



생분해성플라스틱의 최근 동향

RECENT TRENDS IN BIODEGRADABLE PLASTIC

常盤豊 / 通商産業省 工業技術院 生命工學工業技術研究所

1. 머리말

일본 정부는 지난해 9월 지속적인 성장이 가능한 순환형 사회의 구축을 위해 2010년도까지 폐기물의 최종 처분 양을 지금의 절반으로 삭감하는 목표를 정했다.

지난 4월부터 용기포장리사이클법의 시행에 의해 지금까지 페트병만이 아니라 플라스틱제의 모든 용기포장재의 재생품화가 의무화되었다.

그러나 페트병의 재생품화가 원만하게 진행되고 있지 않다.

선진국 국민들의 풍요로운 생활은 석탄이나 석유 등의 화석자원을 대량으로 소비하는 동시에 막대한 폐기물을 배출해 지구환경에까지 악영향을 미치고 있다.

폐기물 중에서도 플라스틱은 태우면 다이옥신 등의 유해가스를 발생하기 때문에 적정한 처리가 어렵고, 더욱이 해양 등에 흩어져 있는 플라스틱은 야생생물에 심각한 위협을 하고 있다. 현 생활의 풍요로움을 유지해 나가고 지구환경의

부하를 적게 하는 기술이나 시스템의 개발이 긴급한 과제이다.

그래서 사용 후의 처리가 손쉬운 소재로서 생분해성플라스틱이 주목되고 있다. 생분해성플라스틱은 환경부하가 적은 플라스틱으로서 미생물에 의해 분해되며 최종적으로 물, 이산화탄소 및 미생물 균체로까지 전환되는 플라스틱이다.

본고에서는 생분해성플라스틱의 개발 현황, 전망 등을 서술한다.

2. 생분해성플라스틱의 개발 현황

현재 지방족폴리에스터 혹은 지방족폴리에스터에 전분을 첨가한 것이 생산되고 있다.

지방족폴리에스터는 PET(폴리에틸렌테레프탈레이트)와 같이 에스테르 결합으로 길게 연결된 고분자물질이지만 방향고리를 분자 중에 포함하지 않는 폴리에스터이다.

생분해성플라스틱에 이용되고 있는 지방족폴리에스터로서는 석유를 원료로 합성된 폴리카프

로락톤(PCL), 폴리부틸렌석시네이트(PBS)와 그 공중합체 등을 들 수 있다.

또 재생가능한 자원을 원료로 한 것으로서 미생물이 생산하는 폴리히드록시알카노에이트(PHA : 대표 예 PHB) 등이 있다.

최근에는 전분 등에서 발효 생산되어 만들어진 유산을 중합시킨 폴리유산이 주목되고 있다. 미국의 카길 다우 폴리머즈社は 네브라스카주에서 폴리유산을 만들기 위해 본격적인 플랜트건설에 착수, 2001년 말 14만톤의 생산공장을 가동시킨다고 발표했다.

三菱樹脂, 가네보合纖, 유니티카, 크라레 4社가 카길 다우 폴리머즈社와 계약, 폴리유산의 용도를 확대할 것을 발표했다.

三菱樹脂는 2000년을 목표로 연산 약 3,500톤 규모의 필름 제조설비의 건설을 행하고, 2002년까지 연산 1만톤 규모까지 증설, 생분해성필름 최대 기업을 목표로 한다고 발표했다.

이들의 지방족폴리에스터를 분해하는 미생물은 다종다양하게 자연계에 존재하고 있다.

각종 폴리에스터를 분해하는 미생물의 분포상태는 지역의 차이에는 그다지 관계되지 않으며, 일반적으로 PCL > PHB > PBS > PLA의 순으로 감소하고 있다. 이것은 필드테스트의 결과와도 거의 일치한다.

또 각각의 폴리에스터를 분해하는 미생물도 분리되어 그것들의 분해기구가 해명되고 있다.

한편 지방족폴리에스터의 물성을 개선하기 위해 지방족폴리에스터에 방향족인 테레프탈산 혹은 나이론모노머를 공중합시킨 생분해성플라스틱도 공업 생산되고 있다.

앞으로 고기능을 가진 생분해성플라스틱이 점차 개발될 것이라고 생각되지만 그것들의 생분해성이나 안전성을 해명하는 것이 중요하다.

