

PET ボトルリサイクルの現状と課題 使用済PET ボトル = 都市油田の更なる 国内循環を目指して

Situation of PET Bottle Recycle and Its Difficulties :
Aiming at More Active Domestic Circulation of "Post-Consumer PET
Bottles = City Oil Field"

資源・環境問題が世界共通の関心事となっている現在、経済を減速させることなくこの2つの問題を同時克服出来る取り組みの1つとしてPETボトルリサイクルが注目されている。日本の使用済みPETボトルは他国と比較しても非常に汚れが少なくリサイクルに適しているため国内循環されてその効果を最大限に国内で享受すべき貴重な資源であるにもかかわらず、海外諸国にとっても魅力的な資源であることからその3分の2以上が海外に輸出されており国内循環の阻害要因となっている。国内リサイクル業は今後、カスケードリサイクル一辺倒の従来型システムから脱却して高度なリサイクルによる高付加価値用途の拡大を図っている。また「PETボトルがPETボトルに生まれ変わる」という分かりやすい水平リサイクルチェーンにボトル・飲料メーカーを加えて理想的なクローズドシステムを構築する取り組みなどを行い、使用済みPETボトルの国内回帰と更なる国内循環を実現させようとしている。

Under the present situation that resource & environmental problems have become great matter of concern globally, PET bottle recycle is getting to be the focus of attention as one of measures by which both problems could be solved without causing a slowdown in economic activities. Waste PET bottles collected in Japan are not so dirty in comparison with those collected in other countries and are suitable for recycle, therefore, those bottles are valuable resources which have to be circulated domestically and should produce maximum effect there. However, currently, two-thirds of them have been exported because they are also very attractive resources for overseas countries. And the fact comes to a big impediment against their domestic circulation. By such an action that we, domestic recycle industries, will expand value added application by using techniques of advanced-recycle, breaking away from such an attitude heavily relying on cascade recycle, and by also such an action that we establish an ideal closed recycle system involving bottles and beverage producers into a lateral recycle system that "PET bottles are reborn from post-consumer PET bottles", we will get back post-consumer bottles from overseas countries and will realize more active domestic circulation.

1. はじめに

1997年に容器包装リサイクル法（以下「容リ法」と略記することがある）が本格施行されてから、「ラベルを取って、キャップをはずして、軽くすす

いで」PETボトルを資源ゴミとして分別排出するといった行為も市民の間に広く定着した。PETボトルリサイクルは子供たちから高齢者に至るまで幅広い年齢層に身近に親しまれるリサイクルの代表選手的な地位を獲得したと言えよう。この間、PETボトルリサイクルにたずさわる再生処理事業者や再生PET

古澤 栄一

協栄産業株式会社 代表取締役社長

FURUSAWA, Eiichi

President,
Kyohei Industry Co., Ltd.

樹脂を利用するユーザーは、共同して再生原料の品質向上や用途開発に努め、幅広い分野で再生PET樹脂を利用することに成功してきた。一方、近年再生PET樹脂の利用を進めてきたのは中国を始めとする海外諸国も同様であり、2004年頃からそれら海外諸国が安い労働力を背景に高値で日本の使用済みPETボトルやその破砕品を買い集めるといった動きが顕著になった。現時点では回収されているPETボトルの約3分の2が海外に流れ出ており、国内市場の健全な発展に影を落としている。

PETボトルリサイクルを進めることで枯渇性天然資源である石油の輸入を削減させられることは言うまでもない。現在国内で飲料ボトル用に使用されているPET樹脂は約60万トン程度であるから、その半分がリサイクルされて石油由来樹脂を置き換えることが出来れば30万トン相当の石油の輸入を削減できる。また弊社が外部機関に依頼して調査した結果、PETボトルをリサイクルして石油由来樹脂に置き換えればCO₂の排出量も大幅に削減できることも判明している。市民が飲料を飲むことで毎日街からわいて出てくる使用済みのPETボトルを我々は「都市油田」と位置づけているが、PETボトルリサイクルには上記したような資源環境制約への対応力が内在していることを考えると、この「都市油田」は出来る限り日本国内で有効活用されることが望ましい。

ここではPETボトルリサイクルが資源環境制約にどう対応できるのかを再検証した上で、PETボトルリサイクルシステムの現状とその課題を考察し、国内循環を更に進めて行くためにはどうすべきなのかを考えていく。

2. PETボトルリサイクルによる資源環境制約への対応

2.1 顕在化する資源制約への危機感と対応

エネルギーから鉱物、食糧まであらゆる資源を輸入に頼っている日本は、常に資源制約のリスクにさらされている。特に石油資源は、新興国の需要拡大や投機マネーの流入、政情不安定な中東地域の地政学的リスク、資源ナショナリズムの台頭、地球温暖化による環境制約などリスク要因が多岐に渡り、いつ価格が高騰するか予測のつかない状況にある。このような状況に対し国内製造業各社は、4割を超える企業が「中長期的に資源価格が上昇する」（図1）、8割以上の企業が「資源価格の上昇が企業経営のリスクになる」と考えており（図2）、資源制約への危機感を抱いている⁽¹⁾。

資源制約のリスクを回避するには、調達方法の多

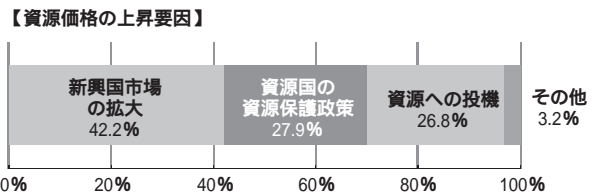
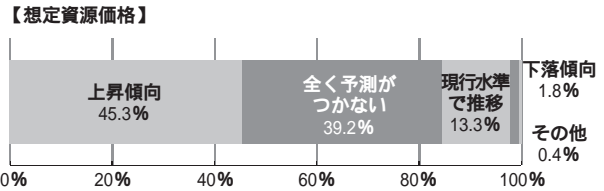


