회수 PET병 유효이용법 확립

대일본수지연구소는 이전부터 회수 PET병의 유효 이용에 대해 연구소에 특별 팀을 편성, 연구개발을 진행해 왔으나, 이번에 회수 PET병 flake에 특정 촉매와 鎖延長材 또는 결합재를 가해 화학반응을 실시, 고분자량 PET로 재생해, 열가소성 폴리에스터필름, 시트, 기타 응용가공제품 등에 고도로 이용하는 기술 개발에 성공했다. 회수제품을 포함하는 PET를 글리콜로 해중합하고 여기에 불포화다염기산과 축합시켜 불포화폴리에스터를 제조하는 기존 방법은 일본, 미국, 유럽에서 이미 실시되고 있으나 기존 방법에서는 회수 PET flake의 배합비율이 최대 30%에 그쳐 원가 면에서 이점이 없어 광범위하게 활용되지 않았다. 대일본수지연구소에서는 원료 및 해중합 조건을 광범위하게 연구 검토한 결과, 회수 PET flake를 최대 65% 함유하는 불포화폴리에스터 수지의 합성법의 개발에 성공했다. 이 신기술에 의해 이제까지의 이소프탈산, 불포화염기산, 글리콜 등과 비교해 원료가격 면에서 유리한 재활용 PET flake를 자유롭게, 더구나 고 배합률로 이용할 수 있게 되었을 뿐 아니라 해중합에 요하는 시간을 7~9시간 정도로 대폭 단축할 수 있게 되어 제조 면에서의 대폭적인 원가 삭감에 기여할 수 있게 되었다. 또한 이제까지의 출발원료로부터 재생되는 것과 비교해 물성 면에서도 모든 면에서 우수한 특성을 갖고 있다. 대일본수지연구소에서는 앞으로 라이센스 또는 서브라이센스를 희망하는 기업과 적극적으로 접촉을 시도, 파트너기업과 협력해 회수 PET flake를 불포화폴리에스터 및 응용제품으로 적극적으로 이용할 방침이다.

(*Japan Plastics*, August, 1998) □

Vitamine E를 고분자 안정제로 사용

음료수병과 요구르트병 같은 플라스틱 식품용기 재료에 비타민 E를 첨가할 수 있다는 연구결과가 발표되었다. 스위스 바젤의 「Ciba Specialty Chemicals」는 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)과 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 같은 포장용 고분자들에 사용 가능한 두 종류의 고체상 비타민E 제품인 IRGANOX E 217과 E 218을 선보였다. 이 비타민은 폴리에틸렌 수지의 첨가제로 사용되어 가공안정성을 향상시킨다. 이 회사의 한 중역에 따르면, 비타민 E와 같은 안정제(stabilizer)는 폴리올레핀 필름의 산화를 방지해 준다고 한다. 자동산화(autooxidation)는 모든 폴리머에 영향을 미쳐 폴리올레핀 필름의 경우에도 분자사슬의 분해(degradation)와 물성의 저하를 가져와 성형성 및 품질의 저하를 야기한다. 자동산화는 열과 빛 또는 불순물에 의해 반응이 시작(initiation)되어 알킬 라디칼(alkyl radical)을 생성시켜 분자사슬을 분해시킨다. 비타민E는 이 분해반응(degradation process)을 방해하는 라디칼 제거제(radical scavenger) 또는 산화방지제(antioxidant)로 작용한다. 회사에 따르면 IRGANOX는 BHT(부틸하이드록실톨루엔) 따위의 전통적인 산화방지제의 대체품으로 충분한 경제성을 지니고 있으며 미국 식품의약청에 의해 "일반적으로 안전하다고 평가된"(Generally Recognized As Safe ; GRAS) 물질이다. 플라스틱에 첨가된 비타민E는 어느 다른 물질보다도 용기 내부의 식품으로 용출되는 양이 적으며 여러 연구 결과 식품의 유효기간을 연장시키는 것으로 나타났다. 비타민E의 유익한 특성은 식품포장공정의 모든 단계에 이용될 수 있다. 즉, 고분자 제조업체, 가공업체, 소비자 모두가 고분자 안정제로서 뿐 아니라 제품에 비타민E를 사용한다는 자체로 판매 및 선택에 덕을 보기 때문이다. 이미 덴마크의 「Borealis」와 체코의 「Greiner Plastove Obaly」, 미국의 「Equistar」 등이 그들의 고분자에 비타민E를 사용하고 있으며 앞으로 사용량을 늘릴 것이라고 발표한 바 있다.

