



# 기능성 코팅, 그 다양한 전개

## About Functional Coating

### 1. 기능성 코팅의 시대

소재의 표면에 도막을 형성하는 코팅은 넓은 표면(계면)을 활용해서 다양한 기능을 부여하는 것이 가능하다. 이러한 방법으로 만들어진 재료를 일본에서는 기능재료라고 말하는데 이는 “재료에 필요한 기능을 부여하기 위해 재료자신의 조성, 구조, 첨가제, 제조 Process 등의 변경에 의해 특별하게 제조시켜 부가가치를 높인 지식 집약형 재료”로 정의할 수 있기 때문이다. 모든 재료는 본래 어떠한 기능을 갖고 있으며 본고의 <기능성 코팅>도 그런 생각을 기본적으로 갖고 내용을 전개하고자 한다.

코팅 기술이 금후 어떻게 전개해 갈 것인가를 고찰해 볼 때 중요 Key-Word는 <환경대응력과 고기능성>이라고 생각한다. 각종 Polymer를 도료업계가 도입한 것이 제1의 활용이라 할 수 있고, 폴리머 설계를 보다 고도화하여 고성능화를 이룬 것이 제2의 활용, 현재는 제3의 활용으로 <환경부하의 저감과 고기능화의 달성>의 단계라고 할 수 있다. 물론 많은 분야에서 종래기술의 코팅이 사용되고 있다라는 것은 틀리지 않다. 그러나 시대는 고기능화로 향하고 있다.

Polymer 기술면에서는 중합방법에 따른 Polymer 설계와 정밀중합, 유기/무기 하이브리드, 나노 테크놀로지 기술 등이 주목받고 있지만 금후 전개에 대해서는 아직까지 충분하다고는 할 수 없다.

### 2. 코팅에서 얻을 수 있는 기능의 부여

코팅은 기본적으로 <소재 보호, 아름다운 외관 부여>라고 하는 기



양 혁 모  
(주) DI&C/부장

[그림 1] 기능성 코팅 기술

고경도, 고강도, 고강인성 내마모성, 윤활성, 형상기억	방식성, 내약품성, 내후성, 촉매활성, 흡착성 흡수성, 이온교환, 콘크리트중성화방지
발광, 촉광, 아광, 편광 광선택흡수, 광전도, 편광	비점착, 착빙방지 고발수, 발유, 결로방지
절연, 도전, 대전방지, 유전 전자파흡수, 자성, Hot resist	해중방오, 방균, 방독, 방폐 조직적합성
내열, 단열, 전열, 발열, 방화, 방열기록, 적외선흡수, 방사	발포, 분리, 가스배리어 탈취, 투습, 방수, 방음, 방진

능을 갖고 있다. 또 코팅에 대한 다양한 요구는, 그때 그때의 사용용도에 의해 성능향상과 평가 기술을 진보시켜 왔다. 코팅제품은 후가공에 의해 새롭게 넓은 표면에 기능성을 부여한 복합재료로써, 기능성 부여를 위해 표면 활용의 의미는 크다.

또한 코팅제품은 전형적인 복합재료로 수지, 경화제, 안료, 첨가제, 용제 등의 조합으로 고성능화, 고기능화를 이루고 있다. 참고로 [그림 1]에 코팅에 부여가 가능한 기능을 표시했다. 그림에 표시했듯이 이 같은 여러 기능을 발휘하기 위해 많은 노력을 기울여 오고 있다.

### 3. 기능성 코팅의 개요

아래에 대표적인 기능성 코팅에 대한 개요를 나열하였다

#### 3-1. 전기, 자기적 기능

##### 3-1-1. 도전성 코팅

도전성안료를 사용하는 도전성 코팅은 본체고

유저 항치에 의해 대략 아래와 같이 분류할 수 있다.

