



바이오 플라스틱 「테라맥」 기술 동향

New Technical Trend of Bioplastic 'TERRAMAC'

望月政嗣 / 유니티카(주) 테라맥 사업개발 부장

1. 서론

폴리유산(poly lactic acid : PLA) 연구의 역사는 길어서 멀리 1930년대 초반 고문자화학여명기로부터 거슬러 올라갈 수 있다.

그 후 오늘날 폴리유산 양산화기술의 기초라고 할 수 있는 유산 환상 이량체 락티드(Lactide)를 경유한 개환중합법이 1950년도 중반경 발명되었으나, 실제로 국내외에서 가격이 저렴한 폴리유산 공업생산기술 개발이 본격화된 것은 유산 발효기술의 진전에 따른 광학순도가 높은 유산을 저코스트로 생산할 수 있게 된 1990년 전후까지 기다리지 않으면 안 되었다.

그러나 1990년대 초반 폴리유산은 순도에 문제가 있어서 실온 환경하에서도 쉽게 가수분해가 진행되어 강도저하를 일으켜, 범용적인 생활, 산업 자재로서의 역할을 다하지 못하였다. 그 후 1995년 미국 카길사 등의 폴리유산 수지 메이커들의 고순도 폴리유산 생산기술의 진전에 의해 제품수명 3~5년을 보증 할 수 있

는 폴리유산 수지가 개발되어 오늘날에 이르고 있다.

그러나 식품용기·포장재로서 사용될 경우의 요구 성능인 내열성이나 내충격성, 내구성 등이 충분치 않아서 유니티카는 폴리유산 제품사업(통일상표 : 「테라맥」)의 최선발 메이커로서 최근 수년간 이러한 기술적 과제를 해결하기 위하여 연구를 거듭하여, 섬유나 필름을 용융 압출 성형 후 1축 또는 2축 연신 조작을 하는 것에 의해 기계적 성능을 물론 내열성을 일정 수준 이상 발현할 수 있다는 것에 착안, 재빠르게 공업화에 착수하였다.

그 후 연신조작을 하지 않은 사출성형과 서머포밍(진공, 압공 성형)의 분야에서도 폴리유산 성형물의 내열성으로서 120℃ 이상의 하중굴곡 온도(저하중하)를 갖는 사출성형용 수지를 개발함과 동시에 통상환경하에서 제품수명 5~10년의 내구성을 가지는 기술개발에도 성공하였다. 또 서머포밍 공정에서 결정화를 촉진시키는 것에 의해 내열 충전이나 전자렌지 재가열에도 견딜 수 있는 가능성을 가지는 성형물 제조가



[사진 1] 티백필터(山中産業)



[사진 2] 도시락 내 필름(北京産業)



[사진 3] 청과물 용기·포장 필름(太洋興業)



가능한 솔리드 및 압출 발포용 수지를 세계 최초로 개발하였다.

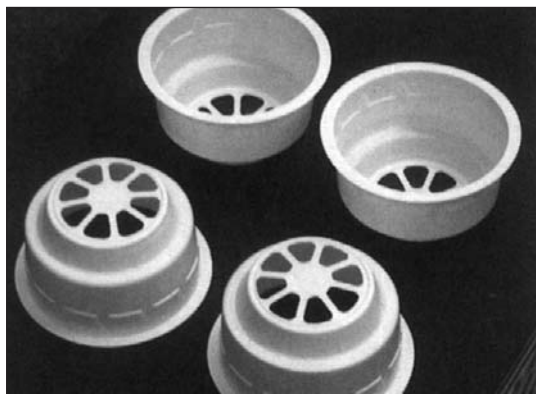
본고에서는 상기 제2세대라고 하는 고성능·고기능성 폴리유산 수지의 개발 현황에 관해 서술함과 동시에, 폴리유산을 비롯한 바이오베이스 머티리얼 소재 코스트가 기존 석유계 소재 수준까지 저하되지 않는 와중에서, 저 코스트의 기존 소재를 일정한도 이하로 보완적으로 유효하게 활용할 수 있는 시도에 관해서도, 또 그들의 식품분야로의 응용 예를 소개한다.

