

プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討（概要版）

平成 19 年 6 月

財団法人 日本容器包装リサイクル協会
プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等検討委員会

はじめに

容器包装リサイクル法（以下、容リ法）では、プラスチック製容器包装の再商品化手法として材料リサイクルとケミカルリサイクル4手法が認められている。そして、「材料リサイクルをその他の手法に比べ一定の条件下で優先的に取り扱う」（平成11年の産構審・廃棄物処理・再資源化部会第13回容器包装リサイクル小委員会）とされてきた。

その結果、材料リサイクル比率は50%ほどに上昇し、再商品化における費用対効果や品質の改善、環境負荷の低減、技術の多様性確保等が課題となっており、法改正に関する審議会等でも、「材料リサイクル優先」について、見直すべきという議論がなされ、このためにも各再商品化手法に対する環境負荷を客観的に評価・比較することが必要とされている。

そこで、（財）日本容器包装リサイクル協会では、「プラスチック製容器包装再商品化に関する環境負荷検討委員会」を設置し、現状で実施されている、あるいは採用予定の各再商品化手法について、実態を踏まえたデータ収集を実施し、エネルギー（資源）消費量、二酸化炭素排出量等の環境負荷削減効果について検討・評価することとした。

本報は、その検討内容と結果概要を示すものである。

プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等検討委員会名簿

(期間:平成18年9月～平成19年6月)

(敬称略)

- 委員長 : 石川 雅紀 神戸大学大学院経済学研究科 教授
- 委員 : 平尾 雅彦 東京大学工学系研究科化学システム専攻 教授
- 委員 : 稲葉 敦 (独)産業技術総合研究所
ライフサイクルアセスメント研究センター長
東京大学人工物工学研究センター 教授
- 委員 : 森口 祐一 (独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター長
- WG委員 : 匂坂 正幸 (独)産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント
研究センター副センター長
- WG委員 : 尾上 俊雄 (独)産業技術総合研究所
ライフサイクルアセスメント研究センター環境効率研究チーム
- WG委員 : 橋本 征二 (独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター
循環技術システム研究室 主任研究員
- WG委員 : 藤井 実 (独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター
循環技術システム研究室 研究員
- WG委員 : 稲葉 陸太 (独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター
循環技術システム研究室 NIES 特別研究員
- オブザーバー : 経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課
環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課リサイクル推進室
農林水産省総合食料局食品産業企画課食品環境対策室
国税庁課税部酒税課
- 事務局 : (財)日本容器包装リサイクル協会プラスチック容器事業部
(社)プラスチック処理促進協会
- 調査委託 : (株)NTTデータ経営研究所

1. 調査の目的

本調査は、現在実施されている各再商品化手法に対する環境負荷を客観的・定量的に評価することを目的とする。

具体的には、各手法の実態を調査し、各々の資源消費量、エネルギー（資源）消費量、二酸化炭素排出量、NO_x 排出量、SO_x 排出量等について評価する。また、平成 20 年より緊急避難的・補完的に認められた「固形燃料等の燃料の利用」についても、既存文献等を用いて検討する。

なお、本調査においては、再商品化された再生品を「再商品化製品」とし、これを原料として加工・成形される製品を「容り利用製品」とする。そして、このような一連の流れを「リサイクルシステム」と呼ぶ。一方、容り利用製品が代替していると考えられる既製品を「オリジナル製品」とし、これを製造する一連の流れを「オリジナルシステム」と呼ぶこととする。そして、各手法でのリサイクルシステムとオリジナルシステムの差異からリサイクルの効果（環境負荷・資源の削減効果）を算定することとする。

2. 検討対象と検討範囲（システム境界）の考え方

【検討対象】

- ・材料リサイクル、ケミカルリサイクルについては各々の手法で、再商品化製品の利用々途が多い「容り利用製品」を対象とする。固形燃料等の燃料の利用に係わる手法は現時点で実績がないことから RPF 利用、セメント焼成について検討する。

