

# 차선의 재귀반사성능 개선 방향

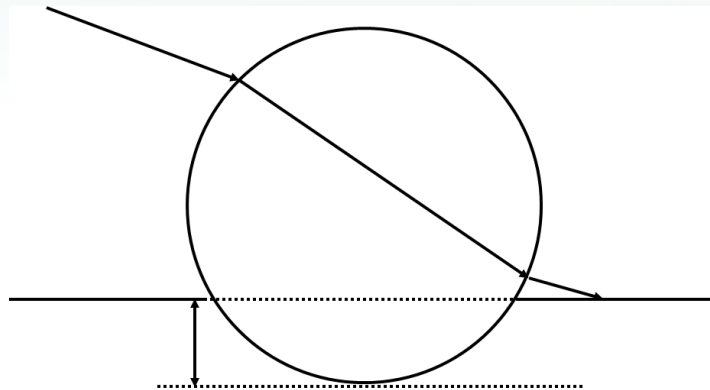


# 우천시 차선 시인성 문제

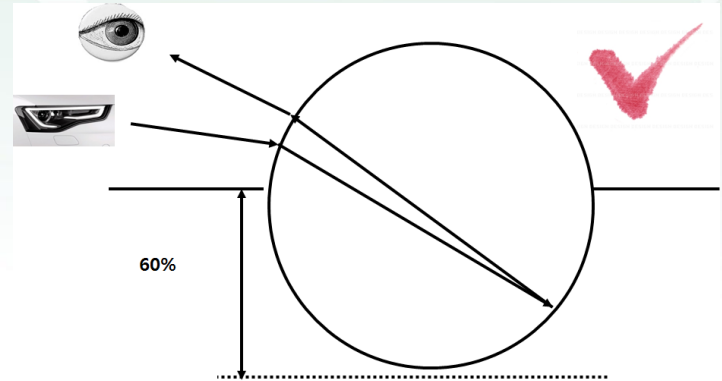


차선 시인성 문제점 KBS 2017, 07, 15 방송

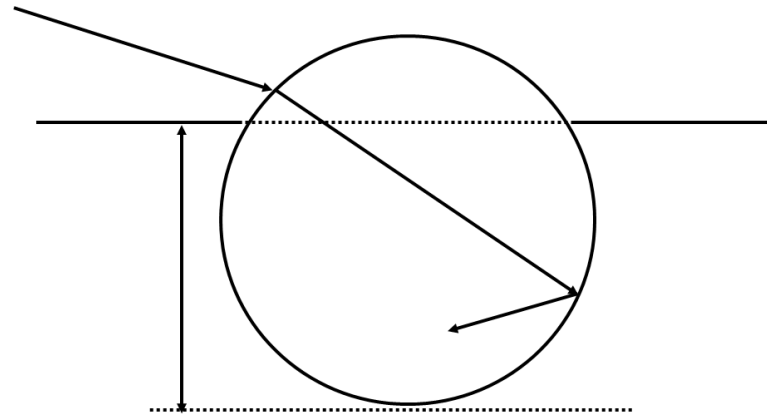
# 유리알과 차선투의 시인성 관계



High Embedment, Poor

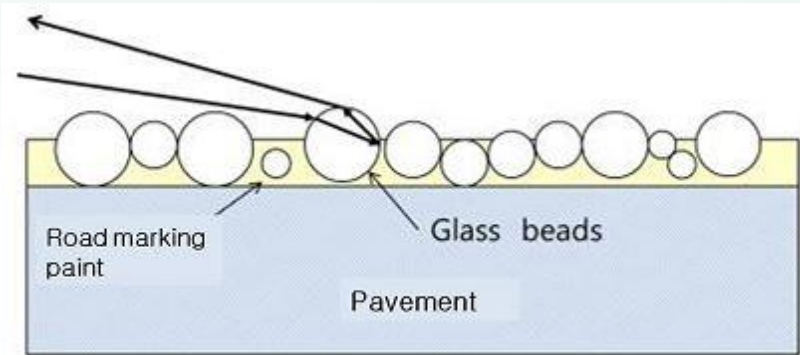


60% Embedment, Good

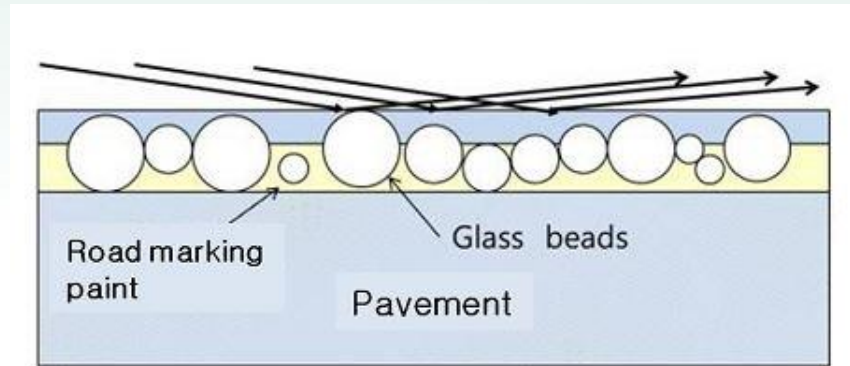


Low Embedment, Poor

# 우천시 차선이 보이지 않는 이유



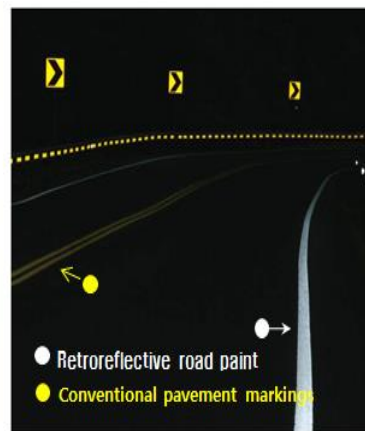
건조 상태에서  
유리 비드의 빛 반사



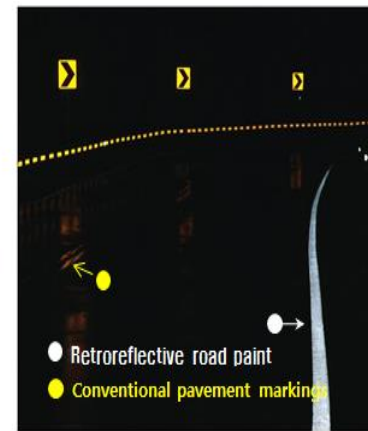
수막에 의한 빛의 전반사



Day/Dry



Night/Dry



Night/Wet

단위 : mcd/(m<sup>2</sup>·lx)

구분	흰색 차선				노란색 차선			
	일반		젖은 <sup>1)</sup>	우천 시 <sup>2)</sup>	일반		젖은 <sup>1)</sup>	우천 시 <sup>2)</sup>
	준공시 기준	재도색 기준	성능기준	성능기준	준공시 기준	재도색 기준	성능기준	성능기준
경찰청	240	100	100	-	150	70	70	-
국토해양부	250	100	175	-	175	70	123	-
서울시	240	120	70	-	150	70	40	-
한국도로공사	250	110	175	-	175	90	123	-
KS M 6080 (부속서 D)	250	-	175	등급별3)	175		123	등급별3)

※ 국내 차선의 젖은노면 우천시 노면 시인성 시험방법 및 규정

1) 강수가 종료되고 노면이 젖어 있는 상태(KS M 6080 물 10L 를 붓고 1분 후 측정)

2) 강수가 진행되고 있는 노면상태(KS M 6080 시간당 20mm 강수를 5분 유지 후 우중에서 측정)

3) RR0 : 규정없음, RR1 : 25 이상, RR2 : 35 이상, RR3 : 50 이상, RR4 : 75 이상



## Classes of RL for dry road markings EN 1436 : 2016

Road marking type and Colour		Class	minimum coefficient of retroreflected luminance RL in mcd·m <sup>-2</sup> ·lx <sup>-1</sup>
Permanent	White	R0	No performance determined
		R2	RL≥100
		R3	RL≥150
		R4	RL≥200
		R5	RL≥300
	Yellow	R0	No performance determined
		R1	RL≥80
		R3	RL≥150
		R4	RL≥200
		R5	RL≥300
Temporary		R0	No performance determined
		R2	RL≥100
		R3	RL≥150
		R4	RL≥200
		R5	RL≥300

The class R0 is intended for conditions, where visibility of the road marking is achieved without retroreflection under vehicle headlamp illumination.

