



스티로폼 재활용시스템 개발과 전개

Development of EPS Recycling System

加藤 哲也 · 中嶋 弘 · 岡村 和樹 / HITACHI화학공업(주) 발포성형재료사업부

I. 서론

대표적인 포장재인 스티로폼(EPS)의 2004년의 재활용비율은 69%로, 이 안에 자원재활용(Material Recycle)율은 재생수지시장이 활발하여 일본내사업소에서 회수율 향상에 의해 41%로 높은 수준이다.

그러나 포장재를 포장재로 돌리는 'EPS 포장재 to EPS 포장재'의 자원재활용은 아주 한정된 부분에 불과하다. 이 원인은 이하의 3가지로 집약되어진다.

EPS 포장재는 용적이 넓어서 가열 등에 의해 감용(減容)처리를 하여 회수폴리스티렌(회수PS)로 하는 것이 일반적이지만, 회수PS를 EPS로 재활용할 때에 ① 감용처리에 의한 물성의 저하와 ② 이물(異物)의 혼입방지를 경제적으로 할 수 있는 기술개발이 불충분했다는 것에 덧붙여 ③ 회수PS의 발생장소는 일본 내이지만 유저가 해외로 생산거점을 옮긴 것에 대응이 가능한 국제적인 재활용시스템구축이 늦어져 있었기 때문이었다.

거기서 HITACHI화학에서는 Canon(주), Nissin공업(주)의 협력을 얻어, 과제 ①, ②에 대해서는 기존의 기술로는 적용이 곤란했었던 EPS에서의 회수PS를 원료로 하는 재활용 EPS 시스템을 개발하여 2년 전부터 RECYEPS®로서 국내에서의 판매를 개시했다.

그것에 이어서 금년부터는 ③의 대응으로서 세계 제2위의 EPS 공급체인 LOYAL 그룹과 공동으로 아시아지구 일본계기업을 주축으로 한 '재활용시스템의 시험적용'을 시작하였기에 그 개론에 대하여 보고를 하겠다.

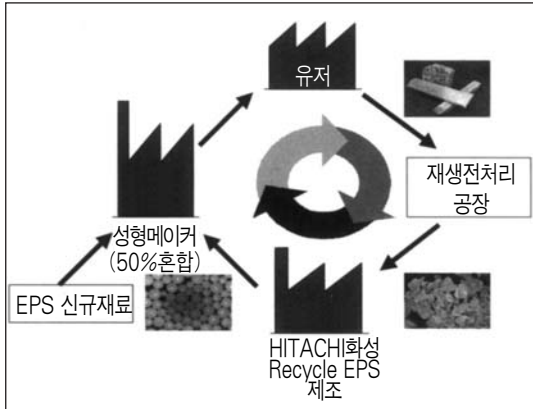
1. 재활용 EPS 개발

1-1. EPS 재활용시스템 개요

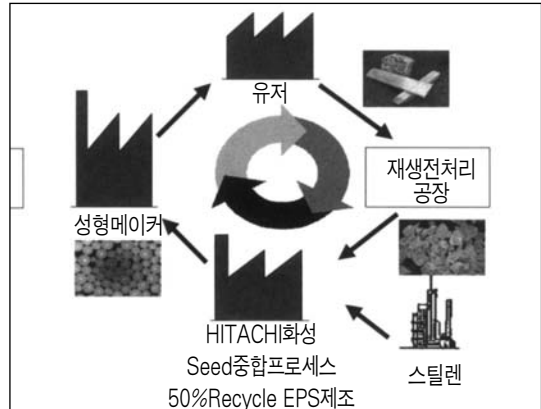
당사에서는 1998년에 RECYEPS®개발에 기초가 된 재활용 EPS의 공업생산을 개시했다(제1차 재활용 EPS 개발품). 그 기술의 개요를(그림 1-a)에 나타냈다.

