

도요타연구소 PS/Clay Nano Composite 개발

소량의 옥사조린基(Oxazoline)를 극성기로 하여 공중합한 폴리스타일렌 공중합체를 이용하여 유기화한 clay와 용융 혼련에 의해 유/무기 nano composite을 만들었다. 극성이 큰 clay 표면과 폴리스타일렌 중의 극성기가 강하게 상호 작용하여 PS/clay 층간에 삽입이 촉진되어 층간이 확대되는 동시에 최종적으로 clay층이 흩어져 분산된 구조를 나타내었다. 이 때문에 하이브리드화하지 않은 PS에 비하여 소량의 clay를 첨가하는 것만으로 높은 보강효과가 얻어지는 동시에 고온에서의 탄성율(강성)이 크게 향상되어, 자동차 등의 경량화 분야로부터 전자렌지용 내열성재료, 필름재료, 용기 등에의 응용이 기대된다. Nano composite은 유기폴리머 중에 clay가 나노(nm)단위 수준으로 분산한 구조로 되어 있다. 지금까지의 PS nano composite의 연구개발은 얼마간 보고되어 왔다. 그러나, 어느 것도 clay의 층 구조가 파괴되지 않아, 하이브리드화되지 않았다. 더욱이 이 겹쳐진 clay층은 수 마이크로론으로 응집한 상태로 밖에 분산되지 않아, 하이브리드 nano composite이라고는 말할 수 없는 상태였다. 일반적으로 clay의 한층은 길이 100 nm, 두께 1 nm의 판상으로 통상, 이 층이 수 십층 겹쳐져 있다. 동사가 개발한 것은 1층1층 적층된 상태로 분산되어 있다. 이럴 경우 역학적 특성과 낮은 물질 투과성 등이 향상된다. 특히, clay와의 접촉면에서의 폴리머가 구속되어 외부로부터 힘을 걸었을 때 폴리머가 변형하는 것을 억제하기 때문에 강성이 향상된다. 하이브리드화하면 폴리머의 접촉면이 한층 크게 되어 가장 큰 보강효과가 얻어진다. 더욱이, clay nano composite은 리사이클성이 우수한 재료이다. 나노단위 이외의 기타 강화섬유는 리사이클시에 혼련을 반복하면 부서져 작게 되어 보강효과가 저하되지만, nano composite에서는 이런 것은 거의 없다. 도요타사는 PS 하이브리드 nano composite의 실용화를 위해 물성 밸런스를 조절하고 있으며, 고온에서의 강성을 살린 내열성재료, 낮은 물질투과성을 살린 필름재료, 자동차용의 경량화 플라스틱재료 등의 분야에 전개를 도모할 예정이다.

(일본화학공업일보, May 31, 1999/

해외과학기술동향, June 11, 1999) □

광경화형 플라스틱 관절 이식제

아픈 무릎이나 관절로 고통받는 사람들은 언젠가 연골조직으로 서서히 자라는 주입형 플라스틱(injectable plastic)으로 치료를 받을 수 있을 듯하다. MIT의 한 연구팀이 문제있는 관절에 주입 치료할 수 있는, 살아있는 연골세포를 함유한 플라스틱 소재를 개발하였다. 이 플라스틱은 자외선으로 처리되면 경화되어 연골조직이 자라는 동안 그 세포들을 붙잡아 두는 연성접착제(pliable glue) 역할을 한다. 기본이 되는 아이디어는 노화되어 손상을 입은 관절 조직을 매끄럽고 새로운 연골세포로 대체하여 관절의 움직임을 부드럽게 하고 고질적인 고통을 없애는 것이다. 플라스틱은 새 연골이 다 자란 후 용해되어 사라진다. 이 플라스틱(하이드로겔)은 액체 형태로 주입된 후 자외선에 의해 연질의 고체로 경화된다. 시간이 지남에 따라 플라스틱은 용해되어 이식된 연골만 남게 된다. 현재까지의 테스트에서 플라스틱과 연골세포의 혼합물은 예상했던 바와 같이 작용했다. 연골세포가 성장하는 것도 관찰되었다. 그러나 이 시스템이 실제 살아있는 관절, 즉 동물실험에서 적용된 적은 아직 없다. 테스트는 이 플라스틱이 무독성이며 피부를 통해 자외선을 쬌이면 경화된다는 것을 보여주었다. MIT 로버트 랭거교수는 현재까지 이루어진 실험은 동물의 피부 아래에 주입해 본 것이 전부이지만 언젠가 이 기술이 인체의 손상된 관절을 치료할 수 있을 것이라고 말한다. 대학원생 엘리세프와 랭거교수는 샌디아고의 Advanced Tissue Sciences Inc.과 함께 상업화에 노력 중이다.