【検討範囲（システム境界という）】

- ・本調査は現行手法の比較を行うことを目的としているため、分別基準適合物（ベール）が各再商品化手法に供された時点の評価の開始点とする。
- ・次に終点であるが、各手法においてリサイクルシステムとオリジナルシステムのアウトプットが同等として比較できるように、必要に応じ「再商品化」の枠を超えて検討することとする。
- ・例えば材料リサイクルの場合、一般に再商品化製品はペレット（成形素材）であるが、これはバージンペレットと同等とは言えない。もし同等であれば、ペレット製造までを比較検討すればよいが、実際には成形性や機械的性能等に差があるため、製品形状や成形方法等が異なるため、次の段階である利用製品を比較する必要がある。例えば、パレットを考えると、パレットの機能とは「荷物を保管・輸送するときの台」であるため、その材質によらず強度等が規格に合致していれば（また、製品として売れていれば）、それらのパレット一枚は同等（の機能）とみなし得る。よって、この例では容り利用製品であるパレット製造まで、比較検討範囲を広げることとした。
- ・別の例として「コークス炉化学原料化」を取り上げる。この手法は石炭からコークスおよび炭化水素油（化学原料）燃料ガスを得るためのコークス炉に、再商品化製品である減容固化物（容りプラを選別後、RPF のように固化したものを）を石炭と一緒に投入するものであるが、石炭と減容固化物は同等品とは言えず、炉のアウトプットである生成物の比率が異なる。
- ・しかし、最終的にコークスや油、ガスになれば、同等に利用される。よって、このケースでも同量のコークスが得られるまでを検討範囲とすることが必要になる。
- ・以上のような操作（機能単位の統一という）では、一般にリサイクルシステムとオリジナルシ

システムによる製品の重量等が異なるため、両方のシステムで必要な資源量等の調整が必要となる。

- ・また、これらの製品が使用された後は最終的に全て焼却するものとし、その重量・材質の差による環境負荷を評価した。
- ・以上のような比較評価を行うため、再商品化製品利用製品とバージン材等による既製品に関する生産や製品、市場での評価等、出来る限り精密に調査・検討した。

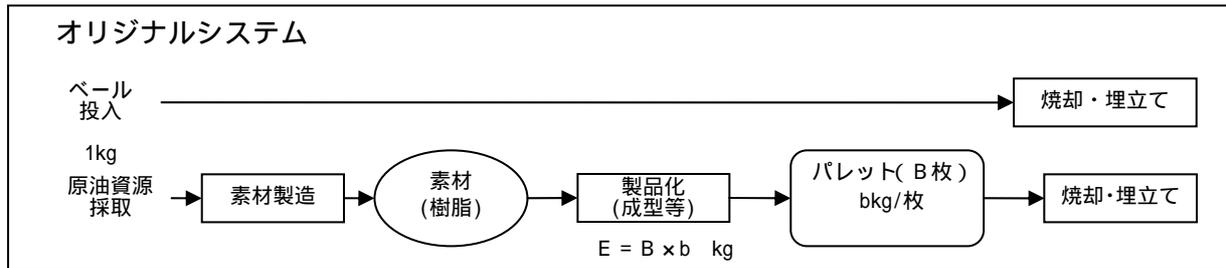
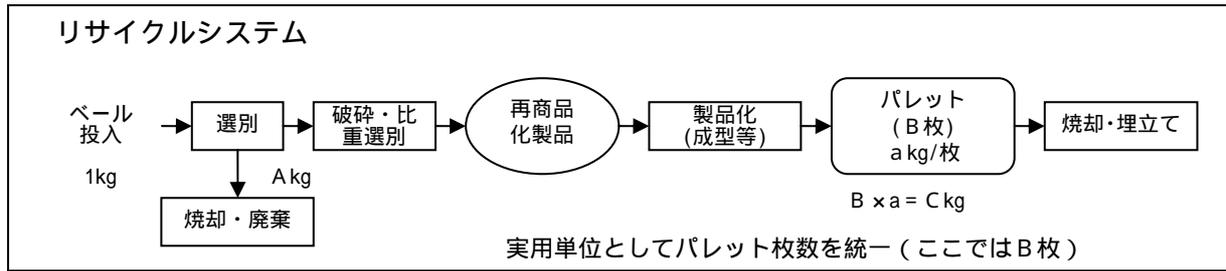
下表 1 . に本委員会の検討対象と検討範囲（システム境界）をまとめて示す。

