플라스틱 포장용기의 환경적 대응

葛良忠彦 / 東洋製罐그룹綜合研究所 조사기획실 주임부원

1. 머리말

플라스틱계 포장재료는 식품이나 음료용에 주로 사용되고 있다.

이런 용도로 특히 가공식품 등의 장기간 셀프라이프가 요구될 경우 포장재료에는 여러가지의 기능이 요구된다.

여러가지 기능을 가진 포장재료를 설계할 경우 복수의 재료를 복합화하는 것이 일반적으로 행해지고 있다.

그렇지만 다수의 재료를 복합화하면, 사용 후 포장재료의 재자원화가 곤란하게 된다.

이렇게 기능요구와 환경적응성은 이율배반적인 성격을 가지고 있기 때문에 기능추구와 환경적응성을 어떻게 조화시켜 가는가가 커다란 과제이다.

현재 재자원화, 처리용이성 등 환경부하의 저감을 고려한 포장설계의 기본적인 사고방식으로서는 다음과 같은 것이 있다.

① 포장재료의 감량화를 도모한다.

② 포장용기의 용적을 콤팩트하게 설계하거나, 사용 후 접어 부피를 줄이거나, 찌그러뜨려 감용화할 수 있게 한다.

③ 복수의 소재를 사용한 복합용기의 경우, 사용 후에 분리가 용이한 구성, 구조로 한다.

④ 재충전이 가능한 리필식으로 하고, 재사용이 가능한 용기로 한다.

⑤ 사용 후의 폐기물을 소각처리할 경우, 유해물질이 발생하지 않는 재료를 사용한다.

⑥ 자연환경에서 분해되고, 분해물에 의한 2차 오염이 없는 환경부하가 적은 재료를 사용한다.

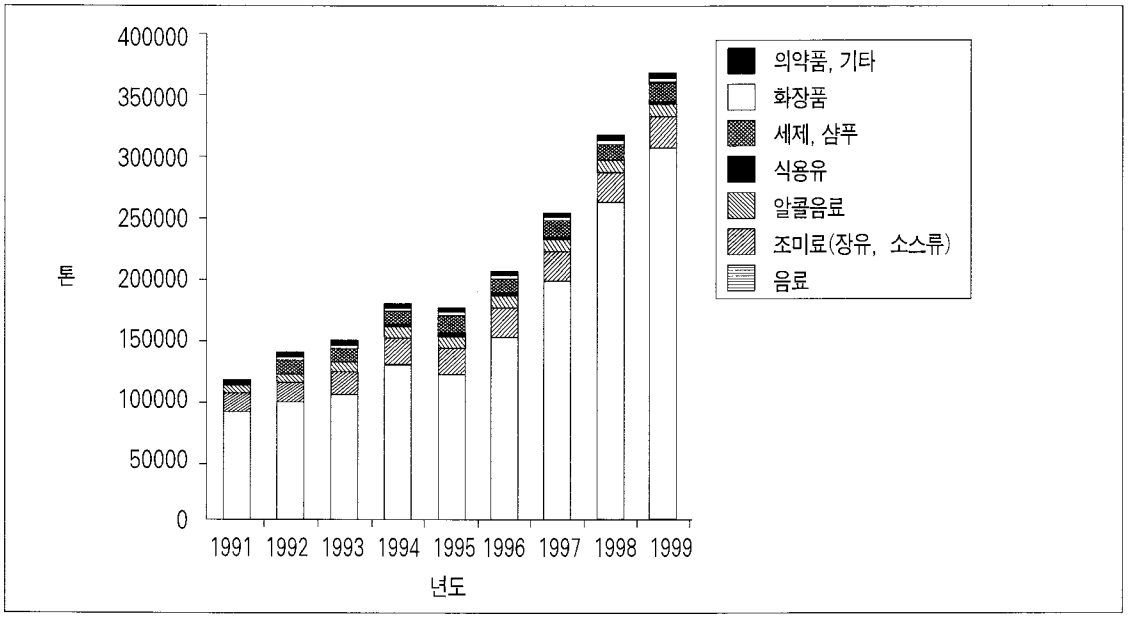
이러한 사고방식을 바탕으로 여러가지 포장재료가 개발되고 있지만, 여기에서는 소각처리에서의 다이옥신 생성이 염려되는 염소계 플라스틱포장재의 타재료로의 대체동향과 플라스틱포장재의 감량화에 대해 서술하겠다.

2. 염화비닐 및 염화비닐리덴 대체 포장재

2-1. 플라스틱포장재료의 시장동향

1998년의 포장자재 및 용기의 출하금액 총합계는 6조4천87억엔으로 그 중 플라스틱포장재료의 출하금액은 총 합계의 23.1%인 1조5천4백2억엔이었으며, 또 출하수량은 3백61만톤

〔그림 1〕 PET보틀용 수지수요 실적추이 및 예측(1999년)



이다.