図1 中長期的（今後5年程度）な想定資源価格と資源価格の上昇要因

出所：「2010年ものづくり白書」経済産業省調べ（2009年12月）

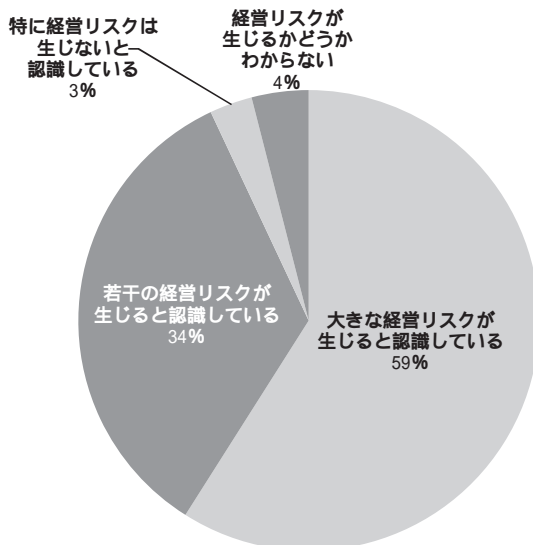


図2 資源価格上昇が企業経営に与えるリスクに対する認識
出所：「2010年ものづくり白書」経済産業省調べ（2009年12月）

様化や調達先の選別、植物のような再生可能資源から製造される植物由来原料を代替原料とする開発などがその方策とされているが、最近になって環境制約との同時克服を目指す静脈資源（使用済み製品・部品・素材などを指す）の活用への期待が急速に高まっている。携帯電話やIT機器などに含まれるレアメタルを「都市鉱山」と位置づけ再資源化を目指す取り組みがそれであるが、我々は「使用済みPETボトル＝都市油田」の活用は、まだまだ技術的なハードルをいくつも抱える「都市鉱山」以上に現実的で達成可能なテーマと捉えている。図3でも示されているようにPETボトルの回収率は既に78%程度まで達しているため⁽²⁾、回収されたPETボトルが全て国内循環されれば現時点でも45万トン程度の原油若しくはその誘導品の輸入を減少させることが出来

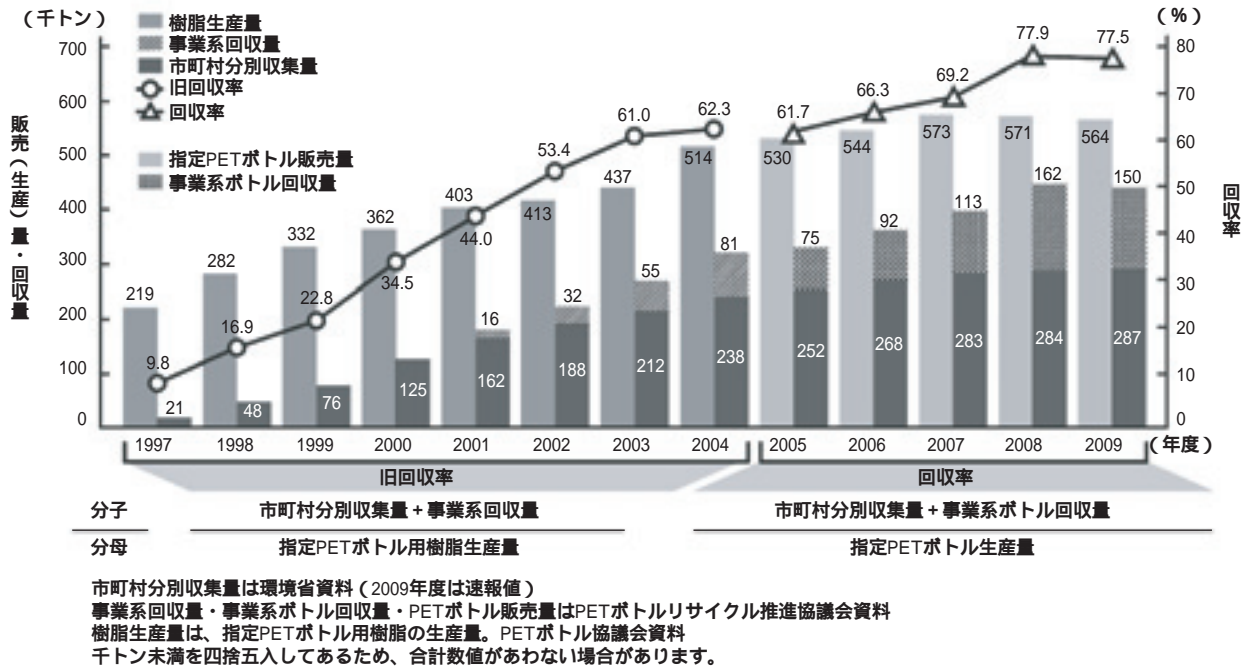


図3 PETボトルの回収率の推移

出所：「PETボトルの回収率推移」PETボトルリサイクル推進協議会調べ (2009年11月)

る。

PET樹脂よりも遙かに多量に広く利用されているプラスチックはポリエチレンやポリプロピレンなどを始めとしていくつもあるが、PET樹脂という単一の素材で作られたPETボトルという容器が単品回収できる例は極めて稀である。その意味でも資源制約への対応策としてPETボトルを国内循環させることは極めて重要な課題であると考えている。

2.2 厳しさを増す環境制約とPETボトルリサイクルの環境負荷削減効果

2009年度は、1995年以降初めて温室効果ガス排出量が基準年比 (1990年) 4.1%減少 (2009年度速報値) したが、本年3月11日に発生した東日本大震災の影響で火力発電量が增大するため、京都議定書の目標達成が困難になると予想されている。京都議定書の目標達成に向けて国内で排出量取引制度の実施が検討されているが、環境省の試算では、10%を削減義務として排出権取引を導入した場合、経常利益が製紙業界で7.8%減、鉄鋼業界で6.3%減、石油関連で5.9%減少するとしている⁽³⁾。いかにして経済を発展させながらCO₂削減を果たすのか。環境制約の問題は国全体として取り組まなければならない課題である。

これまで一般的に「リサイクルは環境に優しい」と言われてきたが、弊社では一歩突っ込んで再生PET樹脂はどの程度環境に優しいのかを、CO₂排出量という指標で明確にしようという取り組みを数年

前から行っている。市町村の集積所を油田と位置づけて、そこから再生PET樹脂が出来るまでに排出されるCO₂の量の算定を外部コンサルティング会社⁽⁴⁾に依頼し定量的に把握した。その結果、PET樹脂1Kgを原油から製造した場合には約1.577Kg⁽⁵⁾のCO₂が排出されるのに対し、使用済みPETボトルから製造した場合は0.583Kgと約63%の削減効果があることが判明した (図4)。量的に言えば「1Kgの置き換えで1Kgの排出量削減効果」があることが実証されたのである。現在回収されている約45万トンのPETボトルが全て国内循環されれば実に約45万トンのCO₂排出量を削減することができるということである。更に言えば、この削減効果は石油由来樹脂を代替することで初めて顕在化する効果なのでここでもまた国内循環の重要性が再認識されることとなる。

既に述べたように、経済を発展させながらCO₂削減を果たすのは非常に困難な課題である。45万トンの削減効果があるとは言え、日本が国として削減しなければならないCO₂排出量から見ればPETボトルリサイクルによる削減効果は決して大きなものではないかも知れない。しかしながら、小さな削減効果の積み重ねが重要であり、誰もが知っているPETボトルリサイクルで着実にCO₂削減を達成できることには大きな意義があると確信している。

