

# 플라스틱의 내후성

**한국폴리아세탈(주)**  
KOREA POLYACETAL CO., LTD.

**KPAC**

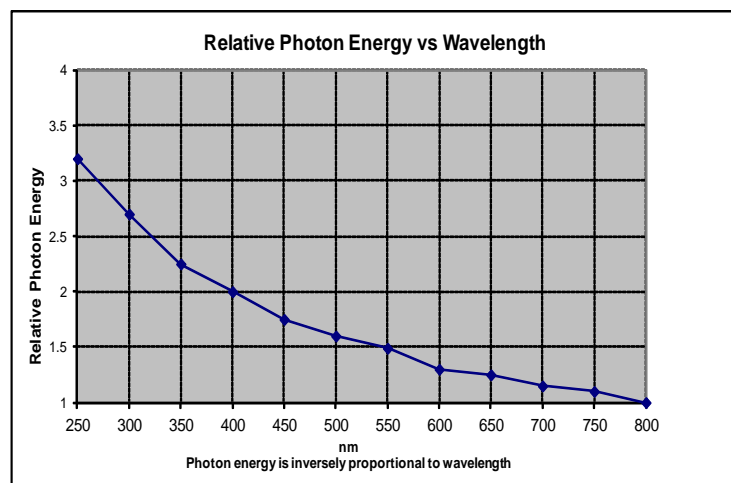
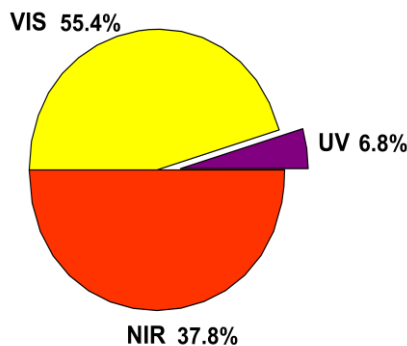
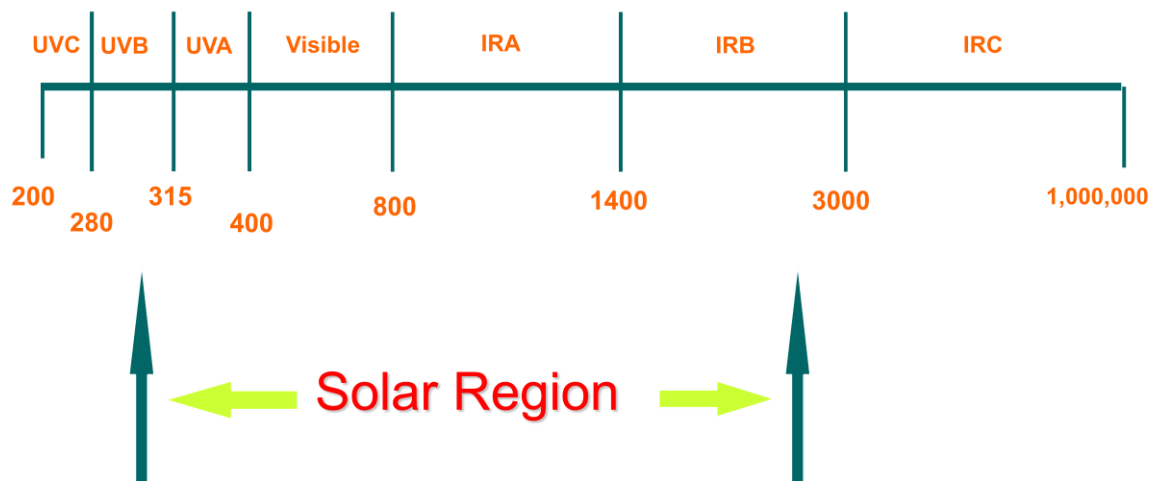
서울시 중구 소공로 94, 14층 (소공동, OCI빌딩)  
14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea  
Tel +82-2-728-7400 Fax 82-2-714-9235 [www.gpac-kpac.com](http://www.gpac-kpac.com)

## 1. 플라스틱 대기 중 노화 원인

플라스틱은 대기 환경에 노출되는 기간에 따라 손상이 일어난다. 대기 환경을 구성하는 주요 인자로는 빛(light), 수분(water), 온도(temperature)가 있으며 빛의 세기와 양, 수분의 양과 형태(기체, 액체, 고체), 온도의 높낮이 등이 영향을 준다. 가장 주요한 원인은 태양광을 구성하는 스펙트럼 중 자외선이며 이로 인해 물질 표면의 색상 및 광택 저하와 함께 강도저하, 분해로 인한 백화(chalking)현상 등이 나타난다.

