

유럽연합(EU) 초경량차 개발 프로젝트 시작

유럽연합(The European Union; EU)은 최근 급등하는 유가에 자극을 받아, 석유와 디젤 연료에 대한 지나친 의존성 때문에 문제시되고 있는 자동차에 대해 초경량차용 경량 재료 개발프로젝트를 시작했다고 밝혔다. EU의 집행기구인 유럽의회(The European Commission)는 이 프로젝트로 인해, “최근의 유가폭등을 극복하고 인류가 얼마나 석유와 디젤 연료에 의존하는가에 대한 인식을 제고하게 될 것”이라고 밝혔다. 이 프로젝트엔 총 520만 유러화(미화 450만 달러)가 투자될 것인데 이중 50%는 유럽의회에서 나머지 50%는 다른 곳에서 투자를 유치할 것이라고 밝혔다. 이런 경량재료는 자동차의 중량을 40%정도 줄여 자동차의 석유 사용량을 줄일 뿐 아니라 이산화탄소 배출을 현저히 감소시킬 것으로 기대된다. 이 프로젝트는 2004년까지 단지 1리터의 디젤연료로 100 km를 주행할 수 있는 자동차 개발을 목적으로 하는데 주로 저렴한 탄소복합재료를 이용한 재료가 될 것이라고 내다 보았다. “이 연구프로젝트는 자동차 생산업체, 연구소 및 재료 생산자와의 공동 프로젝트가 될 것이며 최소한 유럽 지역의 과도한 석유 의존성에 부분적인 해결책을 가져다 줄 것으로 기대된다”고 EU 연구담당 고등판무관인 필립 바스퀀씨는 말했다. 그는 또, 이 개발 계획으로 초경량차인 폭스바겐사의 루포 TDI형이 곧 선을 보일 것이라고 말하면서 이 초경량차의 성공 여부는 제조원가에 달려 있을 것이라고 말했다.

(*NetComposites News*, October 1, 2000) □

스크린 인쇄를 이용한 유기전기발광소자의 제조

유기전기발광소자(OLED)의 연구개발이 활발히 이루어지고 있는 때, OLED의 제조공정에 스크린 인쇄기술을 사용한 흥미로운 연구결과가 미국 Arizona대학의 Jabbour교수팀에 의해 발표되었다. 스크린인쇄는 저렴하면서도 간단하고 아주 빠른 속도로 이루어지며 특별한 진공도 필요 없고 어떤 표면에도 적용 가능한 잘 알려진 인쇄기술의 일종인데, OLED 제조시 기존에 많이 활용되고 있는 잉크젯 방식이나 스펀 캐스팅에 비해 그 장점을 그대로 활용할 수 있다. 그들은 정공수송층과 발광층으로

각각 TPD로 도핑된 폴리카보네이트층과 Alq₃를 사용한 전형적인 소자를 제작했다. 음극 금속으로서는 Mg : Ag를 사용하였다. 스크린 인쇄기술을 이용하여 100 nm 이하의 두께로 정공수송층의 도입을 성공적으로 수행하였는데, 이렇게 제작된 소자는 낮은 전압(5 V 이하)에서 밝은 발광을 보였고, 외부양자 효율도 0.91%에 달했다. 이 값은 종래의 스펀캐스팅에 의해 제작된 소자보다 성능이 좋은 편은 아니나, 초기단계의 연구결과로써는 그리 나쁜 값은 아니다. 저자들은 이렇게 만들어진 소자들은 OLED 로고나 간단한 표시장치를 제조할 때 아주 유용하게 사용될 수 있는 기술이라고 주장하였다. 저자들은 또한 스크린 인쇄기술이 발광고분자용 패터닝 도구로서도 응용가능함을 보여주었다.