제1차 개발품은 100%재활용EPS와 통상EPS를 성형공장에서 반반씩 혼합하는 방법을

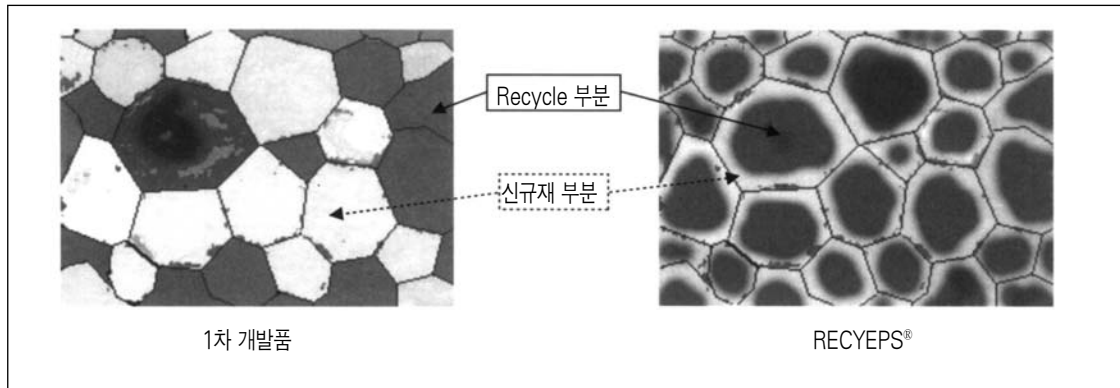
(그림 1-a) 제1차개발품의 공정도



(그림 1-b) RECYEPS® 공정도



(그림 2) 재활용 EPS포장재 단면모델



채용했으나, 포장재로서의 여러 물성이 통상의 EPS에 비해 떨어졌다는 것이나, 회수PS의 품질에 따라 포장재 품질이 크게 변동하는 등, 공업적으로 안정된 재활용 EPS의 공급이 곤란했었다.

거기서 당사에서는 앞서 말한 제1차 개발품의 양산화에서 얻은 기초기술을 바탕으로 원료가 되는 회수PS의 품질변동을 흡수하고, 재활용 EPS를 포장재로 사용했을 때 통상 EPS와 동등한 품질을 실현가능한 '제2차 재활용EPS의

개발'에 착수하여 RECYEPS®로서 실용화 하였다(그림 1-b).

이 차이를 분명하게 하기위해 도면2에 제1차 개발품과 RECYEPS®의 성형품단면모델을 기재하였다.

이와 같이 제1차 개발품은 통상EPS와 재활용재의 발포수지입자의 혼합이기 때문에 포장재 안에 재활용 EPS와 통상 EPS가 혼존(混存)한 것으로 되어있다.

한편 RECYEPS®는 개개의 발포입자 1개의



[표 1] RECYEPS®의 성상과 포장재 물성

항목		단위	RECYEPS®		통상 EPS	제1차 개발품	
			NEW-R-S	NEW-SS			
성상	평균입자경	mm	1.4	1.0	0.9	1.6	
	휘발성분	발포제	wt%	5.5~6.0	5.5~6.0	6.5	6.5
		styrene 등		<0.1	<1.0	0.3~0.5	0.3~0.5
		수분		1.0~2.0		<1.0	1.0~2.0
	발포속도	(50ml/g)	(s)	120	130	100	100
	최대발포배수(포장재)		(ml/g)	60	55	60	40~50
	성형Cycle	(50ml/g)	(%)	85	75	100	100
	성형폼두께	(최소치)	(mm)	20	15	15	25
포장재 물성	발포배수(폼위축정치)		(ml/g)	50	50	50	50
	압축강도	5%	(MPa)	0.13	0.13	0.13	0.11
		25%		0.18	0.18	0.18	0.17
		50%		0.30	0.30	0.30	0.29
	휨강도		(MPa)	0.32	0.32	0.34	0.24
	압축Creep	0.03MPa	(%)	0.7	0.7	0.7	0.7
0.05MPa			1.3	1.3	1.3	1.4	

주) 압축통상재는 HITACHI화성, 일본 표준재료의 특성치

[표 2] 감용방법의 차이에 의한 회수PS 분자량

감용방식	사용이후 감용 전 EPS의 Mw	회수PS의 Mw	분자량저하의 도합(%)
가열로감용	30	17~19	40
마찰감용	30	24~26	17
용제감용	30	24~26	17

주)(Mw*10⁴) : 중량평균분자량

안에서 중심부가 회수PS이며, 신규재료수지라는 특징을 갖고 있다.