태양광을 구성하는 스펙트럼은 다음과 같다. 지표 상에 도달하는 태양광은 UVB부터 IRB까지이며 유리창을 통하는 경우는 UVB가 차단된다. 태양광의 방사조도 중 UV가 차지하는 비율은 6.8 % 로 적지만 상대적으로 높은 에너지를 가지고 있어 플라스틱의 화학결합을 끊어낼 수 있다.

Distribution (unit: nm)



(출처: Atlas 기술자료, Data based on CIE Publication 85, Table 4)

## 2. 내후성이란?

내후성이란 대기 환경 노출 시 발생하는 노화현상에 대한 안정성이며 유리창을 통해 UVB가 차단되고 강우의 영향이 없는 경우의 내장재용 내후성 (interior weathering, 내광성)과 외장재용 내후성 (exterior weathering)으로 구분하여 표현하는 경우가 있다. 외관에 드러나는 다양한 플라스틱 부품은 사용환경에 따른 적절한 내후성이 요구된다. 특히 자동차 내·외장재의 경우는 장기 내구성이 요구되는 분야인 만큼 높은 수준의 내후성이 요구된다.

플라스틱 제조업체에서는 내후성 향상을 위해 광 안정제(light stabilizer)를 적용하기도 하는데 이는 UV에 의한 플라스틱의 분해를 지연시키는 효과가 있다. 일반적으로 UV흡수제 (UV absorbers)와 HALS (hindered amines light stabilizers)가 사용되며 또한 효과적으로 분해를 지연시키기 위해서 특정 안료를 적용하기도 하고 이런 것들을 조합하여 사용하기도 한다. 광 안정제 적용에 의한 내후성 향상여부를 확인하기 위해서는 실제 플라스틱이 사용되는 환경에 노출하여 그 결과를 얻어야 하지만 실제 많은 기간이 소요되는 문제가 있다. 내후성 향상효과에 대한 확인은 물론 품질보증을 위해서도 실제 대기 환경노출기간 대비 시간을 단축할 수 있는 시험방법 필요성이 대두되었다.

## 3. 내후성 시험방법

내후성 시험방법은 크게 옥외폭로시험과 인공광을 사용하는 촉진시험방법이 있다.

### (1) 옥외폭로시험

옥외폭로시험은 다양한 지역에서 실시되고 있으나 일반적으로 국제적으로 통용되는 시험방법 상에 요구되는 지역은 플로리다와 아리조나 2곳이다. 플로리다는 표준기후 지역으로 기후가 일정 하게 유지되는 특징이 있고 아리조나는 건조 기후로 높은 광량과 큰 일교차가 특징이다. 국내옥외폭로 시험장은 서산에 위치하고 있으며 해수와 해풍의 영향을 볼 수 있는 장점이 있다. 해외 옥외폭로시험 장소는 멕시코 후아레스, 오스트레일리아 퀸스랜드, 브라질 크루즈알타, 일본 오키나와 등이 있다.



From Q-Panel website

#### Miami, Florida

Annual Sun	69 %
Annual UV(<385 nm)	280 MJ/m <sup>2</sup>
Annual Total Solar	6588 MJ/m <sup>2</sup>
Summer Temperature	32 °C
Annual Rain	111 days