1. 폴리유산 연신에 의한 고성능화

폴리유산은 열가소성으로서 용점이 약 170℃ 글라스전이점이 약 58℃인 결정성 고분자이다. 화학 구조적으로는 지방족 폴리에스테르에 속하여, 에스테르 결합간에는 1개의 메탄탄소를 갖고 있어 비교적 강직한 분자구조를 가지고 있다.

때문에 지방족 폴리에스테르 중에서는 성형가공성이 비교적 좋으나 분자쇄 시그먼트의 분자

[사진 4] 커피컵 필터



운동성이 부족해서 결정화 속도가 극히 늦다.

그러나 용융압출 후 연신조작을 하는 것에 의해 고분자쇄는 배향결정화에 의해 다수의 2차 핵을 형성, 결정화가 진행하여 기계적 성능(강도, 치수 안정성 등)이나 내열성 향상을 할 수 있다.

섬유의 예로서, 최근 사용 예가 급증하고 있는 티백필터[사진 1]가 있으며, 뜨거운 물을 부어도 별 문제가 없다.

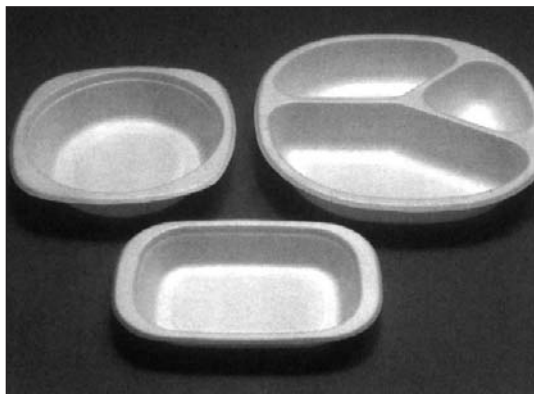
이축 연신 필름의 응용 예로서는 최근 급속하게 보급되고 있는 도시락 내 필름의 예를 [사진 2]에 나타냈다.

2 분자배합설계 고성능·고기능화

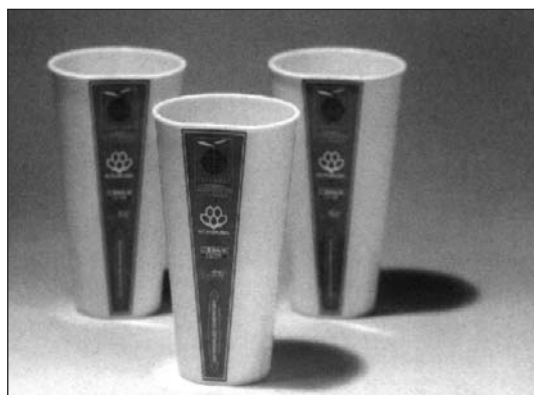
폴리유산의 성형가공시에 연신공정을 하지 않는 사출성형이나 진공·압공성형 분야는 결정화 속도가 늦기 때문에 거의 결정화가 일어나지 않아서 얻어진 성형물은 투명성이 뛰어나고, 내열성은 글라스 전이점 이하이다.

현재 바이오 베이스 재료라는 것을 최대의 장

[사진 5] 내열성 발포 식품 트레이



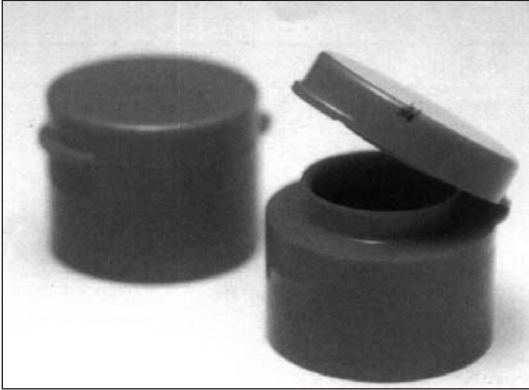
[사진 6] 주스컵



점으로 하여, 기존 석유계 APET나 OPS의 대체 소재로서 야채나 과일 등의 청과물 용기, 포장재료[사진 3]로서의 전개를 하고 있지만, 여름의 보관이나 수송조건에는 주의를 할 필요가 있다. 또 폴리유산은 지방족 폴리에스테르이므로 고온 고온고습하 특히 알카리 조건 하에서 가수분해가 급속히 진행되기 때문에 가혹한 사용조건 뿐만 아니라, 일반 사용조건하에서도 5~10년 동안의 장기 내구성에는 문제가 있어서 그 해결이 과제이다.