(*Advanced Materials*, 12, 1249 (2000)) □

값싼 디스플레이를 위한 고분자 매트릭스

네덜란드의 아인드호벤에 있는 필립스 연구소에서 64×64 픽셀 디스플레이를 만들었다. 각 픽셀은 고분자 반도체 활성 매트릭스 디스플레이를 기본으로 하는 박막 트랜지스트에 의해 구동된다. 이 개발로 인하여 저가에도 모든 것을 고분자로 만든 유연성 있는 디스플레이로의 가능성을 제시하였다. 데모시 4096 픽셀의 각각은 그 자체의 트랜지스트에 의해 스위치되었다. 디스플레이는 100 Hz의 스위칭 주파수에서 작동되었다. 이 고분자를 근간으로 하는 활성 매트릭스의 장점은 생산 단계의 간소화와 엄격히 요구되지 않은 청정실 수준으로 인한 저가의 생산 비용에 있다. 또한, 넓은 매트릭스를 생산하기 위하여 Reel-to-Reel 공정안에서 플라스틱 박(foil)에 스위치를 프린트하는 것이 이론적으로 가능한 장점이 있다.

(*Optics News*, Sep. 15, 2000) □

고속 컴퓨팅용 고분자 박막

고속 프로세서 통신을 위한 보드상의 광 인터커넥트의 구현을 위한 새로운 접근 방법에 있어서, 독일의 도르트문트 대학의 연구진은 고분자 박막 광도파로들(polymer foil-based optical waveguides)을 표준 PCB에 집적하였다. 각각의 광도파로는 단일

파장을 보낸다. 이 연구팀은 VCSELs과 45° 미세 거울을 광도파로에 일체화한 원형의 모듈도 제작 발표했다.

이 연구진에 의하면, 100×100 mm 크기의 다중 모드 폴리카보네이트 광도파로는 19인치 PCB이상에서 약 10 Gbps의 전송이 가능하다. 현재의 광전송 손실은 633 nm의 파장에서 전송 손실이 0.5 dB/cm로, 신뢰성있는 데이터 전송을 위해 전송 손실은 높다. 그러나 최근에 완만하게 만들어진 광도파로에서 전송 손실이 0.1 dB/cm로 신뢰성 있는 데이터 전송이 가능한 결과를 얻었다.

Optosys 연구 프로젝트 수행에서, 새로운 2 단계 열연 엠보싱(hot embossing) 공정이 개발되었다. 첫 단계로 광도파로의 역모양을 가진 100×100 mm 그루브(groove)를 가진 금속 마스트 폼(일종의 미세 금형)에 고굴절률 고분자 박막이 이 그루브 안으로 눌러지게 되고 가열되어 광도파로 코어가 형성되게 된다. 다음 단계로, 저굴절률 고분자 박막 기판이 광도파로 위에 얇게 적층된다. 결합된 광도파로-기판은 금속 마스트로부터 분리되게 되고 광 클래딩 물질이 그위에 코팅된다. 경제적인 생산을 이 프로젝트의 주요 목적으로 하고 있으며, 독일의 거대 전자회사인 지멘스에서 고성능 병렬 컴퓨터를 만드는데 이용하기 위해, 이 방법에 많은 관심을 보이고 있다.

(*Optics News*, Sep. 8, 2000) □

에임즈 연구소, 준결정과 폴리머를 이용한 내마모성 물질개발

미국 에너지부 산하 에임즈 국립연구소의 연구팀은 Quasicrystal(준결정)과 폴리머를 혼합하여 복합재료를 개발하였는데 이 소재의 특성을 평가한 결과 내마모성의 경우 이와 비슷한 특성의 재료에 비해서 훨씬 우수한 특성을 보이고 있다고 발표하였다. 새롭게 만들어진 이 소재의 내마모성을 테스트하기 위하여 우선 반 달러짜리 코인크기의 디스크모양으로 제조한 재료를 턴 테이블 위에 올려놓았다. 그리고 소형의 스테인레스 스틸로 제작한 볼을 장치의 arm에 장착하였는데 대충 전축 레코드의 바늘이 장착되는 곳이라고 생각하면 되겠다. 그 후 스틸 볼이 신소재로 만들어진 디스크 위에 얹혀서 약 분당 125회전 정도로 회전하여 실험을 하였다.