(http : //www.web.lexis-nexis.com/more/polysort/ September, 1998) □

접착제가 필요없는 동/PI 적층재료

일본의 宇部興産(株)에서는 접착제를 사용하지 않는 동/PI 적층재료 〈유비셀N〉을 개발하여 시제품의 제공을 시작하였다. 동/PI 적층재료는 OA기기의 flexible 프린트 기판 등에 사용되고 있는데, 현재까지 PI 필름과 동박과의 접착에 아크릴, 실리콘 등의 접착제가 필요하였으나 접착제의 내열성이 미흡한 점이 지적되어 왔다. 본 재료는 접착제를 사용하지 않으므로, ① 고온에서의 접착강도가 비약적으로 향상되어 250 ℃ 부근이 되어도 강도가 저하하지 않고, ②고온에서도 가스의 발생이 적으며, ③ 접착제를 사용하지 않으므로 우수한 작업환경 등 장점을 갖고 있다. 또한 치수변화율은 동박을 에칭한 후에도 0.06% 이하이고, 150℃에서 30분간 열처리한 후에도 0.08%로서 낮다. 치수안정성이 우수하므로 프린트 기판의 배선과 같은 미세 가공에도 적합하다. 용도는 flexible PCB, 다층기판, 금속기반기판, 고주파기판, 내열성기판, 차량용기판 등 넓은 분야에의 수요가 기대되고 있다. 표준 사양은 동박의 두께가 12, 18, 35 ㎛, PI 필름두께가 25, 50 ㎛의 조합으로 되어 있으며, 500×500 mm의 시트 상태로 제공된다.

(プラスチックスエ-ジ, May, 1998) □

폐 발포폴리스티렌을 이용한 고품질 경량 단열재료

일본의 大成建設(株)에서는 발포폴리스티렌 폐기물을 분쇄하여, 표면에 무기 분체를 도포하거나, 특수가열처리를 하여 안정한 초경량 미세 골재를 제조하였다. 이것에 시멘트, 물, 특수 증점제, 미세 기포를 혼합하여 흡수율이 낮고 단열 성능이 뛰어난 경량 단열 부품재료의 실용화에 성공하였다. 이 경량 단열재를 LNG 지상 탱크 방파제에 적용하여 보았으며, 발포스티렌 폐기물을 처리하여 얻은 골재가 제품 용적의 50% 이상을 점하고 있다. 재래품에 비하여 50%정도의 흡수율, 고내열성, 표면 방수처리의 불필요, 20%정도 낮은 가격 등의 장점이 있다. 또한 제품 표면은 통상의 콘크리트처럼 평활하고, 준불열성이고, 안정한 성질을 나타내고 있다.

(プラスチックスエ-ジ, June, 1998) □

거대핵산의 분자량 측정

일반적으로 DNA와 RNA의 분자량 측정에는 Mass Spectrometer(MS)가 많이 사용되나 핵산의 기본단위가 100개 이상일 경우는 측정이 곤란하다. 독일 Munster 대학의 Franz Hillenkamp 교수는 MALDI-MS(matrix-assisted laser desorption-ionization MS)를 이용하여 이 한계를 극복하였다. MALDI-MS는 적외선 레이저와 글리세롤 매트릭스를 이용하는 기술로서 핵산의 기본단위가 2,180개까지 측정하였다고 보고하였다. 이는 일반적으로 핵산 분자량 측정에 사용되는 gel electrophoresis와 비슷한 수준이며 정밀도는 더 높으리라 예상된다. 또한 일반적으로 MS는 picomole(10^{-12}) 정도의 양이 분석 가능하나 MALDI-MS는 300 attomole(10^{-18})까지도 측정가능하며 이는 gel electrophoresis와 대등한 수준이다. (*C&EN*, July, 1998) □