## Classes of RL for road markings **during wetness** EN 1436 : 2016

conditions of wetness	Class	minimum coefficient of retroreflected luminance RL in mcd·m <sup>-2</sup> ·lx <sup>-1</sup>
As obtained 1 min after flooding the surface in accordance with B.6	RW0	No performance determined
	RW1	<b>RL≥25</b>
	RW2	<b>RL≥35</b>
	RW3	<b>RL≥50</b>
	RW4	<b>RL≥75</b>
	RW5	RL≥100
	RW6	RL≥150
Class RW0 is intended for cases where this type of retroreflection is not required for economic or technological reasons.		

## Classes of RL for road markings **during rain** EN 1436 : 2016

conditions of rain	Class	minimum coefficient of retroreflected luminance RL in m cd·m <sup>-2</sup> ·lx <sup>-1</sup>
As obtained after 5 min exposure in accordance with B.7 during uniform rainfall of 20 mm/h	RR0	No performance determined
	RR1	RL≥25
	RR2	RL≥35
	RR3	RL≥50
	RR4	RL≥75
	RR5	RL≥100
	RR6	RL≥150
Class RR0 is intended for cases where this type of retroreflection is not required for economic or technological reasons		



## 미국의 차선 시공 시방서 및 발주 요구서

단위 : mcd/(m<sup>2</sup>·lx)

※ 관련 근거 : 각주의 시방서 참조

구 분	흰색 차선			노란색 차선		
	건조	젖은	우천 시	건조	젖은	우천 시
Alabama	350	350	100	275	275	75
Nebraska	350	350	100	275	275	75
City of Columbia	450	350	100	200	275	75
Texas	250	350	100	200	275	75
Michigan	350	350	100	275	275	75

단위 : mcd/(m<sup>2</sup>·lx)

※ 관련 근거 : 미국 플로리다주 발주요구서 2007. 4

구분	하자기준	흰색 차선		노란색 차선	
		준공시	재도색 기준	준공시	재도색 기준
4층	3년	450	150	240	150
5층	3년	450	150	350	150
기타	6개월	300	150	250	150

## 유리알 평가 시료 및 측정 조건

### 1차 평가

비드타입	유리알 성능 (cd/m <sup>2</sup> )/lx	도료 타입	비고
단일 (1)	Low (1.44) 굴절율 : 약 1.8	4종	1. 유 리 알 공급방식: 핸드 드롭 2. 기 능 성 유리알 사 용
		5종	
	Low (2.23) 굴절율 : 약 2.0	4종	
		5종	
	Mediem (4.3) 굴절율 : 약 2.2	4종	
		5종	
혼합 (2)	Mediem (5.01) 굴절율 : 약 2.2	4종	
		5종	
단일 (1)	High (11.7) 굴절율 : 약 2.4	4종	
		5종	

