

Development of T2T and rCPET Tray

# T2T와 rCPET 트레이의 개발

海正顯 / 우츠미리사이클시스템즈(주) 대표이사

## I. 서론

플라스틱자원순환법에 트레이가 대응을 하기 위해서는 소재의 모노 머티어리얼(mono material)화가 필수이다. single use plastic에서 food grade PCR(post consumer resin)이 세계 규모로 리사이클되고 있는 것은 PET수지뿐이다.

APET 트레이의 장점은 내열성이지만, CPET 트레이는 200°C까지의 내열성을 제공할 수 있다. Tray to Tray의 실증설비(1만 톤)가 2022년 말에 미에현 가메야마에 완성, APET 트레이 · CPET 트레이의 제조가 가능하다.

rAPET 트레이 · rCPET 트레이는 자원순환법의 제품 설계에 도움이 되는 콘셉트로, 회수된 PET트레이는 T2T 설비로 다시 PET 트레이로 순환할 수 있는 법의 콘셉트에 따른 것이다.

트레이 고객은 rPET 트레이를 도입하는 것을 제품 설계에 넣을 수 있고, 회수되면 'T2T로 순환한다' 라고 선언할 수 있다.

## II. PET보틀의 상황

1997년부터 PET보틀의 회수가 본격적으로 시작, 벌써 반세기가 지났다. 행정 · 관련 업계의 노력에 의해 회수율이 해마다 상승하고 있고, 아마도 수년 후에는 오랫동안 과제였던 해외에 대한 유출도 실질적으로 이뤄져 이른바 순환형 recycle이 PET보틀에서 거의 완성될 것으로 보인다.

이것은 B2B로 대표되는 브랜드를 둘러싼 고부가가치를 기대할 수 있는 recycle의 구조가 만들어진다는 것을 의미한다.

### III. 플라스틱 트레이의 현상

PET보틀의 배출규모는 음료·조미료를 포함해 약 70만 톤으로 추산된다. 플라스틱 트레이 배출규모는 대략 85만 톤 전후로 추계되는데, 규모가 상당하지만 보틀과 같은 높은 회수율에는 못 미친다.

플라스틱 원순환법은 이미 4월 1일부터 시행되었고, 세계적으로도 EPR(확대생산자책임)법이 시행되기 시작했다. 이러한 시대의 변화를 파악하고 플라스틱 트레이의 현실적 순환형 리사이클 시스템의 구축을 목표로 해야 한다.

### IV. 모노머티어리얼화의 제언

#### 1. 수지의 용도

트레이에는 PET 이외에 OPS, HIPS, PSP, PP, PLA, PVC, PP/Eval 등의 복합재 등 다종다양한 소재가 사용되고 있다. 각각의 수지는 특성이 다르므로 목적에 따라 나눠서 사용하고 있다.

- ① 상온 용도 vs 내열 용도
- ② 가스배리어의 필요
- ③ 투명성 vs 비 투명
- ④ BIO vs 비 BIO
- ⑤ 발포 vs 비 발포
- ⑥ 리사이클 적성 vs 부적성

현실에 다양한 종류의 수지 트레이가 존재하면 실질적으로 경제성을 기대할 수 있는 순환형 리사이클 Tray to Tray(T2T)를 추진하는 것은 어렵다.

정말로 순환형 리사이클을 추진하려면 수지 수를 제한할 필요가 있다.

그래서 저자는 이미 세계적 대량의 순환형 리사이클 <Bottle to Bottle>(B2B라고 칭한다)의 실적이 있는 PET수지에 모노머티어리얼화하는 것을 제창하는 것이다.

#### 2. 선별의 현실

PET, OPS, PLA, PVC 등의 투명계 수지는 모두 비중이 물보다 크기 때문에 간편하고 확실한 선별법인 부유(浮遊) 선별에 의한 분별이 불가능하다. 또한 모두 투명하기 때문에 눈으로 선별하는 것도 어렵다.

광학 선별에 의한 선별은 이론적으로는 가능하지만, 대량 투입하면 반드시 수 %정도 미스 쇼트가 발생한다.

투입 트레이가 비정형이거나 겹쳐있을 경우의 판정의 어려움, 큰 찌에 의해 정확한 판정의 불가능 등으로 투입단계에 일정 이상의 순도가 없으면(필자의 경험으로 말하면 적어도 80% 이상, 선호하는 것은 90%) 다음 공정에서 건드릴 수 있는 순도가 높은 소재를 확보하는 것이 불가능하다.