(<http://web.lexis-nexis.com/more/polysort/>

11366/4658744/4, May 25, 1999/

해외과학기술동향, June 11, 1999) □

고분자 거울

MIT대학의 한 연구팀이 자체 조합을 이루는 고분자 혼합물을 이용하여 가시광선 영역의 빛을 파장 선택적으로 반사하는 유전성 거울을 만들었다. 가시광선 영역의 주사광을 휘게 하거나 방향을 조절할 수 있는 능력으로 인하여 이 고분자 거울은 제조 비용이 적게 들면서도 통신 시스템의 웨이브가이드, 효율적 레이저 반사 거울 그리고 기타 광학 장치 응용 분야에 이용할 수 있는 잠재력을 갖고 있다고 한

다. Thomas 교수와 그의 연구팀에 따르면 고분자에 기초한 광 반사거울을 만드는데 있어서 가장 어렵고 중요한 문제는 고분자 불력이 분리되어 생성되는 마이크로 영역의 크기 조절에 있다고 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 이 연구팀이 접근한 방법은 단일 고분자와 공중합 고분자의 혼합이라는 방법이었다. 이 연구팀은 분자량이 높은 폴리스티렌-폴리이소프렌 이중 블록 구조의 공중합 고분자와 분자량이 작은 폴리스티렌 또는 폴리이소프렌 단일 고분자를 혼합하는 방법을 이용하여 마이크로 영역의 팽창에 의한 미세 구조상의 간격을 조절할 수 있게 된 것이다(Macromolecules, 32, 4748 (1999)). 이 혼합 고분자를 구성하는 공중합 고분자와 단일 고분자의 비율을 잘 조절하면 원하는 영역 간격으로 조절할 수가 있으며 이에 따라 특정 파장 영역대의 가시광을 반사시키는 거울을 만들 수 있다는 것이다.

(KORDIC, 해외과학기술동향, July 30, 1999) □

합성 고분자를 이용한 인공 심장판막

오스트레일리아의 엘라스토메딕사와 뉴사우스 웨일 대학의 연구진이 개발한 합성고분자를 이용하여 영국대학 세곳과 스코틀랜드의 의료장비 회사가 합작으로 인공 심장판막 제조에 성공하였다. 이 인공 심장판막은 심장 결합의 치료에 획기적인 전기를 마련해 줄 것으로 기대되고 있다고 한다. 현재 인공 심장판막 대체용 재료로는 카본과 금속이 이용되고 있는데 이 경우 환자는 판막 주변에 혈액의 응고를 방지하기 위하여 응고 방지제를 매일 투여받아야 하는 단점이 있다고 한다. 이런 방법 외에 이용되는 다른 방법은 돼지나 소의 생체조직을 이용하는 방법인데 이는 혈액 응고제를 맞지 않아도 되는 반면에 석회질의 침착으로 인하여 수명이 짧아 수년 내에 교환해 주어야 하는 문제가 있다. 이 새로운 심장판막용 합성고분자는 Elast-Eon이라고 불리며 내년에 제대로 동작하는지에 관한 임상 실험을 진행할 예정이라고 한다. 미국 식품의약품안전청(FDA)은 이런 목적에 사용될 수 있는 대체품 즉, 약 15년 동안으로 계산하면 6억번의 박동을 하는 판막대체품을 필요로 하고 있다. 영국의 대학 세곳(리드, 리버풀 그리고 글래스고우)과 스코틀랜드의 의료장비 제조회사 AorTech사는 이 인공 심장판막을 개발하고 이에 대한 시험을 벌써 상당히 진행한 상태라고 한다. 이 판막은 현재 양에 대한 실험중에 있다고 한다. 만약 이 실험이 성공하여 현재의 판막

을 대체할 수 있다고 하면 심장판막 시장의 상당 부분을 잠식할 수 있을 것으로 전망되며 그 시장 규모는 연간 약 8억 달러에 달하게 될 것이라고 한다. 현재 인공 심장판막의 3분의 2는 기계식 판막이고 3분의 1은 생체조직판막이 이용되고 있다. 이 연구팀은 현재 고분자를 이용하여 생체조직과의 호환성이 있고 내구성이 있는 다른 생체 대체제품을 개발중에 있다고 한다.