2-2. RECYEPS® 물성과 특징

[표 1]에 통상EPS, 제1차 개발품, RECYEPS®(제2차 개발품)의 성상과 포장재로서의 물성비료를 나타내었다.

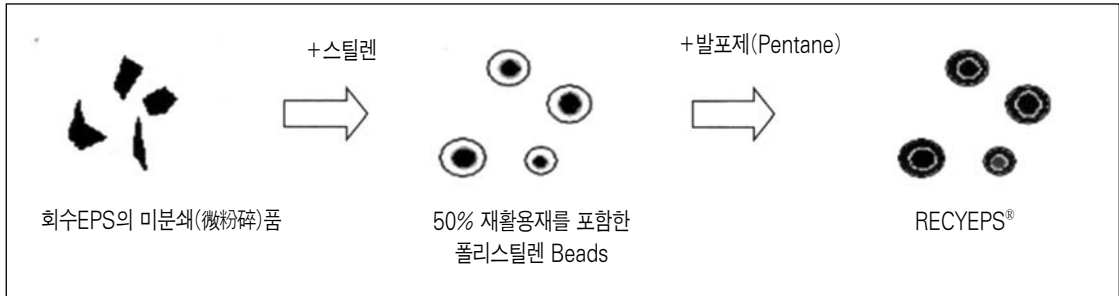
RECYEPS®는 30%에서 60%의 범위에서

회수PS를 폭넓게 사용가능하지만, [표 1]에서는 일본 내에서 생산하고 있는 대표적인 사용인 50% 자원재활용품의 특성을 나타내었다.

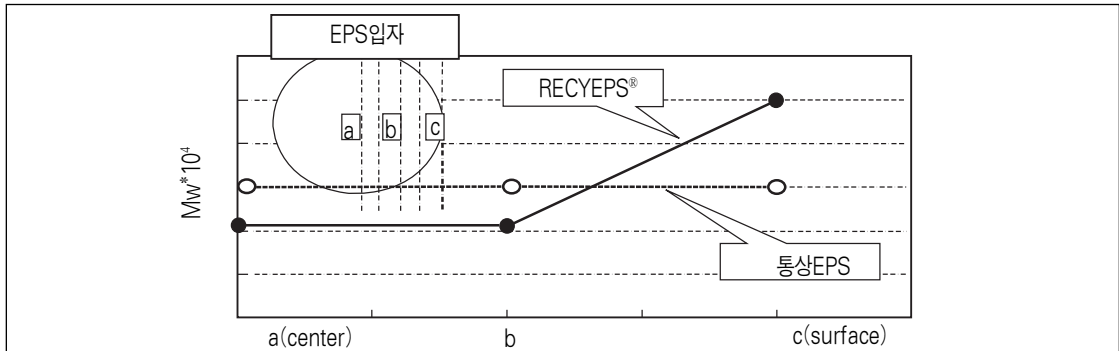
RECYEPS®는 30%에서 60%의 범위에서 회수PS를 폭넓게 사용이 가능하다.

그러나 [표 1]에서는 일본 내에서 생산하고 있는 대표적인 사용률인 50%자원재활용품의 특성을 나타냈다.

[그림 3] 시트중압에 의한 재활용 EPS 제조 개략



[그림 4] 재활용 ESP입자의 층별 중량 평균분자량



RECYEPS®는 자원재활용품인 것에 추가하여 다음과 같은 것들이 가능했다.