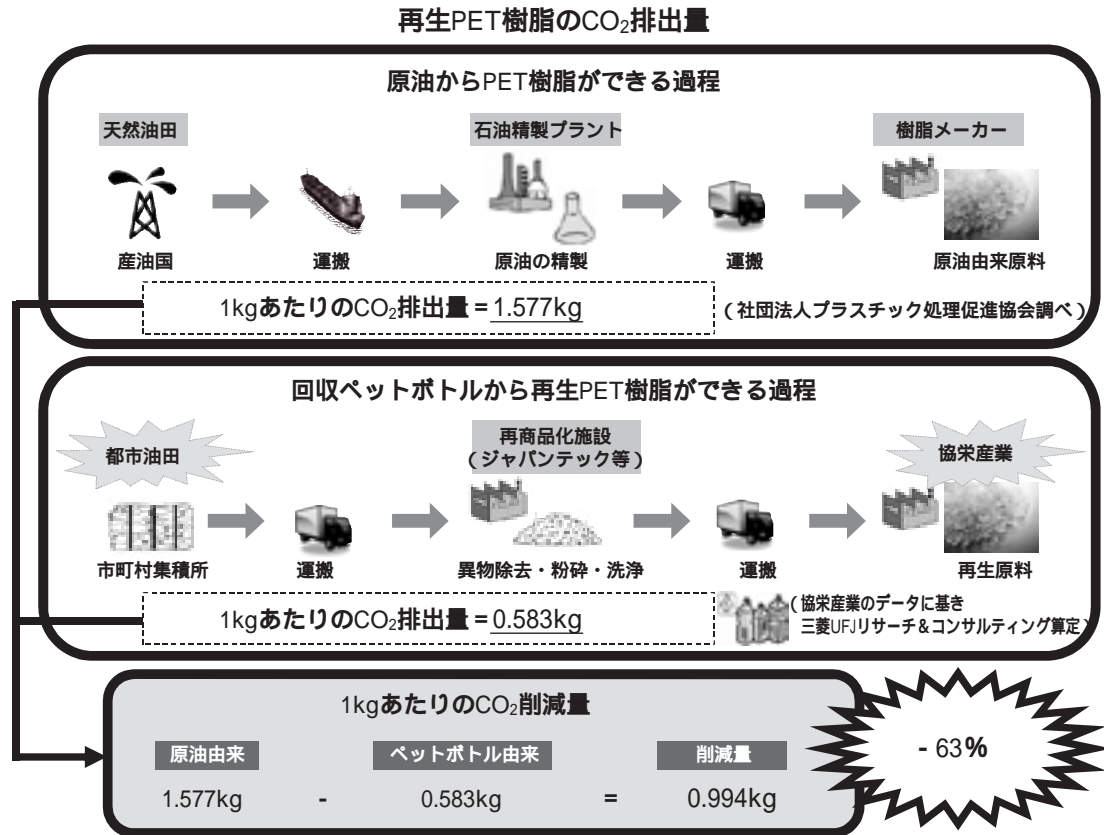


図4 再生PET樹脂のCO₂削減効果

3. PETボトルリサイクルの現状

ここまでPETボトルリサイクルが資源環境制約という日本が直面する困難な課題を克服するのに効果的な取り組みであることにふれてきた。実際そうした面が高く評価されつつある。にもかかわらずリサイクル業界は使用済みPETボトルが海外に流れ出ていくことで慢性的な物不足とそれに起因する業者間の過当競争に苦しめられているというのが現状なのである。以下では現行システムの土台である容器包装リサイクル法の背景とその仕組みを再確認したい。

3.1 容器包装リサイクル法の背景と仕組み

容リ法制定の背景には、市町村の焼却施設不足への対応・最終処分場の延命という目的があった。1980年代後半から90年代前半、日本は「大量生産・大量消費・大量廃棄」という時代にあり、家庭ごみの排出量が年々増加した結果、最終処分場の残余年数が逼迫し社会問題化した。そのため、家庭ごみの約6割を占める容器包装廃棄物の減量と資源の有効活用確保を図る目的で、容リ法は平成7年に制定され平成12年に完全施行された。

容リ法では、消費者には「分別排出」、自治体に

は「分別収集」、事業者には「再商品化(リサイクル)」の役割を求めているが、リサイクルの義務を負う事業者は「特定事業者」と呼ばれ、容器を製造するボトルメーカー、容器を利用して飲料などを販売する食品メーカー、コンビニ、スーパーなどの流通系企業が該当する。特定事業者は、容器包装の重量に応じて指定法人である(財)日本容器包装リサイクル協会(以下、「容リ協会」と略記する)に再商品化費用を支払い、協会はその委託金でリサイクルの義務を代行する。自治体は、法律に定められた「分別基準」に適合するようペール化して保管する。ペールは容リ協会に登録している再商品化事業者(再資源化を行うリサイクル事業者)が自治体から引き取り、委託金を受け取って再生処理を行う。以上が、容リ法で定める元々のリサイクルの流れの概要である(図5参照)。

3.2 容リ協会引取量の減少と使用済みPETボトルの有価転換およびその問題点

ところが、容リ法によって定められた仕組みは維持されているものの、その中身は現在大きく姿を変えてしまっている。1つは委託費用を受け取ってリサイクルするはずであったものが、年々委託費用の目減りが起こり、平成18年にはいつの間にか逆に使用済みPETボトルを買い付けて行うリサイクルに転

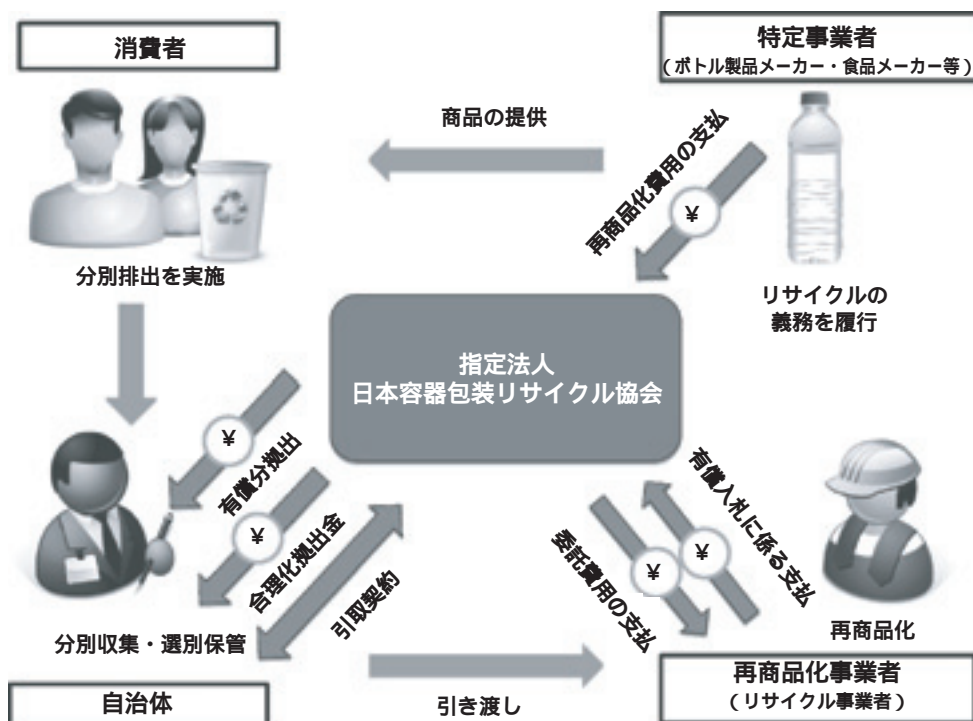


図5 容器包装リサイクル法の仕組み

換したことである。もう一つは分別収集実績量（市町村が収集している全体量）が継続的に増加しているにもかかわらずこの仕組みに則って処理される量は平成16年度を境に減少を始めたということである。

