

리사이클 대응형 UV베리어 PET보틀의 개발

中 村 隆 / 三菱化學株式會社 合纖原料컴퍼니 폴리에스테르부 부장대리

1. 머리말

일본 시장에 PET(폴리에틸렌테레프탈레이트)보틀이 등장한 것은 1977년의 간장용기 용도가 최초였다.

그 후 1982년의 법령개정에 따라 청량음료용으로 PET보틀의 사용이 인정된 이래 가볍고, 깨지지 않고 아름답다는 특징 외에도 안전위생성, 가스베리어성에도 뛰어나 열충전에도 대응 가능한 성능 등 여러가지 뛰어난 성질을 가진 것으로 시장에 받아들여져, 음료용기로서 유리병, 금속캔과 같은 지위를 얻기에 이르렀다.

1996년에 청량음료분야에서의 소형PET보틀의 자주규제가 폐지된 이래 운반하기가 어렵지 않은 적당한 크기와 쉘성이 현대인의 행동양식에 맞춰 소형 PET보틀 음료는 폭발적으로 히트되었다.

1998년도 추정치로 수입품도 포함해 35만톤을 넘는 PET수지가 보틀용으로 소비되고, 1999년도에는 40만톤을 넘을 것이라 추정되고 있다. '용기리사이클법'이 1997년에 시행되고, 업계단체인 'PET보틀협회'에서도 적극적으로 대응해야 할 자주규제인 '제2종 지정 PET보

틀의 자주설계가이드라인'의 제정 및 개정에 노력하고 있다.

2. 'NOVAPEX U-110'의 개발

PET보틀이 개발되어 비교적 빨리 그린 착색보틀이 등장했지만, 일부의 그린 MB(마스타벳치)레진에 사용된 색재료가 그 자체 자외선을 흡수하는 능력이 있으며, 보틀 내용물이 감귤계의 후레이버 등 자외선에 약한 물질을 함유하고 있는 경우의 보호재 역할을 다하고 있는 사실이 있었다.

東洋방직과 함께 일본유니펙트의 연구개발을 담당하고 있는 三菱化學은 무색계에서 자외선컷트 PET보틀이 실현되면 비타민C 등의 자외선에 약한 물질을 함유하면서 상품설계상 착색보틀이 맞지 않는 여러가지의 내용물에도 PET보틀이 적용될 수 있게 된다고 생각해 무색계 PET보틀용의 UV(자외선)베리어 레진의 개발을 개시했다. 1986년의 일이다.

2-1. 개발목표

본래 플라스틱재료 자신의 자외선 열화를 억



[표 1] 개발품질목표

품 질 항 목		개 발 목 표	비 교 1 통상 UV흡수제	비 교 2 PET
보틀 UV베리어성능		390nm이상(투과율≤1%)	360nm이하~390nm 각종	320nm이하
취급성	내승화성	없는 것	있음	없음
	내열분해성	PET와 같은 수준	종류에 따라 있음	실용상 문제 없음
	내용출성	PET와 같은 수준	종류에 따라 있음	규정조건에서 없음
착색성		없는 것	무색~박광색	무색

제하기 위해 첨가형 UV흡수제가 수많이 상시되고 있으며 이 중에는 PET보틀의 내용물 보호용으로서도 뛰어난 UV베리어 기능을 가진 것이 있으며, 실제로 식기야채세제용 PET보틀에 사용되고 있는 예가 있었다.

그러나 이 UV흡수제는 보틀성형시에 승화되기 때문에 재질중 농도가 안정되지 않는다든가 성형작업환경이 악화되는 등의 문제가 있었다.

또 내용물에 따라서는 UV흡수제가 용출될 우려가 있으며 폴리올레핀 등 위생협회의 PL(포지티브리스트)에 등록돼 있다고 하더라도 음료용 PET보틀에는 한정적으로 사용되고 있는 것이 현상이었다.