그 후 디스크와 스틸 볼을 검사하였는데 양쪽의 소재가 테스트 후 얼마나 마모되었나를 측정함으로써

써 그 내마모성을 가능하였다. 그 결과 Quasicrystal과 폴리머를 혼합하여 제조한 디스크의 표면은 그 어떠한 폴리머나 폴리머를 포함하고 있는 복합소재에 비해서 그 내마모성의 특성이 약 5배 내지는 10배정도 향상되었다는 사실을 알 수 있었으며 또한 놀라운 것은 스틸 볼 자체도 거의 마모되지 않아서 Quasicrystal이 경도가 높을 뿐 아니라 닳아 없애려는 특성이 거의 없는 소위 Non-abrasive특성을 가진 것으로 평가되었다.

게다가 이 Quasicrystal은 공장내에서 대량생산이 시작되면 분말상태로 매우 쉽고 경제적으로 저렴하게 생산할 수 있을 것으로 예상되므로 이 분야에 대한 응용성에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단되고 있다.

(*Journal of Metals*, September, 2000) □

초분자 트리아세틸렌 중합

화학자들은 비록 오랫동안 1,6-첨가중합을 위한 화학 구조적인 파라미터들에 대해서는 이해하고 있었으나 실제로는 그 동안 트리아세틸렌의 1,6-첨가중합을 수행하지는 못하고 있었다. 화학 구조적인 파라미터들을 보면 이러한 중합이 수행되기 위해서는 먼저 단량체들이 30° 정도 기울어져 있어야 하고 서로 약 7.4 Å 정도 떨어져 있어야 한다. 최근에 미국 Stony Brook 소재 뉴욕주립대학교 화학과의 Joseph W. Lauher과 Frank W. Fowler교수팀은 트리아세틸렌 분자들을 중합시키기 위해서 단량체들을 일정한 방향으로 배향시키기 위한 방법으로 초분자 임자-나그네(supramolecular host-guest) 전략을 사용하여 중합에 성공하였다. 그들은 트리아세틸렌과 그 유도체를 그리고 피리딘 유도체들을 동시에 결정화하면 두 화합물들이 자기-조립과정을 거쳐 수소결합에 의한 맞는 입체적 배향을 가진 망상구조를 가진다는 사실을 이용하여 성공적인 중합을 시키게 되었다. 이 망상구조 결정에 60 °C γ-선을 조사하면 폴리트리아세틸렌 중합을 일으키게 되는데 수득률은 70% 정도이다.

(*Angew. Chem. Int. Ed.*, **39**, 2132 (2000)) □

물의 되튀김을 방지하는 고분자 첨가제

폐 분무살충제의 양을 줄이기 위한 방법이 프랑스 연구진에 의해 제기되었다. 이들은 적은 양의 분자

량이 높은 유연한 고분자를 물에 첨가하는 방법을 사용했는데 그림으로 해서 식물 잎의 표면처럼 소수성을 띄는 표면으로부터 살충제가 들어 있는 물이 튀기는 것을 방지할 수 있었다. 프랑스 리옹의 Rhodia Recherches의 Vance Bergeron와 파리의 Ecole Normale Sup rieuse의 Daniel Bonn 연구팀은 고속의 사진술을 이용하여 순수한 물과 리터당 0.1 g의 폴리에틸렌 옥사이드를 포함하고 있는 물방울의 충격에 대해 관찰하였다. 폴리에틸렌 옥사이드 고분자는 물방울이 튀기는 것을 방지하고 동시에 물방울이 잎의 표면에 흡착할 수 있게 한다. 연구자들은 이 결과로부터 높은 신장점성도를 가지고 있는 폴리에틸렌 옥사이드 고분자가 물방울이 표면에 충돌한 후에 튀기는 것을 늦추는 것이 아닌가 하고 발표했다. 이들은 또한 묽은 폴리에틸렌 옥사이드 수용액의 전단점성도(코팅 및 흡착 공정 등에서 고려해야 하는 중요한 요소)는 순수한 물과 같다고 발표하였다.