表 1 . 検討対象（容リ利用製品を含んで設定）と検討範囲（システム境界）

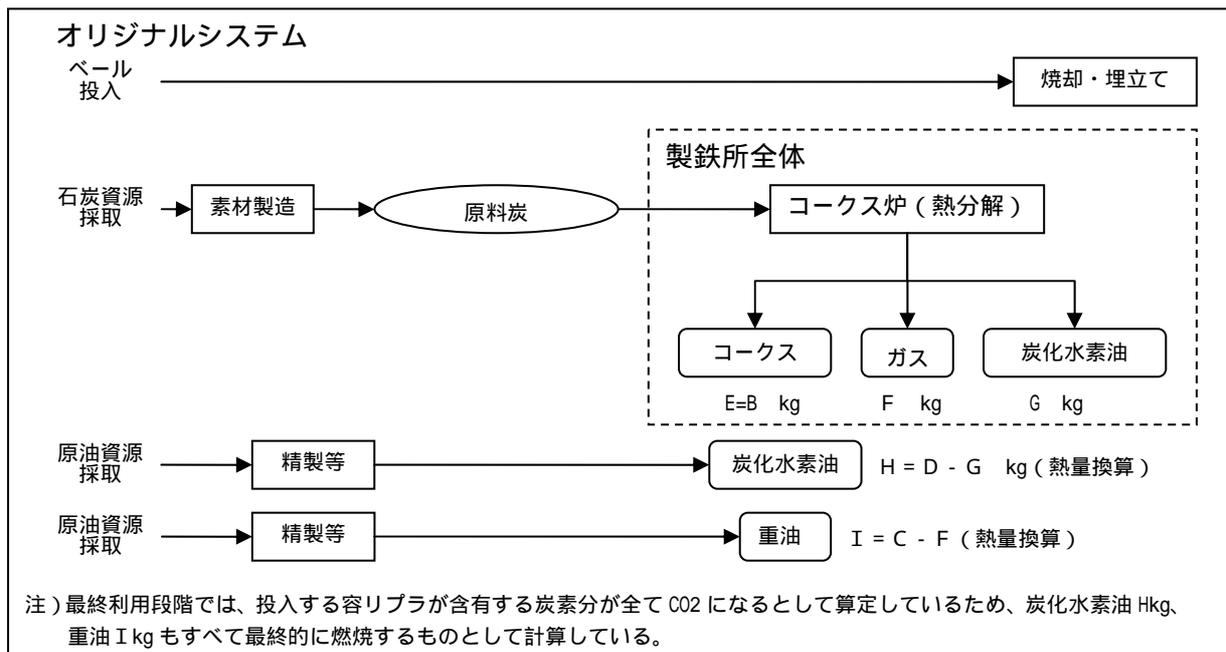
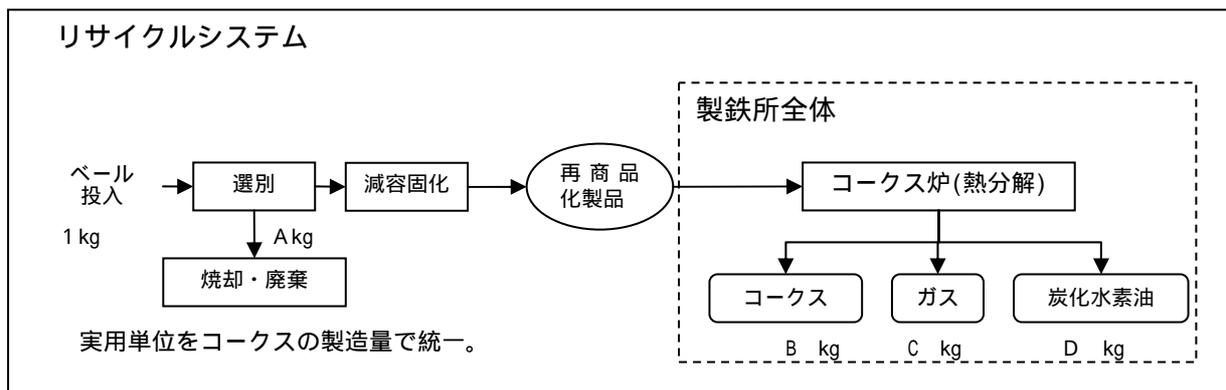
| 再商品化手法 | 容リ利用製品 | 検討範囲（システム境界）と重要な機能の考え方（下図参照） |
|-------------|----------|--|
| 材料リサイクル | パレット | <p>(ワンウェイパレットの場合)</p> <p>容リ利用製品はパレットである。パレットの実用単位である枚数を揃える。この場合、同様な機能(ある重量のものを運ぶ)を果たすためには、容リパレットとオリジナルパレットで製品 1 枚あたりの重量が異なることに注意が必要である。</p> |
| | プラスチック板 | |
| | 再生樹脂 | |
| ケミカルリサイクル | 油化 | <p>(コークス炉化学原料化)</p> <p>コークス、炭化水素油、ガスが容リ利用製品である。ここでは容リプラから製造されるコークスと原料炭から製造されるコークスの量を実用単位として統一した。リサイクルシステムとオリジナルシステムのコークス量を揃えるとガス量、炭化水素油量には差が生じる。そこで、実態に基づいてガス量の不足分(熱量換算)を重油で補い、炭化水素油の不足分は他の精製工場で製造する炭化水素油(熱量換算)で補い、リサイクルシステムとオリジナルシステムで容リ利用製品の量(実用単位)がすべて揃うように設定する。量といっても必ずしも重量ではなく、利用方法に応じ熱量換算等で揃えることに注意が必要である。</p> |
| | ガス化 | |
| | | 熱利用 |
| | 高炉還元 | 高炉還元剤 |
| | コークス炉 | <p>コークス、化学原料他</p> |
| 化学原料化 | | |
| 固形燃料等の燃料の利用 | R P F 利用 | |
| | セメント焼成 | |