委託費用の目減り、その延長線上での有償への転換は、石油由来PET樹脂価格の上昇に連れて再生PET樹脂の販売価格も上昇した結果であるという説明がなされることもある。しかしながら使用済みPETボトルの価値は石油由来PET樹脂の価格上昇と比較にならないほど大きく上昇しており、この上昇幅は市況要因などでは説明が付かない。平成9年から平成20年までの間に石油由来PET樹脂は大きく見ても20～30円程度しか値上がりしていないのに対し⁽⁶⁾、使用済みのPETボトルの価値はそれを大幅に上回る122円の上昇をしているのだ⁽⁷⁾。

これは平成16年度を境にこの仕組みに則って処理されるPETボトルの量が減少に転じたことと大きく関係していると思われる。処理量の順調な伸びを見込んだ処理能力の増強や新規業者の参入により、国内の使用済みPETボトル処理能力は平成16年度には40万トン程度まで膨れあがった。そうした中、容リ協会引取量の大幅な減少が激しい過当競争に繋がり、その結果として入札単価が異常高騰したことは疑う余地が無い（図6参照）。

容リ協会引取量の減少は、国やPETボトルリサイクル関連諸団体などが容リルートへの円滑な引き渡しを市町村に対して継続的に働きかけてきたこと

や平成20年度に発生したリーマンショックの際海外への使用済みPETボトルの流れがストップしたことが廃棄物としてのPETボトルの取り扱いを再考するきっかけになったことなどから若干反転した。一昨年から本年まで3年間にわたり約20万トン程度の引取量に落ち着いているが、この数字も家庭から出てくる使用済みPETボトルが30万トン強有ることを念頭に置くと決して十分ではない。また、処理能力約40万トンに対して協会引取量が20万トンに留まるということは平均稼働率が50%にしかないということであり、そのような状態では過当競争の構図もなかなか改善しない。この為、著しく悪化した再商品化事業者の採算性は、複数の事業者が事業の撤退や断念を余儀なくされた平成17年から平成20年あたり以降著しく低い状態が続いている。

4. PETボトルリサイクルの課題 - 海外へ流出する使用済みPETボトル -

4.1 使用済みPETボトルが海外へ流れ出ている実態

それでは、なぜ協会引取量が減少しているのか？その理由は使用済みPETボトルの海外輸出が大幅に増加している点に求めることが出来る。

海外諸国の中でも中国は2,200万トンを超える繊維向けPET樹脂需要のうち400万トン程度を再生PET樹脂に置き換えられると言われており、非常に旺盛な再生PET樹脂需要を顕在化させている。日本では容

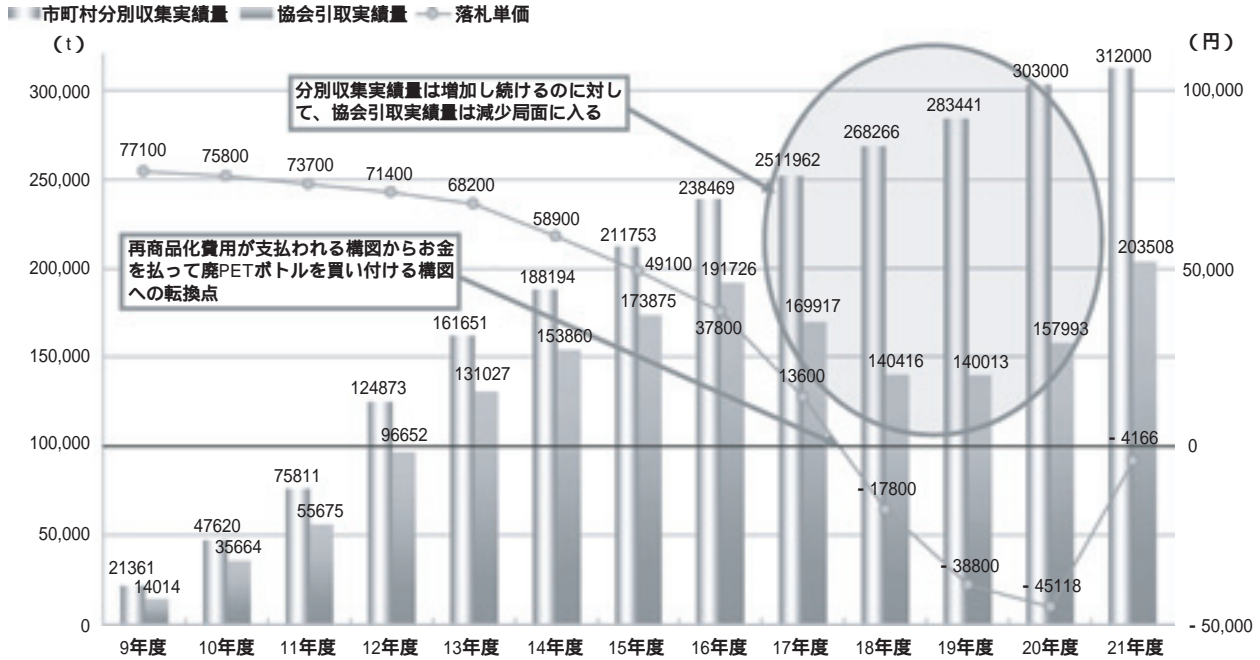


図6 使用済みPETボトルの数量実績

リ法に基づくPETボトルの分別回収が定着し、「ラベルを取って、キャップをはずして、軽くすすいで」といった市民の協力が行き渡っているため使用済みPETボトルが他国に比較して非常にきれいであるが、このきれいな使用済みPETボトルは、巨大な再生PET樹脂需要を抱える中国から見ても魅力的な資源なのである。実際に輸出量を見ても、2000年初頭には10万トンに満たなかった輸出量が2006年には26万トン強、2010年には38万トン弱とこの10年間で4倍を超える拡大を見せている⁽⁸⁾。

また、最近では家電製品にエコ素材を使用する動きが活発化しており、米国を中心に再生樹脂の使用量によって家電製品をランク付けするようなシステムが広がりつつあるが、それを受けて韓国のサムソン・LGなどの巨大家電メーカーも積極的に再生PET樹脂を採用する動きを見せている。ロンドンオリンピックもエコを追求する姿勢を表明しているため、多くのユニフォームに再生PET樹脂製繊維が使用される予定であるが、ナイキ・アディダスなどの巨大スポーツ用品メーカー向けに繊維を販売しているのは台湾・韓国を中心とする繊維メーカーであるため、ここでも日本のきれいな使用済みPETボトルに旺盛な需要が集まっている(図7参照)。

