

# PVC 바닥상재용 광경화형 복합기능(내오염/항균)성 코팅액의 제조 및 응용에 관한 연구

윤현정<sup>1</sup>, 박보람<sup>1</sup>, 하진욱<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>순천향대학교 화학공학환경공학과

## A Study on the Manufacture and Application of UV-Cured Multi-Functional(Anti-Stain/Virus) Coating Compounds for PVC Tile

Hyun-Jung Yoon<sup>1</sup>, Bo-Ram Park<sup>1</sup> and Jin-Wook Ha<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Chemical & Environmental Eng., College of Eng., Soonchunhyang University

**요약** 본 연구는 건축자재로 널리 사용되는 PVC바닥상재 표면에 내오염성과 항균성을 증가시키기 위한 광경화형 코팅액 개발에 관한 것이다. PVC 바닥상재용으로 사용되는 우레탄-아크릴 수지에 수용성대전방지제와 항균제를 배합하여 오염 및 정전기로부터 상재를 보호하고 미생물에 의한 전염성질환을 예방할 수 있는 광경화형 내오염/항균 코팅액에 관한 실험을 수행하였다. 연구결과, 수지에 수용성대전방지제 15%와 항균제 1%를 혼합하여 제조한 코팅액을 bar-coater No.12로 코팅한 표면이 전기저항( $10^9 \Omega / \text{cm}^2$ ), 내오염도(매직 Test, 먼지부착 Test) 및 부착력(100%) 양호, 항균성(99.99%)로 가장 좋은 물성을 보였다.

**Abstract** This study is development of UV-cured coating compounds which has more improved anti-stain and anti-biosis, about surface prevention of PVC Tile. We added water-soluble anti-static and anti-microbial agent to the resin. The process has prevented electrostatic and bacterial contagious disease. The result, which added 15wt% of water-soluble anti-static and 1wt% anti-microbial agent and coated with No.12 Bar-coater, coating composition had optimum surface property. It appear electric resistance( $10^9 \Omega / \text{cm}^2$ ), anti-stain (Ink Test, Dust Test), anti-biosis (99.99%), and adhesive power(100%).

**Key Words** : Multi-Function, Anti-Stain, Anti-Virus, UV-Cure, Coating, PVC Tile

### 1. 서론

산업사회의 발전은 자연환경 보다는 인간생활의 편리함과 이윤추구를 우선으로 한 결과 자연환경 파괴가 한계에 달하고 있다. 따라서 자연환경을 보호하려는 움직임이 각 산업분야에서 고조되고 있는 가운데 환경 친화적인 제품의 생산 및 사용이 요구되고 있다.

환경 친화적인 디자인에 의한 산업개발이 요구되고 제품의 품질뿐만 아니라 제품을 보호하고 외관을 아름답게 꾸미기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 또한 일부에서는 단순히 제품을 보호하고 외관을 아름답게 꾸미는 것

뿐만 아니라 특수기능을 부여하여 제품의 기능성을 향상시키고 있다[1].

환경부 보고서에 따르면 현재 사용 중인 도료의 약 70%가 용제형으로 다량의 휘발성 환경유해 물질을 배출하며 첨가제의 일부는 중금속을 함유하고 있어 지구환경이 악화되는 것을 방지하기 위해 범세계적인 차원에서 환경과피 방지를 위한 규제가 엄격해지고 있다. 이러한 환경규제에 따른 도료산업계에서에서는 무공해, 무독성, 자원절약형, 고성능, 고기능성 도료의 개발이 주된 연구 과제이다[4,5].

본 연구에서는 기존 PVC상재에 사용되는 용제형 광

\*교신저자 : 하진욱(chejwh@sch.ac.kr)

접수일 10년 06월 23일

수정일 (1차 10년 08월 05일, 2차 10년 08월 12일)

게재확정일 10년 09월 08일

경화 도료를 대체하고, 바닥재로 많이 사용되는 PVC Tile의 오염을 방지하기 위한 내오염 및 대전 기능을 개선할 수 있는 내오염(Anti-stain)기능과 미생물의 서식이나 증식을 억제하여 전염성질환을 예방할 수 있는 항균(Anti-virus)기능을 지닌 복합기능성(내오염/항균) 광경화형 수성도료에 대한 연구를 진행 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 코팅액 제조방법 및 코팅조건

PVC Tile의 내오염성 및 항균성을 증가시키기 위해 일반 UV코팅액(국산, (주)유진텍21)에 4가 암모늄을 사용한 수용성 대전방지제 UJ-AS2006(국산, (주)유진텍21)을 수지의 양 대비 5%, 10%, 15% 함량으로 조절하여 첨가하였다.

