

図2は、空ボトルを無駄にしないで活用する4種類のプロセス(①~④)を示している。まず、①~④の概略を記し、その後それぞれについて詳細に検討する。

① サーマルリサイクル

燃焼し、発生する熱エネルギーを利用するプロセスである。国内のPET ボトル生産量は全プラスチック生産量の約1.2%であり、回収せずゴミとして焼却するのが最も社会への負荷が少ないとの主張がある。ペットボトル回収に膨大な経費がかかっている現状では、この主張は意味をもつ。

この方式では燃焼時にダイオキシンが発生するといわれる。この風説を科学的にチェックすることが必要である。

② ケミカルリサイクル

分別回収し解重合することによりモノマーを再生する方法で、それなりの意義があり、いくつかの具体的な反応プロセスも確立されている。ただし、分別回収システムができあがらない限り製造コストが跳ね上がり実用化への道は遠い。このプロセスで反応試薬と目的物以外に予想外の化学物質が生成し、それが安全面に影響を与えるか否かの検討がなされるべきであろう。

③ マテリアルリサイクル

ケミカルリサイクルほど環境的および経済的負荷をかけずに資源をクローズドシステムで活用できる点、プロダクトリサイクルより消費者の高い要求に応えられる容器をコンスタントに提供できる点が特長である。ただし、実際に回収されたPET だけで高品質の新しいPET ボトルを作ることは難しく、従って、あらたに重合で得られたPET と配合して用いるのが現実的である。

回収ボトルに混入した異物、有害物質の検査、除去がこのプロセスの成否を握っている。

④ プロダクトリサイクル

ビール瓶は十数回、牛乳瓶は数十回繰り返し利用されている。ガラスで実行されていることがPET ボトルでできにくい事情があるか考える必要がある。実際に次のような問題点が指摘される、

- ・ガラスと比べプラスチックは化学物質を吸収しやすい。場合によっては、空ボトルになってから回収されるまでにPET ボトルが経てきた行程をチェックする必要がある。
- ・一方、ガラスと比べプラスチックは洗浄が難しい。
- ・ガラスほど硬さがなくキズが付きやすく曇りが生じやすく消費者に疎まれる。
- ・ガラスほど丈夫でなく繰り返し利用回数が制限される。

ボトルの汚染は主に誤使用あるいは転用によることが多い。洗剤や消毒薬などの容器に利用されるケース、フレーバー性の高い液体の容器に使われるケースなどが少なくない。また、悪環境での放置により内部にカビが発生するケースも日本においては少なからずあり得る。揮発性物質の検査は、ボトル内の気体を収集して、1 気体分子を励起し赤外発光を計測する方法、2 気体を紫外線でイオン化し検出する方法で行われる。微量混合物のその他の検出方法として、ラマン分光、近赤外反射分析、超音響分光、イオン移動分光法などがある。ppmレベルの汚染物質を数秒内でインラインで測定することが必要条件となりつつある。

官能テストによれば、フェノール系の洗剤、リモネン含有洗剤、ガソリン、尿、アニシシロップなどが比較的検出されやすい汚染物質であった。最近の汚染物質の加速実験 (V.J.Feron, Food Additives and Contaminants (1994) 11, 571、温度 60°C 付近、アルカリ性で62種類の汚染物質を検査) によれば、メタノール、モーターオイル、クロリダゾンなどが残留しやすいものと指摘された。とはいえ、いずれも健康リスクに関わるレベルに達する可能性は少ない。唯一、パラチオンが注意を喚起するレベルであったと Feron は報告している。

5 まとめ

PET ボトルを使用し続けるとすれば、回収率を高め、再充填方式を普及させることが、最も環境と安全性に配慮した活用法といえる。図2のフローの中で、解決が難しい有害物質が生成する過程はないといってよいが、消費者の手に渡ってから回収されるまで過程で有害物質が混入するチャンスは多く、回収プロセスの改善、消費者の環境保全に対する意識のレベルアップに加え、異物の高速高感度検出法の開発、異物の抽出・除去法の改良が望まれる。

