



순환형포장 'PET BOTTLE RACK' 개발

Development of Returnable Packaging : PET Bottle Rack

— 成石木 / (주)리코 MFP 사업본부 제2설계센터

1. 서론

이미 자사상품의 일부로 채용되고 폐기물 절감 효과를 올리고 있는 순환형 포장이지만 300kg을 넘는 대형제품에는 아직 전개가 되지 않았다.

대형제품용 순환형 포장개발에 이르러, 골판지 상자나 발포수지 완충재로 바뀌어 반복사용에 있어서 내구성이 높은 완충재가 필요하였다.

대형 복사기에 요구되는 수송 품질의 확보가 가능하고 3R 중에서도 CO₂ 발생을 억제하는 효과가 높은 리유즈를 전제로 한 운용이 가능한 완충성능을 가지는 소재로서 PET BOTTLE에 착안, 환경부하절감을 도모하는 것을 제1목적으로 하였다. 또 대형복사기의 설치에 있어서 작업성을 향상시키기 위해서 스포프 기능을 탑재하여 적은 사람이라도 용이하게, 또 안전하게 작업할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하여, 이 순환형 포장 'PET BOTTLE RACK' 을 개발하였다.

완충재로 사용하는 PET BOTTLE은 자사 공장에서 배출된 것을 재사용(Reuse)하는 것으로 재자원화(Recycle)시에 발생하는 CO₂를 제로

로 하여 환경 부하를 절감하고 있다. 또 종래 채용하고 있었던 골판지 포장에 비해 폐기물을 97% 이상 절감하여 연간 10톤의 CO₂ 배출량을 절감할 전망이다. PET BOTTLE은 20회 이상 반복 사용할 수 있는 내구성을 가질 뿐만 아니라 발포수지 완충재에 비해 1.4배 뛰어난 완충성능을 가져 정밀대형 기계 등의 수송에 적합하다는 것이 확인되었다.

또 제품설계에 있어서 반입성 향상과 작업인수의 절감을 목표로 스포프 기능을 설치하고 있지만, 랙 벽면의 일부를 스포프하는 것으로 부품수를 절감함과 동시에 회수, 보관시의 용적 축소도 고려하여 성스페이스화를 도모하고 있다.

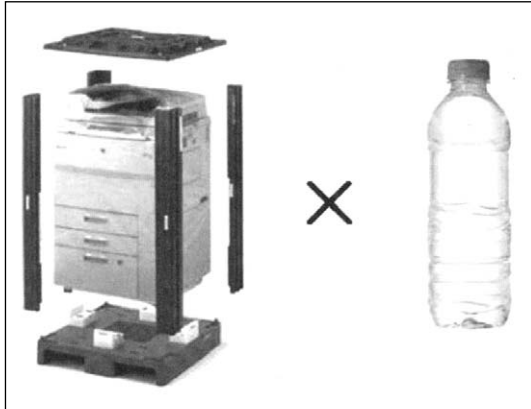
그 결과 종래에 비해 10%의 토탈 코스트 절감을 달성, 환경보전활동과 이익창출활동을 양립시켜 환경경영을 실현하고있다.

1. 개발경위

자사제품의 포장재로서 완충재에 채용된 소재는 그 대부분이 골판지, 혹은 발포수지 완충재



[사진 1] 순환형 포장과 PET병 융합 이미지



(EPS)이지만, 지금까지 도입해 온 순환형 포장에 있어서는 제품강도의 향상, 물류상황의 개선 등에 의해 완충재를 사용하지 않는 수법을 채용해 왔다.

그러나 그 방법을 모든 제품에 다 적용할 수 없어서 순환형 포장으로서 완충 기능의 필요성이 문제로 되었다.

순환형 포장에 완충기능을 채용하는데 문제가

된 내용은 반복사용에 견디는 내구성이 가장 요구되며 특히 중량물에 있어서 그 경향이 뚜렷하였다.

충격 흡수 능력이 뛰어난 방법으로서 공기를 밀봉한 완충재가 많이 알려져 있지만 필름을 사용하는 것과 저 코스트 방식에서는 장기간에 걸쳐 '에어 새는 것' 등의 과제가 있다.

당사에서는 '캡을 장착 상태대로'에서는 용이하게 찌그러뜨리지 않고 회수, 재자원화(Recycle) 할 때에 문제로 되고 있는 점을 거꾸로 이용하여 내구성 문제를 해소할 수 있는 PET병 자체를 완충재로 활용할 수 없을까 하는 점에 착안하였다.

또 각 사의 대형복사기는 수송 및 반입 설제시에 있어서 많은 작업자를 필요로 하기 때문에 안전하고 동시에 소수의 작업자로 납품 가능한 기능을 겸비한 점을 새로운 순환형 포장에 포함시킬 것을 고려하였다.

