

## 【概要編】

### 1. 背景および目的

容器包装リサイクル法の基本方針において、容器包装廃棄物の分別収集及び分別基準適合物の再商品化の促進等に当たって、LCA 手法について調査研究の推進、確立を進め、その実施結果の提供、活用が求められている。

本調査研究では、容器包装リサイクル法の対象である、ペットボトル及びその他プラスチック製容器包装について、現行の種々の再商品化手法の環境負荷を明らかにするとともに、各手法の環境影響を適切に評価する手法について調査することを目的とする。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査項目

##### (1) 再商品化手法にかかわるインベントリ調査

再商品化およびそれに続く容リプラ利用製品の製造加工にかかわるインベントリを調査する。

##### (2) 再商品化手法のライフサイクルインベントリ分析

対象範囲を容リプラ利用製品の利用製品化まで拡張し、ライフサイクルにおける環境負荷（今回は二酸化炭素排出量）を比較、分析する。

#### 2.2 対象システムおよびシステム境界

本調査では、表 1 に示す使用済み容器包装プラスチックの各種再商品化手法について、使用済みプラスチックペールが再商品化事業者の処理施設に搬入されてから容器包装リサイクル法に規定されている再商品製品とするまでの範囲、および再商品化された製品を用いて容リプラ利用製品とするまでの範囲をシステム境界とした。高炉還元剤の高炉利用および原料炭代替物のコークス炉利用は容リプラ利用製品の利用製品化として扱った。

表1 対象プロセスおよびシステム境界

分類	再商品化プロセス		利用製品化プロセス	データソース
	システム境界 <再商品化製品>		システム境界 <容リプラ利用製品>	
PETボトル	PET フレーク化	搬入～破碎・洗浄・選別 <再生PETフレーク>	ステーブル加工 <再生PET短繊維>	文献
	原料モノマー化(DMT)	搬入～破碎・選別～解重合～重合 <再生PET樹脂>	ボトル成形 <再生PETボトル>	文献/ ヒアリング 2社
	原料モノマー化(BHET)	搬入～破碎・選別～解重合～重合 <再生PET樹脂>		
その他プラスチック	PSペレット化	搬入～破碎・洗浄・選別～造粒 <再生PSペレット>	シート成形～トレイ成形 <再生PSPトレイ>	ヒアリング 1社
	POペレット化	搬入～破碎・洗浄・選別～造粒 <再生POペレット>	パレット成形 <再生POパレット>	ヒアリング 6社
	POフラフ化	搬入～破碎・洗浄・選別～造粒 <再生POフラフ>		
	高炉原料化	搬入～破碎・選別～造粒 <高炉還元剤>	高炉利用	ヒアリング 1社
	コークス炉原料炭代替化	搬入～破碎・選別～造粒 <原料炭代替物>	コークス炉利用 <コークス、化成品、ガス>	ヒアリング 1社
	油化	搬入～破碎・選別～熱分解・分留 <炭化水素油>		ヒアリング 3社
	ガス化	搬入～破碎～ガス化～精製 <合成ガス>	水蒸気改質・精製～アンモニア合成 <合成アンモニア>	ヒアリング 2社
参考プロセス	焼却処理	単純焼却	(搬入)～焼却～輸送 埋立	文献
		発電/スーパー発電	(搬入)～焼却発電～輸送 埋立	文献
	サーマル	油化	搬入～油化～サーマル利用	ヒアリング 3社
		ガス化	搬入～ガス化～サーマル利用	ヒアリング 1社
セメントキルン		搬入～破碎～脱塩素～燃焼	ヒアリング 1社	

### 2.3 評価シナリオ

再商品化手法のライフサイクルインベントリ分析においては、リサイクルを実施する場合と実施しない場合について比較評価することが妥当である。この場合、図1に示すように、リサイクルを実施する場合（リサイクルシステム）に対して、リサイクルを実施しない場合（代替システム）には、使用済みプラスチックの廃棄処理（焼却・埋立）に、再商品化製品相当品を新規原料から製造する工程を加える必要がある。これらの環境負荷の差、すなわち図の網掛けの部分（太枠のプロセス）の差がリサイクル効果となる。

さらに再商品化製品を原料として使用した容リプラ利用製品までシステムを拡張した場合には、図2に示すように、それぞれ利用製品化およびこれに対応する新規材による製品化が加わり、同様にこれらを含めた差をリサイクル効果と考えることができる。