4종 도료 : 열을 가해 녹인 후 유리알 살포

5종 도료 : 상온 경화형(2액형 도료)

유리알의 성능은 물잠김 상태에서 빛이 되돌아오는 양을 측정한 결과임

## 유리알 평가 시료 및 측정 조건

조건	구분		
	단일	혼합	기능성 단일
유리알 성능	1.44 ~ 4.3(cd/m <sup>2</sup> )/lx 굴절율 약 1.8~2.2	5.01(cd/m <sup>2</sup> )/lx 굴절율 약 2.2	11.7(cd/m <sup>2</sup> )/lx 굴절율 2.4
도료타입	4종 및 5종		
시험조건	초기와 20만회 윤하중 시험 후로 구분		
노면 조건	젖은 노면(RW)와 우천시 노면(RR)으로 구분		
도료 시공 두께	4종 도료 : 약 2.5mm		
	5종 도료 : 0.5~0.6 mm		

## 운하중 내마모도 시험기



운하중 내마모도 시험기

## 인공강우 표준암실 및 시인성 시험 평가 장비

### 우천시 차선도료 시인성 시험 평가 장비

우천시 차선도료  
시인성 시험 평가 장비  
(광원부 및 수광부)



우천시 차선도료  
시인성 시험 거치대

#### 장비사양

관찰각도 : 2.29도, 1.05도  
입사각도 : 1.24도, 88.76도  
시편거치대 : 400 mm x 600 mm  
방진 방수  
조도 : 100 lx 이상  
광원 : 지름 300 mm 이상  
[샘플쪽에서]  
광원 색온도 : 2856 K