### 3. 리사이클 실적

전 세계에서 PET보트에 공급되는 PET수지는 약 3,000만 톤, 회수·리사이클되고 있는 수량은 약 1,000만 톤으로 알기 쉬운 실적이 있다.

일본에서는 행정 회수가 약 32만 톤, 민간 회수가 약 35만 톤으로 회수실적이 90%를 넘는 세계 최고수준의 회수를 실현하고 있다. 이처럼 대량 회수가 가능한 배경에는 PET보틀 자체가 PET수지로 모노 머티어리얼화되는 것도 있다.

### 4. 안전성 확보

(1) 식품 또는 기타 위험성이 없는 것에 사용되고 있는 포장재료를 회수해 이물질 제거 세척해 오염을 없애고, 그것이 200℃ 이상의 가열공정을 거쳐 다시 포장재로 태어나는 것은 플라스틱자원순환법의 시행에 의해 결코 유예하지 못할 상황이 되었다.

※ 모노 머티어리얼(mono material)의 함정

모든 것을 모노 머티어리얼화 하면 리사이클에 모두 좋을 것이라 말할 수 있는 것은 아니다.

예컨대 PET보틀은 본체는 PET수지, 캡은 폴리에틸렌수지, 라벨은 OPS수지 또는 rPET수지의 필름이다.

조합하면,

	보틀	캡	라벨	비고
[1]	PET	PET	PET	
[2]	PET	PET	OPS	현상
[3]	PET	PET	PO	현상
[4]	PET	PO	PET	
[5]	PET	PO	OPS	
[6]	PET	PO	PO	

이론적으로는 6가지가 있다고 생각할 수 있다. 베스트는 모노 머티어리얼의 [1]일까? 리사이클 경험 측에서 말하면, [1]은 모노 머티어리얼화의 궁극이라고 말할 수 있지만 실제로는 리사이클러(recycler)에게 있어서는 더욱 대응이 어려운 조합이 된다.

캡으로 해도 라벨로 해도 모두 착색 또는 인쇄되고 있다. 투명한 PET에서부터 이들 착색된 PET플레이크, 인쇄된 PET필름을 분리·배제할 필요가 있다. 비용이 저렴하고 분리정밀도가 높은 부유선별이 가장 신뢰도 높은 분리기술이지만, 그 부유선별에 의한 분리가 불가능해진다. 그러한 배경에서부터 착색, 인쇄를 전제로 한 캡, 라벨을 PET화하는 것은 재생업의 저해요인이 된다.

만약 모두를 PET화 하면, 플레이크에는 1,000ppm을 넘는 유색 PET가 투명 PET 안에 혼재하게 될 것이다. 그로 인해 PET 플레이크의 가치는 크게 저하한다.

그러면 [5]의 라벨 OPS는 어떠할까? 실제로는 PS라기보다 PS 엘라스토머라고 하는 쪽이 맞을 것이다. PS의 비중은 1.05, 이 비중이라면 가라앉지 않을 것이다.

현실은 어떨까? OPS라벨은 수면에 떠오르기도, 물속에도 다수 존재하고, 물 바닥에도 잠겨있다. 세밀하게 분쇄된 라벨에는 공기방울이 부착하고 있는 경우가 많아 물 위로 떠오르거나 물 속을 떠돌며 주소 불안정이 된다.

하이테크기술로 OPS를 분리할 수는 없을까? 그러면 OPS 단재(端材)는 폐기물로 처분할 수밖에 없다. OPS라벨이 순수한 PS가 아니라 PS 엘라스토머이기 때문이다.

리사이클러에게 있어서 베스트 조합은 [6]이 된다. 올레핀은 확실히 부유선별로 부상하고 그 결과 PET플레이크의 순수성은 확실히 담보할 수 있다.

또 다른 장점은 올레핀 단재를 유가 처리할 수 있다는 것이다. 그로 인해 리사이클러의 수익성이 향상하고 그것은 PET플레이크의 시장 가격의 경쟁력 향상으로 이어진다.

무엇보다도 waste free의 리사이클사업을 실현할 수 있게 돼 사회적 인지를 얻는 것으로 이어진다.

저자는 표면적 모노 머티어리얼화는 바람직하다고 생각하지 않는다. 진짜 리사이클을 목표로 해야한다는 의미에서도 [6]의 조합을 음료업계가 도모하기를 기대한다.

PET보틀에서부터 착색 PET 부자재를 배제하는 것으로 리사이클러의 경영이 크게 개선될 수 있다.