- PET 병을 재사용(Reuse)하여 종래의 순환형 포장과 융합시킨다(사진 1).

[사진 2] 랙에서 완충재 배치



[표 1] 적재 대상물의 제원

적재대상 기계	
명칭	고속 디지털 모노크롬 복합기 (imagio MP9000/1100/1350)
사이즈(mm)	870×858.5×1,149※
질량(kg)	305

※ 출하 시 본체만, 동공포된 조작 판넬은 포함하지 않는다.

[표 2] 순환형 포장의 제원

순환형 포장	
명칭	PET BOTTLE RACK
사이즈(mm)	1,118×1,166×1,619 ※ 출하시 1,118×1,134×704 ※ 회수시
질량(kg)	132.5
재질	테두리 : 스틸 제품적재부 : PP+PS
완충재	PET병(하단부 : 89본/측면부 : 45본)
기타	랙싱 벨트(PP+스티)

- 수송 및 반입 설치시에 작업성 개선을 제공할 뿐만 아니라, 현재의 골판지 포장 이하의 코스트로 억제, 코스트 절감을 동시에 고려하여 환경보전활동과 이익창출 활동을 양립하는 환경경영의 관점에서 개발하게 되었다.

밑면에 놓여진 PET병은 수직 방향으로부터의 충격에 대해 기능하고 제품의 측면 각부에 배치된 L형 케이스(사진 2)에 수납되는 PET병은 수평방향으로부터의 충격에 대해 완충 기능을 발휘한다.

3. 검증항목

PET병 RACK 개발 시 설계컨셉인 이하 4가지 점을 구현화하기 위한 검증방법에 관하여 나타낸다.

〈설계컨셉〉

- PET병의 완충 성능과 내구성의 파악(수송 과정의 제품품질보증)
- 환경부하 절감
- 제품 설치 및 회수시의 작업성 향상
- PET병 RACK 도입에 의한 채산성 향상

3-1. PET병의 완충성능과 내구성 파악

1) PET 병 단체의 완충 특성

쿠션데스터를 사용하여 PET병의 완충능력을 파악하기 위해 PET병 단체에서의 완충특성 확인

2) 수평 충격 시험기를 사용한 완충특성시험

출하시의 형태에 있어서 화물끼리의 충돌이나 트럭위에서의 부하(급브레이크, 급발진 등)를 예상한 수평방향의 충격에 대해서 상품이 견디는가를 사용한 완충특성 시험

3) 수직 낙하충격 시험기를 사용한 완충특성 시험

출하시 형태에 대해 포크리프트 운반시에 있어서 밀면 착지시의 충격이나 트럭 하대의 돌기 등을 예상한 수직 방향의 충격에 대해서 상품이 견디는가를 확인하기 위한 완충특성 시험

4) 내구 진동시험과 충격시험

반복사용에 견디기 위해 4만km 상당의 주행상태 재현과 최저 20회 이상 반복을 예상해서 수평충격시험 및 수직낙하 충격 시험

3-2. 환경부하절감

1) 골판지포장에서 PET BOTTLE RACK으로 바꾸는 것에 의한 재질별 포장재의 절감량 비교

2) 골판지 포장에서 PET BOTTLE RACK으로 바꾸는 것에 의한 CO₂ 절감량 산출



[표 3] PET병 단체 완충 특성

충격속도조건	낙하높이 10cm 속도변화 1.4(m/s) 추 3~5kg / PET병 1개당
응답가속도	20G※ (1g=9.8m/s ²)
최대 외곡량	6(mm)

※ 가속도 평균치

3-3. 제품 설치 및 회수시의 작업성 향상

- 1) 제품 반입시의 작업을 예상한 하약 작업시의 작업 단수 비교
- 2) 회수시의 용적 축소화에 의한 회수 비용 비교

3-4. PET BOTTLE RACK 도입 체산성 향상

PET BOTTLE RACK의 상각기간을 4년으로 향 종래의 골판지 포장의 코스트를 비교한다.

4. 결과

4-1. PET병 완충성능과 내구성 파악

- 1) PET병 단체의 완충특성
쿠션테스터를 사용하여 측정한 완충특성을

[표 3]에 나타낸다. 응답가속도 20G의 값은 완충재로서 널리 사용되는 발포수지 완충재와 비교해도 뒤떨어지는 것이 아니다. 또 이 수치는 몇 회 연속 낙하 후에도 성능이 저하되는 경향을 볼 수 있었다.