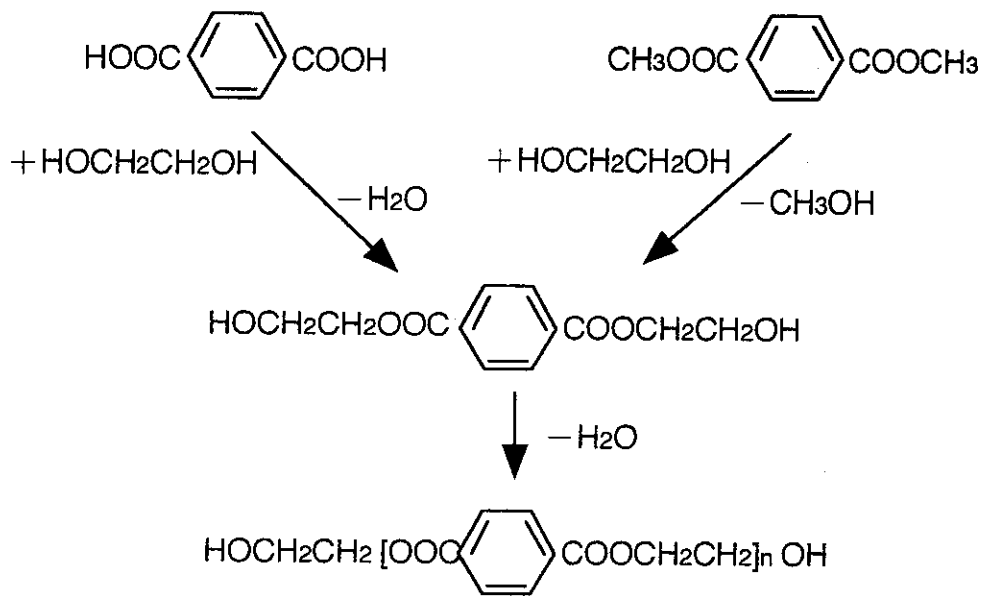


図1 ポリエチレンテレフタレート合成プロセス

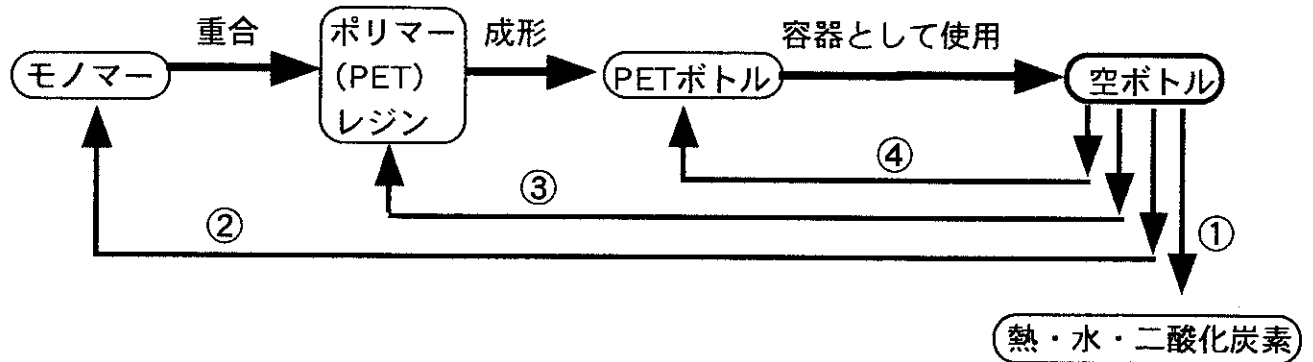


図2 空ペットボトルのリサイクル

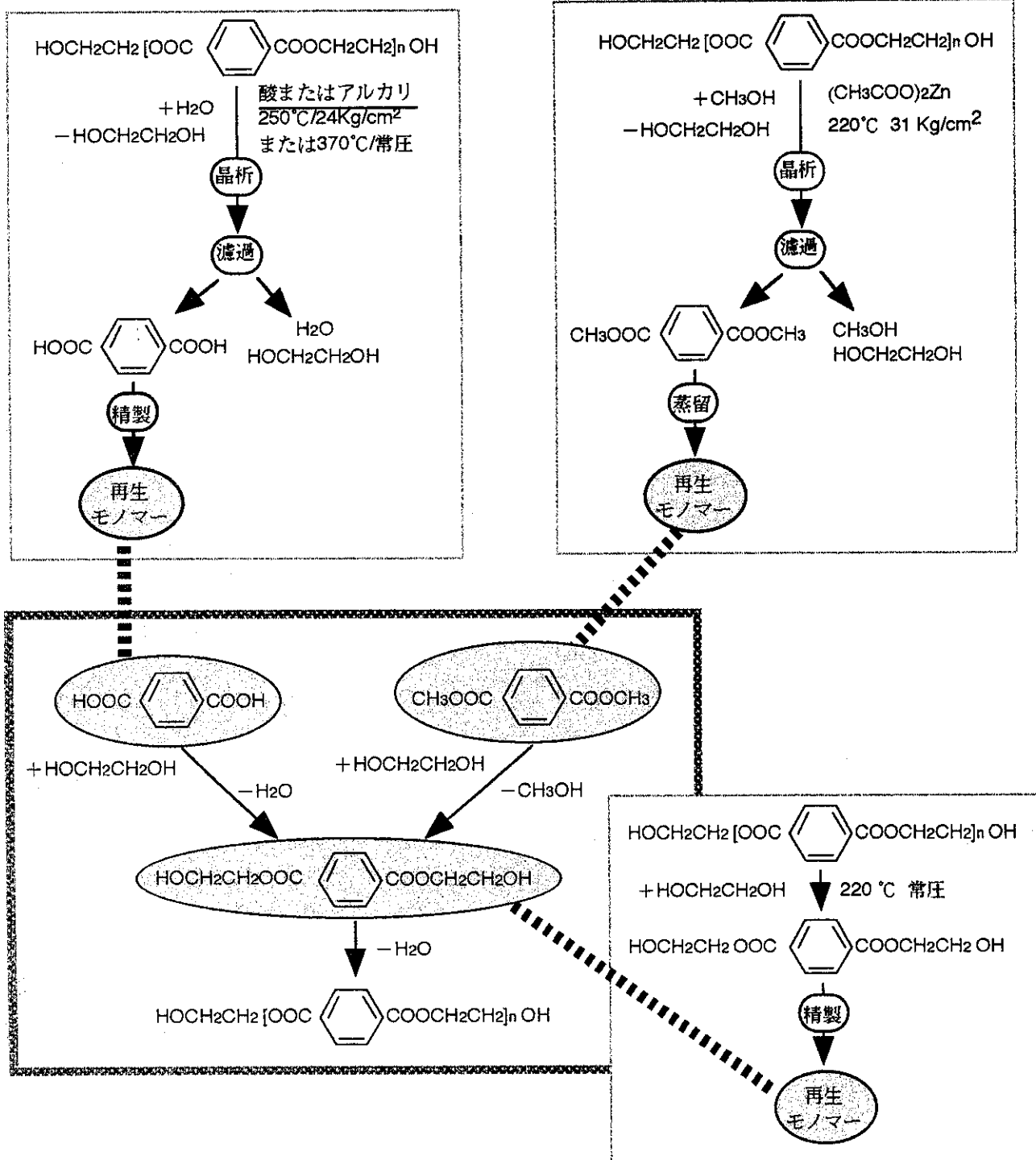


図3 ケミカルリサイクル

左上：加水分解法 右上：加メタノール分解法 右下：加グリコール分解法

食品包装等関連化学物質の 安全性確保に関する調査研究（2）

平成 11 年度 厚生科学研究

総括研究報告書

再生PET樹脂の食品用容器利用について

分担研究者

辰濃 隆

（（社）日本食品衛生協会）

研究協力団体 PETボトルリサイクル推進協議会

平成 12 年 3 月

厚生科学研究費補助金分担研究報告書

研究費の名称 厚生科学研究費

研究事業名 厚生科学 生活安全総合研究事業

研究課題名 食品包装等関連化学物質の安全性確保に関する調査研究

国庫補助金生産所要額 650,000.-

分担研究者 辰濃 隆

研究協力者 PETボトルリサイクル促進協議会

研究目的：平成12年度からPETボトルなどの製品が回収、リサイクルされることとなるが、現状では衣類などにまわされている。世界の情勢では、食品容器に使用したものは同じ目的の容器に再利用していこうと言う趨勢があり、それらの情報を調査収集した。