1998년도의 일본 열가소성수지의 총 생산량은 1천2백23만톤이었기 때문에 포장재료용으로서 29.5%가 사용된 것이다.

수지의 종류로는 저밀도폴리에틸렌(LDPE), 고밀도폴리에틸렌(HDPE), 폴리프로필렌(PP), 폴리스틸렌(PS)의 범용수지 사용량이 많았지만, 최근 특히 수용량이 급성장하고 있는 것은 PET수지이다.

한편 염화비닐수지의 수요량은 감소경향에 있다.

〔그림 1〕에 PET보틀용 수지의 수요량 추이를 나타냈다.

2-2. 염화비닐수지의 시장동향

〔그림 2〕에 염화비닐수지(PVC)와 염화비닐리덴수지(PVDC)의 일본 내 생산량 추이를 나타냈다.

PVC의 생산량 자체는 1997년까지는 증가경향에 있으며, 이것은 건자재분야에서의 신장과 동남아시아로의 수출이 호조였던 것에 기인한 것이다.

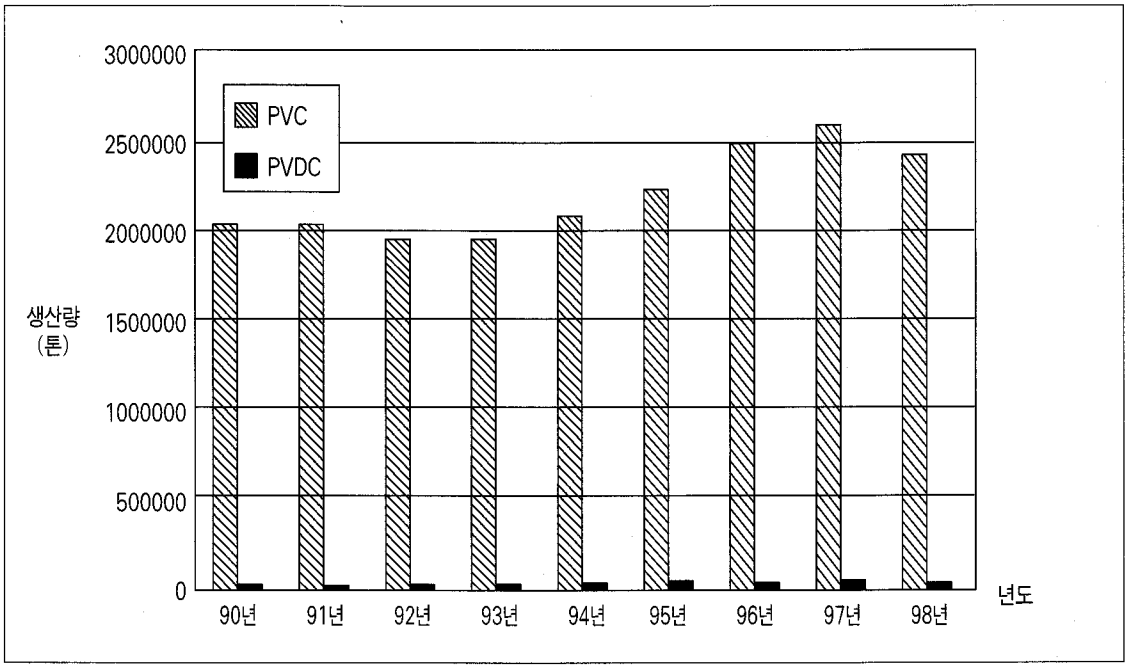
〔그림 3〕 및 〔그림 4〕에 식품용과 비식품용의 염화비닐용기포장 출하량의 추이를 각각 나타냈다. 그림에서 밝혀졌듯이 염화비닐 블로우보틀과 용기 등에 열성형되는 시트의 출하량은 매년 격감하고 있는 경향에 있다.

이것은 PET보틀이나 A-PET시트로의 대체가 진행되고 있기 때문이다.