여기에 그린테크놀로지의 일환으로 중금속 등의 화학촉매를 대신해 효소촉매를 이용한 고분자소재 합성 프로세스의 개발도 왕성해지고 있다.

이미 각종 지방족폴리에스터 외에 폴리페놀, 폴리아닐린, 폴리카보네이트, 폴리아스파라긴산 등의 개발이 행해지고 있다.

2-1. 폴리ε-카프로락톤(PCL)

석유화학원료에서 합성된 지방족폴리에스터 중에서도 PCL(융점 T_m : 62°C)은 생분해성이 뛰어나며 생분해성플라스틱의 표준물질로서도 위치를 차지하고 있다.

PCL분해미생물은 好氣 및 혐기 조건 아래 여러 가지 환경에 널리 분포하고 있다.

PCL은 오래 전부터 공업 생산되고 있으며 최근 전분이나 셀룰로스로 소재와의 블랜드체나 유산과의 공중합 성분으로서 널리 사용되고 있다.

PCL의 융점은 낮지만 다른 지방족폴리에스터에 비해 고온·고습 하에서 안정적이다.

그 때문에 이탈리아나 독일에서는 고분자량 PCL과 糊化전분으로 되는 블랜드체가 썩는 쓰레기용 봉투로서 널리 사용되어 그대로 콤포스트(퇴비)화 처리되고 있다.

PCL은 ε-카프로락톤의 개환 중합에 의해 얻을 수 있는 고분자량의 지방족폴리에스터이며 많은 생산실적이 있다.



미국의 유니온 카바이드社나 다이셀화학공업이 PCL을 생산하고 있다. 최근 PCL은 필름 이외에도 섬유나 부직포, 낚시줄 등으로 가공되고 있다.

2-2. 폴리부틸렌석시네이트(PBS) 및 그 공중합체

PBS($T_m : 114^\circ\text{C}$)를 베이스로 각종의 고분자량 폴리에스터가 공업 생산되고 있다.

昭和高分子은 昭和電工과 공동으로 PBS나 폴리에틸렌석시네이트(PES, $T_m : 100^\circ\text{C}$) 등 석시네이트계의 지방족폴리에스터 '비오노레'를 공업화해 용도개발을 하고 있다.

최근 장쇄분기를 가진 여러 가지 그레이드의 '비오노레'도 개발되어 발포성형이나 블로우성형 등도 가능해지고 있다.

JSP社는 비오노레로부터 발포시트나 비즈발포시킨 포장재 등을 개발하고 있다. 발포배율이 큰 포장재는 원료의 코스트 흡수력이 있기 때문에 가전제품이나 전자기기 등 포장재의 용도전개가 행해지고 있다.

또 日本觸媒는 PES계 생분해성플라스틱 '루나레SE'를 개발해 용도를 전개하고 있다. 게다가 三菱瓦斯化學은 PBS에 카보네이트 결합을 도입해 내기수분해성을 향상시킨 '폴리에스터 카보네이트'를 개발하고 있다.

한편 미국에서는 폴리부틸렌아디페이트에 방향고리나 아미드결합을 도입해 물성을 개선한 공중합폴리에스터가 개발되었다.

내열성의 고분자량 PBS($M_n : 57,400$) 및 PES($M_n : 59,200$)는 미생물에서 분해되는 것

이 보고되었다.

한편 효소분해에 관해서는 분자량 5만 이상의 PBS가 Rhizopus리파제에 의한 가수분해를 대부분 받지 않는 것이 보고되고 있지만 PBS에 아디핀산을 공중합하면 생분해성이 현저하게 향상되는 것이 명확해졌다.

게다가 PBS 및 PES를 분해하는 미생물의 자연환경 중에 있어서 분포상황은 같은 정도이지만 PCL분해균에 비하면 두 분해균 모두 상당히 한정되어 있다.

2-3. 폴리유산(PLA)

전분 등의 재생가능자원으로부터 미생물에 의해 발효시켜 만든 L-유산을 단량체에 이용해 화학 합성된 PLA($T_m : 175^\circ\text{C}$)가 주목되고 있다.

필름이나 섬유에 2차 가공된 PLA는 내기수분해성에도 뛰어나다. PLA는 수분이나 가스의 차단성이 낮다고 알려져 있지만 이것은 거꾸로 생각해 보면 수분의 투과성이나 통기성에 뛰어나다는 것이며 이 특성을 살린 용도개발이 기대된다.

