

プラスチック製容器包装の再商品化に係る環境負荷分析について(現在の検討状況の報告)

2010年6月

1. 環境負荷分析における評価方法の検討**(1) 環境負荷分析を行う際の留意点**

合同会合及び作業チームにおける検討の過程で、プラスチック製容器包装廃棄物のリサイクルの現状や容器包装リサイクル制度との整合性等の観点から、プラスチック製容器包装の再商品化手法の環境負荷分析を行う場合の留意点として、以下の項目が挙げられている。下記の各項目について、再商品化手法の環境負荷分析結果への影響を定量的に評価し、今後の環境負荷分析における条件設定についての検討を行う必要がある。

<LCA 分析を用いる際の留意点 (第2回合同会合作業チーム資料より抜粋)>**① シナリオ設定に当たっての留意点**

- ・ 材料リサイクルにおける産廃プラの混合の扱い
- ・ 利用製品の処分方法
 - 製品処分において、被代替系、リサイクル系ともに単純焼却としていることの妥当性
 - リサイクル制度の有無を前提に、製品の処分について、被代替系、リサイクル系で異なる前提を置くことの妥当性
- ・ 他工程利用プラの扱い
- ・ 適切なシステム境界の設定 等

② リサイクルにより代替される資源の評価の考え方

- ・ 化石系資源 (石油、石炭、その他)、バイオマス、土石、金属

③ リサイクルにより代替されるシステムの評価の考え方

- ・ 環境負荷等の絶対規模、改善可能性 等

(2)留意点の整理と評価方針・方法の設定

各留意点に係る検討項目並びにその評価方針及び手法は、以下のとおり。

表 1 各留意点に係る検討項目と評価方法

No.	留意点	具体的な検討項目	評価方法
①	材料リサイクルにおける産廃プラの混合の扱い	・材料リサイクルにおいて産廃プラの混合をどのように設定するか	・産廃プラ混合を想定した場合の環境負荷分析の妥当性を検証
②	利用製品の処分方法	・材料リサイクルにおける利用製品の処分方法をどのように設定するか	・製品の処理を単純焼却から RPF 製造、焼却発電に変更した場合の環境負荷削減効果を比較 ・材料リサイクルにおける他工程利用プラの処分割合と同等と設定して試算
③	他工程利用プラの扱い	・他工程利用プラの処理処分による環境負荷削減効果を再商品化に含めるか	・他工程利用プラの処理処分を除く環境負荷削減効果を比較
④	適切なシステム境界の設定	・コークス炉化学原料化におけるコークス炉ガスの代替品をどのように設定するか	・コークス炉ガスの代替品を重油及び電力とした場合の環境負荷削減効果を比較
⑤	リサイクルにより代替される資源の評価の考え方	・化石系資源の節約効果をどのように評価するか（資源による希少性等の考慮）	・資源を単一の指標で評価するための指標を検討 ・石油節約量での評価 ・エネルギー資源、可採年数、価格などによる統合化
⑥	リサイクルにより代替されるシステムの評価の考え方	・今後の材料リサイクルの改善可能性をどう評価するか	・材料リサイクルの機能代替による感度分析

(3)各留意点の評価・検討

代表的な設定であるベール組成、他工程利用プラの処理方法及び各再商品化手法の機能代替は、それぞれ表 2 から表 4 のとおり。

※ 試算に当たって、ベール組成、各再商品化手法の環境負荷データ及び機能代替の前提条件は公益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の検討」(以下、容リ協会報告書)及び環境省「平成 21 年度容器包装リユース・リサイクルに係る環境負荷等調査報告書」(以下、平成 21 年度環境省報告書)に準ずるものとする。

このうち機能代替については、2008 年の容リ協会報告書に基づき設定されている。しかし、現在では再商品化技術の向上等により改善されていることも考えられるため、今後、再商品化事業者のデータを基に現状の機能代替を把握し、各種再商品化手法のアップデートを検討することが必要である。

表 2 ベール組成の設定

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%

※プラスチック処理促進協会の数値を基に作成。この際、複合材の 3 割を PE 及び PP、残り 7 割をその他の素材 (PS、PET、PVC、その他) として設定。

表 3 再商品化手法別の他工程利用プラスチック処分方法及び処分割合

再商品化手法	他工程利用プラスチック処分方法及び処分割合				
	単純焼却	焼却発電	RPF 製造	セメント原燃料	直接埋立
MR*	0.0%	27.8%	40.0%	32.2%	0.0%
ケミカルリサイクル	高炉原料化	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	コークス炉原料化				
	油化 ガス化	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

