적용을 위한 발광효율 극대화 바인더 개발
	후보11	· 도로 노면표시 적용을 위한 고내구성 바인더 제조 기술
	후보12	· 자전거 도로용 자체 발광형 코팅재 기술
	후보13	· 교통약자 보행환경 개선 광자극 감응형 보행로 기술
	후보14	· 재귀반사 다층 라미네이팅 기술을 활용한 노면표시 기술
	후보15	· 외부자극 감응형 발광체 설계 및 분산 안정화 기술
	후보16	· 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광 노면표시 제품화 기술
	후보17	· 국민 이동편의 제고, 보행자 안전 개선 발광형 제품화 기술
	후보18	· 무전원 구간 운전자 시선 유도 기술
	후보19	· 연속식 경화반응제어가 가능한 노면표시 제품화 기술
	후보20	· 기존 노면표시의 시인성 개선을 위한 자체 발광 복합화 기술
	후보21	· 자체 발광형 노면표시의 정량적 성능평가 기술 개발
	후보22	· 태양광/조명/헤드라이트 등을 연계한 자체 발광형 노면표시 실용화 기술 개발
	후보23	· 주요 도로 기후환경 모사 실환경 기반의 노면표시 성능 검증
	후보24	· 자체 발광형 노면표시의 경제성 평가를 통한 도로 적용 세분화 및 실용화 기술
	후보25	· 외부자극 감응형 도로차선의 자율주행 시스템 연계 기술
	후보26	· 도로환경을 고려한 노면표시 성능 검증 기술
	후보27	· 자체 발광형 노면표시의 적용성 평가 및 성능 검증 기술
	후보28	· 조명 없는 구간 도로 적용 세분화 및 실용화 기술

	후보29	· 자체 발광형 노면표시 설계 지침 및 시공 기준(안)
	후보30	· 드론을 이용한 복잡한 도로구조의 차선 네트워크 시인성 분석
	후보31	· 야간, 우천시 자율주행을 고려한 도로차선 인식 기술
	후보32	· 카메라를 이용한 딥러닝 기반의 자율주행 시스템 차선 인식 기술
	후보33	· 자율주행 연계 도로차선의 동적 시인성 최적화 기술
	후보34	· 실제 도로 조건을 고려한 실증 테스트 및 실주행 환경 성능 검증
	후보35	· 자체 발광형 노면표시의 현장 적용성 평가 및 시공성 검증
	후보36	· 외부자극 감응형 제품의 내구성 평가 기술
외부자극 감응형 교통안전시설 개발	후보37	· 반복적 가역 감온 변색 마이크로 캡슐화 기술
	후보38	· 외부자극 감응형 변색제어 시각화 재료 기술
	후보39	· 도로 기후환경 감응형 변색제어 재료 설계 및 요소기술
	후보40	· 자극 감응형 형상 기억 폴리머 기술
	후보41	· 저온환경 감응형 시각화 복합재료 제조 기술
	후보42	· 마이크로 캡슐을 활용한 온도 감응성 소재 기술
	후보43	· 가역적 내구성 개선을 위한 매트릭스 바인더 기술
	후보44	· 주요 외부자극 요소 적용 도로정보 시각화 성능 평가
	후보45	· hydro-phobic_philic 기반 자극-응답 코팅 기술
	후보46	· 저온자극 감응형 가역 변색제어 시각화 기술
	후보47	· 고반사 특성을 가지는 미세 표면 패턴 기술
	후보48	· 도로환경 적응형 고기능성 표면 제어 기술
	후보49	· 외부자극 감응형 교통안전시설 성능평가 기술
	후보50	· 조명식_발광식 교통안전시설 기술
	후보51	· 실시간 도로 결빙 위험 교통안전시설 제품화 기술
	후보52	· 저온환경 결빙노면 인지형 노면표시 제품화 기술
	후보53	· 교통안전시설 유형별 시각화 설계 및 디자인 기준
	후보54	· 교통안전시설 시각화 전달빈도 설계 및 설치지침
	후보55	· 실시간 도로 결빙 위험 시각화 시공 및 유지관리 기술
	후보56	· 교통안전시설의 자율주행 시스템 연계 기술
	후보57	· 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술
	후보58	· 저온환경 결빙노면 인지형 보조표지의 성능평가 기술
	후보59	· 실규모 기반의 적용성 평가 및 성능 검증
	후보60	· 외부자극 감응형 교통안전시설 성능지표 및 성능기준

	후보61	· 외부자극 교통안전시설 성능평가 방법 개발
	후보62	· 도로정보 시각화 내구성 평가 기술 개발
	후보63	· 주요 도로 기후환경 모사 실증 시험평가 기술
	후보64	· 교통안전시설 유형별 성능지표 및 성능기준 마련
	후보65	· 실시간 도로 위험 시각화 교통안전시설 전용 시공 장비 기술
	후보66	· 도로 기후환경 및 교통조건을 고려한 유지관리 기술 개발
	후보67	· 도로정보 시각화 재료의 현장 적용성 평가 및 시공성능 검증
	후보68	· 교통안전시설 유형별 시각화 설계 기술 및 시공 기준 개발
	후보69	· 도로 위험 시각화 시공기술 및 시공장비 표준화 연구
	후보70	· 도로 기후환경 모사 실규모 기반의 성능 검증
	후보71	· 외부자극 감응형 교통안전시설 실용화 기술 개발
외부자극 감응 성능고도화 및 실증 테스트 기술 개발	후보72	· 포장형식별 노면표시 설계 및 유지관리 기술
	후보73	· 외부자극 감응형 노면표시 장비 및 시공기술
	후보74	· 외부자극 감응형 노면표시 미끄럼 저항 개선 재료 기술
	후보75	· 취약구간 노면표시 고내구성 재료 기술
	후보76	· 외부자극 대응형 노면표시 성능평가체계
	후보77	· 도로안전 취약구간 노면표시 실검증 기술
	후보78	· 도로네트워크 노면표시 정보관리체계 개발
	후보79	· 노면표시 유형별 상태/성능평가체계 및 모니터링 기술
	후보80	· 노면표시 취약구간 유형 및 등급체계 기술
	후보81	· GIS 기반 도로네트워크 노면표시 Database 및 정보관리시스템 플랫폼 설계
	후보82	· GIS 기반 도로네트워크 노면표시 Database 및 정보관리시스템 실무 개발
	후보83	· 노면표시 취약구간 현황평가 및 대응 매뉴얼
	후보84	· 노면표시 취약구간의 내마모성 모델링 및 요구성능 분석
	후보85	· 외부자극 노면표시의 내마모성 보강기술
	후보86	· 내마모성 보강기술에 대한 설계/시공법, 시공장비 기술
	후보87	· 노면표시 유형별 미끄럼 저항성 평가 및 요구성능 분석
	후보88	· 외부자극 노면표시의 미끄럼저항 확보기술
	후보89	· 미끄럼저항 확보기술에 대한 설계/시공법, 시공장비 기술
	후보90	· 실제 주행환경 모사 도로 시인성 실증 테스트 기술
	후보91	· 악조건(야간/우천/안개 등)하에서의 자체 발광형 노면표시 주행 안전성 평가
	후보92	· 자체 발광형 노면표시의 성능지표 및 성능기준(안)

2. 핵심기술요소(CTE) 도출

□ 다음으로 후보 연구과제 도출 및 기획연구 제안 당시 제시된 비전과 기획연구목표를 바탕으로 하여 1차 연구내용을 구성하였으며, 국내 외부자극 감응 재료 분야 전문가그룹으로 구성된 자문위원과 연구진들 간의 전문적 기술회의를 통하여 2차 후보 핵심기술요소(CTE)를 도출함.

표 60 기술자문단 구성원

구 분	성명	국명	소속	직급	전공 (학위)	자문내용
감응성능 제어 및 재현성	공호열	한국	한국화학연구원	선임연구원	화학 (박사)	온도감응분야
	정종식	한국	욱성화학	연구소장	공학 (박사)	제조기술분야
	김기수	한국	울산TP	실장	응용화학 (박사)	소재응용분야
	김형석	한국	㈜헵스켐	이사	화학공학 (박사)	바인더분야
	박태호	한국	포항공대	정교수	고분자 (박사)	외부자극분야
	인인식	한국	한국교통대학교	부교수	화학 (박사)	발광응용분야
	김범준	한국	KAIST	부교수	화공 (박사)	외부자극분야
설계시공 및 성능평가	전근	한국	한국화학연구원	책임연구원	유기합성 (박사)	색소재료 내구성 분야
	마영길	한국	정석케미칼	이사	화학공학 (박사)	시공분야
	김대원	한국	정석케미칼	책임연구원	고분자 (석사)	시공분야
	윤주호	한국	자동차부품연구원	센터장	화학공학 (박사)	성능평가분야
	박선홍	한국	자동차부품연구원	선임연구원	응용물리 (박사)	자율주행
	조중호	한국	래도(주)	이사	교통공학 (석사)	시공분야
도로포장 /차선	김진태	한국	한국교통대학교	교수	교통 (박사)	차선기준
	박성종	한국	한국표준과학연구원	책임연구원	물리학 (박사)	광학기준분야
	윤일수	한국	아주대학교	교수	교통 (박사)	차선기준분야
교통/안전	이동민	한국	서울시립대학교	교수	교통 (박사)	교통안전
	박제진	한국	한국도로공사	위원	교통 (박사)	VR
	오철	한국	한양대학교	교수	교통 (박사)	교통운영
인지심리	김경일	한국	아주대학교	교수	심리 (박사)	인지심리
	이재식	한국	부산대학교	교수	심리 (박사)	교통심리

3. 핵심기술요소(CTE) 우선순위 평가

□ 상기 기획 과정에서 도출된 후보과제 중 동 사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 선정과제 중 추진 우선순위를 설정하기 위함.

○ 산·학·연 전문가를 대상으로 기획에서 도출된 후보과제의 실용화 가능성, 정부지원 필요성, 독창성, 사회적 파급효과, 과제 연관성 등에 대한 평가를 수행함

□ 사업의 최종목표를 고려하여 실용화 가능성, 성공가능성, 독창성, 기술적 중요도, 현재 기술수준 등의 평가항목을 도출함.

□ 우선순위 평가는 내부 기획연구진, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일 발송 및 자문회의를 통하여 의견을 수렴함.

□ 1차 조사기간에 전문가들의 의견을 받아 추가된 후보과제를 포함하여, 2차 재조사를 수행함.

표 61 우선순위 설문 방법

구분	내용
조사기간	(1차) 2018년 02월 15일 ~ 2018년 02월 28일 (2차) 2018년 04월 15일 ~ 2018년 05월 14일
조사대상	내부 기획연구진, 자문위원 및 외부전문가 총 30인
조사방법	이메일 또는 자문회의를 통한 설문조사

□ 체크리스트 목록

No.	항목내용
C1	· 이 기술이 사용 요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?
C2	· 해당 기술을 개발하거나 시연하는데 중대한(실패) 위험이 예상되는가?
C3	· 해당 기술이 새롭거나 독창적인가?
C4	· 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발 시 변경된 기술인가?
C5	· 해당 기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발 되는가

가. 외부자극 자체 발광형 노면표시 기술 개발

○ 외부자극 자체 발광형 노면표시 기술개발과 관련한 총 36개의 후보과제에 대한 의견 수렴을 진행함.

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보1	고굴절 글라스 비드 활용 노면표시 기술	○	-	-	-	○	3.0	4	-
후보2	광자극 자체 발광형 노면표시 제조 기술	○	-	○	-	○	4.1	3	○
후보3	재귀반사 복합화 형광체 도료 배합설계 기술	○	-	○	-	○	3.7	4	-
후보4	재귀반사_미끄럼저항성_내마모성 융합복합 재료 기술	○	-	-	-	○	3.8	3	-
후보5	자체 발광 노면표시용 도료(설계, 합성, 제조) 제조 기술 개발	○	-	○	-	○	4.2	4	○
후보6	광자극 감응형 발광체의 조성물 설계 및 요소기술 개발	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보7	기존 가격 절감 가능한 발광체 제조 및 성능 개선 기술 개발	○	-	○	-	○	4.5	3	○
후보8	도로 노면표시 적용을 위한 발광 효율 극대화 바인더 개발	○	-	○	-	○	4.6	3	○
후보9	도로 노면표시 적용을 위한 고내구성 바인더 제조 기술	○	-	○	-	○	3.7	4	○
후보10	자전거 도로용 자체 발광형 코팅재 기술	○	-	○	-	○	3.8	3	○
후보11	외부자극 감응형 발광체 설계 및 분산 안정화 기술	○	-	○	-	○	4.5	3	○
후보12	자체 발광형 노면표시 입체구조 제어 시공 기술	○	-	○	-	-	3.5	5	-
후보13	실제 도로 환경 모사 야간 시인성 평가 기술	○	-	○	-	○	4.1	3	○
후보14	교통약자 보행환경 개선 광자극 감응형 보행로 기술	○	-	○	-	○	3.7	3	○
후보15	재귀반사 다층 라미네이팅 기술을 활용한 노면표시 기술	○	-	-	-	○	3.5	4	-
후보16	조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광 노면표시 제품화 기술	○	-	○	-	○	4.1	4	○
후보17	국민 이동편의 제고, 보행자 안전 개선 발광형 제품화 기술	○	-	○	-	○	4.0	4	○
후보18	무전원 구간 운전자 시선 유도 기술	○	-	○	-	○	4.0	4	○
후보19	연속식 경화반응제어가 가능한 노면표시 제품화 기술	○	-	-	-	○	3.5	3	-
후보20	기존 노면표시의 시인성 개선을 위한 자체 발광 복합화 기술	○	-	○	-	○	3.5	3	-

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보21	자체 발광형 노면표시의 정량적 성능평가 기술 개발	○	-	○	-	○	4.5	4	○
후보22	태양광/조명/헤드라이트 연계자체 발광형 노면표시 실용화 기술 개발	○	-	○	-	○	4.5	4	○
후보23	주요 도로 기후환경 모사 실환경 기반의 노면표시 성능 검증	○	-	○	-	○	4.0	4	-
후보24	자체 발광형 노면표시의 경제성 평가를 통한 도로 적용 세분화 및 실용화 기술	○	-	○	-	-	4.0	5	○
후보25	외부자극 감응형 도로차선의 자율주행 시스템 연계 기술	○	-	○	-	○	4.2	4	○
후보26	도로환경을 고려한 노면표시 성능 검증 기술	○	-	○	-	-	3.5	5	-
후보27	자체 발광형 노면표시의 적용성 평가 및 성능 검증 기술	○	-	○	-	○	4.0	4	○
후보28	조명 없는 구간 도로 적용 세분화 및 실용화 기술	○	-	○	-	○	4.1	3	○
후보29	자체 발광형 노면표시 설계 지침 및 시공 기준(안)	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보30	드론을 이용한 복잡한 도로구조의 차선 네트워크 시인성 분석	○	-	-	-	○	3.2	4	-
후보31	야간, 우천시 자율주행을 고려한 도로차선 인식 기술	○	-	○	-	○	3.6	4	-
후보32	카메라를 이용한 딥러닝 기반의 자율주행 시스템 차선 인식 기술	○	-	○	-	-	3.5	4	○
후보33	자율주행 연계 도로차선의 동적 시인성 최적화 기술	○	-	○	-	-	3.7	5	-
후보34	실제 도로 조건을 고려한 실증 테스트 및 실주행 환경 성능 검증	○	-	○	-	-	4.2	4	○
후보35	자체 발광형 노면표시의 현장 적용성 평가 및 시공성 검증	○	-	○	-	○	3.9	4	○
후보36	외부자극 감응형 제품의 내구성 평가 기술	○	-	○	-	-	4.0	4	-

○ 현재 국내 광자극 감응 재료에 대한 기술 개발 중요성이 높은 것으로 나타남에 비해 국내 기술 수준은 TRL 4 정도로 도로 적용을 위한 추가적인 연구개발이 필요함.

○ 본 과제를 통해 생활밀착형 도로(자전거, 보행로) 및 안전제품 등에 대한 기술 요구가 높으며, 노면표시 직접 적용을 통한 안전성 확보에 관한 기술 개발이 요구됨.

○ “드론을 이용한 복잡한 도로구조의 차선 네트워크 시인성 분석”, “재귀반사 복합화 형광체 도료 배합설계 기술” 등 13개 기술은 중요도 및 연계성이 떨어진다고 판단하여, 후보과제로 조정함.

○ 일부 실증 평가/제도화 연계 관련 기술을 포괄적으로 포함한 중복성 검토가 필요.

○ 선정된 핵심요소 기술을 자문회의를 거쳐 4개의 핵심요소기술로 통합하고, 나머지 기술을 세부기술로 포함하여, 세부과제의 추진체계를 구성하고자 함.

표 62 외부자극 자체 발광형 노면표시 핵심 요소 기술

CTE No.	기술명(유형)
CTE 1	자체 발광형 노면표시 재료 개발
CTE 2	자체 발광형 노면표시 제품화 및 성능평가 기술 개발
CTE 3	자체 발광형 노면표시의 적용성 검증 및 실용화 기술
CTE 4	외부자극 감응형 노면표시의 성능평가 기술 개발

나. 외부자극 감응형 교통안전시설 개발

○ 외부자극 감응형 교통안전시설 개발과 관련한 총 35개의 후보과제에 대한 의견 수렴을 진행함.

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보37	반복적 가역 감온 변색 마이크로 캡슐화 기술	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보38	외부자극 감응형 변색제어 시각화 재료 기술	○	-	○	-	○	4.1	3	○
후보39	도로 기후환경 감응형 변색제어 재료 설계 및 요소기술	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보40	자극 감응형 형상 기억 폴리머 기술	○	-	-	-	-	3.5	4	-
후보41	저온환경 감응형 시각화 복합재료 제조 기술	○	-	○	-	○	4.0	4	-
후보42	마이크로 캡슐을 활용한 온도 감응성 소재 기술	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보43	가역적 내구성 개선을 위한 매트릭스 바인더 기술	○	-	○	-	○	4.8	3	○
후보44	주요 외부자극 요소 적용 도로정보 시각화 성능 평가	-	-	○	-	○	3.5	4	-
후보45	hydro-phobic_philic 기반 자극-응답 코팅 기술	-	-	○	-	○	3.2	4	-
후보46	저온자극 감응형 가역 변색제어 시각화 기술	○	-	○	-	○	4.5	3	○
후보47	고반사 특성을 가지는 미세 표면 패턴 기술	○	-	-	-	○	4.0	3	-

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보48	도로환경 적응형 고기능성 표면 제어 기술	○	-	○	-	○	4.2	5	-
후보49	외부자극 감응형 교통안전시설 성능평가 기술	○	-	○	-	○	4.1	4	○
후보50	조명식_발광식 교통안전시설 기술	○	-	-	-	○	3.7	3	-
후보51	실시간 도로 결빙 위험 교통안전시설 제품화 기술	○	-	○	-	○	4.6	3	○
후보52	저온환경 결빙노면 인지형 노면표시 제품화 기술	○	-	○	-	○	3.5	3	○
후보53	교통안전시설 유형별 시각화 설계 및 디자인 기준	○	-	-	-	○	3.0	3	○
후보54	교통안전시설 시각화 전달빈도 설계 및 설치지침	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보55	실시간 도로 결빙 위험 시각화 시공 및 유지관리 기술	○	-	○	-	○	4.0	4	○
후보56	교통안전시설의 자율주행 시스템 연계 기술	○	-	○	-	○	4.2	4	○
후보57	외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술	○	-	○	-	○	4.4	4	○
후보58	저온환경 결빙노면 인지형 노면표시의 성능평가 기술	○	-	○	-	○	4.5	3	○
후보59	실규모 기반의 적용성 평가 및 성능 검증	○	-	○	-	○	4.2	4	○
후보60	외부자극 감응형 교통안전시설 성능지표 및 성능기준	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보61	외부자극 교통안전시설 성능평가 방법 개발	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보62	도로정보 시각화 내구성 평가 기술 개발	○	-	○	-	○	4.0	4	○
후보63	주요 도로 기후환경 모사 실증 시험평가 기술	○	-	○	-	○	3.8	4	○
후보64	교통안전시설 유형별 성능지표 및 성능기준 마련	○	-	○	-	○	4.1	4	○
후보65	실시간 도로 위험 시각화 교통안전시설 전용 시공 장비 기술	○	-	○	-	○	4.2	4	○
후보66	도로 기후환경 및 교통조건을 고려한 유지관리 기술 개발	○	-	-	-	○	3.8	5	-

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보67	도로정보 시각화 재료의 현장 적용성 평가 및 시공성능 검증	○	-	○	-	○	4.0	3	○
후보68	교통안전시설 유형별 시각화 설계 기술 및 시공 기준 개발	○	-	○	-	○	3.8	3	○
후보69	도로 위험 시각화 시공기술 및 시공장비 표준화 연구	○	-	○	-	○	3.5	4	-
후보70	도로 기후환경 모사 실규모 기반의 성능 검증	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보71	외부자극 감응형 교통안전시설 실용화 기술 개발	○	-	○	-	○	3.5	3	○

○ 노면 결빙 위험의 심각성에 따라, 결빙 구간 시각화에 대한 연구 개발 중요도가 타 과제에 비해 높게 나타남. 하지만, 현재 국내 기술 수준은 여전히 lab-scale에 머무르고 있어, 이를 도로교통 산업과 융합을 위해서는 재료에 대한 세부 연구가 다양하게 요구되고 있음.

○ 감응재료에 있어서는 가역적 변색 특성과 저온 감응에 대한 기술적 요구가 가장 크게 나타남을 확인할 수 있고, 노면 적용에 대한 소재 안전성 문제를 재기하는 의견도 일부 제시됨.

○ 특히, 노면 적용뿐만 아니라 기존 교통안전시설에 적용하는 연구개발에 대한 기술수요 및 성공 가능성이 매우 높음을 확인 할 수 있음.

○ “hydro-phobic_philic 기반 자극-응답 코팅 기술”, “자극 감응형 형상 기억 폴리머 기술” 등 4 개 기술은 중요도 및 연계성이 떨어진다고 판단하여, 후보과제로 조정함.

○ 일부 실증 평가/제도화 연계 관련 기술을 포괄적으로 포함한 중복성 검토가 필요.

○ 선정된 핵심요소 기술을 자문회의를 거쳐 4개의 핵심요소기술로 통합하고, 나머지 기술을 세부기술로 포함하여, 세부과제의 추진체계를 구성하고자 함.

표 63 외부자극 감응형 교통안전시설 핵심 요소 기술

CTE No.	기술명(유형)
CTE 1	외부자극 감응형 실시간 도로정보 시각화 재료 개발
CTE 2	외부자극 감응형 교통안전시설 개발
CTE 3	교통안전시설 적용성 검증 및 실용화 기술 개발
CTE 4	외부자극 감응형 교통안전시설의 성능 평가 기술 개발

다. 외부자극 감응형 기술의 주행안전 실증 테스트 기술 개발

○ 외부자극 감응형 기술의 주행안전 실증 테스트 기술 개발과 관련한 총 21개의 후보과제에 대한 의견 수렴을 진행함.