#### 시험항목

- 야간 차선도료 시인성 측정
- 우천시 차선도료 시인성 측정

#### 시험규격

- KS M 6080, EN 1436,  
ASTM E 2177, ASTM E 2176

# 우천시 유리알에 따른 시인성 평가

## 인공강우 표준암실 및 시인성 시험 평가 장비



인공강우 표준암실 및 시인성 시험 평가 장비



## 1차 평가 결과 (4종 도료)

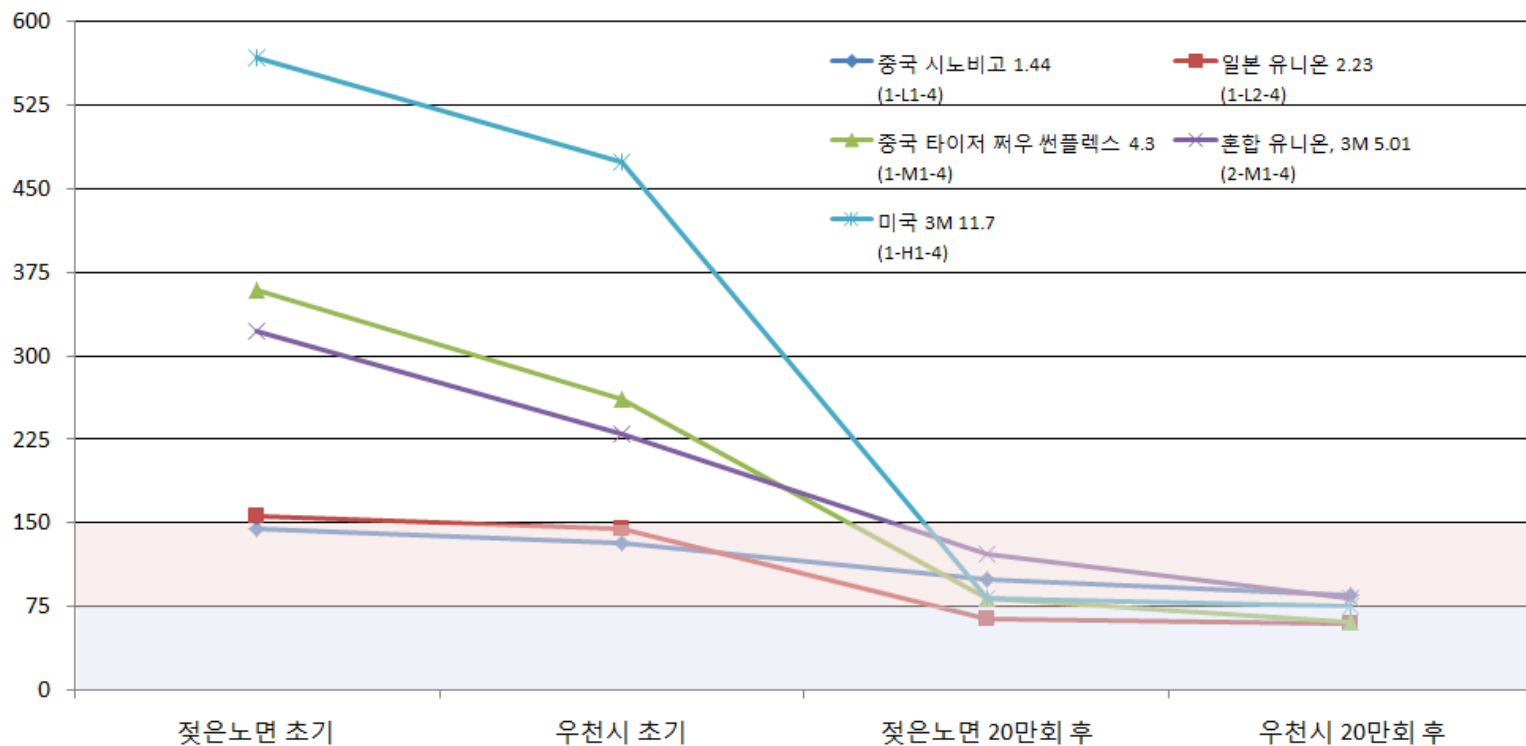


그림 1. 100% 우천형 비드로 살포된 4종 도료의 초기 및 내마모도 20만회 후 유리알성능별 젖은 노면 및 우천시(20 mm/h) 재귀반사성능 ( $\text{mcd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$ )

## 1차 평가 결과 (5종도료)

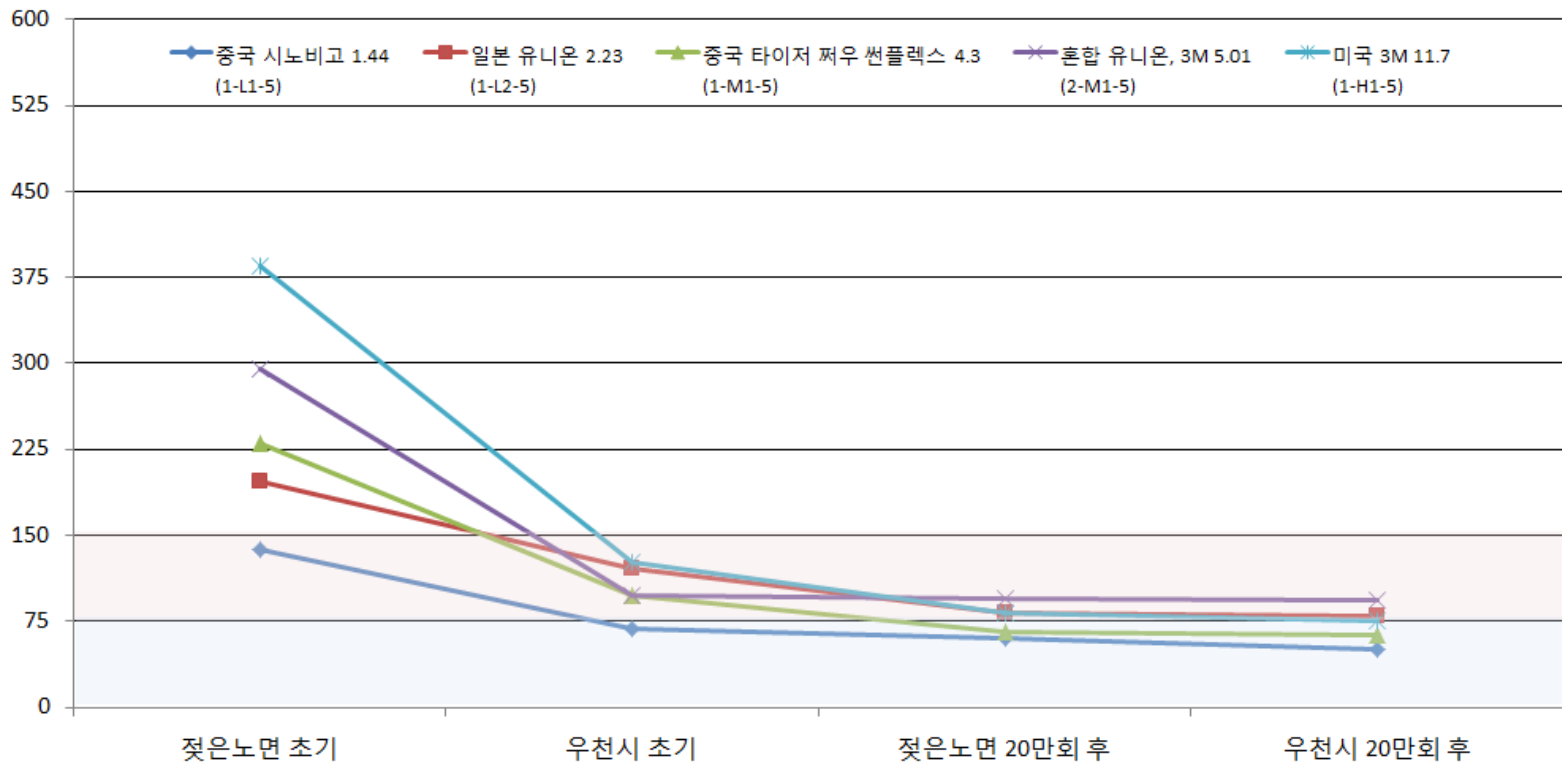


그림 2. 100% 우천형 비드로 살포된 5종 도료의 초기 및 내마모도 20만회 후 유리알성능별 젖은 노면 및 우천시(20 mm/h) 재귀반사성능 ( $\text{mcd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$ )

## 유리알 평가 시료 및 측정 조건

### 2차 평가

비드타입	유리알 성능 (cd/m <sup>2</sup> )/lx	제품명	제조국 (업체명)	도료 타입	비고
단일 (1)	Low (2.23)	UB-1620WF	일본 (유니온)	4종	1.비드공급방식:4종핸드 드롭, 5종 기계식 2.일반:기능, 6:4 살포
				5종	
혼합 (2)	Mediem (5.01)	유니온:3M 비드를 무게 비 120:50로 혼합	유니온, 3 M 혼합	4종	
				5종	
단일 (1)	High (11.7)	Wet Elements (n=2.4)	미국 (3M)	4종	
				5종	