이런 상황을 배경으로, [표 1]과 같은 개발목표를 설정했다.

2-2. 'NOVAPEX U-110' 레진 품질

[표 1]에 나타난 개발목표를 달성하기 위해 여러가지 검토를 거듭한 결과 MB레진으로서 PET레진과 블렌드해 이용되는 폴리머 타입의 UV베리어레진의 개발에 성공, 상품명 'NOVAPEX U-110'으로서 일본유니팻트를

통해 세상에 알려지게 되었다.

1992년의 일이다. 개발상의 기술적인 특징은 다음과 같다.

즉, 390nm 이하 파장의 UV를 흡수하는 키 성분으로서, 나프탈렌 디카본산 유도체와 나프탈렌 테트라카본산 유도체의 조합을 선정했다.

승화나 용출의 문제를 없애기 위함과 성형시의 PET와의 상용성을 갖게 하기 위해 키 성분을 폴리머구조 안에 넣어야 할 에스테르 형성성의 2가의 관능기를 가지도록 변성했다.

최종의 PET보틀 벽중의 농도가 적정하게 되도록 필요량의 키 성분을 신규 폴리에스테르레진의 모노머로서 이용되는 것으로 목표를 달성했다.

이와 관련해 'NOVAPEX U-110'은 PET레진과의 블렌드비를 1:30으로서 이용되는 것을 전제로 하고 있으며, 이 전제로 최종의 PET보틀 벽두께가 0.35mm시에 380nm 이하의 UV 광 최대 투과율이 1% 미만이 되도록 설계되고 있다.

[표 2]에 'NOVAPEX U-110'의 레진 품질을 나타냈다.

중합도의 지표인 IV(고유점도)는 프리폼 성형

[표 2] 「NOVAPEX U-110」 레진품질

품 질 항 목		U-110대표치	비교 PET	비고
IV (극한점도)	dl/g	1.14	0.75~0.85	PET가 같은 용융점도를 목표
용융점도(280℃/100sec-1)	poise	3,500	3,000~6,000	PET와의 상용성 확보
b치(색조)	-	33	0.7	
융점(by DSC)	℃	213	252	
밀도	g/cm ³	1.33	1.40	
펠릿형상(DI×Ds×L)	mm	2.5×1.5×4.0	3.0×1.7×3.5	PET와의 블렌드 얼룩방지
건조조건(온도×시간)	℃×hr	PET와 동등	예 150×4	수분은 PET東洋 ≤50ppm 필요

시의 용융 특성이 PET와 거의 마찬가지로 되도록 설계했다.

PET에 가까운 구조의 폴리에스테르를 베이스로 하는 것으로 PET와의 상용성을 높이고 있지만 용융 특성을 PET에 섞는 것으로 분산성을 높이고 완성 품질의 균일성을 확보했다.

레진 색조는 가시성에 가까운 영역까지 흡수하는 성질상 황색(b치가 높다) 외관을 나타낸다.

그러나 뒤에 나타냈듯이 실용농도인 30배에 희석한 투명성형보들의 색조는 실용상 위화감을 생각할 정도의 착색은 아니다.

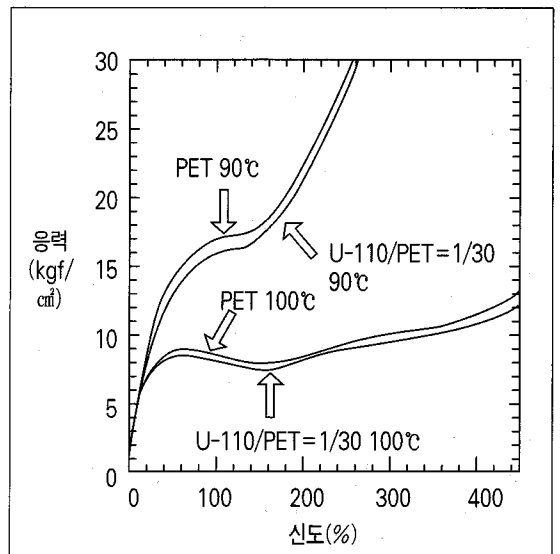
융점 및 밀도는 폴리머구조에 유래해 PET와는 다른 값을 나타내지만 30배 희석성형보들의 물성에 영향을 주는 것은 아니다.