UV코팅액과 수용성 대전방지제를 배합하기 위해 고속 배합기를 사용하여 1000rpm으로 30분간 배합하여 내오염 코팅액을 제조하였다. 제조한 내오염 코팅액에 항균성을 증가시키기 위해 항균제 NAG- M1000(국산, 나노솔루션)을 1% 첨가하여 고속배합기를 사용하여 1000rpm으로 30분간 배합하여 복합기능성 내오염/항균 코팅액을 제조하였다. 일반 UV코팅액의 조성과 대전방지제 및 항균제의 특성은 표1, 표2에 나타내었다. 첨가제 중 수지와 수용성대전방지제의 혼합을 위하여 가용화제를 첨가하였다.

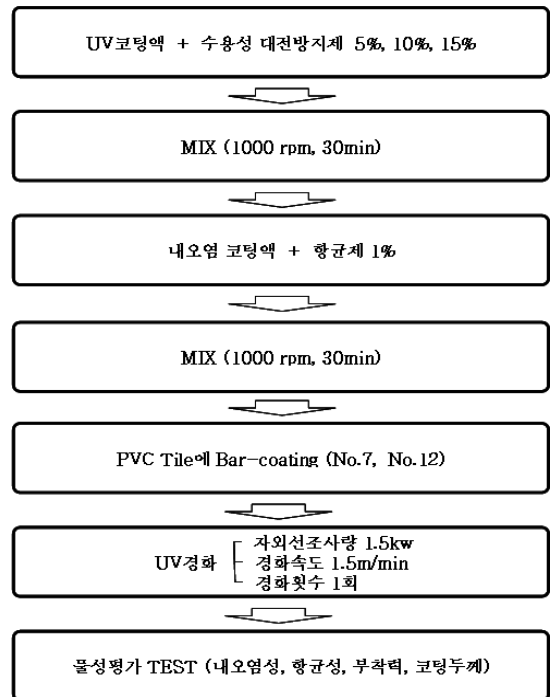
제조한 복합기능성 코팅액을 10cm×10cm 크기의 PVC Tile에 두께조절이 가능한 Bar-coater (No.7, No.12)를 사용하여 코팅하였다. 코팅된 PVC Tile은 UV경화기(국산, Lichtzen)로 자외선 조사량 1.5kw, 경화속도1.5m/min, 경화횟수 1회로 동일한 조건에서 경화하였다. 그 후 내오염성, 항균성, 부착력, 코팅두께의 물성평가 테스트를 진행 하였다. 코팅액 제조방법 및 코팅 조건은 그림 1과 같다.

[표 1] UV 코팅액의 조성

| 성분   | 함량   |
|------|------|
| 광개시제 | 4.9  |
| 모노머  | 59.5 |
| 올리고머 | 35   |
| 첨가제  | 0.6  |
| 합계   | 100  |

[표 2] 대전방지제 및 항균제 특성

|          | 수용성대전방지제      | 항균제       |
|----------|---------------|-----------|
| 상품명      | UJ-AS2006     | NAG-M1000 |
| 주성분      | 4급암모늄 술폰산 화합물 | Ag        |
| 비중 (25℃) | 1.3           | 1.0 ~ 1.1 |
| pH       | 7.0 ± 1.0     | 7.0 ~ 8.0 |
| 제조사      | (주)유진텍21      | 나노솔루션     |



