

# Tray to Tray (T2T) とrCPETトレイ

ウツミリサイクルシステムズ株式会社  
代表取締役 内 海 正 顯  
M. Utsumi

## はじめに

プラスチック資源循環法にトレイが対応をするためには、素材のモノマテ化は必須です。single use plastic から food grade PCR (post consumer resin) が世界規模で recycle されているのは PET 樹脂のみです。

APET トレイの泣き所は耐熱性ですが、CPET トレイは200°Cまでの耐熱性を提供できます。Tray to Trayの実証設備（1万トン）が2022年末に三重県亀山に完成、APET トレイ・CPET トレイの受け皿ができます。

rAPET トレイ・rCPET トレイは、資源循環法の製品設計に直ちに役立つコンセプトであり、かつ回収されたPET トレイはT2T 設備で再び PET トレイとして循環できる法のコンセプトに沿うものです。

トレイ顧客は rPET トレイを導入することを製品設計でうたうことができ、回収されれば「T2T で循環をします。」という宣言がされることになります。

## 1. PET ボトルの状況

1997年から PET ボトルの回収が本格的に始まってから、ほぼ四半世紀になろうとして

います。行政・関連業界の努力により回収率は年々上昇しており、おそらく数年後には長年の課題であった海外への流出も実質的になくなり、いわゆる循環型 recycle が PET ボトルにおいてほぼ完成形に近づいているということができるでしょう。

これはB2Bに代表されるブランドを巻き込んだ高付加価値が期待できる recycle の仕組みができつつあることを意味します。

## 2. プラスチックトレイの現状

PET ボトルの排出規模は飲料・調味料を合わせて約70万トンと推計されますが、プラスチックトレイは排出規模としてはおそらく85万トン前後あると推計される規模がありますがボトルのような高い回収率は実現できません。

プラスチック資源循環法はすでに4月1日から施行されており、世界的にも EPR (拡大生産者責任) 法の施行が始まっています。

このような時代の変化を鑑み、プラスチックトレイの現実的な循環型 recycle システムの構築を目指むものであります。

## 3. モノマテリアル化の提言

### 3-1 樹脂の用途

トレイにはPET以外にOPS, HIPS, PSP, PP, PLA, PVC, PP/Eval等の複合材など多種多様な素材が使われています。それぞれの樹脂は特性が違うことから、目的に応じて使い分けられています。

- ① 常温用途 vs 耐熱用途
- ② ガスバリアーの要否
- ③ 透明性 vs 非透明
- ④ BIO vs 非 BIO
- ⑤ 発泡 vs 非発泡
- ⑥ recycle 適性 vs 不適性

さて、現実にさまざまな種類の樹脂trayが存在しますと、実質的に経済性が期待できる循環型 recycle Tray to Tray (T2T) を進めることは困難です。

本当に循環型 recycle を進めるのであれば、樹脂数を制限する必要があります。

ここで著者としてはすでに世界的に大量の循環型 recycle 〈Bottle to Bottle〉 (B2Bと称されます) の実績がある PET 樹脂にモノマテリアル化することを提唱するものです。

### 3-2 選別の現実

PET, OPS, PLA, PVCなどの透明系の樹脂はいずれも比重が水よりも大きいために、簡便で確実な選別法である浮遊選別による分別は不可です。またすべて透明であることから目視による選別も困難です。

光学選別による選別は理論的には可能ですが、大量投入すると必ず数%程度のミスショットが発生します。業界用語では友連れ（あるいは共連れ）と称される現象です。

投入トレイが不定形であること、重なりがあった場合の判定の揺れ、大きなシールにより正確な判定ができない等で、投入段階であ

る一定以上の純度がないと（著者の経験でいえば少なくとも80%以上、好みくは90%）次工程で耐えられる純度の高い素材を確保することができません。

### 3-3 recycle の実績

全世界で PET ボトルに供される PET 樹脂は約3,000万トンに対して、回収・recycle されている数量は約1,000万トンとすでに分かりやすい実績があります。

日本においては行政回収が約32万トン、民間回収が約35万トンと回収実績は90%を超える世界最高水準の回収を実現しています。

大量回収ができている背景には PET ボトルそのものが PET 樹脂にモノマテ化されているからこそであるといつても過言ではないと考えます。

### 3-4 安全性の担保

1) 食品あるいはその他危険性のないものに使われていた包装材料を回収して異物を除去洗浄をして汚れを落とし、それが200°C以上の加熱工程を経て再び包材として生まれ代わることについては、プラスチック資源循環法の施行により待ったなしの状況です。