From Q-Panel website

#### Phoenix, Arizona

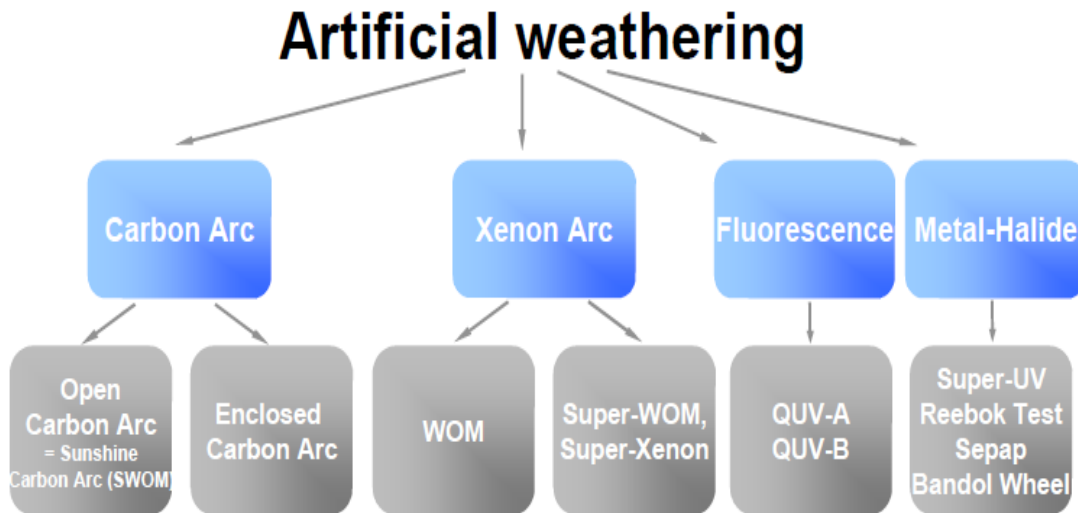
Annual Sun	85 %
Annual UV(<385 nm)	334 MJ/m <sup>2</sup>
Annual Total Solar	8004 MJ/m <sup>2</sup>
Summer Temperature	40 °C
Annual Rain	32 days

자동차 업계에서는 일반적으로 2년간의 옥외폭로시험 결과를 요구하고 있으며 그 결과를 품질기준 부합여부 판단에 활용하고 있다. 2년 옥외폭로 시험에는 온대기후 기준 약 500 MJ/m<sup>2</sup> (300~400 nm)의 UV가 조사된다. 하지만 옥외폭로시험은 실제 기후가 매년 일정하지 않기 때문에 재현성을 확보하는 것이 쉽지 않으며 내후성이 요구되는 자동차, 건축물, 외부 조형물 등 새로운 제품 개발과정에서 2년 이상의 옥외폭로시험 기간은 짧지 않은 기간이다. 이렇게 긴 옥외폭로시험기간 단축을 위하여 태양을 따라 움직이는 장치, 집광장치 등이 고안되어 활용되기도 한다.

## (2) 촉진시험방법

촉진시험방법은 옥외폭로시험대비 기간을 단축하고 재현성 있는 환경조건 구현을 위해 내후성시험기를 사용하는 방법이다. 내후성시험기는 인공광원, 습도조절기, 온도조절챔버, 스프레이 부분 등으로 구성되어 있으며 이를 통해 동일한 환경조건에서의 반복적인 시험을 가능하게 한다.

촉진시험방법은 인공광원의 종류에 따라 4가지로 구분할 수 있으며 분류는 다음과 같다. 가장 초기에 개발된 carbon arc 광원은 태양광의 스펙트럼과는 차이가 커 최근에는 많이 사용되지 않는다. 일반적으로 태양광 스펙트럼과 유사한 Xenon Arc광원을 이용한 방법이 가장 많이 사용되고 있다. fluorescence방식은 특정한 단파장의 UV만을 이용하는 방법으로 UV에 대한 영향을 보고자 할 때 사용된다. Metal-halide 광원은 UV강도를 수십 배로 높여 시험기간을 단축하고자 고안된 광원으로 290~400 (nm)의 UV를 100~3000 (W/m<sup>2</sup>) 강도로 시험할 수 있는 광원이다.