- $10^4 \sim 10^7$  : 대전방지제
- $10^0 \sim 10^4$  : 전류실드용
- $10^{-3} \sim 10^0$  : 인쇄회로용

도전성안료에는 Carbon black, 은, 동, 니켈 등의 금속분과, 수지, 마이카, 침상산화 티탄, 티탄산 칼륨 등에 은, 산화석, 산화안티몬 등을 코팅한 복합금속 등이 이용되고 있다. Sb/Sn에 코팅한 복합금속은 백색도전 안료로 사용된다. 에폭시, 아크릴, 폴리우레탄수지 등의 도전성 코팅은 정전기나 먼지방지, 플라스틱의 정전도장용 프라이머 등으로 이용되고 최근에는 특히 정보통신관련 설비, 공장에서 많이 사용되고 있다.

##### 3-1-2. 전자 차폐 코팅

전자파에 의한 노이즈를 방지하기 위해 전자 차폐 재료를 사용한다. 전자차폐에는 전기계 차폐로서 금속, 도전성 Polymer, 도전성 각종 재료에 의한 방법, 혹은 도금, 증착 코팅 등의 표면 처리에 의한 방법이 있다. 또 자기계 차폐로써는



자성재료, 자성복합재, 초전도체에 의한 방법이 있다. 전자 차폐효과는 반사 손실, 흡수손실, 내부반복반사손실의 합계로 표현할 수 있고 이들은 차폐재료의 비도전율( $\sigma$ ), 비유자율( $\mu$ ), 전자파의 주파수( $f$ ) 등에 의존한다. 평면파의 경우(표면의) 반사손실은  $\sigma$ ,  $f$ 가 크고  $\mu$ 가 적은 만큼 크고, (내부의) 흡수손실은  $\sigma$ ,  $f$ ,  $\mu$  3 요소 모두가 큰 만큼 크다. 고주파수의 전자차폐에는 은, 동, 니켈 등을 고농도로 이용한 고전도성의 코팅이, 자기차폐에는 헬라이트, 금속자성체를 사용한 코팅이 유효하다. 바인더로써 아크릴, 우레탄, 에폭시 수지 등이 사용되고 있다.

전자차폐 코팅의 대부분은 OA기기이고, 통신기기, 음향기기, 의료기기 등에도 이용되고 있다.

### 3-1-3. 자성 코팅

자기 기록 재료에는 증착, Spot, 도금과 같은 연속도막형성법과 자성분말을 binder로 분산한 코팅방법이 있다. 코팅에서는 잔류자성밀도(Br)가 큰 것이 필요하다. Br은 유효자화밀도(有效磁化密度), 충전도, 각형(角形)비가 큰 만큼 크다. 자성분에는 장수기록용으로 Br 헬라이트,  $rFe_2O_3$ ,  $CO_2$ + 함유  $rFe_2O_3$ , 금속 Powder(Fe)가 있는데 이 순서로 기록밀도가 향상 된다. 또 수직(垂直)기록용으로는 Br 헬라이트(육각판상)이 일반적이고 금속 Powder, Co-FeOx 등도 검토되고 있다. Binder로써는 비닐, 우레탄, 에폭시, 아크릴, PVDC 수지 등이 이용되고 있다.

자성코팅은 자기테이프, 카드, 디스크 등에 이용되고 있다.

### 3-1-4. 반도체 Process용 도막, 특히 IC용 층간 절연막

반도체 Process에는 대략 1미크론 이하의 도막두께의 각종 박막기술이 이용되고 있다. 대부분 CVD, PVD, 도금, 도포 등에 의해 형성되지만 대다수는 무기막이다.

그 중에서 최근 층간 절연막으로서 유기재료가 주목받고 있다. 또 Hot Resist에 대해서는 후술하고자 한다.

층간절연막으로서 CVD에 의해  $SiO_2$  막 이외 Si 질화막, 저비유전막 (Low k), 고비유전막 (High k), 강유전체막을 개발, 검토하고 있다.

그 중에서 디바이스의 고성능화에 반해 배선을 통한 신호의 지연개량 목적, 배선을 Al에서 Cu로 변경해서 저항 (R)을 낮추는 것, Low k재료를 이용해서 배선간 용량 (C)를 낮추는 것이 큰 주목을 받고 있다.