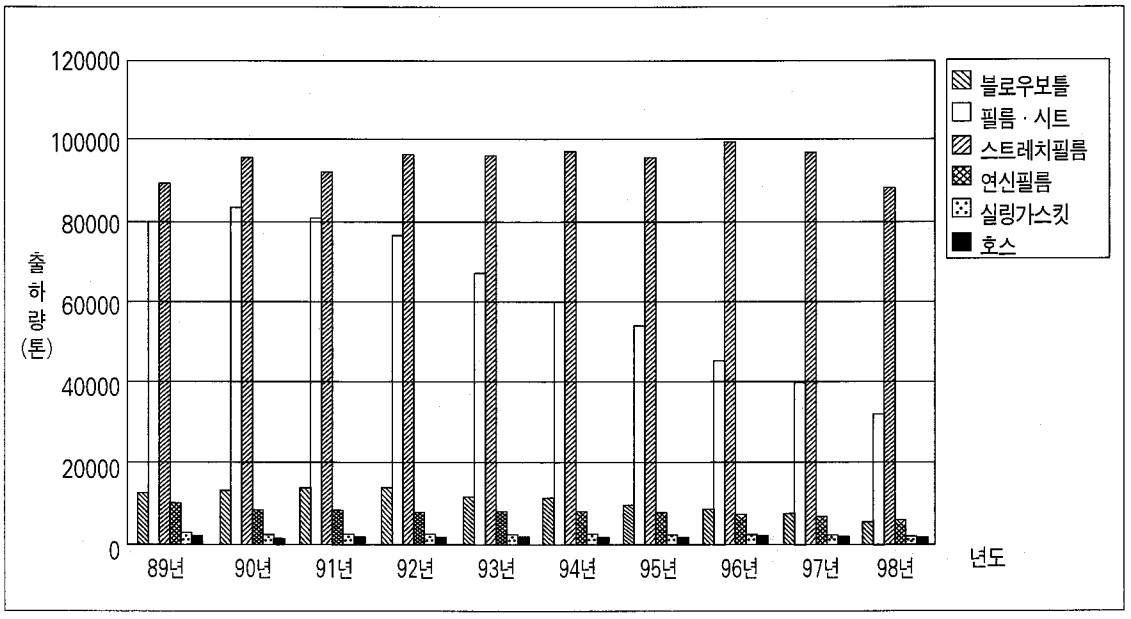
그러나 연질염화비닐의 스트레치필름은 여전히 쇠퇴를 보이지 않고 있다.