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보72	포장형식별 노면표시 설계 및 유지관리 기술	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보73	외부자극 감응형 노면표시 장비 및 시공기술	○	-	-	-	-	3.0	4	-
후보74	외부자극 감응형 노면표시 미끄럼 저항 개선 재료 기술	○	-	-	-	○	3.7	4	-
후보75	취약구간 노면표시 고내구성 재료 기술	○	-	○	-	○	3.8	3	-
후보76	외부자극 대응형 노면표시 성능평가체계	○	-	○	-	○	4.1	3	○
후보77	도로안전 취약구간 노면표시 실검증 기술	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보78	도로네트워크 노면표시 정보 관리 체계 개발	○	-	-	-	○	4.0	4	-
후보79	노면표시 유형별 상태/성능평가체계 및 모니터링 기술	○	-	-	-	○	3.0	3	-
후보80	노면표시 취약구간 유형 및 등급체계 기술	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보81	GIS 기반 도로네트워크 노면표시 Database 및 정보관리시스템 플랫폼 설계	○	-	-	-	○	3.5	4	-
후보82	GIS기반 도로네트워크 노면표시 Database 및 정보관리시스템 실무 개발	○	-	-	-	○	3.2	4	-
후보83	노면표시 취약구간 현황평가 및 대응 매뉴얼	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보84	노면표시 취약구간의 내마모성 모델링 및 요구성능 분석	○	-	○	-	○	4.0	3	-
후보85	외부자극 노면표시의 내마모성 보강기술	○	-	○	-	○	3.7	4	-
후보86	내마모성 보강기술에 대한 설계/시공법, 시공장비 기술	○	-	-	-	○	3.0	4	-
후보87	노면표시 유형별 미끄럼 저항성 평가 및 요구성능 분석	○	-	-	-	○	3.0	4	-
후보88	외부자극 노면표시의 미끄럼저항 확보기술	○	-	-	-	-	3.7	4	-

CTE	핵심 요소 기술	C1	C2	C3	C4	C5	중요도	현재수준 (TRL)	선정
후보89	미끄럼저항 확보기술에 대한 설계/시공법, 시공장비 기술	○	-	○	-	○	3.0	5	-
후보90	실제 주행환경 모사 도로 시인성 실증 테스트 기술	○	-	○	-	○	4.1	3	○
후보91	야간시의 자체 발광형 노면표시 주행 안전성 평가	○	-	○	-	○	4.2	3	○
후보92	외부자극 감응형 도로차선 주행안전성 평가 기준(안) 개발	○	-	○	-	○	4.0	3	○

○ 1,2 세부에서 개발된 제품 및 노면의 실주행 환경시험을 통해 주행안정성을 평가하고, 이에 따른 제품의 유지관리 기술 등을 총괄하는 과제로 하여 제품 실용화를 위한 세부 필요 기술에 대한 다양한 과제들이 도출됨.

○ 특히, 취약구간 분석을 통한 제품 적용성 향상에 관한 연구의 중요성이 높은 것으로 나타났으며, 실용화를 위한 포장형식별 시공 및 유지관리 지침에 대한 연구도 중요도가 높은 것으로 나타남.

○ 일부 내마모성, 미끄럼 저항 등의 성능 고도화 부분은 자체발광형 노면표시 과제와 중복성 검토가 필요하다는 의견이 제시되어 통합 반영함.

○ 선정된 핵심요소 기술을 추가 전문가 자문회의를 거쳐 4개의 핵심요소기술로 통합하고, 나머지 기술을 세부기술로 포함하여, 세부과제의 추진체계를 구성하고자 함.

표 64 실증 테스트 관련 세부 핵심 요소 기술

CTE No.	기술명(유형)
CTE 1	외부자극 감응 노면표시 성능 고도화 기술 개발
CTE 2	실제 주행환경 모사 시인성 실증 테스트 기술 개발
CTE 3	도로환경 모사 주행안전성 개선 기술 개발
CTE 4	외부자극 감응형 제품의 성능지표 및 성능 기준 개발

3. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

□ 상기 과정에서 각 세부별 핵심 요소 기술을 기준으로 하여 실용화를 위한 연차별 TRL 목표를 다음과 같이 설정함

연구과제명	외부자극 감응형 자체 발광 노면표시 기술	유형	재료.자재/공법.기법

프레임워크	선행단계	시제품 제작 및 시연	현장적용	제품화 /실용화

마일스톤		현재 TRL	마일스톤 TRL			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
미일스톤 일정		2018	2019	2020	2021	2022
CTE No.	기술명(유형)					
CTE 1	외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발	3	3	3	5	7
CTE 2	자체 발광형 노면표시 제품화 기술 개발	3	3	3	5	7
CTE 3	자체 발광형 노면표시의 적용성 검증 및 실용화 기술	3	3	3	5	6
CTE 4	자체 발광형 노면표시의 성능평가 기술 개발	3	2	3	5	6
CTE 5	주행환경 모사 실규모 도로 시인성 평가 기술 개발	3	4	5	6	7
CTE 6	자체 발광형 노면표시의 실증 테스트 기술 개발	3	4	5	6	7
CTE 7	자체 발광형 노면표시의 설치·관리 매뉴얼(안) 보완	3	4	5	6	7

연구과제명	외부자극 감응형 실시간 도로 위험 시각화 기술	유형	재료.자재/공법.기법

프레임워크	선행단계	시제품 제작 및 시연	현장적용	제품화 /실용화

마일스톤		현재 TRL	마일스톤 TRL			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
미일스톤 일정		2018	2019	2020	2021	2022
CTE No.	기술명(유형)					
CTE 1	외부자극 감응형 실시간 도로정보 시각화 재료 개발	2	3	4	5	6
CTE 2	외부자극 감응형 교통안전시설 제품화 기술 개발	2	3	4	5	6
CTE 3	교통안전시설 적용성 검증 및 실용화 기술 개발	2	3	4	5	6
CTE 4	외부자극 감응형 교통안전시설의 성능 평가 기술 개발	3	4	5	6	7
CTE 5	실규모 기후환경 모사 인지성능 평가 기술 개발	3	4	5	5	7
CTE 6	외부자극 감응형 교통안전시설의 설치·관리 매뉴얼(안) 보완	3	4	5	5	7

4절 연구개발과제 구성

1. 연구개발과제 도출

□ 미래니즈 및 기술개발 동향, 국내/외 동향 및 환경 분석, 전문가 그룹의 기술자문을 구해 연구개발 후보기술을 선정하고 도출한 기술개발 연구 추진방향을 기반으로 외부자극 감응 재료, 시공 장비, 성능평가 및 실증화 기술에 대해 최종적으로 자문위원과 기획연구진 회의 및 워크숍을 통해 최종 연구개발과제를 도출함.

□ 최종적으로 도출한 총 2개 세부의 연구개발과제는 연구개발 목표인 외부자극 감응형 재료를 활용한 조명 없는 구간에서 도로 정보를 운전자에게 전달, 도로결빙 구간 노면상태를 시각화하기 위한『외부자극 감응형 스마트 소재 응용기술』 및 『제품 실용화 및 주행 안전성 확보 기술』로 연구개발과제를 구분함.

그림 121 연구개발과제 도출과정

□ 기획연구 제안 당시 도출된 주요 기획연구 내용은 Material(외부자극 감응 재료) 개발, Application(제품, 응용기술) 개발, Product(설계, 시공, 유지관리) 개발, Test Bed (성능평가, 실증 테스트, 실용화) 개발 및 사업화 추진으로 구성되어있음.

표 65 주요 기획연구 목표 및 구성내용

기획연구 목표	주요 기획연구 구성내용
Materials (외부자극 감응 재료) 개발	· 광자극 감응형 발광체 재료 개발(잔광시간, 휘도, 파장제어, 비드화 등)
	· 도로 노면표시 적용을 위한 발광효율 극대화 바인더 개발
	· 저온감응 설계 및 가역적 변색 기능을 갖는 시각화 재료 개발
	· 교통안전시설용 저온감응 재료의 고시인성 기술 개발
	· 외부자극 감응형 재료의 성능 최적화 기술 개발
Product (제품, 응용기술) 개발	· 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광 노면표시 개발
	· 야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 개발
	· 교통약자 보행환경 개선용 자체 발광형 보행로 개발
	· 실시간 도로결빙 위험 시각화 교통안전시설 제품화 기술 개발
	· 저온환경 결빙노면 인지형 노면 보조표시 제품화 기술 개발
Application (성능평가, 설계, 시공, 유지관리) 개발	· 자체 발광형 노면표시의 성능평가 방법 개발
	· 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 방법 개발
	· 자체 발광형 노면표시 설계, 시공, 유지관리 기술 개발
	· 실시간 도로 결빙 위험 시각화 설계, 시공 및 유지관리 기술
	· 도로 기능 개선을 위한 현장 적용성 평가 및 시공성 검증
Test Bed (실증 테스트, 실용화) 개발	· 자체 발광 노면표시의 운전자 인지반응 성능 검증 기술
	· 외부자극 감응형 교통안전시설 조합 시스템 성능 평가 기술
	· 자체 발광형 노면표시의 자율주행 시스템 연계 기술 개발
	· 외부자극 감응형 제품의 내구성·신뢰성 평가 기술
	· 교통안전시설의 도로 환경조건 모사 실규모 시험평가 기술 개발
	· 자체 발광형 노면표시의 실증 테스트 및 주행안전성 검증

2. 후보 연구개발과제 구성

○ 앞서 제시된 비전과 연구목표를 이용하여 주요 기획연구 내용은 Material(재료 및 소재 등), Product(제품, 응용기술), Application(설계, 시공, 유지관리), Market Platform(조달, 오픈마켓, 법/제도 등) 및 Test-bed 추진으로 92개의 후보기술과 13개의 핵심요소기술(CTE)을 기반으로 후보 연구개발과제를 구성하였음.

표 66 예상되는 연구개발과제 구성

후보 연구과제명		후보 연구과제 내용
1세부 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발	1	· 외부자극에 감응하는 자체 발광형 노면표시 재료 개발
		· 자체 발광형 노면표시 제품화 및 성능 최적화
	2	· 자체 발광형 노면표시 제품의 성능평가 기술 개발
		· 자체 발광형 도로차선의 자율주행 시스템 연계 기술 개발
		· 자체 발광형 노면표시의 내구성 개선 기술 개발
	3	· 자체 발광형 노면표시 시스템의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발
		· 도로환경 모사 실규모 도로 시인성 평가 기법 개발
	4	· 자체 발광형 노면표시의 실증 테스트 및 주행안전성 기술 개발
		· 자체 발광형 노면표시의 설치·관리 매뉴얼(안) 보완
2세부 외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 기술 개발	1	· 외부자극 감응형 실시간 도로정보 시각화 재료 개발
		· 실시간 도로결빙 위험 시각화 교통안전시설 제품 개발
		· 저온환경 결빙노면 인지형 노면 보조표지 제품 개발
	2	· 실시간 도로결빙 위험 시각화 설계, 시공 및 유지관리 기술
		· 외부자극 감응형 교통안전시설 적용성 검증 및 실용화 기술
	3	· 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발
		· 주요 외부자극 요소 적용 도로정보 시각화 성능평가 기법 개발
	4	· 실규모 기후환경 모사 인지성능 평가 기술 개발
		· 외부자극 감응형 교통안전시설의 설치·관리 매뉴얼(안) 보완

5절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 연구목표 및 주요내용

□ 외부자극 감응재료를 활용한 도로 교통안전분야의 기술격차 최소화 또는 기술선도를 위한 핵심적인 중점추진분야를 다음과 같이 2개 분야로 설정하였음.

- 세부과제 1 : 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 실증 테스트 기술
- 세부과제 2 : 외부자극 감응형 교통안전시설 개발 및 실환경 성능검증 기술

가. 세부과제 1

□ 주요내용

과제명	외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 실증 테스트 기술
배경 및 필요성	• 도로교통안전시설의 야간 도로 시인성에 대한 기술수준 및 한계성을 개선하여 사고 없는 안전한 교통 환경 조성을 위한 새로운 성능개념의 노면표시에 대한 기술 개발이 필요한 실정임. - 조명이 없는 구간에서 안전한 주행환경을 구현하기 위한 무전원 방식의 교통안전시설 기술도입이 시급한 실정 • 최근 도로교통 기술 분야에서 다양한 형태의 에너지를 흡수하여 특정파장대의 빛을 발광하는 실시간 시각화 개념의 첨단기술 수요 증가. - 급격히 변화하는 첨단 국토교통기술에서 도로 시인성과 주행 안전성에 대한 핵심 요소기술 개발 및 확보 전략이 미흡한 상태임 • 기존 축광도료의 노면표시 개념을 확장한 광자극 감응 융합기술을 통하여 야간 시인성 개선을 위한 연구개발이 필요하며, 이를 통해 기존 노면표시 기술의 한계점 극복. * 초기 설치비와 유지관리비를 고려한 고효율/고내구성에 대한 보급화 기술 개발이 필요. • 연속적 도로정보를 운전자에게 제공하여 빠르고 안전한 주행환경 구현 - 자체 발광차선은 가로등과 같은 조명시설에 대한 에너지 절감 효과를 창출할 것으로 기대, 안전한 주행여건을 제공하는 지속가능한 교통안전 기술임.
세부 목표	• 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발 • 자체 발광형 노면표시 기술 제품 개발 및 실용화 개발 • 자체 발광형 노면표시 성능평가 및 주행안전 실증 테스트 기술 개발
주요 내용	• 광자극 감응 재료 활용 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발 - 광자극 감응형 발광체의 조성물 설계 및 요소기술 개발 - 도로 노면표시 적용을 위한 고내구성 바인더 제조 기술 개발 - 조명 없는 구간에 적용 가능한 노면표시 제품화 기술 개발 • 자체 발광형 노면표시의 적용성 검증 및 실용화 기술 - 자체 발광형 노면표시의 내구성 개선 기술 개발 - 자체 발광형 노면표시의 경제성 평가를 통한 도로 적용 세분화 및 실용화 기술 - 외부자극 감응형 도로차선의 자율주행 시스템 연계 기술 개발 • 외부자극 감응형 자체 발광 노면표시의 성능평가 및 실용화 기술 개발 - 자체 발광형 노면표시의 성능평가 기술 개발 - 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지성능 향상 기술 개발 • 자체 발광형 노면표시의 주행안전 실증 테스트 기술 개발

□ 세부별 연구목표

세부 과제명	세세부 과제명	세부별 주요 연구 내용
세부목표	외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트 기술	
1세부 : 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발	1-1 세부과제	외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발
	구성기술1	· 광자극 감응형 발광체 설계 및 요소기술 개발
	구성기술2	· 기존 가격 20% 이상 절감한 발광체 제조 및 성능 개선 기술 개발
	구성기술3	· 광자극 감응형 발광체의 마이크로 비드 기술 개발
	구성기술4	· 도로 노면표시 적용을 위한 발광효율 극대화 바인더 개발
	1-2 세부과제	광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발
	구성기술1	· 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광형 노면표시 제품화 기술 개발
	구성기술2	· 야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 제품화 기술 개발
	구성기술3	· 교통약자 보행환경 개선용 자체 발광형 보행로 제품화 기술 개발
	구성기술4	· 자체 발광형 노면표시 제품의 정량적 성능평가 기술 개발
	구성기술5	· 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능기준(안) 개발
	1-3 세부과제	자체 발광형 노면표시의 운전자 인지성능 향상 기술 개발
	구성기술1	· 취약구간의 주행안전성 개선을 위한 자체 발광형 노면표시 조합 시스템 개발
	구성기술2	· 도로조명 및 교통조건을 연계한 자체 발광형 노면표시 실용화 기술 개발
	구성기술3	· 자체 발광형 노면표시의 자율주행 차선인식 시스템 연계 기술 및 성능검증
	구성기술4	· 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발
	구성기술5	· 자체 발광형 노면표시 시스템의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립
	1-4 세부과제	자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트 기술 개발
	구성기술1	· 자체 발광형 노면표시의 도로 시인성 실증 테스트 기술 개발
	구성기술2	· 주요 도로구간의 야간 도로 시인성 시험평가 기법 개발
	구성기술3	· 실도로 기반의 노면표시 동적 시인성 실증 테스트
	구성기술4	· 도로조건을 고려한 주행안전성 실증 테스트 기술 개발
	구성기술5	· 외부자극 감응형 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼(안) 보완

나. 세부과제 2

▢ 주요내용

과제명	외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 개발 및 실환경 성능검증 기술
배경 및 필요성	• 안전한 도로교통 환경 조성을 위한 4차 산업 혁명 및 첨단소재 개발 확대에 따른 미래형 도로산업 투자가 활성화 되고 있으며, 이를 위해 스마트 소재를 활용한 지능형 도로에 대한 기술수요가 급증하고 있음. • 최근 전 세계적으로 급부상하고 있는 스마트 소재 관련 원천기술을 선점하기 위한 원천소재부터 독자적 응용제품에 이르기까지 전주기적 연구개발 지원 및 기반구축에 대한 적극적 지원이 필요함. • 4차 산업혁명으로 외부자극 감응형 스마트 소재 기술의 산업 활용이 급격히 증가할 것으로 예상됨. 2016년 1000 조원 규모에서 연간 22 % 성장을 통해, 2022년 3000조원 규모의 초대형 시장을 형성하고 있어, 도로교통 관련분야의 새로운 패러다임 전환이 예측됨. (Mordor Intelligence report, 2016) - Frost&Sullivan 보고에 의하면 스마트 소재시장 연평균성장률(CAGR)은 12.8%로 2011년 220억 달러에서 2016년에는 400억 달러에 이를 것으로 전망됨. • 스마트소재 원천기술의 확보는 4차 산업혁명에 대응하는 미래성장동력으로 국토교통부에서도 소재분야 R&D 지원 지속적인 연구개발이 필요한 상황. • 외부자극_응답 소재의 교통안전 응용 기술은 세계적으로 기술 초기단계로 현재 일부 선진국을 중심으로 연구가 진행되는 있어 효율적인 연구개발을 통한 초기 시장 진입으로 세계시장 선도가 가능할 것으로 판단됨. - 도로 기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 색상이나 투명도 변화 등의 특성을 활용하여 도로 정보 시각화 기술에 적용하는 사례가 증가함에 따라 새로운 응용에 대한 기술개발이 확대되는 추세
세부 목표	• 외부자극 감응형 변색제어 시각화 재료 개발 • 실시간 도로 정보 시각화 교통안전시설의 제품화 기술 개발 • 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 및 실환경 실용화 기술
주요 내용	• 외부자극 감응형 변색제어 교통안전시설용 시각화 재료 개발 - 외부 환경 감응형 변색제어 시각화 재료 개발 - 저온자극 감응형 가역 변색/고시인성 개선 복합화 기술 개발 - 교통안전시설용 시각화 재료의 성능 최적화 기술 개발 • 실시간 도로 정보 시각화 교통안전시설 제품화 개발 - 저온환경 감응형 교통안전시설 기술 개발 - 교통안전시설 유형별 시각화 설계 및 디자인 기준(안) 개발 - 교통안전시설 시각화 전달빈도 설계 및 설치지침(안) 개발 - 실시간 도로 결빙 위험 시각화 시공 및 유지관리 기술 • 주요 외부자극 요소 적용 도로정보 시각화 성능평가 및 실용화 기술 - 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발 - 도로 환경조건 모사 실규모 시험평가 및 실용화 기술 개발

□ 세부별 연구목표

세부 과제명	세세부 과제명	주요 연구 내용
최종목표	도로 노면결빙 상태를 실시간 예측 가능한 교통안전시설 개발	
2세부 : 외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 개발	2-1 세부과제	외부자극 감응형 가역적 변색제어 시각화 재료 개발
	구성기술1	· 저온자극 감응형 시각화 재료 설계 및 요소기술 개발
	구성기술2	· 가역적 변색제어 시각화 재료의 저비용 제조 기술 개발
	구성기술3	· 저온자극 감응형 가역 변색/고시인성 개선 복합화 기술 개발
	구성기술4	· 저온자극 감응형 시각화 재료의 성능 최적화 기술 개발
	2-2 세부과제	외부자극 감응형 교통안전시설 제품 기술 개발
	구성기술1	· 실시간 도로결빙 위험 시각화 교통안전시설의 제품 기술 개발
	구성기술2	· 저온환경 결빙노면 인지형 노면 보조표지 제품 기술 개발
	구성기술3	· 교통안전시설 시각화 구조 설계 및 인지 디자인 기술 개발
	구성기술4	· 교통안전시설 시각화 유형 및 전달빈도 설계 기술 개발
	구성기술5	· 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안) 정립
	2-3 세부과제	외부자극 감응형 교통안전시설의 인지성능 개선 기술 개발
	구성기술1	· 도로 결빙위험 구간의 교통안전시설 조합 시스템 개발
	구성기술2	· 결빙구간에서 교통안전시설 조합 시스템의 적용 세분화 기술
	구성기술3	· 교통안전시설의 인지반응 성능평가 기술 개발
	구성기술4	· 교통안전시설 조합 시스템 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립
	2-4 세부과제	외부자극 감응형 교통안전시설 실환경 성능검증 기술
	구성기술1	· 겨울철 도로 기후환경 모사 실환경/실규모 성능검증 기술 개발
	구성기술2	· 저온자극 감응형 교통안전시설의 실증 테스트 기술
	구성기술3	· 외부자극 감응형 교통안전시설 설치·관리 매뉴얼(안) 보완

2. 예상되는 핵심성과 및 목표 수준

□ 개발 대상 구성기술의 성능지표와 함께 연구개발에 대한 성과측정을 위한 핵심성과지표를 도출하고, 각 핵심성과지표별 성과달성 목표가 되는 성능수준을 다음과 같이 정의함.

구분	구성기술	성과물	성과지표
1세부 : 외부자극 감응 자체 발광 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트 기술	· 외부자극 감응형 자체 발광체 기술	특허, 시제품	광자극 자체 발광체
	· 도로 노면표시용 고내구성 바인더 기술	특허, 시제품	고투명 바인더
	· 자체 발광 노면표시 제품화 기술	특허, 시제품	자체 발광 노면표시
	· 도로 시인성 성능평가 기술	성능평가 규격	성능평가 기술서
	· 도로 차선의 자율주행 시스템 연계 기술	성능평가 규격	성능평가 기술서
	· 노면표시 취약구간 주행안전 대응 기술	시제품	성능평가 기술서
	· 자체 발광형 노면표시 실증 테스트	성능평가 규격	성능평가 기술서
	· 도로차선의 동적 시인성 평가 기술	평가 기술서	실증평가 보고서
	· 외부자극 감응형 제품의 설치·관리 매뉴얼(안)	설치/운영 규격	표준시방서
2세부 : 외부자극 감응형 교통안전시설 개발 및 실환경 성능검증 기술	· 외부자극 감응형 시각화 재료 기술	특허, 시제품	변색제어 시각화 소재
	· 저온 변색 및 고시인성 재료 기술	특허, 시제품	고시인성 시각화 소재
	· 저온자극 감응형 교통안전시설 기술	특허, 시제품	교통안전시설
	· 저온자극 감응형 보조표지 기술	특허, 시제품	교통안전시설
	· 외부자극 감응형 교통안전시설 실용화 기술	실용화 기술서	실용화 보고서
	· 교통안전시설 설계 및 설치 지침	특허, 시제품	설치 메뉴얼
	· 도로 정보 시각화 성능평가 기술	성능평가	성능평가 기술서
	· 실규모 기후환경 모사 인지성능 평가 기술	성능평가	성능평가 기술서

□ 개발 대상 구성기술의 성능지표와 함께 연구개발에 대한 성과측정을 위한 핵심성과지표를 도출하고, 각 성과달성 목표가 되는 성능수준을 다음과 같이 정의함.

구분	구성기술	성과지표	세부 요구 성능
1세부 : 외부자극 감응 자체 발광 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트 기술	· 외부자극 감응형 자체 발광체 개발[1]	자체 발광체 시제품	휘도 : 600 mcd/㎡ 이상(초기), 잔광시간 : 6시간 이상, 흡수파장 300~600nm/발광파장 400~800nm
	· 도로 노면표시용 고내구성 바인더 기술	고투명 바인더	광투과율 90% 이상, 마모감량 100㎎ 이하
	· 자체 발광체 마이크로 비드 기술[2]	축광 비드	입자 사이즈 400㎛ 이상, 발광체 함량 50% 이상
	· 자체 발광 노면표시 개발	자체 발광 노면표시	휘도 15.7 mcd/㎡ 이상(잔광 3시간 기준), 마모감량 500㎎ 이하
	· 자전거 도로용 발광 코팅재 개발	시제품	잔광시간 3시간 이상, 미끄럼저항 BPN 40 이상
	· 자체 발광형 보행로 개발	시제품	잔광시간 3시간 이상, 미끄럼저항 BPN 40 이상
	· 도로 시인성 성능평가 기술	성능평가 기술서	자체 발광형 노면표시 시험방법, 성능기준(안)
	· 자체 발광형 노면표시 설계 및 설치 지침	설치 메뉴얼	노면표시 시공지침서 1건 이상
	· 노면표시 취약구간 분석 기술	평가 보고서	노면표시 취약구간 분석 등급 체계(안)
	· 자체 발광형 노면표시 실증 테스트	성능평가 기술서	표준 암실환경 시인성 평가서
	· 도로조건 모사 주행안전성 실증 테스트	실용화 보고서	실주행 주행안정성 평가 시스템
2세부 : 외부자극 감응형 교통안전시설 개발 및 실환경 성능검증 기술	· 외부자극 감응형 시각화 재료 기술	변색제어 시각화 소재	응답속도 5분 이내, 감응온도 4 ℃ 이하
	· 저온자극 감응형 교통안전시설 기술	교통안전시설	응답속도 5분 이내, 감응온도 4 ℃ 이하
	· 결빙노면 인지형 노면 보조표시 기술	결빙감지 노면표시 제품	응답속도 5분 이내, 감응온도 4 ℃ 이하
	· 교통안전시설 설계 및 설치 지침	설치 메뉴얼	교통안전시설 시공 지침서 1건 이상
	· 도로 정보 시각화 성능평가 기술	성능평가 기술서	교통안전 유형별 성능기준(안)
	· 교통안전시설 실환경 테스트	성능평가 기술서	도로기후환경(-10~60℃), 실규모(20m×20m 이상) 성능 평가서

* [1] : 축광표지의 성능인증 및 제품검사의 기술기준(소방청고시 제2017-1호)을 참조하여 운전자 관찰각에 대한 통상 거리 30m를 기준 휘도로 산정함.