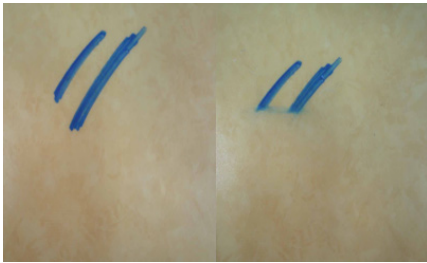
[그림 1] 코팅액 제조방법 및 코팅 조건

### 2.2 코팅층 물성 평가

#### 2.2.1 내오염성 물성평가

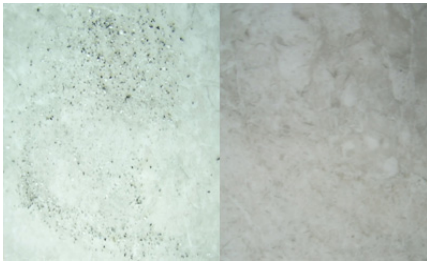
코팅된 PVC Tile의 전기저항성 평가는 절연저항측정기(일본, HIOKI사)로 JIS K6911에 기준하여 PVC Tile 표면의 표면 저항 및 체적 저항 정도에 따라 평가하였다. 전기저항성 측정은 습도 35~45%내에서 측정하였다. 본 연구의 코팅층 표면 전기저항성 목표치는  $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 이다.

내오염성 평가 중 매직 Test는 코팅 표면에 유성매직으로 표시 후 Ethanol로 제거하였을 때 코팅층 표면에 남아있는 유성 매직 표시의 유·무(Fail/Pass) 관찰로 평가하였다. 매직 테스트 방법은 그림2에 나타내었다.



[그림 2] 매직 테스트 평가방법

그리고 먼지부착 Test는 입자 밀도가 낮은 담뱃재를 이용하여 PVC Tile 표면에 정전기를 발생시킨 후 담뱃재의 부착 유무(Fail/Pass)로 평가 하였다. 먼지부착 테스트 방법은 그림3에 나타내었다.

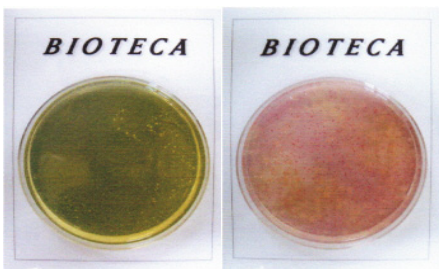


[그림 3] 먼지부착 테스트 평가방법

### 2.2.2 항균성 물성평가

은(Ag)은 분자간에 산소가 침투하기 좋은 수많은 기공을 만들어 자기 부피의 10배에 해당하는 산소를 흡수하여 산소원자로 분해하게 되는데 이 산소원자들이 균을 산화하여 죽이는 역할을 하여 항균성을 나타낸다.

항균성 평가는 JIS Z 2801에 준용하여 황색포도상구균인 Staphylococcus aureus(ATCC 6538P)와 대장균인 Escherichia coli(ATCC 8739)를 이용하여 시험균액을 35±1℃, RH 90±5%에서 24시간 정치 배양 후 균수 측정 방법으로 (주)바이오테카에 의뢰하여 항균성을 측정하였다.



[그림 4] 항균 테스트

[표 3] 항균성 평가방법

|                | Staphylococcus aureus | Escherichia coli    |
|----------------|-----------------------|---------------------|
| 접종균 농도(CFU/ml) | 2.5×10 <sup>5</sup>   | 2.2×10 <sup>5</sup> |
| 증식치(F)         | 1.6                   | 1.7                 |
| Ma             | 2.5×10 <sup>5</sup>   | 2.2×10 <sup>5</sup> |
| Mb             | 1.1×10 <sup>7</sup>   | 1.2×10 <sup>7</sup> |

Ma : 표준시료의 시험균 접종직후의 생균수의 평균치

Mb : 표준시료의 일정시간(24hr)배양 후 생균수의 평균치

### 2.2.3 부착력/코팅두께 물성평가

부착력 평가는 ASTM D 3359에 근거하여 코팅층 표면에 1mm간격으로 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고 그 위에 테이프(3M Tape)를 잘 밀착시킨 후 일정한 힘으로 수회 떼어내어 코팅층과 기재와의 밀착정도를 관찰하였다. 코팅층의 박리정도에 따라 박리가 없다면 5B, 5%미만의 박리현상은 4B, 5~15%는 3B, 15~35%는 2B, 35~65%는 1B, 65%초과는 0B로 평가하였다.