4.2 PETボトルリサイクルを海外依存することの問題点

中国を始めとする海外諸国は競争力のある安い労働力を武器に、リサイクル処理コストが日本と比較して大幅に安いというメリットを活かして使用済みPETボトルを高く買い付ける。予算難に苦しむ市町

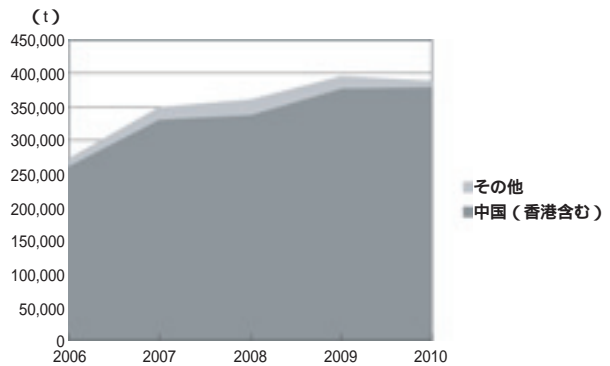


図7 PETくず輸出数量
出所：財務省貿易統計

村は高く買ってもらえる海外輸出ルートに魅力を感じ容リ法ルート外での使用済みPETボトル販売を行う。一見合理的な判断に思えるがそこには大きな落とし穴がある。容リ法ルートでの国内循環であれば、使用済みPETボトルが再商品化事業者の手によってフレーク化される段階・フレークが高度化リサイクル等によってペレット化される段階・利用事業者の手で製品化される段階の各段階で付加価値や雇用の創造がなされる。一方、輸出ルートの場合は、処理・加工が施される前に使用済みPETボトルがそのまま他国に移転してしまう。この為、本来国内で創出されるべきKgあたり数百円にもなる付加価値が容リ法ルートと輸出ルートとの間の原材料段階での、即ち使用済みPETボトルのわずかな価格差のために消え去ってしまい、雇用の創出もなされない。若年層が就職難にあえぐこの時代に、折角雇用を創出できるチャンスがあるにもかかわらずその

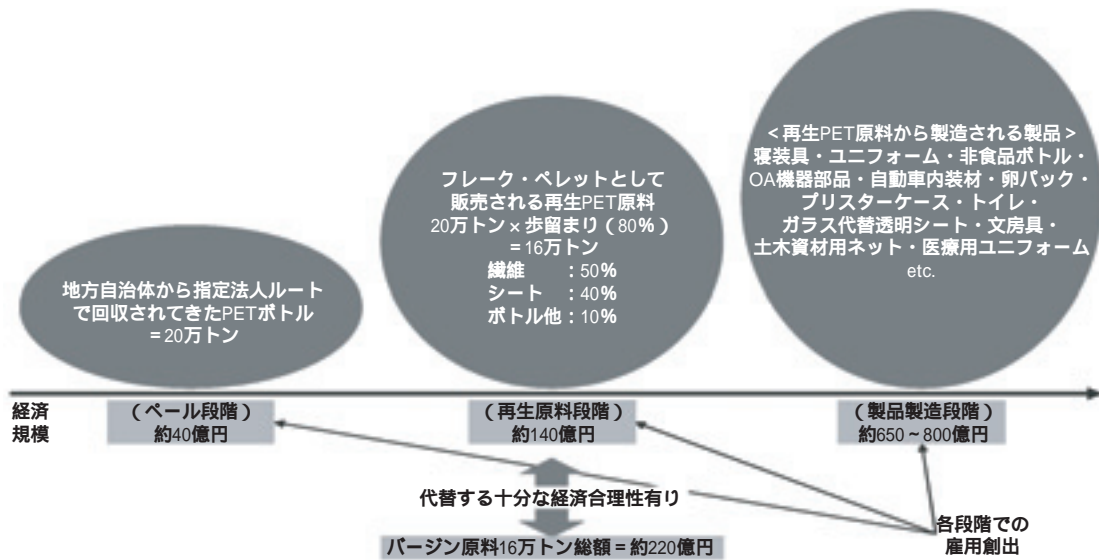


図8 付加価値創造のイメージ図

チャンスをつぶしてしまふ。図8はPETボトルの付加価値創出をイメージ化した物である。

上述した点以外にも、廃棄物処理の観点・再生可能資源有効活用の観点から以下のような問題点が懸念される。

- (1) ゴミ処理の安定性・持続性は確保されるのか
 いかにより高い資源価値があるとはいえ使用済みPETボトルは排出された段階では廃棄物である。工業製品であれば相手国の需要が減退した場合には他の取引国を検討したり、状況によっては製造を中止することも出来る。しかしながらゴミの場合は日常生活の中から必ず発生するものであり、相手国が受入を拒否したからと言ってすぐに発生をゼロにすることは不可能である。PETボトルリサイクルの海外依存度がこれ以上高まれば、リサイクルインフラそのものが消滅する危険性も現実化しており、そうなった場合に再びリサイクルインフラを構築し直すのは至難の業であり、相手国から受入を拒否された使用済みPETボトルが街にあふれ出すといった廃棄物問題に繋がりがかねない。廃棄物処理は最終的に自国の責任において行わなければならないことに十分留意する必要がある。

(2) 廃棄物の適正処理確保が困難

廃棄物は適正に処理された後でなければその輸送経路や保管場所を汚染する懸念が大きい。適正処理の確保はPETボトルリサイクルにおいても重要なポイントとなる。いくら日本の使用済みPETボトルがきれいとはいえ、それは廃棄物であり排出経路において多少汚れてしまうのは当然のことなのだ。ところが、海外諸国は安い労働コストを最大限に活かすために、日本での手間は最小

限に抑え(=汚いまま出荷し)、手間が掛かる作業は自国に輸入してから行うのが一般的であり、適正処理確保がなされていないケースも多く見られる。適正処理されず汚染されたままの使用済みボトルやフレークが出荷されているとすれば、それらは後々輸出相手国とのゴミ問題となって表面化することに繋がる恐れもある。

(3) 環境効果の海外流出

冒頭でもふれたように、PETボトルリサイクルには環境制約の克服に繋がる大きなCO₂排出量削減効果を内在している。しかし、この効果は石油由来PET樹脂が再生PET樹脂に置き換わることで発現するため使用済みPETボトルが海外輸出された場合にはその効果も相手国に取り込まれることとなり、日本としては大きな損失を被ることとなる。

加えて先の改正容り法においては、「再商品化のための(使用済みPETボトルの)円滑な引き渡し」が基本方針に定める事項に追加されて国の方針としてより明確化されたことから分かるように、容り法に基づかないリサイクルの流れは国の方向性と異なることは言うまでもない。

5. 課題克服への取り組み

第4章でPETボトルという資源が海外に大量輸出されているというPETボトルの国内循環を阻害する問題点を取り上げたが、この問題点を克服するために日本のPETボトルリサイクルはどうあるべきか、市場の実態を踏まえながらその方向性を探りたい。