* [2] : 노면표시용 글라스비드 품질기준(KS L 2521)을 반영하여 1,2호 기준인 30㎛~600㎛ 범위에 해당되는 400㎛ 이상을 자체 발광체 마이크로 비드 입자 사이즈로 산정함.

3. 세부과제별 추진 전략

가. 중점추진분야는 다음과 같이 2개 분야로 설정하였음.

- 중점추진분야 1 : 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트
- 중점추진분야 2 : 외부자극 감응형 교통안전시설 개발 및 실환경 성능검증

□ 미래 도로교통 안전시설물 시장을 선도할 수 있는 기술개발 우선 추진

- 국내외 도로교통안전의 시급성과 중요도를 고려하여 미래시장을 타깃으로 하는 기술개발을 우선 추진
- 실제 시장에서 요구하는 다기능_고성능 제품을 기반으로 하여 기술적 차별성을 확보
- 적극적인 기술개발과 연구성과를 활용하여 교통안전 고도화를 위한 기반 만련

□ 기존 국내외 선행연구 성과를 분석하여 중복성을 피하고 전문성 및 완성도 강화

- 연구 내용의 성격에 따라 추진체계 및 전략을 수립하고 필요 연구역량 분석
- 산학연 협동연구, 국제공동연구 등 역량강화 및 결집방안 마련
- 기존 연구단 및 타 분야 연구와의 연계를 통한 기술교류 및 협력체계 구축

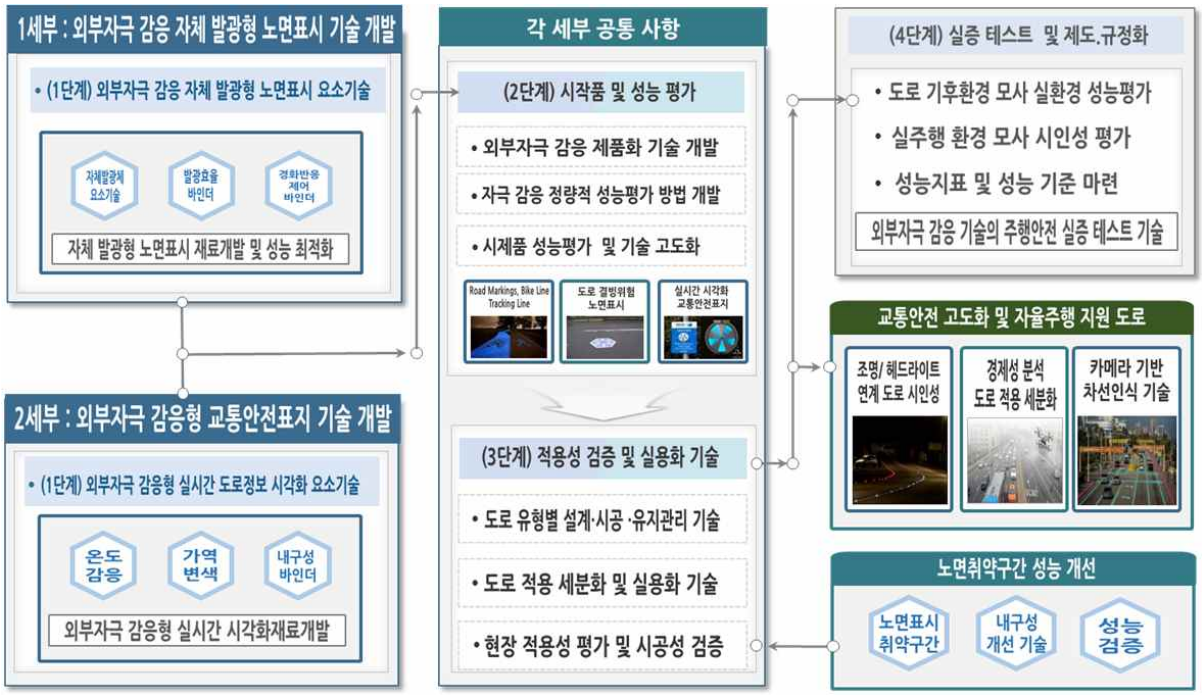
□ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진

- 국내 관련 인프라, 정부출연 연구기관에서 보유하고 있는 외부자극 재료 원천기술 및 연구장비 인프라의 활용을 유도함으로써, 기술개발과 연구장비에 대한 중복투자 방지 및 기존 국책사업을 통해 구축된 인프라 활용도를 높이는 방향으로 연구 추진

그림 122 세부과제 추진전략

6절 세부과제 간 연계관계

1. 과제 체계구성



○ 본 기획과제는 외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선을 위한 기술로서 다양한 도로 기후환경에 감응할 수 있는 스마트 소재 기술을 활용하여 실시간 도로 위험 정보 시각화, 야간 도로 시인성 개선을 통해 국민 교통안전성을 확보할 수 있는 기술 개발을 목표로 하고 있음.

○ 외부자극 감응 재료와 관련된 연구 및 인프라가 매우 부족한 국내 시장에 맞춰 다양한 자극_감응 원천소재 및 제조 기술 개발, 외부자극 감응 재료의 도로교통표지 적용을 위한 교통안전시설 제품화 및 실용화 기술, 주요 외부자극요소(햇빛, 온도, 습도, 강우 등)를 적용한 정량적 성능평가 기술을 정립하고자 함.

○ 특히 겨울철 도로 결빙현상에 대해 자극_감응 성능으로 블랙아이스 및 미끄럼 발생 위험구간을 실시간 시각화할 수 있는 기술 개발, 외부 전력공급 없는 구간에서 야간 도로 시인성 개선 기술 개발, 도로 정보 시각화 시공 기술 개발을 포함하고 있으며, 최종적으로 실제 도로 환경조건을 고려한 도로 시인성 평가 및 실시간 시각화 재현성 검증, 실규모_실증 테스트 및 실용화를 위한 적용기술 개발을 마련하고자 함.

○ 따라서 본 연구에서는 교통사고 발생률을 낮추는데 가시적 성과를 나타내고 있는 도로 시인성 개선 및 도로 위험 정보 시각화 구현을 위한 교통안전시설 개발과 관련하여 외부자극 감응 원천소재, 제조, 성능 복합화, 적용방법, 평가방법의 전반적인 연구를 체계적으로 수행하기 위해 각 연구들은 매우 밀접하게 연결되어 있음.

7절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 총괄로드맵

연구단 목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	비고
[세부과제 1] 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발	외부 자극 자체 발광 소재 기술 개발		소재 복합화 기술 개발	공정 최적화	
	시인성 개선 기술	광 감응 소재 제품화 기술 개발		설계 시공 기준 개발	
	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시		발광형 차선 적용성 검증	실용화 기술 개발	
	성능평가 방법 개발		발광형 노면표시 종합 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
	노면표시 취약구간 분석		성능고도화 기술	유지 관리 기술 개발	
[세부과제 2] 도로정보 시각화 외부자극 감응 교통안전시설 기술 개발	자극 감응형 시각화 소재 기술 개발		소재 복합화 기술	성능 최적화	
	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시	교통안전표지 제품화 기술 개발		공정 최적화	
	교통 안전시설 조합 시스템 개발		기후환경 시각화 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
	도로정보 인지성능 극대화 기술		도로환경모사를 통한 주행안전성 평가 기술	관리 지침 및 매뉴얼	
연차별 목표성과물	외부자극 감응형 소재 기술	도로 적용 재료 기술	스마트 재료 활용 시제품 및 시공기술	도로 적용 시방서 및 표준	

2. 1세부

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	비고
외부자극 감응 자체 발광형 노면표지 재료 개발	외부 자극 자체 발광 소재 기술 개발		소재 복합화 기술 개발	공정 최적화	
	광감응형 발광 조성물 설계 및 요소기술		도료화를 위한 소재 복합화 기술		
	외부자극 감응형 발광체 제조 기술		공정개선을 통한 원가절감 기술 개발		
	노면 표지 적용을 위한 발광효율 극대화 바인더 기술				
외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발	노면표시 시인성 개선 기술	광 감응 소재 제품화 기술 개발		설계 시공 기준 개발	
		도료화를 위한 소재 복합화 기술		자전거 도로용 복합 발광형 제품 기술	
			교통약자 보행환경 개선용 보행로 제품화 기술		
	자체 발광형 표면 패터닝 기술 개발		발광형 제품 시공기술 개발	시공 기준(안) 개발	
자체 발광형 노면표시 인지성능 향상 기술 개발	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시		발광형 차선 적용성 검증	실용화 기술 개발	
	조명 없는 구간 도로적용 세분화	비전력 구간 운전자 시선 유도 기술		도로조명 및 교통 조건을 고려한 유지관리 기술	
	노면취약 구간 성능지표 및 평가방법 연구		경제성 평가를 통한 세부 적용 구간 및 적용 방법 연구		
		자율주행 차선 인식 시스템 연계 기술		자율주행 연계 동적 시인성 최적화 기술	
자체 발광형 노면표시 주행안전성 실증 테스트	성능평가 방법 개발		발광형 노면표시 종합 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
		외부자극 자체 발광형 노면표시 성능 평가 기술		도로 기후환경 모사 시험평가 및 실용화 기술 개발	
			외부자극 발광형 노면 표지 성능지표 및 기준		
	실제 도로환경 모사 주행안전성 모의 평가 시스템 연구		취약구간 모사 주행안전 실증 테스트		
연차별 목표성과물	조명 없는 구간 적용 발광형 재료 기술	자체 발광형 노면표지 시제품	시공 장비 및 시방서	도로 적용성 평가보고	

3. 2세부

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	비고
외부자극 감응형 변색제어 시각화 재료 개발	자극 감응형 시각화 소재 기술 개발		소재 복합화 기술	성능 최적화	
	도로 기후환경 자극-감응 시각화 재료 설계 및 요소 기술	도로환경 응답 시각화 재료의 성능 최적화 기술			
	도로 온도 감응형 가역변색/고반사 시각화 재료 기술				
		시각화 재료 복합화 및 가역변화 제어	교통안전시설용 시각화 재료 성능 최적화 기술		
외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 제품 개발	도로 적용 세분화 및 시공기준 제시	교통안전표지 제품화 기술 개발		공정 최적화	
	교통안전표지 유형별 시각화 설계 기술 및 적용 기준		유형별 시각화 설계 기술 및 시공 기준	전달빈도 설계 및 시공 기준(안)	
		가역적 변색제어 저비용 박막화 공정 기술 개발	교통안전표지 연속 제조 기술		
		시각화 전달빈도 설계 기술	시각화 구조 설계 및 디자인 기준(안)		
		결빙 위험 시각화 교통안전표지 제품화 기술	현장 적용성 평가 및 시공성 검증		
외부자극 감응형 교통안전시설 조합 시스템 기술 개발 및 성능검증	성능평가 방법 개발		기후환경 시각화 실증 평가	성능지표 및 실용화 기준 개발	
	결빙구간 인지성능 개선을 위한 조합 시스템		조합 시스템 인지성능 평가 기술		
		조합 시스템의 적용 세분화 기술	기후환경 모사 도로 정보 시각화 실증 시험평가 및 실용화 기술		
			교통안전표지 유형별 성능지표 및 기준 마련		
연차별 목표성과물	시각화 재료 원천 기술	도로 적용 시각화 재료 기술	시각화 재료 활용 시제품	도로적용성 평가보고	

8절 성과의 활용방안

1. 성과의 활용방안

가. 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트 기술

핵심성과	중점추진분야	주요성과물	
		성과지표	기술수요처
기술 성과	광자극 감응형 발광체의 조성물 설계	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
	발광효율 극대화 바인더 개발	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
	자체 발광형 노면표시용 도료 제조 기술 개발	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
	조명 없는 구간에 적용 가능한 동시 발광 노면표시 개발	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
		시제품 출시	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사, 도로유지관리업체
	야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 개발	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
		시제품 출시	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사, 도로유지관리업체
	교통약자 보행환경 개선용 자체 발광형 보행로 개발	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
		시제품 출시	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사, 도로유지관리업체
	노면표시 취약구간 대응 주행안전 기술 개발	시공지침, 지적재산권	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사, 도로유지관리업체
	자체 발광형 노면표시 성능평가 방법 개발	실증평가 인프라	연구소, 기업체, 경찰청, 국토교통부
	도로 기후환경 모사 노면표시 성능평가 및 지표 개발	평가기준, 설치/운영 규격, 매뉴얼(지침)	연구소, 기업체, 경찰청, 국토교통부
	외부자극 감응형 주행안전 실증 테스트 기술 개발	논문, 평가인프라	학교, 연구소, 기업체 등
		성능평가지침, 설치 및 운영지침	경찰청, 국토교통부, 지자체, 엔지니어링사, 도로유지관리업체

주요성과	실용화 방안
• 야간 도로 시인성과 교통약자의 보행 환경 개선을 위한 자체 발광형 노면 표시 개발 및 실용화 기술 개발	• 적용처 요구성능 충족을 위한 발광체 설계 및 적용성 확립 • 고효율, 고내구성 바인더 기술을 통해 세계 수준의 기술력 및 가격 경쟁력 확보 • 조명 없는 도로 구간에 적용함으로써 에너지 절감/법, 제도 부분도입 권유 • 성능평가체계 개발 및 중장기 성능검증을 통한 기술의 완성도와 안정성 확보 • 실 수요처(국토부, 경찰청, 이용자) 기반, 시장이 필요로 하는 기술 개발을 통한 기술 상용화 추진

나. 외부자극 감응형 교통안전시설 개발 및 실환경 성능검증 기술 개발

핵심성과	중점추진분야	주요성과물	
		성과지표	기술수요처
기술 성과	저온자극 감응형 가역 변색제어 시각화 재료	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
		시제품 출시	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사
	실시간 도로 결빙 위험 시각화 교통안전시설 기술 개발	논문, 지적재산권	학교, 연구소, 기업체 등
		시제품 출시	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사
	저온환경 결빙노면 인지형 노면 보조표시 기술 개발	논문, 지적재산권	연구소, 기업체 등
		시제품 출시	국토교통부, 지자체, 엔지니어링사
	외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발	지적재산권	연구소, 기업체 등
		시제품 출시	엔지니어링사, 도로 유지관리업체
	저온환경 결빙노면 인지형 노면표시의 성능평가 기술 개발	성능평가 규격, 기술서	연구소, 기업체, 경찰청, 국토교통부
	교통안전시설 조합 시스템의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발	성능평가 규격, 기술서	연구소, 기업체, 경찰청, 국토교통부
	도로 기후환경 모사 실규모 기반의 적용성 평가	실증평가 인프라	연구소, 기업체, 경찰청, 국토교통부
	외부자극 감응형 교통안전시설 성능지표 개발	평가기준, 설치/운영 규격, 매뉴얼(지침)	연구소, 기업체, 경찰청, 국토교통부

주요성과	실용화 방안
• 맞춤형 도로 결빙온도에서 변색제어가 가능하고 반사성능을 동시에 가지는 시각화 재료 개발 및 교통안전시설 제조기술 개발	• 원천소재 제조기술 확립으로 가격경쟁력 확보 • 국내·외 외부자극 감응 재료 적용성 확대 및 생산 유도 • 미래형 교통안전시설물 관련 기술의 제조 산업군 전 분야 시장 확보 • 실 수요처(국토부, 경찰청, 이용자) 기반, 시장이 필요로 하는 기술 개발을 통한 기술 상용화 추진

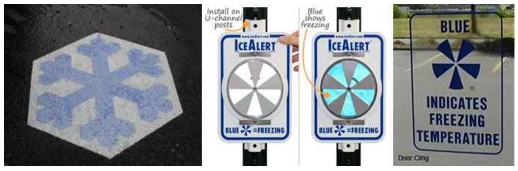
제4장 사전타당성 검토

1절 논리모형(As is/To be Model)

○ 2017년 12월 노면표시를 활용한 안전대책으로「노면색깔 유도선」에 관한 지침 마련하여 선진적 도로운영 기반 마련 평가됨.

○ 외부자극 감응 재료를 활용하여 도로의 연속적인 정보를 운전자에게 제공하여 빠르고 안전한 주행환경을 구현할 수 있음.

- 실시간 도로 상태를 시각화하여 사고위험 방지와 야간이나 취약구간에서 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행여건을 제공.
- 자체 발광차선은 조명이 없는 구간에서 야간 주행 안전성을 확보할 수 있는 지속 가능한 대안으로 가로등과 같은 조명 에너지 절감 효과를 기대할 수 있음.

As is	To be
도로 위험 시각화 : 수동적 대응, 도로환경 미반영 	도로 위험 시각화 : 능동적 대응, 도로환경 반영 
조명 없는 구간 차로 인식 : 시인성 문제 (전조등 조사 거리 한계, 차로 시인성 저하) 	조명 없는 구간 차로 인식 : 야간 시인성 (지속적인 야간 시인성, 도로 기능 개선)
취약구간 주행안전성 : 운전자 인지성능 취약 	취약구간 주행안전성 : 연속 선형 인지 향상
자율차 차로 인식 : 차로 인식 어려움 	자율차 차로 인식 : 최적 차로 인식 차선

2절 정책적 타당성(분석방법, 법적 근거)

1. 국가 전략적 중요성

가. 사업추진의 시급성

□ 동 연구단 개발기술은 '2030년 온실가스 국가감축 목표 37%'를 효율적으로 달성하고 관련 투자 효율성 제고에 중점을 두어 융합기술 제품 개발 촉진 및 신규 시장을 선점하기 위한 도로교통 안전산업분야 핵심기반기술로서 의미가 큼 .

○ 특히 정부주도로 '2030 국가온실가스감축 기본로드맵'을 확정하여 건물, 에너지, 수송부문 등 산업부문별 감축방안을 마련하기 위해 스마트 도로 인프라 구축에 지속적인 투자를 실시하고 있음.

○ 교통안전산업은 '2030년 온실가스 3.6백만톤 감축에 직접적으로 연관된 기술 분야로서 도로 시설물 안전관리 강화 및 교통사고 예방시설의 지속 인프라 확충을 위한 제조 산업을 포함하여 국가적 비중과 역할이 큼.

- 우리나라 온실가스비용 중 도로부문이 94.7%로 가장 많은 비중을 차지하였으며 그 다음으로 해운 2.7%, 항공 1.4%, 철도 0.7% 순인 것으로 분석됨.

○ 도로교통 신기술로 무전원 방식의 외부자극 감응 소재를 실용화한 야간 도로 시인성 및 주행 안전성 확보 기술은 지속적 온실가스 감축이라는 국제적 니즈에 대응 필요성이 큰 분야이며 동 연구단은 시설물 전주기 온실가스 저감 비용을 기술적으로 지원할 수 있음.

- 동 연구단은 야간 도로 시인성 개선을 위한 '고시인성 노면표시용 도료 개발' 에 대한 연구가 다수 수행되었지만, 노면표시의 성능한계로 인해 도로교통시장에서 외면당하는 상황에서 현장 적용성 및 상업성을 갖춘 새로운 개념의 외부자극 감응 기술을 개발하고자 함.

□ 동 연구단 개발기술은 스마트 소재를 활용한 지능형 도로 교통안전 기술로서 지속가능한 사회를 구현하고 교통사고로 인행 발해되는 사회적 비용을 획기적으로 절감하는데 기여함.

○ 교통안전산업은 산업구조의 고도화에 따라 스마트 교통시스템, 저에너지 융복합기술, 스마트 도로 인프라 등과 같은 첨단 교통기술의 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이에 대한 유지관리 비용도 크게 증가하고 있음.

○ 전력공급이 없는 지역 또는 자연재해로 인한 전력 공급 차단에도 야간 도로 시인성이 효과적으로 확보 되어야하며, 도로 결빙, 우천시 도로환경 등으로 인해 발생할 수 있는 교통사고 사회적 유지관리 비용절감을 위해 실시간 기후환경과 리스크를 확인할 수 있는 도로정보 시각화 재료에 대한 기술개발이 필요한 시점임.

○ 동 연구단 개발기술은 스마트 도로 인프라 구축을 통해 수요자 맞춤형 도로 정보 제공, 교통안전사고 시설물 유지보수 강화, 위험구간 맞춤형 시설 개선 등과 연계된 사회적 비용을 절감할 수 있음.

- 교통사망자수는 자동차 만 대당 1.9명 수준으로 OECD 평균보다 2배 가까이 높은 수치를 보이고 있음. 제8차 국토교통안전기본계획('17년~'21년)을 수립하여 교통사고를 획기적으로 감소시키고자 하고, 이를 위해 전방위적 안전한 도로환경 구축 필요.

* 교통사고 사회적 비용 연간 26조 5,725억원 (국가 예산의 9.7%)

□ 동 연구단 개발기술은 외부자극 감응 원천소재 및 응용기술을 활용한 교통안전시설 제품 개발을 통해 독자적 기술경쟁력확보가 가능하게 함으로서 미래형 신시장 창출에 기여할 수 있음.

○ 현재까지 교통안전시설에 대한 기술 투자 및 제품화는 많이 이루어졌으나 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖춘 제품은 나오지 않고 있으며, 이는 도로 기후환경에 수동적 대응하는 교통안전시설의 단점을 현재까지 극복하지 못하고 있는 실정임.

○ 최근 들어 도로결빙 등 도로주행에 있어 위험 인자를 예측하거나 경고하는 스마트 도로 인프라를 기반으로 하는 안전한 도로로의 패러다임의 전환이 요구되는 가운데 도로 관련 첨단기술의 급격한 변화를 예측하고 향후 도로 관련 기술을 효율적으로 발전시킬 수 있는 비전과 첨단 도로 발전을 위한 로드맵 제시하고 있음.

- 외부자극 감응 재료를 활용하여 실시간 도로 기능 개선 및 정보 시각화를 구현하여 교통사고 발생을 낮추기 위한 지능형 도로교통기술이 최근 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 활발한 연구 진행되고 있으며, 특히 발광, 온도 또는 수분 변색 제어를 통한 도로 주행환경의 한계를 극복할 수 있는 기술로 평가 받고 있음.

□ 동 연구단은 국가교통안전기본계획에서 교통안전 취약 부분에 대한 안전관리를 강화하여 1만명당 교통사고 사망자수를 획기적으로 감소시키고 위험도로 및 위험구간 맞춤형 시설에 시장성이 확보된 외부자극 감응형 교통안전시설 기술개발을 통해 2026년 교통안전선진국 진입을 위한 기술경쟁력을 확보하고 2030년 해외시장 선점하여 신시장 창출을 목적으로 함.

○ 국내 교통안전시설 관련 기업은 중소기업이 대부분으로서 연구소·대학이 주도하고 있는 스마트 소재에 대한 기술_연계 컨소시엄을 통해 차별화된 개발기술의 국내 파급 및 국내 기업의 해외 진출 시, 창조형 해외 신시장 창출에 기여할 수 있음.

□ 동 연구단 기술개발은 외부자극 감응 기술을 통한 실시간 도로정보 시각화 기술의 경쟁력 확보가 가능함

○ 정부에서는 미래 성장동력 창출 및 국민의 삶 향상 등 다양한 관점 또는 특정 기술·산업 분야 중심의 유망기술을 선정·발표되어, 국가의 주요 정책 수립 내 전략적 R&D 투자를 위한 중점 기술로 선정함.