4종 도료 : 열을 가해 녹인 후 유리알 살포

5종 도료 : 상온 경화형(2액형 도료)

유리알의 성능은 물잠김 상태에서 빛이 되돌아오는 양을 측정한 결과임

## 2차 평가 결과 (4종 도료)

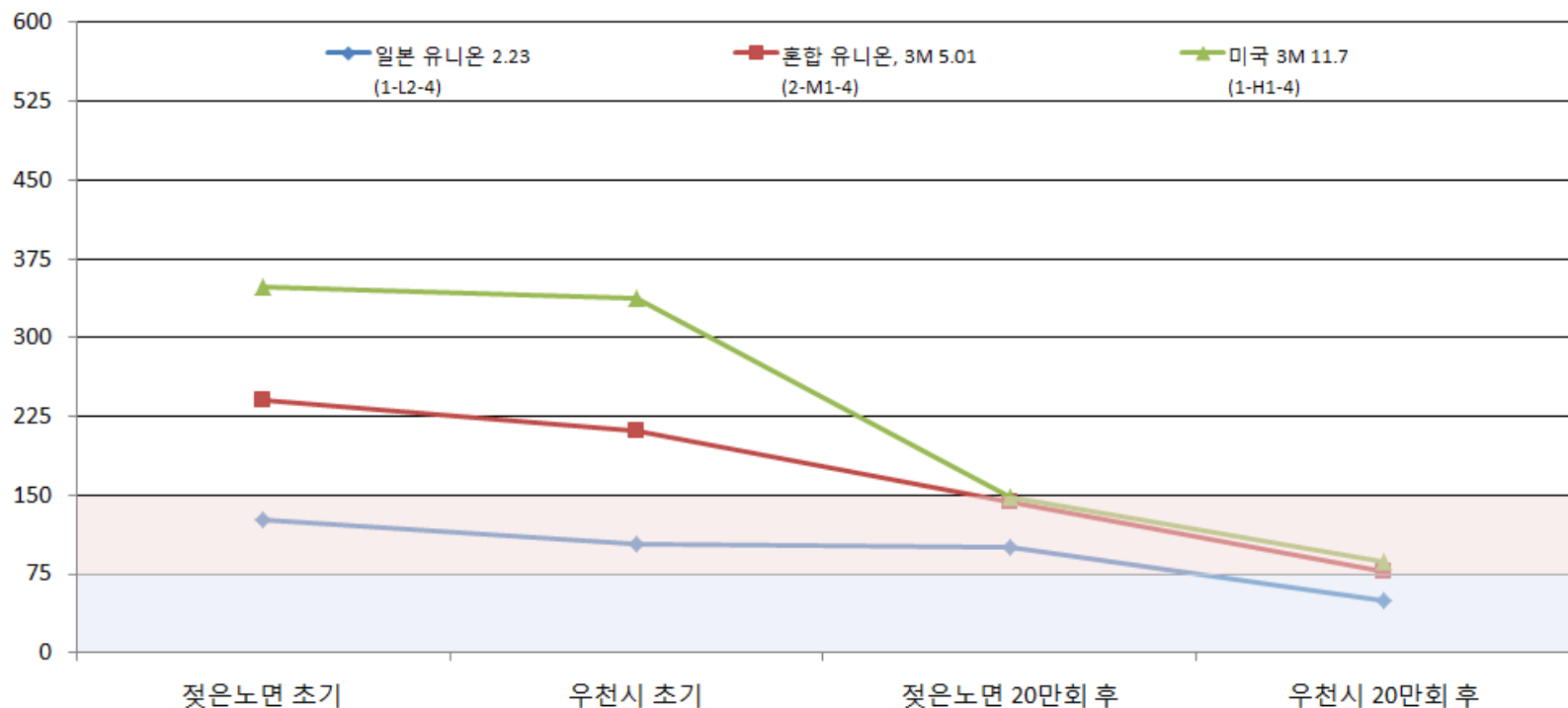


그림 3. 6:4로 살포된 4종 도료의 초기 및 내마모도 20만회 후 유리알성  
 능별 젖은 노면 및 우천시(20 mm/h) 재귀반사성능 ( $\text{mcd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$ )