| 등급 | 기준       |
|----|----------|
| 5B | 박리 없음    |
| 4B | 5% 미만    |
| 3B | 5 ~ 15%  |
| 2B | 15 ~ 35% |
| 1B | 35 ~ 65% |
| 0B | 65% 초과   |

[그림 5] 부착력 테스트 평가방법

코팅두께의 측정은 초음파 multi-layer 코팅 두께 측정기(미국, Defelsko, positector® 100)로 5회 측정 후 평균값으로 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

PVC Tile의 알맞은 복합기능(내오염/항균) 코팅의 조건을 찾기 위하여 수용성대전방지제와 항균제의 함량을 조절하여 복합기능성 코팅액을 제조하였다. 대전방지제와 항균제의 함량에 따른 분류는 표 4에 나타내었다.

[표 4] 대전방지제와 항균제의 함량에 따른 분류

| 분류  | 대전방지제 함량      | 항균제 함량       |
|-----|---------------|--------------|
| A-1 | UJ AS2006-0%  | NAG-M1000 0% |
| A-2 | UJ AS2006-5%  | NAG-M1000 1% |
| A-3 | UJ AS2006-10% |              |
| A-4 | UJ AS2006-15% |              |

### 3.1 내오염성 코팅층 물성

일반 UV코팅액에 수용성 대전방지제 UJ-AS2006과 은나노 항균제 NAG-M1000을 첨가하여 제조한 내오염/항균 코팅액 A-1, 2, 3, 4를 PVC Tile에 코팅하여 평가한 내오염성 물성평가 결과는 표 5와 같다.

수용성 대전방지제와 은나노 항균제를 첨가하지 않은 A-1 코팅층의 전기저항성은  $10^{13} \Omega/cm^2$ 으로 매우 높은 전기 저항값이 측정되었으나 A-2, 3, 4 코팅층은 선행연구 [7]와 유사한  $10^9 \sim 10^{10} \Omega/cm^2$ 으로 본 연구의 목표치에 적합한 양호한 결과가 나왔다.

매직과 먼지부착 Test는 A-1, 2, 3 코팅층에서는 매직과 담뱃재가 코팅 표면에 남는 좋지 못한 결과가 나왔으나 A-4에서는 양호한 결과가 측정되었다. 코팅 두께에 따른 내오염 코팅층 물성은 차이를 보이지 않았으나 대전방지제의 함량이 많아질수록 전기저항성 및 내오염성에서 우수한 것을 알 수 있었다.

[표 5] 내오염성 코팅층 물성평가

| 분 류 | 물성평가 |               | No.7                  | No.12                 |
|-----|------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| A-1 | 전기저항 | $\Omega/cm^2$ | $2.30 \times 10^{13}$ | $1.93 \times 10^{13}$ |
|     | 내오염도 | 매직Test        | F                     | F                     |
|     |      | 먼지Test        | F                     | F                     |
| A-2 | 전기저항 | $\Omega/cm^2$ | $4.40 \times 10^{10}$ | $4.23 \times 10^{10}$ |
|     | 내오염도 | 매직Test        | F                     | F                     |
|     |      | 먼지Test        | F                     | F                     |
| A-3 | 전기저항 | $\Omega/cm^2$ | $4.74 \times 10^{10}$ | $3.84 \times 10^{10}$ |
|     | 내오염도 | 매직Test        | F                     | F                     |
|     |      | 먼지Test        | F                     | F                     |
| A-4 | 전기저항 | $\Omega/cm^2$ | $1.79 \times 10^9$    | $3.08 \times 10^9$    |
|     | 내오염도 | 매직Test        | P                     | P                     |
|     |      | 먼지Test        | P                     | P                     |

### 3.2 항균성 코팅층 물성

일반 UV코팅액을 기준으로 UV코팅액에 내오염성과 항균성을 증가시키기 위해 대전방지제와 항균제를 첨가한 내오염/항균 코팅액을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 항균성 물성평가 결과는 표 6과 같다.