#### \*モノマテ化の落とし穴

すべてをモノマテ化すれば recycle にすべてよしということではないことがあります。

PETボトルの例を引きますと、現状のボトル本体は PET 樹脂、キャップはポリオレフィン樹脂、ラベルはOPS樹脂あるいはrPET 樹脂のフィルムです。

組み合わせとしては、

	ボトル	キャップ	ラベル	備考
[1]	PET	PET	PET	
[2]	PET	PET	OPS	
[3]	PET	PET	PO	

[4]	PET	PO	PET	現状
[5]	PET	PO	OPS	現状
[6]	PET	PO	PO	

理論的には6通りが考えられます。

ベストはモノマテの[1]でしょうか?

recyclerの経験則からいえば[1]はモノマテ化の究極といえますが実はrecyclerにとってはもっとも対応が難しい組み合わせとなります。

キャップにしても、ラベルにしてもすべて着色あるいは印刷されています。

透明のPETからこれら着色されたPETフレーク、印刷されたPETフィルムを分離・排除する必要があります。

コストが安く、分離精度が高い浮遊選別が最も信頼度の高い分離技術ですが、その浮遊選別による分離が不可能となります。

かかる背景から着色、印刷を前提としたキャップ、ラベルをPET化するのは再生業の阻害要因となります。

もしすべてをPET化すれば、フレークには1,000ppmを超える有色PETが透明PET中に混在することとなるでしょう。それでは、PETフレークの価値は大きく下がります。

それでは[5]のラベルOPSはどうなのか? 実際にはPSというよりもPSエラストマーといった方が正しいでしょう。PSの比重は1.05、この比重であれば沈むはずです。

現実はどうか?

OPSラベルは住所不定で水面浮き、水中にも多数存在し、水底にも沈降しています。

細かく粉碎されたラベルには空気の泡が付着していることが多く、浮いたりあるいは中途半端に水中に浮遊しており住所不定となります。

仮に何らかのハイテク技術でOPSが分離で

きたとしましょう。そのOPS端材は廃材として処分をするしかありません。それはOPSラベルが純粋なPSではなく、PSエラストマーであるためです。

recyclerにとってのベストな組み合わせは、おそらく[6]となります。

オレフィンは確実に浮遊選別で浮上し、その結果PETフレークの純粋性は確実に担保できます。

またメリットは、オレフィンの端材は有価処理ができます。これによりrecyclerの収益性は向上し、それがPETフレークの市場価格の競争力を増すことに繋がります。

何よりも、waste Freeのrecycle事業を実現できることになり、社会的な認知を得ることに繋がります。

著者としては、表面的なモノマテ化に囚われず、真のrecycleを目指す意味でも[6]の組み合わせに飲料業界が取組まれることを心から期待をしています。

PETボトルから着色PET部材を排除することで、recyclerの経営が大きく改善します。

2) これが万人に安心をして使って頂くためには、それなりの基準が必要であります。歴史的にはUSAのFDAが定めたNOL(Non Objection Letter)方式で定めた代理汚染法による安全確認が世界で最初のガイドラインといえます。

30年以上前に設定された方法ですが、いくら食品用途に使われていたからといって、回収過程でどのような汚染があったかを知る術はないでしょう。

極端な汚染、例えば農薬・殺虫剤・機械油などに晒されていなかったことを否定することができます。

1990年のUSAではPETボトル消費が急激

に増加して、州政府の管轄する清掃行政がPETボトル廃棄物で溢れる事態となりました。複数の州政府がPETボトルにrecycleを使わないと、販売禁止をするという動きまで出てきたのでFDAが乗り出しました。

FDAが最初に認可をしたのが今でいうchemical recycleです。時期は1990年頃のこと、当時のPET樹脂会社はEastman, Goodyear, Hoechst, Shell, ICIはメタノリシス法あるいはグリコリシス法のchemical recycle PET樹脂を緊急避難的に製造していました。

非常に高コストではあったが、25%添加で済んだことや樹脂ビジネスそのものが高収益であったことから実現したものと推測します。

その後Jonson Control社が世界で初めてのメカニカルrecycleによるrPET樹脂製造法を開発、それをFDAが1996年頃にNOLを発行しました。

その設備はPlastipak/フランスのボース工場で役目を終えて今は保管されています。この方法が今でいうB2Bです。

### 3) B2Bとは

FDAが定めた代理汚染試験により安全性の確認ができた設備によるrPET樹脂のことを慣用的にB2Bと称します。

FDAが過去30年間の統計データをもとに設定した閾値(0.5ppb)が前提となります。食品と共に摂取してしまう危険物質が日量0.5ppb以下であれば、人間が癌発症する確率が100万人に一人以下のデータがあるということです。