研究方法：アメリカ、欧州などで検討がおこなわれている方法の情報を種々な文献から収集した。

研究結果および考察：種々な文献からPET容器の再利用は、1)日本で行われているビールビンのように同一食品容器として繰り返し使用する方法、2)回収した容器を粉碎し、強力な洗浄法で汚染物を除去した後、再生用樹脂として用いる方法、3)回収して得られる容器を何らかの方法で化学的に分解して、得られる低分子化合物〔原料化合物またはそれに近い化合物を〕を再び反応させてポリマーを作り出し、これを製造用樹脂として用いる方法がある。

日本の現状としては2)の方法が採用される傾向が大きく、現状では汚染物の除去を如何に行うかが課題となっている。

結論：本年度得られた調査結果から2)および3)による方法を用いて、次年度人工的に汚染させたPET容器を用いて再生容器を作り、このものについて食品衛生上から安全性を検討していく予定である。

検討法としては、回収した容器を粉碎碎片化し、一般的に考えられる汚染物溶液中に放置させ、汚染した樹脂を1)強力洗浄する、2)化学的に加水分解させるなどによって汚染物を除き、これらの原料を持って再び食品向け容器を製造、a食品衛生法による規格に合致するか、食品擬似溶媒で人為的に汚染させた物質が検出されるか試験していく。

この試験を行うことにより、大量に使用されると予想されるPET容器を再び食品向け容器として使用することが安全であるかを判断できるであろう。

再生PET樹脂の食品用容器利用について

まえがき

平成9年4月に本格施行された容器包装リサイクル法により、PETボトルの分別収集、再商品化といういわゆるリサイクルが全国規模で本格的に始まった。法律制定時にはそのスタートがいろいろと危惧されていたけれども、全国市町村の熱心な協力も受けて3年目を迎えた平成11年にはほぼ全国的なPETボトルのリサイクル体制ができたといえる。全国3235の内の約半数近い市町村でPETボトルの分別収集が普及してきた。さらに平成11年9月に公表された全国「分別収集計画」によれば平成15年にはほぼ全市町村に普及するとされている。スタート当初は市町村の分別収集体制が整わず、PETボトルの回収量も少ないため処理工場の稼働率も低く、いかにして原料としての使用済みPETボトルを集めるかが課題であった。しかし、3年後の現在は市町村による分別収集体制は確立できたといえる。さらに象徴的なことはリサイクルへの理解も高まったことから当初の予想とは逆に一部の市町村では集まり過ぎによる積み残しまで出る事態が起きてきた。

分別収集体制が確立すれば、次には再生処理体制、さらに再生品の用途が最終的な課題となる。ここでは再生PET樹脂からの再生品の用途について主として調査研究することとした。

1. PETボトルの分別収集状況

日本におけるPETボトルのリサイクルは、PETボトル協議会を中心として研究が進められ、平成5年（1993年）に初の本格的再生処理工場を栃木県にウイズペットボトルリサイクル㈱を建設しスタートした。

平成7年（1995年）には容器包装リサイクル法が施行され、平成9年（1997年）4月よりPETボトルに本格施行された。一方リサイクル体制の要となる大型再生処理工場の整備にはかなりの資金及び技術を要するため平成9年（1997年）に三重県のよのペットボトルリサイクル㈱、平成10年に北九州市の西日本ペットボトルリサイクル㈱、平成11年に札幌市の北海道ペッ

トボトルリサイクル㈱、平成12年4月に稼動する東京ペットボトルリサイクル㈱と毎年着々と整備が進んでいる。

PETボトルが日本で最初に使用されたのは、昭和52年(1977年)にしょうゆ用としてであった。その後、清涼飲料用にも利用範囲が広がり今日見られるように生活の利便上欠くことのできない包装容器として広く利用されている。その使用量実績を、PETボトル協議会が毎年公表している樹脂需要実績データを最近5年分整理して表-1に示す。

表-1 PETボトル用樹脂需要実績

(単位：トン)

用途	平成7年	平成8年	平成9年	平成10年	平成11年
しょうゆ	13,491	13,581	13,222	12,900	12,501
調味料	9,674	11,031	10,565	11,489	14,267
食用油	1,373	1,160	1,461	1,511	2,079
酒類	9,788	10,233	10,836	10,234	11,479
清涼飲料	118,831	149,088	194,748	258,793	308,222
洗剤・シャンプー	14,472	12,052	12,807	10,657	9,630
化粧品	3,354	3,020	3,590	4,787	6,149
医薬品その他	1,847	3,258	4,500	3,528	6,159
総合計	172,830	203,423	251,729	313,899	370,486
第二種指定計	142,110	172,902	218,806	281,927	332,202

(出典) PETボトル協議会

表-1からここ5年間で清涼飲料用に約20万トン伸びて、全体として約2倍に成長している。PETボトル容器としての伸びは当分続くものと推定している。

次に使用済みのPETボトルの回収量を厚生省の集計結果から調べてみると、年々回収量、リサイクル率(回収率)とも急激に増加している。(表-2)このリサイクル率の伸びは容器包装リサイクル法により促進された効果と思われる。

表-2 PETボトルリサイクル率の年次推移

	生産量 トン	回収量 トン	リサイクル率%
1993年	123,798	528	0.4
1994年	150,282	1,366	0.9
1995年	142,110	2,594	1.8
1996年	172,902	5,094	2.9
1997年	218,806	21,361	9.8
1998年	281,927	47,620	16.9
1999年予測	332,202	*76,000	*23

(備考) *つきは予測値です

生産量は第二種指定製品で、PETボトル協議会調べ、回収量は97年以降は厚生省調べ

日本では表-2からわかるように急速にリサイクルが進展している。一方海外と比較した場合はどうかといえば、米国とヨーロッパのPETボトルリサイクルの状況を表-3にまとめて示した。

表-3 日米欧のリサイクル比較

(単位：千トン)

		1995	1996	1997	1998	出典
日本	需要量	142	173	219	282	PETボトル協議会
	回収量	2.6	5	21	48	
	リサイクル率%	1.8	2.9	9.8	16.9	
米国	需要量	884	997	1,157	1,364	NAPCORE
	回収量	351	316	313	338	
	リサイクル率%	39.7	31.7	27.1	24.8	
欧州	需要量	730	780	980	1,050	PETCORE
	回収量	45	76	108	172	
	リサイクル率%	6.2	9.7	11.0	16.4	