(KORDIC, 해외과학기술동향, August 2, 1999) □

심근세포 재생 유전자 발견

심근세포를 재생시킬 수 있는 유전자가 발견됨으로써 심장이식을 대신할 수 있는 유전자요법 개발이 가능하게 됐다. 호주 시드니에 있는 빅터 창 연구소의 로버트 그레이엄 박사는 최근 심근세포를 강화하는 역할을 하는 성장유전자를 세계최초로 분리해내는데 성공했다고 발표했다. “성장인자-1”로 명명된 이 성장유전자를 직접 심부전 환자의 손상된 심근에 주입하면 심장이식을 피할 수 있을 만큼 심장의 기능을 강화시킬 수 있으며 이 유전자를 이용한 근본적인 심장병 치료법이 앞으로 3년안에 개발될 수 있을 것으로 전망했다. 이 성장유전자는 손상된 심근을 강화하는 것 외에도 환자 자신의 면역체계를 강화해 장기이식에 따른 조직 거부반응 문제를 극복하는데 도움이 될 것으로 예측되고 있다. 이 유전자의 발견이 실용 가능한 치료법으로 개발되기까지는 해야 할 일이 많지만 앞으로 3년안에는 실현될 수 있을 것이라고 그레이엄 박사는 말했다. 그는 이 성장인자가 체내에서 자연적으로 만들어지기 때문에 이를 이용한 치료법은 그 부작용 또한 아주 적을 것이지만 종양세포의 성장을 자극할 위험은 있다고 말했다. 이 유전자의 발견은 특히 심부전과 심근약화를 치료하는데 돌파구가 될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 그레이엄 박사는 사람은 30세에서 80세에 이르는 사이에 근육의 3분의 1을 잃기 때문에 이 유전자의 발견은 매우 중요하다고 평가하고 이 유전자를 이용하면 노인들이 걷다가 쓰러져 뼈가 부러지는 것도 막을 수 있을 것이라고 말했다.

(KORDIC, 해외과학기술동향, August 8, 1999) □

반도체 성질을 갖는 광학 고분자 복합재료

반도체 성질과 광학적 성질을 동시에 지닌 고분자가 개발되었다. 이 고분자 복합재료는 폴리(파라-페

닐린비닐린)과 실리카 나노 입자로부터 만들어 졌으며 실리카 나노 입자의 조성비를 변화시킴으로써 고분자 반도체의 굴절율의 변화가 나타나며 전하 이동 현상에 영향을 미치지 않으면서도 광학 특성의 조절이 가능한 재료가 되는 것이라고 한다. 이 방법은 다른 고분자 매체와 무기물 입자의 복합물에서도 나타나는 현상이라고 한다. 무기물 나노 입자와 이중 결합의 연속으로 이루어진 컨쥬게이트 고분자의 복합재료는 조성 변화에 따라 광학 상수의 조절이 가능한 재료가 되는데 이러한 재료들이 반도체 광학 구조체 분야에 이용되기 위하여 개발되었다고 한다. 예를 들면, 폴리(파라-페닐린비닐린) 고분자와 실리카의 복합재료는 조성비를 변화시킴으로써 550 나노미터 파장에 대한 내부 굴절율이 1.6에서 2.7의 영역 내에서 변환이 가능하도록 만들어질 수 있다. 이는 효율적으로 분산된 브래그 굴절기로 이용될 수 있으며 이를 이용하여 도파관(導波管)을 만들 수 있다. 소량의 화합물 첨가제를 첨가하면 이들 복합물의 구조를 통하여 광학적 특성의 손실 없이 전기 전도성이 개선된다고 한다. 이 연구 결과 보고서에서 이러한 개념을 예시하는 모든 고분자 미세 공동과 미세 공동 발광 다이오드들이 소개되었다. 결국 유기 화합물 반도체 구조 내에 존재하는 광자와 전자 동공쌍에 대한 확인이 이루어진 것이다. 이 연구 결과는 영국의 카벤디쉬 연구실(Cavendish Laboratory)의 연구팀에 의하여 발표되었으며 해당 논문은 ["All-polymer Optoelectronic Devices", Peter K. H. Ho, Stephen Thomas, Richard H. Friend & Nir Tessler, *Science*, **285**, 233]이고 관련 자료는 ["OPTOELECTRONICS: Reflections on Polymers", William L. Barnes and Ifor D. W. Samuel, *Science*, **285**, 211 (1999)]이다.

