

이산화탄소와 에폭사이드로부터 폴리카보네이트합성의 새로운 촉매

이산화탄소는 특별한 화학적 특성과 상업적 응용성으로 고분자 합성의 유용한 후보물질로 알려져 있기는 하나, 화학자들은 기체상태의 이산화탄소를 효율적으로 제어할 수 있는 촉매를 찾기가 매우 어려웠다. 그러나 최근에 완만한 반응조건(500 °C, <8 atm CO₂)하에서 아연을 포함한 새로운 촉매(β -diimine-zinc compounds)를 이용하여 이산화탄소와 에폭사이드를 반응시켜서 지방족 폴리카보네이트를 쉽게 합성할 수 있다고 발표하였다(*J. Am. Chem. Soc.*, **120**, 11018 (1998)). 이 새로운 아연계 촉매에 의해서 합성된 고대 공중합체들은 생분해성이 있으며 따라서 포장용 필름, 의료용 구조물 등의 재료로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 예상되고 있다. 특히 이산화탄소는 가격이 싸고 환경친화적 단량체일 뿐만 아니라, 에폭사이드 화합물 역시 쉽게 구할 수가 있으므로 North Carolina대학의 Brookhart교수는 다른 기능성을 갖는 에폭사이드 단량체를 적용하거나 생성된 고분자의 입체화학(stereochemistry)을 제어할 수 있는 가능성에 대해서 매우 흥미롭게 평가하고 있다.

(*C&EN*, November 2, p. 8, 1998) □

비닐하우스 폐재를 새로운 건축재로 재활용 -목분과 혼합

농업용 비닐하우스 필름 폐재를 건축재로 재활용하는 기술이 주목을 받고 있다. PET병의 재활용은 활발하게 진행되고 있으나, 폐 필름은 지금까지 매립이나 소각처분 되어 왔던 만큼 산업폐기물의 배출 및 배출가스 억제와 관련하여 관심을 끌고 있다. 이 재활용기술은 환경기술개발회사인 아인종합연구소가 1993년에 개발했다. 주택해체 현장 등에서 나오는 건축폐재를 건조시켜 수분을 완전히 제거하고, 이 대량의 목분과 소량의 플라스틱을 일체로 용융하여 점도가 높아진 것에 고압을 가하여 성형하면, 고밀도이면서 고점도의 「슈퍼우드」가 생긴다고 한다.

물을 전혀 사용하지 않는 데다가 유해한 다이옥신

도 발생하지 않는다고 한다. 폐 필름도 목분 55%, 필름 45% 비율로 배합하여, 110~190°C에서 함께 용해하여 동시에 처리하면, 플라스틱 폐재를 사용하는 것과 동등하게 주택의 바닥이나 천장, 벽 등의 건재를 생산할 수 있다. 강도는 일반적인 합판의 약 2배로 수명도 길다. 내수성이 높아서, 목욕탕 등 물을 사용하는 곳에 적합하다고 한다. 150 °C까지의 열에도 견디고 인체에 영향을 주는 유해물질도 용출하지 않는 것이 검사 결과 밝혀졌다.

다시 재활용할 수도 있고, 나무 무늬를 넣어 가구 재료도 이용할 수 있다고 한다. 최근, 오오이타현의 종합건설턴트사의 중계로 규슈 각 현의 농협과 자치체 등이 1999년 중에 이 기술을 사용한 공장 및 시설건설에 착수하기로 결정했다. 1개 공장의 건설비는 10~15억 엔 정도이다. 당초의 연간 매출은 3억 5천억 엔으로 예상하고 있다. 일본 시설원예협회에 따르면 오래 사용된 농업용 필름의 배출량은 전국적으로 약 11만 톤(97년) 정도라고 한다. 이 중 약 40%가 비닐류로 재생되는 것으로 보여지고 있으나, 건축재로 이용할 목적으로 재자원화 된 경우는 드문 일이라고 한다.

(일본 중일일보, January 21, 1999) □

항균성 CMC(카복시메틸셀룰로오스)를 본격 사업화-도료용 등

다이셀화학공업은 항균성 카복시메틸셀룰로오스(CMC)를 개발, 올해부터 본격적인 시장개척에 착수했다. 현재 도료 제조업체와 위생재료 제조업체 등에 대하여 샘플을 공급하는 단계로 앞으로 이들 수요가와의 공동개발에 착수하며, 수요확대가 예상되는 2002년에 500톤 규모의 본격 설비를 건설할 생각이다.