米国は回収量が横這いでリサイクル率が低下している。ヨーロッパはほぼ日本と同様急速にリサイクル率が上昇している。

日本における今後のリサイクル計画は、平成11年9月に厚生省より全国市町村の分別収集5カ年計画が発表されている。その分別収集計画をベースにした今後の予想されるリサイクル状況を表-4に示すように今後5年でPETボトルの収集量は倍増する。

表-4 PETボトルリサイクル率の予測

	10年 度実績	11年 度	12年 度	13年 度	14年 度	15年 度	16年 度
分別収集量 千トン	48	76	103	120	131	140	147
需要量 千トン	282	332	360	378	397	417	438
リサイクル 率 %	16.9	22.9	28.6	31.7	33.0	33.6	33.6
分別市町村 数	1,011	1,449	2,536	2,692	2,814	2,947	2,978

(備考) 平成12年度以降は分別収集計画数量で、

全国市町村数は3252

2. 再生PET樹脂の用途

PETボトルのリサイクルは表-4にある通り、ますます進展することは間違いない。しかし、リサイクルは回収すれば終わりではなく、最終製品となって再利用されなければ行き詰まることも自明であり、リサイクルの究極は再利用につきる。既にリサイクルが進んでいる古紙、ガラスびん、スチール缶やアルミ缶の何れも再生品の用途及び需給バランスに苦勞している。

PETボトルの再生樹脂は、日本と米国、欧州における再生樹脂の用途(表-5)を見ると何れも繊維が最多で、シート製品、ボトル、成型品などがある。

日本においても繊維、シート、成型品分野で量的に拡大せざるを得ない。しかし、最近の急激な回収量の伸びに対応して今後もそれらの需要分野も拡大できるかどうかはいささか疑問といわざるを得ない。

国内、外のいずれでもその点の解決策として、PETボトルから飲料用をターゲットとした食品容器へもどすボトルツウボトルが研究されている。

表-5 日米欧の再生PET樹脂用途(1997年)

用途	日 本		米 国		欧 州	
	使用量 千トン	構成比 %	使用量 千トン	構成比 %	使用量 千トン	構成比 %
繊維	6	73	145	56	70	65
シート	1	13	32	12	18	17
ボトル	1	9	43	17	7	6
成型品他	0.5	5	38	15	13	12
合計	8	100	258	100	108	100
出典	JCPRA		NAPCORE		PETCORE	

(注) JCPRA : (財) 日本容器包装リサイクル協会

P E T ボトルの再生処理技術¹⁾

----- 食品用途への再利用の立場から -----

1. P E T ボトルの再生処理技術開発の経緯と現状

使用済み P E T ボトルの再生処理技術の開発は 1970 年代から米国で始まった。現在でも世界的にみてこの分野をリードしているのは米国であるといっても過言でないほど、多くの再生技術の開発と実用化の実績を示している。ここでは米国における処理技術の開発経過と現状を主体にヨーロッパその他、日本に分けてまとめてみたい。

P E T ボトルの基本材料である P E T 樹脂はワイシャツやスーツ、カーペット、詰め綿等に使用されているポリエステル繊維、磁気テープや包装用フィルム、レントゲン・フィルムなどに使われているポリエステルフィルム等と化学組成は全く同じである。ポリエステル繊維は古く 1950 年代から工業化されており、その後工業化されたフィルム分野とともに、これらの分野で発生する規格外品や産業廃棄物の有効利用を図る技術及びシステムについては既に出来上がっていた為、回収 P E T ボトルから得られる P E T 樹脂についても、このシステムに乗せられる程度までに精製されていれば、従来の分野での再利用に関する限り、技術的な障害は無いと一般的に受け止められている。従って使用済み P E T ボトルに付随して回収される P E T 樹脂以外の異種物質を如何に完全に除去するかが、P E T ボトルの再生技術の基本的な考え方になる。しかし、一旦消費者の手に渡った P E T ボトルには P E T 樹脂だけではなく、商品化に必要なラベルやキャップなどの付属品の他に、消費された後から再生工場に回収されるまでの間に、内容物の残滓、塵埃等と共に農薬やモーターオイルなどの化学薬品や油剤を一時的に入れることがないとは言えず、多種多様な異物質が付随、付着していることが考えられる。この点では異物の少ない産業廃棄物を対象としていた従来のポリエステル再生産業では経験しなかった新しい技術の開発が求められることになる。特に、再生樹脂を食品用途への再利用する場合には今までにはなかった安全、衛生面からの慎重な検討が求められることになる。

1-1) 米国

1970年代 P E T ボトルが米国で本格的に商品化されるようになった時点で提案されていた P E T ボトルの再生技術は Fig. 1 に示すような炭酸飲料用の P E T ボトルから P E T 樹脂を回収するものであった。