독일에서는 PLA제의 요쿠르트컵이 1998년 1월에 상품화되었다. PLA는 종래 물에 의해 가수분해되어 저분자화된 후 미생물에 의해 분해된다고 이해되고 있다.

그러나 최근 폴리유산을 직접적으로 분해하는 여러가지 미생물이 발견되고 있다. 방사균의 일종인 Amycolatopsis HT-32株는 PLA필름 100mg을 2주간 60% 분해했다.

한편 락타이드나 PLA가 식물의 생육을 촉진하는 것도 밝혀졌으며 PLA의 멀티필름, 이식용

포트, 식재용 네트 및 끈 등 농림업분야에서의 이용도 상당히 기대되고 있다.

島津製作所는 락타이드에서의 PLA의 제조플랜트를 1994년 8월부터 가동에 들어갔으며 각 분야에서의 용도전개를 행하고 있다. 연신 등의 2차가공에 의해 폴리유산으로부터 투명하고 기계적 물성이 뛰어난 섬유, 필름, 투명용기, 렌즈 등이 얻어지고 있다.

또 三井化學은 가열용액중축합법에 의해 유산으로부터 고분자량 폴리유산을 직접 얻는 기술을 개발해 공업생산을 하고 있다. 또 미국의 카길社도 락타이드를 이용한 PLA의 개발을 행하고 있다.

카길社는 1997년 11월에 다우케미칼社와 공동으로 카길 다우 폴리머즈社를 설립해 2001년 말에 연산 14만톤의 PLA공장을 가동시킬 계획이다. 三菱樹脂, 가네보합섬, 유니티카, 크라레의 4사도 PLA의 용도전개를 도모하고 있다.

게다가 최근 慶應大의 松村탐은 리파제를 이용해 락타이드로부터 PLA의 효소합성을 시험하고 있다.

1999년부터 신에너지 산업기술종합개발기공인 프로젝트 '생체축매를 이용한 재생가능자원에서부터의 고분자 소재의 개발'에 있어서도 폴리유산의 효소합성이 연구되고 있다.

2-4. 폴리3-히드록시酪酸(PHB)와 공중합체

미생물이 만드는 열가소성 고분자 소재로서 폴리히드록시알카노에이트(PHA)의 연구가 각국에서 행해지고 있다. 또 미생물은 측쇄에 방향 고리를 가진 폴리에스터(폴리3-히드록시페닐길

草酸)도 만드는 것이 가능하다.

PHA 중에서도 폴리3-히드록시酪酸(PHB, Tm : 175℃)은 생산성이 높고, 생물유래의 열가소성 소재로서 이전부터 기대되고 있지만, 결정성이 너무 높아서 기계물성이 나쁘고 열분해하기 쉬워 가공이 나쁘다는 등의 결점이 있었다.

그래서 PHB와 PCL로 이루어지는 브랜드체가 개발되고 있다.

이것은 PHB단독보다 가공물성이 좋고 미생물로 PHBV공중합체를 만드는 것과 비교해 간단하게 일정조성의 생분해성플라스틱이 얻어지며 코스트도 낮아진다는 이점이 있다.

한편 PHB의 가공특성을 개선하기 위해 PHB와 폴리히드록시길초산(PHV)으로 이루어지는 공중합체(PHBV)의 미생물생산이 확립되고 있다. 영국의 제네카社는 미생물생성폴리에스터 '바이오폴'을 1970년대 말부터 상품화해 샴푸병이나 일회용면도기 등으로 가공해 시판해 왔다.

최근 제네카社의 기술은 미국의 몬산토社에 이어 새롭게 유전자공학수법을 이용해 PHA를 식물로부터 생산하는 연구도 행해지고 있다.

PHB는 용점이 높음에도 불구하고 미생물에 의해 빠르게 분해된다. 그러나 PHB를 열처리해 필름으로 가공하면 미생물에 의한 분해속도는 현저하게 떨어진다. PHB필름의 미생물분해는 표면상으로 형성되는 미생물의 코로니(集落)에 의한 반구상 분해(결정과 비정부분을 구별하지 않고 분해)와 미생물이 분비한 효소에 의한 선택적 분해(비정부분을 보다 빠르게 분해)의 2가지 기구로 행해지고 있다고 생각된다.



2-5. 전분을 이용한 플라스틱

지방족폴리에스터에 전분을 블렌드한 생분해성플라스틱도 생산되고 있다.