- ① 포장재로서 요구되는 물성의 안전성을 갖고 있는 것
- ② 스티렌 등의 휘발성분을 대폭 저감시킨 것
- ③ 제조단계(소재제조, 성형)에서의 탄화수소

의 비산저감을 시도한 것의 특징이 있었다. 따라서 '친환경 포장재'로 하는 것이 가능했었다.

1-3. RECYEPS®제조 기술과제와 해결책

스티로폼은 그 98%가 공기로 완충성이나 단열성이 우수한 소재인 반면, 폐기물이 되면 용

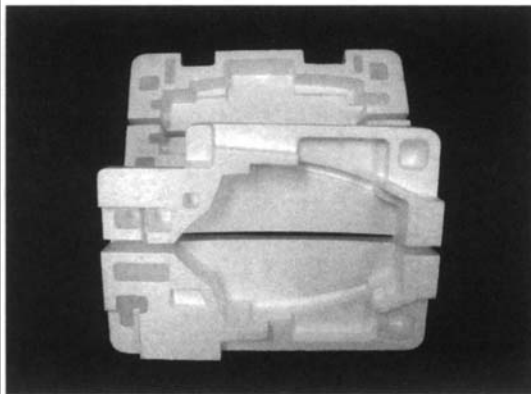
[표 3] 원재료 회수PS의 차이가 RECYEPS®의 평균분자량에 미치는 영향

원재료회수PS		Seed 중합에서 얻어지는 RECYEPS®입자의 층별 Mw		
감용방법	Mw	중심층	표피층	입자전체
가열로감용	17	21	50	36
마찰감용	24	23	50	37
용제감용	25	25	50	37

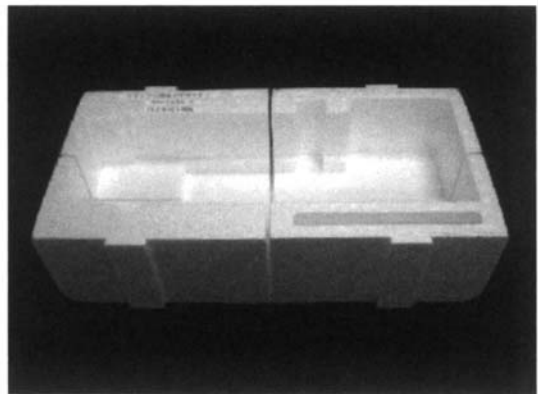
주)Mw:(*10⁴)



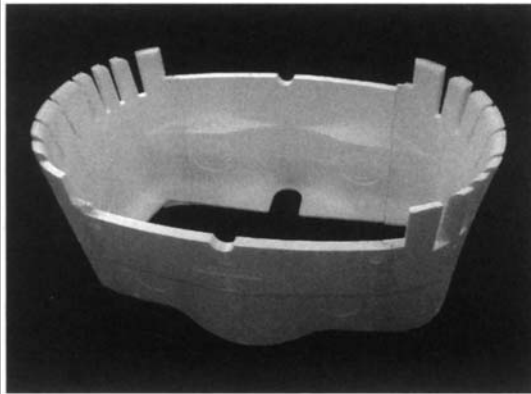
[사진 1] 사용 사례



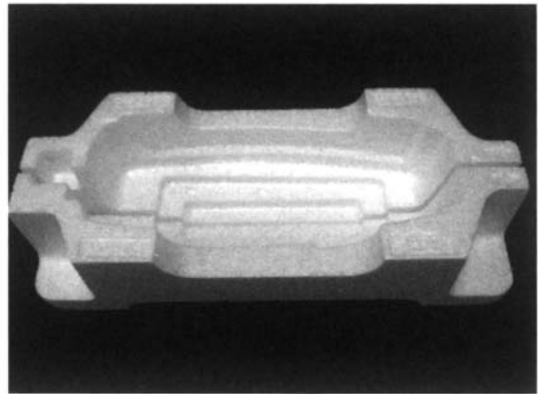
(프린터 포장재)