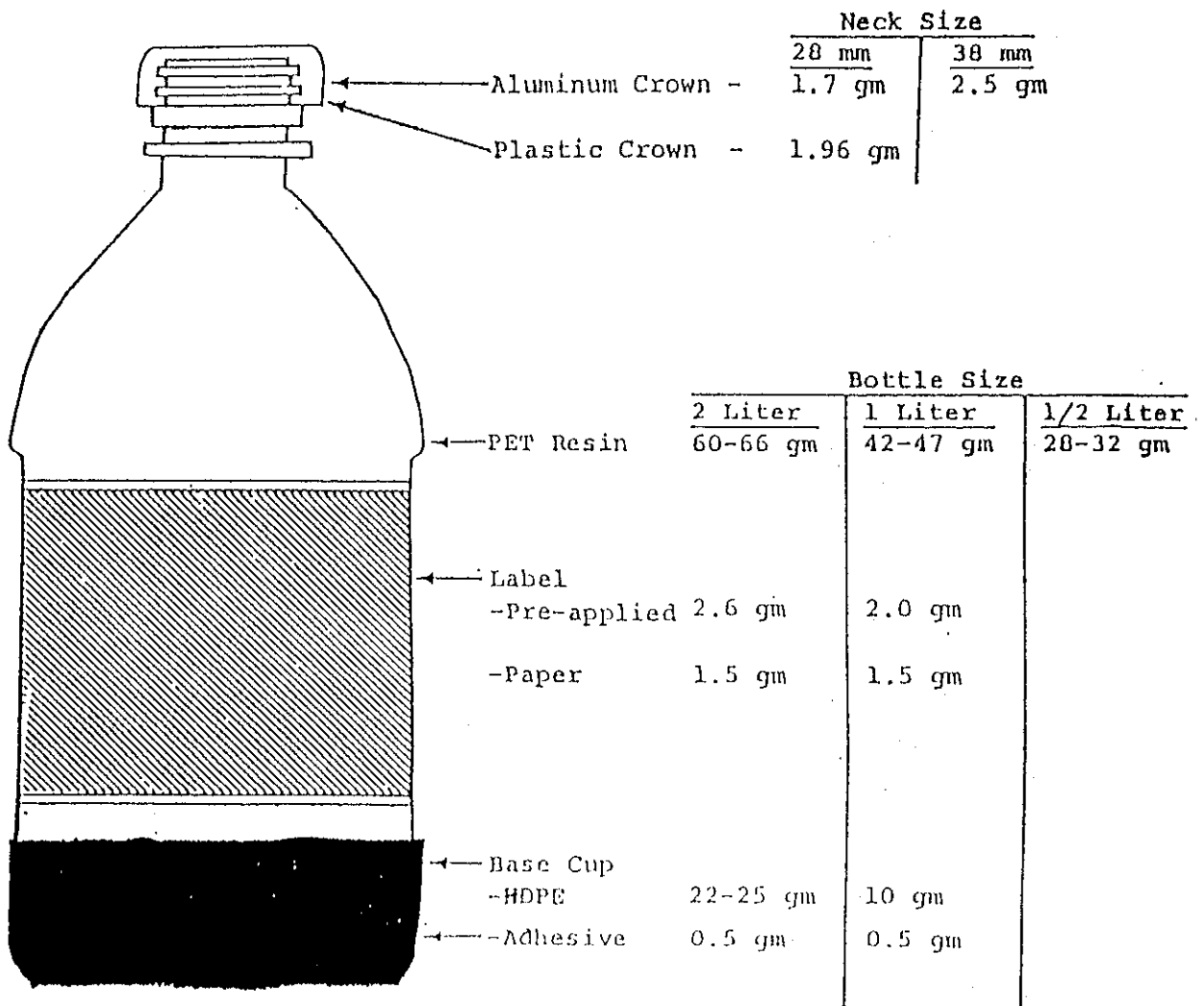
Fig. 1 P E T Bottle Materials

これからわかるように当時の P E T ボトルにはボトル本体の P E T 樹脂の他に

- ・アルミ キャップ 又は プラスチック キャップ
- ・紙ラベル及び糊剤
- ・ベースカップ (HDPE製)

Fig. 1

PET Bottle Materials



・ベースカップ用接着剤

等が付属品として使用されており、これらの付属物を如何に完全に除去するかが再生技術の要点になる。これから推定すると2 リットルのPETボトルの場合、ボトルから回収されるPET樹脂は最高の収率で69%である事が解る。尚、その後の成形技術の進歩によってベースカップを使用しないボトルが開発され、現在では炭酸飲料のボトルは殆どベースカップ無しのものに変わっており、PET樹脂の収率も計算上は90%近くになっている。

この時期米国で提案され、又、実際に行なわれていたPETボトルの再生技術の主なものを第1表²⁾にまとめて紹介する。(第1表 参照)

これらの技術は大きく分けて「マテリアルリサイクル」(Physical Recycle といわれる)と「ケミカルリサイクル」の二つになる。マテリアルリサイクルはボトルに使用されたPET樹脂を化学的に変化を与えることなく精製し、再利用するという方式であり、ケミカルリサイクルはPET樹脂に化学薬品を加えて分解し、組成を変えて精製する方式である。

この中でマテリアルリサイクルについて云えば、Goodyear社がFig. 2に示すような工程³⁾を提案している。この方式は設備投資が大きい人員は少なくて済み、大規模の工場に適しているといわれ、Pure Tech社の方式は人員は多いが投資は少なくて済みと云われている。

Fig. 2 Goodyear PET Bottle Recycling System

又、Wellman社の方式は再生品の品質は良いほうではないが、コスト的には有利とされている。この他にニュージャージー州と関連業界の基金(Plastics Recycling Foundation)でニュージャージー州のRutgers大学に設立されたプラスチック リサイクル 研究センター(CPRR)も1987年に、Fig. 3⁴⁾に示

Fig. 3 CPRR Plastics recycling pilot plant

すような使用済みPETボトルを再生するパイロットプラントを公開し、技術をライセンスすることを発表している。Wellman社の技術はCPRRの試験設備をベースに自社で開発したものと云われている。

PETボトルのケミカルリサイクルでは1991年Hoechst Celanese社がFDA(米国連邦食品・医薬庁)から条件つきで、「回収PETボトルからメタリックス方式で精製した組成原料(DMT)を清涼飲料水や食品と直接接触するPET容器に使用することに反対しない」との通知(no objection letter)を受けたことから、Bottle-to-Bottle が可能となり、リサイクルシステムのクローズド化が技術的に完成した。Hoechst Celanese社は関係会社のCape Industriesの9,000 t/yの設備で回収PETボトルからDMTを製造し、自社でボトル用PET樹脂に重合して25%の比率でバージンと混合し、10%のプレミアムをつけた価格で販売し、コカコーラ ボトルに採用されていた。しかし、その後再生処理工程の技術面での問題やリサイクル製品に対する制度面のインセンティブの廃止等、技術面、経済面の理由で中止されている。又、