## 2차 평가 결과 (4종 도료)

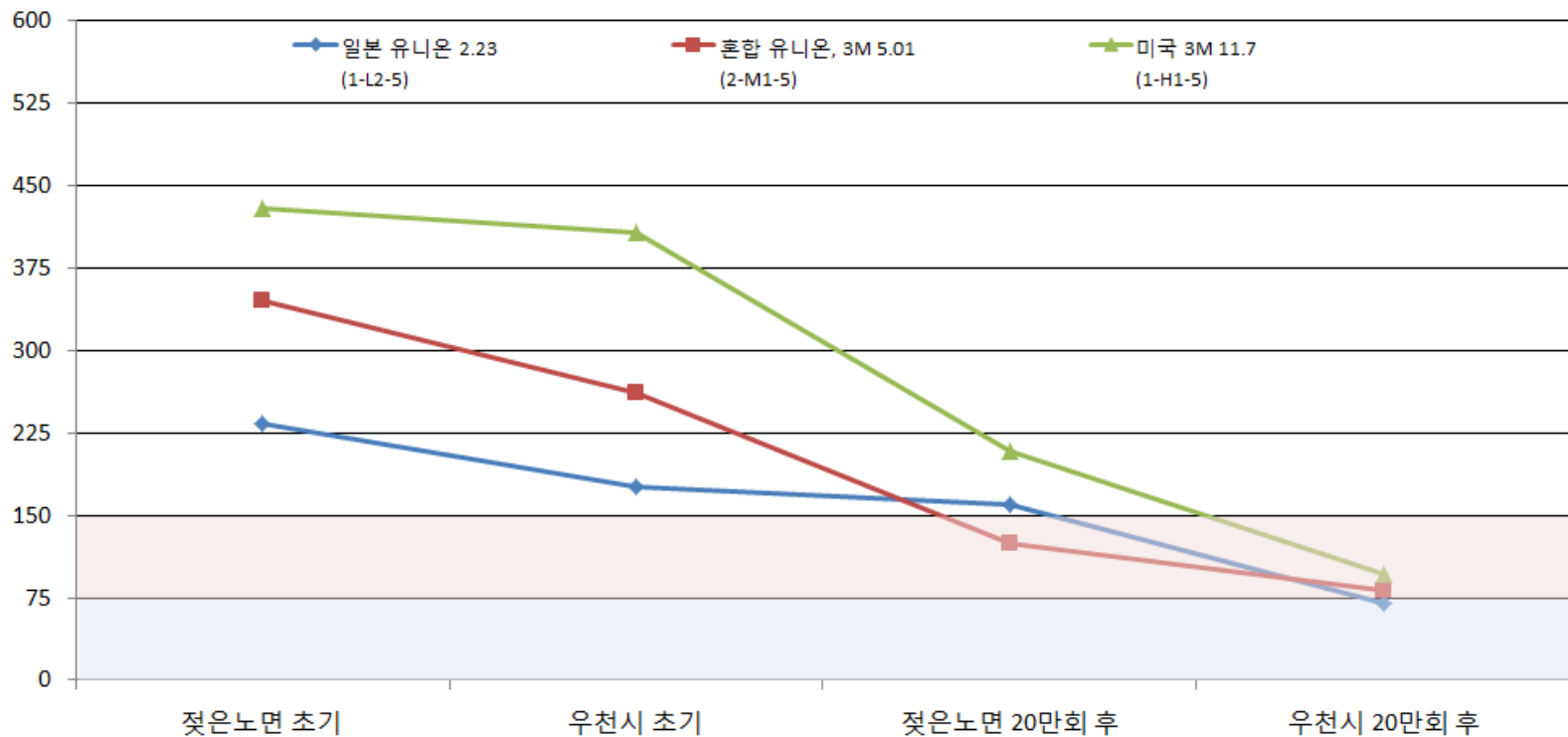


그림 4. 6:4로 살포된 5종 도료의 초기 및 내마모도 20만회 후 유리알성  
능별 젖은 노면 및 우천시(20 mm/h) 재귀반사성능 ( $\text{mcd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$ )



## 차선 유지 지원 시스템 (LKAS, Lane Keeping Assist System)

음주운전보다 12배나 위험하다는 졸음운전은 눈 깜빡하는 순간 차선 이탈로 시작해 돌이킬 수 없는 사고로 이어집니다. LKAS는 윈드실드 글라스에 장착된 카메라로 앞 **차선을 인식**한 후 방향지시등 없이 차선을 이탈할 경우 스스로 경로를 바로잡습니다.

출처 : 현대자동차

〈표 1〉 자율주행 기술 구성 요소

기술	설명
환경인식	-레이다, 라이다, (스테레오) 카메라 등의 센서 사용 -정적장애물 동적장애물(차량/보행자 등), 도로표식( <b>차선, 정지선, 횡단보도 등</b> ), 신호등 신호 등을 인식
위치인식 및 맵핑	-GPS/INS*/Encoder, 기타 맵핑을 위한 센서 사용 -자차의 절대/상대 위치 추정
판단	-목적지까지의 경로 계획 -장애물 회피 경로 계획 -주행 상황별 행동 판단 (차선유지, 차선변경, 좌우회전, 저속차량 추월, 유턴, 비상정지, 갓길정차, 주차 등)
제어	-주어진 경로를 추종하기 위해 조향, 가감속, 기어등 액츄에이터 제어
인터랙션	-HVI*를 통해 운전자에게 경고 및 정보제공, 운전자로부터 명령 입력 -V2X 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