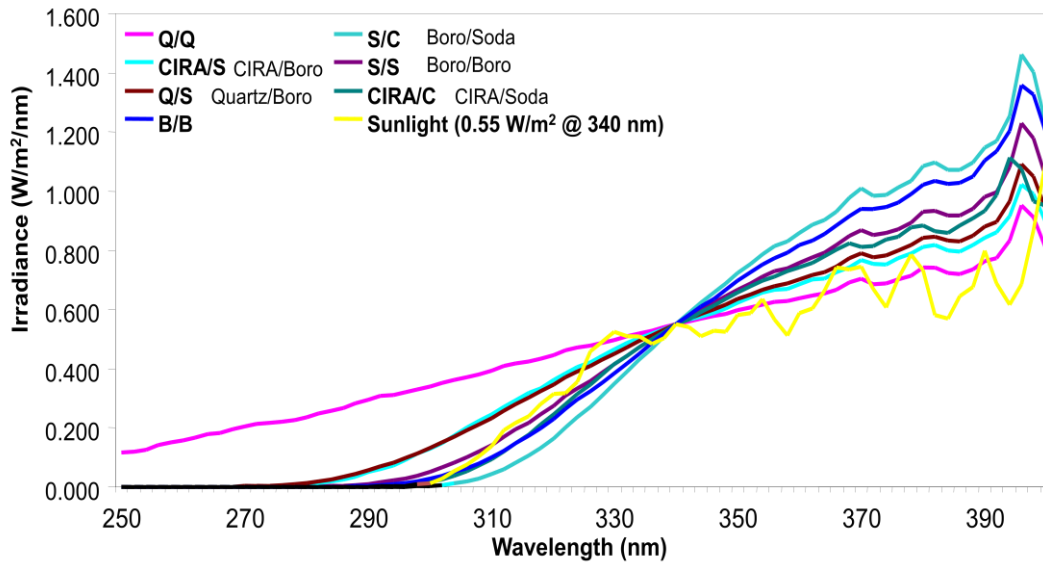


(출처: Ciba 기술자료)

## (3) 제논 아크 (Xenon Arc) 내후성 시험기

촉진시험의 경우 가속성 향상을 위해 자연현상대비 높은 광 강도 (irradiance, W/m<sup>2</sup>)를 적용하는 방법이 도입되기도 하며 시험의 가속도 증가를 위해 지표 상에 도달하는 UV보다 더 낮은 파장이 포함되도록 UV cutoff를 조절하는 방법이 적용된다. 그 외의 다양한 조건 (온도, 사이클 등)의 조합을 통해 자연 현상의 구현 및 촉진조건을 반영한다. 자연 현상에서의 광 강도는 낮 최고 0.68 W/m<sup>2</sup> @340 nm (CIE Publication #85 Table4)이다. 광 강도를 높여 시험하는 경우에는 시편 표면온도 상승으로 인한 시험결과 왜곡이 일어나지 않도록 고려되어야 한다.

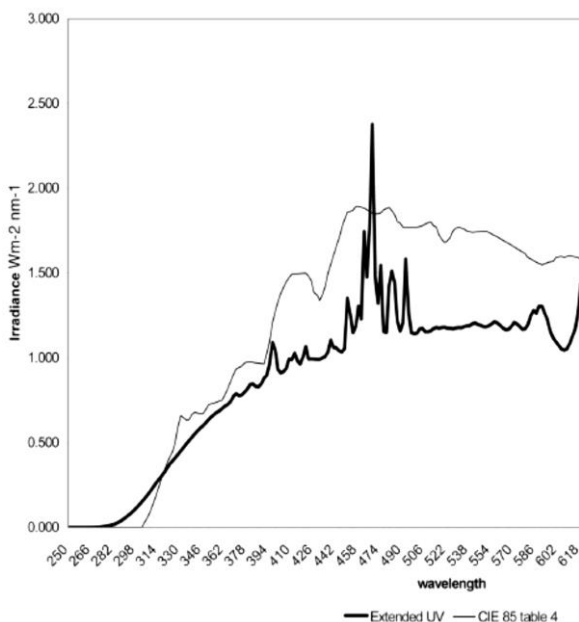
지표상에 도달하지 않는 단파장의 UV영역까지 생성되는 인공광원은 필터를 이용하여 UV영역을 선택적으로 조절할 수 있다. 필터 조합에 따른 UV cutoff 효과는 아래 그래프와 같다. 단파장일수록 에너지가 높아 고분자의 화학 결합을 끊어내기 쉬우나 실제 대기 환경에서 일어나지 않는 현상이 일어날 수도 있다. 태양광에 가장 유사한 cutoff 위치를 가지는 필터는 CIRA/Soda lime으로 지표 상에는 295 nm 이상의 파장만 도달한다. SAE J2412 와 SAE J2527 시험방법 상의 Extended UV filter 경우는 cutoff 위치가 285 nm로 inner와 outer가 모두 type "S" Borosilicate로 구성된 필터와 동일하다. SAE J2527 Daylight filter의 cutoff 위치는 CIRA/Soda lime와 동일하다.