2) 수평 충격 시험기의 완충 특성 시험

3) 수직 낙하 충격 시험기의 완충 특성 시험
PET병 완충재를 탑재한 포장사양과 종래의 EPS가 사용된 골판지 포장과의 비교를 한 결과를 [표 4]에 나타낸다.

발포수지 완충재의 평균 충격 흡수율이 약 53%에 대해서 PET병 완충재는 92%로 뛰어난 완충능력을 발휘한다.

4) 내구진동시험과 충격 시험

반복사용에 필요한 내구성능의 확인조건과 결과를 [표 5]에 나타낸다.

최저 20회의 수송사용(4만km 상당)을 보증하기 위해서 그 1.5배의 규격으로 되는 30회의 가속도 시험(6만km 상당)을 한 결과, 락 본체 및 PET병 완충재에 문제가 없다는 것을 확인하였다. 마찬가지로 수직 수평 방향에서의 반복 충

[표 4] 충격시험(낙하, 수평충격)

포장사양/완충재	G (1G=9.8m/s ²)				
	밀면	우면	좌면	전면	후면
충격입력가속도					
	79.6	54.33	52.26	53.36	50.84
Peack 응답가속도					
PET병	8.15	5.3	4.09	3.99	1.81
EPS(발포배울 20배)	27.11	8.53	45.98	33.23	19.48
충격흡수율					
PET병	90%	90%	92%	92%	96%
EPS(발포배울 20배)	66%	85%	12%	38%	62%

[표 5] 내구시험(낙하, 수평충격)

내구파동시험	
파동조건	수직방향 (z) 0.71(RMSG) 수평방향(x/y) 0.51(RMSG)
시험시간	x/y/z 각3방향×15min×30회
PET병 외관	이상
원충특성	변화
내구충격시험	
충격속도변화	수직방향(z) 0.99 (m/s) 수평방향 (x/y) 1.4 (m/s)
회수 형태	z방향×40회, x/y 각 4측면×10회 출하상태 및 회수상태
PET병 외관	이상 없음
원충특성	변화 없음

격에도 랙 및 PET병 완충재에 충격 성능 저하는 보이지 않는다.

4-2. 환경부하 절감

1) 골판지포장에서 PET BOTTLE RACK으로 바꾸는 것에 의한 재질 병 포장재의 질감량

[표 6] 재질별 배출량 비교

재질구성 (kg/합)	골판지포장		PET BOTTLE RACK	
	부품질량	배출부품질량	부품질량	배출부품질량
종이골판지	30.6	30.6	-	-
EPS 발포수지	1.4	1.4	-	-
PE수지	0.8	0.8	0.8	0.8
PP수지	0.1	0.1	4.8	0
PET수지	-	-	4.2	0
PP+PE수지	-	-	27.2	0
철재	-	-	95	0
기타(벨트)	-	-	0.8	0
부품재질 합계	32.9kg	32.9kg	132kg	0.8kg

※ 절감량 비율 : $100 - (0.8 \div 32.9 \times 100) = 97.56\%$

비교

PET병 RACK을 구성하는 재질별 질량과 도입 이전의 골판지 포장 재질별 재료사용량을 비교하여 재질별 배출량의 절감효과를 [표 6]에 나타낸다.

폐기 쓰레기는 복사기를 싸는 PE봉지만으로 되어 배출량의 질량비교에서는 97% 이상의 절감으로 되었다.

2) 골판지 포장에서 PET BOTTLE RACK으로 바꾸는 것에 의한 CO₂ 절감량 산출
전술한 재질별 폐기 절감량에서 CO₂ 절감량을 구한 것이 [표 7]이다.

금회 PET BOTTLE RACK에 사용한 PET병은 대상제품을 생산하는 공장에서 사원이 마신 뒤의 것을 회수하여 재사용(Reuse) 한 것이다.

계산상으로는 생산 예상대수 2,000대로 비교했을 경우에 약 40톤의 CO₂ 절감이 가능해졌다.



[표 7] CO₂ 배출량 절감

CO ₂ 배출대상재료	원단위	질량(kg/대)	생산계획(대)	CO ₂ (kg)
1. 골판지로부터 대체	6.367E-01	30.6	2,000	38,966
2. 발포수지(EPS)로부터 대체	2.157E+00	1.4	2,000	6,040
3. 병 50병에 의한 절감량	8.790E-02	4.2	2,000	738
폐기절감에 의한 CO ₂ 절감 합계				45,744kg

※ 원단위 : 에코리프LCI 공통 원단위에 의한다

[표 8] 회수시 용적 축소화에 의한 회수 비용 비교

수송중량	수송거리(km)			
	50	100	250	500
출하사이즈	7,100	7,800	10,600	14,800
회수사이즈	2,800	3,000	3,900	5,200
용적중량비차액	△4,300	△4,800	△6,700	△9,600

※ 노선혼재 타리프 표(표준운임표)에서 산출

〈계산식〉
 원단위(原單位) × 재생재질량(kg) × 생산수(대) = CO₂ 배출량(kg)

4-3. 제품설치나 회수 작업성의 향상

1) 제품반입시의 작업을 예상한 하역 작업시의 작업원수 비교

종래의 골판지 포장에서는 질량 305kg 제품을 4인이 들어올려 하역 작업을 하고 있으며 작업성이나 안전성을 고려하여 PET BOTTLE RACK 측면 일부에 스포프기능을 만드는 것으로 한 사람만으로 하역 작업을 가능하게 하였다(사진 3).