○ 도로교통 분야의 자극 감응재료를 활용하여 안전한 주행환경을 구현하기 위한 지능형 도로에 대한 기술수요 급증하고 있어, 실시간 주행환경 시각화를 통한 사고위험 방지 및 야간이나 도로 취약구간에서 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행여건 제공이 가능함.

□ 도로 노면표시는 안전하고 원활한 도로서비스 제공을 위한 필수 요소로, 국가는 지속적·안정적인 시인성 확보를 통해 국민의 교통안전 증진을 추구해야 할 의무가 있음

○ 노면표시는 (특정규격 이상의)도로가 있는 곳이라면 반드시 존재하는 핵심 교통요소로 시장경제의 관점에서도 그 규모가 매우 크며, 체계적/경제적으로 유지관리 하기 위한 비용과 인력, 기술, 관리체계가 요구되는 실정

○ 국제적으로 현재까지의 노면표시 기술은 야간 및 악천후 상황에서의 시인성, 바인더의 내구성, 미끄럼 저항성이 취약한 것으로 보고되고 있음. 해당 문제에 대한 보완기술은 국제적으로도 수요가 높은 고부가가치 기술로써 국가적인 차원에서 선점해야 할 필요가 있음

○ 빈번한 차선도색(평균 1~2년에 1회)으로 인한 공사구간(Work zone)의 증가는 추가적인 도로이용자 불편가중 및 사회비용을 발생시키고 있으며, 운전자가 체감하는 도로서비스 수준에도 악 영향을 미치고 있음

○ 또한, 4차 산업혁명 기술로 주목받고 있는 자율주행차량 기술도 차선의 영상정보를 가장 기본적인 학습/판단의 수단으로 이용하고 있어, 상시적인 시인성 확보는 향후 자율주행 차량의 상용화/대중화를 위해 국가적 차원에서 전략적으로 접근해야 하는 선결 과제라 할 수 있음

□ 교통안전확보

○ 노면표시의 반사성능 저하는 야간과 악천후 시 교통사고의 주요 원인으로 인식되고 있으나(사고건수 40%증가, 서울시 2012년), 현재의 노면표시 기술·관리체계에서는 노면표시의 지속적인 성능보장이 어려워 종합적인 관점에서의 연구/투자가 시급

○ 우천 시 노면표시의 미끄럼 저항계수는 빙판에 가까운 수준까지 저하됨. 고속주행 특성을 갖는 고속도로, 노면표시가 많은 도심도로에서의 교통안전 확보를 위해서는 미끄럼저항 규격을 도입하고, 성능개선을 위한 연구/투자가 시급

□ 도로관리의 경제성 개선

○ 노면표시는 교통조건, 기하구조, 기후조건 등에 따라 마모와 반사성능저하가 수반되며, 보통 1~2년 간격으로 재도색이 이루어지고 있음. 빈번한 재도색으로 인한 관리자비용 증가, 공사구간에 따른 사회적 손실이 발생하고 있어 내구성·경제성 개선을 위한 기술개발이 시급

□ 다양해진 포장체에 대한 대응

○ 전통적으로 도로의 포장재료는 밀입도 아스팔트, 콘크리트 포장이 주를 이루고 있으나, 최근에는 기존 재료의 단점을 보완한 갭 입도, 다공성 포장 등 기능성 포장으로 시장이 이동 중. 차선재료나 시공방법도 해당 포장체의 물리적 특성에 대응할 수 있도록 개선이 필요

□ 4차 산업혁명(자율주행기술)에의 대응

○ 자율주행차량의 주행경로 학습과 판단은 차선의 영상정보를 가장 기본적인 수단으로 이용. 차선마모와 야간 시인성, 우천 시 난반사 문제는 자율주행차량의 차선인식을 방해하는 주요요인으로 인식되고 있음. 자율주행차량의 상용화와 주행안전성 확보를 위해서는 차선의 상시적인 시인성 확보가 급선무.

□ 도로시설의 자산관리/지속적 성능관리 - 노면표시매뉴얼 개정의 필요성

○ 2014년 사회기반시설에 대한 자산관리 국제표준 ISO 55000 시리즈(ISO55000~55002)가 공표되었으며, 2016년에는 이를 반영한 국제인프라관리매뉴얼(International Infrastructure Management Manual; IIMM)이 출간. 해당규격 및 지침서에서는 도로시설의 성능지표와 서비스수준체계를 개발하여 정량적/지속적인 관리기반을 마련하고 전주기적 생애주기관리개념에 의거한 의사결정을 도모하도록 명시

○ 그러나 현재의 경찰청 노면표시 매뉴얼은 노면표시의 설치규격을 중심으로 하고 있어 상시적·지속적·경제적인 노면표시 성능관리에 한계. ISO와 IIMM의 개념을 적용하기 위해서는 노면표시의 성능평가체계, 전문적인 관리시스템, 모니터링 기술, 노면표시 기술의 차등적 적용 등 전주기적 생애주기관리개념에 입각한 매뉴얼 개정 필요.

2. 상위계획 부합성

가. 정부/부처의 상위유관계획과의 부합성

□ 동 연구단은 문재인 정부 국정목표 「제8차 국가교통안전기본계획」,「2030 국가온실가스감축 기본로드맵」,「2017년 4차 산업혁명 대응계획」등 미래 기술/시장 선점을 위한 외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 및 주행 안전성 기술개발 추진방향성에 부합함.

○ 동 연구단은 교통안전 취약 부분에 대한 안전관리 강화와 2026년 교통안전선진국 진입을 위한 10대 중점과제로 교통안전 원천기술 및 실용화기술을 선점 추진하여 「제8차 국가교통안전기본계획」의 도로환경 분야 "사고위험도로에 대한 위해 요소 집중관리", 도로이용자 분야 " 보행 중 교통사고 사망자 40% 이상 감축", "운전자 안전관리 강화" 등 주요 추진방안 교통기술 경쟁력 제고를 위한 R&D 활성화 방향성에 부합함.

* 「제8차 국가교통안전기본계획 ('17~'21)」은 교통안전에 관한 중·장기 목표 및 교통안전 정책방향을 제시하여 미래 환경변화에 대응하기 위해 취약 부분별 안전대책을 적극 추진 계획을 설정했으며 이를 위한 추진방안으로 '부가가치 제고를 위한 교통기술 R&D 활성화'를 채택함.

○ '18년 정부 R&D 건설·교통부문 주요 키워드는 안전, 저에너지, 스마트 교통시스템, 융복합, 자율운행 등으로 범부처별 협업을 통한 안전을 겸비한 미래 스마트 교통 인프라 구축에 지속적인 투자가 지속될 것으로 전망됨

○『대통령직속 4차 산업혁명위원회』의 4차 산업혁명 대응계획에는 안전한 지능형 교통체계, IoT기반 지능형 안전표지판, 스마트재해대응체계구축이 포함됨.

* 교통분야의 주요내용을 살펴보면, 지능형 교통체계 기반 스마트 도로 구축, 지능형 도로 표시판 도입으로 교통사고율 5% 감소, 자율차 집중 육성 등으로 본 사업에서의 환경요인에 따른 외부자극 감응 기술 및 시공·실증평가 기술이 바탕이 되어 안전한 지능형 교통체계 구축 및 자율차 운행환경 개선에 일조할 것으로 예상

▪ 동 연구단은 건물, 에너지, 수송부분에 대한 온실가스감축을 위해 무전원 방식의 외부자극 감응 소재를 활용하여 기술혁신 기반의 생산성 제고와 성장동력 확보를 위한 기술공급에 집중, 산업육성과 사회문제를 동시에 해결하는 포용적 성장 개념의 「2030 국가온실가스감축 기본로드맵」과 방향성에 부합함.

* 「체계적 기후변화 대응을 위한 시장과 기술 중심의 새로운 패러다임으로 전환하고, 국민이 행복하고 안전한 사회를 구현하기 위한 기술혁신 및 글로벌 시장변화에 대응하기 하기 위한 시장 선도형 고부가가치 기술개발의 필요성에 따라 국가 정책 수용성을 제고하는 방향으로 스마트 재료, 지능형 도로, 실용화 프로세스, 교통안전 R&D를 단계적으로 추진하고자 함.

□ 동 연구단은 세계적으로 기초연구 및 기술도입단계에 속하는 외부자극 감응 소재를 활용한 교통안전 핵심원천기술 선점을 도모하여 지능화 혁신으로 다양한 신산업 창출 및 튼튼한 주력산업 육성을 위한 연구개발을 추진하는 「4차 산업혁명 대응계획」 방향성에 부합함.*

* '17년 11월 관계부처 합동 「4차 산업혁명 대응계획」 수립·발표로 교통·환경·안전이슈를 포함하여 안전한 지능형 교통체계, IOT 기반 지능형 교통안전시설, 스마트 재해대응 등 성장활력 제고와 미래 대비를 위해 "경제성장"과 "사회문제 해결"을 동시 달성하는 「사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획」 추진전략으로 설정하고 미래선도형 창의형 연구개발, 신산업 창출, 사업화 지원에 주력할 계획임.

* 동 연구단은 미래시장을 선도할 수 있는 세계최고 수준의 스마트 인프라 교통안전 원천기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며 외부자극 감응 기술 및 시공·실증평가 기술을 바탕으로 하는 지능형 도로 기술 분야의 신규 시장창출을 도모함.

그림 123 상위계획 부합성

□ 국토교통부

○ 국토교통부는 최근 차선의 시인성, 마모성이 쉽게 저하되는 문제, 특히 시공 후 하자에 대한 전문적인 관리를 위해 네트워크 차원에서의 차선 시인성 성능평가와 관련 과제를 기획 중

○ 국회 국토교통위원회 소속 이학재 의원은 도로의 차선을 도색할 때 기준에 적합하게 설치·관리하도록 의무화하는 내용의 「도로교통법 일부개정법률안」을 2018년 3월 5일(금) 대표발의. 관련 기사의 주요 내용은 다음과 같음.

「도로교통법 일부개정법률안」 주요 내용
○ 현재 차선과 같은 교통노면표시를 설치·관리할 때, 반사성능 기준과 도료의 종류, 재도색 기준 등은 경찰청 내부 매뉴얼에 따르고 있다. 하지만 동 매뉴얼은 대외적 구속력이 없다 보니 지자체마다 적용기준이 제각각이고, 실효성 있는 규제와 단속도 제대로 이뤄지지 않고 있다. ○ 이에 이학재 의원이 발의한 <도로교통법 개정안>은 지자체의 장이 소관 도로의 차선 및 노면표시 등을 설치·관리할 때 행정자치부령으로 정한 기준을 반드시 지키도록 하여, 차선의 시인성을 확보하도록 하는데 목적이 있다. 도로교통공단 자료에 따르면, 최근 5년간 전국 모든 도로에서 발생한 교통사고 중, 야간이나 우천 시 사망률이 높은 것으로 나타났다. ○ 2011년~2015년, 맑은 날 일어난 교통사고는 949,153건, 사망자는 19,970명으로 사망자 비율이 2.1%였으나, 비오는 날 교통사고(95,605건) 사망자(2,589명) 비율은 2.7%로 맑은 날보다 높았다. ○ 같은 기간 주간에 발생한 사고 및 사망자는 각각 597,100건, 11,979명으로 사망자 비율은 2%였지만, 야간의 경우 519,208건 중 13,117명의 사망자가 발생, 사망자 비율이 2.5%로 주간보다 높았다. 이학재 의원은 "차선을 도색하고 관리할 때 기준을 반드시 지키도록 의무화하여, 비오는 날이나 야간에도 운전자와 보행자가 차선을 충분히 식별할 수 있게 해야 한다"고 강조했다. 이번 개정안에는 국토교통위원회와 안전행정위원회 소속 의원 등 총 18명 의원이 공동 발의했다.

나. 정부/부처의 중장기 R&D 계획과의 부합성

○ 동 연구단 개발기술의 연구내용, 목적, 추진전략은 「제 4차 과학기술기본계획('18~'20)」, 「미래유망기술프로그램(2017)」, 「2017년 국토교통부 주요정책 추진계획」 등 방향성, 연구범위에 부합됨.

▪ 동 연구단 개발기술은 외부자극 감응 기술의 기초 원천기술 확보를 추진하며, 추진전략으로 국내외 최고기술보유기관과 협력연구 계획을 제시하고 있어 「제 4차 과학기술기본계획('2018~'2020)」와 관련하여 중장기 · 안정적 기초연구 투자확대, 기초연구 협력 활성화 및 연구자 지원, 혁신성장동력 육성, 국민생활 밀착형 연구개발(R&D) 부분에서 추진과제와 방향성이 부합됨.

* 제 4차 과학기술기본계획('18년~'20년)의 '연구자 중심의 도전적·창의적 R&D 혁신'의 중점분야인 단절 없는 장기적·안정적 연구지원 강화는, '기초연구의 세계선도 수준 진입'을 목표로 '중장기 · 안정적 기초연구 투자확대', '기초연구협력 및 성과확산 촉진' 등을 추진과제로 채택함.

* '기초연구협력 활성화 및 성과확산' 추진과제는 대학-공공(연)-산업체간 네트워크 구축 및 연구자 상호 파견 활성화, 기초연구부터 사업화까지 부처간 공동기획 프로그램 추진을 계획하고 있음.

▪ 동 연구단은 핵심전략목표로서 “안전하고 편안한 스마트 도로 인프라 구축”을 설정하였으며, ‘18년 정부연구개발 투자방향 및 기준에 부합하는 추진과제로서 4차 산업혁명 대비 전략적 투자 강화를 위한 “개방 협력 경쟁”의 R&D 선도모델 적용, 4차 산업혁명 대응 역량강화 및 현안해결을 위한 고위험 고부가가치 기술개발 및 신시장 창출 촉진을 계획하고 있음.

* 4차 산업혁명 파급효과, 민간과의 역할분담 등을 고려하여 고위험·불확실성 분야 지능화 및 융합기반 기술개발을 중점 추진하고 대학-공공(연)-산업체간 네트워크 구축 및 연구자 상호 파견 활성화, 기초연구부터 사업화까지 부처간 공동기획 프로그램 추진을 계획하고 있음.

▪ 동 연구단은 조명 없는 구간에서 야간 안전사고 예방, 도로결빙 및 우천시 미끄럼 사고발생 방지 등 R&D를 통한 사회문제 해결 및 일자리 창출을 목적으로 하고 있음. 특히 국민의 건강과 안전을 위협하는 문제들을 근본적으로 해결하기 위한 새로운 R&S(Solution) 체계인 ‘국민생활연구’ 정립(‘17.12)을 위한 추진과제와 방향성이 부합됨.

* 국민생활연구 체계화를 통한 사전예측 강화, 토털 솔루션형 R&D 기획(기술개발+서비스 전달+제도 개선), 긴급대응연구체계, 국민 참여 확대(리빙랩 활성화, 국민평가단) 등을 주요 내용으로 하고 있으며, 졸음운전 교통사고예방, AI 발생 대응, 화학물질·먹거리 안심, 생활주변 범죄 예방 등 사회문제해결을 위한 지원체계 개선을 포함하고 있음.

▪ 동 연구단은 도로 기후환경에 자극_감응하는 고도의 혁신성과 기능성을 지닌 가역적 제어 소재 기술을 기반으로 하는 「미래유망기술프로그램(2017)」과 관련하여 국가과학기술 중장기 발전전략에서 제시된 54개 미래사회 아젠다를 대상으로 유사도를 계산하여 매핑한 ‘아젠다 맵’ 상에서 외부자극 감응 소재 기술이 포함되고 있어 추진과제와 방향성이 부합됨.

* 미래의 도로변화는 도로의 내부요소와 외부요소가 패러다임의 흐름에 따라 사회문제 해결·삶의 질 향상을 위한 과학기술의 역할 증대로 변화하고 있어, 본 연구단에서는 미래도로의 패러다임 변화 시기를 2020년, 2035년, 2050년으로 각각 단기, 중기, 장기로 나눠 미래도로 로드맵 추진을 계획하고 있음.

▪ 동 연구단은 NT, BT 융합을 통한 실시간 도로 정보 시각화 기술개발 및 비용/성능의 문제로 시장 적용이 미흡한 축광형 노면표시 등 스마트 교통안전 시장 창출을 목적으로 하고 있어 「2017년 국토교통부 주요정책 추진계획」의 연구개발(R&D) 부분에서 추진과제와 방향성이 부합됨.

* 실시간 안전정보 제공, 어린이·노약자 등 교통약자 보호 및 고령 운전자 안전 확보, 보행환경개선 등 새로운 분야에 대한 정책 대응 필요성과 국도상 안개사고 취약구간 정비, 사고 잦은 곳(65개소) 정비, 역주행 방지 노면표시, 위험도로 병목지점 개량 등 사고 취약구간 개선 기술 제품의 수요창출 계획을 포함하고 있음.

3절 기술적 타당성

1. 기술개발 목표와 내용의 적절성

가. 사업목표의 구체성

□ 본 연구단의 비전 및 목표를 구체적으로 제시함

- 본 연구단의 비전은 “ 외부자극 감응재료를 활용하여 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선”으로 최종적으로는 외부자극 감응소재를 활용한 지능형 도로 세계시장 선도를 목표로 하고 있음.
- 상기 비전 및 목표를 달상하기 위해 네 개의 주요과제를 도출하여 세부 목표를 설정하고, 구체적인 세부 연구 과제를 적절하게 제시함.

□ 1 세부과제 목표는 “외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발”로 광감응 재료를 효과적인 노면표시 적용 기술과 도로 노면표시 취약구간의 성능 고도화 및 주행 안전 실증 테스트를 총괄하고자 함.

- 기술 수준 분석을 통해 국내 광자극 감응형 소재에 핵심기술 수준이 현저히 낮은 것으로 파악되고, 일부 해외제품 적용을 통한 재품 개발이 이루어지고 있음
- 기술 격차를 극복하기 위해 소재에 관한 원천기술과 함께 도로 적용성 향상을 위한 노면표시 기술을 동시에 개발을 추진하는 세부 목표를 설정함
- 본 세부과제를 통해 자체발광형 노면표시 제품화를 위한 요소기술을 합리적으로 도출하고, 이를 체계적으로 구성하였음.
- 노면표시 취약구간 유형 및 등급체계 개발, 노면표시 조합 시스템을 활용한 운전자 인진성능에 대한 개선 목표를 구체적으로 제시하고 있으며, 향후 스마트 인프라 시대를 대비하기 위한 주행안전성 개선 방향을 구체적으로 제시하고 있음.
- 도로 노면표시의 취약구간에 대한 구조 설계 및 시공기술 대한 문제를 구체적으로 제시하고 있으며, 이에 대한 해결방안을 제시하고 있음.

□ 2세부과제 목표는 “도로 결빙상태를 실시간 예측 가능한 교통안전시설 개발”로, 세부 목표를 정책, 기술, 시장동향 등의 분석결과로부터 활용되어 적절한 것으로 판단됨.

- 국내 연구진의 스마트 변색 소재 분야는 상당히 앞선 기술을 가지고 있으며, 연구를 주도하고 있음을 앞선 기술 분석을 통해 파악하였음.
- 스마트 변색 소재의 활용은 일부분에 국한되어 있고, 교통안전에 대한 인식이 높아짐에 따른 교통산업과 융복합에 따른 새로운 시장이 예상됨.
- 본 세부과제를 통해 스마트 소재의 도로 적용을 위한 요소기술을 도출하고, 이를 체계적으로 구성하였음.

□ 제시된 목표달성을 위해 2개 세부과제와 세부과제별 목표를 정량적/정성적으로 제시하였으며 세부목표와 개발 범위를 명확히 설정함.

구분	1세부	2세부
1차년도	· 외부자극 발광체 설계 및 요소기술 개발 · 도로 노면표시용 고내구성 바인더 기술	· 외부자극 감응 시각화 재료 및 요소기술 개발 · 가역적 변색/고시인성 복합화 기술
2차년도	· 도로 적용 발광형 재료 성능 최적화 기술 개발	· 도로 적용 시각화 재료 성능 최적화 기술 개발
3차년도	· 자체 발광형 노면표시 제품화 및 적용성 검증 기술 개발 · 도로 차선의 자율주행 시스템 연계 기술	· 교통안전시설 제품화 및 적용성 검증 기술개발 · 교통안전시설의 도로 위험구간 적용 세분화 기술
4차년도	· 자체 발광형 노면표시의 도로 시인성 성능 평가 및 주행안정 실증 테스트 기술 개발	· 교통안전시설 성능평가 및 도로환경 모사 실규모 성능검증 기술 개발

나. 사업내용의 적절성

□ 각 세부과제 요소기술을 도출하기 위하여 국내외 경제/기술 동향, 인프라분석, 선행사업 분석을 실시하였고, 비전 및 목표 달성을 위한 연구개발 과제들로 구성되어 있음.

□ 세부과제별 구성기술은 외부자극 감응 재료의 도로 적용연구의 완성도 높은 연구결과를 위하여 소재, 제품, 현장적용을 포함한 연구 과제를 구성하여 연구내용의 논리성과 적절성이 높음. 또한 세부과제의 개념 및 범위를 구체적으로 제시하였음

- 1세부과제의 구성기술은 “외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 개발 및 주행안전성 실증 테스트”로 재료 복합화 및 시공에 관한 기술을 체계적으로 분류하여 총괄적인 목표를 구체적으로 제시하고 있음. 또한 도로 기하구조에 따른 노면표시 취약구간의 성능 고도화에 대한 개선 목표를 구체적으로 제시하고 있으며 향후 스마트 도로 인프라를 대비하기 위한 개선방향을 구체적으로 제시하고 있음.
- 2세부과제의 구성기술은 “외부자극 감응형 도로 정보 시각화 재료 및 교통안전시설 개발”로 소재의 원천기술 및 융·복합 기술과 도로 및 교통시설 적용을 위한 세부 연구내용을 제시함

□ 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 설정.

□ 도로 및 교통공학 전문가의 자문 및 세미나를 통해 도출된 문제점을 바탕으로 이를 해결하기 위한 세부과제 및 구성기술을 도출하였음.

- 국내외 동향조사, 기술수요조사 등 전문가 의견수렴을 통해 연구목표 및 방향을 설정하고 이를 위한 기술개발 항목을 선정함.
- 도로 노면표시의 시인성 및 도로결빙 위험 개선을 위한 연구를 개발 항목별로 구체화하고 각 항목별 세부 과제를 도출하였음.

2. 사업추진전략의 적절성

□ 본 연구단은 외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술의 기획타당성 검토위원회를 통하여 2개 세부과제로 이루어진 사업으로 연구과제의 규모와 특성을 고려하여 연구단 형태로 추진하는 것이 바람직하다 판단됨.

- 본 사업의 연구비(정부출연금 기준)는 113억으로 국토교통과학기술진흥원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분에 만족함.

□ 연구단 추진 조직의 구성에 대해 상세하게 기술함

- 본 사업은 요소기술 개발단계, 적용기술 개발단계, 실용화 단계 등 다양한 연구 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연·관 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자가 필요함.
- 연구단의 총괄 운영, 지원 및 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영을 위한 운영위원회와 과제 평가를 위한 평가위원회를 연구단에 구성함.
- 주관, 참여, 위탁기관 및 기업이 실용적인 성과물을 개발하고 이를 현장에 적용할 수 있도록 연구추진체계를 구축함.
- 본 연구단 달성 여부를 평가하기 위해 기술성과로서 논문, 지적재산권, 시제품 제작을 주요 성과물로 공통 구성하며, 세부과제별 측정방법과 실용화 방안을 제시함
- 실용화 방안 미션을 별도로 명시하여 적용성 확대, 가격경쟁력 확보, 생산 유도 등을 통한 현장 또는 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨
- 본 연구단 추진체계에 대하여 보다 세부적인 추진 실행계획을 수립하는 것이 필요하며, 향후 본 연구단을 수행하는 총괄 주체가 세부적인 추진체계를 수행할 것으로 기대됨.

□ 도로 노면표시의 시인성 및 주행안정성 개선을 위한 연구추진전략은 본 연구와 관련된 정책동향, 기술수준, 시장환경 등을 분석하고 추진전략을 수립하고 연구진의 참여기준 및 각 참여기관별 역할을 정립함.