전분은 생분해성플라스틱의 직접적 혹은 간접적인 원료로서 상당히 중요하다. 옥수수나 감자 외에 고구마 등의 전분을 이용할 수 있다.

구미에서는 호화전분과 지방족폴리에스터와의 블렌드체가 썩는 쓰레기봉투 등으로 널리 사용되고 있다.

전분은 물이 있으면 가열에 의해 호화되고 플라스틱과 마찬가지로 가소화할 수가 있지만 내수성이 없다.

그래서 내기수분해성에 뛰어난 PCL과 호화전분의 블렌드체가 개발되고 있다.

이 블렌드체의 생산에는 추출기(익스트루더) 등의 고점단력 하에서 전분의 호화기술과 함께 구조제어기술이 필요하다.

호화전분의 점도를 PCL의 용융점도보다 크게 유지하는 것으로 PCL을 연속 상으로 하는 블렌드체의 조제가 가능하다. 또 전분의 재결정화(노화)에 따라 물성의 저하방지나 물성개선 등을 위해 가소제나 상용화제의 첨가도 검토되고 있다.

여기에 고속과류혼합기(헨셀믹서)를 이용해 옥수수 등의 입상전분을 지방족폴리에스터에 균일하게 분산시킨 블렌드체가 개발되고 있다.

이 블렌드체는 생분해속도가 크고 곡탄성률이 크며 내수성이 높은 이점이 있다.

입상전분을 이용할 경우 융점이 높은 PBS(융점 114℃)나 폴리유산(융점 175℃)을 사용할 수가 있기 때문에 호화전분과 PCL(융점 62℃)

의 블렌드체에 비해 내열성이 뛰어난 블렌드체를 얻을 수 있다.

한편 지방산(탄소수 2~7)에 비해 화학수식된 에스터화 전분이 플라스틱소재로서 검토되고 있다. 에스터화 전분의 치환도가 동일한 경우 에스터기의 탄소수가 크게 됨에 따라 연화온도의 저하와 파쇄신도의 증가가 인정되지만 거꾸로 파쇄강도는 감소한다.

에스터화 전분의 생분해성은 치환도가 커지면 저하되고 치환도 2.5 이상에서는 거의 인정되지 않게 된다.

또 동 치환도라면 에스터기의 탄소수가 큰만큼 생분해성은 저하되는 경향이 있다. 높은 생분해성을 유지하고 동시에 기계적 물성이 뛰어난 에스터화 전분은 아직 얻고 있지 못하고 있다. 에스터화 전분과 지방족폴리에스터의 블렌드체도 개발되고 있다.

2-6. 지방족폴리에스터와 폴리아미드와의 공중합체(CPAE)

지방족폴리에스터의 물성을 개선하기 위해 지방족폴리에스터에 폴리아미드(나이론)를 다수 교대로 도입한 공중합체(CPAE)가 개발되고 있다.

CPAE의 리파제에 의한 분해성은 나이론함량이 증대함과 동시에 저하된다. 나이론블록의 아미드결합에 따라 고분자쇄간 수소결합이 CPAE의 물성에 기여하지만 한편으로 생분해성을 저하시키는 원인의 하나이기도 하다.

CPAE는 지방족폴리에스터에 비해 융점이나 인장강도 등의 물성이 개선된 차세대 생분해성

플라스틱이며 CPAE 중의 생분해되기 어려운 나이론부분도 짧은 블록으로 조정해 폴리에스터 블록이 생분해된 후 미생물에 의한 분해가 가능하다.

최근 독일의 바이엘社는 나이론과 폴리에스터에서 CPAE를 개발, 용도전개를 도모하고 있다. 게다가 CPAE에 폴리에틸렌글리콜을 공중합시켜 생분해성과 광분해성을 함께 가진 CPAE도 개발되고 있다.

2-7. 지방족폴리에스터와 방향족폴리에스터의 공중합체(CPE)

지방족폴리에스터의 물성을 개선하기 위해 지방족폴리에스터에 방향족폴리에스터를 다수 교대로 도입한 방향족-지방족폴리에스터공중합체(CPE)가 개발되어 그 생분해성에 관해서 검토되고 있다.

CPE의 리파제에 의한 분해성은 방향족폴리에스터의 배합비가 커지면 낮아진다.