5.1 再生 PET 市場の実態

PET樹脂の物性における主要指標の中に粘度を表す値という値がある。この値が高ければ高い方が樹脂の粘りは強く水飴状になり、低ければ低いほどさらりとした水のような状態に近くなっていく。一般的に使用されるPET樹脂において最も高い値が求められるのがPETボトル用途の0.80、卵パックなどに用いられるシート用途は0.68～0.72、衣料などに使用される短繊維用途は0.58程度と、用途に適した値がある。PET樹脂は熱を加えるたびに物性が劣化し樹脂のIV値が低下していく性質を持っているため、これまでのマテリアルリサイクルでは、値の高い製品から低い製品に再生できても、その逆は不可能であった。つまり、リサイクルはループ状ではなく、樹脂の使用用途を変えることで何度か再利用できるものの、段階的に品質が劣化し最終的にはリサイクル不能な状態に陥る。この段階的に品質が落ちてしまうリサイクルは「カスケードリサイクル」と呼ばれている(図9)。「カスケードリサイクル」は樹脂の特性を活かしたりリサイクル手法ではあるが、このリサイクル手法は技術力が低くても実行可能であるため海外諸国でも簡単に商業化できる。現実に中国などで再生PET樹脂が使用されるのはほぼ100%この「カスケードリサイクル」に当てはまる分野であり、この分野で競争する限り労働コストの高い日本の勝ち目は薄い。また、カスケードリサ

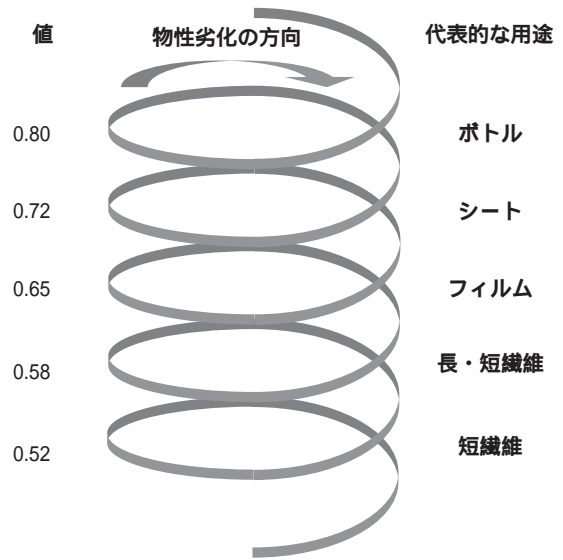


図9 カスケードリサイクルの概念図

イクルの範疇で製造される商品群には付加価値の低い商品群が多いのももう1つの問題である。

それでは、日本で再生PET樹脂が使用されている製品用途はどのようになっているのだろうか。それを指し示しているのが表1である。

表中の食品トレイは、ほぼ全量が卵パック・果物トレイといったカスケードリサイクルの代表例であり、繊維用途も自動車関連・布団の中綿・ユニフォームなどの衣料・土木・建築資材など同様にカスケードリサイクルの範疇に属するものである。こ

表1 国内の使用済みPETボトル再生品の具体的製品例と使用量 (単位:千トン)

	製品例	使用量
シート	食品用トレイ (卵パック、果物トレイ等)	67.4
	食品用中仕切 (カップ麺トレイ、中仕切)	5.5
	ブリスターパック (日用品等ブリスター包装用)	12.1
	その他 (工業部品トレイ、事務用品等)	10.0
繊維	自動車関連 (天井材や床材等内装材、吸音材)	29.0
	インテリア・寝装寝具 (カーペット類、布団等)	15.1
	衣料 (ユニフォーム、スポーツウェア等)	13.0
	土木・建築資材 (遮水、防草、吸音シート)	9.5
	家庭用品 (水切り袋、ハンドワイパー等)	4.1
	その他 (テント、防球ネット、作業手袋、エプロン)	2.0
ボトル	非食品用ボトル	1.7
成形品	一般資材 (結束バンド、回収ボックス、搬送ケース)	1.0
	土木・建築資材 (排水管、排水枘、建築用材等)	1.9
	その他 (ごみ袋、文房具、衣料関連等)	2.4
他	その他 (添加材、塗料用、フィルム等)	0.2

出所: PET ボトルリサイクル推進協議会

の表からも分かる通り日本においてもこれまではほとんどカスケードリサイクルによってPETボトルリサイクルが行われてきたことが見て取れる。カスケードリサイクルは樹脂の特性を活かしたリサイクルであり全否定されるべきものではない。日本のリサイクルがカスケードリサイクル一辺倒であり、この点において日本でリサイクルすることの意義を十分に確立できていないことがPETボトル大量海外輸出の一因となった面は否定できないだろう。

5.2 高度化リサイクル (Upcycling) による高付加価値用途への転換

この問題点を克服するための一つ目の方策が高度化リサイクル (Upcycling) による高付加価値用途への転換である。従来では短繊維用途や卵パック・果物トレイが再生PET樹脂固有の市場と位置づけられた結果再生PET樹脂使用製品同士の競合、ひいては海外諸国製品との競合に曝されてしまっていた。これに対して、飲料ボトルや化粧品ボトル、包装用フィルム、食品直接接触包材などは一旦劣化した物性を回復させたり、異物除去・有害化学物質除去をしたりといった高度な技術を伴うリサイクルの手法が必要であるがゆえに、これまでは石油由来PET樹脂によってのみ製造されてきた商品群である。この為、高付加価値であると同時に海外諸国では技術的なハードルがクリアしづらく、海外製商品との単純な価格競争に曝されにくい。この用途のシフトを図に示したのが図10となる。従来用途構造のうちの95%以上を占めてきた卵パック・果物トレイなど(図

中では楕円に囲まれた部分)の用途から上述した用途へのシフトを図っていかうというものだ。

高度化リサイクルの実現には食品用途に適合する安全性の確保と石油由来樹脂同等の品質を達成しなければならないという大きな課題があるが、この実現の切り札として注目されているのが、再縮合重合反応方式を採用したメカニカルリサイクル技術である。この技術を用いれば、値をコントロールしつつバージン原料と同品質の再生PET樹脂を製造することが可能だ。メカニカルリサイクルの工程は、フレーク製造工程とペレット製造工程の2段階からなる。まず、選別したペールを粉砕し、風力分離、比重分離した後、樹脂についた糖分などを徹底した特殊な洗浄により純度の高い再生PETフレークを生産する。このフレークを真空・高温の特殊な条件下で再縮合重合反応を起こして汚染除去したうえでペレット化する。縮合重合反応とは、複数の化合物が互いの分子内に存在する水(H₂O)などの小分子を取り外しながら結合(縮合)し、それらが連鎖的につながって高分子を生成(重合)することをいう。この縮合重合反応により、切断された分子の鎖が再結合し物性回復できることが、メカニカルリサイクルの特徴である。さらに、この過程でIV値を制御する技術が開発されたことにより、用途に適した値を持つ再生PET樹脂を生産できるようになった。この技術を用いれば値が低下した再生PET樹脂でも、ふたたびPETボトルに適した値0.80を超える値にまで回復させることができる。従来の技術が段階的に品質を劣化させるカスケードリサイクルで