検討範囲（システム境界）と機能単位についての考え方を下記に例示する

例1：パレット（ワンウェイの場合）



例2：コークス炉化学原料化の場合



3. 各種前提条件等について

(容リプラの成分割合の設定値と二酸化炭素排出量)

容リプラのベール成分割合はかなりのバラツキがある。ここでは、直近のデータであるプラスチック処理促進協会の数値をもとに次のようにベールの成分割合を設定した。

表 2. 容リプラベールの成分割合

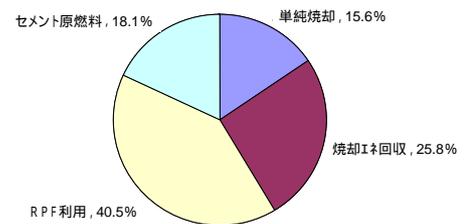
| PE | PP | PS | PET | PVC | その他 | 金属類 | 水分 | 合計 |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| 30.2% | 21.1% | 17.7% | 13.8% | 4.9% | 2.4% | 2.6% | 7.3% | 100.0% |

注) ただし、市町村ごとにベール性状は異なっており、必ずしも本データが容リプラのベールの平均的データといえるわけではないことに留意する必要がある。

プラスチック製容器包装の焼却処理等で発生する二酸化炭素排出量については、上記の容リプラ設定性状をもとに、手法ごとに平成 18 年度の 4 月～2 月の実態の収率、これをもとに残渣の構成比等を求め検討した。その結果、容リプラのベール全量を燃焼した場合の二酸化炭素排出量は 2.65kg-CO₂/kg-プラベールとなる。一方、材料リサイクルの残渣の燃焼による二酸化炭素排出量は 2.30kg-CO₂/kg-容リプラ残渣となった。

(その他設定条件)

- ・ 残渣の処理実態は平成 18 年度上半期の処理状況を反映した。材料リサイクルは、単純焼却、焼却エネ回収（廃棄物発電）、RPF 利用、セメント原燃料等が実施（右図参照）されており、処理量に応じた加重平均を取ることで実態を反映した。

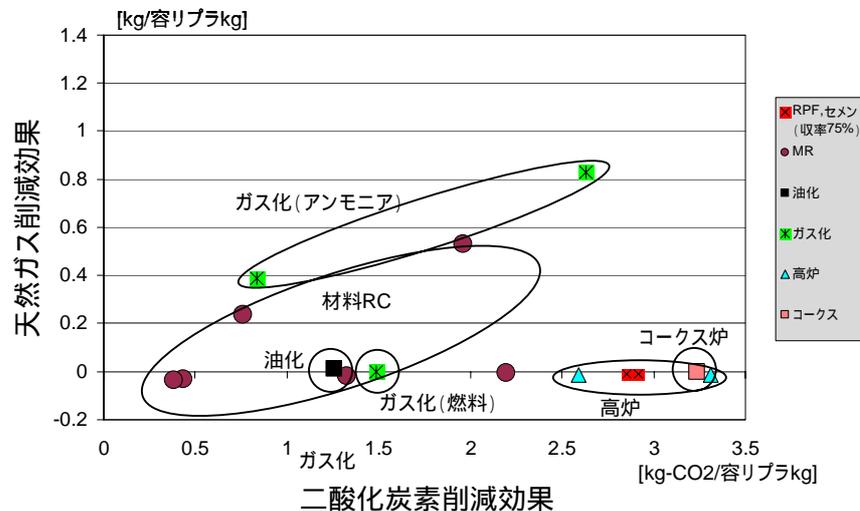
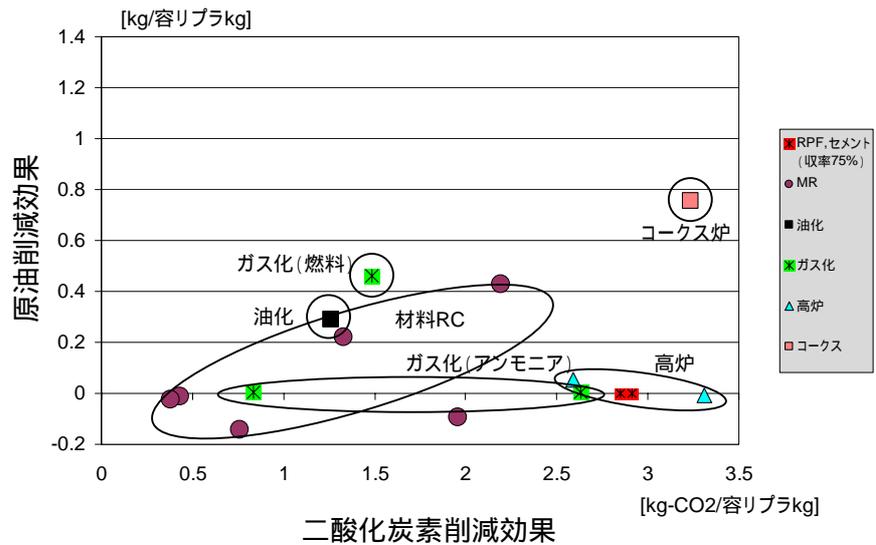
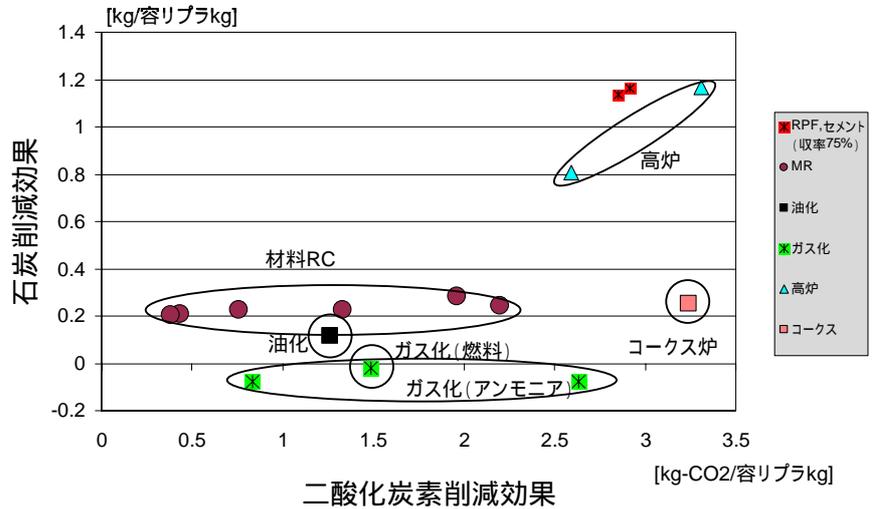