*公益財団法人日本容器包装リサイクル協会「プラスチック残渣の処理方法 (材料リサイクル)」の「その他」を「焼却発電」「RPF 製造」「セメント原燃料」に比例配分して算出

表 4 各再商品化手法における機能代替一覧

収集方法	再商品化手法 その他の処理処分		用途	代替する用途	代替率		備考
分別収集	材料リサイクル (MR)		パレット (ワンウェイ)	バージンパレット (ワンウェイ)	37.5%	再生パレット：20 kg/枚 バージンパレット：7.5 kg/枚	
			パレット (リターナブル)	バージンパレット (リターナブル)	71.4%	再生パレット：28 kg/枚 バージンパレット：20 kg/枚	
			プラスチック板 (コンパネ)	コンクリート型枠 用パネル (木材)	木材パネルに対し寿命 5 倍		プラ板の使用回数は 20 回、 木材は 4 回と想定
			再生樹脂 (コンパウンド)	バージン樹脂	代替率 50%と設定		代替率は容リプラ・産廃プラの 新規樹脂代替率と産廃プラ・新 規樹脂の混合率から決まる
	ケミカル リサイクル (CR)	高炉原料化	高炉還元剤	コークス	高炉還元剤粒 1 kg に対しコークス 1.4 kg		
				微粉炭	高炉還元剤粒 1 kg に対し微粉炭 1.37 kg		
		コークス炉 化学原料化	コークス炉化学 原料	原料炭	コークス炉化学原料粒 1 kg に対し原料 炭 0.67 kg		コークス炉ガスは重油代替と系 統電力代替を想定
		ガス化	アンモニア 製造の原料 燃料利用	アンモニア製造原 料	プラ合成ガス 1 Nm ³ に対し都市ガス 0.19 Nm ³ (アンモニア当量)		炭酸一般製品ケースと特殊製品 ケースの平均値で算出
				重油	プラ合成ガス 1 MJ に対し重油 1 MJ		重油ボイラの効率は 0.9
	油化	燃料利用	A 重油、C 重油、 ナフサ等	すべてのプラ抽出油 1 MJ に対し対応す る重油等 1 MJ 塩酸は重量換算で当量 乾留残渣 1 MJ に対し石炭 1 MJ		重油ボイラの効率は 0.9	
	サーマル リサイクル (TR)	RPF 利用	燃料利用	石炭 (一般炭)	RPF 1 kg に対して石炭 1.48 kg (熱量換 算で当量)		収率は 75%、RPF ボイラの効 率は 0.88、石炭ボイラの効 率は 0.9
		セメント焼成	セメント原燃料	石炭 (一般炭)	セメント原燃料 1 kg に対して石炭 1.52 kg (熱量換算で当量)		収率は 75%、石炭ボイラの効 率は 0.9
	混合 収集	焼却・ エネ回収	焼却発電	燃料	系統電力	電力 1 kWh に対し系統電力 1 kWh	発電効率 10%

※公益財団法人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の検討」及び環境省「平成 21 年度容器包装リユース・リサイクルに係る環境負荷等調査報告書」に基づき設定

①材料リサイクルにおける産廃プラの混合の扱い

容リ協会報告書では、リターナブルパレットのシステム境界を下図のように設定し、パレット全体の効果から産廃プラの効果を除くため、パレット全体のリサイクルシステムに産廃プラスチック（以下「産廃プラ」という。）のオリジナルシステムを加える取り扱いをしている。すなわち、