$SiO_2$ 은  $k=4.0$ 이고 무기막에서는 불소 Dop한  $SiO_2(SiOF, k=3.5)$  가 실용화 진행중이고, Carbon Dop한  $SiO_2 (SiOC, k=2.5\sim 2.8)$ 가 검토중이다. 게다가이 분야에서는 유기 수지막이 주목을 받고, 폴리이미드계, 테프론계(어느 것이나  $k=2.5\sim 3.0$ )가 검토되고 있다. 목표  $k \leq 2.0$ 을 달성하기 위해 공기 이용을 고려하고 있으며 나노크기의 초미세 공공구조를 갖는 수지계를 개발해 오고 있다.

## 3-2. 열적기능

### 3-2-1. 내열 코팅

실리콘수지, 불소수지, 무기 수지 등과 금속 산화물 안료 등을 조합시켜서 열분해에 강한 코팅으로 머플러 등의 차량부품외에 소각로와 Plant, 오븐 등의 주방기기 등에 이용되고 있다.

### 3-2-2. 내화 코팅

난연 코팅은 내열성 Polymer에 인계 등의 난연제와 열전도도 향상을 위해 무기 필러를 첨가하는 것이다. 반면 내화코팅은 화재시에 탄화층을 형성하면서 발포제 분해로 인해 수습배로 발포하여 내화층을 형성하는 코팅이다. 조성은 인산 암모니움, 디시안디아미노 등의 아미노 화합물을 주로 하는 발포제, 전분 등의 탄화제, 반응 촉매, 알키드, 합성수지 에멀전 등의 바인더로 구성되어 있다.

### 3-2-3. 열선 반사 코팅

열선 반사는 780~2,100nm의 적외선을 보다 많이 반사하도록 산화티탄, 이산화망간, 산화코발트 등의 백색 안료랑 알루미늄 등의 금속분을 배합한 코팅이다.

### 3-2-4. 시온 코팅

일정의 온도에서 결정전이, PH변화, 열분해 등에 의해서 색 변화를 하는 재료를 배합한 코팅으로 예를들면 무기재료로써  $Me_2(HgI_4)$  등의 요소화합물(가역형), 폴리브덴산 암모니움 금속착염(불가역형), 유기재료로서 로이코 염료/유기산(가역형) 등이 있을 수 있다.

## 3-3. 기계적 성능

### 3-3-1. 내마모, 하드코트

내마모성을 향상시키기 위해 그라스상 Polymer를 사용하여 극단적으로 영율을 크게 하는 것이 유효하다. 이 같은 Hardcoat에는 멜라민 수지계, 에폭시수지계, 무기계, Silicon계, UV경화(UVC)계 등이 있지만 후자 2종이 일반

적이다.

Silicon계는 2~4관능성의  $Si(R)_x-(O)_r$ -형의 알콕시 실란과 코로이달 실리카를 병용해서 계의 경도와 가요성(可撓性: 굽어 휘어지는 정도)의 균형을 맞춘다. UVC계는 각종의 모노아크릴레이트와 폴리우레탄폴리아크릴레이트 등의 올리고마를 광개시제, 광증감제 존재하에서 UV 조사로 라디칼경화를 시키는 것이다. 일반적으로 실리콘계에 비해 UVC계는 경화시간이 짧고, 가요성(可撓性)이 우수하지만 경도, 내스크래치성, 내후성이 약한 성질이 있다.

Hardcoat는 OA기기, 플리에스테르 화장관, 인조대리석, 안경 등 주로 플라스틱 분야에 이용되고 있다.

### 3-3-2. 고체 윤활 코팅

페놀수지, 폴리이미드, 무기binder 등의 내열성 Binder에 층상구조의 그라화이트, 이염화모리브덴, 혹은 질화붕소, PTFE같은 고체윤활제를 혼합한 것이다. 토크의 경감, 값아내기 방지, 소음방지 등 목적으로 자동차, 정밀기계 등의 기어, 베어링 등의 구동부에 사용된다.

### 3-3-3. 진동 억제 코팅

고체 속을 흐르는 (저주파) 진동에 대해 에너지를 흡수하는 것이 진동 억제이고, 에너지를 반사하는 것은 방진이라 한다. 진동억제는 진동에너지를 재료의 선단변형 등에 열에너지로 변환해서 감충시키는 것에 의해 이루어진다.