- ・ 比較対象となるオリジナルシステムの容リプラのベールの廃棄物処理は単純焼却とした。
- ・ 構内輸送は各製品の製造段階に含め検討し、ステージ間の製品輸送は輸送方法・距離が事業者ごとに様々であるため本調査では考慮していない。残渣等の廃棄物の輸送は、30km、4t 車、片荷輸送とした。
- ・ 手法間の比較にあたっては燃料や資源等の利用データを統一し、環境負荷を資源採取まで遡及する必要があることから、「JEMAI-LCA PRO Ver.2.1.1」((独) 産業技術総合研究所、(社) 産業環境管理協会の共同開発) を用いて検討した。
- ・ 容リプラのインベントリ調査については、基本として大手再生処理事業者、大手利用事業者に対してヒアリング（トータルで 20 社ほど）を実施しインベントリデータを取得した。
- ・ 機能単位等の実用単位の統一に向けては利用事業者、オリジナル製品の製造業者、実際に対象とする製品（たとえばパレットなど）を利用する事業者に対しヒアリングを行い利用方法や利用回数、寿命等をヒアリングした。

4. 各種再商品化手法による環境負荷低減効果

以上の検討による LCA 評価結果を下図 1 に示す。各グラフとも、横軸は二酸化炭素削減効果である。また、縦軸は天然資源の削減効果であり、上から石炭、原油、天然ガスの削減効果とした。これらによると、同じ再商品化手法でも天然資源の種類により削減効果が異なることが判る。なお、各手法内で複数の点がプロットされているが、主に利用製品が異なるためである。

図 1 再商品化による二酸化炭素削減効果と各資源削減効果



5. 容りプラのベール組成変動等に係わる検討

容りプラのベール組成に関して上述したようになりバラツキがある。そこで、ベールの組成変化による影響を検討した。検討の際の前提条件と環境負荷低減効果は次のとおりである。

- ・ いずれの手法においてもPE、PPの割合が効率等に影響をあたることから、PE、PPを中心に変動割合を検討する。
- ・ PE、PPの変動は、材料リサイクルの再商品化率の変動に密接に関わっていると考えられるため、材料リサイクルの再商品化率の変動幅をもとに設定する。材料リサイクルの事業者ごとの再商品化率の変動幅は46~60%ほどであるため、ベースケースで設定した再商品化製品の材質割合は一定のまま45~60%(プラ乾燥割合)まで変動すると仮定した。
- ・ 残渣も同様に材質割合は一定で変動するものとして下記のように設定した。