CMC의 일본수요는 앞으로 성장이 저조할 것으로 보여져, 다이셀화학은 항균성 CMC 등의 고기능제품의 개발에 힘을 쏟아 이 사업의 기반강화를 추진해 나갈 생각이다. 항균성 CMC(4급 암모늄염 CMC)는 다이셀화학공업이 지금까지 구축해 왔던 셀룰로오스유도체 관련기술로부터 개발한 유기계 항균제이다. 알코올류 용해형을 중심으로 파우더형 등

이 준비되어 있다.

이 제품은 표면코팅, 침적 모두 가능하므로 혼련이 중심인 무기계 항균제에 비해 유효율이 높고, 항균의 지속성도 지금까지의 유기계에 비하여 향상되었다고 한다. 내열성은 약 600℃이다. 또한, 안전성에 관해서도 기존의 유기계 항균제의 變異原性이 양성인 데 반하여 음성이며 세균은 물론, 곰팡이의 방지에도 유효한 것이 특징이다. 이 회사에서는 이미, 도료 제조업체와 생용품 제조업체를 대상으로 시료의 공급을 실시하고 있으며, 높은 평가를 받고 있다.

CMC는 토목, 수산, 날염, 식품, 제지, 의약 및 화장품 등 다양한 용도로 사용되고 있으나, 앞으로 일본에서는 대폭적인 수요증가가 전망되지 않은 상황이 되고 있다. 다이셀화학은 항균성 CMC 등과 같은 신제품개발, 신용도 개척을 적극적으로 추진하여, CMC의 고부가가치 전개를 강화해 나갈 생각이다.

(일본 화학공업일보, January 19, 1999) □

광전자 디바이스로 사용될 수 있는 스마트 플라스틱 성장

몇 명의 과학자들에 의해 “분자들이 스스로 만들어져서 사용될 수 있는 인공 마이크로 구조가 될 수 있는가” 하는 첫 실험에서 광전자 결정이라고 알려져 있는 정교한 광전자 디바이스로 사용될 수 있는 플라스틱 재료가 스스로 구성될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 미국 로체스터 대학의 연구진들은 자신들의 연구를 “위계적 자체구성”이라는 제목으로 사이언스지에 1월 15일 발표했다. 작년에도 이 연구진은 스스로 구성되는 방법에 의한 것으로 된 제일 큰 인공구조를 만들었는데, 이 연구에서는 분자들이 공동구(求)와 같이 이산된 미세 크기 구조물로 구성되었다. 이번 연구에서는 여기에서 한 걸음 더 나아가서 이들 개체를 모아서 보다 큰 구조물이 되게 해 사람의 눈에도 보일 수 있는 매우 질서있는 개체로 만들었다는 데 의미가 있다. 이 재료는 복잡한 공기 및 플라스틱의 3차원 조합으로 된 것으로 오팔이 그 오묘한 색깔을 내게 하듯이, 빛을 조작할 수 있는 특징을 가지고 있다. 그 이유는 이 재료가 공간 반복성이 있기 때문이다. 이 재료의 구조 자체에는 특이성이 없다. 단지 유리 슬라이드로 코팅된 얇은 필름일 뿐이다. 그러나, 이 재료의 광학적 특성이 신용

카드의 홀로그램과 같이 무지개 색깔의 빛을 반사시키는 특성을 갖고 있다. 현미경으로 보면, 이 재료의 상세한 부분과 그 질서 정연함이 매우 놀라울 정도이다. 즉, 광택 아래로 속이 빈 플라스틱 구가 함께 포장되어서 마치 벌집과 같은 3차원 구조를 형성하고 있는 것이다. 이러한 구조가 만들어지는 첫 과정에서 주 연구자인 제네케(Jenekke)는 고분자 용액을 이용했고 이것이 속이 빈 구의 형상으로 모인 다음에 수십억 개의 구가 함께 모여 정밀하고 질서있는 방법으로 크고 주기적인 구조를 만들게 되었다고 한다. 로체스터 대학의 연구진은 이렇게 만들어진 광전자 결정은 그야말로 스스로 자란 경우의 첫 경우라고 믿고 있다. 위계적으로 스스로 구성되는 공정에서 속이 빈 구의 더미들이 보다 큰 구조물로 바뀌고, 이에 따라 기존의 공정에서 이와 비슷한 결과를 얻기 위한 템플릿이나 제조 공정이 필요없다. UCLA의 전기과 교수인 아블로노비치는 “이 연구가 매우 독창적이며, 앞으로 3차원 나노구조가 스스로 형성되게 할 수 있게 될 것이다”라고 연구 결과의 의의를 밝히고 있다. 이렇게 만들어진 재료의 응용분야는 여러 가지이다. 예를 들면, 특정 파장을 걸러주는 필터, 광학 데이터 저장 장치 및 파장 분할 방식의 장거리 전송 및 LED 등의 제작에도 이용될 수 있다.