又、Eastman Chemical社もメタリックス方式で回収PETボトルをバージン原料に戻す小規模の量産プラントをスタートさせている。

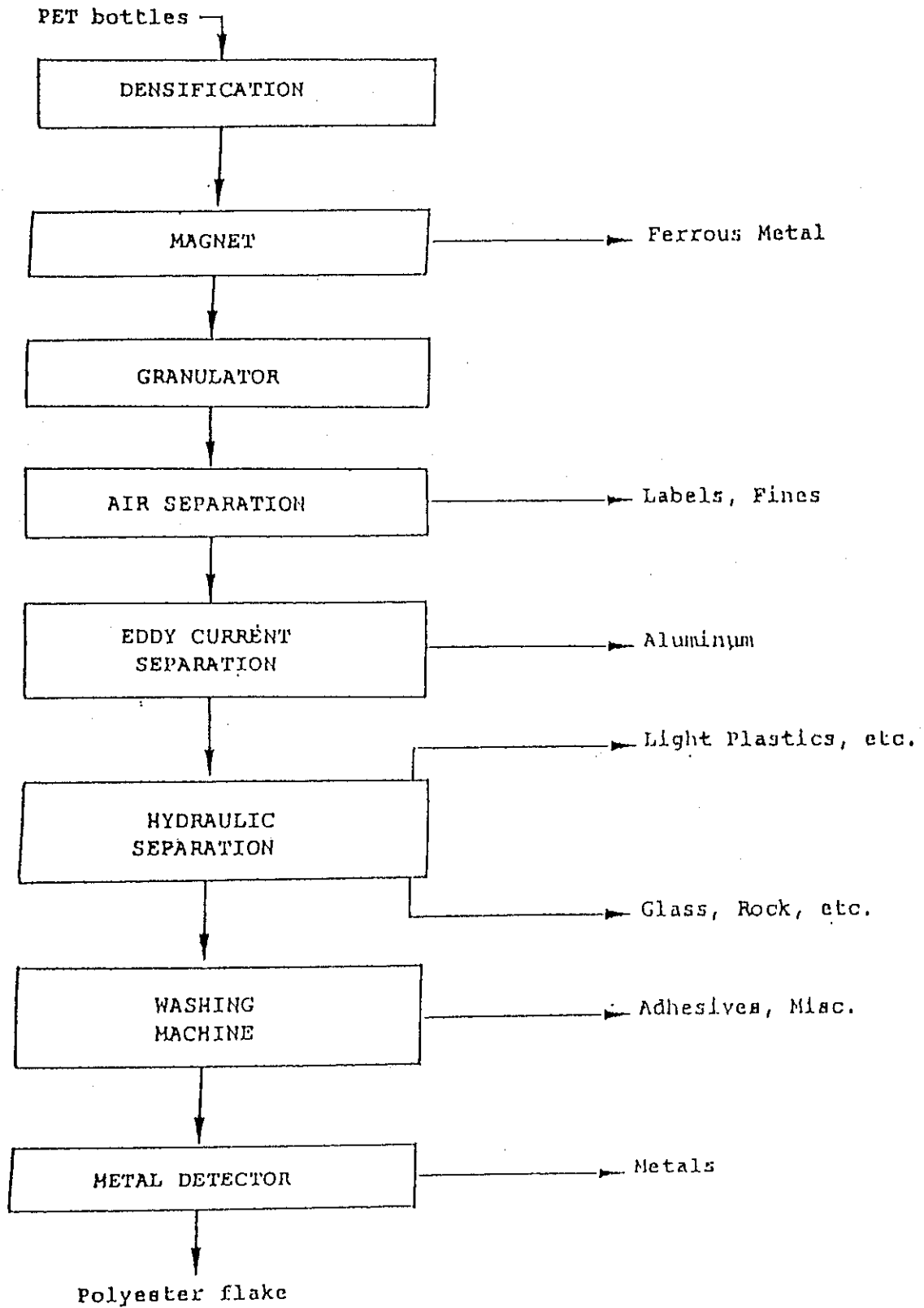
第1表 1980年当時米国で 提案又は実施されていたPETボトル再生処理技術

会社名	PROCESSの特徴
ポリカリサイクル	
Goodyear	磁選 — 粉碎 — 風選 — 渦電流 — 1/2"サイコロ — 洗浄 — 乾燥 — 金検
Reynolds Recycling	粉碎 — 風選 — 磁選 — 篩別 — 水比重分離 — の後で比重 3.0 の水溶液を使用して アルミを分離
Eastman Chemical	手選別 — 粉碎 — 水中で攪拌・浮遊分離 — 下層を濾別 手選別 — 溶剤浸漬 — ラベル除去 — 粉碎
Wellman Inc.	磁選 — 粉碎 — 風選 — 水比重分離 — 脱水 — 乾燥 — 造粒
Plastic Recycling	キャップ、ベ-スキャップ、ラベルの機械による除去 — 手選別 — 粉碎 — 造粒
Pure-Tech Industries	アルミキャップなしの無色ボトル — 手選別 — 溶剤洗浄 — 粉碎
ケミカルサイクル	
Eastman Chemical	加水分解 — TPA 中止 メタリシス — DMT (写真 PET フィルム で実施中)
Barber-Colman	粉碎 — スラリー化 — 水酸化アンモニウム添加 — 濾過 — 硫酸添加 — 濾過 — 乾燥 — TPA
DuPont	グリコリシス — 鹼化 — 濾過 — 中和 — TPA (繊維、フィルム、成形品で実施中)
Hoechst Celanese C	添加剤を含まない PET — 粉碎 — 風選 — 浮遊分離 — 洗浄 — メタリシス — DMT (清涼飲料水、食品に直接接触 FDA OK)
Eastman Chemical	再生 PET フレーク — 部分グリコリシス — 無水マレイン酸添加 — 不飽和モノエステル

(Phillip Townsend Associates, Inc.「PET BOTTLE RECYCLING」より)