Metallocene 촉매에 의한 넓은 분자량 분포를 갖는 고분자의 중합

Metallocene 촉매를 이용한 고분자 중합의 경우 분자량 분포가 좁은 선형 고분자가 얻어진다. 이러한 고분자는 상대적으로 낮은 용융강도(melt strength)를 보인다. 이를 극복한 Metallocene 촉매에 의한 넓은 분자량 분포를 갖는 고분자 중합법이 BP Chemical사에 의해 개발되었다(US Pat. 5,747,405 ; 1998). 이 방법에 사용되는 Metallocene 촉매는 반응성이 있는 중합 가능한 vinyl 관능기를 함유하고 있다. 대표적인 촉매는 각각의 cyclopentadienyl ligand에 3-butenyl 또는 allyl 치환체가 연결되어 있는 dicyclopentadienyl zirconium dichloride 계통이다. 일 예로 이러한 촉매를 이용하여 ethylene을 isobutene 희석제 내에서 300 psi, 100℃에서 중합하면 Mw/Mn=80-180이며 melt index가 0.01-0.98인 중합체가 얻어지는데 bimodal한 분자량 분포를 보인다.

(*CHEMTECH.*, July, 1998) □

주쇄가 방향족 및 지방족 탄화수소만으로 구성된 고분자 중합

Nickel-complex 촉매를 이용하여 1-pentyl-magnesium bromide를 *p*-dibromobenzene과 cross-coupling시켜 제조한 difunctional 단량체인 1,4-bis(pent-4-ene) benzene을 [(2,6-diisopropylphenyl)imido]neophylidene-molybdenum bis(hexafluoro-*tert*-butoxie) 촉매를 이용하여 톨루엔에서 50 ℃, 40시간 diene metathesis 중합하면 불포화 poly(*p*-phenylene octylene) 전구체 고분자가 얻어진다. 이 전구체를 Pd/charcoal 기술을 이용하여 환원시키면 완전히 포화된 선형 poly(*p*-phenylene octylene) 고분자를 얻을 수 있다(Mw=13,000-25,000 ; melting point=80-100℃). 이러한 주쇄가 방향족 및 지방족 탄화수소만으로 구성된 고분자는 현재 상용화되어 있는 poly(*p*-xylylene)과 유사한 우수한 물성을 보일 것으로 기대되는데, 여기에 더하여 범용의 유기용제에 쉽게 용해되면 또한 우수한 film 및 fiber-forming 특성을 보인다. 따라서 고성능 barrier 코팅 등에 사용이 기대된다. (*CHEMTECH.*, August, 1998) □

신규 크라운 고분자 : 물에서 수은 추출에 이용

공장 폐수로부터 수은 2가 이온(Hg^{2+})의 제거나 고정화시키는 것은 유독물에 견딜 수 있는 튼튼한 추출제가 요구되어 어렵고 비용이 많이 든다. 캘리포니아 소재 로렌스 리버모어 국립연구소의 화학자들이 산에 안정한 티아크라운(thiacrown) 고분자를 개발하였는데 이 물질이 선택적이면서 가격도 저렴하게 Hg^{2+}을 추출하는 성능을 갖는다고 한다. 즉 이 연구소의 선임연구원인 Fox 박사 등이 제조한 크라운티오에테르가 달린 가교 폴리스티렌은 매우 빠르고 정량적으로 수용액에서 수은 이온을 추출할 수 있다고 한다. 또한 연구자들은 고분자로부터 부착된 수은 이온을 떼낼 수 있어 큰 손실 없이 고분자를 재사용할 수 있다고 한다. (*C&EN*, August 17, 1998) □

이온성 액체 : 완벽한 분리기술에 응용

상온에서 이온성 액체가 현재 액체-액체 분리공정에 사용되고 있는 유독하고 가연성이 있으며 휘발성 있는 유기화합물을 대체할 수 있을지도 모른다고 앨라바마 대학의 화학자들이 주장하였다. 이 대학 화학과 로저스 교수는 이온성 액체와 물 사이에서의 유기 용질의 분배는 유기 용매와 물 사이에서 같은 용질의 분배와 거의 일치한