현재 폴리올레핀계 등의 비염화비닐계의 제품

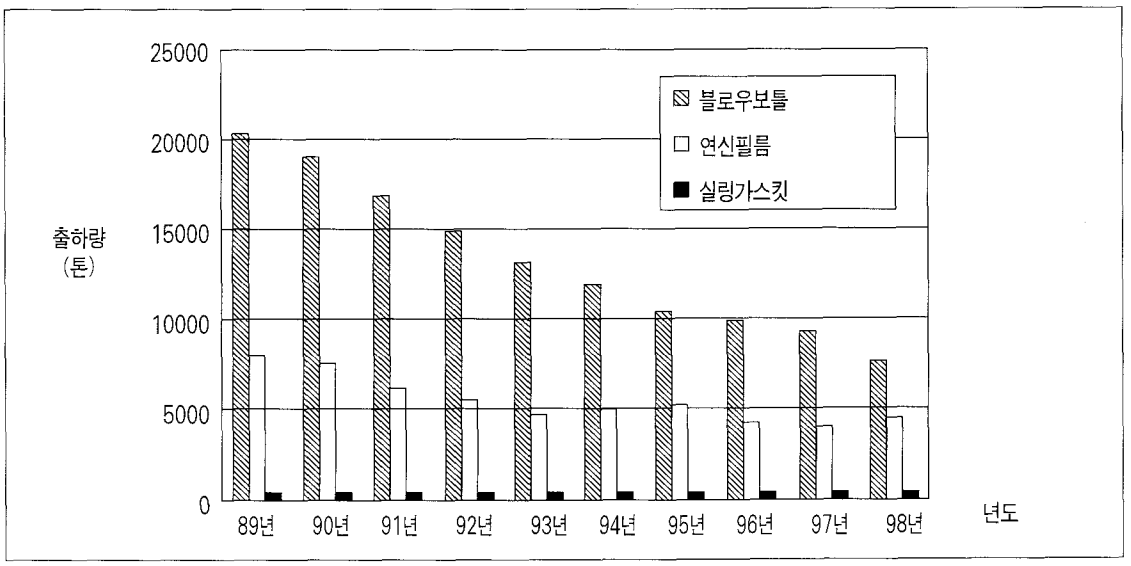
〔그림 2〕 염화 비닐 · 염화비닐리덴 수지 생산량 추이



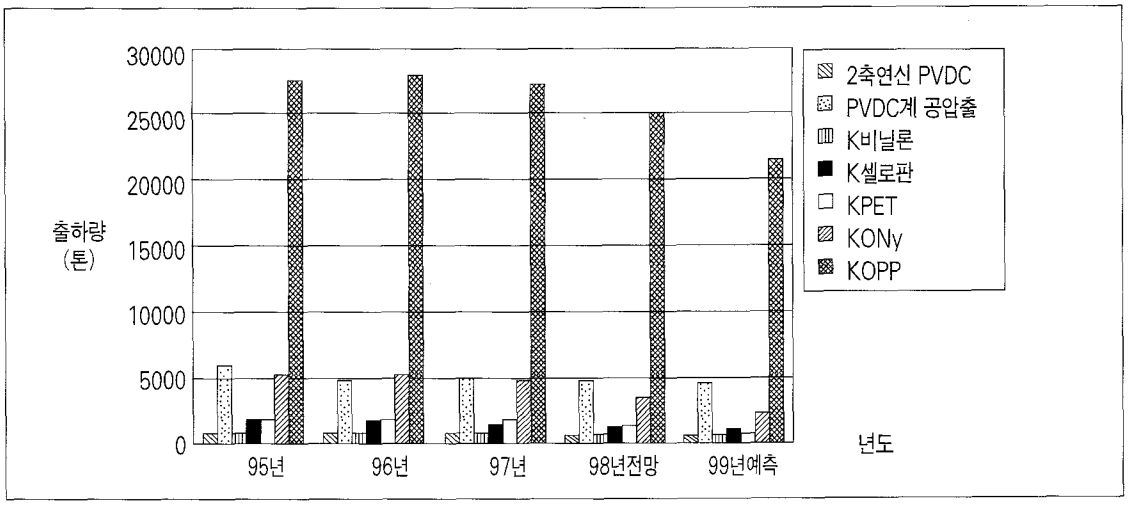
〔그림 3〕 식품용 염화비닐 식품포장 출하량 추이



〔그림 4〕 비식품용 염화비닐 식품포장 출하량 추이



〔그림 5〕 PVDC계 포장재의 종류별 출하량



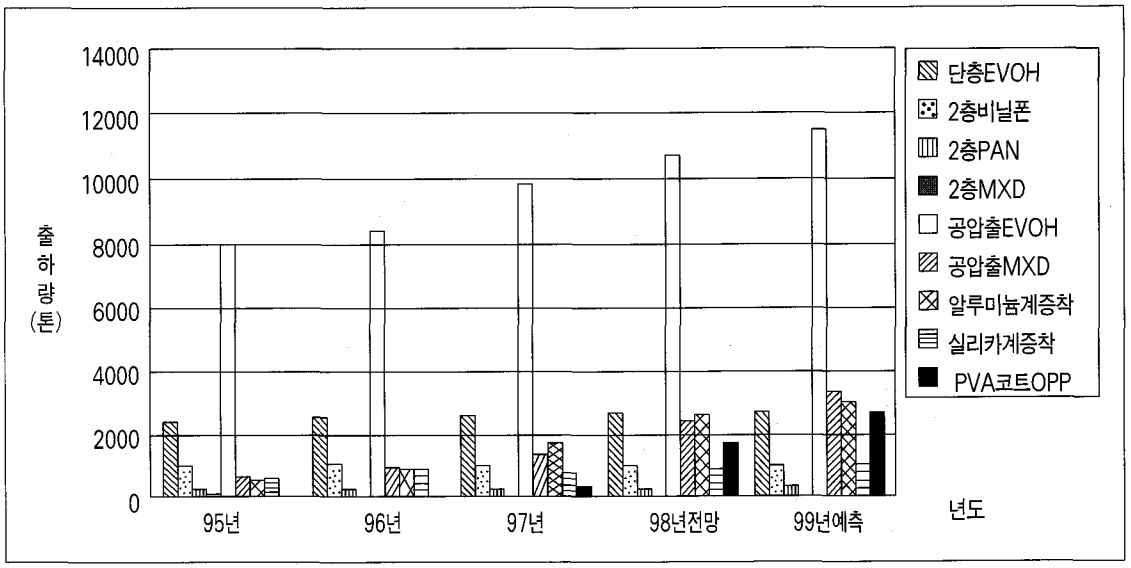
개발이 진행되고 있지만 가격, 성능면에서 아직 염화비닐의 스트레치필름이 우위를 점하고 있다.

2-3. 가스베리어포장재의 시장동향

〔그림 5〕에 PVDC계 가스베리어포장재의 품종별 출하량 추이를 또 〔그림 6〕에 PVDC계 가스베리어필름의 품종별 출하량 추이를 나타냈다.

PVDC계 베리어필름은 감소경향에 있으며, 비PVDC계 베리어필름은 그만큼 증가의 경향에

〔그림 6〕 비PVDC계 베리어필름의 품종별 출하량



〔표 1〕 PVDC코트 필름의 대체계 소재 및 용도

구 분	대 체 소 재	현재 대체완료, 대체예정품목
KOP	투명증착 PET	스낵식품, 기타 과자, 육가공품, 보향식품, 카이로, 기타
	PVA 코트 OPP	콩과자류, 쿠키, 스낵식품, 쌀과자, 진미, 기타
	아크릴코트 OPP	오버랩(스낵과자, 화과자, 기타)
	MXD공압출	절임, 물기있는 식품, 비엔나류(필로우, 염낭), 기타
KONy	MXD공압출	수산물, 화양과자류, 액체스프, 건조식품, 된장
	EVOH 공압출	덮개재료, 면류(생면 외), 식품용봉투, 기타
	투명증착 PET, Ny	액체스프, 치즈, 육가공품, 포장떡, 수산물, 기타
	에벌필름	액체스프, 기타
KPET	투명증착 PET	스낵과자, 육가공품, 보향식품, 기타

(주)Kop : PVDC코트 2축연신 PP KONy : PVDC코트 2축연신나일론 KPET : PVDC코트 PET

있다.