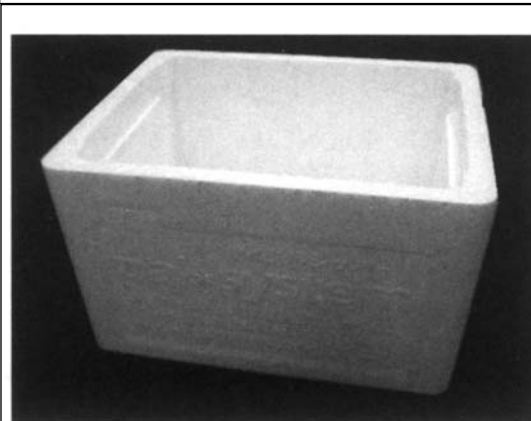
(복사기 포장재)



(목조 보존재)



(온풍히터 포장재)



(SEIKYO 보냉(保冷)상자)

적을 차지하기 때문에 귀찮은 존재가 된다.

그 이유로 스티로폼폐기물은 발생장소에서 가열처리 등에 의해 감용되는 것이 일반적인 것이다.

그러나 감용방법은 공통화 되어있지 않아 회수PS의 품위나 형상은 종류가 다양하다. 주요 감용방식의 차이가 회수PS의 성상에 끼치는 영향을 [표 2]에 나타냈다.

[표 1]에 나타낸 제1차 개발품의 물성과 품질

안전성의 저하는 감용공정에서의 분자량저하와 이것에 따라 일어나는 내열성저하에 기인하는 것에서 원료가 되는 재활용 PS의 분자량의 차이가 있어도 통상 EPS와 동등하거나 이상으로 물성치를 높이는 것이 기술적인 문제였었다.

재활용 EPS의 분자량을 높이는 수단으로는 압출기 등에서 신규재료의 고분자량 PS를 조제하는 것이 생각되된다.

그러나 이 방법으로는 회수PS 품질변동의 영향을 없애기 위해서 재활용률이 30% 미만인 되어, 본래의 목적을 따르지 않게 되는 것 뿐 아니라 코스트 면에서 불리하게 되지 않을 수가 없었다.

거기서 RECYEPS®의 개발에 있어서는 고분자량화와 형상의 구상(球狀)화를 동시에 또한 경제적으로 하기위한 방법으로 회수 EPS의 가열감용품을 분쇄한 칩을 핵입자로 하여, 스티렌의 현탁(懸濁) 및 시트중합법에 의해 재활용 EPS를 제조하는 방법을 적용하였다.

[그림 3]에 그 중합공정의 개략을 표시하였다. 재활용 EPS의 특성을 확인하기 위해 구상(球狀)입자를 중심에서 표층에 걸쳐 3분할 한 경우의 중량평균분자량(Mw)변화를 [그림 4]에 표시하였다.

중심층(a)과 중간층(b)는 $M_w = 20 \times 10^4$ 인 것에 대하여, 최표층(最表層)(c)은 $M_w = 50 \times 10^4$ 를 넘고 있으며, 명확하게 분자량이 틀린 폴리머의 복합체인 것을 알 수 있다.

시트의 중압에 의해 새롭게 생성된 표피층의 고분자량 폴리머는 중심부에 존재하는 재활용재인 저분자량물의 품질변동을 흡수하는 것뿐만 아니라 입자의 내열성을 향상시켜 공업재료

로서 요구되는 물성유지를 하는 움직임에 갖고 있다.

[표 3]에서는 감용방법의 다른 회수PS를 원료로 한 재활용 EPS의 특성을 나타냈다.

이번에 발표한 중합법에 있어서는 원료가 되는 회수PS의 Mw가 변동하여도, 시트중합에 의해 얻어지는 폴리머Mw표피층고분자량PS에 의해 입자 전체에는 거의 차이가 없어지게 된다.