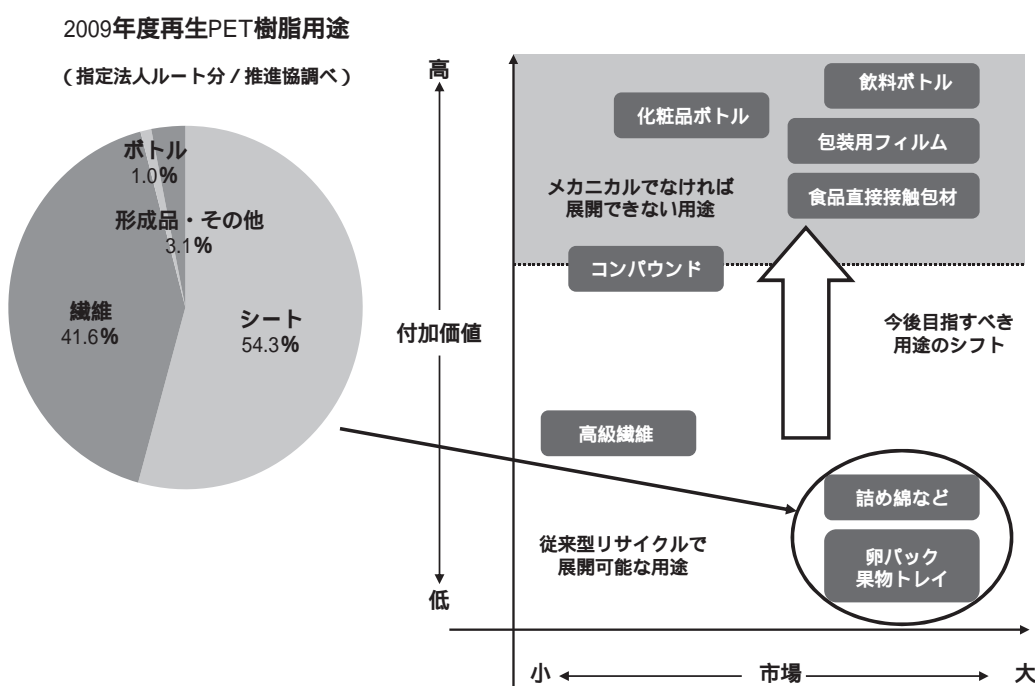


図10 高付加価値用途への展開

あったのに対し、再縮合重合反応方式のメカニカルリサイクルは何度リサイクルしても物性値が劣化せず元の物質に戻せるため「水平リサイクル」と呼ばれている。

また、再縮合重合反応方式のメカニカルリサイクルは、真空・高温下で化学反応を起こすため、その過程で汚染物質が揮発・除去されて高い安全性を得られるメリットがある。弊社では、この再縮合重合反応システムで生産される再生PET樹脂が食品包材用原料にFDA（米国食品医薬品局）の要求している高い安全基準をクリアする品質を実現していることを独フランホーファー研究機関で既に確認済みである。さらにRoHS指令をはじめ欧州の各種法令に合致することを示すためにSGSなどの第三者機関で検査を実施しており、あらゆる重金属・化学物質の付着・混入がないことも証明されている。つまり、再縮合重合反応方式のメカニカルリサイクルで生産された再生PET樹脂は、物性・衛生度・安全性ともにバージン原料のPET樹脂と同等の品質を備えているということなのである。しかも、経済的、LCA的にも優れており、経済合理性に見合った再生PET樹脂の生産が可能だ。

5.3 生産者（ボトルメーカー・飲料メーカー）のリサイクルチェーンへの参入促進

もう1つの課題克服への方策は生産者をリサイクルチェーンに巻き込み、Bottle to Bottle（B to B）

という水平的なリサイクルループを構築して国内循環への求心力を働かせることであるとの考え方に基づき、新たなリサイクルチェーン構築のための取り組みを開始している。

従来のリサイクルチェーンにおいては、入口（ボトルメーカー・飲料メーカー）と出口（繊維・シートメーカー）が別々であったことから、そのリサイクルはUの字リサイクルであったと言える。このUの字リサイクルも容リ法スタートから数年間は制度の力と樹脂の特性を活かした「カスケードリサイクル」の手法により上手く機能していた。しかしその後、天然資源の高騰や新興国の著しい経済成長により海外の循環資源需要が拡大した結果、独自処理や自主回収ルートから使用済みPETボトルが資源として海外に輸出されるようになり、リサイクルシステムはLの字を描く形に変化し、現在もこの状況が続いている。これはUの字リサイクルにおいては生産者であるボトルメーカーや飲料メーカーの元に再生資源が戻ってこないため循環という理念よりもコスト低減という経済性が優先され、経済性が優先された結果労働コストの低い海外諸国にものが流れていったとも解釈される。筆者らはこうした現象でよく見られる経済性優先を遠心力にたとえ、Uの字リサイクルが遠心力によってLの字リサイクルに姿を変えていったと捉えている（図11）。