- ・リサイクルシステム

＝パレット全体のリサイクルシステム＋産廃プラのオリジナルシステム

- ・オリジナルシステム

＝パレット全体のオリジナルシステム＋産廃プラのリサイクルシステム

としている。

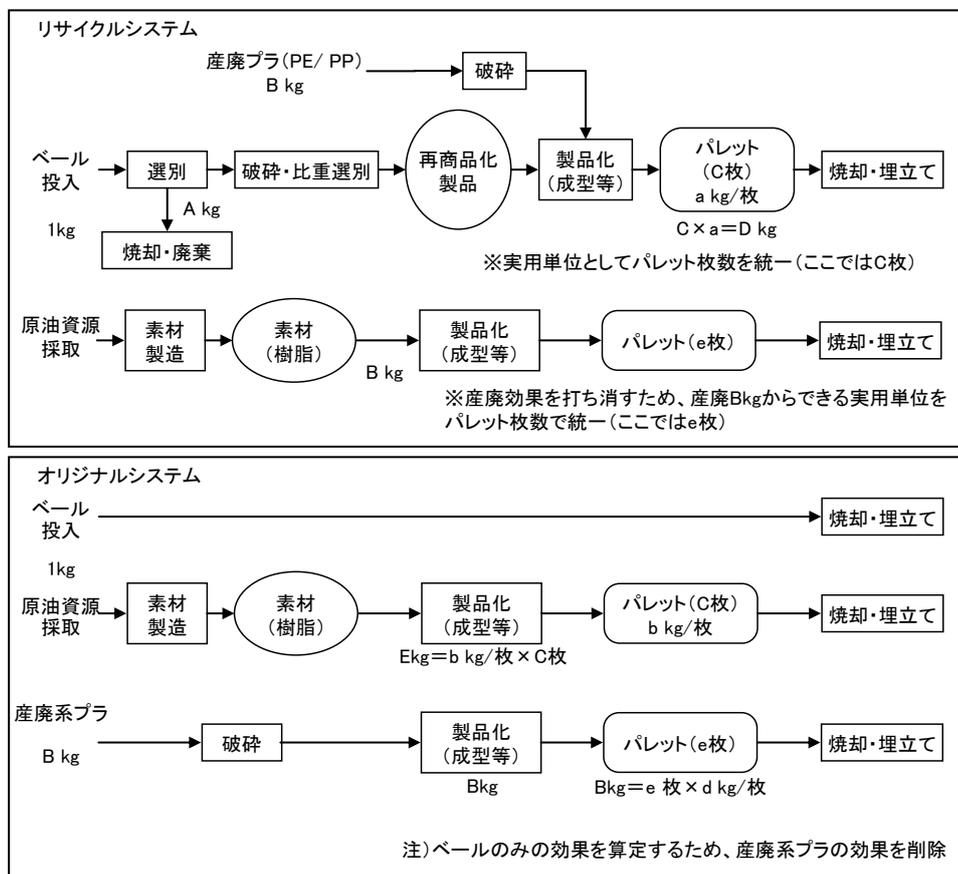


図1 容リ協会報告書におけるリターナブルパレットの機能単位とシステム境界

この場合、容リ協会報告書でも指摘されているとおり、混合する産廃系プラの重量 B kg が重くなるほど、リサイクルシステムにおけるバージン樹脂製造及び使用後処理の環境負荷が増加するため、容リプラの再商品化に伴う環境負荷削減効果は小さくなる。これは、再生樹脂（コンパウンド）においても、同様の設定となっている。

(材料リサイクルにおける産廃プラの混合の扱いに係る整理)

混合する産廃系プラの重量について、容リ協会報告書では実態調査に基づき、リターナブルパレットへの産廃プラの混入量を 0.01 kg と設定している (図 2)。これは、容リプラ由来のパレット重量の 2 % 程度と非常に少ない。環境省報告書においても上記の設定を踏襲した計算を行っている。このため、少なくとも上記報告書における産廃系プラの混入による環境負荷削減効果への影響は限定的と考えられる。