(Nature, 405, 772 (2000)) □

고분자로 코팅된 콩

퍼듀대학교의 한 농경학자가 고분자로 코팅된 콩을 개발하였다. 이 콩은 같은 밭에서 한 시즌에 두 차례의 수확을 가능하게 해준다. 토니 빈(Tony Vyn)의 생분해성 씨앗 코팅은 농부들로 하여금 늦은 봄 거의 자란 밀이랑 사이로 콩을 뿌릴 수 있게 해준다. 이 시기의 밀은 농기계 작업에도 크게 상하지 않는다. 생분해성 코팅은 콩의 발아를 약 2주일 간 늦춰 이 기간동안 밀의 수확을 마칠 수 있으며, 찬 서리가 내리기 전에 콩을 제대로 수확할 수 있게 해준다. 빈은 이 코팅 시스템이 농부들에게 매우 많은 기회를 제공할 것이라고 말했다. 남부 인디애나를 포함한 남부의 날씨라면 이 즈음이면 이미 밀 수확에 이어 콩의 수확이 이어진다. 그러나 빈은, 고분자로 코팅된 콩이 미시간과 위스콘신과 같은 북부지역처럼 농작기일이 짧은 지역에서도 한 철에 밀과 콩 모두를 수확할 수 있게 해준다고 말한다. 그는 또 한 농작지에서 밀과 콩을 키우는 것은 토양을 보호하고 농작물 질병을 감소시켜, 이로 인해 농부들이 얻는 이익은 에이커당 50불에 달하리라고 설명했다. 이 고분자는 수분으로부터 콩을 차단하고 고분자가 토양으로부터 정해진 열량을 흡수하기까지 발아를 늦춘다. 빈은 현재 8일, 15일, 25일 지연 시스

템에 대해 연구하고 있다. 여러 인디애나의 농부들이 이 이중수확 아이디어에 흥미를 나타내고 있다. 한 농부는, 이것은 혁신적인 아이디어이며 농부들이 늘 관심을 두어야 할 사항이라고 말했다. 그는 남부에서 행하듯 이중수확 밀과 콩을 사용하여 농사를 짓곤 했는데, 밀 가격 하락과 서리에 의한 농작물 피해 위험 때문에 10년 전 중단하였다. 그는 이 고분자 코팅이 상업적으로 검증이 되면 한번 사용해볼 생각이다. 캘리포니아 몬로파크에 소재한 「Landec Corp.」의 몬티첼로 현지 마케팅 사업부인 「Intellicoat Products」는 이 고분자로 코팅된 콩을 2002년부터 판매할 예정이라고 말했다. Landec은 8월 초 코팅시설을 일리노이 댈빌 근처인 인디애나 웨스트레바논에 건설할 것이라고 발표한 바 있다. Intellicoat는 비용을 절감하고 환경 친화도를 높이기 위해, 씨앗을 살충제로 박막 코팅하는 것을 고려하고 있다. Intellicoat를 대표하여 연구를 수행한 빈은 향후 10년에 걸쳐 북부 및 중부 인디애나 지방의 밀 재배면적이 두 배로 늘어 100만 에이커에 이를 것으로 생각한다.

(<http://biz.yahoo.com/apf/000830/>

farm-scene.html) □

부식방지 폴리아닐린 코팅

플라스틱 코팅은 실질적으로 녹과 부식을 배제하여 자동차, 교량, 보우트의 수명을 현재보다 10배나 연장시킬 수 있다. 폴리아닐린이라 불리는 고분자는 녹이 스는 과정에 실제 참여하여 공기와 물, 염(salt)에 상하지 않는 층을 만든다.

녹이나 부식은 금속원자가 산소와 결합하여 산화물을 형성할 때 발생한다. 산화물은 금속의 구조를 약화시킨다. 이러한 과정은 금속에 페인트칠을 하거나 아연도금을 함으로써 지연시킬 수 있다. 아연은 좋은 전자공여체로 산소와 반응함으로써 밑에 있는 금속이 산소의 영향을 받지 않도록 보호한다. 그러나 페인트와 아연의 효과가 지속하는데에는 한계가 있다. 유기금속인 폴리아닐린은 이와는 다르게 작용한다. 물리적인 장벽을 만드는 것보다는, 부식으로 이어지는 반응을 방해하는 촉매로서 작용한다. 이 고분자는 금속으로부터 전자를 취하여 그것을 산소에 준다. 이 두 단계의 반응으로 순수한 산화물층이 형성되는데, 이 산화물층이 부식을 정지시킨다.