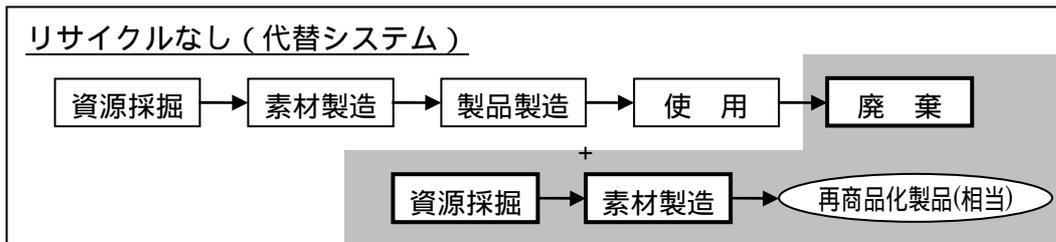
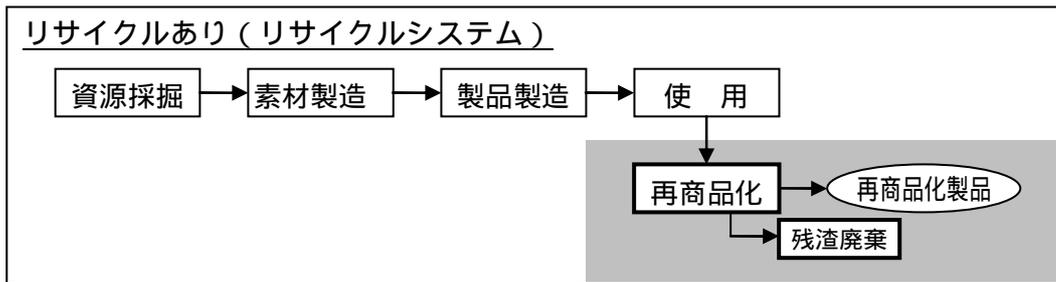


図1 リサイクル効果の評価の概念図

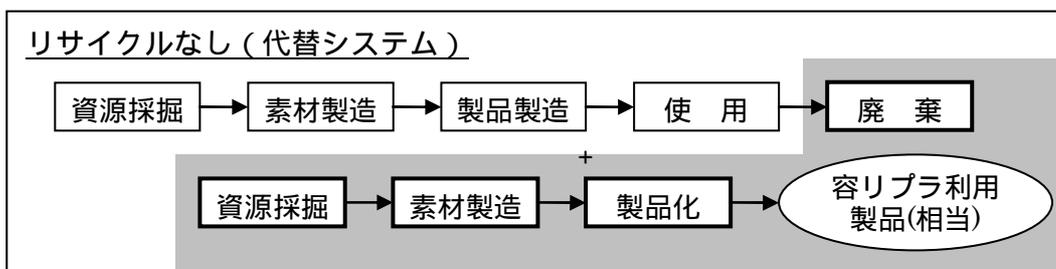
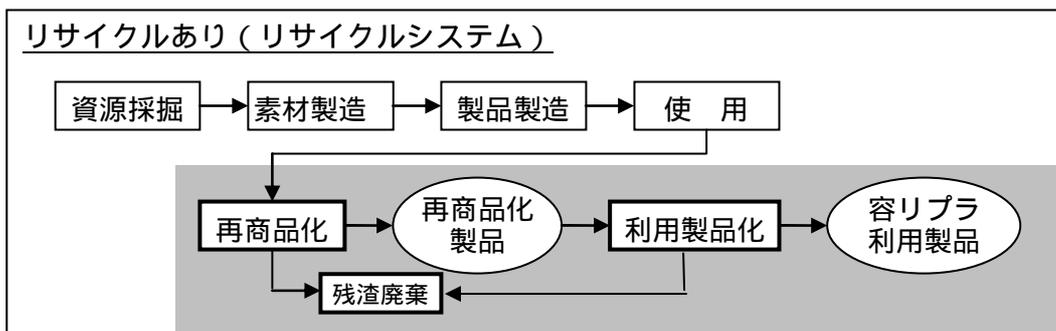


図2 容リプラ利用製品の利用製品化を含むリサイクル効果の評価の概念図

本調査では、比較対象となる代替システムの容リプラの廃棄処理については単純焼却とした。また、これとの整合性をはかるため、再商品化プロセスで発生する残渣のうち、廃棄物については焼却処理するものとして比較した。