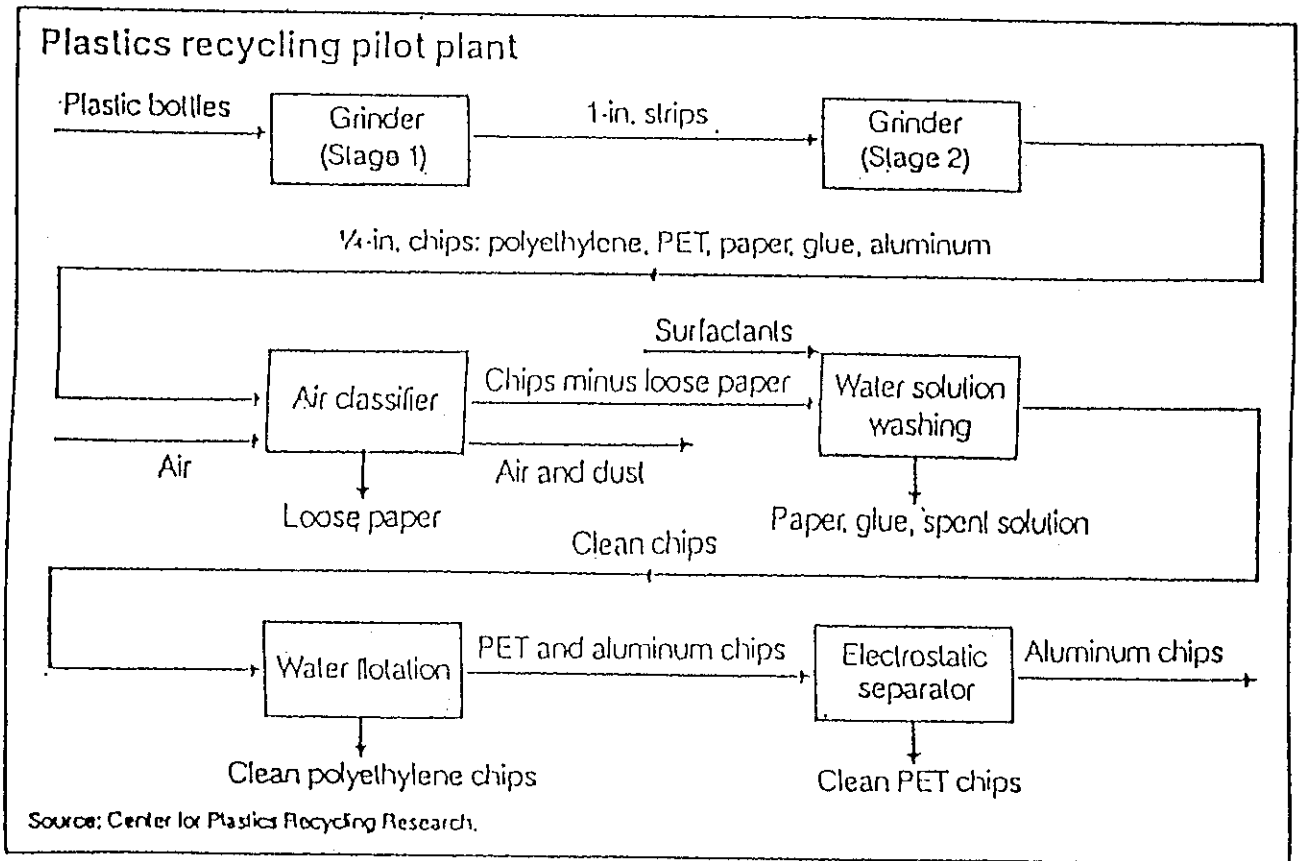
Fig. 2 ³⁾

Goodyear PET Bottle Recycling System



Source: Goodyear Chemicals, Cleartuf[®] Facts CT 17.

Fig. 3 CPPR Plastics recycling pilot plant



Goodyear 社も同じ頃 グリウス 方式により FDAから限定つきで同じような通知を受けたが、タリス 方式に比べると精製が難しく、原料ボトルの使用制約があり実用化に至っていない。

このように技術的には方式はできているものの、Bottle-to-Bottle 即ち清涼飲料への直接
接触使用はあまり行なわれていない。この理由としてケミカルリサイクル方式の場合、コスト
を下げるためには大規模なプラントの建設が必要で設備投資も大きくなり、又、大量の回収ボ
トルを確保することと、バージン樹脂に対してコストが高くなりがちな製品需要の安定保証の
リスクを負担しなければならないなどの問題点がある。このような理由で現在、米国では
「Bottle-to-Bottle」という理想の目標を掲げながら、ケミカルリサイクルは積極的に行なわ
れていない。

1994 年に Johnson Controls 社がマテリアルリサイクルをベースにメカニカルクリー
ングと云われる特殊な処理を加えることにより、バージンに比べると 品質面でやや見劣りがす
るものの、衛生的には安全で、飲料や食品と直接接触しても問題がなく、しかもケミカルリサ
イクルに比べて再生コストが安く、技術的にも容易で、大量に消化出来る技術「Supercycle®
」を開発した。これに続いて Wellman社や Image Industries 社も同様な方式で追従し始めた
ために、マテリアルリサイクルが主流になっきている。

現在では

Wellman Inc.

Johnson Controls Inc. (現在は Schmalbach-Lubeca社になっている)

Pure-Tech International Inc.

Image Industries

Nationwide Recyclers Inc. (Crown Cork & Seal Companyの関連会社)

等の再生事業者が第1表の中のいずれかの方式をベースにそれぞれの用途に適した独自の工夫と改良を加えてPETボトルを再生している。

1995年 PETボトル協議会が米国を訪問し、再生処理工場を見学した際のマテリアルリサイクルに関するPETボトルの再生処理技術に関しての報告や米国におけるケミカルリサイクルの実態について取り纏め第2表に示した。

(第2表 参照) 個々の会社別にそれぞれの特徴を簡単に示すと、マテリアルリサイクルについては次のような報告がなされている。

Johnson Controls社 (現在の Schmalbach-Lubeca 社) :

デポジット方式で回収された比較的綺麗なボトルを中心に再生処理し、80~90% をボトル用に自家消費している。原料ペールは全て屋内保管しており、再処理工程はスクリュウタイプの小型の連続ボトル洗浄機を使用し、粉碎後のフレーク処理を含めて、システム全体は連続式になっている。PVC 分離工程はなく、比重分離機とハイドロサイクロンの併用でラベルその他を分離し、風選分離工程はない。更にこの後に Supercycle と称する強制洗浄工程で処理したものについては食品直接接触用途に使用することに関して FDA の no objection letter を得た。この Supercycle[®] 工程については、再生フレークを溶融濾過し、減圧処理して不純物を除去する方式と推定される。

Pure Tech International 社 :

バッチ式ボトル洗浄機でボトルを洗浄した後、粉碎し、フレーク洗浄、金属除去等、システム全体がバッチ方式になっており、回収ボトルの品質と製品フレークの用途に応じた処理方法が設定出来るようになっている。PVC は紫外線暗室目視検査方式で手選別。比重分離機とハイドロサイクロンの併用。風選分離工程はない。