특히 PVDC코트(K코트)필름의 감소가 현저하다.

대체품으로서 수요가 신장되고 있는 것으로서는, 알루미늄계 및 실리카계의 투명증착PET필름과 PVA코트 OPP필름이다.

2-4. 비PVDC계 베리어포장재의 개발상황

〔그림 5〕에 보여지듯이 현재 아직 많은 PVDC코트(K코트)필름이 생산, 판매되고 있으나 전술한 바와 같이 K코트필름의 출하량은 감소경향에 있다.

그 대체소재로는 〔표 1〕에 나타낸 것들이

있다.

(1) EVOH계 포장재

EVOH는 에틸렌과 비닐알콜의 공중합체로, EVOH필름에는 단체필름과 공압출필름이 있다. 단체필름은 폴리올레핀이나 PET필름과 라미네이트되어 사용된다.

공압출필름은 최근 많은 메이커에서 공급되고 있으며, PE나 나이론 등과의 공압출필름이 축산가공품을 중심으로 한 포장재에 다용되고 있다.

이전에는 식용유, 장유나 소스 등의 조미료는 PVC 블로우보틀에 충전돼 있었다.

그러나 염화비닐 모노머문제가 발생했을 때, EVOH를 가스베리어재에 사용한 폴리올레핀계 다층보틀인 '라미콘 보틀'로 대체했다.

현재 장유나 소스는 투명성 등의 외관특성에 뛰어난 PET보틀에 충전되어 있지만, 식용유용에는 대부분 '라미콘 보틀'이 사용되고 있다.

PP/EVOH계 하이가스베리어성 다층시트성형용기인 '라미콘 캡'은 현재 된장용기로서 상당히 많이 사용되고 있다.

또 레토르트용기로서도 젤리, 과실 등의 디저트식품, 각종 조리식품, 전자렌지식품의 분야에서 이용되고 있다.

(2) PVA/비닐론계 포장재

폴리비닐알콜(PVA)은 건조상태에서의 산소투과도는 상당히 낮지만, 고습도에서는 가스베리어성이 나쁘게 된다.

습도의존성을 개량한 제품으로서는, 2축연신해 양면에 PVDC를 코팅한 유니치카의 〈OV필름〉이 있다.

비PVDC계의 것으로는 일본합성화학공업의 2축연신비닐론인 〈보브론〉이 있다.

그러나 가스베리어성의 습도의존성이 있기 때문에 OPP/보브론/PE 등의 라미네이트 구성으로 사용되고 있다.

최근 사용량이 많은 PVDC코트 OPP[그림 5]의 대체로서, PVA를 코트한 OPP필름이, 東세로, 凸版印刷, 二村化學에서 출시되었다. 산소투과율에는 상당히 습도의존성이 있다.

이 때문에 방습성이 높은 PE 등의 실런트를 PVA코트측에 라미네이트해 사용되고 있다.

용도는 건조식품분야가 중심이며, K코트OPP의 약 20%가 대체되었다고 보여진다.

[표 2] MXD계 공압출필름메이커와 품종

구 분	상 품 명	기업화연도	제조방법	필 름 구 성
군제	후레쉬랩HR(구 MR)	92년1월	T다이법	Ny/MXD/Ny
유니치카	엠브론M	93년11월	T다이법	Ny/MXD/Ny
오자키輕化學	트리플나이론베리어	93년12월	인프레이션법	L-LDPE/MXD/L-LDPE
三菱化學興人팩스	슈퍼닐	94년4월	T다이법	Ny/MXD/Ny
出光石油化學	유니아스론	94년4월	인프레이션법	Ny/MXD/Ny
스타플라스틱工業	에스랩PAV	94년5월	인프레이션법	LDPE/MXD/EVA
東洋紡績	하덴-MX	98년3월	T다이법	Ny/MXD/Ny

(3) 나이론계 포장재

나이론필름은 강도가 있으며, 이전부터 2축연신필름이 사용되고 있다.

또 가스베리어성이 요구되는 용도에는 PVDC 코트 나이론(KONy)이 사용돼 왔다.

최근 이 KONy의 대체로서 메타크실렌디아민과 아지핀산에서 중합된 MXD6나이론과 6나이론과의 공압출필름이 사용되게 되었다.