다고 하였다. 상온 이온성 액체는 전형적으로 질소가 함유된 유기 양이온과 무기 음이온으로 구성되어 있으며 이들의 화학, 물리적 특성은 응용 범위에 따라 이온을 변화시켜 조절할 수 있다. 이 이온성 액체는 기존의 유기 용매와 비교할 때 환경친화성 물질이다. 즉 증기를 배출하지도 않으며 재사용이 가능하다. 또한 비교적 취급이 용이하고 제조 단가가 싸다. 이온성 액체의 한 예로 1-부틸-3-메틸이미다졸리움 헥사플로로포스페이트이며 이는 물에 섞이지 않을 뿐 아니라 공기 중에서 안정하다.

(*C&EN*, August 24, 1998) □

새로운 Electrostrictive 물질

펜실베니아 주립대학의 재료공학팀은 종래에 혈액이나 기타 액상의 물질을 저장하기 위한 질긴 봉투용으로 개발되어진 poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene) 공중합물을 transducer나 capacitor, 의료용 영상기기, 그리고 심지어는 stereo speaker에도 적용될 수 있는 처리방법을 개발하였다. 이 방법을 개발한 Qui-Ming Zhang 박사는 다음과 같이 말한다. "이 고분자는 새로운 물질은 아닙니다. 그러나 우리는 이 고분자를 전기장이 주어졌을 때 훨씬 더 많이 움직이는 물질로 변화시켰습니다. Piezoelectric 물질로서의 이 고분자의 성능은 그리 대단치 못하지만, electrostrictive 물질로서의 이 고분자의 성능은 매우 우수하여 전장 내에서 이 물질이 진동하는 것을 육안으로도 관찰할 수 있을 정도입니다." 이 방법의 개요는 전자를 고분자에 조사시켜서 분자구조의 변화 및 새로운 화학결합의 발생을 유도하며, 결합을 이 물질 내에 주입시킴에 의하여 진행된다. 이렇게 변화된 물질은 전장 내에서 4%의 변화율을 보여주었다. 대부분의 electrostrictive 물질은 매우 견고한 물성을 갖는데 비하여 이 물질은 매우 유연하고 질기며 성형에 의하여 다양한 모양으로 제조될 수 있다는 장점을 갖는다.

(*Chemical Engineering Progress*, August, 1998) □

새로운 폴리프로필렌 제조공정

덴마크의 Boralis Group이 Bostar PP 폴리프로필렌 제조기술을 개발하여 현재 상업화하고 있다. 이 기술은 기본적으로는 BC1이라는 적절한 Ziegler-Natta 촉매를 사용하여 loop 반응기와 기상반응기가 연결된 형태로 이 반응기들을 계단식으로 반응시키는 시스템을 취한다. Loop 반응기의 장점은 supercritical condition을 적절히 유지시킬 수 있도록 고안되어져서 촉매의 효율을 최상으로 유지시켜주며 또한 수소와 같은 가벼운 성분의 부가시에 상한이 없을 정도로 많은 양을 투입할 수 있다. 기상 반응기는 loop 반응기와 별도로 작동되어지는데 주로 분자량 분포를 조절하고, 공중합 반응 시 모노머의 비를 조절해주는 역할을 한다. 이 공정에서는 필요 시에 기상 반응기를 추가로 더 설치할 수 있는 유연성을 갖고 있다. 이러한 특성을 갖는 공정에 따라 설립된 첫 번째 공장이 년 200,000 ton 규모로 Austria에 설립되어질 예정인데, 이 공장은 3개의 반응기로 구성되어지고 폴리프로필렌과 공중합물을 생산할 수 있다.