그러나 이소프탈산을 포함한 저융점의 폴리에틸렌이소프탈레이트와 PCL로 이루어진 CPE는 PCL과 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 혹은 PCL과 폴리테트라메틸렌테레프탈레이트로 이루어진 CPE보다도 상당히 높은 분해성을 나타냈다.

여기에서 CPE 중의 방향고리에 기초한 CPE쇄의 강직성이 리파제에 의한 CPE의 분해를 현저하게 저해하는 원인이라 생각되었다.

최근 미국의 이스트만케미칼社 및 독일의 BASF社도 방향족폴리에스터와 지방족폴리에스터로 이루어진 CPE를 개발하고 있다.

CPE의 필름은 인열강도와 신장이 뛰어나며 콤팩트 중에서 생분해된다고 알려져 있다.

2-8. 에스터형 폴리우레탄

폴리우레탄의 효소에 의한 분해에 관해서는 에스터형의 폴리우레탄이 리파제에 의해 가수분해되는 것이 밝혀졌다. 폴리우레탄에 함유되는 폴리에스터부분의 분자량이 큰 쪽이 리파제에 의한 분해성은 높다.

또 폴리우레탄의 디이소시아네이트의 종류에 관해서는 방향고리를 포함하지 않는 지방족디이소시아네이트를 이용한 폴리우레탄 쪽이 리파제에 의해 분해되기 쉽다.

게다가 PCL디올, 1,4-브타디올 및 1,6-헥사메틸렌디이소시아네이트로 이루어진 지방족폴리우레탄 리파제의 분해에는 융점이 50℃에서 160℃로 높아짐에 따라 저하되는 것도 밝혀졌다.

이것으로 폴리에스터형 폴리우레탄의 리파제에 의한 분해성을 저하시키는 원인은 디이소시아네이트부분에 포함되는 방향고리에 따른 고분자쇄의 강직성과 우레탄결합에 따른 분자쇄간 수소결합이 주요인이라 생각된다.

2-9. 2-메틸렌-1,3,6-트리옥소퀸(MTC)과 비닐모노머의 공중합체

범용플라스틱에 에스터결합을 도입해 생분해성을 부여하는 시험으로서 MTC와 비닐모노머(스틸렌, 메틸메타크릴레이트, 초산비닐, 비닐필로리덴)를 라디칼개환중합이 개발되고 있다.

MTC와 메틸메타크릴레이트로 이루어진 공중합체는, 리파제에 의해 분해되지 않지만, MTC



와 스티렌, MTC와 초산비닐 및 MTC와 비닐필로리덴으로 이루어진 공중합체는 리파제로 분해되는 것이 보고되고 있다.

최근 MTC와 메틸비닐케톤을 공중합시켜 광분해성과 생분해성을 합친 신규 분해성플라스틱도 개발되고 있다.

2-10. 糖함유고분자

다당류를 효소에 의해 가수분해하면 여러 가지 단당이나 올리고당을 얻을 수 있다.

또 천연적인 것으로는 설탕으로 대표되는 여러 가지 저분자의 당류도 있다. 이것들의 저분자 당류를 이용한 생분해성고분자소재도 개발되고 있다.

글루코스와 디비닐아디페이트를 효소(프로테아제나 리파제)의 입체 특이성을 이용해 반응시켜 중합성의 당에스터를 합성한 후 화학중합한 여러 가지 당함유고분자가 얻어지고 있다.

환원당의 분기를 가진 고분자는 활성효소나 히드록시라디칼의 생성능이 강하고 고분자의 절단이나 가교반응도 행할 수가 있다.

이들 고분자소재는 폴리비닐알콜 골격으로 있기 때문에 생분해성을 지니고 있다. 계면활성제, 유화안정제, 除放性약제, 인공장기 등의 용도가 기대된다.

환경에 부하가 적은 생분해성 당류고분자는 당쇄공학분야에 있어서도 세포나 바이러스, 항원 등의 인식능을 가진 고기능성소재로의 길을 여는 것으로서 개발이 기대된다. 게다가 인식기능과 촉매기능을 가진 당함유고분자(글리코자임)의 설계도 가능하다.

3. 생분해성플라스틱의 퇴비기술

최근 순환형사회를 구축하기 위해 썩는 쓰레기 등의 유기질 자원의 콤포스트(퇴비)화 기술이 주목되고 있다.

사용 후의 생분해성플라스틱 처리방법으로서 썩는 쓰레기 등과 함께 퇴비(콤포스트)가 되어 토양 개량재나 비료로서 대지로 되돌리는 것이 진행되고 있다.