[표 2]에 제조메이커와 품종을 나타냈다.

2-5. 투명증착 베리어포장재

(1) 실리카계 증착필름

현재, 각사에서 개발제품이 상시되고 있다.

SiOx를 코트하는 일반적인 방법은 PVD(물리증착)로 PVD의 진공증착법에서는 후레이크 모양의 일산화규소(SiO)를 저항가열이나 전자선(EB)조사 등에 의해 가열, 승화시켜 PET필름 등의 기초재필름상에 $SiO_{1.5\text{-}1.7}$의 형으로 증착된다.

이 PVD법에 의한 SiOx코트필름의 산소가스 투과도는, 약 2ml/m² · 24hr로, 수증기투과도는 2-3g/m² · 24hr이다.

실리카를 코트하는 방법으로서는, PVD법 이외에 CVD(화학증착)법이 있다.

이 방법은 액체의 헥사 메틸 디 시로키산(HMDS) 등의 유기실리콘화합물, 또는 기체인 SiH_4를 원료로 해 케리어가스인 헬륨이나 산화시키기 위한 산소와 함께 혼합해 진공챔버내에 도입하고, 고주파나 전자파(마이크로웨이브)에 의해 Si를 플라즈마화해 산소에 의해 산화시키면서 PET기초재 위에 SiO_2의 피막을 코트하는 것이다.

CVD법에 의한 SiOx코팅층은 PVD법에 비해 치밀하며, 베리어성이 양호하며, 클럭이 발생하기 어렵다는 평가결과를 얻고 있다.

최근 CVD법에 의한 제품이 상시되고 있다.

(2) 알루미너계 증착필름

무기산화물 코트필름으로서는 SiOx코트필름 이외에 산화알루미늄을 증착한 필름이 있다.

대표적인 것으로서는 〈BARRIALOX〉(東洋메탈라이징)이 있다.

또 凸版印刷의 GL필름은 최초 SiOx코트필름으로 상시되었지만, 현재는 알루미늄계의 그레이드가 많아지고 있다.

3. 플라스틱 포장용기의 감량화

3-1. 파우치로의 대체

1996년 6월에 성립된 '용기포장리사이클법'(용기포장에 관계되는 분리수거 및 재상품화의 촉진에 관한 법률)이 제정되는 가장 큰 원동력이 된 것은 쓰레기처리 문제이다.

따라서 용기포장을 감량화하는 것이 기본적으로 중요하다.

현재 포장재료로서 여러가지 형태의 것이 사용되고 있지만, 그 중에서도, 파우치가 가장 재료를 효율좋게 살리는 형태이다.

종래 파우치는 여러가지 내용품의 포장에 적용되고 있지만, 액상의 내용품 용기로서는 플라스틱보틀이 주류였다.

그러나 최근에는 '보틀에서 파우치로' 이거나 '리필용 파우치의 적용' 이라는 사례가 급증하고

있다.

액상 내용품을 파우치에 충전했을 경우, 용기의 자립성과 내용품을 꺼내 쓰는 방법이 중요하다.

현재 여러가지 형태의 주출구나 스파우트부착의 스탠딩파우치가 액체용기로서 사용되고 있다.

3-2. PET보틀의 박육화

플라스틱보틀을 박육화해, 폐기용이성을 높이는 것이 최근 행해지게 되었다.

보틀을 박육화하면 강도가 저하된다.

이를 위해, 일반적으로 연신블로우성형을 해 분자배향을 높혀 강도저하를 방지하는 수법을 취하고 있다.

보틀을 박육화하면 사용재료량을 저감할 수 있지만, 폐기시에 용이하게 찌부러뜨리기 때문에 감용화에도 도움이 된다.

감용화의 수법으로서는, 보틀의 형상을 고안하는 것에 의해서도 행해지고 있다.

프랑스의 어느 미네랄워터 PET보틀에는 위아래로 찌그러뜨리기 쉬운 형상으로 설계된 디자인의 것이 채용되고 있다.

음료용 PET보틀의 사용량은 [그림 1]에 나타낸 바와 같이 급속한 신장을 보이고 있다. 음료용 PET보틀에는 탄산음료용 내압 PET보틀, 어셉틱(무균) 충전용 PET보틀, 내열압 PET보틀의 종류가 있다.

일본에서는 내열압 PET보틀의 사용량이 많으며, 1998년 사용량은 35억8천6백만본으로 전체의 60%였다.

한편, 탄산음료용은 8억4천6백만본, 어셉틱용이 12억2천만본, 내열압용이 3억2천9백만본이다.

최근 내열압 PET보틀의 중량을 대폭적으로 저감한 박육화 성형기술이 개발되어 실용화되게 되었다.

이하에 이 성형법에 관해 서술하겠다.