여기서 binder에는 아스팔트 고무 변성품, PVC, 알키드 같은 에너지 로스가 큰 고점성 수지를 이용한다. 또 충전재로는 타르, 그라화이트



같은 후레이크상, 혹은 섬유상의 것을 사용한다. 진동을 부여 할 때는 내부 로스(감충)를 크게 한다. 용도는 자동차의 안다프리아, 철도의 루프, 프린타의 공진방지에 사용된다.

### 3-4. 화학적 기능

#### 3-4-1. 광촉매 코팅

산화티탄의 광촉매반응에 의해 방오, 항균, 탈취, NOx의 분해 등이 큰 주목을 받고 있다. n형 반도체에 있는 TiO<sub>2</sub>는 자외선을 흡수하여 전자와 정공을 발생, 표면에 흡착하고 있는 물질과 산화(정공), 환원(전자) 반응을 일으킨다. 안에도 정공이 표면의 수산기를 산화해서 발생하는 하이드로시 라디칼은 강한 산화능력을 갖고, 전술한 기능을 발현하기 때문에 주목을 받고 있다.

일반적으로 유기 Binder을 이용한 코팅은 산화티탄 입자근방으로부터 노화 진행에 대해 내성이 없다.

따라서 광촉매 코팅은 다음 방법이 일반적이다.

- 1) Sol-Gel법으로 유기 티탄네이트를 그라스, 셀라믹 등에 코팅하는 방법
- 2) 아나타스형 산화티탄을 실리카졸, 수그라스, 유기실리케이트 등의 무기계 Binder로 분산해서 사용하는 방법. 광촉매 코팅은 휠타 등에 사용해서 공기청정과 탈취제, 도로자재, 건조물로 사용해서 NOx분해와 공기청정화에, 거기에 오염방지, 항균, 표면친수화 등 여러가지 용도로 사용되고 있다.

#### 3-4-2. 탈취 코팅

산화아연, 산화규소, 산화티탄, 또는 카오리나이트, 벤토나이트, 몬모리로나이트 등의 무기

점토계, 거기에 규산염/알루미늄/아연염 등의 다공질복합소성으로 제오라이트 등을 사용하여 화장실 냄새 등의 악취원의 흡착과 흡착한 악취원을 화학적으로 분해해서 무취화를 이루는 것이다.

### 3-5. 광학적 기능

#### 3-5-1. UV 경화 코팅

##### 1) IC용 Hot Resist

IC의 회로 패턴의 형성은 대략 다음과 같은 순서로 행해진다. 실리콘 산화막, 질화막을 형성한 실리콘 웨이퍼에 핫레지스트를 스핀 코트하고 마스크를 해서 UV 조사한다. 그런 후 노광부를 용제에 용해해서 미 노광부를 남긴다(Positive형) 혹은 미 노광부를 용해시키는(Negative형) 방법 어느쪽이든 현상, 레지스트재를 소부 시킨 후 마스크하여 아래 부분의 실리콘 산화막, 질화막을 에칭, 그후 산소 플라즈마 등으로 레지스트재를 탄화 처리한다.

이런 방법으로 IC의 구조를 적층한다. 따라서 레지스트재는 최종적으로 남게 해서 안된다.

제작식도를 [그림 2]에 표시한다.

Negative형의 대표적인 예로는 환화고무 / 비스아지토계 레지스트를 들수 있지만 해상도가 낮기 때문에 현재는 Positive형이 주류가 되고 있다. Positive형으로는 g선(436nm)용 레지스트로써 알카리 가용성 수지인 노볼락수지와 감광제로서 폴리하이드로 시벤조페논 골격에 나프토 퀴논 디 아지토-5-술폰산을 결합한 것을 이용하는 것이 대표적이다.