출처 : 자율주행 자동차 기술동향,  
한국전자통신 연구원 2013 안경환 외 3명

**차선의 시인성은 미래 자동차의 안전한 자율주행 시스템의 핵심 요소임**

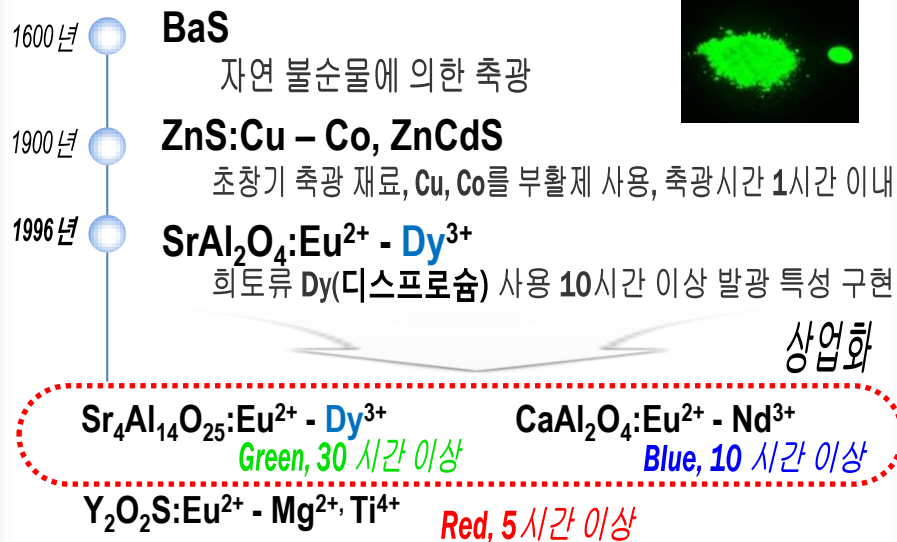


# 축광 재료 기술 동향

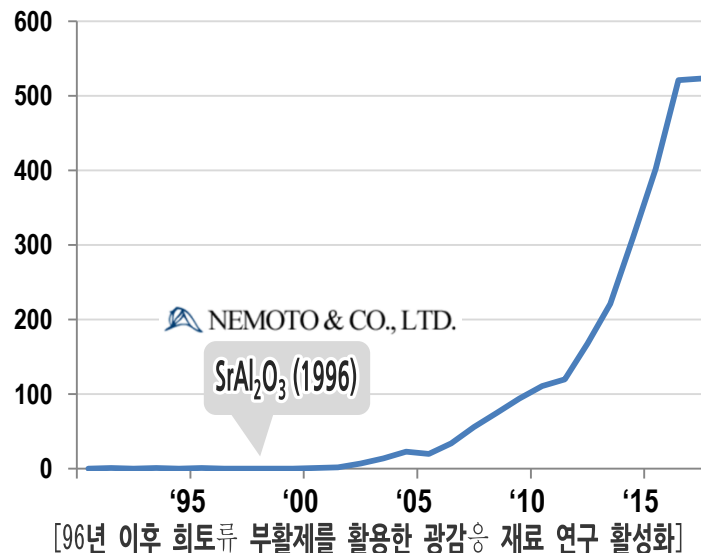


# 국내외 관련 기술 및 연구동향

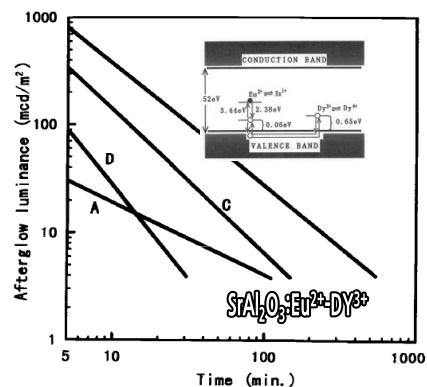
## 축광 재료 연구 동향



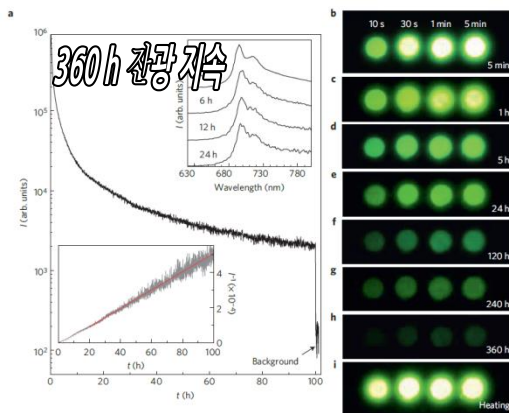
## 축광 재료 연구 동향



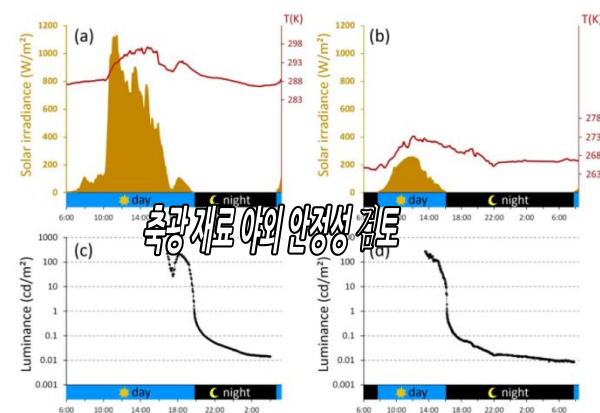
## 축광 재료 주요 연구 동향



Murayama et al J. Electrochem. Soc, 1996(Nemoto)



Liu et al, Nat. Mater, 2012(University of Georgia)



Smet et al, Opt. Express, 2015(Ghent University)

# 감사합니다!



그라스 비드 굴절률( $n_2$ )	공기 굴절률( $n_1=1.0$ )	공기중 상대 굴절률( $n_2/n_1$ )	물의 굴절률( $n_1=1.33$ )	물속 상대 굴절률( $n_2/n_1$ )
1.5		1.5		1.128
1.7		1.7		1.278
1.9		1.9		1.429
2.1		2.1		1.579
2.3		2.3		1.729
2.5		2.5		1.880