その前提に基づきFDAは代理汚染試験を求めます。

### ① 代理汚染物質の選定の例

極性・揮発性物質:クロロホルム、クロロベンゼン、トリクロロエタン、ジエチルケトン

非極性・揮発性物質:トルエン  
極性・不揮発性物質:ベンゾフェノン、サリチル酸メチル

非極性・非不揮発性物質:テトラコサン、ステアリン酸メチル、フェニルシクロヘキサン、1-フェニルシクロヘキサン  
重金属またはその代替品:銅(II)2-エチルヘキサノエート

### ② 濃度の選定

最悪の汚染時の濃度のみならず吸着平衡に達する濃度も考慮する。

### 最低濃度例

代理汚染物質	濃度
クロロホルム	10v/v%
トルエン	10v/v%
ベンゾフェノン	1 v/v%
テトラコサン	1 w/w%
銅(II)2-エチルヘキサノエート	1 w/w%

### ③ 汚染時間・温度

40°C × 2週間

### ④ 適合性の判断

再生工程の充分な洗浄効率を判断する基準としては代理汚染物質ごとに推奨溶出限度値は10ppb。材質中の許容量としてはPET220ppb以下。

### ⑤ 許容量の算出方法

#### 前提

容器厚さ: 0.5mm

容器/食品接触比: 1.55gr/cm<sup>2</sup>

PET密度: 1.4g/cm<sup>3</sup>(重量と面積の比は70×10<sup>-3</sup>/cm<sup>2</sup>)

食品1gに対する容器重量

(70×10<sup>-3</sup>g容器/cm<sup>2</sup>)/(1.55g食品/cm<sup>2</sup>) = 0.445g容器/g食品

再生容器1gあたりの食品中汚染物質許容量(1×10<sup>-8</sup>汚染物質/g食品)/(0.045g容器/

g 食品)

$$= 2.2 \times 10^{-7} \text{ 汚染物質/g 容器} = 220 \text{ ppb}$$

以上の代理汚染試験を経て chemical recycle をしなくとも、洗浄工程を経て得られた rPET 素材を代理汚染試験で除染機能が認定された設備で除染をすることにより、安全性を担保された rPET 素材を得ることができます。

⑥ 日本でも同様の仕組みが平成24年4月に厚労省から発出されています。

代理汚染試験を終えた事業者が厚労省に照会をすることができるよう、2022年1月日本として初めてその照会に対する適合との回答書が示されました(図1)。

すでに飲料業界では、FDAの認定機器と代理汚染試験の結果を確認をした上で大規模な rPET の導入が進んでいますが、今般の厚労省の照会に対する適合確認は、今までほとんど進んでいなかった rPET の食品直接接触トレイへの本格的な採用が進むものと考えられます。