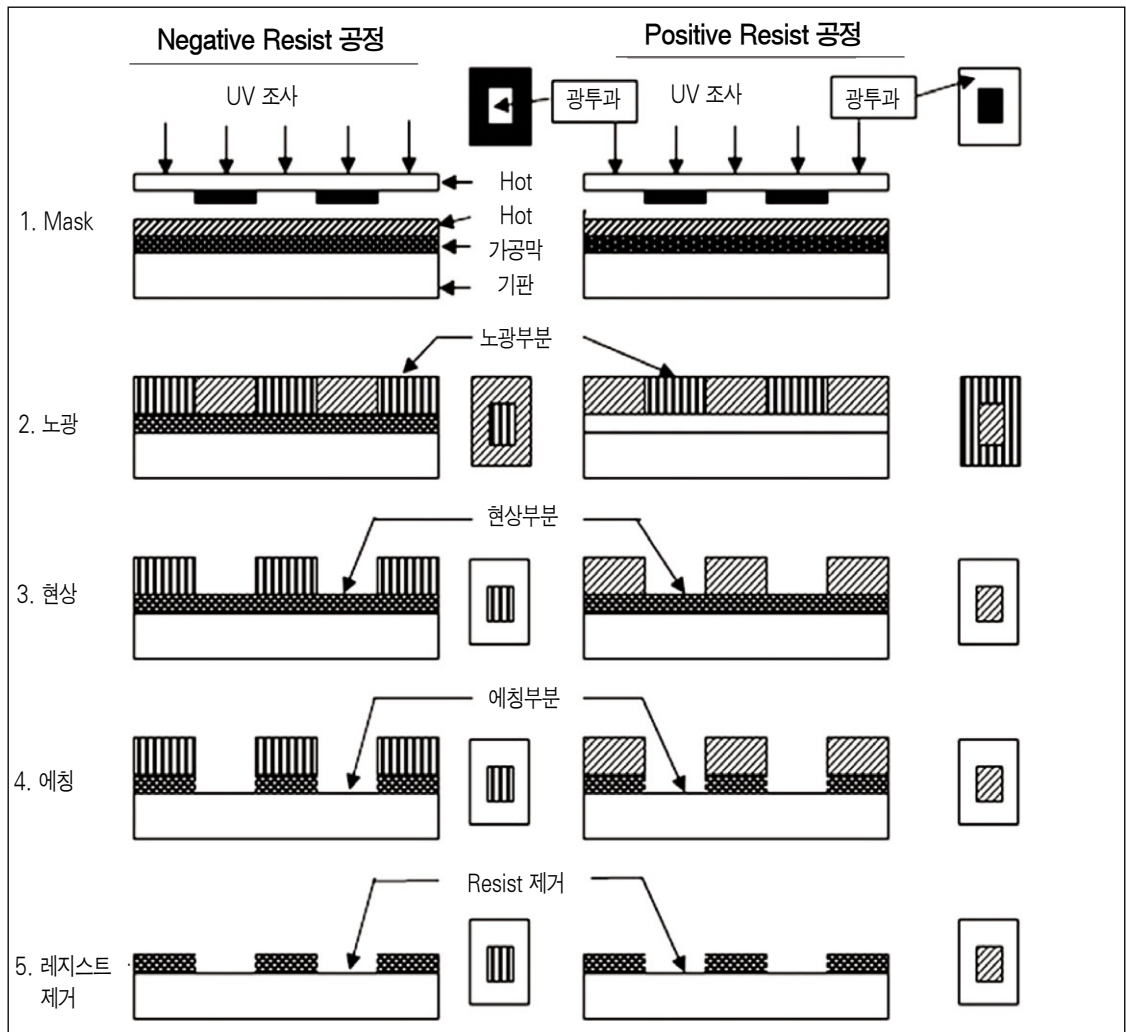
노광부는 나프토 퀴논 디 아지토가 광분해하여 인텐 칼본산이 되는 것으로 이것은 알카리 가

용성이다.

보다 해상도를 높이기 위해 i선(365nm)용 레지스트의 개발이 진행되고 거기에 불화 크리프톤에폭시말레자(KrF, 248nm)용 및 차차세대로서 불소 다이마엑시말레자(F2, 157nm)용의 화학증폭형 핫 레지스트의 개발이 진행되고 있다.