현재 독일 암머스벡(Ammersbek)에 소재한

「Ormecon Chemie GmbH & Co」는 이 물질에 기초한 녹방지 코팅을 상업적으로 개발중이다. 조절된 실험실적인 테스트에서 폴리아닐린은 녹방지 효과가 아연에 비해 1만배 높았다. 그러나 현장테스트에서는 그 효과가 아연의 3배 내지 10배로 떨어졌다. 그렇더라도 이 수치는 대부분의 영구구조(permanent structure) 이외의 어떤 물질의 사용한다보다 긴 것이다.

이 고분자 코팅은 아연에 비해 다른 이점들도 지니고 있다. 즉, 중금속이 아니므로 먹이사슬과 인체의 건강에 미치는 영향이 적으며, 아연보다 저렴하고 실질적으로 모든 금속에 적용이 가능하다. 이 물질은 이미 일본, 한국, 이태리, 독일, 프랑스를 포함한 아시아와 유럽의 여러 나라에서 사용되고 있다.

(<http://news.bbc.co.uk/hi/english/sci/tech/newsid-885000/885595.s>) □

새로운 연료전지용 랜덤/블록 공중합체

미국 에너지 부는 연료전지가 하루 80만 배럴의 기름(자동차 소요량의 약 10%) 수입을 감소시킬 수 있다고 평가했다. NASA는 미국 우주 프로그램에 몇 십년 동안 연료전지를 사용해왔다. 가솔린과 기름 값이 계속 오르기 때문에 일상 생활에서 사용하는 연료전지 기술개발의 필요성은 매순간마다 증가하고 있다. 버지니아 테크놀러지의 화학자들은 워싱턴 D.C에서 8월 20~24일간 열리는 미국 화학학회의 220번째 국제 회의 기간동안 천연 지하 연료전지 물질의 개발에 대한 그들의 진보를 보고할 것이다.

연료전지는 수소 혹은 메탄올과 같은 연료를 에너지로 전환시키는 막(membrane)과 촉매 그리고 수집판으로 구성되어 있다. 양자 교환막(proton-exchange membrane; PEM) 연료전지는 자동차, 가정 그리고 컴퓨터 전원을 위해 가장 적합한데 그 이유는 그들이 온화한 온도에서 작동하는 고분자 기초 제품이기 때문이다. 수소 전력 연료전지에서 고분자 막은 에너지를 생산하기 위해 대기 중에 있는 수소와 산소의 전체 반응을 가능케 하며 또한 수소 양자에 대한 중요한 운송자이다. 부산물로는 환경적으로 전혀 문제없는 물이 만들어진다. 한가지 장벽은 고분자가 시간과 온도에 따라 변하는 특성이 있다는 것이다. 그래서 응용에 제한이 있다. 화학 교수 제임스 맥크레이스의 연구 그룹은 100~120 °C대인 단

지 80°C에서 작동하는 능력을 가진 새로운 PEM을 개발하고 있다. 8월 23일 수요일의 일반 고분자 화학 세션에서, 버지니아 기술 연구원들은 직접 중합 방법을 이용한 황 함유 고분자 물질의 합성에 대해 보고할 2개의 논문을 제출할 것이다. 직접 중합은 고온에서 안정하다는 이점을 갖을 수 있지만 PEM 적용을 위해서 시험되지는 않았었다. 고품량 sulfonated 시스템은 전도성이 좋지만 물에 녹지 않는다. 더욱이 PEM도 불용성임에 틀림없다. 연료전지 화학 연구는 「고분자 접착제와 조성」에 대한 버지니아 기술의 NSF 센터에서 시작되었고, 현재 로스알라모스 국립 시험소와 공동으로 에너지 부와 해양 연구소 사무소에 의해 재정 지원 받고 있다.