(<http://chemweb.com/alchem/July 9, 1999/>)

KORDIC 해외과학기술동향 374호) □

메탈로센 촉매를 압도하는 차세대 중합 촉매 개발

「미쓰이케미칼」(Mitsui Chemicals)이 포스트-메탈로센(post-metallocene) 촉매로 알려진, 전혀 새로운 고분자 중합 촉매를 개발하는데 성공하였다. 이 새로운 촉매는 '페녹시이민 착물 촉매'(phenoxyimine complex catalyst)에 속하며 약어로는 "FI 촉매"로 불리운다. 현재 전세계적으로 공업적 응용이 이루어지고 있는 메탈로센 촉매와 비교할 때 에틸렌 중합시 이 촉매의 중합활성(polymerization activity)은 메

탈로센에 비해 10배이다. 또한 리간드의 구조와 촉진제(promoter, 조촉매)를 변화시킴으로써 고분자의 분자량(molecular weight)을 저분자량으로부터 수백만의 고분자량까지 임의대로 변화시킬 수 있다. 에틸렌을 MMA(메틸메타크릴레이트), AN(아크릴로니트릴) 등 알파-올레핀과 공중합시켜 새로운 고분자량의 고분자를 제조하는 것도 가능하다. 미쓰이케미칼의 이 새로운 촉매는, 배위점(coordination point)으로서 페놀레이트(phenolate)와 이민(imine)기를 함유한 살리실알디민(salicylaldimine)과, 지르코늄, 티타늄, 하프늄(hafnium) 등 4족 금속으로 이루어진 착물이다. 높은 에틸렌 중합활성은 지르코늄을 중심금속으로 하고 MAO(methyl alumoxane)를 촉진제로 사용할 때 얻어져 상압/25 °C 조건에서 1,132 kg의 폴리에틸렌이 얻어졌다. 이와 비교하여 메탈로센 촉매의 중합활성은 상압/25 °C의 조건에서 20 kg이며, 상압/70 °C에서 얻어지는 최대활성도 110 kg에 불과하다. 따라서 이 새로운 촉매는 최상의 메탈로센 촉매보다 10배 이상의 활성을 지닌다고 말할 수 있다. 게다가 촉매활성이 더 오래 지속된다. 중합활성 외에도 이 촉매는 값비싼 희토류 금속을 사용하지 않으며, 저렴하고 손쉽게 얻어지는 화합물들을 리간드로 사용한다. 이는 제조상 관점에서 압도적으로 우수한 장점으로 그 결과 새로운 촉매의 제조가격은 메탈로센 촉매의 10분의 1에 불과하다.

(<http://www.chemnews-japan.com/news/body.html>, July 15, 1999/

KORDIC 해외과학기술동향 374호) □

자동차용 불소수지 호스 개발

旭硝子(Asahi Glass)는 불소수지의 자동차 분야에의 확대판매를 위하여 나일론과 불소수지에 의한 다층 연료호스의 압출성형 기술의 개발에 착수하였다. 생산기술과 재료조성의 쌍방으로부터 접근하여 성형속도를 현재의 4-5배에 이르는 매분 40-50 m까지 끌어 올려 상용화할 계획이다. 고무호스나 금속관에 비하여 생산성이 낮은 불소수지 호스의 경쟁력을 높여서 자동차부품으로서 보급을 촉진할 예정이다. 불소수지를 이용한 연료호스는 고무호스에 비하여 가솔린의 투과량이 한층 작기 때문에 증발가스 규제가 엄격한 구미를 중심으로 급속히 보급되고 있다. 단, 현재로는 나일론의 외장과 불소수지 2층의 3층구조이므로 생산성이 낮고, 가격도 높아 일본에서는 극히 일부 차종에 채용되고 있다. 연료호스들

제조하는 부품업체에서도 생산성이 낮아서 본격 생산을 미루고 있는 경우가 많다. 이러한 배경하에 동사에서 중앙연구소에서 불소수지 호스의 생산성 향상을 목적으로 압출성형기술과 재료특성의 개선에 착수하였다. 나일론과 불소수지 각층의 접착력을 저하시키지 않고 성형속도를 현재의 매분 10m로부터 매분 40-50m까지 끌어 올리는 것을 목표로 금년 1년 이내에 기술을 확보할 예정이다. 개발되는 성형법은 연료계 부품업체 각사에 제안하여 기술이전을 실시 불소수지의 확대판매를 추진할 예정이다. 자동차의 연료계 부품에 있어서 불소수지의 년간 매상고는 현재 약 10억엔 정도이지만 구미의 증발가스 규제강화가 예측되는 2004년에는 일본을 포함하여 8배 정도로 신장할 것으로 예견되고 있다.