항균제를 1% 첨가한 코팅층 물성평가 결과 황색포도상구균 *Staphylococcus aureus*의 항균가공시료의 24시간 배양 후 생균수의 평균치는  $8.2 \times 10^6$ 에서 10미만의 수

로, 항균활성치는 0.1에서 6.0으로, 감소율은 25.1%에서 99.9%로 항균제를 첨가 시 첨가하지 않은 코팅층보다 좋은 항균 물성을 보였다.

대장균 *Escherichia coli*의 코팅층 물성평가 결과 항균가공시료의 24시간 배양 후 생균수의 평균치는  $8.3 \times 10^6$ 에서 10미만으로, 항균활성치는 0.2에서 6.1로, 감소율은 31.2%에서 99.9%로 항균제를 첨가하지 않았을 때보다 좋은 물성을 보였다.

대전방지제와 항균제 1%를 첨가한 코팅층은 모두 6.1의 항균활성치와 99.9%의 항균력을 보였다.

[표 6] 항균성 코팅층 물성평가

|          | <i>Staphylococcus aureus</i> |      | <i>Escherichia coli</i> |      |
|----------|------------------------------|------|-------------------------|------|
|          | 0%                           | 1%   | 0%                      | 1%   |
| Mc       | $8.2 \times 10^6$            | < 10 | $8.3 \times 10^6$       | < 10 |
| 항균활성치(S) | 0.1                          | 6.1  | 0.2                     | 6.1  |
| 감소율(%)   | 25.1                         | 99.9 | 31.2                    | 99.9 |

Mc : 항균가공시료의 24시간 배양 후 생균수의 평균

항균활성치(S) :  $\log(Mb/Ma)$

감소율(%) :  $(Mb-Mc)/Mb \times 100$

### 3.3 부착력/코팅두께 코팅층 물성

부착력과 코팅두께의 코팅층 물성평가 결과는 표 7과 같다.

[표 7] 부착력/코팅두께 코팅층 물성평가

| 분 류 | 물성평가 |           | No.7         | No.12        |
|-----|------|-----------|--------------|--------------|
| A-1 | 부착력  | cross-cut | 5B           | 5B           |
|     | 코팅두께 | 초음파       | $18.5 \mu m$ | $26.8 \mu m$ |
| A-2 | 부착력  | cross-cut | 5B           | 5B           |
|     | 코팅두께 | 초음파       | $19.0 \mu m$ | $26.2 \mu m$ |
| A-3 | 부착력  | cross-cut | 5B           | 5B           |
|     | 코팅두께 | 초음파       | $18.6 \mu m$ | $27.6 \mu m$ |
| A-4 | 부착력  | cross-cut | 5B           | 5B           |
|     | 코팅두께 | 초음파       | $19.0 \mu m$ | $27.7 \mu m$ |

부착력은 ASTM D 3359 부착력 평가에 따라 모든 코팅층에서 최상등급인 5B로 박리현상이 보이지 않았으며 대전방지제 함량변화에도 모두 우수하였다.

코팅두께는 Bar-coater No.7이  $16 \mu m$ 이고, No.12가  $27.43 \mu m$ 이므로 비교적 적절한 코팅층의 두께가 측정되었

다. 코팅 두께에 따른 코팅층 물성은 차이를 보이지 않았다.

#### 4. 결과 및 고찰

환경에 대한 문제가 국제적 관심사로 부상하면서 쾌적한 생활을 누리고 싶어하는 인간의 욕구가 반영되어 ‘친환경’ 거주환경이라는 개념이 도입되었다. 이로 인해 코팅층 표면에 접촉된 오염물이 쉽게 제거될 수 있으며 새집증후군과 같은 건물증후군으로부터 보호할 수 있는 특수 기능을 부여한 제품으로 코팅함으로써 환경 친화적이며 내오염/항균성 복합기능 코팅액을 제조하였다.