(<http://www.eurekalert.org/releases/vt-nra080400.html>) □

부서진 뼈 치료를 위한 혁신적 고분자 소재

심각하게 골절된 뼈의 회복을 빠르게 하고 힘든 수술의 필요성을 절감시켜 주는 새로운 소재의 개발이 미 화학회 학술회의에서 보고되었다. 이 소재는 퍼티(putty) 형태의 고분자로 현재 인체의 내부에 넣어 부서진 뼈를 지지하는데 사용하는 물질인 시멘트와 금속을 대체할 수 있는 물질이다. 이 연구의 주요 수행자는 콜로라도대학교의 대학원생 에이미 버코스(Amy Burkoth)로 화공과 교수 크리스티 안세스(Kristi Anseth) 박사의 지도 아래 연구를 진행하였다. 그녀는 이 고분자가 뼈 부상 치료에 혁신을 가져올 것이라고 말한다. 현재 부서진 뼈를 제자리에 잡아두는데 외부깁스(external cast)가 사용되고 있다. 보다 심각한 손상의 치료에는 금속 핀, 판, 나사를 외과적으로 인체의 내부에 삽입한다. 그러나 이들 재료들은 손상된 뼈를 차폐하여 완전한 회복을 방해한다. 따라서 이들을 제거하기 위한 2차 수술이 자주 요구된다. 이상적인 소재는 금속의 강도를 지니면서 뼈의 회복에 따라 녹아 없어지는, 일시적인 뼈대이다. 현재 사용되고 있는 생분해성 소재는 그와 같은 이상에는 훨씬 못 미친다. 그것들은 시간이 경과함에 따라 노화되어 아교질의 작은 덩어리들로 변하여 부러진 뼈를 지탱할 수 있는 강도를 잃는다. 이에 비해 새로운 고분자는 표면으로부터 안쪽으로 녹아들기 때문에 강도가 훨씬 오래 지속된다. 게다가, 이 소재는 부상의 유형에 맞게 며칠 또는 1년 이상 강도가 유지되도록 만들 수 있다.

버코스는 이 물질이 비누 막대처럼 걸으로부터 분해되도록 고안되었을 뿐 아니라 분해속도 또한 조절할 수 있기 때문에 땀의 회복속도와 분해속도를 정확하게 일치시킬 수 있다고 말한다. 즉, 하중이 고분자로부터 회복되는 때로 서서히 옮겨가도록 하는 것이다. 이 고분자의 또 다른 장점은 정확한 땀의 손상 부위에 주조할 수 있다는 점이다. 이 주형은 고분자에 강한 빛을 가해 가교를 일으킴으로써 경화된다. 버코스는 해결되어야 할 몇몇 문제들이 있다고 주의를 환기한다. 예를 들어 고분자를 두껍게 처리할 경우 빛에 의한 가교가 표면에서만 이루어지고 내부는 경화되지 않을 수 있다. 이 문제에 대해 연구팀은 빛의 사용(광반응)과 더불어 다른 유형의 반응을 함께 사용하는 것을 테스트 중이다.