- 도로 노면표시에 대한 연구개발은 공공재인 도로교통분야의 특성을 고려하여 연구역량과 경험을 갖춘 출연연구기관, 대학, 민간 기업체가 주도하여 연구를 수행하는 것으로 설정함

- 출연연구기관과 대학은 연구개발 관련 논문, 특허, 연구개발 관련 참여를 기준으로 선정하였음.

- 연구에 참여하는 민간 기업체는 기업 내 연구부서의 유무와 연구개발 경험을 참여기준으로 적용함

- 또한, 도로관리주체인 국토교통부, 경찰청, 지방자치단체와 도로운영기관인 한국도로공사, 민자 고속도로 등과 함께 전략적 관계를 설정하여 연구를 추진하는 방향을 고려함.

3. 성과평가 및 관리체계의 적절성

□ 본 연구단의 달성 여부를 평가하기 위한 성과지표 및 측정방법을 세부과제 수준으로 나누어 제시함.

- 각 세부과제에서는 학술적 성과와 지식재산권을 공통지표로 설정하고 각 세부과제의 특성에 맞는 지표를 설정하여 세부목표에 부합하도록 지표를 설정하고 이에 따른 설정 근거를 제시하였음.

- 기대되는 성과의 활용도와 활용계획이 적절하게 설정되어 있어, 향후 본 연구단의 성과물들이 기술을 필요로 하는 현장 및 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨.

- 추후 이 연구단을 추진하는 주체가 성공적인 사업목표달성을 위해 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함

4. 기술로드맵의 우수성

□ 본 연구단의 기술로드맵은 시각화 재료 개발부터 제품·응용기술, 설계·시공·유지관리 기술, 실규모·실도로 성능평가, 시제품, 시방서(안)까지 일체형으로 분야별 구체적으로 개발기술과 성과물이 제시되어 있어 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨.

- 기술개발 로드맵은 세부과제 목표, 단계별 목표 및 성과물, 각 구성기술의 목표성과물로 이어져 선후관계가 명확하게 드러나도록 명확히 작성됨.

□ 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세부과제의 성과목표를 토대로 작성되었으며 체계화 되어 있음.

□ 본 연구단의 기술개발 로드맵은 정부의 장기적인 정부정책, 미래 실용화 가능 기술, 국내외 사례, 산업계의 니즈를 초점으로, 이에 기술성/경제성 측면에서 분석결과를 반영하여 작성하였음.

5. 기술수준 및 성공가능성

[기술적 위험요인]

□ 본 연구단 사업의 연구개발 성공을 위한 기술적 위험요인을 분석하고 이에 따른 대응방안을 서술하였음.

- 시설물 유지보수 및 고시인성 확보 등 안전 관련으로 민간부문의 관심도가 낮아 기술개발 및 투자가 소극적이어서 기술혁신에 한계가 있는 것으로 파악되어 정부 주도의 기술혁신이 필요한 상황임.

- 유럽을 중심으로 외부자극 감응 재료를 활용하여 '11년부터 다양한 실증 프로젝트를 진행하고 있어, 건설 및 건설화학분야의 해외 기술의존도가 확대 되지 않도록 후발주자인 우리나라에서 원천기술 확보를 위해 시급히 연구개발 추진이 필요함.

- 국내 정부출연기관 및 대학에서 스마트하고 다양한 외부 자극 재료를 연구하고 있으나 이를 적용한 도로분야 융합기술에 대한 연구는 전무한 상황으로 이를 위한 인력양성 등 전문가 확보가 필요함.

- 개발 기술관련 국내 적용 사례가 거의 없어 정량적인 기술수준을 파악하기 어렵기 때문에 도로 및 교통 관련 전문가의 자문, 설문, 세미나 등을 통한 기술수준 조사를 본 사업을 수행하는 기관에서 실시하는 것이 필요함.

[기술개발 성공가능성]

□ 외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술은 국내·외 기술 수준, 연구 및 인프라 역량, 국가 정책, 실용화 가능성을 종합적으로 고려할 때, 본 연구단에서 수행하는 기술개발은 성공 가능성이 높을 것으로 판단됨.

□ 외부자극 감응 재료 기술은 세계적으로 유망한 기술이며 한국과학기술정보연구원(KISTI) '16년 미래 유망기술 10선으로 선정된 기술이며, '17년 한국도로협회 미래도로 정책과제 전망한 분야로 향후 5~10년 내 실용화 되어 경제·사회적으로 영향을 미칠 성공 가능성 높은 분야임.

□ 관련 연구개발을 위해 국내에 실환경 모사 주요 성능평가 인프라가 구축되어 있으며, 최근 국토교통부에서 구축중인 기상환경재현 도로 성능평가 실험시설이 준공 예정에 있어, 개발기간 내 실증화 및 표준화를 원활하게 달성할 수 있을 것으로 판단됨.

그림 124 국토교통부 기상환경 재현 도로 성능 평가 실험시설 조감도

□ 외부자극 관련 기술의 국내외 동향 및 환경분석을 통해 기술개발전략을 수립하고 기술개발에 관한 위험요소를 사전에 분석하여 성공가능성을 높일 수 있는 연구개발 추진전략을 수립하는 것이 필요함.

6. 기존 사업과의 중복성

□ 본 연구단 추진과제는 초기단계 기획부터 현재까지 기존 연구과제의 연구분야, 범위 및 특징 등 중복성 검토로 차별화 추진하여 중복성을 최소화한 것으로 사료됨.

- 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료, 각 부처 R&D 계획 및 결과보고서 등을 활용하여 유사과제를 선별하여 분석을 실시함.
- 유사과제에 대한 중복성 검토는 전문가 그룹을 통한 면밀 검토, 착수보고 및 중간보고 등에서 도출된 의견을 받아 차별화에 반영함.

□ 도로 차선 및 도색관련 국가 R&D 보고서는 203건이 검색되었으며, 축광/형광/재귀반사/EL 및 자율차 관련 연구 등이 보고되고 있으나 단품 위주의 재료 개발에 집중되고 있어, 본 연구단 사업과 같이 설계/생산, 시공, 실증, 표준화와 국가 정책이 유기적으로 고려된 기술개발은 전무함.

□ 따라서, 외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술은 기존 과제와 중복성이 없으며 현 국가정책 목표 범위 내에서 소재부터 시공, 실증, 표준화에 이르는 연구를 통하여 원천기술을 확보할 수 있는 과제로 판단됨.

□ 본 과제의 기획단계에서 내·외부 전문가의 검토를 거쳐 기존 연구와의 중복성을 검토하여 기존 연구와의 중복성을 최소화한 것으로 판단됨.

- 본 과제의 기획단계에서 착수보고와 2차례 평가위원회 검토 시 제기된 과제중복성에 대한 내용을 면밀히 검토하였음.

7. 산업계 보급 방안 및 제도화 연구

□ 외부자극 감응 소재와 관련된 원천기술 연구로 개발기술의 보급과 상용화에 대한 구체적인 추진전략은 외부전문가 활용, 산·학·연 협력조직체 구성 및 활용, 기술 및 시장동향 파악을 통한 요구사항 도출 등을 기반으로 수립되어 적절성이 높은 것으로 판단됨.

□ 본 사업은 외부자극 감응형 소재 개발과 이를 활용한 교통안전 제품화, 실용화 기술, 실증 성능평가를 중점 연구 분야로 선정하고 연구개발 결과의 보급과 상용화를 위해 폭넓은 응용 기술의 보급 확산 및 제도화에 대한 연구를 추진하고자 함.

- 기초응용 성격의 기술은 설계이론의 정립, 실험 등의 기술정립이 필요하므로 연구기관 또는 대학에서 주도하도록 추진함.
- 실용화 기술은 현장 적용 기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진함.

□ 다음은 국내 외부자극 감응 원천기술의 보급 및 상용화가 가능한 산·학·연 현황으로 기존 제품화 기술과 연계한 실용화 가능성 여부를 확인하였음.

○ ㈜경인양행

- 축광, 형광 안료 등 다양한 환경조건에 적용이 가능한 고시인성 안료 기술 보유
- 특수 파장대 영역에 대한 흡수 또는 반사 기능을 제어하여 선택적으로 시인성을 갖는 형광체 제품군을 시판 및 적용

○ ㈜구마이앤씨

- 야간 우천시 시인성을 개선을 위한 유무기 복합 차선도색 소재 개발
- 축광성 형광체의 캡슐화를 통해 교통사고 취약구간, 야간 우천시 주행시 고시인성 및 내마모성을 특징으로 하는 유무기 도료 복합체 기술 보유

○ 욱성화학㈜

- 형광/축광 안료 전문생산기업으로 축광성 야광안료 PANAX LUMINO 기술을 활용하여 ZnS계 축광안료 보다 잔광시간이 오래 지속할 수 있는 실용화 기술 보유
- 주요 제품군으로 비상구, 지하시설, 피난대피시설 등 위치인식표지나 안전표지 제품을 시판 중에 있으며, 최근 발광형 도로 차선에 대한 본격적인 기술 개발을 추진하고 있음.

○ ㈜큐시스

- 전북대 정광운 교수 연구팀 기술 이전 준비 중
- 온도 자극 변색특성을 가지는 고분자 화합물을 활용한 시각화 기술 보유

○ ㈜정석케미칼

- 도로표지용 도료에 대한 국내 1위 기업으로 합성수지, 건축용 페인트 다양한 제품

군을 생상하고 있으며, 내마모성, 노면표시 패터닝 기술 등 개발하여 국내외 시장에 시판 및 적용 중.

- 노면표시 패터닝 재료 및 공법은 아스팔트, 콘크리트 바탕면에 일체화되어 표면에 일정한 형태의 패턴을 규현하는 기술로서 유기계 바인더에 무기계 필러를 분산 시키는 구성으로 미끄럼방지 및 내마모성이 우수하다는 것이 특징, 또한 고투명 바인더에 축광안료를 적용하는 적은 사용량으로 우수한 발광효율을 가지는 도로차선 기술로 응용 가능.

○ ㈜포스포

- 야간 시인성 향상을 위한 고굴절 형광 글라스 비드에 대한 기술 개발을 추진 중.
- LED용 형광체 개발 및 생산하는 기업으로 형광체에 대한 원천기술을 보유하고 있으며, 신규 형광체를 글라스 비드화 하여 형광 특성 및 고굴절 특성을 동시에 갖는 제품에 대한 기술 개발을 검토하고 있음.

○ ㈜평화엔지니어링

- 야간 및 악천후시 차선 시인성 확보를 위한 고기능성 차선도색 기술 보유 .
- 다양한 형태의 발광형 차선 기술에 대한 노하우를 가지고 있으며, 도로 차선 설계, 시공, 유지관리 등 전반적인 노면표시에 대한 기술을 보유.

□ 국내 기술개발 역량 및 잠재력

- 각 세부과제관련 전문 인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨.
- 외부자극 감응 제품화 및 상용화에 따른 인센티브 제공 규정 등의 제도 마련, test-bed 구축을 위하여 관・산・학・연 공동연구체제 구축하고 전문시험평가기관 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증 연구가 실시되어야 할 것으로 판단됨.

인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다우월
전문인력		○			
논문·특허 실적			○		
기자재	○				
산학연 공동연구기반		○			
기술이전 및 거래	○				
국제기술 협력기반	○				
업계현황			○		

4절 경제적 타당성

1. 경제성 분석

□ 경제성 분석은 '외부자극 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상 및 주행 안전성 개선 기술 개발' 사업의 가치에 대하여 분석함으로서 연구단 사업에 대한 정확한 이해가 필수적인 과정임.

- 경제성 평가는 편익_비용(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR), 회수기간 등의 방법론을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정을 말함.
- 예측된 시장규모를 통하여 수요, 비용단가, 할인율 등 주요 변수의 변화 등 불확실성이 경제성에 미치는 영향에 대한 분석이 필요함.

□ 분석방법 : 비용/편익 분석 (Benefit/Cost Analysis)

- 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 가장 큰 대안을 선택하는 방법으로 일반적으로 편익/비용 비율이 1.0보다 크면 경제성이 있다고 판단함

$$\text{편익·비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : 편익의 당해 연도 값

C_t : 비용의 당해 연도 값

r : 할인율(이자율)

n : 내구년도(분석년도)

□ 분석대상

- 기획 연구의 해당 시장에 대해 비용/편익 분석 결과를 도출함.

□ 편익범위

- 본 기획연구의 기술개발에 의한 직접적인 편익은 교통사고 저감에 따른 사회적비용 저감이므로, 피해비용저감 편익을 통해 분석을 진행함
- 본 개발에 사용된 기술을 통한 상업용 제품 생산은 가능한 하나, 본 과제의 주 목표는 교통안전성에 있으므로, 향후 제품 시장 진입시 더욱더 큰 효용이 있을 것으로 예상함
- 본 비용/편익 분석에서는 적용분야를 국내 도로 적용으로 한정하여 결과를 보수적으로 추정함. 도로 외 생활 밀착형 제품 등의 다변화를 통해 높은 경제성을 가질 것으로 예상됨
- 연구개발 기간을 4년으로 하고, 실용화 기간을 3년으로 가정할 경우 연구결과물이 시장에 반영되는 시기는 2026년 이후라고 할 수 있으며, 기술개발에 의한 독점적 지위를 이용한 시장 지속년수를 5년 ('26~'30년)으로 가정함.

□ 미래시장규모 예측

▪ 국내 시장 대상은 도로 유지보수 시장으로 설정하였으며, 해당 시장에 대한 규모를 산출한 결과 '2026년 5조, '2030년에는 6조 1천억으로 예측됨. (국내 교통인프라 유지보수 투자의 향후 변화 추이 보고서 (한국건설산업연구원, 2016)

- 2016년 기준 이중 차선 관련 비용은 전체 예산의 10%를 차지하고, 교통안전 표지 관련 예산은 5%를 차지하는 것을 기준으로 비용 및 편익을 분석함.
- 국내 도로 시설물 유지관리 시장 규모는 15년을 기준은 연간 2.2 조원 규모를 지출하고 있으며, 이중 차선 유지관리 비용은 2,000억원에 이른다. 이중 15%의 재료비를 차지하고 있음.
- 국내 설치형 2015년 신규표지판 설치는 15,000개 x 600만원 = 900억원/2015년 (한국 건설교통연구원 자료), 표지판 유지보수 50억원, 스쿨존 신규 사업 90억원을 포함하여 1,040억원 정도의 시장을 가지고 있음.

※ 할인율은 10년 만기 국고채금리인 4.3%와 예비타당성조사 일반지침 기준의 5.5% 중 5.5%를 적용함

표 67 국내 도로 유지관리 시장규모 예측

구분	시장규모 (억원)	현재가치 (억원)
2026년	50,000	32,528
2027년	52,000	32,211
2028년	55,000	32,220
2029년	58,000	32,185
2030년	61,000	32,085
합계	276,000	161,165

▪ 국내 도로유지관리 시장 전망 ('26~'30년)
- 국내 교통인프라 유지보수 투자의 향후 변화 추이 보고서 (한국건설산업연구원, 2016)
▪ 할인율 : 5.5%

표 68 국내 차선 및 도로교통 표지

구분	차선 유지관리		도로교통 표지	
	시장규모 (억원)	현재가치 (억원)	시장규모 (억원)	현재가치 (억원)
2026년	5,000	3,253	2,500	1,626
2027년	5,200	3,221	2,600	1,611
2028년	5,500	3,222	2,750	1,611
2029년	5,800	3,219	2,900	1,609
2030년	6,100	3,209	3,050	1,604
합계	27,600	16,123	13,800	8,061

▢ 비용 설정

- 각 세부과제의 향후 4년간 예산(안)으로 정부출연금과 민간참여금의 합한 금액으로 산정함.
- 추가적인 비용으로 국내 도로 각 세부 기술의 적용부위 추출을 통한 5% 적용을 기준으로 개발 기술 적용시 예상되는 추가 비용을 산출함.
- (발광형 노면표시) 2016년 전체 시장의 재료비의 비중이 총 15%를 차지함으로 현재 국내 시장 규모는 연간 300억원의 시장이 형성 되어 있음, 이에 국내 도로 중 5% 시공시 발생하는 추가 비용을 산정함. 이때 개발되는 신규 소재 시공 및 유지 보수에 따른 비용은 기존 노면표시대비 2배의 가격을 산정 하였으며, 이에 따른 현재가치는 연간 15억원의 추가 비용이 발생할 것으로 예상됨.
- 이를 상용화 후 시점을 기준으로 평가한 비용은 2026년 기준 37.5억원으로, 독점적 지위를 활용한 기간 추산 총 207억원, 현재가치 120.9억원으로 추산됨.

표 69 자체발광형 노면표시 비용 추정 결과

구분	비용 (억원)	현재가치 (억원)
2026년	37.5	24.4
2027년	39.0	24.2
2028년	41.3	24.2
2029년	43.5	24.1
2030년	45.8	24.1
합계	209.5	120.9

- 할인율 : 5.5%

- (결빙 시각화 교통안전 표지) 2016년 전체 시장의 재료비의 비중이 총 40%를 차지함으로 현재 국내 시장 규모는 연간 416억원 시장 중, 개발 소재의 가격 비중이 전체 10%를 차지할 것으로 가정하여 추산함. 개발 소재의 경우 기존대비 1.5배 정도의 가격을 가질 것으로 예상되고, 위험 구간 분석을 통한 전체 10% 추가 설치를 가정하여 비용을 산출함.
- 이를 상용화 후 시점을 기준으로 평가한 비용은 2026년 기준 25억원으로, 독점적 지위를 활용한 기간 추산 총 138억원, 현재가치 80억원으로 추산됨.
- 본 기획을 통해 들어가는 연구 개발비는 민간 투자금을 포함하여 160억원으로 평가하여 총 비용에 산정하였음.

표 70 노면 결빙 시각화 안전표지 설치/유지관리 비용 추정 결과

구분	비용 (억원)	현재가치 (억원)
2026년	25	16.2
2027년	26	16.1
2028년	27.5	16.1
2029년	29	16.0
2030년	30.5	16.0
합계	138	80.6

▪ 할인율 : 5.5%

□ 편익 산출을 위한 요소

- R&D에 의한 부가가치의 증대를 환산하기 위해 연구개발 부문 예비타당성조사 표준지침을 기반으로 시장수요접근법을 통해 산정함.
- 편익은 크게 직접편익과 간접편익으로 구분할 수 있으며, 직접편익만 분석하여 산정.
- 본 과제의 목적은 도로 시인성 향상과 주행안정성 확보를 통한 교통사고 감소를 주목적으로 하고 있어, 교통사고 저감에 따른 편익을 주로 하여 산정
- (발광형 노면표시) 발광형 차선의 목적은 도로 시인성 향상과 주행안정성 확보를 통한 교통사고 감소를 주목적으로 하고 있어, 교통사고 저감에 따른 편익을 주로 하여 산정
- 차선의 가시거리와 사고발생률에 관한 다양한 연구 분석들이 존재하나, 교통량 및 제한 속도, 노면 상태 등 다양한 변수들로 명확한 관계를 도출한 연구 결과는 전무함.
- 하지만, 대부분의 연구에서 가시거리와 사고발생률과의 연관관계가 있음을 말하고 있고, 외국의 사례에서 가시거리를 향상시켰을 때 33% 까지 사고를 감소시킬 수 있다는 연구결과를 보고하고 있음. (Elvik et al, Transportation Research record, 1995)
- 또한 최근 연구결과에서는 차선 가시거리 900 m 까지 증가 시켰을 경우, 사고 감소율이 최대 70%에 까지 달성가능 가능하다고 제시하고 있음.
- 도로 시인성 향상 및 곡선부 시선유도를 위해 사용되는 재귀 반사형 도로표지병은 곡선부 도로에서는 46% 정도 교통사고가 감소되었다고 보고됨.(미국연방보고서) 표지병의 경우 재귀반사에만 의존하기 때문에, 전조등 범위 밖 및 곡선부에서 충분한 차선 가시거리를 확보하지 못하는 한계가 있어, 본 과제와 연관성이 떨어짐.
- 따라서, 위험구간 분석 후 전체 도로의 5% 시공시 발생하여 시공된 구간의 발광차선 적용과 직접적 연관이 있는 야간 교통사고(중앙성 침범, 차로위반)의 감소율을 33%로 추정하여, 이에 따른 교통사고 저감 비용을 현재 가치로 산출함

※ PGS 비용 포함, 한국교통연구원 (2013) 교통사고비용 추정 방법론 정립에 따라 계산

표 71 교통사고 감소 편익 추정 결과

구분	교통사고 저감			교통사고 사회적 비용 저감 (천원)
	중앙선침범 (야간)	차로위반 (야간)	계	
연간 사망자	4.4	0.1	4.5	2,966,057
연간 부상자	242.6	81.0	323.6	6,441,237
합계	247	81.1		9,407,294

- (결빙 시각화 교통안전 표지) 노면 결빙 구간 감지 및 시각화를 통한 교통사고 사회적 비용 절감을 편익으로 하여 추산함.
- Summala et al, 1984; Luoma et al, 1992등 연구결과에 따르면 교통안전 표지를 통한 교통사고 저감률을 약 28%로 나타남. 또한 국내 통계에서는 2015년 교통안전 표지를 통해 26.7%의 사상자 감소가 있음이 통계적으로 보고됨
- 하지만, 이러한 결과들은 노면상태에 관한 알림뿐만 아니라, 전체 교통안전시설에 대한 효과로, 본 과제에 직접적용하기에는 부적합함.
- 2001년 워싱턴 대학의 Mannering연구팀에서 결빙구간 주의 표지를 통한 교통사고 분석 결과를 분석한 결과, 18%까지 사고를 저감한 것으로 나타났음.
- 본 과제에서 개발코자 하는 결빙시각화 안전표지의 경우, 직관성에 장점이 있어 더 교통사고 저감 효과는 더 클 것으로 예상되나, 본 경제성 분석에서는 18%를 기준으로 하여 편익을 산출함.

표 72 노면결빙 감소 편익 추정 결과

구분	노면결빙 사고 감소 (명)	교통사고 사회적 비용 저감 (천원)
연간 사망자	0.7	502,980
연간 부상자	39.8	792,759
합계	40.5	1,295,739

▢ 비용편익 분석 결과

- 본 기획 대상 사업에 대한 비용편익 분석결과 B/C ratio가 1.5로 나타나 경제성 측면이 긍정적인 것으로 판단됨

표 73 비용편익분석 결과

구분	비용 (현재가치)	편익 (현재가치)	B/C ratio
2026~2030	360억원	535억원	1.5

5절 종합분석

[정책적 타당성]

□ '외부자극 감응형 교통안전시설 개발'기술은 스마트 소재를 활용한 지능형 도로 교통안전 기술로서 지속가능한 사회를 구현하고 교통사고로 인행 발해되는 사회적 비용을 획기적으로 절감하는데 기여할 것으로 판단됨.

- 스마트 도로 인프라 구축을 통해 수요자 맞춤형 도로 정보 제공, 교통안전사고 시설물 유지보수 강화, 위험구간 맞춤형 시설 개선 등과 연계된 사회적 비용을 절감할 수 있음.

□ 본 연구단은 교통안전 취약 부분에 대한 안전관리 강화와 교통안전선진국 진입을 위한 교통안전 원천기술 및 실용화기술개발을 추진하여 「제8차 국가교통안전기본계획」,「2030 국가온실가스감축 기본로드맵」,「2017년 4차 산업혁명 대응계획」등 미래 기술/시장 선점을 위한 추진방향성에 부합함.

□ 외부자극 감응 원천소재 및 응용기술을 활용한 교통안전 기술 개발을 통해 독자적 기술경쟁력확보가 가능하게 함으로서 미래형 신시장 창출에 기여할 수 있는 추진 방향성, 연구범위에 부합함.

□ 정부에서는 미래성장동력 창출 및 국민의 삶 향상 등 다양한 관점 또는 특정 기술·산업 분야 중심의 유망기술을 선정·발표되어, 국가의 주요 정책 수립 내 전략적 R&D 투자를 위한 중점 기술로 선정함.

[기술적 타당성]

□ 본 연구단의 기술로드맵은 시각화 재료 개발부터 제품·응용기술, 설계·시공·유지관리 기술, 실규모·실도로 성능평가, 시제품, 시방서(안)까지 일체형으로 분야별 구체적으로 개발기술과 성과물이 제시되어 있어 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨.