(1) 내열압 PET보틀의 종래 성형기술

음료 중에 탄산가스가 들어간 과즙음료나 유산음료가 있다.

이러한 음료를 PET보틀에 충전할 경우 가열살균이 필요하고, PET보틀에는 열과 압력에 견디는 특성이 요구된다.

살균은 내용품 온도가 가장 낮은 장소에서의 品濕이, 65℃를 10~15분간 확보할 수 있는 조건으로 뜨거운 물 샤워에 의해 행해진다.

65℃는 PET의 유리전이점(Tg)에 가깝고, 통상의 내열보틀에서는 미연신부나 저연신부는 내압에 의해 늘어나며, 특히 보틀 하단이 변형된다.

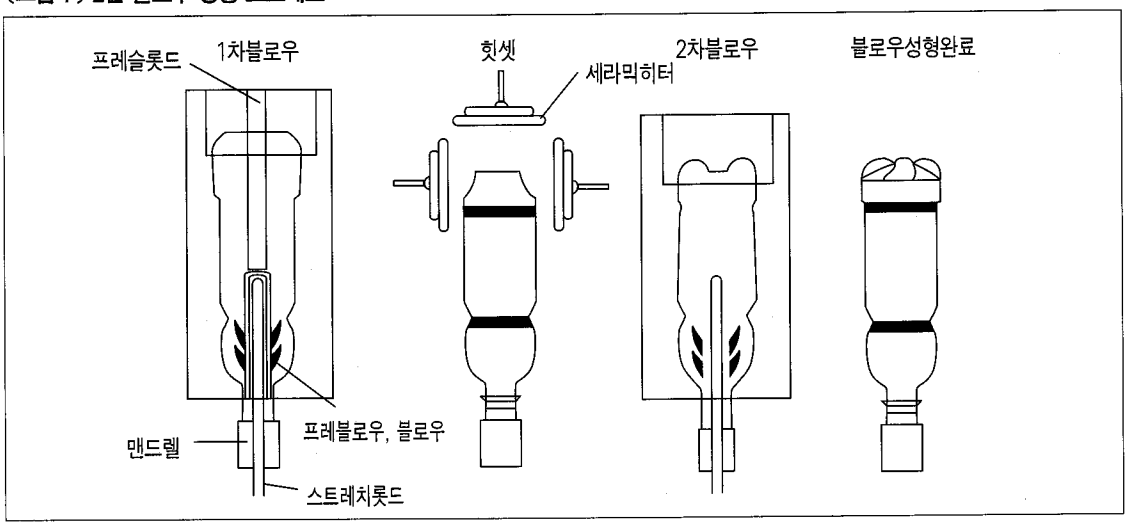
이 때문에 내열압보틀로서는 종래 보틀하부도 충분히 연신블로우해 결정화시킨 것이 사용되어 왔다.

이 보틀의 하부형상은 반원형이기 때문에 자립성을 갖게 하기 위해 HDPE의 베이스캡이 핫멜트로 접착된 2피스타입의 보틀이었다.

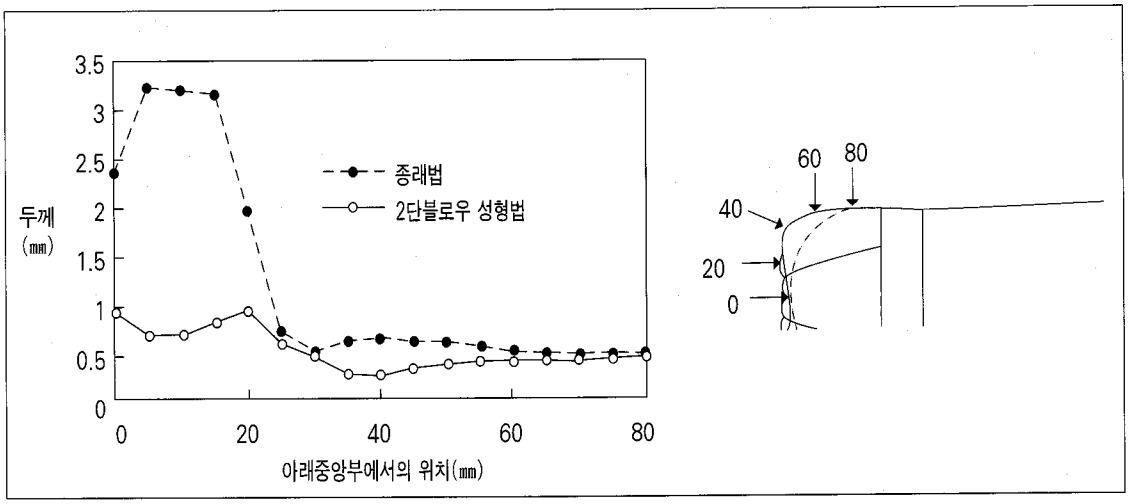
2피스보틀은 제조프로세스가 복잡하고, 또 리사이클링에도 문제가 있기 때문에 1995년부터 1피스보틀이 상시되었다.