펠릿형상은 생산설비가 다르기 때문에 보틀용 PET레진과 같다고는 할 수 없지만 偏析에 의한 블렌드얼룩을 일으키지 않는 범위에서 제어되고 있다.

성형 전의 건조조건은 PET레진과 마찬가지로 취급하면 문제는 없다.

성형특성의 예로서 [그림 1]에 사출성형시험

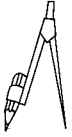
[그림 1] 고온 S-S곡선



편의 고온 S-S커브를 나타냈다.

통상 PET보들의 성형은 사출성형프리폼을 90~100℃정도로 가열해 연신블로우 하지만, 그 연신특성이 보틀 벽의 두께얼룩방지나 배향 강도에 크게 영향을 미친다.

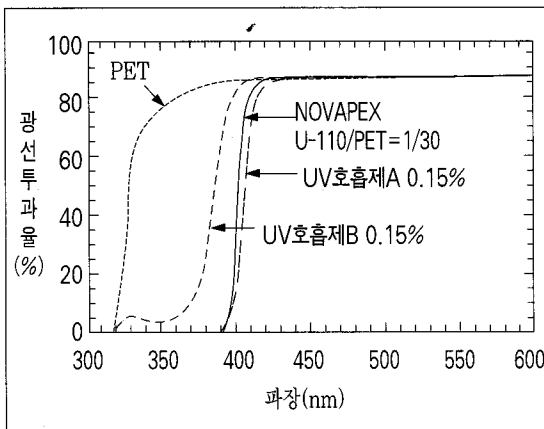
그림에서 알 수 있듯이 'NOVAPEX U-110' 레진을 정규의 30배 희석해 성형한 시험편의 연신특성은 비교의 PET시험편 그것과 유의차가



[표 3] 'NOVAPEX U-110' 사용보틀의 품질

보틀 품질 항목		U-110/PET=1/30 블렌드성형보틀	UV흡수제 A=0.15% 함유 PET보틀	비교 통상 PET보틀
UV베리어성	-	(그림 2) 참조	동좌	동좌
몸통부색조(b치)	-	0.5	0.5	0.2
보틀헤이즈(진도)	%	2.1	2.4	1.9
재질중아세트알데히드(물추출법)	ppm	11.2	11.8	11.4

[그림 2] 보틀UV흡수 스펙트럼



없으며, 통상의 PET와 같은 연신블로우조건을 선택할 수가 있다고 할 수 있다.

2-3. 'NOVAPEX U-110' 사용보틀의 품질

[표 3]에 'NOVAPEX U-110' /PET = 1/30 블렌드성형한 1.5 l 내압용 플레인보틀 (몸통부 두께=0.35mm)의 주요품질을 나타냈다.

UV베리어성은 [그림 2]에 나타냈듯이 개략 390nm 까지의 UV광을 대부분 차단한다.

400nm 이상의 파장 광성을 흡수하도록 하면 가시광의 영역이 되기 때문에 착색된다.

'NOVAPEX U-110' 사용보틀도 통상의 PET보틀에 비해 몸통부 색조(황색)가 약

간 높아지지만, 몸통부 두께가 얇은 것도 있으며, 육안으로 유의차를 찾아낼 정도는 아니다.

무색계인 동시에 효과적으로 UV베리어성을 발휘하기 위해 'NOVAPEX U-110'은 극히 뛰어난 광선흡수특성을 가지고 있다고 할 수 있다.

보틀벽이 헤이즈가 있기도 하고 불투명하게 되기도 해서는 PET보틀의 장점인 투명성을 잃는다.