레지스트는 현상에 따라 팽윤하지 않고 감도가 높은 것이 필요하다. 1M 피토투벨로 미세 가공 레벨은 1~1.3마이크로미터, 1G 피토투벨로 0.18~0.13마이크로미터(KrF로 0.18)를 구할 수 있고 최근 거기에 0.1마이크로 이하를 개발하려고 하고 있다. 이외 X선, 전자선용도 개발하고 있다.

[그림 2] Negative, Positive형 Resist 공정





## 2) 프린트 회로용 핫 레지스트

레지스트재로써 스크린 인쇄법 레지스트와 핫 레지스트가 있는데 후자가 증대하고 있다. 또 핫 레지스트에는 감광성 필름과 액상 레지스트가 있는데 감광성 필름은 취급이 용이하기 때문에 사용량이 많다.

감광성 필름은 폴리에스테르 필름 / 감광층 / 폴리에틸렌 필름의 3층으로 되어있고 동기판상에 폴리에틸렌층을 벗겨서 알카리현상에 의해 레지스트 패턴을 형성, 에칭 후 레지스트층을 박리하는 것이다. 바인더 폴리머로써 산성분을 공중합한 PMMA 등에 가교제로써 디 아크릴레이트, 광개시제로써 벤조 페논 등을 첨가한 것이 대표적이다. 액상레지스트에는 전착 도장 타입도 있다.

## 3) 광섬유용 UV 코팅

그라스화이버의 코팅은 2층의 UV 코팅으로 한다.

1층은 그라스와의 부착과 유연성 부여를 위해 저Tg막이, 2층은 경도 등의 기계적 강도, 내광성 등을 부여하기 위해 고Tg막이 필요하다. 수지로서는 우레탄아크릴레이트계가 많다.

## 3-5-2. 축광, 야광 코팅

축광 코팅은 광을 축적한 후 어두운데서 발광한다라는 의미로 이용되는 관용어이다. 광을 흡수한후 어두운 데에서 발광한다. 소위 잔광성의 축광안료를 포함하는 코팅이지만 그 발광 메커니즘은 분명하게 밝혀낼 수 없다. 축광안료로 실용상 무기안료를 고찰해 보자. 주로 다른 물질이 혼합된 유허계(ZnS : Cu)가 이용되고 있지만 최근 인산염계(SrxMgyP2O7:Eu), 규산염계,

알루미늄산염(SrAl2O4 : Eu, Dy), 텅스텐산염 등의 여러가지안료를 개발 잔광시간이 10배 정도로 거저서 사용용도가 확대되고 있다. 용도로써는 방재, 안전표식, Outdoor용품, 도로표식 등이다.

## 3-5-3. 반사 코팅

그라스 비드를 바인더에 혼합 또는 도포시 뿌려주어 광의 반사가 이루어 저서 도로 표식 등에 사용되는 코팅이다.