실제로 한 사람이 납품하는 일은 없지만, 중량물을 드는 것에 의한 작업자의 부담을 경감시키는데 성공을 하고 있다.

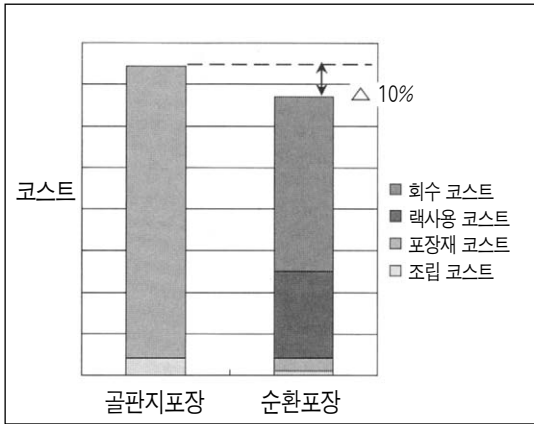
2) 회수 시의 용적 축소화에 의한 회수 비용 비교

반입수의 PET BOTTLE RACK은 생산공장으로 회수하여 재사용하지만 전측면을 접어 출하시 체적의 약 1/3정도로 축소가 가능하여

[사진 3] 스포프기능 탑재



[그림 1] 코스트내역과 절감 효과



회수 비용을 절감시키며 용적 축소하지 않는 경우의 용적 중량비와의 비교를 [표 8]에 나타낸다.

4-4. PET BOTTLE RACK 생산성 향상

대폭적으로 절감된 포장재료비로 바꾸어 회수 운송 코스트, 부품삼각코스트가 증가하였지만 [그림 1]에 나타내는 바와 같이 골판지 포장과 비교하여 토탈로 약 10%의 코스트 절감을 할 수 있었다.

그리고 PET BOTTLE RACK을 투입하기에 이르러서 그 투자회수는 종래 포장재의 코스트로 비교하였다.

그러나 PET BOTTLE RACK의 외곽을 구성하고 있는 재질은 스틸이기 때문에 내구성에 관해서는 반영적이라고 할 수 있으므로 삼각 기간을 장기화하면 도입이 용이하나 너무 길은 기간을 설정하면 투자 회수에 시간이 걸린다는 점에서 4년으로 설정하고 있다.

II. 결론

전술한 결과에 나타난 대로, 4가지 컨셉을 구현화한 순환형 포장 PET BOTTLE RACK을 개발하는 것에 의해 환경보전활동과 이익창출 활동을 양립하는 환경경영을 실현시킬 수가 있었다.

일반적으로 재자원화(Recycle)을 전제로 하여 널리 이용되는 PET병이지만 재자원화의 과정에 있어서는 많은 CO₂가 발생하기 때문에 이것을 재사용하는 것에 의한 CO₂ 배출량의 절감 및 종래포장에서 사용하는 고갈 자원인 발포수지 완충재의 폐기에 의한 CO₂ 배출량의 절감 등에 의해서 지구 환경 부하의 절감에 크게 공헌할 뿐만 아니라 지금까지 사용하던 EPS 보다도 좋은 상태에서 대형 복사기의 수송 품질확보가 가능해졌다.

그리고 스로프 기능 탑재에 의해 설치 작업시의 작업성 향상과 작업자의 부하경감도 도모할 수가 있었다.

금후 이 PET BOTTLE RACK의 도입에 의해 얻어지는 환경 보전활동의 각종 효과를 확대하기 위해서는 사용 기종의 적용을 확대할 필요가 있다.

뿐만 아니라 환경경영을 실천하기 위해서는 이익창출활동의 점에서 포장재의 순환기간 단축, 회수시 용적 축소화 등 순환형 포장을 도입할 때에 새롭게 발생하는 비용에 관해 충분한 검토를 하지 않으면 오히려 비용이 더욱 발생한다는 문제점에 대해서 이 문제를 어떻게 클리어하는 가가 순환형 포장을 성공시키는 열쇠라고 할 수 있다. [ko]