그 중의 하나는 고내열수지를 PET에 블렌드한 타입이며 또 하나는 재료에는 호모PET를 사용해 통상의 내열보틀에서 하부를 두껍게 한 타

〔그림 7〕 2단 블로우 성형 프로세스



〔그림 8〕 2단 블로우법 보틀과 종래법 보틀의 아랫부분 두께의 비교



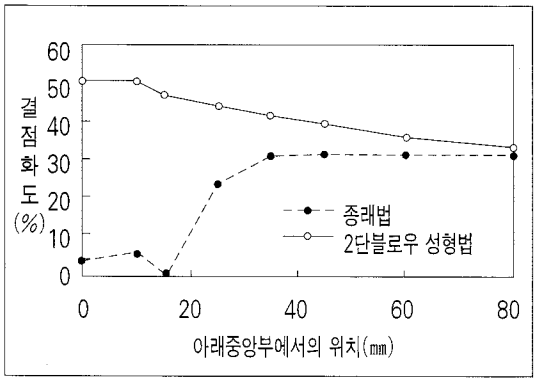
입이다.

후자 타입의 하부는 자립성을 갖게 하기 위해, 열에 의한 형상변형을 미리 고려해 발의 높이를 통상의 것보다 높게 한 5개의 다리형상이 채용되고 있다.

그러나 하부의 중심부는 미연신이기 때문에 흡습하면 유리전이점이 저하되고 내열온도가 저하해 살균시에 하부의 백링이 생기는 경우가 있다.

이 때문에 빈 보틀보관의 습도관리가 필요하

〔그림 9〕 2단 블로우법 보틀과 종래법 보틀의 아랫부분 결정화도의 비교



〔표 3〕 1.5 l 내열압 보틀의 특성비교

종류 / 종목	2피스보틀	1피스보틀	
		종래법	2단블로우법
보틀	48+13(베이스컵)	61	52
낙하테스트	120㎝OK	70㎝OK	120㎝OK
ESCR	양	약	양
흡습내성	0.7wt%OK	0.4wt%OK	0.7wt%OK
내열압성	70℃, 40분, 2.6G. V.	65℃, 40분, 2.6G. V.	75℃, 40분, 2.6G. V.

다. 이런 문제를 해결하기 위해 하부를 충분히 연신해 높인 새로운 내열압보틀의 형성법이 개발되었다.

(2) 2단 블로우성형법

새로운 타입의 1피스 내열압 PET보틀의 설계 컨셉은 보틀의 하부를 충분히 연신해 효율적인 열처리에 의해 결정화도를 높이는 것으로 이를 실현시키기 위해 〔그림 7〕에 나타낸 바와 같이 2단블로우성형법이 개발되었다.

이 프로세스에서는 口部결정화되어 블로우 성형온도에 가열된 프리폼은 우선 처음에 제 1단째의 금형내에서 1차 블로우되며 이 금형의 하부형상은 최종 형상보다 크게 설계되고 있다.

다음으로 하부를 세라믹히터(원적외선)로 가열해 결정화시킨다.

이 결과 하부는 수축하지만 그것을 제 2단째의 금형에 삽입해 2차 블로우하고 6개의 발 최종형상이 된다.

이 2단블로우성형법에 의해 하부의 충분한 연신과 열처리가 가능하게 되며 하부의 박육화가 달성되고 있다.

〔그림 8〕 및 〔그림 9〕에 이 2단블로우법 보틀과 종래법 보틀의 하부의 두께 및 결정화도의 비교를 각각 나타냈다.

2단블로우성형된 보틀에서는 얇고 균일하며, 결정화도가 높은 하부를 얻을 수 있다.

하부가 6개의 발로 이루어진 것은 하부가 경량화되었기 때문이며 빈보틀의 충전라인에서의 자립안정성을 높이기 위한 것이다.

〔표 3〕에 3종의 내열압 PET보틀의 특성 비교를 나타냈다.

2단 블로우성형법보틀에서는 2피스보틀 정도의 흡습에 대한 내성이 있으며, 2피스보틀 이상의 내열압성이 달성되고 있다.

이상과 같이 2단블로우성형프로세스에 의해 하부의 박육화가 달성된 보틀이 현재 내열압 PET보틀로서 실용되고 있지만 통상의 내열 PET보틀의 성형에도 응용이 가능하다.

또 1차블로우 후의 힛세트를 측벽부까지 행해 2차블로우하는 것에 의해 보틀 전체를 박육화하는 성형법에도 발전시키는 것이 가능하다고 생각한다. ko