ここに、従来は技術的なハードルもあって実現できなかったB to Bループを加えるとどうなるのである

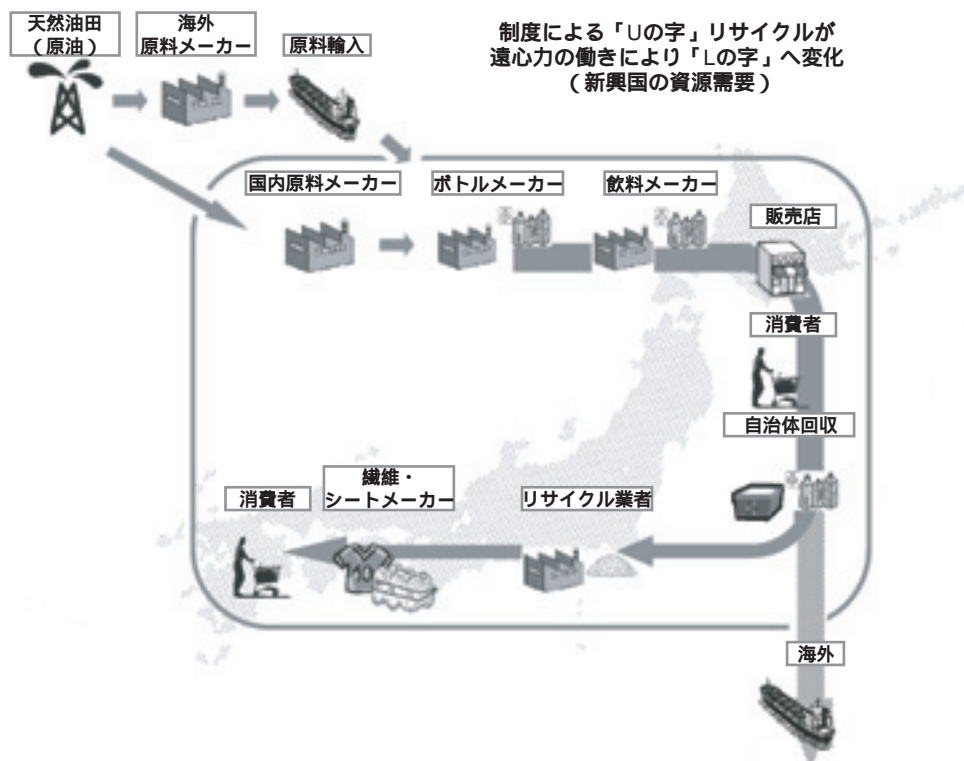


図11 遠心力によりLの字に変化したリサイクル

うか。そうすればこれまでとは異なり、再生PET樹脂が生産者であるボトルメーカー・飲料メーカーに戻ることとなって枯渇性天然資源の使用抑制やCO₂排出量削減効果が生産者に還元されることもあり、「循環という理念」が大きくクローズアップされる、即ち使用済みPETボトルを経済性優先という遠心力から解き放ち国内循環に戻すという大きな求心力が働く「Oの字リサイクル」が構築できると考えている。「B to B」の実現により求心力の働くリサイクルシステムが構築できれば、国内循環が活発化することで既存用途への再生PET樹脂供給もより円滑化することで国内での「都市油田」の更なる有効利用が図れ、全体として資源環境制約への対応力強化や雇用創出、国内経済活性化が可能になると期待している(図12)。

6. おわりに

日本のリサイクルシステムは世界に誇れる素晴らしいシステムである。それは容り法という枠組みの中で市民一人一人がリサイクルの輪に参加し、効率的なAll Japan回収システムが構築されていることからみて明らかだ。これだけきれいな使用済みPETボトルが国の定めた枠組みに基づき回収され、質と量を両立されたリサイクルに繋がっている国は他の海外諸国に例を見ない。そしてそのことはB to Bを始

めとする高度化リサイクルが進めば進むほど、高品質が要求されればされるほど威力を発揮していく。つい先頃も世界的な大手飲料メーカーが運営する米国のB to Bリサイクルプラントが稼働を休止したというニュースが流れた⁽⁹⁾。休止要因の1つは回収されるPETボトルが汚いため歩留まりが悪く、計画の数十分の一しかB to B用途に使用出来なかったことが原因であると言われている。もし日本の容り法による回収ボトルをインプット材として使用していれば、そのような事態は起こらなかったであろう。

「消費者の手に渡ったPETボトルがもう一度PETボトルに生まれ変わる」という、子どもから高齢者に至るまで幅広い年齢層の市民に一番理解しやすい国内循環の仕組みをつくりあげ、それを求心力としながら既存用途のPETボトルリサイクルをも活性化させていく、それが資源小国日本の重要な資源・環境戦略の礎になるのではないだろうか。

《参考資料》

- (1) 「2010年版ものづくり白書」経済産業省・厚生労働省・文部科学省
- (2) 「PETボトルの回収率推移」PETボトルリサイクル推進協議会ホームページ
- (3) 「国内排出量取引制度」環境省ホームページ
- (4) 三菱UFJリサーチ & コンサルティング株式会社
- (5) 「石油化学製品のLCIデータ調査報告書<更新版>」(2009年3月) P76. より
B-PET (ボトル用ポリエチレンテレフタレート) 1.577kg-CO₂/kg 社団法人プラスチック処理促進協会

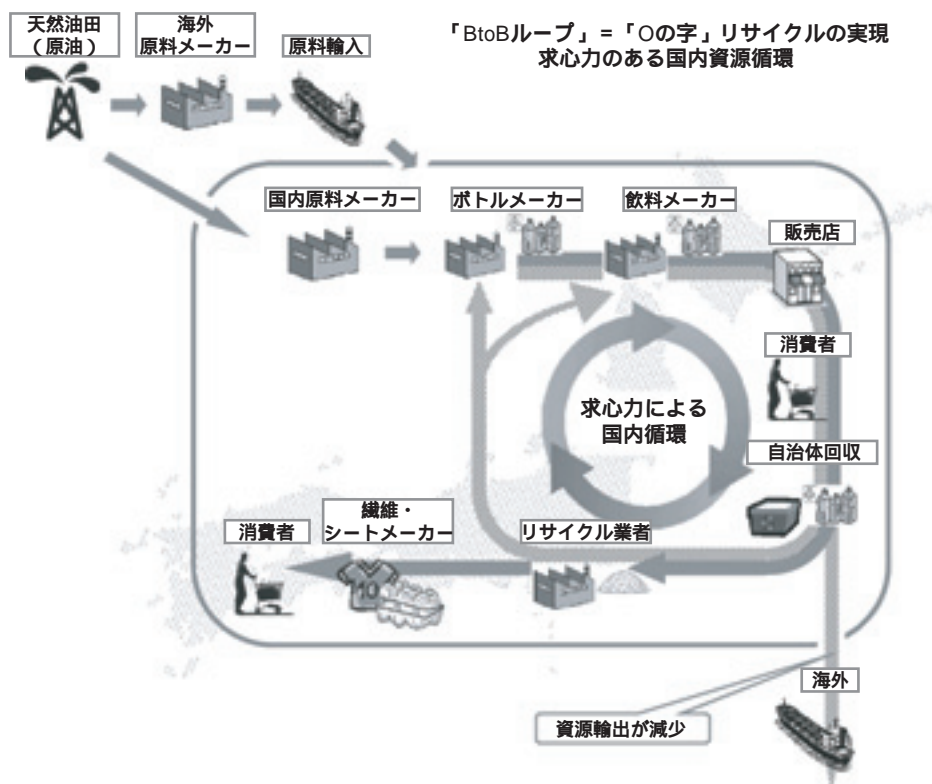


図12 「B to B」ループの実現により求心力の働くOの字リサイクルへ

- (6) 「財務省貿易統計 390760000 ポリエチレンテレフタレート」財務省
- (7) 「PETボトルの落札単価<加重平均>」(財)日本容器包装リサイクル協会
- (8) 「財務省貿易統計 391590100 プラスチックくず ポリ(エチレンテレフタレート)のもの」財務省
- (9) PLASTICSNEWS.com April 18,2011
 - ・「ペットボトルリサイクル制度の現状と課題」環境省 上田康治氏
 - ・「PETボトルのリサイクルについて～現状と課題」経済産業省 岡田俊郎氏
 - ・「国際資源循環とPETボトルリサイクルの今後の方向性について」慶應義塾大学 細田衛士氏
 - ・環境省 ホームページ
 - ・経済産業省 ホームページ
 - ・(財)日本容器包装リサイクル協会 ホームページ
 - ・PETボトルリサイクル推進協議会 ホームページ
 - ・廃PETボトル再商品化協議会 ホームページ