プラスチック類の焼却処理による CO<sub>2</sub> 排出量については、プラスチック包装資材・容器の原材料別・製品別出荷数量から求めた材料構成比をもとに、水分、異物、未燃焼分等を 10% と仮定して、2.696 kg-CO<sub>2</sub>/kg-容リプラ とした。一方、その他プラスチックのマテリアルリサイクルで発生する残渣については、調査結果を参考に再商品化製品の回収率を 50% として、その残渣の構成比を求め、同様に 2.549 kg-CO<sub>2</sub>/kg-容リプラ残渣 とした。

### 3. 調査結果

#### 3.1 システム境界の設定

リサイクル効果の評価にあたっては、製品の機能が同一であることが前提となる。すなわち、再商品化製品が新規原料によるその製品と同等であるかが重要であり、本調査では表 1 に示すように再商品化製品を用いた容リプラ利用製品の利用製品化までシステムを拡張して検討した。

再商品化の範囲と利用製品化まで拡張した場合のリサイクル効果を図 3 および 4 に示す。

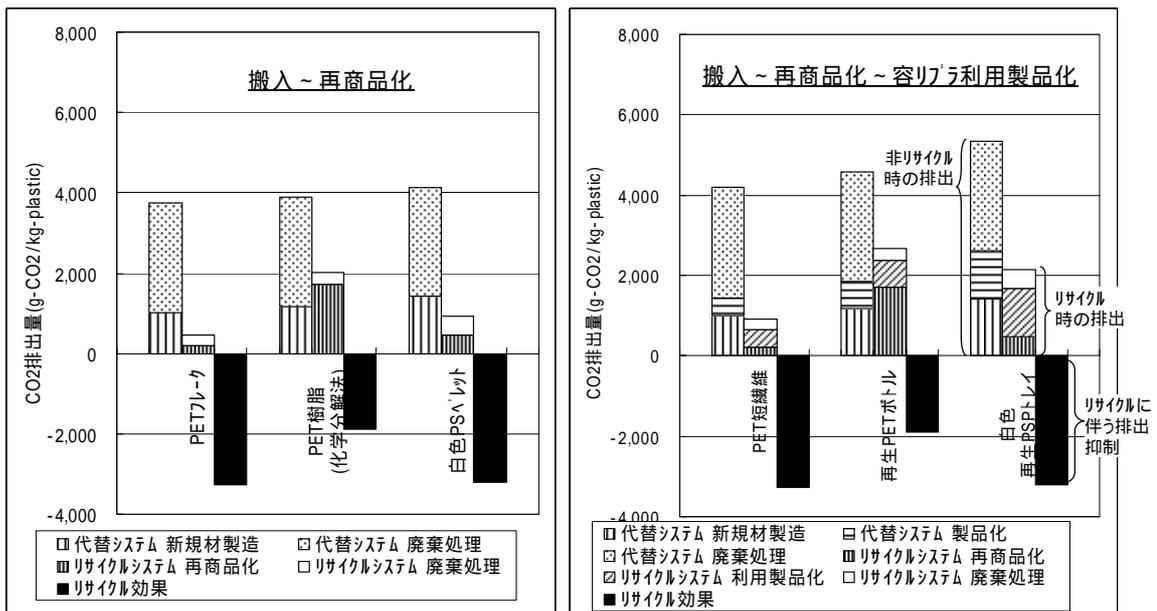


図 3 システム拡張による CO<sub>2</sub> 排出量に対するリサイクル効果 (1)