- 세부과제별 구성기술은 외부자극 감응 재료를 활용한 교통안전 기술 개발 및 적용 연구의 완성도 높은 연구 결과를 위하여 소재, 제품, 현장적용을 포함한 연구 과제를 구성하여 연구내용의 논리성과 적절성이 높음. 또한 세부과제의 개념 및 범위가 구체적으로 서술되었으며 각 세부과제간의 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음.

□ 스마트 소재 기술을 활용한 외부자극 감응형 교통안전기술 개발은 기존 과제와 중복성이 없는 원천기술을 확보할 수 있는 과제임.

[경제적 타당성]

□ 본 기획 대상 사업에 대한 비용편익 분석결과 B/C ratio가 1.5로 나타나 경제성 측면이 긍정적인 것으로 판단됨.

□ 외부자극 감응 재료 활용 기술 개발을 통한 교통안전 사고 발생 비용저감 효과 기대되며, 기술개발을 통해 도로교통 산업의 신성장 동력원으로 기대됨.

□ 외부자극 감응형 교통안전시설에 대한 원천기술 확보를 통한 해외기술 의존도 해소 및 세계 최고수준 기술 확보를 위한 초석 마련할 수 있는 연구임.

제5장 소요예산 산정

1절 연구일정에 따른 인력투입 계획

□ 세부연구과제를 수행하는데 소요되는 적정 연구인력을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 투입인력을 산정하여 총 소요인력 투입계획을 결정함.

1. 전체사업 인력투입계획

가. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
총괄	37	37	71	71	216
1세부과제	26	26	42	42	136
2세부과제	11	11	29	29	80

2. 상세과제별 투입 연구인력

(단위 : 명)

구분		총 개발인원(명)					비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
총괄	책임연구원	6	6	11	11	34	
	연구원	15	15	35	35	100	
	연구보조원	13	13	18	18	62	
	보조원	3	3	7	7	20	
1세부	책임연구원	4	4	7	7	22	
	연구원	10	10	20	20	60	
	연구보조원	10	10	10	10	40	
	보조원	2	2	5	5	14	
2세부	책임연구원	2	2	4	4	12	
	연구원	5	5	15	15	40	
	연구보조원	3	3	8	8	22	
	보조원	1	1	2	2	6	

2절 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

□ 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 연구비를 산정하고, 이를 토대로 전체 소요 연구비를 결정함.

□ 인건비는 '2017년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성함.

□ 세부과제별 상향식으로 전체사업 소요예산 산출

가. 전체사업 소요예산

□ 총괄 소요예산

(단위 : 백만원)

분류	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	1,800	613	1,800	613	4,000	1,357	3,700	1,259	11,300	3,841
1세부과제	1,100	367	1,100	367	2,700	900	2,300	767	7,200	2,400
2세부과제	700	246	700	246	1,300	457	1,400	492	4,100	1,441

□ 예산 항목별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	예산항목							비율(%)
		단가(연봉)	연평균 인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	38,028		228	228	418	418	1,293	9
	연구원	29,160		437	437	1,021	1,021	2,916	19
	연구보조	19,488		253	253	351	351	1,208	8
	보조	14,616		44	44	102	102	292	2
	소계			963	963	1,892	1,892	5,710	38
직접비	연구장비재료비			773	773	1,960	1,675	5,180	34
	연구활동비			188	188	418	387	1,181	8
	연구과제추진비			60	60	134	124	379	3
	연구수당			67	67	150	137	421	3
	소계			1,088	1,088	2,661	2,323	7,160	47
간접비				362	362	804	744	2,271	15
합계				2,413	2,413	5,357	4,959	15,141	100

나. 세부과제별 소요예산

▢ 1세부 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	예산항목							비율(%)
		단가(연봉)	연평균 인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	38,028		152	152	266	266	837	9
	연구원	29,160		292	292	583	583	1,750	18
	연구보조	19,488		195	195	195	195	780	8
	보조	14,616		29	29	73	73	205	2
	소계			668	668	1,117	1,117	3,570	37
직접비	연구장비재료비			384	384	1,464	1,081	3,313	35
	연구활동비			114	114	281	239	749	8
	연구과제추진비			37	37	90	77	240	3
	연구수당			44	44	108	92	288	3
	소계			579	579	1,943	1,489	4,590	48
간접비				220	220	540	460	1,440	15
합계				1,467	1,467	3,600	3,066	9,600	100

▢ 2세부 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	예산항목							비율(%)
		단가(연봉)	연평균 인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	38,028		76	76	152	152	456	8
	연구원	29,160		146	146	437	437	1,166	21
	연구보조	19,488		58	58	156	156	429	8
	보조	14,616		15	15	29	29	88	2
	소계			295	295	775	775	2,139	39
직접비	연구장비재료비			389	389	496	593	1,867	34
	연구활동비			74	74	137	148	432	8
	연구과제추진비			24	24	44	47	139	3
	연구수당			23	23	42	45	133	2
	소계			509	509	719	834	2,571	46
간접비				142	142	264	284	831	15
합계				946	946	1,757	1,892	5,541	100

제6장 과제공모 방안

1절 과제제안 요구서(RFP)

1. 총괄 RFP

연구개발과제명	외부자극 감응 재료를 활용한 도로 시인성 및 주행 안전성 개선 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	• 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발 • 외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 기술 개발 • 외부자극 감응 기술의 실증 테스트 및 주행안전성 검증
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	• ‘16년 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조로 연간 GDP의 1.45% 규모이며, 특히 야간 교통사고는 약 8.7조의 사회적 비용이 발생하는 실정으로 도로 시인성 및 도로 정보 시각화를 통한 야간사고율 10% 감소 시 사회적 비용은 0.9조 절감이 예상됨. • 우리나라 교통사망자수는 자동차 만대당 1.9명 수준으로 OECD 평균보다 2배 가까이 높은 수치를 보이고 있음. 제8차 국토교통안전기본계획(‘17년~ ‘21년)을 수립하여 교통사고를 획기적으로 감소시키고자 융·복합 기술을 접목한 미래형 도로 인프라 구축이 필요한 시점임. - “제8차 국토교통안전기본계획(‘17년~‘21년)”에 따른 교통사고 감소(사망자 41.% 감소)를 달성하기 위해, 첨단소재 기반의 신규 도로인프라 도입 필요. • 미래성장동력 창출 및 국민의 삶 향상 등 다양한 관점 또는 특정 기술·산업 분야 중심의 유망기술로 외부자극 감응 기술을 선정·발표하여, 국가의 주요 정책 수립 내 전략적 R&D 투자를 위한 중점 기술로 선정함. • 전 세계적으로 급부상하고 있는 스마트 소재 관련 원천기술을 선점하기 위해 소재 요소기술 부터 독자적 응용제품에 이르기까지 전주기적 연구개발 지원 및 기반구축에 대한 적극적 지원이 필요함. - Frost&Sullivan 보고에 의하면 스마트 소재시장 연평균성장률(CAGR)은 12.8%로 2011년 220억 달러에서 2016년에는 400억 달러에 이를 것으로 전망됨. • 도로교통 분야에서 스마트 소재를 활용하여 안전한 주행환경을 구현할 수 있는 지능형 도로에 대한 기술수요 급증하고 있음.

- 실시간 도로 정보시각화를 통한 사고위험 예방 및 야간이나 취약구간에서 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행 여건을 제공하기 위한 근본 대책이 필요로 하고 있음.

▪ 조명이 없는 구간에서 운전자가 전방 위치를 확인할 수 있는 유일한 수단은 전조등과 차선임에도 불구하고 전조등의 조사 길이 한계로 차선의 인지성능이 운전자의 주행 안전성을 확보할 수 있는 가장 중요한 수단이기 때문에 이에 대한 구체적이고 현실적인 연구와 실용화 기술개발이 시급함.

- 야간 도로 시인성 문제는 교통 분야의 세계적 이슈로 볼 수 있으나, 그럼에도 불구하고 전통적인 노면표시 재료/시공기술에 의존하면서 해당분야의 기술개발 연구사례는 쉽게 찾아보기 어려움.

• 겨울철 교통사고 사망자 중 일반적인 눈길사고 사망자보다 노면결빙(블랙아이스)으로 인한 사고 사망자 수가 4배 이상 높은 결과를 보이고 있음.

- 노면결빙(블랙아이스)는 야간 운전시 눈으로 확인하기 어렵고, 일반적인 눈길보다 약 6배 이상 마찰계수가 낮기 때문에 인한 교통사고 1천건 당 사망자 수는 35.9명으로 전체 평균인 21.6명보다 66.2% 높게 발생하고 있어 지능형 교통안전시설 기술이 중요하게 대두됨.

• 도로 상습 결빙지역에서 주의 할 수 있도록 경고 표지판을 설치할 수 있으나, 실시간으로 현재의 노면 상태를 알 수 없으므로 실시간 노면 상태를 확인할 수 있는 결빙구간, 미끄럼 주의 등 교통안전 표지판 설치를 의무화 하고 있음.

• 스마트도로 건설, 도로여건 개선 및 효율화를 위한 외부자극_응답 소재의 교통안전 응용 기술은 세계적으로 기술 초기단계로 현재 일부 선진국을 중심으로 연구가 진행되는 있어 효율적인 연구개발을 통한 초기 시장 진입으로 세계시장 선도가 가능할 것으로 판단됨.

• 도로의 상태를 미리 파악하면 사고율이 80% 이상 감소하기 때문에 도로 교통 선진국인 미국, 유럽 및 일본 등에서는 실시간 시각화 시설물, 지능형 교통안전시설 등 도로 교통안전 정책을 수립하고 있음.

• 아직까지는 외부자극 감응형 재료 기술을 교통안전시설로 적용하기 위한 기술 상용화, 성능기준, 설계 및 시공 방법 등에 대한 기준이 미비한 실정임

• 도로의 연속적인 정보를 운전자에게 제공하여 빠르고 안전한 주행환경 구현 요망.

- 야간 도로 시인성 기술은 가로등과 같은 조명시설에 대한 에너지 절감 효과를 기대할 수 있으며, 자체 발광형 차선은 기존의 조명이 존

재하지 않는 전력공급이 없는 장소에서 지속가능한 대안임.

- 도로 정보 시각화 및 주행 안정성에 대한 핵심 요소기술 개발을 위해 다환경 및 실도로 성능 검증, 평가기술 개발 및 관련 법령 제도 개선이 필수적이며 이를 위한 정부지원 필요.
- 노면표시는 도로가 있는 곳이라면 반드시 존재하는 핵심 교통요소로 시장경제의 관점에서도 그 규모가 매우 크며, 과학적/경제적 유지관리를 위한 비용과 인력, 기술, 관리체계가 요구되는 실정.
- 또한, 4차 산업혁명 기술로 주목받고 있는 자율주행차량 기술도 차선의 영상정보를 가장 기본적인 학습/판단의 수단으로 이용하고 있어, 안정적인 시인성 확보/관리는 향후 자율주행 차량의 상용화/대중화를 위한 선결 과제라 할 수 있음.
- 첨단차량 기술의 진보에 따라 운전 주체가 운전자(사람)에서 차량으로 전이되는 시점에서 첨단차량이 차선을 잘 인식할 수 있는 기술적 대안 마련 필요.(예, LDWS, LKS)
- 현재의 관련 기준(도로안전시설설치 및 관리지침, 국토교통부)은 전통적인 기술의 대안에 맞추어 제정되었음. 첨단 기술의 개발 및 적용을 통한 국민의 주행 안전성 확보 차원에서 운전 주체별(운전자, 차량) 야간 시인성을 증진할 수 있는 기술적 대안에 대한 검토와 개정이 필요한 시점임.

□ **기술동향** ○ 국내 기술동향

- 국가교통안전기본계획에서 교통안전 취약부문에 대한 안전관리 강화를 주요 정책 방향으로 하여 국내 교통안전 수준을 ‘26년 교통안전 선진국 진입을 위해 위험 도로 및 위험구간 맞춤형 시설 개선, 첨단기술 활용한 안전운전 유도, 고령 운전자 증가에 따른 안전정책 등을 위해 스마트 도로 인프라 구축을 본격화 하고 있음.
- 최근 교통·환경·안전 이슈를 포함한 ‘4차 산업혁명 대응계획’을 발표하여 지능형 교통체계 기반 스마트 도로 구축, 지능형 도로 표시판 도입으로 교통사고율 5% 감소, 자율차 집중 육성 등과 관련하여 도로 시설물 안전관리 강화 및 교통사고 예방을 위한 상당한 노력을 기울이고 있는 실정임.

- 교통사고 사회적 비용 연간 26조 5,725억원 (국가 예산의 9.7%) 로 연간 지속적으로 증가하고 있음.(*물적·인적피해 사고비용은 증가 모두 증가추세)

- 4차 산업혁명의 핵심기술로 교통안전분야에서 도로 기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 색상이나 투명도 변화 등의 특성을 가지는 외부자

극 감응 재료를 활용하여 도로정보 시각화 기술에 적용하는 사례가 증가함에 따라 새로운 응용에 대한 기술개발이 확대되는 추세.

- 실시간 도로 정보 시각화 교통안전시설에 관련 연구는 외부자극 감응 재료 기술을 선도하고 있는 미국, 일본, 유럽 등에서 활발히 진행 중에 있으나, 국내에서는 주로 학계 및 연구소에서 자극-응답 스마트 소재에 대한 응용기술이 시작단계임.
- 2013년 한양대 김종만 교수팀에서는 diaectylene에 NCO 그룹을 도입하여 11℃부근에서 색변화가 일어나는 물질을 보고하였음. 같은 연구팀 2016년에서는 저온 감응 가능한 polydiaectylene 재료를 보고하였음. 알킬체인의 길이에 따라 결정 전형 온도를 5-30℃ 까지 자유롭게 제어 가능함을 보였음.
- 국내 발광형 노면표시에 관한 연구는 평화엔지니어링에서 “도로의 야간 교통사고 저감을 위한 야광형 포장노면표시 기술개발의 적용성 연구“를 통해 국내외 광자극 소재의 적용 사례 검토 및 교통사고 통계를 분석하여 야간 교통사고 특성을 분석 및 사고저감을 위해 야광 노면표시 기술의 도로 환경 적용 방안을 제시함.
- 대부분의 상용화된 축광형 제품의 경우 미국 3M, 일본 Nemoto, Nichia, NIPPON 등 기업에서 독점적으로 생산하고 있으며, 국내 기업은 기술 후발주자로서 원천기술 및 시장 경쟁력 확보가 시급한 실정임.
- 외부자극 감응 재료 관련 기술 분야 특허 출원 건수를 살펴보면, 한국 261건(33%), 미국 147건(18%), 일본 185건(23%), 유럽 52건(6%), 중국 157건(20%)의 특허가 출원하고 있으며, 한국의 경우 다수의 출원이 시장경쟁을 하고 있어 전형적인 시장 성장기 모습을 보이고 있음.
- 기존 도로 노면표시는 시인성 향상을 위한 글라스 비드(Glass Bead)나 신소재를 바인딩/도포하는 방법을 주로 이용.
- 외국의 경우 3M과 같은 대형 소재개발 업체에서 관심을 가지고 도로 노면표시를 위한 투자와 신소재 개발이 이루어지고 있으나 매우 고가로서 국내 시장도입에는 한계가 있음.

○ 해외 기술동향

- 미국 연방교통부 스마트 교통체계를 포함하는 도로교통 인프라 지원를 지원하고 있으며, 스마트 교통 체계 개선을 위해 ‘Smart city challenge'를 개최하여 교통수단, 온실가스, 스마트 가로등과 같은 교통시설, 자동화 셔틀 등 주요 문제점을 연구하여 위한 다양한 정책을 수립함.

- EU의 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)은 '30년까지 안전한 도로교통을 위한 기술개발 로드맵을 제시함.
  - 도로이용자의 안전, 안전한 자동차, 교통안전분석, 안전한 사회시설, 도로안전 및 보안을 위한 협동 등 기술 방향성 제시.
- EU PROS 보고서에서는 교통안전이슈를 도출하여 도로상태 분석 및 경고하여 운전자의 운전주행을 유도하는 기술 개발을 위해 차선, 표지판 등의 도로시설물에 대해 도로환경을 바탕으로 새로운 개념의 디자인 도입을 요구하고 있음.
- 2016년에는 세계적으로 1조원 규모의 시장에서 2022년 까지 연간 22.3% 성장을 통하여 3조원 규모의 스마트·기능성 재료 시장이 형성될 것으로 예상됨.(Mordoer intelligence report, Global Smart Polymer Market)
- 지능형 교통안전시설 기술은 유럽, 미국 등을 중심으로 약 10여 년 전에 개념이 도입되었으며, 도로 기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 색상이나 투명도 변화 등의 특성을 활용하여 도로 정보 시각화 기술에 적용하는 사례가 증가함에 따라 새로운 응용에 대한 기술개발이 확대되는 추세.
- 프랑스 Eurovia 社에서 온도 감응형 피그먼트를 포함한 고분자를 이용하여, 도로에 코팅을 하여, 온도 변화에 따라, 가역적으로 변하는 도로 교통안전시설을 개발함.
- 독일 SWARCO 社에서는 노면의 온도를 시각적으로 전달하기 스노우 심볼, ICE, FORST 글자 등이 0℃ 이하에서 시각화 되도록 하는 연구를 진행함. 열가소성 수지에 온도자극 변색 안료를 압출기로 혼련한 후 필름 또는 시트 상으로 제작하여 노면에 적용되는 제품으로 특히 교량 시작점 등 취약한 곳에 적용됨.
- 네덜란드의 북부 라반트 지역에 2014년 Daan Roosegaarde가 "Van Gogh-Roosegaarde cycle path"를 조성함.
- 폴란드 TPA SP. Zoo(TPA)에서는 2016년 잔광 특성이 개선된 도료를 사용하여 추가적인 LED 조명 없이도 12시간 이상 발광특성 확보가 가능한 자전거 도로를 조성함.
- 영국 Pro-Teq 社는 알루민산스트론튬을 이용한 polyurethane-urea 기반의 Starpath-PRO 제품을 개발하여 Christ's Pieces에 설치하였으며, 최대 16시간 발광 가능하여 Nissan Leaf 자동차에도 적용한 사례가 있음.
- 2015년 벨기에 Ghent University의 Smet 팀에서는 $SrAl_2O_4:Eu^{2+},Dy^{3}$

의 실제 야외 적용에 관한 조건에 관하여 연구를 수행하여, 현재 까지 온도에 따른 발광시간의 영향 및 도로 적용을 위한 실용화 연구로 진행하고 있음.

- 외부자극 감응 재료에 대한 전체 출원 경향을 살펴보면, 광감응 관련 기술이 486건(60%)으로 가장 많은 출원을 기록하였으며, 그 뒤를 이어 내구성 관련기술이 208건(26%), 온도감응 관련기술이 93건(11%), 수분감응 관련기술이 25건(3%) 순으로 나타남.
- 광감응 및 내구성 관련기술 분야에서는 미국의 3M INNOVAITVE PROPERTIES가 1위로 조사되었으며, 온도감응 관련기술에는 일본의 PILOT가, 수분감응 관련기술에서는 중국의 TOPPAN가 가장 많은 출원을 기록.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발(무전원 방식)
- 광자극 감응형 발광체 설계 및 요소기술 개발
- 경제성을 고려한 발광체 제조 및 성능 개선 기술 개발
- 광자극 감응형 발광체의 마이크로 비드화 기술 개발
- 광학적 특성 제어를 위한 투명 바인더 개발
- 도로 노면표시 적용을 위한 발광체 성능평가 기술 개발

○ 도로 노면표시 활용을 위한 광학적 성능 최적화 기술
- 발광체 조합을 통한 성능 복합화 및 최적설계 기술 개발
- 야간 적정 시인성 확보를 위한 노면표시용 발광체 최적 배합 기술
- 투명 바인더 활용 발광체의 흡광/발광 효율 개선 최적 배합 기술

○ 광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발
- 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광형 노면표시 개발
- 야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 개발
- 교통약자 보행환경 개선을 위한 자체 발광형 보행로 개발
- 자체 발광형 노면표시 제품의 정량적 성능평가 기술 개발
- 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능기준(안) 정립

○ 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지성능 향상 기술 개발
- 취약구간(산간지역, 곡선구간, 터널 등)의 주행안전성 개선을 위한 자체 발광형 노면표시 조합 시스템 개발
- 도로조명 및 교통조건을 연계한 자체 발광형 노면표시 실용화 기술 개발(태양광, 가로등, 헤드라이트 등)

- 자체 발광체 연구개발 성과물의 적용 대상 및 서비스 확대 기술(예 : 횡단보도 인지표시, 속도 제한표시 등)
- 자체 발광형 노면표시의 자율주행 차선인식 시스템 연계 기술 및 성능검증
- 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발
- 자체 발광형 노면표시의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립

○ 자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트 기술 개발
- 실규모 기반의 도로 시인성 실증 테스트 기술 개발
- 실제 야간 도로환경을 고려한 주행안정성 실증 테스트 기술 개발
- 자체 발광형 노면표시의 설치·관리 매뉴얼(안) 개발

[2세부과제]

○ 외부자극 감응형 가역적 변색제어 시각화 재료 개발
- 저온자극 감응형 시각화 재료 설계 및 요소기술 개발
- 저온자극 감응형 가역변색 시각화 재료 개발
- 가역적 변색제어 시각화 재료 제조 및 성능 개선 기술 개발
- 가역 내구성 개선을 위한 매트릭스 바인더 개발
- 저온자극 감응형 시각화 재료의 복합화 및 성능 최적화 기술 개발

○ 외부자극 감응형 교통안전시설 제품 기술 개발
- 실시간 도로 결빙위험 시각화 교통안전시설 제품 개발
- 저온환경 도로결빙 인지형 노면 보조표시 제품 개발
- 교통안전시설 시각화 구조 설계 및 운전자 인지 디자인 기술 개발
- 도로환경을 고려한 교통안전시설의 시각화 전달빈도 설계 기술 개발
- 저온자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발
- 저온자극 감응형 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안) 정립

○ 외부자극 감응형 교통안전시설의 조합 시스템 기술 개발
- 도로 결빙위험 구간의 운전자 인지성능 개선을 위한 교통안전시설 조합 시스템 개발
- 상습 결빙구간에서의 교통안전시설 조합 시스템의 적용 세분화 기술(주변지형, 기존 도로시설 연계 등)
- 교통안전시설의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발
- 교통안전시설의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립

○ 외부자극 감응형 교통안전시설 실환경 성능검증 기술
- 외부자극 감응형 교통안전시설의 지속성능 평가 기술 개발
- 겨울철 도로 기후환경 모사 실환경/실규모 성능검증 기술 개발
- 외부자극 감응형 제품의 교통안전시설 설치·관리 매뉴얼(안) 개발

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	• 세부과제 및 세부기술과제별 연차별, 단계별 성과목표 및 성과 지표 설정 • 세계 최고 수준의 원천기술 확보를 위한 전략 추구 - 외부자극 감응 기술 관련 원천소재 또는 교통안전 개선을 위한 원천기술 개발을 통한 기술 선진국 도약을 위한 전략 추구 • 핵심 아이디어 도출단계에서부터 지적재산권 확보 추진 • 성과 목표와 지표간 상호 연계성 확보 • 철저한 성과 검증 추진 - 연구 계획 시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 제시 - 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과 모니터링을 실시 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대 전략 수립 • 본 과제 추진 시 연구개발 성과의 내구성 기준, 평가방법, 시공 및 유지관리 방법 등은 현행 설치·관리지침을 반영하여 세부적으로 수립
□ 추진체계	• 본 연구단은 기초·원천기술, 응용 및 실용화 기술 등 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 책임자가 필요함. ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도(참여시 가점 부여) • 본 연구과제는 2개의 과제로 구성되어 있으며, 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 개발기술의 파일럿 제작 및 성능평가를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계구축이 필요하며, 도로, 화학분야의 전문기관 또는 전문가들을 포함한 다학제간 연계를 통한 협동연구가 필요함. • 필요시 외부의 협력 및 위탁기관을 정하여 효율적 사업 수행하여야 하며, 이 때 협력 및 위탁기관은 국내외 전문조직을 활용할 수 있음.
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	[1세부과제] • 광자극 감응형 발광체 시제품 • 자체 발광형 노면표시/자전거 도로/보행로 시제품 • 자체 발광형 노면표시의 시방서 • 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능기준(안)