(<http://www.eurekalert.org>, January, 1999) □

가소제의 표면 이동이 현저히 저화된 PVC 연질제품

Sree Chitra Tirunal Institute for Medical Science and Technology에서는 가소제가 첨가된 PVC 연질제품의 표면에 비교적 간단한 화학적 방법을 응용하여 가교결합을 유도함으로써 가소제의 표면 이동현상을 현저히 감소시킬 수 있는 기술을 개발하였다. 의료용으로 사용되고 있는 PVC 연질제품에는 통상 40% 이상의 di-(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)가 가소제로 첨가된다. PVC 연질제품이 혈액, 혈청, 의약 용액 등의 매질에서 가소제의 표면 이동에 의해 첨가된 가소제가 용해되고 이는 각종 의료상의 문제를 야기시킬 수 있다. 이들은 PVC 연질제품을 tetrabutyl ammonium hydrogen sulphate(0.15 mol/L 수용액)를 상 이동 촉매로 사용

하고 sodium sulphide(7.0 mol/L 수용액)를 가교제로 사용하여 80℃에서 5시간 처리함으로써 표면을 가교시키는 기술을 개발하였다. 이러한 기술은 각종 PVC 연질제품, 특히 의료용 제품에 많이 이용될 것으로 기대된다.

(*Nature*, 396, 17, December, 1998) □

고상중합에 의한 Thiophene Oligomer의 용이한 합성

Oligothiophene은 장 효과 트랜지스터, 광전지 등의 전기·전자용 소재로 이용될 수 있지만 일반적으로 용해도, 합성과정 중의 각종 부반응 때문에 분리 및 높은 수율로 정제하기가 매우 어렵다. UC, Berkeley의 화학자들은 고분자지지 합성법을 이용하여 일련의 bromination, coupling 과정을 통해 구조가 잘 정의된 oligothiophene을 높은 수율로 용이하게 합성할 수 있는 기술을 개발하였다. 고분자지지에 의한 고상 합성법은 생체 oligomer의 합성에는 오랫동안 이용되어 왔으나 비생체 oligomer의 합성에는 이용된 예가 흔치 않다. 이들이 개발한 방법을 이용하면 thiophene, pyrrole, phenylene ethynylene 등의 반복단위를 갖는, 구조가 잘 정의된 혼성 재료를 제조할 수 있고 이들은 각종 전기·전자용 재료로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

(*C & E*, December 14, 1998) □

나노스케일 각인 노광기술을 가능케 할 새로운 레이저

미국의 Lucent Technologies는 유기발광 물질에 nanoimprint lithography기술을 적용하는 새로운 레이저 제조기법을 개발하였다. 이 레이저들은 통상적인 방법과는 달리 사각형이 아닌 기하구조로 만들 수 있어서 유기 레이저의 제작이 가능하다. 이 기술은 high resolution lithography를 사용하여 실리콘 웨이퍼 상에 식각 패턴(etching pattern)을 한 다음, 웨이퍼를 고분자 주형을 쓰는 분자 박막으로 이송시킨다. 이 때 주형은 식각된 웨이퍼상에 고분자 용액을 쏟아 부은 다음 경화시켜 떼어냄(lift-off)으로서 만들어진 것이다. 이렇게 만들어진 주형은 다음 기판상의 monolayer에 패턴을 만드는 데 사용된다.

이 monolayer들은 전기발광고분자를 이용한 레이저 공동(空洞; cavity)들을 만드는 마스크(mask)로 사용된다. 이렇게 해서 박막형태의 레이저 배열구조가 만들어질 수 있게 되는 것이다.

이 새로운 기법은 아직도 초기 연구단계의 수준에 있다. Bell 연구소의 Ananth Dodabalapur 박사는 “현재로서는 여러가지 다른 기하 패턴들로부터 얻을 수 있는 반응들이 어떻게 나타나는가를 알아보기 위해서 이들 박막의 특성과 거동을 고찰하고 있다”고 말했다. 문제점으로 예상되었던 신축성을 가진 고분자 주형의 형태가 얼마나 변하느냐에 관해서는 이 박막의 광학적 거동을 이상적인 시뮬레이션 결과들과 비교한 결과 그런 변형은 심하지 않은 것으로 나타났다.