(2) 이것이 만인이 안심하고 사용할 수 있게 하기 위해서는 나름의 기준이 필요하다. 역사적으로는 미국의 FDA가 정한 NOL(Non Objection Letter) 방식에서 정한 대리오염법에 의한 안전확인이 세계 최초의 가이드라인이라고 말할 수 있다.

30년 이상 전에 설정된 방법으로, 회수과정에서 어떠한 오염이 있었는지를 세세하게

알 수는 없다. 그러나 극미한 오염, 예컨대 농약·살충제·기계기름 등에 노출되지 않았다는 것을 부정하는 것은 불가능하다.

1990년 미국에서는 PET보틀 소비가 극한으로 증가해 주 정부의 청소행정이 PET보틀 폐기물로 마비되는 사태가 발생했다. 복수의 주 정부가 PET보틀을 리사이클하지 않으면 판매 중지를 하겠다는 움직임까지 나왔기 때문에 FDA가 관여하게 되었다.

FDA가 처음으로 인가를 한 것은 오늘날 말하는 케미컬 리사이클(chemical recycle)이다. 시기는 1990년경으로, 당시 PET수지 기업은 Eastman, Goodyear, Hoechst, Shell, ICI 등으로 메타노시리즈법 또는 글리코시리즈법의 케미컬 리사이클 PET수지를 긴급 피난적으로 제조하고 있었다. 매우 고비용이었지만, 25% 첨가로 끝낸 것이나 수지 비즈니스 자체가 고수익이었기 때문에 실현할 수 있었던 것으로 추측한다.

그 후 Jonson Control사가 세계 최초로 메커니컬 리사이클에 의한 rPET수지 제조법을 개발, 그것을 FDA가 1996년경에 NOL 발행했다.

그 설비는 Plastipak/프랑스의 보누공장에서 역할을 끝내고 지금은 보관되고 있다. 이 방법이 지금으로 말하면 B2B이다.

### (3) B2B란?

FDA가 정한 대리오염시험에 의해 안전성 확인이 가능한 설비에 의한 rPET수지의 것을 관용적으로 B2B라고 말한다.

FDA가 과거 30년간 통계 데이터를 바탕으로 설정한 역치(0.5ppb)가 전제가 된다. 식품과 함께 섭취할 수 있는 위험물질이 하루 0.5ppb이하이면, 인간에게 암이 발생할 확률이 100만 명에 1명 이하라는 데이터가 있었다.

그 전제를 기본으로 FDA는 대리오염시험을 요구한다.

#### ① 대리오염물질의 선정 예

극성·휘발물질 : 클로로포름, 클로로벤젠, 트리클로로에탄, 디에틸케톤

비극성·휘발성 물질 : 톨루엔

극성·비휘발성 물질 : 벤조페논, 실리실산 메틸

비극성·비휘발성 물질 : 테트라코산, 스테아린산 메틸, 페닐시클로hex산, 1-페닐시클로hex산

중금속 또는 그 대체품 : 동(II) 2-에틸헥사노에이트

#### ② 농도의 선정

최악의 오염 시 농도뿐만 아니라 착수 평균에 해당하는 농도도 고려한다.

최저농도의 예

대리오염물질	농도
클로로포름	10v/v%
톨루엔	10v/v%
벤조피논	1v/v%
테트라코산	10w/w%
동(II) 2-에틸헥사노에이트	10w/w%

## ③ 오염시간 · 온도

40℃ × 2주간

## ④ 적합성의 판단

재생공정의 충분한 세척효율을 판단하는 기준으로써는 대리오염물질별로 권장용출한 도값은 10ppb. 재질 중 허용량으로써는 PET 220ppb이하.

## ⑤ 허용량의 산출방법

전제

용기 두께 : 0.5mm

용기/식품접촉 비율 : 1.55gr/cm<sup>2</sup>PET 밀도 : 1.4g/cm<sup>3</sup>(중량과 면적의 비율은 70×10<sup>-3</sup>/cm<sup>2</sup>)

식품 1g에 대한 용기 중량

 $(70 \times 10^{-3} \text{g-용기/cm}^2) / (1.55 \text{g-식품/cm}^2) = 0.445 \text{g-용기/g-식품}$ 