'NOVAPEX U-110' 사용보틀의 헤이즈는 통상 PET보틀의 편차 범위내이며 뛰어난 투명성을 유지하고 있다.

PET보틀 재질중의 부성AA(아세트알데히드)는 음료의 미각에 영향을 미친다는 염려가 있기 때문에 될 수 있는 한 낮게 하는 것이 요구된다.

'NOVAPEX U-110' 사용보틀은 통상 PET보틀과 마찬가지로 성형조건에 있어서 재질중 AA는 통상 PET보틀 그것의 편차범위이며 성형시에 특별 배려를 할 필요는 없다.

2-4. 'NOVAPEX U-110'의 안전위생성

'NOVAPEX U-110'을 음료용기로서의 PET보틀에 적용하려고 하는 이상 그 간접식품첨가

[표 4] 안전위생성대응

항 목		시 험 종	시 험 결 과
신규물질대응	노안성	변이원성	음 성
	화심법	물리화학적성상	산, 알카리, 물, 유기용제에 대해 불용
후생성고시제370호		식품, 첨가물 등의 규격기준에 의한 시험	적 합
폴리위생협회 PET수지대상 PL No. FZ-7	후생성 고시 대응		적 합
	변이원성		음 성
	공 출 시 험	1:30	적 합
		1:3	적 합
약 사 법	점복재용 플라스틱용기의 규격 및 시험법		적 합
	상동에 준거한 생물학적시험		금성독성시험 적 합 안자격시험 적 합
	미생물투과성		인 정 안 됨
자주적시험	장기용출시험		적 합
	가속용출시험		적 합
	경구투여금성독설		LDLO 2,000mg/kg이상 이상인정안됨

[표 5] 「자주설계 가이드라인」항목의 발체

항 목 의 발 체	
3. 기본성능 새로운 재료를 사용한 PET 보틀은 하기(우축란)의 기본성능에 적합하지 않으면 안된다.	A. 위생성 B. 재생처리적성 C. 재이용적성 재이용 대표예로서 섬유용, 시트용, 보틀용의 재이용에 관한 별 기의 시험방법에 준해평가했을 때, 평가기준을 만족하는 것.
6. 재이용적성평가방법 기초물성평가와 용도별 재이용평가에서 이루어진다. 재이용용도평가는 섬유용도, 보틀용도, 시트용도의 3종	A. 기초물성 평가 B. 용도별 평가 (1) 섬유용도 · 조업성 : 여과성, 가망성, 연신성 · 물성 : 사질평가, 염색성 (2) 보틀용도 (3) 시트용도

물로서의 안전위생성을 명확히 하는 것은 극히 중요한 일이다.

이 폴리머는 구조상 신규물질이어야 하며, 또 MB레진으로서 사용하는 실태이므로, 보틀

용 PET레진에 대한 폴리머첨가제라는 테두리에서 취급하는 것을 전제로 [표 4]와 같은 확인시험을 했다.

당연하지만 모든 시험에 있어서 확인 및 필



[표 6] 섬유용도 재이용 적정평가결과

평가항목		평가세목	단위	기준	PET단체	U-110/PET(1/60)	U-110/PET(1/30)
조업성	여과성	여과압상승	kg/cm ²	10≥	8	6	5
	가방성	방사사제굵김	회	0	0	0	0
	연신성	MDR	%	90≤	100	107	108
		연신사굵김	회	0	0	0	0
물성	사질평가	원사타프네스	-	20≤	33.1	35.7	30.0
		비수수축률	%	90~110	100	110	105
		건열수축률	%	90~110	100	102	109
		색조(Δb)	-	2≥	-	1.53	1.98
		데니트	%	90~110	100	94	97
		인장강도	%	90~110	100	110	97
		인장신도	%	30±5	29.4	27.5	25.9
	염색성평가	극한점도 IV	%	90≤	100	100	99
		흡진률	%	90≤	100	101	101
		얼룩짐	-	없음	없음	없음	없음
		내광견뢰도	급	4≤	4~5	4~5	4~5

요한 허가·인가 신청을 마치고 있다.