(일본일간자동차신문, July 15, 1999/
KORDIC 해외과학기술동향 373호) □

고분자 폐수정화기 국산화

염색 폐수를 정화하는 고분자물질과 신약개발에 필수적인 고분자재료를 서울대 응용화학부에서 박사과정을 밟고 있는 류선중(33)씨가 지난 4월 창업한 벤처기업인 비드테크에서 국산화에 성공하였다. 이 회사가 최근 상용화에 나선 염색 폐수처리용 고분자 물질은 재사용할 수 있다는게 큰 장점이다. 종전에는 활성탄에 염료를 흡착시킨 후 모두 폐기하거나 흡착된 염료를 미생물 또는 화학적 처리로 분해했다. 이와 같이 매립하거나 소각해서 폐기하는 방식은 토질 및 대기오염과 에너지낭비를 초래하는 문제가 있었다. 비드테크에서 이번에 국산화한 고분자 물질은 이런 문제를 해결, 처리비용을 크게 줄일 수 있다고 한다. 비드테크는 화학산업에서 쉽게 구할 수 있는 폴리스티렌 수지를 개조해 폐수처리용 고분자 물질을 개발했다. 폐수가 통과하는 관 사이에 이 고분자물질로 만든 필터 형태의 모듈을 설치해 사용한다. 류선중 사장은 “2001년에 수입대체로 1백억 원 수출과 5백억원의 매출을 올린다는 목표를 세웠다”고 말한다. 고분자 지지체는 신약을 개발할 때 필수적인 유기합성용 물질인데 제약회사 등에서 수요량이 급증하고 있으나 현재 전량 수입에 의존하고 있다. 독일과 미국의 업체들이 세계시장을 주도하고 있다. 따라서 비드테크의 국산화로 수입대체 효과가

적지않을 것으로 기대된다. 이 회사는 외국산의 절반가격인 1백g당 5백~8백달러 수준으로 공급할 계획이다. 국내 고분자 지지체 시장규모는 연간 4~6백억원에 달하는 것으로 추정된다. 서울대학교 유기합성실이 모태가 된 비드테크는 ‘2005년 매출액 1천억원 및 순이익 3백억원을 실현하고 미국 나스닥에 상장한다’는 당찬 비전을 갖고 있다. 미국 특허 1건을 비록 4건의 특허를 획득했다. 한국기술투자가 이 회사의 성공 가능성을 예감, 10%의 지분을 투자했다고 한다.

(한국경제, August 12, 1999) □

전고분자 광전자디바이스

유기물 반도체 디바이스는 공액구조 고분자가 갖는 뛰어난 재단성과 우수한 가공성 등의 특성으로 많은 관심을 끌고 있다. 이들은 ink-jet printing, microcontact printing, 및 soft lithographies 분야뿐만 아니라 강직성 및 유연성의 기지체(substrate) 모두에 적용가능한 대용량 집적장치를 저렴한 가격으로 제조할 수 있게 한다. 지금까지 연구된 전유기(all-organic) 광전자 디바이스는 충분한 굴절률 contrast를 갖고 필요한 전류밀도를 유지시킬 수 있는 적절한 photonic building blocks의 결여로 그 발전이 제한적이었다. 최근에 영국의 Cavendish Laboratory의 Tessler박사 등은 공액구조 고분자와 나노입자로 조합되어 composition-tunable optical constants를 보이는 복합체를 반도체 광전자부품에 사용할 목적으로 개발하였다고 보고하고 있다. 이들이 제조한 poly(p-phenylenevinylene)-silica 복합체의 500 nm in-plane refractive index는 1.6-2.7사이의 값을 보인다고 보고하고 있는데, 이 재료는 efficient distributed Bragg reflectors나 waveguides의 제작을 가능케 할 수 있다고 한다. 이 재료에 대한 약간의 화학적 도핑은 이들의 광전자특성의 손상없이 전도도를 증가시키는 것으로 나타났다. 이러한 개념을 도입하여 전고분자 microcavities나 microcavity 발광다이오드를 시험제작하였다. 이러한 유기반도체계 구조체에 있어서는 광자와 전자-홀쌍(electron-hole pairs)을 적절히 제어할 수 있을 것으로 예측된다.

(Science, July 9, vol 285, p. 233, 1999) □