썩는 쓰레기 등의 유기성 폐기물에서의 콤포스트는 화학비료 등의 이용에 의해 계속 감소되는 농경지나 녹지의 부식을 늘리는 것이 되며 이 산화탄소의 고정에 큰 효과가 기대된다.

최근 독일이나 이탈리아에서는 썩는 쓰레기용 봉투로서 생분해성플라스틱이 널리 사용되고 있다. 일본에서도 群馬縣이나 長崎의 하우스텐보스에서 콤포스트화를 위한 썩는 쓰레기봉투로서 실제로 사용되고 있다.

생분해성플라스틱은 썩는 쓰레기로부터의 콤포스트 품질을 향상시키는 것으로서 각종 포장재나 농림업자재 등으로의 보급이 기대되고 있다.

콤포스트화는 미생물이 중요한 역할을 다하는 프로세스이다.

콤포스트화의 미생물 생태학적 해명을 행함과 함께 콤포스트 숙성도의 판정법을 확립하고 효율적인 콤포스트화 프로세스의 개발에 재빨리 대응하지 않으면 안된다.

미생물학적 해명이 진행된다면 PBS나 PLA 등의 강력한 분해능을 가진 미생물을 콤포스트에 넣어 그 기능을 콤포스트 안에서 발휘시키는 것도 가능하다.

이미 생분해성플라스틱을 강력하게 분해하는 미생물을 넣은 콤포스트화의 연구도 행해지고 있다.

한편 콤포스트화가 생분해성이 명확하지 않은 플라스틱을 생분해성플라스틱으로 인정되는 것에 이용되지 않도록 주의하는 것도 필요하다.

4. 앞으로의 전망

일본에 있어서 플라스틱의 소각처리는 다이옥신의 발생과 관련해 상당히 심각한 상황에 있다. 최근 일부의 플라스틱에서는 사람의 생식기능에 영향을 줄 가능성이 있는 '환경호르몬'의 생성도 지적되고 있다.

이러한 배경아래 각 기업에 있어서 생분해성 플라스틱의 연구개발이 다시 활발해지고 있다.

생분해성플라스틱은 아옷도어용품(납시줄, 골프 티), 농림수산업자재(멀티필름, 보습재, 육묘 포트), 토목자재(식생 네트 및 줄) 등 자연환경 중의 미생물분해에 의한 省力효과를 기대할 수 있는 분야는 썩는 쓰레기 봉투, 위생용품(일회용 기저귀, 생리용품) 등 콤포스트화 처리가 유효한 분야에서 이용될 것이라 생각된다.

또 신규 기능이 중시되는 일용잡화(화장품용기, 칫솔, 완충재, 포장재, 쇼핑백, 일회용장갑, 물수건)나 섬유 및 의류, 안경, 콘택트렌즈, 광학재료, 자동차의 범퍼, 주택의 단열재, 건설자재(양생시트) 등 코스트 흡수력이 있는 용도에도 사용될 것이라 생각한다.

또 안전성의 검토가 추진되면 식품용기로의 전개도 가능하다.

한편 생분해성플라스틱은 신규 기능성고분자로서 비료나 농약의 유리기초재료나 의료분야에서의 이용도 기대된다. 앞으로 생분해성고분자 소재는 접착제, 도료, 인쇄잉크 등 플라스틱 이외의 용도 전개도 유망하다.

유럽에 있어서 생분해성플라스틱의 주요 용도는 콤포스트봉투, 농업용필름, 포장용기, 위생용품, 완충재이며 1998년에는 1만수천톤이 소비되었다.

생분해성플라스틱의 가격도 급격히 낮아져 앞으로 PET와 같은 수준의 가격이 될 것으로 알려졌다.

2010년에는 생분해성플라스틱은 전플라스틱의 10%를 차지할 것이라는 예측도 있다.

용기포장리사이클법에 따라 페트병과 모든 유리 용기에 실시되고 있는 리사이클이 모든 용기포장재에 적용되는 금년은 생분해성플라스틱에 있어 상당히 비약적인 해가 될 것으로 기대된다. [ko]

기술원고를 모집합니다.

포장과 관련된 신기술을 발표할 업체와 개인은 '월간 포장계' 편집실로 연락주시기 바랍니다.

편집실 : (02)835-9041