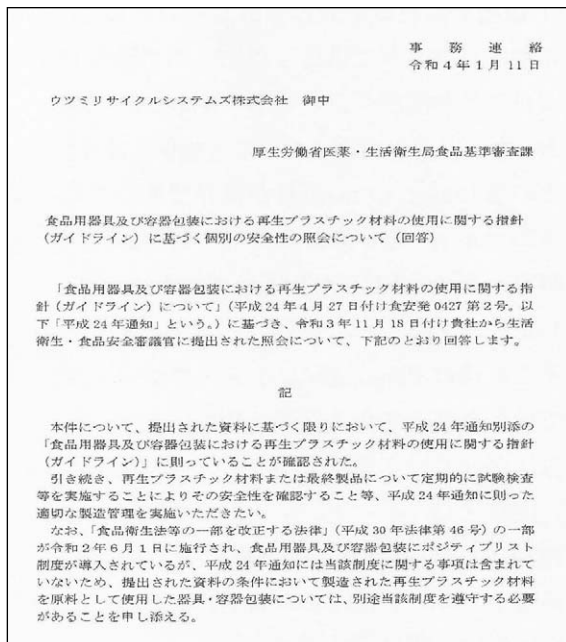
재생용기 1g당 식품 중 오염물질허용량

 $(1 \times 10^{-8} \text{오염물질/g 식품}) / (0.445 \text{g-용기/g-식품}) = 2.2 \times 10^{-7} \text{오염물질/g-용기} = 220 \text{ppb}$ 

이상의 대리오염시험을 거쳐 케미컬 리사이클을 하지 않아도 세척공정을 거쳐 얻은 rPET 소재를 대리오염시험에서 제염 기능이 인정된 설비로 제염을 하는 것에 의해 안전성이 담보된 rPET소재를 얻는 것이 가능하다.

⑥ 일본에서도 2012년 4월에 후생노동성에서부터 시작되었다. 대리오염시험을 마친 사업자가

## [그림 1]



[표 1] TESCO Preferred Materials

Red - Exit (poor for recycling and/or potentially harmful)	Amber - Hold (until infrastructure and/or scientific developments take place)	Green - Preferred (easily recycled, can have high recycled content)
PVC & Polystyrene	Home compostable E.g. Cellulose, Mater-bi & Natureflex	Sustainably sourced Wood, Board, Paper & Glassine
Oxy degradable materials	OPP - Oriented polypropylene	PET - Polyethylene terephthalate
Rigid Water soluble plastics	PP - Polypropylene (for certain food applications)	Glass
PLA - Polylactic acid	Complex laminates/multi-layer films	PP - Polypropylene (non food)
Industrial compostable	PVdC (Not PVC)	HDPE & LDPE
Polycarbonate	New materials	PE - Polyethylene (preferred material for flexible film)
Acrylic		Steel & Aluminium
* Black Plastics		

\* Black plastic refers to all dark coloured plastics that are non-detectable in recycling plants

Version: B04  
Date: 080419

**TESCO**

후생노동  
성에 조희  
하는 것이  
가능하고,  
2022년 1  
월 일본  
처음으로  
그 조희에  
대해 적합  
이라는 응  
답서가 나  
왔다(그

림 1)].

이미 음료업계에서는 FDA의 인정기와 대리오염시험의 결과를 확인한 다음에 대규모 rPET의 도입이 추진되고 있었는데, 후생노동성의 조희에 의한 적합 확인은 지금까지 거의 추진하지 못했던 rPET의 식품 직접 접촉 트레이에 대한 기본적인 적용이 추진될 수 있는 계기가 될 것이라 생각된다.

또한 이 적합 확인은 총 4개사에 통보된 것이라 필자는 이해하고 있다. 2012년에는 국가에 대한 조희작업을 하고, 10년의 세월을 거쳐 적합인증이 이뤄졌다. 이것은 Food grade의 사회적 인지가 얼마나 어려운지를 여실히 나타낸 것이라 생각한다.

#### (4) 해외의 PET에 대한 모노 머티어리얼화의 상황

##### ① TESCO의 예

EU의 포장업계 단체인 Petcore가 2018년 업계 차원에서 모노 머티어리얼화를 합의했다. 이를 바탕으로 대형 슈퍼마켓은 그 가이드라인을 거래처에 제시하고 모노 머티어리얼화를 위해 노력하고 있다. 영국의 슈퍼마켓인 TESCO가 2019년 4월 HP에 제시한 가이드라인은 [표 1]과 같다.

PVC, PS, PLA, 산소분해수지 등을 2019년 말까지 매장에서 철거할 것을 명기, 그것을 실행한 것이다.