[사진 7] 힌지 캡



2-1. 결정화속도 향상에 의한 내열성 향상

결정성고분자의 결정화 속도 제어인자는 화학구조(일차구조), 성형가공조건, 핵제 등의 첨가제를 들 수 있으나, 필자는 이들 인자를 최적화하여, 통상의 폴리유산보다 두자리 숫자(약 100배) 결정화 속도를 빠르게 하는데에 성공하였다.

그 결과 사출성형(성형시간 30~60초)이나

진공·압공성형(성형시간 10~20초) 시간 내에 결정화를 촉진, 성형물은 불투명 하지만 내열성은 비약적으로 향상시키는데 성공하였다.

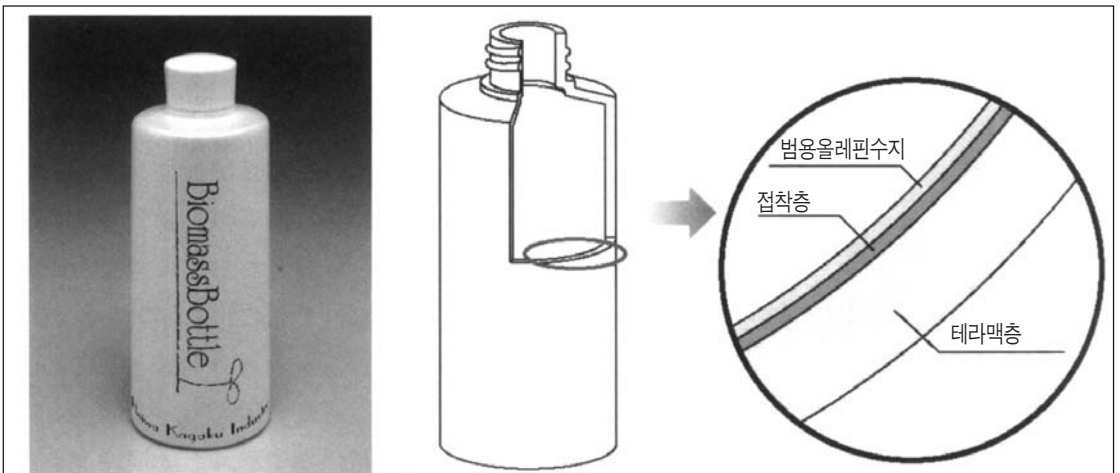
구체적인 진공·압공성형 예로서, 성형용 솔리드 또는 발포시이트에 관해 상하금형 결정화 온도 영역 100~120℃로 가열된 금형간내서 약 20초간 열 프레스하는 것에 의해 내열성형물을 얻을 수가 있다. [사진 4]와 [사진 5]에 각각의 대표 예를 나타낸다.

2-2. 내가수분해성 향상에 의한 내구성 부여

폴리에스테르의 가수분해 속도 제어 인자로서는 화학구조(일차구조), 잔류·첨가 화합물, 성형가공 조건, 보존·핵제 등을 들 수 있는데, 필자는 이들을 최적화 시키는 것에 의해 고온·고습(50~60℃, 95%RH)하 1,000시간 방치에서도 90% 이상의 강도 유지율을 갖는 폴리유산수지를 개발하는데 성공하였다.