견고하고 아주 질서 정연한 결정성 구조를 갖는 반도체 소재와는 달리 이 새로운 소재는 신축성이 커서 다루기가 용이하다는 것이 장점이다. 이 뿐만 아니라 고분자 사슬에 분자들이 가지사슬로 쉽게 붙을 수 있기 때문에 복잡한 긴 사슬의 고분자들은 다양하게 도핑을 할 수 있다는 장점도 있다. 이들 소재를 사용하여 발광다이오드(LED) 작동이 일어남이 확인되었으므로, 연구자들은 곧바로 레이저 작동도 일어남을 확인하는 연구를 진행하고 있다. 이 플라스틱 레이저는 브래그 격자(Bragg gratings)라 불리는 아주 조밀한 간격으로 배열된 grating들을 사용하여 광학적으로 활성을 갖는 고분자 영역에 빛을 가두는 방법을 도입하고 있다. Bell 연구소의 Dodabalapur 연구진은 두 가지 종류의 고분자 마이크로레이저 즉, distributed-feedback 레이저와 Bragg reflector 레이저를 연구하고 있다. 이 두 가지 레이저들은 모두 나노각인 리소그래피 기법을 도입하고 있다. Distributed feedback 레이저는 Bragg grating상에 광감응 고분자 박막을 입혀서 만들어지며, 광자가 고분자 영역을 지나가면서 상이 일치하는 짝들을 모으게 되면 grating에 부딪쳐 박막 속으로 다시 반사되어 되돌려지는 것이다. 이에 반해 Bragg 공명 구조 레이저에서는 활성 영역이 양쪽에 grating이 있는 박막이 된다. 이 박막이 마찬가지로 방법으로 광자들을 레이징이 일어나는 영역으로 다시 반사시켜 되돌려 보내게 되는 것이다.

이 나노식각 공정은 실리콘 웨이퍼상의 산화층(SiO₂)에 300나노미터 선들의 배열을 광리소그래피

기법을 사용하여 만들어내는 것으로부터 시작된다. 그 다음 주형 소재인 폴리메틸실록산(polymethylsiloxane)이 SiO_2 이완 패턴에 코팅된다. 제거되고 나면 신축성이 있는 결과적인 도장은 헥사데칸티올(hexadecanethiol) 잉크가 묻혀져 유리기판 위에 코팅된 금 박막에 패턴을 찍어낸다. 이 헥사데칸티올 패턴은 금 박막의 반응성 이온 식각(reactive-ion etching)용 마스크로 작용한다. 결과적으로 얻어지는 것은 유리기판 상에 깊이가 50-150 nm인 하나의 금속 격자살(metal grating)이다. 그런 다음 이러한 유리기판 상의 금 grating 들을 증폭매질(gain medium)이라 불리는 광활성을 갖는 고분자를 스핀 코팅함으로써 레이저가 만들어진다. 이보다 더 진보된 연구로서는 이차원 공명 구조로 만들어질 수 있는 레이저에 관한 것이다. 나노각인 리소그래피 기술은 레이저 빛의 파장에 상호작용할 수 있는 나노미터 스케일로 임의의 이차원 패턴들을 자유자재로 만들 수 있는 것이 특징이다.

(www.eetimes.com, November 21, 1998) □

저온에서도 견디는 고강도폴리머

일본 통상성공업기술원 홋카이도공업기술연구소는 올해부터 저온재료에 관한 특별연구를 시작했다. 영하 60℃의 유리전이점을 갖는 실리콘이나 폴리포스파젠 등의 무기폴리머에 유기구조를 도입함으로써 실용적인 강도와 엘라스토머로서의 성질을 갖는 폴리머 하이브리드의 합성을 행하는 외에 저온에서 특이한 성질을 보이는 거대 자기저항효과를 갖는 독특한 구조막, 저온용 열전반도체 등의 개발을 목표로 한다. 또한, 내년부터 저온에서 발광특성이 나타나는 유기계 광기능재료 등의 개발을 가세시킬 예정이다. 이 연구소는 “저온재료에 관한 연구”라는 특별 연구를 시작했는데 이는, 저온에서 특이한 성질을 보이는 재료, 여기에 저온에서 합성되는 등의 특징을 갖는 실온 이하의 저온에서 사용되는 재료를 폭넓게 탐색하는 연구를 주로 수행하고 있다. 일반적으로 금속이나 플라스틱은 저온에서는 단단하여 깨지기 쉽다. 이 때문에 금속에 망간을 첨가하거나 플라스틱에 폴리실록산 등을 주쇄로 한 폴리머 등이 사용되어 왔다. 그러나 그 반면, 저온이 되면 전자가 원자의 진동에 의해 움직임이 적어짐으로 초도전현상