그런 이유로 재활용 EPS에서는 회수PS의 감용방법의 차이에 의한 품질변동도 적어지게 되어, 성형성이나 성형품 물성은 종래의 통상 EPS와 크게 차이가 생기게 되어, 공업적으로 안정된 포장재의 생산이 가능하게 되었다.

덧붙여 기술적인 상체에 대해서는 제52회 네트워킹폴리머 강연토론회 요지집이나, 제10회 AMEPS 기술포럼자료에 나타내었다.

2. 공급체제구축과 전개

일본 내에 있어서는 [그림 5]에 표시한 취지에 따라, 이미 '포장재 to 포장재'는 실용화 되어 있으며, 일본 내 사업소에 EPS 감용설비를 갖추고 이 시스템에 따라 재활용을 실시하고 있던 곳도 있다.

한편, 많은 일본계 기업에서 '중국 및 동남아시아지역'은 가전품이나 사무기의 공급기지가 되어 있으며, 다른 완충포장재에 비하여 뛰어난 완충성능과 코스트의 균형이 뛰어난 EPS가 표준화설계가 가능한 포장재로서 채용되고 있다.

그렇기 때문에 더욱 친환경적인 재활용 EPS를 보급시키기 위해서는 세계적으로 공급체제



를 구축할 필요가 있다.

거기서 당사에서는 '중국 및 동남아시아지구'에서의 공급체제구축을 모색한 결과, 그 제1단계로서 세계 제2위의 EPS 공급처인 LOYAL 그룹과 공동으로 아시아지구 일본계기업을 주 대상으로 한 '재활용시스템의 시험운용'을 개시하였다.

2-1. 재활용시스템 시험운용

이번에 시험적으로 운용을 개시한 재활용 EPS 시스템의 개략을 [그림 4]에 표시하였다.

이 시스템에서는 다음과 같은 것을 기본으로 한다.

- ① 일본 내에서 발생한 회수PS를 자원으로 한다.
- ② 동아시아 지구에서 이것을 원료로 하여 앞서 말한 시트중합을 하여 재활용 EPS를 제조하게 된다.
- ③ 중국 및 동남아시아 지구에 있는 유저 부근의 성형메이커에서 포장재를 제조한 후에 일본을 포함한 세계 각지에 제품이 공급되는 시스템이다.

2-2. 재활용 EPS시스템 확대 과제

이번에 시험운용을 개시한 재활용시스템은 재활용 EPS를 세계적인 표준 포장재로 만들기 위한 첫걸음이다.

시험운용을 통해 얻은 지식을 바탕으로 새로운 기술개선을 꾀하고, 코스트의 감소를 이루어, 가공비를 줄인 재활용공장의 건설할 필요가 있다.

당사에서는 RECYEPS®를 더욱 빨리 세계표

준의 포장재료로 하기 위하여 더욱 광범위하게 일본내외의 기업들과 협력관계구축을 추진해 나갈 것이다.

II. 결론

대표적인 포장재인 스티로폼(EPS)의 '포장재 to 포장재'를 가능하게 한 재활용EPS의 개발을 하여 RECYEPS®를 시장에 선보이게 되었다.

이번에 개발한 EPS 재활용기술은 회수 PS를 원료로 하여 그 미분쇄물(微粉碎物)을 핵으로 하여 현탁계에서 시트중합을 하는 것으로 재활용 EPS를 얻는 것이다.

언어진 재활용 EPS는 '공업적으로 안정된 품위'와 '환경과 국제화를 배려한 제품설계'를 만족시키는 제품이다. 또한 유저의 해외이전의 대응으로서 '재활용시스템의 시험운용'도 맞춰서 개시를 하였다.

앞으로 재활용 EPS가 일본내외의 유저에게 있어서 표준적인 포장재로서 활용이 가능한 체제를 구축해 나아갈 계획이다. ☐

기술원고를 모집합니다.

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

편집실 : (02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net