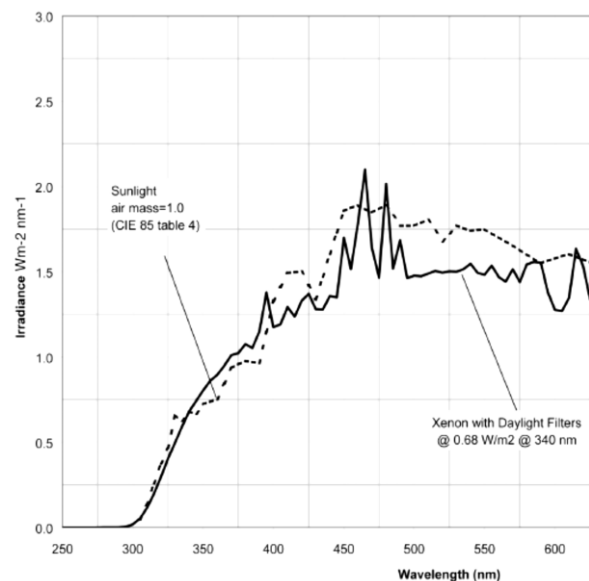
#### Filter별 스펙트럼 차단정도

* Inner / Outer Filter	Quartz / Boro	Boro / Boro	CIRA / Soda	Boro / Soda
* Wavelength Cutoff	270	285	295	305

Extended UV filter vs. Sunlight



Daylight filter vs. Sunlight





(4) 내후성 시험방법

아래 표는 촉진시험방법과 옥외폭로시험방법을 내·외장재로 구분하여 국제적으로 활용되는 규격을 중심으로 정리한 것으로 이 외에도 자동차제조사 규격 등 다양한 규격이 사용되고 있다. 각 규격은 필터 및 사이클 등의 차이가 존재한다.

구분		촉진시험기	옥외폭로
소재	내장재	ISO 105-B06 ISO 4892-2 VDA 75202 SAE J1885, SAE J2412 JASO M346	ISO 877 ISO2810 SAE J2229 SAE J2230 ASTM G24
	외장재	ISO 11341 ISO 4892-2 ISO 11507 ISO 4892-3 VDA 621-430 SAE J1960, SAE J2527 SAE J2020 JASO M351 ISO 3917	ISO 877 ISO 2810 SAE J951 SAE J1961 SAE J1976 ASTM G7 ASTM G90
완성차		DIN 75220 Company specifications	SAE J951 Company specifications

(5) 옥외폭로시험과 촉진시험과의 상관성

실제 자연현상에서 요구되는 내구수명에 상응하는 촉진시험기간의 도출을 위해 동일한 UV 량을 적용하는 경우 동일한 결과가 얻어지지 않는다. 이는 촉진시험을 위해 부여한 가속조건으로 인해 자연현상에서 발현되지 않는 현상들이 영향을 미치는 것에 기인한다. 최근 국내에서는 시험방법 간 상관성을 높이면서 기간을 단축하기 위해 SAE J1960 및 SAE J2527 대체 시험방법으로 RS-KRICT-009 (산업부 공고 2014-612)가 개발되었다. 이 방법은 SAE J1960/J2527 시험시간을 1/2 배로 단축 가능하다. 옥외폭로시험과의 상관성 검증을 위한 프로젝트는 진행 중이다.

(출처: KRICT(한국화학연구원) 프로젝트 보고서)

	RS-KRICT-009		SAE J 1960/2527	
사이클 구분	사이클 시간	조건	사이클 시간	조건
밤	10분	35℃	60분	38℃/강우
강우	150분	[40W/m <sup>2</sup> ]/[45℃]	20분	[60W/m <sup>2</sup> ]/[70℃]
낮	200분	[120W/m <sup>2</sup> ]/[70℃]	100분	[60W/m <sup>2</sup> ]/[70℃]
Filter	Right-Light		Quartz/S-Boro	
500MJ 소요시간	70일		158일	