참고로 일반 폴리유산은 50℃, 95%RH하 약

[사진 8] 병



[표 1] 아이씨지구박람회에서 사용된 「테라맥」 관련 제품 일람

러터너블식기 (반복사용)	식탁트레이 상동 회전초밥접시	기따무라화학산업(주) (주)크리무네 레임화학(주)	레스토랑, 푸드코트 상동 회전초밥집
간이식기구 (일회용)	내열식품용기 내열발포식품용기 시식컵	중앙화학 (주)JSP 신일화포리머(주)	바이오리싸이클 성과물성과물 시식회 상동 와인시음용
섬유가공제품	사인	(주)GK설계	회장아내도, 도표
휴대정보기기	휴대전화	(주)NEC/(주)NTT도코모	시작기(회장내통신용)
잡화	기념매달(고정재) 부채(골재)	AMLO AMLO	라이센스상품 상동

100시간에 실질적인 강도를 잃어 흐물흐물해 진다.

내열성과 내구성을 동시에 부여하는 사출성형 물의 예를 [사진 6]에 나타낸다.

2-3. 용융장력 향상에 의한 압출 발포

폴리유산의 용융레올로지 특성에 관해서는 용융점도의 온도나 속도 의존성이 높아서, 온도나 속도의 상승에 따른 급격한 점도저하가 일어나기 쉽다.

그 결과, 섬유의 용융방사와 같이 일축 신장 유동의 경우에는 특히 문제가 되지 않아도, 발포나 블로우 성형과 같이 이축신장 유통하에서 왜경화성이 요구되는 용도에는 적합하지 않는다. 그래서 폴리유산의 분자레벨의 재질과 최적 배합 설계를 하는 것에 의해 용융장력의 향상과 신장점도의 왜경화성을 발현하여 압출 발포 특성을 부여하는데에 성공하였다.

본 기술을 이용한 성형용 압출 발포 시트로 서머포밍에 의해 내열성을 갖는 간이식 기구의 예를 [사진 5]에 나타낸다.

3. 석유계 소재와 보완적 복합화

3-1. 기소, 유연화에 의한 강성 부여

폴리유산은 단단하고 취약한 기계적 특성을 가지고 있으며, 이 성질은 화학구조(일자구조)에 기인한다.

또 일단 비틀거나 구부리거나 하면 원래대로 돌아오기 어려운 특성이 있으며, 이것은 장점인 동시에 단점으로도 되고, 또 반복 힌지특성에 약하다.

폴리유산에 유연성이나 내충격성, 강성을 부여하기 위해서는 저분자 및 또는 고분자 가소제를 적당 첨가하는 것에 의해 개량할 수 있다. 한 예로서, 최근 三翬産業(주)와의 공동 개발된 내 반복 힌지 특성에 뛰어난 힌지 캡의 예를 [사진 7]에 나타낸다.

이것은 일부 석유계 생분해성 플라스틱을 포함하지만, 완전 생분해성이며, 생분해성 플라스틱 연구회(BPS)의 「그린플라마-크」를 취득하고 있다.



[사진 9] 박람회에서 사용된 폴리유산 제품 테라맥



3-2. 적층복합구조 의한 수증기 차단성 부여

폴리유산을 비롯한 생분해성 플라스틱은 일반적으로 가스차단성이 떨어져, 식품·약품·화장품 등의 용기, 포장재 분야로의 전개를 방해하는 하나의 용인이 되었다.

특히 폴리유산은 속수성임에도 불구하고 높은 수증기 투과성을 가지고 있어 액체 용기로서의 용용전개에 한계가 있었다.

금번 (주)平知化學工業所와 공동 개발한 압출 브로우 성형 법에 의한 병은, 폴리유산을 주성분으로 하는 「테라맥」(70% 이상)과 저 코스트 이면서 가스 차단성에 뛰어난 범용 올레핀 수지를 접착제층을 끼워 적층한 구조[사진 8]로 하여, 지금까지의 폴리유산 수지 단독의 병에 비해 약 8배의 수증기 차단성을 부여하였다.

본 제품은 (사)일본유기자원협회의「바이오매스마크」를 취득하였으며, 화장품이나 화장실용 상품, 식품, 농약 등의 병으로서 실용화가 가능한 코스트퍼포먼스를 가지고 있다.

즉, 최적의 소재 구성 밸런스와 제품 설계에 의해서 병으로서 기본적인 요구 성능인 낙하강도, 스퀴즈성, 내구성이나 내후성 등 충분한 성능을 보유하고 있다.