## 3-6. 표면 기능

### 3-6-1. 친수성 코팅

#### 1) 오염방지 코팅

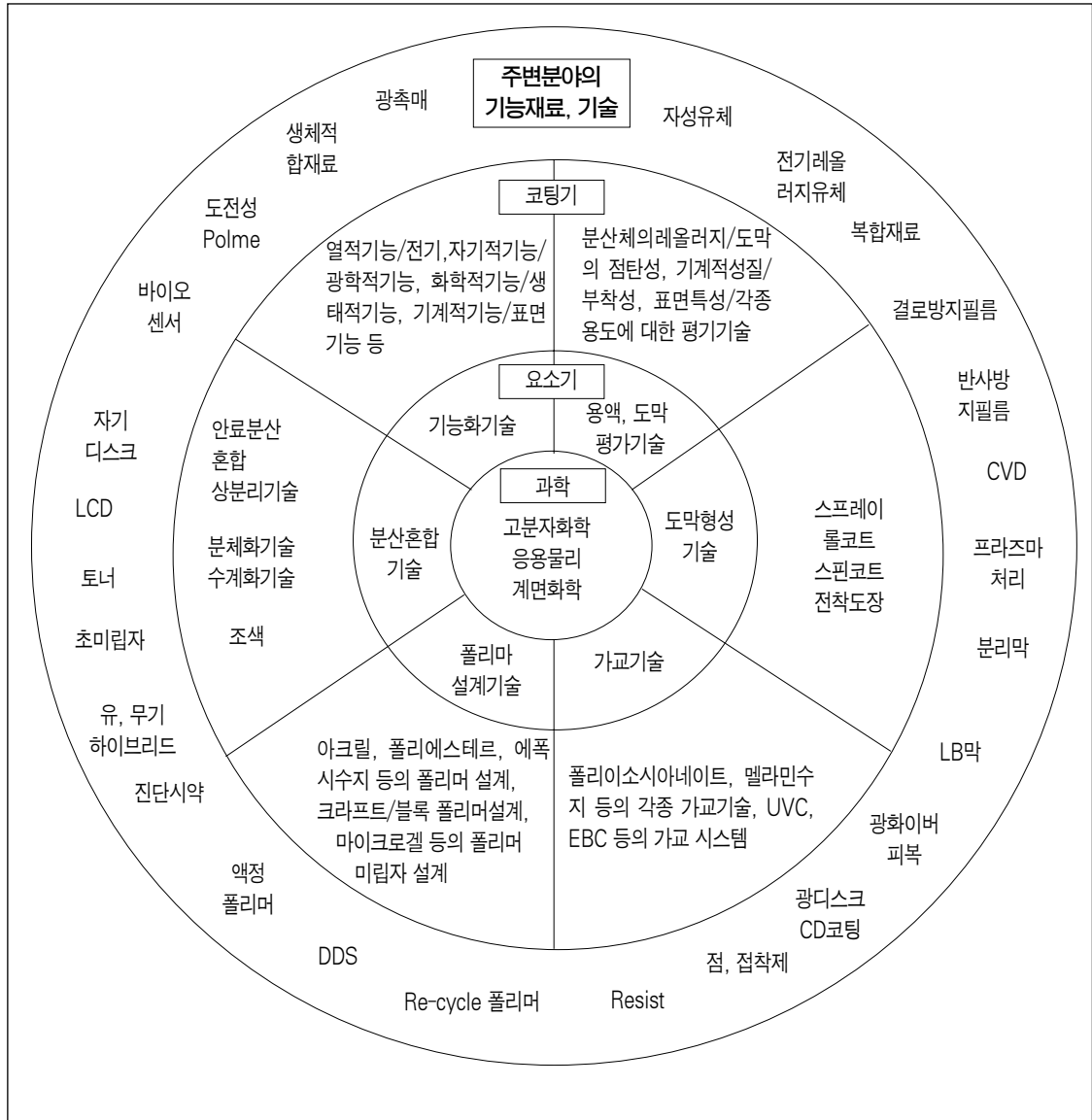
산화티탄의 광촉매 작용에 의해 오염방지외에 표면을 친수화 하는 것으로 오염방지가 가능한 코팅 개발이 주목 받고 있다. 오염방지를 얻기 위해서는 코팅도막에 오염물질의 부착을 어렵게 하는 것과 또 가교밀도와 Tg가 높아서 부착된 물질이 도막내부로 침투하기 어렵게하는 것이 있을 수 있다. 거기에 최근 코팅도막을 고표면 에너지화 하는 것으로 자동차배기가스등을 포함하는 유성 오염물과 코팅도막의 부착력을 저하시키고, 빗물 등에 의한 오염을 쉽게 제거하는 것이 가능하도록 기술 개발을 하고 있다.

표면의 고에너지화 수법에는 유기실리카졸과 폴리머의 하이브리드물 알콕시기 혹은 실란기 함유 올리고마의 이용 등의 방법이 있다.

#### 2) 기타 친수성 코팅

다른 예로서 룸 에어컨 등의 열교환기의 알루미늄 표면재에 이용되는 친수화 처리를 들 수 있다. 이것은 응축수의 비산방지, 에너지 절감을 목적으로

[그림 3] 코팅기술과 주변분야와의 관련성



크로메토 처리후 친수화 처리로서 수그라스, 수그라스/수성수지복합체, 콜로이드실리카/수성수지 복합체, 수성수지 등으로 코팅하는 것이다.