(<http://www.eurekalert.org/releases/acs-nmc080800.html>) □

연꽃잎의 방수를 모방한 유적(流積) 필름 개발

상점주인, 군 장교와 자동차 제조업자는 오랫동안 연꽃 식물에 감탄했다. 그들은 그 수생 꽃의 인상적인 아름다움이나 주목할 만한 단단함이 아니라 그 잎, 매우 깨끗한 잎들을 보고 감탄한다. 일본의 연구원들은 아마 더 깨끗한 상점의 창문, 휴대용 위성 수신기와 자동차의 전면 유리를 약속하면서 현재 연꽃잎의 자기정화 능력을 흉내내는 인공적인, 유적필름(필름에 물방울이 맺히거나 퍼지는 것을 막으며 물방울이 흘러내리는)을 개발했다. 연꽃(Nelumbo) 잎은 물을 튕기는 밀랍으로 덮인, 수많은 작은 돌기가 표면을 덮고 있기 때문에 그들 자신을 얼룩이 없게 유지시킨다. 물은 이 잎 위에서 퍼질 수 없고 단지 흘러 지나가며 그때 흙과 먼지를 제거하면서 작은 물방울로 구른다. 화학자들과 공학자들은 이 연꽃 효과(즉 초 소수성, super-hydrophobicity)를 복사하려고 수 십 년간 시도했다. 이제, 일본 도쿄 대학의 토시아 와타나베와 동료들은 긴 일생 동안 자기 정화하는 최초의 투명한 초 소수성 필름을 개발했다고 말했다. 이 필름은 다양한 산업상 품목들에 대해 연꽃 효과의 코팅을 개발할 “훌륭한 기회”를 제공한다고 Langmuir에서 연구원들은 보고했다. 새로운 기술은 평평한 표면 위에 문제의 물 필름이 쌓이는 것을 막을 것이다. 연꽃 잎의 방수(water-repellency)는 밀랍 코팅만큼이나 울퉁불퉁한 잎 표면에도 좌우된다(잎 표면의). 거칠음은 퍼

지는 물의 능력을 감소시켜서 작은 물방울은 방해하고 거의 구형 구슬로 모이게 한다. 그런 표면은 매우 높은 접촉 각도(contact angles, 액체가 퍼지거나 표면을 젖게 하는 경향의 측정)를 갖는다. 접촉 각도가 낮으면 낮을수록 액체는 고체 위에 더 많이 퍼진다. 완전히 젖는 것은 0도에서 일어난다. 인공적인 소수성 표면은 super라는 접두사를 얻기 위해서는 150도 이상의 접촉 각도를 가져야만 한다. 가장 큰 문제는 더러워진 얼룩들이 표면 접촉 각도를 줄이고 보통 물이 퍼지는 것을 허락하면서, 필름 표면을 깨끗하게 유지시키는 것이다.

연꽃잎은 그들이 밀랍 층을 계속적으로 교체하기 때문에 이 문제를 갖지 않는다. “연꽃잎의 신진대사의 메커니즘은 복제하기 어렵기 때문에 초 소수성 표면의 실제적인 응용은 제한된다.”고 와타나베의 그룹은 말한다. 새로운 필름은 자신을 깨끗이 하지만 연구원들은 방법을 완전히 확신하지 못한다. 산화티타늄(Titanium oxide)을 필름에 섞는 것은 얼룩이 얼마나 빨리 쌓이는지를 중요하게 바꾼다. 이것은 아마도 산화티타늄이 자외선 빛 아래서 먼지 입자와 반응하기 때문일 것이다. 그러나 다른 연구원들은 이전에 이 광 촉매 공정이 인공적인 방수 표면을 파괴하고 접촉 각도와 소수성을 떨어뜨리는 것을 보았다. 그렇다면 새로운 필름은 어떻게 이런 운명을 피하는가? 그 답은 산화티타늄 농도에 있는 것 같다. 조사를 위해, 그 팀은 유리 접시를 다른 양의 산화티타늄이 들어있는 필름들로 덮어 두 달 동안 도쿄 빌딩의 지붕 위에 두었다. 얼룩은 20%의 산화티타늄을 포함한 필름들에 빨리 쌓였지만 단지 2%를 포함한 필름들은 산화티타늄을 전혀 포함하지 않은 필름들을 능가하면서, 깨끗한 유적 상태로 남아 있었다.

연구원들은 관련된 입자들의 상대적인 크기가 아마도 중요하다고 말하지만, 그들은 더 적은 양의 산화티타늄이 필름 접촉 각도를 줄이지 않고 어떻게 깨끗함을 제공하는지를 정확히 설명할 수 없다. 일본 사카이에 있는 Osaka Prefecture 대학에서 초 소수성 필름을 연구하는 쓰토무 미나미는 새 기술은 유용할 것이라는 데 동의하지만 자기 정화 필름을 만드는 방법은 이제 잘 알려졌다고 덧붙인다.

“나는 새로운 필름이 두개의 결합이라고 생각한다.”고 그는 말했다.

(<http://helix.nature.com/nsu/000810/000810-4.html>) □