표 1. 물과 공기 속에서의 상대 굴절률 관계

**High Performance Glass Beads for Traffic Marking in Wet Weather**  
Chang Geun Lee, Hyun Seock Lee, Heung Un Oh

**International Journal of Highway Engineering**  
Vol.14 No.1 pp.9-16

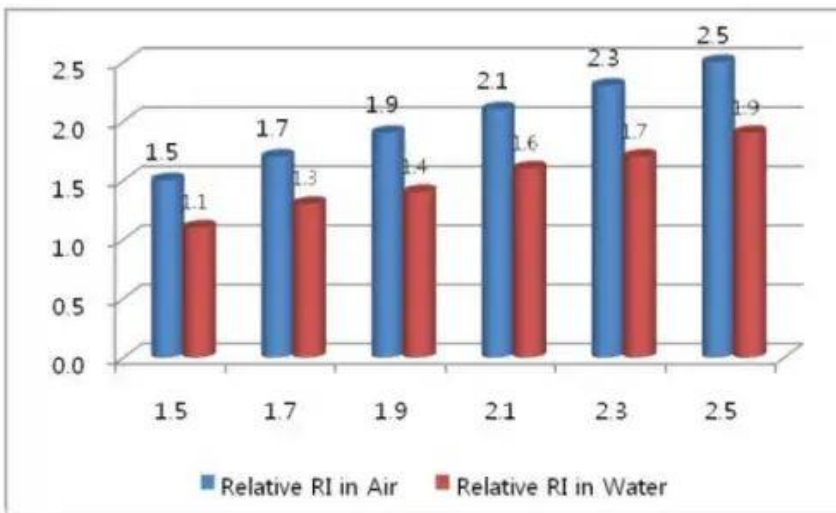


그림 10. 물과 공기 중 그라스 비드의 상대 굴절률





## 윤하중 내마모도 시험기



윤하중 내마모도 시험기

### 장비사양

시험속도 : 0~120 km/h

턴테이블 지름 : 6.4 m

타이어 개수 : 8 개

시험온도 : -10~60 °C

타이어 지지 각도 : 0°(±10')

타이어 운행각도 : ±1°

타이어 하중 : 0~5,000 N

### 시험항목

● 차선도료 내마모 시험

### 적용규격

● KS M 6080, EN 13197

### 수요기업

● 건설사, 한국도로공사, 국토관리청,  
및 차선관련 20여개 이상 업체



## 차선도로 시인성 성능평가 시스템 및 도로안전 평가장비

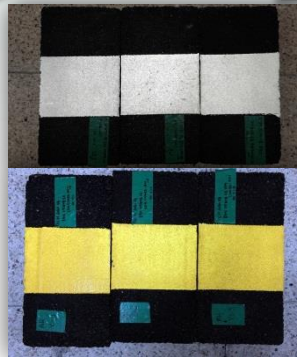
### ■ 운하중 내마모도 시험기

고온/저온 환경(-10~60)°C, 속도(0~120)km/h



### ■ 인공강우 표준암실 및 시인성 평가장비

측정거리 30 m, 강우 (0~100) mm/h



### ■ 모바일 시인성 평가장비

이동식 차선 시인성 평가



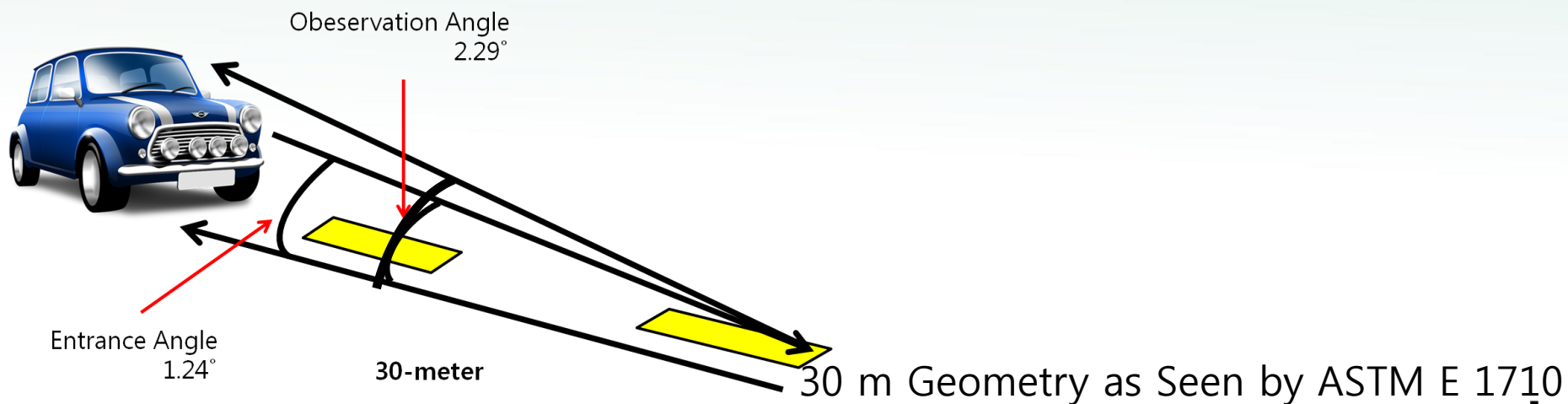
### ■ 포터블 시인성 평가장비

이동식 차선 시인성 평가장비 보정 및 횡단보도 안전 표지 등 시인성 평가



시인성		등급	mcd/(lx·m <sup>2</sup> )
야간	흰색	R5	$R_L \geq 300$
	노란색	R5	$R_L \geq 300$
젖은노면 야간		RW6	$R_L \geq 150$
우천시 야간		RR6	$R_L \geq 150$

EN 1436 차선 시인성 등급



30 m Geometry as Seen by EN 1436