### 3-6-2. 발수성 코팅

일반적으로 물의 접촉각 90도 이상은 발수성, 45도 이하는 친수성 이라고 알고 있다. C-F, C-





H결합을 많이 포함하고 있는 것은 저표면 에너지가 되고, 대표적인 발수재료인 PTFE의 접촉각은 108도이다.

불소계수지, 실리콘수지는 발수 코팅으로서 가스렌지 철판, 건축물, 비행기 등에 이용되고 있다. 비점착 같은 것이 이 같은 코팅의 종류이다.

유리 분야에는 플로로알킬실란/테트라에톡시실란을 졸-겔법으로 코팅하고 물의 미끄럼성을 향상한 자동차용 유리가 실용화되고 있다.

### 3-7. 생태적 기능

#### 3-7-1. 선박 바닥 방오 코팅

이끼, 파래 등이 선박 바닥에 부착해서 연비의 로스가 되는 것을 방지하기 위해 코팅하는 것이다. 기존에 주석을 적용한 공중합체가 양호한 결과로 이어져서 세계적으로 이용되어 왔지만 환경호르몬 문제의 표면화 이후 일본에서는 1997년 4월부터 그 사용의 자주규제를 실시하고 있다.

그 후 아래와 같은 여러가지 주석 프리 방오코팅을 개발시키고 있다.

- 1) 수화분해형 : 저분자량 수지에서 용출조제, 약제의 용출과 수지의 방출에 의한 방오
- 2) 가수분해형 : 트리알킬실기 함유 폴리머( $\text{RCOO-Si(R)3}$ ), Cu 아크릴 폴리머( $\text{RCOOCu-R'}$ )의 도막표면에서의 가수분해로 인한 친수화(카르복산 생성)와 용해에 의한 자기연마
- 3) 이온교환형 : 아연 아크릴 폴리머( $\text{R-COO-Zn-Xn}$ )의 가수분해에 의한 방오
- 4) 실리콘계 폴리머에 의한 방오

이 중에서도 실용성이 높은 성공 예는 2)번의 가수 분해형이다. 선박바닥 방오코팅에서는 이들 바인더에 스루파미드계, 트리페닐보론계 등

과 같은 안정성이 높은 약제를 조합시켜서 사용하고 있다.

#### 3-7-2. 항균, 내곰팡이용, 어망방오 코팅

여러 가지 아크릴, 에폭시, 에멀전수지 등에 약제를 배합한 것이다.

항균코팅은 메치시린 내성 황색포도산구균 등의 발생 방지를 목적으로 유기 /무기계의 각종 항균제를 포함한 것으로 유기계로서는 인산암모니움염계가 많고, 무기계로서는 은, 아연 제오라이트계가 많다.

내곰팡이용 코팅은 검은 곰팡이, 푸른 곰팡이, 털 곰팡이 등의 발생을 방지하기 위해 할로젠계, 페놀계, 이미다졸계 등 각종 내곰팡이제를 배합한 것이다. 어망을 바다 생물이 부착하는 것을 방지하는 것도 동일한 의미이다. 동계, 유기질소계, 유기질소유황계 등의 원료를 포함하는 수지 용액을 이용해서 망염색을 한다.

## 4. 주변분야 기능재료와의 관련

[그림 3]에 코팅 요소기술로써 폴리머 설계기술, 가공기술, 분산/혼합기술, 도막형성기술, 기능화 기술과 용액/도막평가 기술을 기술하였다.

기술했듯이 코팅의 기술은 전형적인 복합재료 기술이고 또 그 용도는 더 없이 많은 가지로 걸쳐져 있기 때문에 기능화와 평가기술로 폭넓게 분야별 지식을 갖고 있어야 한다. 현재 여러가지 기능재료가 주변분야에서 개발, 이용되고 있으므로 코팅 기술에서 야기되는 지식을 이들 분야, 재료에 활용하는 것은 지극히 유용한 것이라고 생각하고 있다. [K]