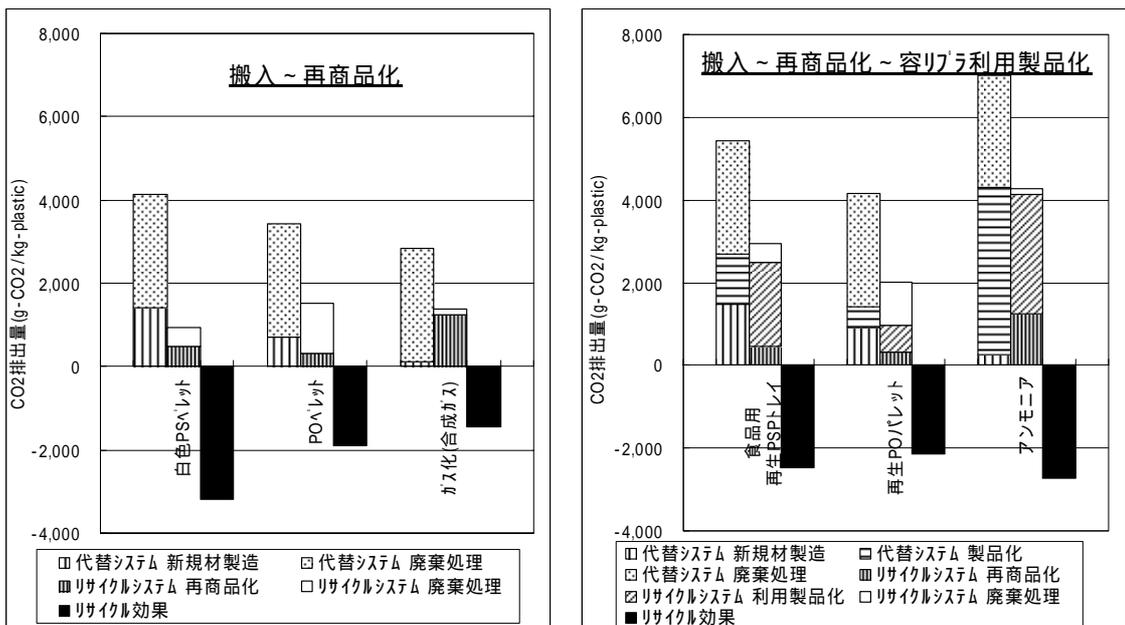


図 4 システム拡張による CO<sub>2</sub> 排出量に対するリサイクル効果 (2)

PET 繊維、PET ボトルおよび白色 PSP トレイについては、新規材と再生材とで最終の製品化への工程が同一であり、リサイクル効果はシステム境界が変わっても変わらない。一方、食品用トレイでは食品衛生上の問題から、またパレットでは、PO フラフ / ペレットが相当する新規材とは性状・品質が異なるため、最終の容リプラ利用製品化工程に工夫を凝らしており、そのためにリサイクル効果がシステム境界によって異なることになる。

ケミカルリサイクルによる使用済みプラスチックからの合成ガスは、例えばナフサからの合成ガスとは組成・性状が異なり評価が難しいが、アンモニア製造まで範囲を拡張すると、種々の製法によるアンモニアとの評価が可能となる。同じような観点から高炉還元剤および原料炭代替物についても、高炉およびコークス炉において使用してはじめてその機能に応じた評価が可能となる。

このシステム拡張の妥当性については、図 5 のように考えることができる。すなわち、容リプラ利用製品化工程と新規製品化工程が同一である場合には、それらの環境負荷およびリサイクル効果は同じであり、再商品化製品および相当品が同等であると評価できる。異なる場合には、さらに次の段階（ここでは製品 / 使用とした）までシステムを拡張することにより同様に評価できる。本調査では、取り上げた容リプラ利用製品は新規製品とほぼ同等と仮定し、 $R3 = V3$  ( $E3 = E2$ ) とした。なお、再商品化製品の品質については考慮していない。