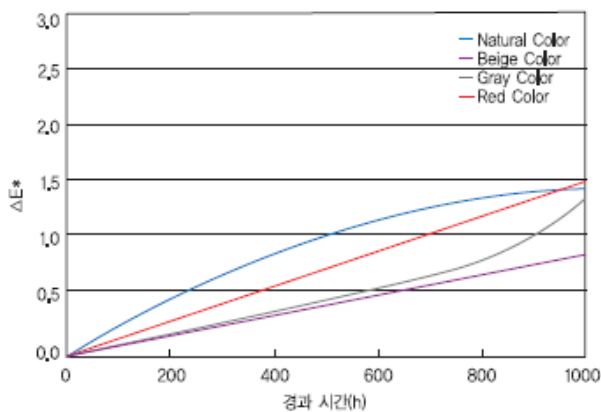
※ 자외선 광량 : 300nm~400nm 적분값기준

- 사이클 주기: 360분, 하루 4 사이클 순환
- 1주 단위 누적 자외선 광량: [열대] 50 MJ/m<sup>2</sup>, [온대] 40 MJ/m<sup>2</sup>, [냉대] 30 MJ/m<sup>2</sup>
- 6주 단위 누적 자외선 광량: [열대] 300 MJ/m<sup>2</sup>, [온대] 240 MJ/m<sup>2</sup>, [냉대] 180 MJ/m<sup>2</sup>
- 6주 시험으로 해당 지역의 1년 폭로 모사 (약 9배의 필드 가속성)

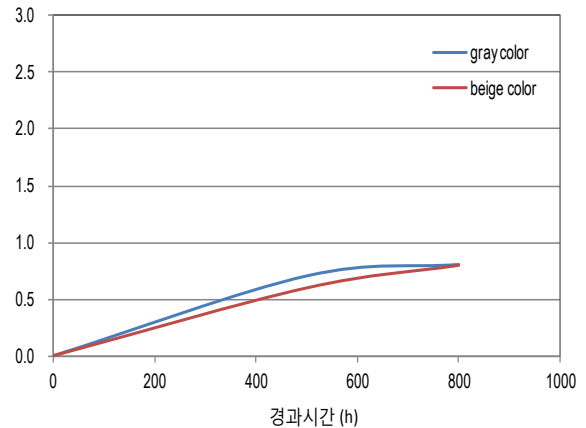
## 4. 내후성 제품

### (1) KEPITAL® (POM)

KEPITAL Fxx-52, Fxx-52G는 내후성이 향상된 제품으로 내장재 적용을 위한 제품이다. 기본적인 Natural 색상 외에 다양한 색상으로 착색되어 사용되기도 한다. 아래 그래프는 SAE J2412 (≒J1885)를 적용하여 측진 내후성시험기에서 내후성 시험한 후 색상변화를 측정한 결과이다. 표준 grade대비해서 색상변화가 적게 나타난다.

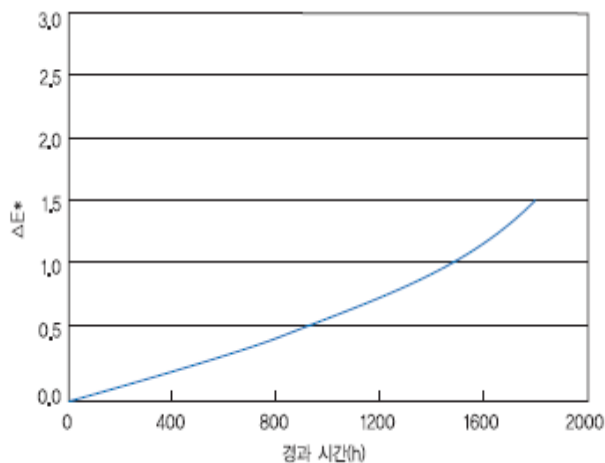


F20-52 & F30-52 내후성(내장재)



F10-52D 내후성(내장재)

KEPITAL Fxx-51, Fxx-51U는 내후성이 향상된 제품으로 외장재 적용을 목적으로 개발된 제품으로서 검정 색상이다. SAE J2527 (≒ J1960)규격에 따라 측진 내후성시험기에서 내후성 시험 후 색상변화를 측정한 결과이다.