이 관측되는 외에 눈이나 얼음, Cluster와 같이 저온에서만 만들어지는 것도 있다. 폴리머 하이브리드에서는 폴리머와 무기물 사이의 결합을 부여, 기계적 강도를 유지할 수 있도록 한다. 예를 들면, 측쇄에 아미노기 또는 아미노기를 갖는 폴리포스파젠에 테트라에톡시실란의 졸-겔반응에 의해 무기물로서 실리카겔을 도입하는 경우, 실리카겔 중에 남아 있는 수산기와 아미노기 등의 질소 사이에 수소결합이 생성되고, 이 수소결합에 의해 커다란 기계적 강도가 얻어진다고 보고 있다. 이들에 의해 바이오 광물화 재료에 적용하는 등 새로운 고분자 재료를 만들 수 있다. 또한, 전문가에 의해 전기저항이 10배 이상이나 변화하는 거대 자기저항효과를 이용하여, 액체질소 온도에서 동작하는 고밀도 자기메모리를 위한 재료개발을 행할 예정이다. 더욱이 인듐-텔륨(tellurium) 등의 3 및 6족의 반도체를 이용하여 화합물 熱電 변환 반도체를 개발하는 동시에 저온에서의 분자운동의 저감효과를 이용하여 열화가 적고 높은 발광특성을 발휘할 수 있는 유기 광기능재료의 개발을 추진할 계획이다.

(일본 화학공업일보, January 5, 1999) □

PET와 액정 Copolyester의 co-Spinning을 이용한 섬유상 구조의 향상

열방성 액정 copolyester, poly(hydroxybenzoic acid-co-ethylene terephthalate)와 PET를 두 개의 압출기를 이용하여 공압출하여 sheath-core형 bicomponent fiber를 제조하였다. bicomponent fiber는 분당 8 km의 속도의 방사가 가능하였다. 방사된 섬유의 각 성분별에 대한 구조분석결과 PET성분의 분자배향은 단일상 방사섬유에 비해 극도로 억제된 반면 내부구조를 이루는 액정상은 현저한 인장 modulus의 향상을 보이고 있다. 이러한 인장 modulus의 향상은 2성분 방사과정에서 고속방사에 따른 높은 전단응력의 형성과 변조된 열 이력에 의한 액정고분자의 총괄적 배향성 향상으로 예측되며, 이러한 배향구조의 변화를 이해하기 위해 1성분계 및 2성분계 방사역학 연구가 진행되었다. 2성분 공압출 방사기술은 가공의 개선과 액정고분자의 구조 개발 측면에서도 연구중이다.

(Polymer Engineering & Science, Jan., 1999) □

Polypropylene 사출성형시 반사형 안료의 배향성 조절과 Weld Line의 제거

반사형 알미늄 안료가 혼입된 PP의 사출성형시 weld line의 제거는 중요한 과제이다. Weld line의 형성은 안료의 국부적 배향에 기인하며, weld line 제거를 위해 shear controlled orientation injection molding (SCORIM)과 bright surface molding

(BSM) 등의 사출성형기술이 이용된다. 보다 효과적인 방법으로는 두 가지가 연속적으로 이용되는 기술(SBM)을 들 수 있다. SBM기법을 이용하면 다른 방향의 유동간의 충돌로 flip-flop을 유발하여 안료의 균일한 재정렬이 가능해진다. 통상 가공기법에 따라 배향각이 다른 반사 표면을 갖게 되며 이러한 성형특성은 gonio-mspectrophotometer를 이용하여 정량적 측정이 가능하다.

(*Polymer Engineering & Science*, Jan., 1999) □

The 10th ME & D Symposium

일 시 : May 7(Fri)~8(Sat.), 1999

장 소 : KAIST, Taejon, Korea

Topics :

- Molecular Electronics and Device
- Nonlinear Optical Materials and Electroluminescence Devices
- Liquid Crystals and Display
- Molecular Biosensors
- Molecular Nanosturcture and Materials
- Nanodevices

문 의 처 : General Secretary Jong-Duk Kim

Department of Chemical Engineering, KAIST

373-1 Kusongdong, Yuson-ku, Taejon 305-701, Korea

Tel : 82-42-869-3921, Fax : 82-42-869-3910

e-mail : med99@cais.kaist.ac.kr or kjd@cais.kais.kaist.ac.kr