##### ② 2020년 PET의 리사이클 실적

다음에 petcore가 최근 발표한 2020년 PET수지의 소비 · 회수 실적을 살펴보도록 한다.

총 소비 510만 톤에 대해 PET보틀 회수가 223만 톤, PET트레이 회수가 이미 21만 톤에 달하고 있다. 이것은 PET트레이의 모노 머티어리얼화가 진행되고 있다는 것을 명확히 나타내는 증거라고 할 수 있다.

(A) 용도별 PET수지 소비량

2020년 용도	수량	비율
보틀 음료	3,295	64%
보틀 비 음료	323	6%
시트	1,017	20%
필름	355	7%
기타	131	3%
합계	5,121	

(B) 리사이클 공급 개요

공급	2018년	2020년
투입능력	2,161	2,804
투입실적 보틀	1,819	2,229
트레이	53	208
소계	1,872	2,437
생산실적 고 IV	1,083	1,318
저 IV	264	385
소계	1,347	1,703
비율	72%	70%

(C) 리사이클 용도별 소비량

PCR용도	PCR 첨가	전 소비	PCR율
보틀 음료	514		
비음료	92		
소계	606	3,618	17%
시트	529	1,017	52%
리지드 패키징 총계	1,135	4,635	24%
스트랩핑	125		
수출	19		
기타	39		
섬유	385		
총계	1,703		

③ 프랑스가 4월 14일 WTO에 PS·PP의 single use plastic제품의 판매를 금지하겠다고 통보했다. 그 개요는 발포 또는 압출 플라스틱제의 특정 single use plastic 식품용기



를 금지하는 법령 No.

NO : TREP2207857D

관계자 : 경제활동의 목적으로 특정 single use plastic제품을 유료 또는 무료로 공급, 사용, 배포 또는 이용 가능한 자연인 또는 법인.

주제 : 전체적으로 또는 부분적으로 압출 폴리스틸렌, 발포 또는 압출 폴리프로필렌으로 구성되고, 매장 또는 테이크아웃의 소비를 목적으로 한 single use plastic 식품용기의 제공 금지.

발효 : 법령은 2022년 7월 1일 발효한다. 또한 2022년 12월 31일까지 재고를 처분하도록 규정된다.

국가 차원에서 PET에 대한 모노 머티어리얼화를 권장하는 조치라고 말할 수 있다.

#### ④ Ellen MacArthur Foundation (EMF)의 활동

2018년 1월의 다보스회의에서 세계 TOP 브랜드 11개사가 2025년까지 single use plastic 제품에 관해

A. Reuse에 대한 전환

B. Renewable에 대한 전환

C. 어떻게 해도 플라스틱이 없으면 안 된다는 PCR(post consumer resin) 비율을 25% 이상으로 한다는 3가지 대원칙을 발표했다.

11개사의 single use plastic 제품의 연간 배출수량은 600만 톤으로 매우 규모가 커서 실현 불가능한 약속으로 보이는 것이 사실이다. 그러나 발표 후에 전 세계에서 마이크로 플라스틱 문제가 돌연 부상하고, 플라스틱 폐기물 문제가 SDGs를 저해하는 요인으로써 명확히 인식되면서 흐름이 바뀌고 있다.

당초 11개사였던 참여자가 2019년에는 250개사, 2020년에 400개사, 2021년 말에는 1,000개사로 늘어났다.

EMF는 각 지역에 Plastic Pact를 조직하고, 개별 기업의 활동이 아니라 기업 간 상호 감시를 하면서 모두 함께 single use plastic제품의 삭감을 도모하는 것을 추진한 결과, 1,000개사가 넘는 글로벌 대형 브랜드가 참여하는 결과를 만들었다. 나오고 있다.

US Plastic Pact

Anzas Plastic Pact (호주와 뉴질랜드)

Canada Plastic Pact

Africa Plastic Pact

2018년 1월의 다보스회의 발표 후에 EU회의가 single use plastic제품에 대해 PCR 비율을 25% 이상으로 합의했다.

같은 해에 G7에서는 SUP를 삭감하는 내용의 환경선언에 일본과 미국만이 사인하지 않았다. 일본의 경우, 아베 정권에 대한 비판이 커지며 이듬해 G7에서 결국 일본도 사인을 했다. 그리고 지난 4월 1일부터 플라스틱 자원순환법이 시행되기에 이르렀다.

EU에서는 가맹 각국이 EU Directive를 2025년까지 실행에 옮기는 것을 요구하고 있지만, 독일은 2025년까지 기다리지 않고 올해부터 시행에 나섰다. PCR 비율 30%, 미달인 경우에는 벌금 0.45유로/kg이라고 한다.