(*Chemical Engineering Progress*, July, 1998) □

Leucine Zippers Create Switchable Hydrogells

온도나 pH의 변화에 따라 액체 상태와 젤 형태로 변화하는 기능성 단백질이 미국의 연구자들에 의해 만들어졌다. 그들의 업적은 루신 지퍼(leucine zipper)의 이합체(dimerization) 개발이다. 루신 지퍼는 적어도 한 개의 루신 잔유물을 함유하는 7개의 아미노산의 연속적인 무리이며 자연환경에서 유전자 복사가 가능하도록 지퍼가 채워질 수 있다[*Sience*, **281**, 389 (1998)]. 매사추세츠 대학 재직 시에 David A. Terrell은 루신 지퍼로 알려진 DNA sequence와 함께 수용성 폴리일렉트로라이트(polyelectrolyte)의 DNA sequence의 양끝 측면을 공격함으로써 단백질 수용성젤(hydrogel)의 인조 유전자를 디자인하였다. 루신 지퍼는 응집과 분산에 의해 젤에서 액체 상태로 전환되므로 단백질 스위치(protein switch)라고도 표현된다. 이러한 현상은 pH에 민감하기 때문에 California Institute of Technology에서 논의되고 있는 응용법으로 특히 약의 봉지(encapsulation)법과 목표 조직으로 전체의 셀을 이동시켜 세포 반응을 억압 또는 활성화시키는 두 가지에 주목하고 있다. 예를 들면 수용성 젤을 눈에 액체 형태로 투여하면 pH가 변화하는 곳에서 합성되는 것이다. 봉지된 약물은 시간이 지나면서 천천히 확산되어 나갈 것이다. (*C&EN*, July 20, 1998) □

Difluorocarbene Route to New Fluoropolymers

대부분의 불소를 포함한 고분자는 불소를 함유하는 단량체로부터 합성되었다. 또 다른 방법은 고분자를 직접적으로 불소화시키는 것으로 대개 화학적으로 공격적인 불소같은 시약을 사용한다. 미네소타 대학의 Marc A. Hillmyer, Yu Ren 그리고 Timothy P. Lodge는 현재 디플로로 카벤(difluorocarbene[$:CF_2$])의 반응을 이용해 자극이 적고 선택적으로 반응하며 다량생산이 가능한 불소함유 고분자를 만드는 새로운 종류의 방법을 찾아왔었다. [*J. Am. Chem. Soc.*, published June 23, ASAP]. 폴리다이엔(polydiene)용액과 디플루오로카벤(difluorocabene) 전구체-hexafluoropropylene oxide-는 185 ℃에서 18시간동안 가열되는데 이러한 전구체의 열분해는 폴리다이엔의 모든 이중결합에 첨가되는 $:CH_2$를 발생시킨다. 이때 가교와 같은 자유 라디칼 반응을 막기 위해 라디칼

억제제를 첨가하며 이것은 높은 분자량의 폴리다이엔의 분자량과 regiochemistry, 그리고 분자량 분포를 보존시키면서 불소화를 대량으로 시킬 수 있게 한다.

(*C&EN*, July 6, 1998) □

Self-assembly Process Yields Tough Coatings that Mimic Seashell

한번의 효율적이고 새로운 자율모임(self-assembly) 공정은 유기고분자와 비유기고분자의 수 천개의 교류층(alternating layer)을 만들어 낸다. 조개의 적층된 모양을 흉내낸 미소합성(nano composite)을 이루는 이 방법은 자율 완결(auto finish)같은 응용에 사용될 수 있는 투명한 코팅을 산출한다는 것이 Alan Sellinger, C. Jeffrey Brinker 등에 의해 보고되었다[*Nature*, 394, 256 (1998)]. 실리콘 판을 실리카와 계면활성제, 그리고 유기단량체와 개시제를 포함한 균일한 에탄올 수용액에 담근 후 에탄올을 우선적으로 증발시킨다. 이때 계면활성제의 농도가 증가하는데 이것은 마이셀을 내부에서는 유기 분자의 형태로 친수성 밖에서는 무기물 분자의 형태로 유도시키기 충분하다. 더욱 에탄올을 증발시키면 마이셀은 액정 크리스탈 층으로 재구성되게 된다. 여기에서 열적인 합성 또는 빛에 의한 합성은 적층된 구조와 유기물과 비유기물 사이의 공유결합을 고정시키는 역할을 한다.