Nationwide Recyclers 社 :

全量カーブサイドコレクションのボトルが原料。ボトル洗浄なしで粉碎し、フレーク洗浄と特殊比重液による浮遊分離及びリンスを多槽、多段に組み込んだ連続方式。PVC は紫外線暗室目視検査方式及びX線の二段方式で除去。粉碎後フレーク洗浄し、異物を浮遊分離。ハイドロサイクロンや風選分離機はない。その後、同社が開発したメカニカルクリーニング方式による再生PET樹脂を食品直接接触使用することに対し、1997年にFDAが no objection letter を発行したと云われている。

Wellman 社 :

設備の見学は先方の都合で許可されなかったために、再生処理の最大手の Wellman社の処理技術は資料に基づいて第2表に示した。デポジット実施州からの回収ボトルを原料として再生しているものと思われる。1994年にシートやトレイ用途で食品直接接触使用

第2表 現在、米国で実用化されている代表的なPETボトル再生処理技術

会社名	PROCESSの特徴
マリアルサイクル	
Wellman Inc. 90,000 t/y ('94)	<p>回収PETボトル — 解梱 — 手選別 — 粉碎 — 風選 — 洗浄 — 比重分離 — 脱水 — 乾燥 — 静電分離 — PETフレーク</p> <p>PETフレーク — 加熱溶融 — 押出 — 濾過 — 冷却 — 切断 — PETペレット</p> <p>PETペレット — エコクリア クリーニング 処理 (EcoClear)</p>
Pure-Tech International Inc. 38,000 t/y ('94)	<p>回収PETボトル — 解梱 — 手選別 — 機械選別 — 手選別 — ボトル洗浄 — 機械選別 — 手選別 — 粉碎 — フルク洗浄 — 脱水 — 乾燥 — 静電分離 — PETフレーク</p>
Johnson Controls Inc (Schmalbach-Lubeca) 14,000 t/y ('94) '90 ~	<p>回収PETボトル — 解梱 — 手選別 — 磁選 — ボトル洗浄(95℃) — ラベル分離機 — 手選別 — 磁選 — 粉碎 — 洗浄 — 比重分離 — ハト時計の分離 — 脱水 — 乾燥 — PETフレーク</p> <p>PETフレーク — 溶融 — 濾過 — 造粒 — 結晶化 — 化学薬品による強制洗浄 — 260℃加圧処理 — 減圧触媒処理 — 溶融濾過 — 造粒 — PETペレット (Supercycle : エコクリア)</p>
Image Industries Inc. 77,000 t/y ('94)	<p>回収PETボトル — 解梱 — PVC自動選別 — ボトル洗浄 — ラベル分離機 — カラ自動選別 — 磁選 — 粉碎 — 洗浄 — 比重分離 — 脱水 — 乾燥 — PETフレーク</p>
ケミカルサイクル	
Eastman Chemical 10,000 t/y	<p>回収PETボトル — 粉碎 — 粗洗浄 — EG分解 — メタール反応 — DMT分離 — 精製 — DMT (メタリクス法: PETからDMTとEGを回収)</p> <p>DMT — EG添加 — 重合 — PET樹脂</p>
Shell/Goodyear 11,000 t/y	<p>回収PETボトル (デポジットで回収) — 手選別 — 磁選 — 粉碎 — 風選 — 渦電流 — ハト時計の分離 — 洗浄 — 脱水 — 乾燥 — 金検 — PETフレーク</p> <p>PETフレーク — EG分解 — 濾過 — 再重合 — PET樹脂</p> <p>(ケミカル法: PETをEGで解重合して洗浄、濾過し、そのまま再重合する)</p>
Hoechst Celanese 9,000 t/y	<p>Eastman Chemical の方式と殆ど同じ。</p> <p>(メタリクス法)</p>

に FDA から no objection letter を受けたのに引き続いて、1996年 3月に清涼飲料などの食品直接接​​触用としても FDA から no objection letter を受取った「EcoClear」については、対外発表していないために詳細は不明であるが、メカニカルクリーニング方式であると云われている。

以上の如くマテリアルリサイクルに関する再生処理技術については各社間で基本的には大きな相違は無いことがわかる。

ここでマテリアルリサイクルの代表的な例として Pure Tech 社の PET ボトル再生処理工程を Fig. 4 に示す。

Fig. 4 PET Beverage Bottle Washing & Separation Systems

ケミカルリサイクルについては、PET を化学的処理により解重合して組成原料に戻し、精製する考え方は共通であるが、どのような組成原料に戻すかによって品質、コストなどで相違がでてくる。各社の特徴を色々な資料から⁵⁾簡単にまとめると

Eastman Chemical 社 :

メタノリシス法で回収 PET ボトルから DMT を経由して再生 PET 樹脂を製造している。1975 年に 2,200 t/y の能力でスタートし、その後1994年に回収 DMT を 20 % 混合使用した 10,000 t/y の PET 樹脂工場をスタートさせた。Pepsi Cola に製品を提供していたが、コストはバージンに対して 60 ~ 90 % 高くつくこともあり、最近ではリサイクル量が減少し、5,000 t/y に達していないと云われ⁶⁾、ボトルからの精製は中止したとのことである。

最近になって同社は New Chemical Recycling と称して従来よりもコストの低い方式で究極の Bot-to-Bot を達成する技術の開発に着手したことを発表し、2年間の開発の間に安全性、衛生性に関する FDA 申請のデータを纏め、欧州でプラントの建設に着手する構想を発表している。¹⁰⁾

Shell/Goodyear 社 :

1991年グリコリシス法でスタートし、同年 FDA より、原料ボトルをデポジット ルートで回収されたものに限定して、15 % 以内で混合使用するという条件付で、no objection letter を受け取った。同社はケミカルリサイクルの PET 樹脂をバージン樹脂に対して 10 % のプレミアムをつけて Pepsi Cola 向けに提供していたが、リサイクル品使用のインセンティブ (ADF 法) の消滅で採算が合わず 1995 年に中止している。

Hoechst Celanese 社 :

1991年、メタノリシスで回収された DMT を使用して 22,000 t/y のプラントから製造された PET 樹脂に、FDA の no objection letter が発行されたのを機に、回収品 25