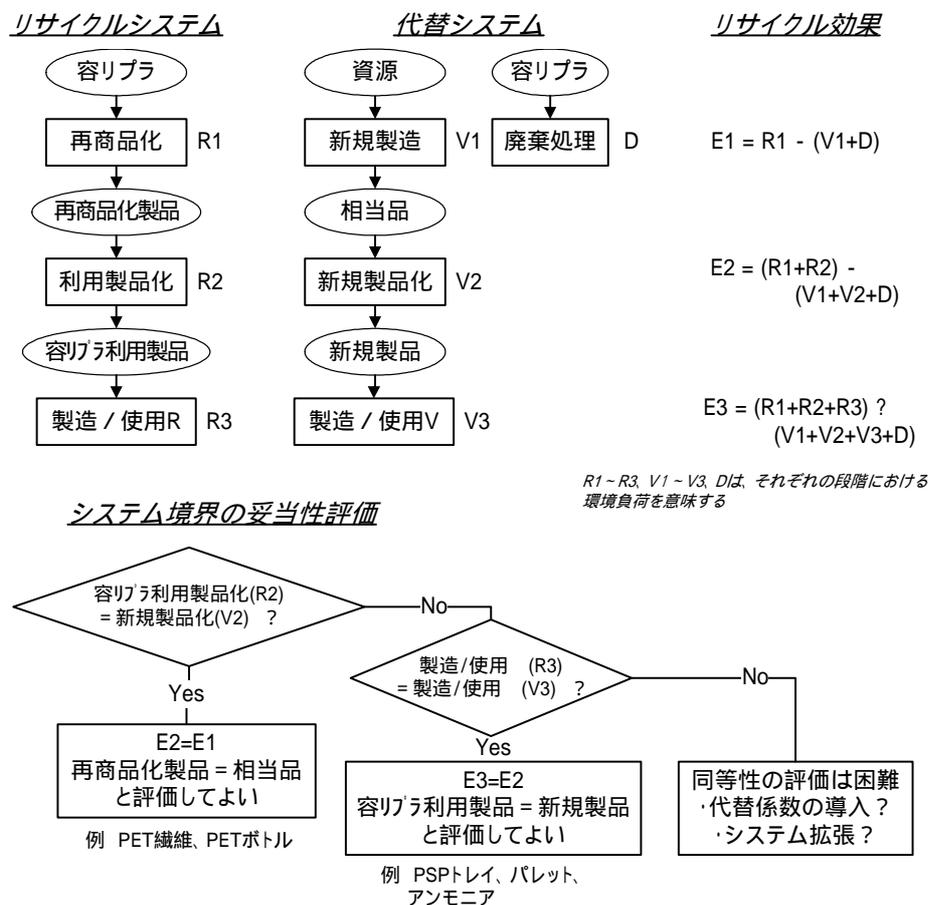


図 5 システム拡張とシステム境界の妥当性評価

このように、再商品化手法のリサイクル効果の評価にあたっては、製品の機能が同一となるように設定することが肝要であり、容リ法で規定される商品化の範囲を一律にシステム境界に設定することは適切とはいえない。

### 再商品化手法のリサイクル効果

前項で述べたように、再商品化手法のリサイクル効果の評価するには、システム境界を適切に設定する必要がある。そこで、現状のデータをもとに、容リプラ利用製品化まで拡張した場合の容リ・プラスチック 1kg あたりのリサイクル効果を図 6 に示す。なお、現状では、容リプラ利用製品化において、必ずしも再商品化製品を 100%配合しているとは限らず、新規材を配合している場合がある。