なお、この適合確認は全部で4社に発出されていると筆者は理解しています。

いずれの社も平成24年には国に対する照会作業を実施し、10年の歳月を経て適合確認がなされたわけです。

このことはFood grade の社会的な認知が、いかに困難であるかを如実に示しているものと考えます。

4) 海外の PET へのモノマテ化の状況

① TESCO の例

EU の package 業界団体である Petcore が2018

年に業界としてモノマテ化を合意しました。それに基づいて大手のスーパーはそのガイドラインを仕入先に提示をしてモノマテ化に努力しています。

英国の super の TESCO 社が2019年4月 HP にアップしたガイドラインは以下の通りです(表1)。

PVC, PS, PLA, 酸素分解樹脂などを2019

図1

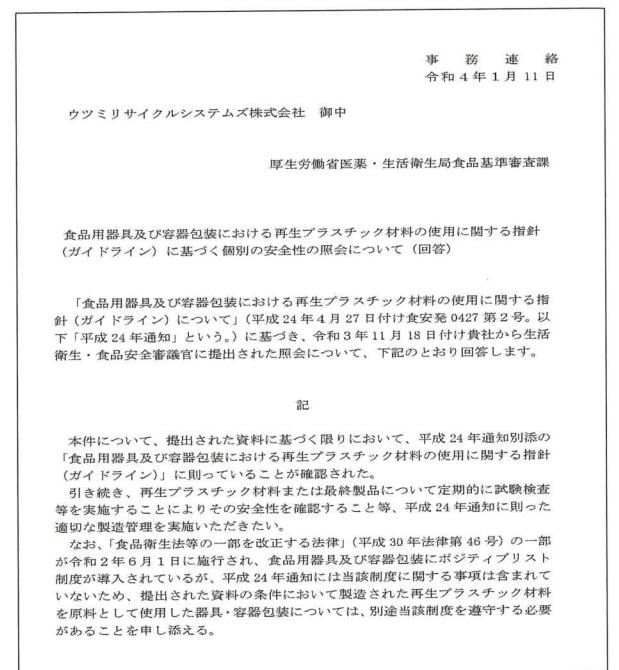


表1

#### Tesco Preferred Materials

Red: Materials that we will remove by the end of 2019 (or by April 2019 for Tesco Partners)  
Amber: Materials that we will either investigate alternatives for, or use only where required  
Green: Materials we will continue to use and use as replacements for the Red List

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

年末までに店頭から撤去を明記、それを実行したことです。

#### ② 2020年の PET の recycle の実績

以下に petcore が最近発表した2020年の PET 樹脂の消費・回収実績。

総消費510万トンに対して PET ボトル回収が223万トン、PET トレイ回収がすでに21万トンに達している。これは PET トレイのモノマテ化が進んでいることを明確に示している証左といえよう。

#### (A) 用途別 PET 樹脂消費量

2020年用途	数量	比率
ボトル 飲料	3,295	64%
ボトル 非飲料	323	6 %
シート	1,017	20%
フィルム	355	7 %
其の他	131	3 %
合計	5,121	

#### (B) recycle 供給概要

供給	2018年	2020年
投入能力	2,161	2,804
投入実績	ボトル トレイ 小計	1,819 53 1,872 2,229 208 2,437
生産実績	高IV 低IV 小計	1,083 264 1,318 385 1,347 1,703
収率	72%	70%

#### (C) recycle 用途別消費量

PCR 用途	PCR 添加	全消費	PCR 率
ボトル 飲料	514		
非飲料	92		
シート	606	3,618	17%
rigid packaging	529	1,017	52%
strapping	1,135	4,635	24%
輸出	125		
他	19		
繊維	39		
総計	385		
	1,703		

③ フランスが4月14日に WTO に PS・PP の single use plastic 製品の販売禁止を通告という大きなニュースが飛び込んできた。その概要は、発泡又は押出プラスチック製の特定シングルユースプラスチック食品容器を禁止する法令 No.

NO : TREP2207857D

関係者：経済活動の目的で、特定のシングルユースプラスチック製品を、有料又は無料で供給、使用、配布、又は利用可能にする自然人又は法人。

主題：全体的に又は部分的に押出ポリスチレン、発泡又は押出ポリプロピレンで構成され、その場又はティクアートの消費を目的としたシングルユースプラスチック食品容器の提供禁止。

発効：法令は2022年7月1日発効する。また、2022年12月31日までに在庫を処分するよう規定される。

詳細は把握していないが、国としてPETへのモノマテ化を推奨しているように思える措置といえる。

④ Ellen MacArthur Foundation (EMF) の活動

2018年1月のダボス会議において世界のTOPブランド11社が2025年までにsingle use plastic 製品について、

A. reuse への切替

B. Renewable への切替

C. どうしてもプラスチックでなければならぬなら PCR (post consumer resin) 比率を25%以上という三つの大原則を発表しました。

11社の single use plastic 製品の年間排出数量が600万トンと非常に大きな規模であるこ

とから、実現不可能な約束にみえたのは事実です。

しかしこの発表後に全世界でマイクロプラスチック問題が突然浮上し、プラスチック廃棄物問題がSDGsを阻害する要因として明確に認識されて現在に至っています。

当初11社であった取組みが、2019年には250社、2020年には400社、2021年末には1,000社のブランドが同様のcommitmentをするに至っています。

EMFは各地域でPlastic Pactを組織し、個別の企業の活動ではなく企業間が互いに監視をしながら全体として、single use plastic製品の削減を図る試みを進めた結果1,000社を超える世界の大手ブランドが参加をする大きな結果を出しています。

US Plastic Pact

Anzas Plastic Pct(豪州とニュージーランド)