表 3. 当該シナリオにおけるベール品質の設定

| | PE | PP | PS | PET | PVC | EVA | 金属類 | 水分 | 合計 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| ケース1 (収率45%ケース) | 27.5% | 19.2% | 18.6% | 15.5% | 5.5% | 2.7% | 3.0% | 8.0% | 100.0% |
| ケース2 (収率60%ケース) | 34.3% | 24.0% | 16.2% | 11.2% | 4.0% | 2.0% | 2.2% | 6.2% | 100.0% |
| ベースケース(参考) | 30.2% | 21.1% | 17.7% | 13.8% | 4.9% | 2.4% | 2.6% | 7.3% | 100.0% |

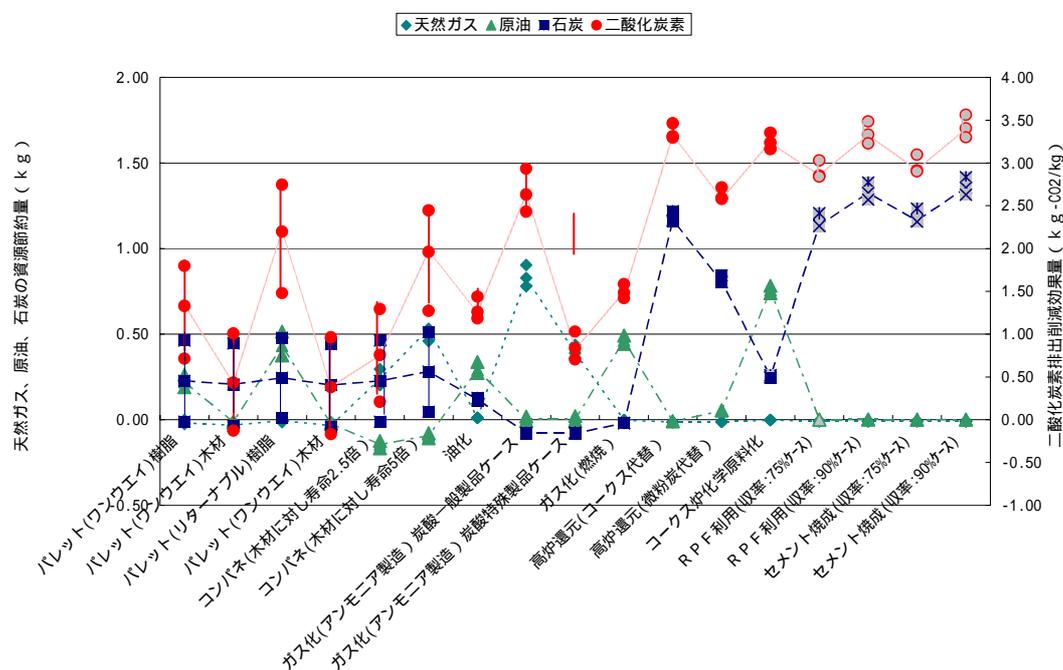


図 2. 資源節約および二酸化炭素排出削減効果
(ベール組成変動並びに残渣の処理変動を考慮した場合)