스페인, 이탈리아, 영국도 2022년 내에 또는 2023년부터 시행할 것이라고 한다.

미국의 캘리포니아주는 올해 1월부터 플라스틱보틀에 대한 PCR 비율 15%이상의 규제가 시작되었다. 미달인 경우에는 0.20/파운드의 벌칙이 발생하고, 이 결과 지난해 중반 이후 PP보틀, PE보틀의 회수품 가격이 PET보틀을 상회하는 고가치가 되고 있다.

이처럼 EMF는 단기간에 세계 브랜드를 조직화해 각국의 SUP 규제법안의 시행으로도 이어지는 성과를 만드는 것에 성공했다.

#### <CPET의 필요성과 T2T>

EU가 가열차게 모노 머티어리얼화를 추진하는 것은 CPET 트레이 때문이다. 보통 APET 트레이가 유리전이점(Tg) 70℃ 전후가 되면, 연화가 시작해 열탕을 사용하는 용도에는 부적합하다. 따라서 전자레인지로 100℃ 이상 내열성이 필요한 용도에는 사용 불가이다. 이 분야는 PP 또는 내열 OPS가 사용되고 있다.

이들은 내열포장재로써 기능적으로 훌륭한 수지이지만, single use plastic제품의 리사이클이라는 점에서는 이미 1,000만 톤의 single use plastic제품이 리사이클되고 있는 PET수지에 미치지 못할 수준이다. 국가의 가이드라인을 통과하는 것은 PET수지뿐이기 때문에 지금까지 PET제품이 사용되지 못한 분야(예컨대 내열분야)에서도 PET포장재(rCPET트레이)가 사용될 가능성이 있다.

따라서 폐 PET포장재를 인수해 Tray to Tray(T2T)를 실현해야만 한다. 올해 연말에 수입능력 1만 톤의 설비가 미에현 가메야마시에 설치될 예정으로, 효율적 운용이 필요하다.

#### <rPET 원료가 고갈할지도 모르는 현실>

##### ① PET보틀

PET보틀의 소비는 연간 약 70만 톤(음료 60 수만 톤, 조미료 약 7만 톤)으로 큰 수량은 아니다. PET 리사이클의 전개와 함께 대기업이 다수 진출하고 있다. 특히 Food grade에 특화된 기업의 증설에는 놀라운 것이 있다.

## 2023년 말 예측 투입능력

	총 능력	21년 이후 증설	
엔도이시즈카	275	225	
교에이산업 G	125	60	미에의 교에이 J&T 포함
도요타통상	50	50	
미츠비시상사	50	50	
미츠이물산	50	50	Circular PET
에프피코	75		NPR 포함
URS	75	25	
소계	700	460	

먼저 꺼려하는 설비가 가동 중인 것을 양해해주길 바란다. 이들 기업은 Food grade 제조를 염두에 B2B를 중심으로 한 보틀 조달을 위한 것이다. 저렴하기 때문에 recycle PET를 사용하도록 하는 시대는 종말을 맞았다고 말할 수 있다.

### ② PET트레이 업계의 원료 확보의 필요성

2021년 시점에서 회수된 PET보틀의 최대 용도는 PET트레이(PET시트로 성형)로 보틀 투입량 환산 20만 톤 정도이다. 놀랍게도 대부분은 Food grade를 제조하는 기업에 흡수된 것으로 추정된다.

플라스틱 트레이 전체를 둘러보면 수지의 소비규모는 80만 톤을 넘을 것으로 보인다.

PET	35만 톤
PS	35만 톤
PP	10만 톤
기타	5만 톤
합계	85만 톤

PET보틀업계의 PET 소비량보다도 트레이의 수지 소비량이 상회하고 있다.

트레이를 모노 머티어리얼화하는 것에 의해 거대한 rPET시장이 창설되는 것으로 이어진다. 또한 그것은 바꿔말하면 트레이업계가 자기 부담으로 rPET 원료를 확보할 수 있는 가능성이 있다는 것으로 이어진다.

앞으로 수년간 PET보틀 유래의 rPET 원료의 대부분이 B2B용으로 사용될지 모른다. 이것을 미리 파악해 관련 업계가 주체가 돼 트레이의 모노 머티어리얼화(CPET 트레이의 도입을 축으로), 트레이의 대규모 회수의 2점을 세트로 해 추진할 필요가 있다. 