Canada Plastic Pact

Africa Plastic Pact

2018年1月のダボス会議の発表の後に、EU議会がsingle use plastic製品に対してPCR比率25%以上に合意。

同年のG7でSUPを削減する内容の環境宣言にサインをしなかった国が日本と米国でしたが、日本国内では安倍政権に批判が集まり、翌年のG7で日本もそれに賛同した経緯があります。その流れが日本で今年4月1日から施行されたプラスチック資源循環法に繋がる訳です。

EUでは加盟各国がこのEU Directiveを2025年までに実行に移すことを求められていますが、2025年を待たずに前倒しでドイツが今年から実行しているとPCR比率30%、未達の場合は罰金€0.45/kg(60円/Kg)と聞いています。

スペイン、イタリア、英国も2022年中あるいは2023年実施と報じられています。

米国のカリフォルニア州は今年1月からプラスチックボトルに対してPCR比率15%以上の規制が始まっています。

未達の場合は€20/ポンドの罰則となり、この結果昨年半ば以降PPボトル、PEボトルの回収品の価格がPETボトルを上回る高値がついています。

このようにEMFは短期間で、世界のブランドを組織化して各国のSUP規制法案の施行についても（そのことは是非ともかく）驚くべき成果をあげているといえるでしょう。  
(CPETの必要性とT2T)

EUがかなりのスピードでモノマテ化を進められているのは、CPETのトレイの存在があります。通常のAPETトレイがガラス転移点(Tg)70°C前後になると、軟化が始まり熱湯を使う用途には不向きです。従って電子レンジで100°C以上の耐熱性が必要な用途には使用不可です。この分野はPP、あるいは耐熱OPSが使われています。

これらは耐熱包材としては機能的には素晴らしい樹脂ですが、single use plastic製品のrecycleという点では、すでに1,000万トンものsingle use plastic製品がrecycleされているPET樹脂には及びません。

国のガイドラインの適合確認を得られているのはPET樹脂のみであることから、今までPET製品が使われていない分野（例えば耐熱分野）でもPET包材(rCPETトレイ)が急速に立ち上がりていく可能性が高くなっていると考えられます。

その結果として廃PET包材の受け皿としてのTray to Tray(T2T)の必要性があるものと考えます。受け皿がなければ、T2Tは単

なるお飾りにすぎません。今年末には受入能力1万トンの実装設備が三重県亀山市に設置されますので、その効率的な運用が求められます。

〈rPET原料がもはや枯渇するかもしれない現実〉

#### ① PETボトル

PETボトル向の消費は年間約70万トン（飲料60数万トン、調味料約7万トン）と大きな数量ではあります。

PET recycleの進展とともに大手企業が多数進出してきています。特にFood gradeに特化した企業の増設には目覚ましいものがあります。

#### 2023年末の予想投入能力

	総能力	21年以降の増設	
遠東石塚	275	225	
協栄産業 G	125	60	三重の協栄J&Tを含む
豊田通商	50	50	
三菱商事	50	50	
三井物産	50	50	Circular PET
エフピコ	75		NPRを含む
URS	75	25	
小計	700	460	

まずもの凄い設備の立上がりが進行中であることをご理解いただけると思います。これらの企業はFood grade製造を念頭にB2Bを中心にボトル調達に向かっていくことになります。もはや、安いからrecycle PETを使おうという時代が終焉を迎えるといえるで

しょう。

#### ② PETトレイ業界の原料確保の必要性

2021年時点での回収されたPETボトルの最大の用途はPETトレイ(PETシートから成型)でボトル投入量換算20万トン程度です。おそらくこの大半は上記のFood Grade 製造する企業に吸収されるものと推察します。

プラスチクトレイ全体を俯瞰すると樹脂の消費規模は80万トンを超えるものと思います。

PET	35万トン
PS	35万トン
PP	10万トン
その他	5万トン
合計	85万トン

PETボトル業界のPET消費量よりもトレイの樹脂消費量が上回っています。

トレイをモノマテ化することにより巨大なrPET市場が創設されることに繋がります。またそれは、とりもなおさずトレイ業界が自前のrPET原料を確保できる可能性があることに繋がります。

今後、数年間でPETボトル由来のrPET原料の大半がB2B向けに使われるかもしれない、という事態を迎えようとして、これを見据えて関連業界が本腰を入れてトレイのモノマテ化(CPETトレイの導入を軸に)、トレイの大規模回収の2点をセットとして捉えていく必要性を強く感じるものであります。