(*C&EN*, July 20, 1998) □

Crown Polymer Extracts Mercury from Water

산업폐수의 흐름에서 수은이온(Hg^{2+})을 제거시키거나 비유동(immobilization)화 시키는 것은 매우 어렵고 많은 비용이 드는 문제이다. 또 부식을 막는 강한 용제를 요구한다. 캘리포니아 리버모어의 Lawrence Livermore National Laboratory에서는 선택적이고 저렴한 잠재적 효용이 있는 Hg^{2+} 용제인 산화 방지(acid-resistant) thiacrown 고분자를 개발하였다. Theodore F. Baumann과 John G. Reynolds, 그리고 Glenn A. Fox는 crown 메달(pendant) thiorthers를 함유하는 가교된 폴리스티렌을 만들고 또 그 고분자가 수용액 매질에서 수은 이온을 매우 빨리, 그리고 다량으로 추출할 수 있다는 것을 보여 주었다[*Chem. Commum.*, 1637, 1998]. 이 고분자는 novel C-substituted crown thioether를 디비닐 벤젠(divinylbenzene)과 함께 공중합시켜 합성한다. 이 실험에서 loading 용량의 중요한 손실 없이 고분자로부터 수은 이온의 경계를 벗길 수 있었는데 이러한 thiacrown 고분자는 이미 언급된 수은 이온의 용제에서 보다 수용액으로부터 수은 이온을 추출하는데 더욱 효과적이라고 한다. 대량의 금속 이온이 과량으로 존재할 때라도 이 고분자는 수은 이온을 선택적으로 제거한다.

(*C&EN*, August 17, 1998) □

Biochip 기술의 진보

최근 미국의 Motorola Inc.와 Packard Instrument Co.는 5년동안 총 1,900만불(약 250억원)에 해당하는 연구비를 미국 에너지성과 함께 biochip의 연구에 투자하기로 최근 계약하였다. Argonne/Engelhart biochip이라고 명명된 이것은 몇 초 내에 수 백만 건의 수학적인 연산을 수행하는 컴퓨터의 칩과 같이 몇 초 내에 수 천건의 생물학적 또는 생화학적 반응을 수행할 수 있다. 이는 고분자를 기재로한 "Micro-gel" 제제법이 핵심기술로 알려져 있고 2.54×7.66 cm 크기의 슬라이드 유리판에 약 10,000가지 이상의 미세구조를 갖게 할 수도 있다. 각각의 micro-gel 하나하나는 하나의 시험관과 같은 능력을 수행하게 되는데 응용분야는 DNA 배열분석, 유전자시험, 유전자의 표현, 고분자와 생체분자간의 상호작용 및 면역반응 등이다. 이들의 분석결과로 최종 응용분야는 의약계통에서의 임상, 약학계통의 새로운 의약합성, 환경 및 농업분야가 될 것으로 예견되고 있다.

(*Biomaterials Forum*, **20**(5), 11(1998)) □

인공장기제조품의 규격화

최근 조직공학에 의한 몇몇 의약 및 인공장기 제품이 상업화가 개시됨에 따라, 이들 제품의 안전화와 효과적인 조절을 돕기 위하여 규격화가 필요하게 되었다. 따라서 미국의 ASTM(American Society of Testing and Materials) 산하에 F04, Division IV로써 조직공학적 의료용품 분과가 설치되었다. 이 위원회는 학계, 산업계, 보건의학계 및 여타의 과학자 및 기술자로 구성되었다. 이는 9개의 소위원회, 19개의 실무그룹으로 이루어져 있고 이들의 실무분야는 생체재료분야, 세포분야, 생체분자분야, 전임상단계분야 및 임상단계분야이다. 최근 수행하고 있는 위원회의 일로는 미국식품의약전청(FDA)과 협의 중에 있으며 ASTM 위원간에 on-line 작업 중이다. 대부분의 작업들은 현재 FDA에서 성문화되어 있는 FDA Modernization Act of 1997의 것을 모체로 할 것으로 알려졌다. 조직공학적으로 만들어진 인공장기 제품의 규격화는 벤처산업계, 의료산업계, FDA 및 결과적으로는 환자들에게 큰 도움이 될 것으로 기대되고 있다. 이들에 대하여 관심이 있으신 분은 Teresa Cendrowska, tcendrow@astm.org 또는 www.astm.org에 문의하시면 된다.

(*Genetic Engineering New*, **18**(16), 28(1998)) □