注) それぞれの軸のプラスは資源の節約量、二酸化炭素の排出削減量を示す。

注) RPF利用、セメント焼成については実績がないことからコークス炉化学原料化、高炉還元の実績をもとに収率を仮設定したため、他の手法とは異なる色で表示している。

6. まとめ

(1) 各手法の環境負荷削減効果の評価方法

- ・ プラスチック製容器包装再商品化の環境負荷削減効果について、LCAによる評価を実施した。
検討にあたっては、
既存調査結果の検証・引用とともに、リサイクル関係者からは実際に実施している状況を忠実に把握するためにヒアリングを実施した。さらに、オリジナルシステムについても、関係する事業者/学識経験者からのヒアリングも合わせて実施しデータを補充した。
燃料や資源等、各種原単位のデータは「JEMAI-LCA PRO Ver.2.1.1」((独)産業技術総合研究所-(社)産業環境管理協会)を用いて統一的に計算した。
評価モデルの設定/結果の分析等は、産業技術総合研究所、国立環境研究所の研究者からなるWGにて検討した。可能な限り公正性を確保することに留意し、容リプラから再生される製品が何を代替しているかについて検討した。必要なシステム境界の拡張によって、機能単位の統一を図った。
材料リサイクルについては評価対象として現在、再商品化製品の利用が多いものからパレット、ボード、およびコンパウンド化について検討した。
評価は主要な環境負荷因子と認知されており、LCIデータとしても比較的一般化され入手しやすいエネルギー資源消費量、二酸化炭素排出量、SO_x排出量、NO_x排出量について行った。
さらに、エネルギー資源の削減効果については、天然ガス、原油、石炭のどれを削減しているかについても計算した。
再生された製品の使用方法、使用後の扱い(二度目のリサイクルの有無)については、オリジナルシステムと同一の扱いと考え、環境負荷削減効果の算出では相殺されることから、本検討では考慮しない。

(2) 検討結果

- ・ 以上の検討により、
主要な環境負荷因子と認知されているエネルギー資源消費量、二酸化炭素排出量、SO_x排出量、NO_x排出量について、各リサイクル手法による削減効果が算定できた。
本検討結果から、材料リサイクル手法が特段優れているとはいえないことが明らかとなった。資源節約については、石炭を主に節約するものや、原油、天然ガスを主に節約するものがあるなど、手法ごとに節約できる資源が異なることが明らかとなった。
特に材料リサイクルでは顕著であるが、評価結果がばらついている。これは、再商品化製品の利用先が異なることが主な原因であり、再商品化後何に利用されるか(何を代替した利用方法か)が重要となることが示唆される。
H18より、材料リサイクルの可燃残渣を埋立て禁止とした。その結果、単純焼却が大勢を占めれば、二酸化炭素排出量が増大する懸念があった。しかし、実態は単純焼却のみではなく、焼却・エネルギー回収や、RPF化、セメントキルンなどへの有効利用も実施されていた。この結果、LCAによって現状の残渣処理は、全てが単純焼却である場合に比べ、二酸化炭素の発生が抑制されていることが確認された。
したがって、可燃残渣については単純焼却ではなく、熱利用やケミカルリサイクルなどの有

効利用をさらに進めていくことが重要と考えられる。

本検討では木材製品を代替した場合、二酸化炭素削減効果等は比較的低い結果となった。これは、木材の二酸化炭素排出量をゼロとする「カーボンニュートラルな資源」として試算したためである。

(3) 今後の課題

本検討では重要と考えられる幾つかの環境負荷因子等について個別に算出するにとどめた。各因子の重要度合いの評価や統合化については、政策的（および科学的、経済的）見地からの検討が別途、実施されるべきと考える。

再商品化プロセスに持ち込まれる容リプラの分別方法の改善や、再商品化プロセス後の再商品化製品の適切な用途を開発・評価するためにも各種感度分析による環境負荷低減効果を見ることが有用であり、この部分の検討が課題である。

容リプラ全体のインベントリデータはベールの組成変動や率、個々の手法における技術開発や変化、および再商品化製品の利用先・製品の変化等により変動する。また、容リプラ再商品化全体の環境負荷は再商品化手法の構成比によっても変化する。このため、継続的なモニタリングとLCA評価等を実施していくことが重要である。

オリジナルプロセスを含むバックグラウンドデータについては、かなり充実しているが、今回の検討のようにまったく異なる手法の評価等に適用する等、LCAの適用拡大と信頼性向上のために、さらにこれらのデータの統一・拡充が望まれる。

最後に、インベントリデータの提供やヒアリング等に多大なる協力を戴いた関係各社、研究機関、大学等に心より感謝申し上げます。