F20-51U 내후성(외장재)

주. 'xx'로 표기된 것은 해당 제품의 series제품이 있는 경우임.

(2) KEPEX® (Polyester)

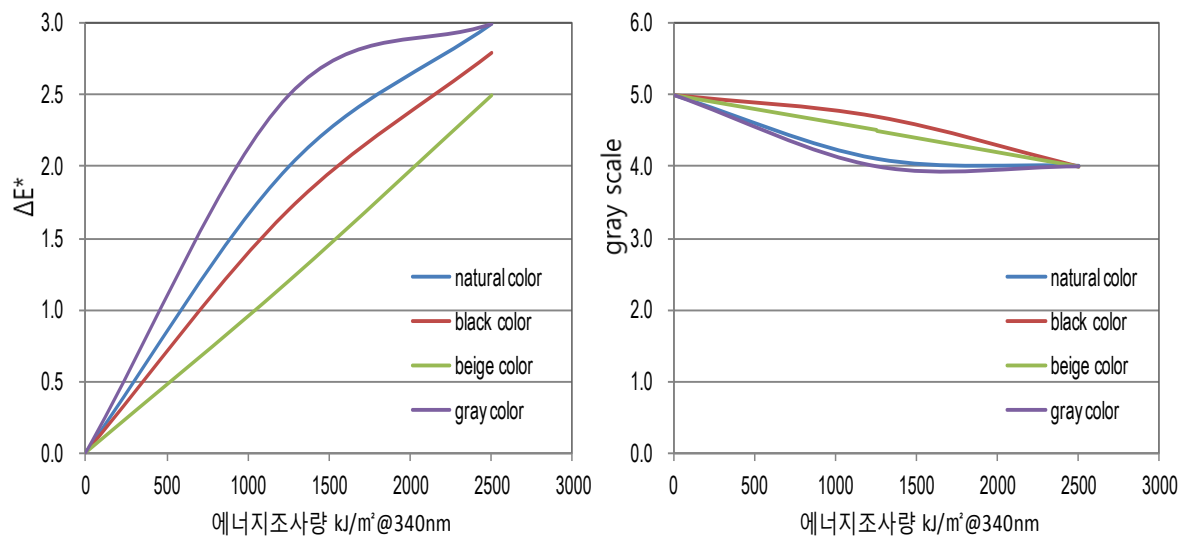
KEPEX 3500SAU는 PBT 고인성, 내후성 향상 제품으로 외장재 조건에서 우수한 특성을 발현하는 제품이다. 외장재 조건인 SAE J2527 (≒J1960)규격에 따라 시험한 결과는 다음과 같다.

3500SAU (color: black)

구분	시험규격	에너지 조사량		$\Delta E^*$	Gray scale
		MJ/m <sup>2</sup> @300~400 nm	kJ/m <sup>2</sup> @340nm		
외장재	SAE J2527 (≒ J1960)	145	1250	1 이하	4-5급 이상
		291	2500	3 이하	4급 이상

KEPEX 37xxGF는 PBT/PET 수지에 다양한 함량의 glass fiber를 적용하여 강도를 향상시키면서 내후성까지 부여한 제품이다.

37xxGF  $\Delta E^*$  & Gray scale (외장재용 내후성 SAE J2527(≒ J1960))



KEPEX 3930GFU BK는 PBT/ASA glass fiber 강화 내후성 향상 제품으로 외장재용 시험규격 SAE J2527 (≒ J1960)에 따른 시험에서 2500 kJ/m<sup>2</sup> @340nm 에너지 조사 후  $\Delta E^*$  3이하의 결과를 나타낸다.



(3) KEPAMID® (Polyamide)

KEPAMID 1500SFU & 2300SFU는 Polyamide에 내충격 및 내후성이 보강된 grade로 1500SFU는 PA6가 베이스이며 2300SFU는 PA66가 베이스 수지이다.

1500SFU & 2300SFU Gray scale (내장재용 내후성 SAE J2412 (≒J1885))

에너지조사량 kJ/m <sup>2</sup> @340nm	natural	black	ivory
1500	4급 이상	3-4급 이상	3-4급 이상

KEPAMID 1xxxGFU grade는 PA6에 glass fiber강화 내후성 향상 제품으로 다음과 같은 내후 특성을 가진다.