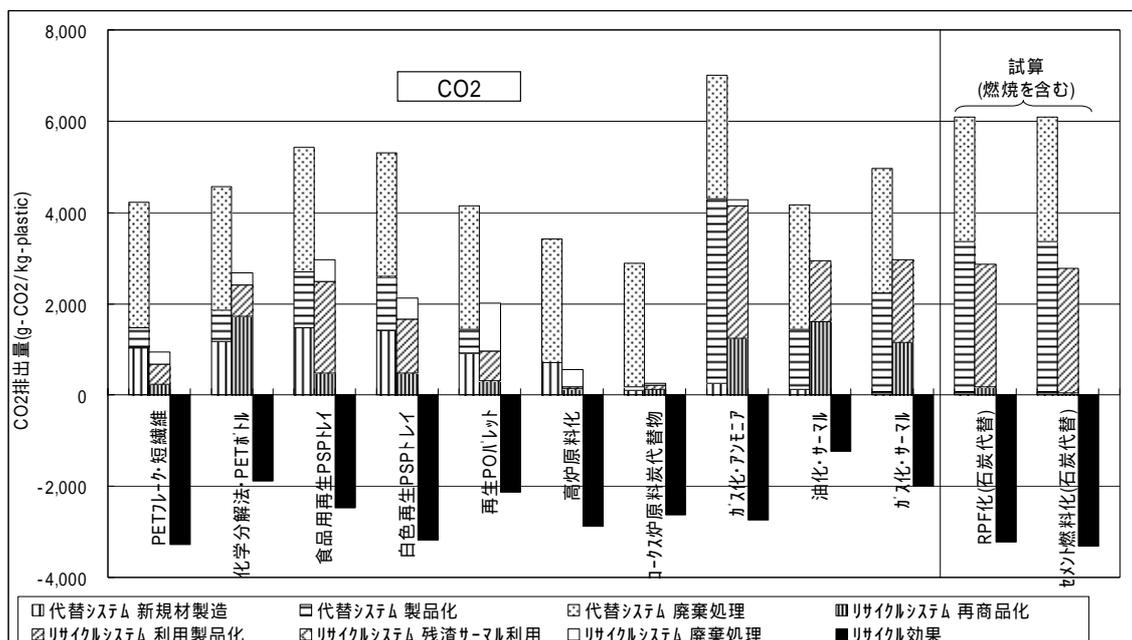


図 6 各種再商品化～利用製品化プロセスの CO<sub>2</sub> 排出量に対するリサイクル効果

CO<sub>2</sub> 排出量については、再生 PET 短繊維、再生 PSP トレイのほか、高炉還元剤利用、コークス炉原料炭代替利用、ガス化・アンモニア製造などのケミカルリサイクル、直接燃料として利用するセメントキルン燃料化でリサイクル効果が大きい。

### 残渣処理

その他プラスチックの材料リサイクルにおいては、多量に発生する残渣の処理が課題である。現状の材料リサイクルにおいては、残渣の約 70%が埋立処理、約 7%が焼却処理、約 23%が資源化処理として処理されている。

この材料リサイクルで発生する残渣を他のケミカルリサイクルやサーマルリサイクルの原料として再資源化することが考えられ、一部で検討が進められている。この場合、脱塩素処理など事前処理の強化が必要となるが、いま事前処理のうち脱塩素にかかわるエネルギー消費が 2 倍になったと仮定し、さらに残渣の性状を考慮して、いくつかのケミカ

ルリサイクルおよびサーマルリサイクルに適用した結果を図 7 に示す。

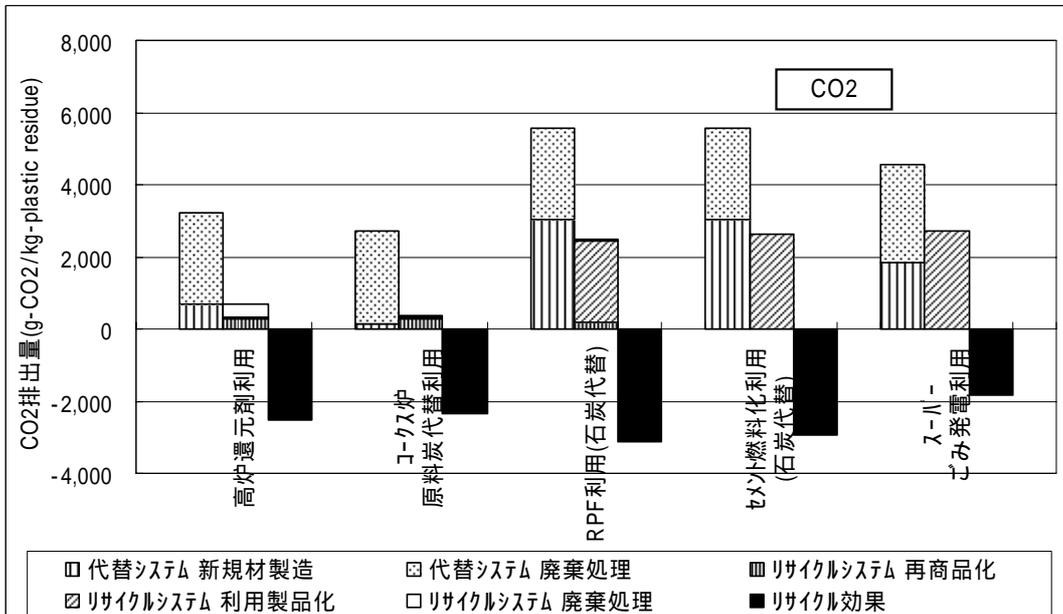


図 7 その他プラスチックのマテリアルリサイクル残渣 1kg あたりの再資源化効果

いずれの場合も大きな再資源化効果（リサイクル効果）が期待でき、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルあるいはサーマルリサイクルとの連携は有効と考えられる。

そこで、一例として、再生 PO フラフを用いた再生 PO パレット製造について、再商品化段階で発生する残渣の全量を、3.2 項で述べた再資源化処理した場合について試算した結果を図 8 に示す。ここで、再資源化としては高炉還元剤、RDF、セメントキルン燃料およびスーパーごみ発電利用を対象としたが、残渣を単純焼却処理する場合に比べて、いずれの再資源化によってもリサイクル効果は大きくなる。