이 결과를 근거로 1992년에 不二家 측의 '레몬스쿼시' 용의 PET보틀에 처음 채용되었다.

내열압의 1.5l 보틀이다.

그 후 不二家측을 비롯해 수개사에 탄산음료용, 약제용, 마우스 워시용 등에 채용되고 있다.

2-5. 'NOVAPEX U-110'의 리사이클 적성

서두에서 밝혔듯이 PET보틀 관련업계에 한하지 않고 '리사이클'은 산업계 더 나아가서는 인간사회에 있어서 극히 중요한 키워드가 되고 있다.

'PET보틀협의회'에서는 자주규제로서 1995년에 제정된 '제 2종 지정 PET보틀의 자주설계

가이드라인'을 금년 개정작업 중이다.

PET보틀의 리사이클을 효과적으로 진행하고 있으며 여기에 기록된 PET보틀로서의 요구되는 특성 중 'NOVAPEX U-110'이 특히 주의할 사항에 대해 발췌하면 [표 5]와 같이 된다.

이 중 대표적인 재이용 적성평가로서 섬유용으로서의 리사이클 특성에 관해 평가한 결과를 [표 6]에 나타냈다.

시장에서 실제로 보틀이 회수될 경우 동시에 회수되는 통상의 PET보틀에 의해 희석되기 때문에 회수 PET보틀 중 'NOVAPEX U-110' 성분의 비율은 초기설정의 1/30보다 훨씬 낮아진다고 한다.

그렇지만, 100단위 회수의 경우도 예상해 U-

110/PET블렌드비를 1/60과 1/30로 설정, 설정해 평가했다.

조업성(濾過性, 可紡性, 延伸性), 물성(絲質評價, 염색성평가) 어느 쪽도 통상의 PET단체에 비해 유의차가 없는 결과를 얻었다.

이 결과에 의해 'NOVAPEX U-110' 사용보틀은 사용전제인 PET와의 블렌드비가 1/30의 경우 통상의 PET보틀과 마찬가지로 리사이클의 루트에 실리는 것이 가능하다고 할 수 있다.

아사히음료(주)측은 스탠다드상품의 하나인 「미츠야 사이다」의 용기로서 UV베리어성 이용의 견지에서 종래 그린착색PET보틀을 사용하고 있었지만, 금년이 「미츠야 사이다」 발매 115주년이기 때문에 특히 PET보틀의 리사이클성을 강하게 고려해 문제해결이 요구되었다.

금회 새삼 'NOVAPEX U-110' 사용보틀의 리사이클성을 평가해 리사이클성을 시작하는

종합적인 평가결과에 관해 만족 채용이 결정되었다.

금년 3월부터 「미츠야 사이다」는 PET보틀에 관해서는 용기를 'NOVAPEX U-110'를 이용한 무색투명PET보틀로 전면변경해 발매되어 호평을 받고 있다고 밝혔다.

3. 맺음말

PET보틀의 리사이클시스템이 정비되고 있는 가운데 'NOVAPEX U-110' 사용보틀은 음료의 뛰어난 품질보호기능을 가지면서 리사이클시스템에 그대로 적용할 수 있는 것이며 레진개발자로서는 시대의 요청에 매치된 것이라고 자부하고 있다.

그렇지만 가격 등 개선의 여지는 남아 있으며, 금후 한층 고객만족도가 높은 제품으로 대응해 갈 예정이다. ☐

**‘월간 포장계’는 국내에 소개되지 않은
최신 기술이나 정보를 게재하고자 노력하고 있습니다.
국내 포장산업의 발전에 기여하는 계기가 될
최신정보의 공급을 기다립니다.**

**정기구독 및 광고문의
편집실 : (02)835-9041**