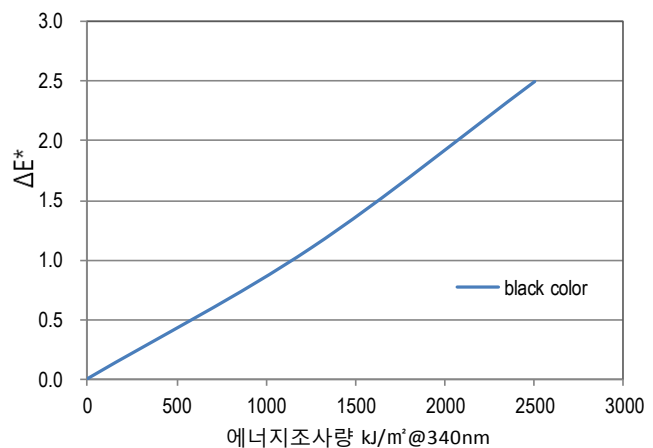
1350GFU (color: black)

구분	시험규격	에너지 조사량		$\Delta E^*$	Gray scale
		MJ/m <sup>2</sup> @300~400 nm	kJ/m <sup>2</sup> @340nm		
내장재	SAE J2412 (≒ J1885)	84	700	2 이하	4급 이상

1533GFU Gray scale (내장재용 내후성 SAE J2412 (≒J1885))

에너지조사량 kJ/m <sup>2</sup> @340nm	natural	black	gray
1500	4급 이상	4급 이상	3-4급 이상

KEPAMID 1340GM8 UBK는 PA6에 GF/MF 강화된 내후성 제품으로 외장재용 시험 규격 SAE J2527 (≒ J1960)에 따른 시험에서 2500 kJ/m<sup>2</sup> @340nm 에너지 조사 후  $\Delta E^*$  3이하, gray scale 4 이상의 내후 특성을 가지고 있다.



**본사**

04532, 서울특별시 중구 소공로 94 (OCI빌딩, 14층)  
Tel. 02-728-7481 Fax. 02-714-9235

**연구소**

15850, 경기도 군포시 고산로 166, 104동 201호 (당정동, SK벤티움)  
Te Tel. 031-436-1300 Fax. 031-436-1301

**Headquarters**

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea  
Tel. +82-2-728-7481 Fax. +82-2-714-9235

**EU & America Sales**

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea  
Tel. +82-2-728-7467 Fax. +82-2-714-9235

**Asia Sales**

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea  
Tel. +82-2-728-7491 Fax. +82-2-714-9235

**China Sales**

上海聚醚醚化工贸易有限公司  
上海市长宁区天山路1717号SOHO天山广场2幢T2-903C室(200051)  
Tel. +86-21-6237-1977 ; E-mail: cpac.sales@gpac-kpac.com

**Disclaimer:** 1. 상기 자료는 본 제품에 대해 당사의 현재 기술 수준에서 측정된 것이며, 측정 방법 및 조건에 따라 변경될 수 있습니다. 본 제품에 고객에 의해 안료 및 기타 첨가제가 사용된 경우 상기 자료는 적용되지 않습니다. 본 제품은 (치)의학 Implants 용으로는 적합하지 않으며, 고객은 안전 및 보건 기준에 따라 본 제품을 사용해야 합니다. 제품 사용의 결정 및 책임은 고객에게 있으며, 상기 자료는 법적 소송 및 근거자료로 활용될 수 없습니다.

2. 상기 성형수축률은 당사 시험편 금형을 이용하여 특정 사출조건에 한하여 측정된 수치이므로, 측정조건에 따라 다소 변동될 수 있습니다. 귀사에서 제작하고자 하는 금형의 경우 두께, 디자인, 사출기, 사출조건 등이 당사 시험편 금형과 상이하여 상기 수축률과 차이가 있을 수 있으므로, 귀사의 설계조건, 사출성형조건 등을 충분히 검토하신 후 필요 시 보정하여 적용하시기 바랍니다. 제작하고자 하는 금형과의 수축률 차이가 발생할 경우 당사에서는 어떠한 법적 책임도 질 수 없으며, 모든 책임은 귀사에 있음을 분명히 밝혀 드립니다.