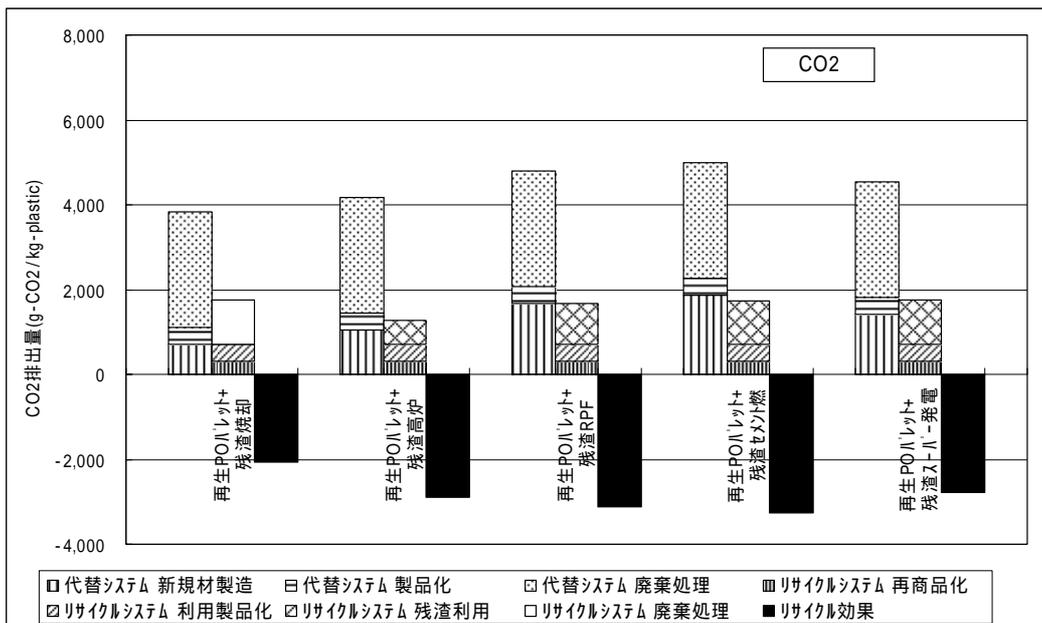


図 8 再生原材料利用および残渣のケミカル・サーマル利用による CO<sub>2</sub> 排出抑制効果

#### 4. まとめおよび今後の課題

本調査においては、昨年度実施した容器包装リサイクル法に基づく再商品化手法にかかわるライフサイクルインベントリ調査結果を踏まえ、インベントリデータの精緻化および再商品化に続く製品化にかかわるインベントリを調査した。一方で、これらのデータを用いて再商品化手法についての客観的で合理的な LCA 手法の確立を目指して検討した。

その結果、

- (1) 再商品化手法への LCA 手法の適用について、廃棄・リサイクル段階における環境負荷を、リサイクルを実施した場合と実施しなかった場合との差(本調査では、「リサイクル効果」と定義)として評価することで可能である。
- (2) 再商品化手法のリサイクル効果を評価するには、製品の機能が同一となるように設定することが肝要であり、容リ法で規定される範囲を一律にシステム境界に設定することは適切とは限らない。
  - システム境界を再商品化の範囲から容リプラ利用製品化まで拡張することにより適切な評価が可能となる場合がある。

例 PSPトレイ、パレットなどへのマテリアルリサイクル

高炉還元剤、原料炭代替物、ガス化などのケミカルリサイクル

- (3) 再商品化手法のリサイクル効果による評価について、現状ではリサイクルによってできた製品によって差はあるものの、データのばらつきもかなりあり、手法により有意差があるとはいえない。
- (4) 今回の調査では、再商品化によって得られた製品について、全て同一の評価としている。しかし、再商品化によって得られる製品については、完全にバージン材料と同等と評価できるものから、必ずしも高い評価が得られないものまで様々である。このため、今後は再商品化によって得られた製品の品質を L C A の中に組み込むための検討が必要である。
- (5) その他プラスチックのマテリアルリサイクルでは、大量に発生する残渣をケミカルリサイクルあるいはサーマルリサイクルなどの原料として再資源化することにより、環境負荷の低減が可能であり、今後のひとつの方向を示すものである。
- (6) 今回の調査では、再商品化手法の間の環境負荷低減効果を評価することを目的としている。しかし、同一の再商品化手法のなかでも、再商品化施設毎に効率や品質に大きな差があるため、個別の評価では、一定の品質基準や効率などを考慮すべきである。