	• 자체 발광형 노면표시의 주행안전 실증 테스트 평가 결과서 • 자체 발광형 노면표시 설치·관리 매뉴얼(안) [2세부과제] • 저온자극 감응형 교통안전시설/노면 보조표시 시제품 • 저온자극 감응형 교통안전시설 시방서 • 저온자극 감응형 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안) • 실규모 기후환경 모사 인지성능 평가 기술서 • 교통안전시설 설치·관리 매뉴얼(안)
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	• 교통안전시설물 분야의 실시간 도로환경 정보 제공, 스마트 노면표시 등 첨단도로 고도화 기술 관련 시장의 발전 가속화 • 외부자극 감응형 소재를 교통 분야의 지능형 도로 인프라 구축에 활용하고 다양한 산업 분야에서 응용기술 확대 기대 • 국내 교통안전 의식이 성장함에 따른 교통사고 감소와 도로 주행안전성 확보를 위해 고성능, 고품질 제품 창출을 위한 원천기술로 활용 • 야간 도로 시인성, 보행 안전성 등 도로 이용자의 직접적인 니즈를 반영한 새로운 신규 제품화 기술로 활용 • 기존 노면표시와 융합기술을 통한 세계 수준의 기술력과 가격 경쟁력 확보
□ 기대효과	• 안전한 주행환경을 구현하기 위한 지능형 도로에 대한 기술수요 급증하고 있어 지능형 교통안전 기술에 대한 원천기술 확보를 통한 해외기술 의존도 해소 및 미래 성장동력 창출 • 급격히 변화하는 첨단 국토교통기술에서 도로 정보 시각화와 주행 안전성에 대한 핵심 요소기술 개발로 안전한 교통환경 조성 이바지 • 신개념의 도로차선 핵심원천기술의 도로적용을 통해 야간 악천후 도로 안전기반 기술 확보 • 국내 기후환경 맞춤형 도로정보 시각화 기술 확보 및 외부자극 요소 적용한 실환경 성능평가 방법 도출 • 교통기능 외 다양한 가치가 창출되는 첨단 도로공간 기술 마련 • 국민 체감형 R&D를 통한 안전 행복 실현으로 교통흐름 개선과 효율적 주행 환경 제공 • 교통안전 인프라 취약지역에서의 교통사고를 현저히 감소시키고 도로정보 시각화로 인한 안전성 증가로 사회적 비용 절감 • 4차 산업 생태계에 발맞춘 제도 개선으로 산업지원을 통한 신시장·신산업 창출, 사회적 이슈 대응 기술력 확보 정책연계를 통한 국가경쟁력 제고 및 국내 산업 육성에 이바지 가능.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2019. 04 ~ 2023. 03(4년)

○ 총 정부출연금 : 11,300백만원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 1.800백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 "국토교통부소관 연구개발사업 운영규정"의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 "일반/보안 과제"임

○ 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

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 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 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 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

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 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

○ 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

○ 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 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

2. 1세부과제 RFP

연구개발과제명	(1세부) 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	• 외부자극에 감응하는 자체 발광형 노면표시 재료 개발 • 광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발 - 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광형 노면표시 개발 - 야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 개발 - 교통약자 보행환경 개선을 위한 자체 발광형 보행로 개발 • 자체 발광형 노면표시 실용화 기술 개발 • 자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	• ‘16년 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조로 연간 GDP의 1.45% 수준, 특히 야간 교통사고 사망률은 주간 대비 약 2배로 8.7조의 사회적 비용이 발생하여 도로 시인성 개선을 통해 야간 사고율 10% 감소 시 사회적 비용 0.9조 절감 예상. • ‘18년 정부 R&D 건설·교통부문 주요 키워드는 안전, 저에너지, 스마트 교통시스템, 융·복합, 자율운행 등으로 범부처별 협업을 통한 안전을 겸비한 미래 스마트 교통 인프라 구축에 지속적인 투자가 지속될 것으로 전망됨. • “제8차 국토교통안전기본계획(‘17년~‘21년)”에 따른 교통사고 감소(사망자 41.% 감소)를 달성하기 위해, 첨단소재 기반의 신규 도로인프라 도입 필요 • 4차 산업혁명으로 외부자극 감응형 스마트 소재 기술의 산업 활용이 급격히 증가할 것으로 예상됨. 2016년 1000 조원 규모에서 연간 22% 성장을 통해, 2022년 3000조원 규모의 초대형 시장을 형성하여, 도로교통 관련분야의 새로운 패러다임 전환이 예측됨.(Mordor Intelligence report, 2016) • 스마트소재 원천기술의 확보는 4차 산업혁명에 대응하는 미래성장동력으로 국토교통부에서도 소재분야 R&D 지원 지속적인 연구개발이 필요한 상황. • 스마트 소재와 여러 산업의 융합 연구는 활발하게 이루어지고 있으나, 도로교통 산업과 융합분야 투자는 전무함. 신규 응용산업분야 활성화를 위해 초기 정부 주도 R&D 활성화가 요구됨. • ‘Global Insight’에 따르면 2010년 도로부문을 포함한 교통분야 세계시장 규모는 약 1조409억 달러지만 2020년 2조4876억 달러 규모로

2배 이상 성장할 것으로 예측됨.

- 전 세계 도로용 도료 시장규모는 2014년 기준 4조원 규모로, 2025년까지 연간 4.7%의 계속적인 성장이 예상됨.(Grand View Research Report, 2016)
- 특히 도로교통 안전시설의 야간 도로 시인성에 대한 기술수준 및 한계성을 개선하여 사고 없는 안전한 교통환경 조성을 위한 새로운 성능개념의 노면표시에 대한 기술 개발이 필요한 실정임.

- 조명이 없는 구간에서 안전한 주행환경을 구현하기 위한 무전원 방식의 교통안전시설 기술도입이 시급한 실정.

- 도로의 연속적인 정보를 운전자에게 제공하여 빠르고 안전한 주행환경 구현 요망.

- 야간 도로 시인성 기술은 가로등과 같은 조명시설에 대한 에너지 절감 효과를 창출할 것으로 기대하고 있으며, 자체 발광차선은 기존의 조명이 없는 도로구간에서 지속가능한 대안 기술임.

- 야간 도로 시인성 문제는 교통 분야의 세계적 이슈로 볼 수 있으나, 그럼에도 불구하고 전통적인 노면표시 재료/기술에 의존하면서 해당 분야의 기술개발 연구사례는 쉽게 찾아보기 어려움.

- 외부자극 감응 응용기술로 야간 도로 시인성 확보에 대한 연구가 시급한 상황, 국내는 물론 국제적인 기술수요 또한 충분하다고 판단됨.

- 최근 도로교통 기술 분야에서 다양한 형태의 에너지를 흡수하여 특정 파장대의 빛을 발광하는 자극감응 시각화 개념의 첨단기술 수요 증가.
- 자체 발광형 노면표시 시스템의 경우 야간 교통사고 예방에 큰 도움을 줄 것으로 기대되고 있고, 고위험 사고발생지역 표시, 터널, 산간지역, 곡선구간 위험표시 등 특수 목적형 도로표시 시장에서도 큰 수요가 있을 것으로 예상됨.(Grand View Research Report, 2016)
- 기존 축광도료의 노면표시 개념을 확장한 광자극 감응 융합기술을 통하여 야간 시인성 개선을 위한 연구개발이 필요하며, 이를 통해 기존 노면표시 기술의 한계점 극복.

- 초기 설치비와 유지관리비를 고려한 고효율/고내구성에 대한 보급화 기술 개발이 필요.

- 자체 발광형 노면표시 개발을 위해서 발광효율 및 반복적 내구성 향상에 대해 광학적 요소기술과 실용화 특성을 고려한 성능평가 기술 및 성능기준의 정립이 필요함.
- 첨단차량 기술의 진보에 따라 운전 주체가 운전자(사람)에서 차량으로 전이되는 시점에서 첨단차량이 차선을 잘 인식할 수 있는 기술적 대안 마련 필요.(예, LDWS, LKS)

□ 기술동향

○ 국내기술 동향

- 빛을 발광하는 발광체 재료는 희토류 부활제 기반의 물질을 활용하여 긴 발광시간 뿐만 아니라 특유의 흡수 및 발광 파장특성을 활용하여 고정밀 이미지 센서 등 다양분야에 활용 되고 있으나, 국내 자체 발광형 노면표시 응용연구는 아직 매우 미약한 실정임.
- 대부분의 상용화된 제품의 경우 일본 Nemoto, Nichia 등 기업에서 독점적으로 생산하고 있으며, 최근 국내 회사에서도 발광 지속시간 10시간 이상의 제품들이 생산되고 있음.
- 국내 발광형 노면표시에 관한 연구는 평화엔지니어링에서 “도로의 야간 교통사고 저감을 위한 야광형 포장노면표시 기술개발의 적용성 연구“를 통해 국내외 광자극 소재의 적용 사례 검토 및 교통사고 통계를 분석하여 야간 교통사고 특성을 분석 및 사고저감을 위해 야광 노면표시 기술의 도로 환경 적용 방안을 제시함.
- 또한 같은 연구팀에서 “도로의 축광차선 도료 개발을 위한 축광안료 최적 배합비 산정에 관한 연구“를 통해 축광안료를 배합한 노면표시용 도료의 축광안료 최적 배합비와 축광 노면표시 성능 및 시공특성에 대한 연구를 수행함.
- 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시에 있어 차량의 주행속도 및 도로선형에 따라 차선간격, 차선길이에 대한 연구가 필요한 상황으로 적절한 차선간격과 차선길이를 통계적인 접근으로 도로 시인성을 개선하고자 하는 연구사례는 있음.

○ 해외기술 동향

- 대표적인 발광형 노면표시 기술은 네덜란드 Heijmans 社와 Daan Roosegaarde가 $Sr_4Al_{14}O_{25}$:Eu,Dy 계열의 물질을 활용하여 최대 10시간까지 발광하는 차선을 시험 적용한 사례가 있음.
- 네덜란드의 북부 라반트 지역에 2014년 Daan Roosegaarde가 “Van Gogh-Roosegaarde cycle path”를 조성함.
- 그러나 가수분해에 의해 급격하게 발광효율이 저하되어 외부에서 추가적으로 에너지를 공급하는 기술적 한계성 가지고 있음.
- 폴란드 TPA SP. Zoo에서는 2016년 잔광 특성이 개선된 도료를 사용하여 추가적인 LED 조명 없이도 12시간 이상 발광특성 확보가 가능한 자전거 도로를 조성함.
- 영국 Pro-Teq 社는 알루민산스트론튬을 이용한 polyurethane-urea 기반의 Starpath-PRO 제품을 개발하여 Christ’s Pieces에 설치하였으며, 최대 16시간 발광 가능하여 Nissan Leaf 자동차에도 적용한 사례가 있음.
- 프랑스의 T. Le Mercier 팀에서는 2005년부터 $SrAl_2O_4$-Eu^{2+}에서 희

토류 부활제를 잔광시간 증가에 대한 메커니즘을 규명하여, Dy^{3+}가 $SrAl_2O_4$-Eu^{2+} 결정의 defect에 들어감으로서, electron trap의 수를 증가 시켜 발광 시간을 증가시킴을 증명함.

- 2012년 조지아대학의 Liu 교수팀에서는 $Zn_3Ga_2Ge_2O_{10}$:0.5%Cr^{3+}를 이용하여 650~1000nm 까지의 빛을 방출하는 물질을 Nature Material에 보고함. 이 물질은 최대 360시간 까지 발광을 지속하고 짧은 시간의 햇빛 노출에도 2주 이상 활성화되는 특징을 가짐. 또한 NIR 파장의 발광으로 바이오 센싱으로 활용 가치를 극대화 함.
- 2015년 벨기에 Ghent University의 Smet 팀에서는 $SrAl_2O_4$:Eu^{2+},Dy^3의 실제 야외 적용에 관한 조건에 관하여 연구를 수행하여, 현재 까지 온도에 따른 발광시간의 영향 및 도로 적용을 위한 실용화 연구로 진행하고 있음.
- 자율주행을 위해서 대중적으로 사용되는 비전기술로는 Mobileye의 카메라가 사용되는데, 최근 Mobileye EyeQ5 모델이 NVIDIA's Xavier 보다 딥러닝(Deep Learning)에 있어 우수한 성능을 보여주고 있음.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

○ 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발(무전원 방식)
- 광자극 감응형 발광체 설계 및 요소기술 개발
- 경제성을 고려한 발광체 제조 및 성능 개선 기술 개발
- 광자극 감응형 발광체의 마이크로 비드화 기술 개발
- 광학적 특성 제어를 위한 투명 바인더 개발
- 도로 노면표시 적용을 위한 발광체 성능평가 기술 개발

○ 도로 노면표시 활용을 위한 광학적 성능 최적화 기술
- 발광체 조합을 통한 성능 복합화 및 최적설계 기술 개발
- 야간 적정 시인성 확보를 위한 노면표시용 발광체 최적 배합 기술
- 투명 바인더 활용 발광체의 흡광/발광 효율 개선 최적 배합 기술

○ 광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발
- 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광형 노면표시 개발
- 야간 안전사고 예방 자체 발광형 자전거 도로 개발
- 교통약자 보행환경 개선을 위한 자체 발광형 보행로 개발
- 자체 발광형 노면표시 제품의 정량적 성능평가 기술 개발
- 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능기준(안) 정립

○ 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지성능 향상 기술 개발
- 취약구간(산간지역, 곡선구간, 터널 등)의 주행안전성 개선을 위한 자체 발광형 노면표시 조합 시스템 개발
- 도로조명 및 교통조건을 연계한 자체 발광형 노면표시 실용화 기술

	개발(태양광, 가로등, 헤드라이트 등) • 자체 발광체 연구개발 성과물의 적용 대상 및 서비스 확대 기술(예 : 횡단보도 인지표시, 속도 제한표시 등) • 자체 발광형 노면표시의 자율주행 차선인식 시스템 연계 기술 및 성능검증 • 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발 • 자체 발광형 노면표시의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립 ○ 자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트 기술 개발 • 실규모 기반의 도로 시인성 실증 테스트 기술 개발 • 실제 야간 도로환경을 고려한 주행안정성 실증 테스트 기술 개발 • 자체 발광형 노면표시의 설치·관리 매뉴얼(안) 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	• 세부과제 연차별 성과목표 및 성과 수준 등을 명확하게 제시 • 연구 수행 시 제품의 실용화 및 보급화를 고려하여 원재료 수급과 합리적인 가격 경쟁력 확보 방안에 대한 계획 수립 • 고효율, 고내구성 확보를 위해 연구 수행 전 화학분야 전문가 집단 및 관련 재료 전문 생산업체와의 기술적 타당성 모색 • 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 원천소재 차별성 또는 구체적 활용방안을 연구계획에 포함. • 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보 추진 • 조명 없는 구간에 적용 가능한 노면표시는 연구기간 내 목표 제품을 선정하여 실용화 추진
□ 추진체계	• 본 연구단은 개발기술의 성과물 및 성능평가를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함. ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도(참여시 가점 부여) • 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장 제공 등)이 명확하여야 하며, 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 • 화학분야 전문기관 또는 도로교통 전문가와 연계한 공동연구가 필요하며, 자체 발광체 생산업체, 도료업체 및 자율주행 관련 업체의 참여가 필요함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요하며, 재료 분야뿐만 아니라, 다양한 분야의 전문가들의 연계를 통한 협동연구가 필요함

	• 도로 시인성 실증 테스트 수행시 기존 성능평가 방법, 검증내용(달성방법) 및 정량적 데이터와 연계한 통합적인 연구추진
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	• 광자극 감응형 발광체 시제품 • 조명 없는 구간에 적용 가능한 자체 발광 노면표시 시제품 • 자체 발광형 자전거 도로 시제품 • 교통약자용 자체 발광형 보행로 시제품 • 자체 발광형 노면표시 시방서 • 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능기준(안) • 자체 발광형 노면표시의 주행안전 실증 테스트 평가 결과서 • 자체 발광형 노면표시 설치·관리 매뉴얼(안)
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	• 국내 교통안전 의식이 성장함에 따른 교통사고 감소와 도로 주행안전성 확보를 위해 고성능, 고품질 제품 창출을 위한 원천기술로 활용 • 조명 없는 구간에서 야간 도로 시인성, 보행 안전성 등 도로 이용자의 직접적인 니즈를 반영한 새로운 신규 제품화 기술로 활용 • 기존 노면표시와 융합기술을 통한 세계 수준의 기술력과 가격 경쟁력 확보
□ 기대효과	• 신개념의 도로차선 핵심원천기술의 도로적용을 통해 취약구간의 도로 안전기반 기술 확보 • 국내 도로조건 맞춤형 노면표시 기술 확보 및 외부자극 요소 적용한 실증 테스트 성능평가 방법 도출 • 교통기능 외 다양한 가치가 창출되는 첨단 도로공간 기술 마련 • 국민 체감형 R&D를 통한 안전 행복 실현으로 교통흐름 개선과 효율적 주행 환경 제공 • 교통안전 인프라 취약지역에서의 교통사고를 현저히 감소시키고 도로 시인성 개선으로 인한 주행 안전성 증가로 사회적 비용 절감 • 4차 산업 생태계에 발맞춘 제도 개선으로 산업지원을 통한 신시장·신산업 창출, 사회적 이슈 대응 기술력 확보
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2019. 04~ 2023. 03(4년) ○ 총 정부출연금 : 7,200백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,100백만원 이내

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임

○ 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

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 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 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 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

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 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

○ 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

	○ 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 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

3. 2세부과제 RFP

연구개발과제명	(2세부) 외부자극 감응형 도로정보 시각화 교통안전시설 기술 개발

1. 연구개발 목표

- 외부자극 감응형 가역적 변색 시각화 재료 개발
- 외부자극 감응형 교통안전시설 제품 기술 개발
  - 실시간 도로 결빙위험 시각화 교통안전시설 제품 개발
  - 저온환경 도로결빙 인지형 노면 보조표지 제품 개발
- 외부자극 감응형 교통안전시설 조합 시스템 및 실환경 성능검증 기술 개발

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

- 우리나라 교통사망자수는 자동차 만대당 1.9명 수준으로 OECD 평균보다 2배 가까이 높은 수치를 보이고 있음. 제8차 국토교통안전기본계획('17년~ '21년)을 수립하여 교통사고를 획기적으로 감소시키고자 하고, 이를 위해 전방위적 안전한 도로환경 구축 필요.

  * 교통사고 사회적 비용 연간 26조 5,725억원 (국가 예산의 9.7%)

- 도로의 연속적인 정보를 운전자에게 제공하여 빠르고 안전한 주행환경 구현 기술 개발이 필요한 실정.
  - 실시간 도로 정보 시각화를 통한 사고위험 방지 및 야간이나 악천후시 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 안전한 주행여건을 제공하기 위한 근본 대책이 필요로 하고 있음.
- 최근 안전한 도로교통 환경 조성을 위한 4차 산업 혁명 및 첨단소재 개발 확대에 따른 미래형 도로산업 투자가 활성화 되고 있으며, 이를 위해 스마트 소재를 활용한 지능형 도로시설물에 대한 기술수요가 급증하고 있음.(Mordor Intelligence report, 2016)
  - 급격히 변화하는 첨단 국토교통기술에서 도로 정보 시각화와 주행 안전성에 대한 핵심 요소기술 개발 및 확보 전략이 미흡한 상태임.
- 전 세계적으로 급부상하고 있는 스마트 소재 관련 원천기술을 선점하기 위한 원천소재부터 독자적 응용제품에 이르기까지 전주기적 연구개발 지원 및 기반구축에 대한 적극적 지원이 필요함.
  - Frost&Sullivan 보고에 의하면 스마트 소재시장 연평균성장률(CAGR)은 12.8%로 2011년 220억 달러에서 2016년에는 400억 달러에 이를 것으로 전망됨.
- 외부자극_응답 소재의 교통안전 응용 기술은 세계적으로 기술 초기단계로 현재 일부 선진국을 중심으로 연구가 진행되는 있어 효율적인 연구개발을 통한 초기 시장 진입으로 세계시장 선도가 가능할 것으로 판단됨.

- 외부자극 감응형 재료 기술을 교통안전시설로 적용하기 위해서는 기술 상용화, 성능기준, 설계 및 시공 방법 등에 대한 기준이 미비한 실정임.

• 겨울철 교통사고 사망자 중 일반적인 눈길사고 사망자보다 노면결빙(블랙아이스)으로 인한 사고 사망자 수가 4배 이상 높은 결과를 보이고 있음.

- 노면결빙(블랙아이스)는 야간 운전시 눈으로 확인하기 어렵고, 일반적인 눈길보다 약 6배 이상 마찰계수가 낮기 때문에 인한 교통사고 1천건 당 사망자 수는 35.9명으로 전체 평균인 21.6명보다 66.2% 높게 발생하고 있어 지능형 교통안전시설 기술이 중요하게 대두됨.

• 도로 상습 결빙지역에서 주의 할 수 있도록 경고 표지판을 설치할 수 있으나, 실시간으로 현재의 노면 상태를 알 수 없으므로 실시간 노면 상태를 확인할 수 있는 결빙구간, 미끄럼 주의 등 교통안전 표지판 설치를 의무화 하고 있음.

- 특히 눈으로 확인할 수 없는 도로노면에서의 블랙아이스를 능동적으로 확인 가능하며, 외부전원이 없이 온도에 따라서 자동으로 감응하여 위험구간을 시각적 정보로 전달할 수 있는 기술 개발요구 증대.

• 도로의 상태를 미리 파악하면 사고율이 80% 이상 감소하기 때문에 도로 교통 선진국인 미국, 유럽 및 일본 등에서는 실시간 시각화 시설물, 지능형 교통안전시설 등 도로 교통안전 정책을 수립하고 있음.

• European Road Safety Action Programme을 통해 '20년까지 도로교통사망자를 50%까지 감축하는 것을 목표로 하여 시행중임. 특히 중앙분리대, 시설물에 대한 효과 사례 분석 및 안전시설 방향과 성능규정을 포함하는 도로안전 보호시스템을 구축 중.

• EU의 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)은 '30년까지 안전한 도로교통을 위한 기술개발 로드맵을 제시함.

- 통합안전 도로교통시스템 구축을 통해 '20년까지 사고율 30% 감소, '30년 교통사고 제로를 목표로 하고 있음.

□ 기술동향

○ 국내기술 동향

• 실시간 도로 정보 시각화 교통안전시설에 관련 연구는 외부자극 감응재료 기술을 선도하고 있는 미국, 일본, 유럽 등에서 활발히 진행 중에 있으나, 국내에서는 주로 학계 및 연구소에서 자극-응답 스마트 소재에 대한 응용기술 연구만 진행되어 아직 큰 시장이 크게 형성되지 않은 상황임.

• 현재 온도 감응형 소재는 무기물, 유기 단분자 및 고분자, 액정형 물질로 분류되고, 무기물 기반의 재료가 가장 상업적으로 많이 활용됨.

- 무기물 재료의 경우 온도에 따른 결정구조 전형에 따른 band gap

변화로 색변화가 일어나며, 상대적으로 낮은 가격 및 쉬운 공정으로 많은 활용이 이루어지고 있으나, 상전이 온도 조절에 한계가 있고 변색의 범위 또한 한정적임.

- 국내에서는 아직 온도감응소재를 활용한 도로 시설물 적용에 관한 예는 없으나, 2017년 한국건설기술연구원에서 “온도와 습도에 따라 노면상태를 표시할 수 있는 가변 안전표지” 특허가 등록되었음. 이는 도로 표지에 관한 것으로 감온 도료(Thermo-chromism Paint) 및 습도표시 카드(Humidity Indicator Card: "HIC")용 도료를 이용하여 젖은 노면 또는 결빙 상태를 도형이나 문자로 표지됨.(습도표시표지 방법에 대한 제시를 하였으나, 감온 재료의 적용에 관해서는 개념적으로만 제시)
- 이와 관련하여 한국건설기술연구원에서는 사업용 차량에 부착된 실시간 차량운행기록계를 이용하여, 실시간 빙판길 정보 수집을 하여, 해당 정보를 주변의 차량에 전달하는 시스템을 개발하고 있음.
  - 해당 기술의 경우, 모든 차량에 해당 수신기와 기록계가 설치되어 있어야 하며, 추가적으로 인력과 중앙통제가 필요한 단점이 있음.
- 지열 도로융설시스템은 강설시 자동으로 융설이 진행되며, 다른 융설시스템에 비해 친환경적이며, 인력투입이 최소화된 반영구적인 시스템으로, 1시간 이내에 5 °C 이상 온도를 높여 운영 가능함.
  - 초기 설치 자본이 막대하게 들어가며, 반영구적이기는 하나, 유지비용이 매우 높음.