또 코스트에 관해서도 종래품에 비해 2배 정도 싸고, 환경부하 절감 효과로서의 CO₂ 가스 발생 양은 고밀도 폴리에틸렌 대비 약 30% 절감이 가능하다.

4. 「바이오매스플라스틱」 실증 사업

2005년 3월 25일부터 일본에서 35년 만에 21세기 최초의 만국박람회가 「자연의 지혜」를 테마로 개최되었다.

여기서는 지속적 발전이 가능한 사회를 목표로 생물자원으로서의 바이오매스를 이롭게 활용하는 것에 의해 화석 자원의 절약과 지구 온난화 방지에 공헌하는 전략이나 시책이 내세워졌다.

그 중 하나로서, 종래의 석유계 플라스틱이 아닌 「바이오매스 플라스틱」의 실증사업이 국가 사업으로 추진되고,

그 중에서도 폴리유산(PLA)이 식기나 식품 용기, 기타 분야에서 적극적으로 도입되었다.

「테라맥」의 채택 사례를 소개하자면, 식기세척기에서의 세척~건조의 반복 사용이 가능한 리터너블 식기나 식탁트레이로서 박람회에서

많은 음식점 코너에서 사용되었으며, 또 내열 충진이나 전자렌지 가열이 가능한 일회용 내열성 간이식기구(솔리드 및 발포)가 제조되어, 뜨거운 카레라이스나 부침개의 접시로서 시식회 등의 이벤트 회장에서 그 유용성이 실증되었다.

사용된 식기류는 박람회장내에서 분별회수는 ① 머터리얼리싸이클 ② 케미칼리싸이클 ③ 바이오리싸이클의 여러 가지 수법 중 하나로 리싸이클이 행하여진다.

또 입장객에 대한 회장안내도로서 중요한 역할을 한 안내판 “사인”에 폴리유산 섬유직물이 채택되었으며, 통신회사들의 통신용 휴대전화에도 폴리유산 수지가 채택, 실용화에 한발 더 접근하였다.

기타, 잡화용으로서의 기념메달 고정재(압출 발포사이트)나 박람회 캐릭터인 모리조&기포로 캐릭터 상품인 부채에도 채택되었다.

[표 1]과 [사진 9]에 박람회에서 사용된 「테라맥」 제품군을 나타낸다.

II. 결론

현재 일본에서 나오는 일반 폐기물은 약 5,000만톤인데 그 중 약 30%는 부엌쓰레기(사업계 및 가정계)이며, 이는 용기포장 관계를 웃도는 최대 비율을 차지하고 있고, 거의 소각처리하고 있다.

따라서 일본의 주식인 쌀의 연간생산량(약 1,000만톤)을 상회하는 부엌쓰레기가 지금까지 재자원화 되지 않고 폐기되어 왔다는 것이다.

이에 대해 독일이나 네델란드 등 환경선진국

에서는 유기성 폐기물의 분별수집과 콤포스트(추비)화 처리를 추진하는 법적규제나 인프라가 상당히 진행되고 있다.

일본도 지금까지의 일방 통행형 경제시스템에서 탈피 순환형 사회의 형성을 목표로 「순환형사회형성촉진법」의 하나로서 사업계 음식물쓰레기를 대상으로 하는 소위 「식품폐기물리싸이클법」(속칭)이 규정되기에 이르렀으며, 금번 박람회에서 폴리유산을 중심으로 하는 「바이오매스 플라스틱」 실증사업으로 그 유용성이 실증되었다.

하루라도 빨리 진실된 자원 순환형 사회의 도래를 기대해 본다. ☞

독 자 쥬 령 모 집

월간 포장계는 독자여러분들의 의견을 수용하기 위해 다양한 의견의 독자컬럼을 모집합니다.

어떠한 의견이라도 좋습니다.

포장인의 독설을 펼칠 지면을 할애하니 많은 참여 기다립니다.

필자는 밝히지 않겠습니다.

월간 포장계 편집실

TEL : (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net