기존의 우레탄-아크릴 수지에 내오염/항균성을 증가시키기 위하여 수용성 대전방지제(UJ-AS2006)와 항균제(NAG-M1000)를 첨가하여 PVC Tile에 코팅한 후 그 물성을 관찰하였다.

수지에 수용성 대전방지제(UJ-AS2006)를 혼합하지 않은 코팅층의 전기저항성은  $10^{13} \Omega/\text{cm}^2$ , 대전방지제와 항균제를 첨가한 코팅층의 전기저항성은  $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 로 측정되었고 매직오염도와 먼지부착 Test는 대전방지제의 함량이 증가할수록 코팅층 표면에 남아있는 매직과 담뱃재의 양이 적어지는 결과를 얻었다. 항균성은 항균제를 1%로 첨가 시 황색포도상구균과 대장균에 대해 모든 코팅층에서 99.9%의 항균력을 얻을 수 있었다. 부착력은 모든 코팅층에서 박리현상이 보이지 않는 5B로 우수한 결과를 나타냈다. 코팅두께는 No.7 bar-coater로 코팅 시  $18 \sim 19 \mu\text{m}$ , No.12 bar-coater로 코팅 시  $26 \sim 27 \mu\text{m}$ 로 적절한 코팅두께를 얻었다.

연구결과, 우레탄-아크릴 수지에 수용성 대전방지제(UJ-AS2006) 15%와 항균제 1%를 혼합하여 제조한 코팅액을 Bar-coater No.12( $27.43 \mu\text{m}$ )로 코팅한 PVC바닥상재가 전기저항성  $3.08 \times 10^9 \Omega/\text{cm}^2$ , 내오염성(매직오염도, 먼지부착 Test) 양호, 항균력 99.9%, 부착력 100%로 가장 좋은 물성을 보였다. 따라서 대전방지제의 함량이 높을수록 내오염성이 우수하며 1%의 항균제 첨가로 우수한 항균력을 얻은 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

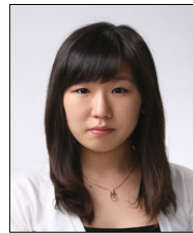
[1] 박찬남, 이원기, 장성호, “환경친화형 고고형분 자동차용 도료의 개발”, 한국환경과학회지, 제 17권, 제 8호, pp. 925-932, 2008.  
 [2] 이정아, 전진형, “친환경 아파트 거주자의 옥외환경에 관한 인식분석”, 한국조경학회지, 제 35권, 제 6호,

pp. 1-13, 2월, 2008.

[3] 박현주, 장성기, 서수연, 임준호, “바닥재로부터 방출되는 휘발성유기화합물과 폼알데하이드 특성”, 한국 대기환경학회지, 제 25권, 제 1호, pp. 38-45, 2009.  
 [4] 이도현, 하진욱, “수용성 대전방지제의 합성 및 이를 이용한 PVC 바닥재 코팅”, 산학기술성공학회 발표논문, pp. 73-75, 2001.  
 [5] 하진욱, “환경친화적·반영구적 수용성 대전방지 코팅액 개발”, 화학공학회, 제 6권, 제 1호, pp. 480-483, 2002.  
 [6] 장영민, 정재희, 이관형, 차영식, 정춘기, 이덕출, “대전방지처리된 물질의 정전기 대전특성에 관한 연구” 한국산업안전학회지, 제 10권, 제 1호, pp. 20-27, 1995.  
 [7] 윤현정, 하진욱, “PVC 바닥상재용 광경화형 내오염 코팅액의 제조 및 응용에 관한 연구” 한국산학기술학회논문지, 제 11권, 제 5호, pp. 1741-1746, 2010.

#### 윤 현 정(Hyun-Jung Yoon)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 환경공학과 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체에너지 분야

#### 박 보 램(Bo-Ram Park)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 환경공학과 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체에너지 분야

하 진 욱(Jin-Wook Ha)

[정회원]



- 1986년 2월 : 연세대학교 화학공학과 (공학사)
- 1990년 8월 : (미)Univ. of Illinois 화학공학과 (공학석사)
- 1993년 5월 : (미)Univ. of Illinois 화학공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 에너지환경공학과 교수

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체 에너지 분야