○ 해외기술 동향

- 지능형 교통안전시설 기술은 유럽, 미국 등을 중심으로 약 10여 년전에 개념이 도입되었으며, 도로 기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 색상이나 투명도 변화 등의 특성을 활용하여 도로 정보 시각화 기술에 적용하는 사례가 증가함에 따라 새로운 응용에 대한 기술개발이 확대되는 추세.
- 프랑스 Eurovia 社에서 온도 감응형 피그먼트를 포함한 고분자를 이용하여, 도로에 코팅을 하여, 온도 변화에 따라, 가역적으로 변하는 도로 교통안전시설을 개발함.
  - 특정한 온도 구간에 따라 상부 도료의 투명, 불투명을 이용하여, 하부 도료의 색을 표현하여, 특정한 온도 구간의 표시뿐만 아니라 점진적인 온도 변화를 표현할 수 있는 도로 교통안전시설 기술 개발이 필요함.
- 독일 SWARCO 社에서는 노면의 온도를 시각적으로 전달하기 스노우 심볼, ICE, FORST 글자 등이 0℃ 이하에서 시각화 되도록 하는 연구를 진행함. 열가소성 수지에 온도자극 변색 안료를 압출기로 혼련

한 후 필름 또는 시트 상으로 제작하여 노면에 적용되는 제품으로 특히 교량 시작점 등 취약한 곳에 적용됨

- 2010년 Dalian 대학 Ning 교수팀에서는 기존의 VO2에 tungstem 도핑을 통하여 VO_2 의 열감응 온도를 69.5℃에서 37.8℃ 까지 낮추는데 성공함. 이를 통해 기존 무기물도 결정 구조 조정을 통해 더 낮은 온도에서 감응 할 수 있음을 증명함.
- 2014년 모스크바 대학의 Bashev 교수팀에서는 carbocyanine을 이용하여 저온에서 변색 가능한 물질을 개발하여 스마트 패키징으로 활용 가능한 시스템을 보고함.
- 2014년 케이스 웨스턴 리저브 대학교의 Yu 교수팀에서는 아스팔트에 열변색 도료를 코팅하여 온도에 따른 도로의 차열효과 증대를 통해 열섬현상 저감을 연구함.
- 중국에서 도로에서 사용 가능한 온도 감응형 페인트를 개발하여, 현재 판매중이며, 사용기간이 길고 점착력이 좋음

- 재료 자체가 혼합물이고 정확한 정보를 얻을 수 없음.
- 커지는 국내외 시장에서 좋은 위치를 선점하기 위해, 독보적인 기술의 개발이 필요함.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

○ 외부자극 감응형 가역적 변색제어 시각화 재료 개발
- 저온자극 감응형 시각화 재료 설계 및 요소기술 개발
- 저온자극 감응형 가역변색 시각화 재료 개발
- 가역적 변색제어 시각화 재료 제조 및 성능 개선 기술 개발
- 가역 내구성 개선을 위한 매트릭스 바인더 개발
- 저온자극 감응형 시각화 재료의 복합화 및 성능 최적화 기술 개발

○ 외부자극 감응형 교통안전시설 제품 기술 개발
- 실시간 도로 결빙위험 시각화 교통안전시설 제품 개발
- 저온환경 도로결빙 인지형 노면 보조표시 제품 개발
- 교통안전시설 시각화 구조 설계 및 운전자 인지 디자인 기술 개발
- 도로환경을 고려한 교통안전시설의 시각화 전달빈도 설계 기술 개발
- 저온자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발
- 저온자극 감응형 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안) 정립

○ 외부자극 감응형 교통안전시설의 조합 시스템 기술 개발
- 도로 결빙위험 구간의 운전자 인지성능 개선을 위한 교통안전시설 조합 시스템 개발
- 상습 결빙구간에서의 교통안전시설 조합 시스템의 적용 세분화 기술 (주변지형, 기존 도로시설 연계 등)
- 교통안전시설의 운전자 인지반응 성능평가 기술 개발

	• 교통안전시설의 설계 지침 및 시공 기준(안) 정립 ○ 외부자극 감응형 교통안전시설 실환경 성능검증 기술 • 외부자극 감응형 교통안전시설의 지속성능 평가 기술 개발 • 겨울철 도로 기후환경 모사 실환경/실규모 성능검증 기술 개발 • 외부자극 감응형 제품의 교통안전시설 설치·관리 매뉴얼(안) 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	• 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립 - 기술 성취도 향상을 위한 해당 기술 관련 기업체 참여 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실제 도로 기후환경 모사가 가능한 실환경/실규모 시험계획 수립 • 연차, 단계별 성과목표 및 성과 지표를 명확히 설정 • 세부과제별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발 • 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보 추진 • 철저한 성과 평가 추진 - 반드시 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 - 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리
□ 추진체계	• 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 유기적인 연구계획을 수립하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 타세부과제 연구책임자와의 긴밀한 협조가 요구됨. • 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함. • 본 연구과제는 화학분야 전문기관 또는 전문가와 연계한 산학 및 연구기관의 공동연구를 기본으로 하여, 각자의 연구를 공유하며, 필요시에는 해외 주요기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음. • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요하며, 재료 분야뿐만 아니라, 다양한 분야의 전문가들의 연계를 통한 협동연구가 필요함.
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	• 저온자극 감응형 교통안전시설/노면 보조표시 시제품 • 저온자극 감응형 교통안전시설 시방서 • 저온자극 감응형 교통안전시설의 성능지표 및 성능기준(안)

	• 실규모 기후환경 모사 인지성능 평가 기술서 • 교통안전시설 설치·관리 매뉴얼(안)

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안	• 도로교통 분야의 자극 감응재료를 활용한 지능형 도로 인프라 구축에 활용 • 교통안전시설물 분야의 실시간 도로환경 정보 제공, 스마트 노면표시 등 첨단도로 고도화 기술로 관련 시장의 발전 가속화 • 외부자극 감응형 소재로 IT, 자동차, 패키징, 도로 시설물 등과 같은 주요 최종 사용자 산업을 포함하여 다양한 산업 분야에서 활용 확대
□ 기대효과	• 외부자극 감응형 교통안전시설에 대한 원천기술 확보를 통한 해외기술 의존도 해소 및 세계 최고 수준 기술 확보를 위한 초석 마련 • 교량, 방호울타리, 위험주의 도로표지판, 교량난간, 도로 갓길, 터널 내부 및 진출입구 등 도로 구조물에 용이하게 적용하여 도로교통사고로 인한 사회적 비용 절감. • 급격히 변화하는 첨단 국토교통기술에서 도로 정보 시각화와 주행 안전성에 대한 핵심 요소기술 개발로 안전한 교통환경 조성 이바지

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2019. 04 ~ 2023. 03(4년)
○ 총 정부출연금 : 4,100백만원 이내
- 1차년도 정부출연금 : 700백만원 이내

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임

○ 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.

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 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 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시.

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시.

- 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.

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 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.

○ 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.

○ 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 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.

2절 연구단계별 평가기준(안)

1. 평가항목

기준항목		세부항목
연구개발목표(10점)		○최종목표 및 연차별 달성 목표의 명확성 · 타당성(5점) ○성과목표/지표 설정의 명확성·적정성(10점)
연구개발내용(20점)		○RFP 와의 부합성 ○과제 목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점) ○연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점) ○연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획(20점)		○연구수행체계 적정성(5점) ○연구추진 전략의 구체성 · 적절성(5점) ○연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점) ○연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성(40점)		○개발기술의 혁신성 차별성(10점) ○활용방안의 적절성 구체성(10점) ○개발기술의 실용성 사업성(10점) ○경제적 기대효과(투자 및 파급효과)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력(10점)		○연구책임자의 연구과제 관리 및 운영 능력(5점) ○연구진의 전문성 및 해당분야 실적(5점)
기타	부합성 평가	○평가위원 과반수가 연구개발계획서와 과제제안요구서(RFP)가 부합되지 않는다고 판정할 경우 탈락 조치
	중복성 평가	○평가위원 과반수가 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정할 경우 탈락 조치

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락함.

2. 가점 및 감점기준

가. 가점 및 감점 기준

□「국토교통기술 연구개발사업 관리지침」제17조에 따라 과제 선정평가 시 ±5점을 넘지 않는 범위 내에서 가점 및 감점을 부여함.

□ 가점 및 감점은 평가위원회 개최 전까지 제출된 자료를 근거로 평가위원회의 종합평가점수에 합산하되, 60점 미만인 과제에 대하여는 부여하지 않음.

나. 기업의 연구수행 형태에 따른 가점

□ 대기업이 주관연구기관으로서

▪ 중견·중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점

▪ 중견기업은 참여하고 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1.5점

▪ 중소기업이 참여하는 경우 : 2점

□ 중견기업이 주관연구기관으로서

▪ 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1.5점

▪ 중소기업이 참여하는 경우 : 2점

□ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

□ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점

다. 평가결과 등에 따른 가점 및 감점

□ 국토교통기술 연구개발사업 관리지침 제17조의 가점 및 감점 기준에 따르되, 동 지침 시행이전에 협약 체결된 과제의 최종평가 및 추적평가 결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

□ 최종평가 결과

- 최우수등급(상대평가 시 최상위 10%, 절대평가 시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 2점 가점
- 최하위등급(상대평가 시 하위 10%, 절대평가 시 만점의 50% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후(연구개발 참여제한에 해당 되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 2점 감점
- 하위등급(상대평가 시 하위 30%, 절대평가 시 만점의 60% 이하)인 연구개발과제의 주관 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정 평가점수의 1점 감점

□ 추적평가 결과, 최우수등급(상대평가 시 만점의 80% 이상으로서 최상위 10%, 절대평가 시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 추적평가 후 2년간 2점 가점

라. 기타

□ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 주관연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 가점 1점

□ 최근 3년 이내에 협약한 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 연구책임자가 신규과제 연구책임자로 신청할 경우 가점 1점

□ 최근 3년 이내에 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만 원 이상이거

나, 같은 기간 내에 2건 이상의 기술이전 실적이 있는 연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 신청하는 경우 가점 1점

▢ 최근 3년 이내에 공동관리규정 제17조제9항에 따라 국가과학기술위원회로부터 우수한 연구성과로 포상을 받은 연구자가 신규과제 주관연구책임자로 신청하는 경우 가점 1점

▢ 국토해양연구개발 결과를 활용하여 최근 2년 이내에 R&D사업 연구결과로 건설・교통신기술을 받은 중소・중견기업이 관련분야의 신규 신기술 지정분야와 동일한 기술분야의 연구개발과제를 신청하는 경우 가점 1점(단, 참여기업 또는 위탁연구기관으로 참여하는 경우는 제외하고, 기술분야 분류는 전문기관의 장이 별도로 정한다.)

▢ 최근 2년 이내에 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」제19조에 따른 녹색인증을 받은 중소·중 견기업이 연구개발과제를 신청하는 경우 가점 1점

▢ 최근 3년 이내에 운영규정 제55조제1항 각 호의 연구부정행위를 한 경우 4점 감점

▢ 연구개발과제 선정 후 협약을 포기하거나, 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 3년간 2점 감점

▢ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 가점 1점

▢ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 신규과제 주관연구책임자로 신청 시 가점 0.5점

▢「하도급거래 공정화에 관한 법률」을 최근 3년 이내에 상습적으로 위반한 기업이 연구개발 과제를 신청한 경우에 그러한 위반 사실이 같은 법 제26조에 따른 공정거래위원회로부터 관계 행정기관의 장에 통보 등을 통하여 확인될 경우, 2점 감점

▢ 금번 공고 시 '총 연구비에 대한 연구신청기관의 연구비 부담비율에 따른 가점'은 적용하지않음(단, 종합평가점수가 동점일 경우, 선정 우선순위 결정에 적용)

참고문헌

1. Federal Highway Administration(1966), The 1966 Annual Report on Highway Safety Improvement Programs. Publication No. FHWA-SA-96-040
2. Harlow, Skid resistance and pavement marking materials, (Available in : http://www.nzta.govt.nz/assets/resources/surface-friction-conference-2005/8/docs/skid-resistance-pavement-marking-materials.pdf)
3. Richard, C. L. (1975), Skid testing of pavement marking, Final report TSD-277-75, Michigan Department of State Highway and Transportation, Michigan
4. Lundkvist, S. O. and Johansen, T. C. (2009), Road marking Management System : A pre-study, VTI notat 21A-2009, Linkoping.
5. Hawkins, N. R., Samadi, O. G., and Hans, Z. (2005), Iowa pavement marking management system; initial phase, Proc. of the 2005 Mid-continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa, Iowa
6. MDOT(Minnesota Department of Transportation) (1999), Pavement marking management system reference manual, MDOT, Minesota.
7. Walls III, J. and Smith M. R. (1998), Life-cycle cost analysis in pavement design : In search of better investment decisions, Federal Highway Administration (FHWA), Washington DC.
8. Bennett, C. R. and Greenwood I. D. (2003), The highway development & management series vol. 7 : Modeling road user and environmental effect in HDM-4, The World Road Association (PIARC) on the behalf of the ISOHDM(International Study of Highway Development and Management Tools, Paris.
9. Michigan Department of State Highway (1969) A study of Cold Plastic Pavement Marking Material.
10. King, A. (2009) Advances in Retroreflective Technologies for Road Signage, Vehicle Visibility and Pavement Marking, Delivering Safer Roads for All, ACRS Conference 2009
11. Babic, D., Burghardt, T., and Babic, D. (2015) Application and Characteristics of Waterborne Road Marking Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, Vol. 5, No. 2, pp. 150-169.
12. Liu, P., and Lu, J. (2007) High Performance Traffic Marking in Wet Weather, Final Technical Report for Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL.
13. Hadi, M., and Schuerger, J. (2007) Lane Marking/Striping to Improve Image Processing Lane Departure Warning Systems, Technical Report for State of

California Department of Transportation, Sacramento, CA.

14. Kosto, K., and Schall, D. (2007) Low-Temperature Waterborne Pavement Marking Paint: A Road Assessment of this LOW-VOC Option, 2007 FutureCoat Conference, Federation of Societies for Coatings Technology, Toronto, Ontario, Canada.
15. 국토교통부 (2016), 2016 도로업무편람, 발간등록번호 11-1500000-001480-10, 국토교통부, 세종시
16. 경찰청 (2012), 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼, 경찰청 ㈜잉카시스템스, 차선이탈경보시스템(2004)
17. 한국건설생활환경시험연구원(2011), 고반사 유리비드를 이용한 고내구성 도로 표지용 도료 개발
18. 한양대학교(ERICA캠퍼스)(2016), 지능형 운전자보조시스템을 위한 비전 기술 개발
19. 경희대학교(2015), SMART 도로-자동차 사고예방 지원기술 개발
20. 한양대학교(2003), 주행패턴 인식을 통한 차량 능동 안전도 제어에 관한 기반 기술 연구
21. 공주대학교 산학협력단(2015), SMART Highway 안전성 확보기술 개발
22. 한국건설기술연구원(2015), 노면표시 시인성 확보 기술 개발
23. 대전대학교 산학협력단(2011), 지능형 교통시스템의 AVS(Automatic Vehicle Systems) 적용을 위한 주행 환경 인식 시스템 개발
24. 오홍운(2005), 고속도로 시설물별 차선반사도 다양성 연구, 한국도로학회논문집, v.7 no.4, pp.173 – 184.
25. 오홍운(2007), 도로환경에서 차선반사도 성능의 영향변수에 따른 특성, 대한토목학회논문집, v.27 no.3D, pp.289 – 295.
26. 한국도로공사 (2010) 차선재료 품질기준 및 유지관리 개선 연구
27. 정희수 (2010) 차선도색 시인성 향상을 위한 반사도 증진방안, 2010년도 국정감사 정책자료집 한국도로공사
28. 이명환, 최기주, 오인섭, 김정화 (2015) 고기능・장수명 차선도료의 교통사고 감소효과 분석, 대한교통학회지, Vol. 35, No. 4, pp. 921-929.
29. 이승규, 이승현, 최기주 (2012) 기상조건 변화에 따른 노면표시 비드의 최적 배합비율 산정, 한국도로학회지, Vol. 14, No. 3, pp. 131-140.
30. 한국건설기술연구원 (2015) 노면표시 시인성 확보 기술 개발
31. 한국건설기술연구원 (2016) 야간 운전자 시인성 확보 기술 개발
32. 이승신, 김태헌, 손봉수 (2014) 야간의 시인성 저하가 교통사고에 미치는 영향 진단-경기도 지역의 경부, 서해안, 영동, 서울외곽순환고속도로를 중심으로, 한국ITS학회지, Vol. 16, No. 2, pp. 12-26.

33. Gao, Y. and Kanehira, M. VO_2 – Sb:SnO_2 composite thermochromic smart glass foil, Energy Enivron. Sci. 2012, 5 8234

34. Gibbons, R. and Hankey, J. Wet Night Visibility of Pavement Markings Dynamic Experiment, Transportation Research Record, 2015, 73

35. Hu, J. and Yu, X. Experimental Study of Sustainable Asphalt Binder, Transportation Research Record, 2013, 108

36. Park, Dong-Hoon and Kim, Jong-Man Inkjet-Printable Amphiphilic Polydiacetylene Precursor for Hydrochromic Imaging on Paper, Adv. Func. Mater., 2016, 26, 498

37. Matsuzawa, T. and Murayama, Y. A New Long Phosphorescent Phosphor with High Brightness, $SrAI_2O_4$:$Eu^{2+}Dy^{3+}$, J. Electrochem. Soc., 1996, 143, 2670

38. Mercier, T. Le and Clabu, F. Mechanism of Phosphorescence Appropriate for the Long-Lasting Phosphors Eu^{2+}-Doped $SrAl_2O_4$ with Codopants Dy^{3+} and B^{3+}, Chem. Mater., 2005, 17, 3904

39. Ooyama, Y. and Ohshita, J. Development of highly-sensitive fluorescence PET(photo-induced electron transfer) sensor for water: anthracene – boronic acid ester, RSC. Adv., 2014, 4, 25330

40. Park, I. S. and Kim, J.-M. A Soluble, Low-Temperature Thermochromic and Chemically Reactive Polydiacetylene, ACS Appl. Mater. Interfaces 2013, 5, 8805.

41. Seredyuk, M. and Gutlich, P. Room Temperature Operational Thermochromic Liquid Crystals Chem. Mater. 2006, 18, 2513

42. Pan, Z. and Liu, F. R. Sunlight-activated long-persistent luminescence in the near-infrared from Cr^{3+}-doped zinc gallogermanates, Nat. Mater. 2012, 11, 59

43. Wang, S. and Cheng, L. Room temperature and long-lasting blue phosphorescence of Cr-doped a-Al_2O_3 nanowires Chem. Phsics Letter, 2008, 460, 200

43. Rašović-Lovre, Z. and Deledda, S. Thermochromic and photochromic colour change in Mg-Ni-H thin films, Materials Letters, 2017, 188 403

44. Eeckhout, K. V. and Poelman. D. Persistent Luminescence in Eu^{2+}-Doped Compounds: A Review, Materials 2010, 3, 2536-2566

45. Dynamic Road Marking; A Tool to Create Infrastructure on Demand, Johannes P.C.M. van der Aa. South African Transport Conference, Document Transformation Technologies, 2000, 17-20

46. Lee, Y. M. and Kim, S. T. A Study on the Application of Glow Line Marking Technology Development for Reducing Traffic Accidents at Nighttime, Int. J. Highw. Eng., 2015, 17, 59

47. Lee, Y. M. and Kim, H. R. Night Visibility Evaluation of Phosphorescent Road

Line Markings, Int. J. Highw. Eng., 2016, 18, 69

48. 김철중(2013), 트래픽과 도로 특성이 교통안전에 미치는 영향, ReSEAT 분석리포트

49. 김상국(2015), 자율주행 기능 시스템 : 2020년부터 자율주행차 시장 확산 기대 , KISTI MARKET REPORT

50. 신강원, 교통노면표시 이해도에 관한 연구, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 2013, 33, 711

51. 최기주, 이승현, 윤일수, 이용주, 디지털 이미지를 이용한 노면표시 및 교통안내표지의 재귀반사 성능 평가 방법론 개발 Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 2014, 34, 185

52. 노관섭, 이종학, 김종민, 장혜란, 시뮬레이터를 이용한 감속유도 노면표시의 효과 연구 International journal of highway engineering, 2010, 12, 9

53. 이성관, 이기영 김석출, 고속도로 노면표시 감속유도시설 효과평가 International journal of highway engineering, 2012, 14, 9

54. 이용주, 이규진, 김상태, 최기주, 축광노면표시 시인성 개선에 따른 경제성 분석 및 적용방안 Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 2017, 37, 815

55. 이용주, 이규진, 김상태, 최기주, 축 축광노면표시 시인성 및 설치규격개선 효과분석: 고속도로 사고다발구간을 중심으로 Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 2016, 36, 685

56. 이용주, 이규진, 김상태, 최기주, 축 축광노면표시 시인성 및 설치규격개선 효과분석: 고속도로 사고다발구간을 중심으로 Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 2016, 36, 685

57. 공주대학교 산학협력단(2015), SMART Highway 안전성 확보기술 개발

58. 전북대학교 산학협력단(2010), 노면 결빙상태 모니터링 시스템

59. 박헌영 경동기술공사(2007), 도로결빙방지를 위한 에너지 절약형 신공법개발

60. 박석준(2013), 근적외선 광학 도로결빙 검출기, ReSEAT분석리포트

61. 김종우, 김현기, 도로 결빙 방지 및 예측 기술 소개, The Magazine of the Korean Society of Hazard Mitigation, 2010, 10, 35

62. 신건훈, 송영준, 유영갑, 교량구간의 결빙 예측 및 감지 시스템, The Journal of the Korea Contents Association, 2011, 42

63. Liu, T. and Sun, S. Prototype Decision Support System for Black Ice Detection and Road Closure Control, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2017, 9, 91

64. Rivkin, A. S. and Emery, J. P. Detection of ice and organics on an asteroidal surface, Nature, 2010, 9, 91

65. González-Tudela, A. and Kimble, Subwavelength vacuum lattices and atom–atom interactions in two-dimensional photonic crystals, Nature Photonics, 2015, 9, 320

66. Chou, J. B. and Kim, S. G. Design of wide-angle selective absorbers/emitters with dielectric filled metallic photonic crystals for energy applications, Opt. Express, 2014, 22, A144

67. Dormidontova, T. V. and Filatova A. V. Research of Influence of Quality of Materials on a Road Marking of Highways, Procedia Engineering, 2016, 153, 933

68. Cruz, M. and Steiner, V. Sustainability Assessment of Road Marking Systems, Transportation Research Procedia, 2016, 869

69. Fernandes, F and Samantilleke, A. P Smart road paint and road signs with the ability to change colour at low temperature, Procedia engineering, 2016, 12, 242

70. Rehman, S. A. and Duggal, A. K. Suitability of Different Materials Used for Road Marking : A Review, 2015, 2, 622

71. Babić, D. and Žilioniene, D. Evaluation of static and dynamic method for measuring retroreflection of road marking, GRAĐEVINAR, 2017, 69, 907

72. Onyango, M. A. and Chimba, D. Verification of pavement marking degradation models using eastern tennessee pavement marking retroreflectivity data, Computing and Telecommunications 2014, 57

73. Tokida, K.-I. and Kato, H. Black Ice Sensing System with Optical Fiber Sensor , nternational winter road congress, 1998, 1998, 843

74. Kosto, K.B. and Tokida, K.-I. Low-Temperature Waterborne Pavement Marking Paints: A Road Assessment of this Low-VOC Option, JCT coatingstech, 2008, 5, .22

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 안 됩니다.