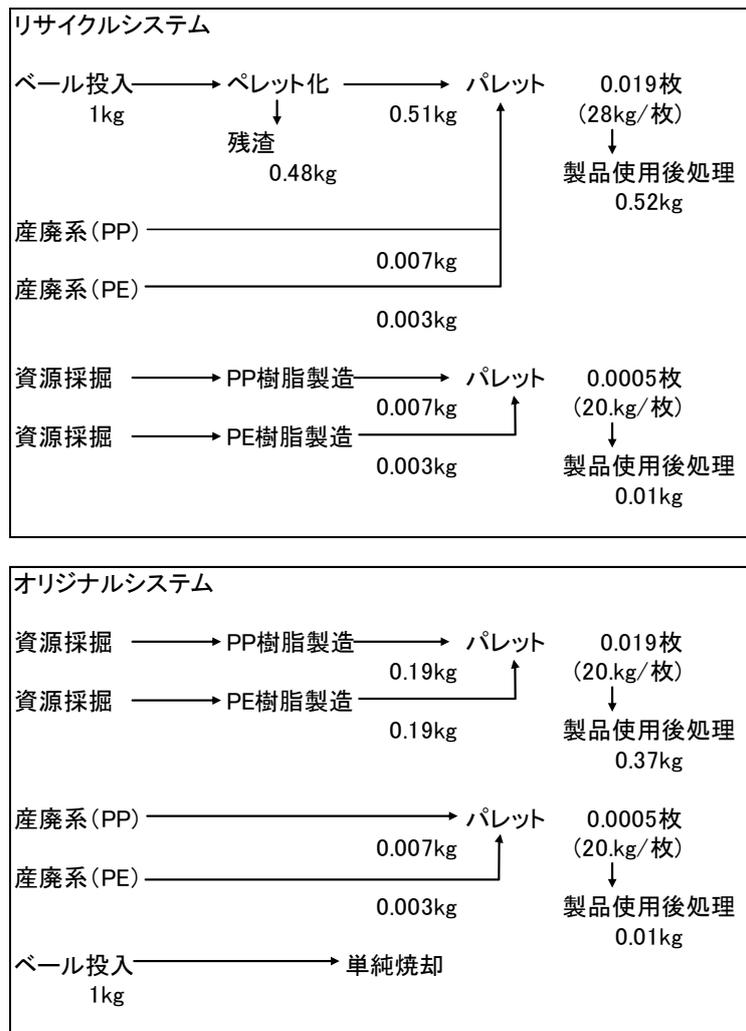


図 2 容リ協会報告書におけるリターナブルパレットのマテリアルフロー

②利用製品の処分方法

容リ協会報告書や環境省報告書では、プラスチック製容器包装の材料リサイクルシナリオについては、パレット等の再商品化製品利用製品が使用後に単純焼却されるものとしてシステム境界を設定している。しかし実際には、処理コスト等の観点から単純焼却される製品は少なく、相当量が RPF、セメントの原料又は焼却・エネ回収に供されているものと考えられる。

この点について、環境省平成 21 年度報告書では、最終製品利用事業者を対象としたヒアリング調査を行ったところ、以下の回答を得ている。

- ▶ 破損したパレットは、破碎後、パレットの成型工程へ混入し、再度パレットとして製品化したり、もしくは熱回収や RPF 製造でのサーマルリサイクルに供している。近年、最終製品利用事業者による自主回収もかなり実施されている。
- ▶ どの処理となるかは処理コストによって決定される。処理比率は分からないが、単純焼却は処理費が高いため、皆無であると考えられる。

以上を踏まえ、再商品化製品利用製品の使用後処理を単純焼却から有効利用に変更した場合の環境負荷削減効果の変化を確認するため、単純焼却から RPF 利用、セメント焼成及び焼却・エネ回収（焼却発電：効率 10%）に変更した場合の環境負荷削減効果の変化量を算出する。

図 3 にパレット（ワンウェイ）を例として、再商品化製品を単純焼却するシナリオと有効利用（RPF 利用、セメント焼成、焼却発電）を行うシナリオ*のそれぞれのマテリアルフローを示す。

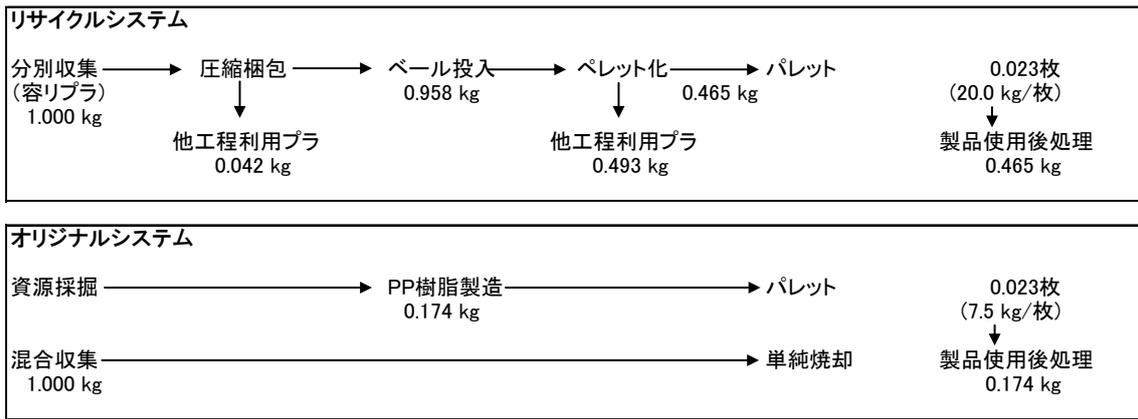
※ いずれのシナリオでも、リサイクルシステムとオリジナルシステムの評価条件を統一するため、オリジナルシステムのバージンパレットも使用後にリサイクルシステムと同様の有効利用に供されるものと設定する。このとき、リサイクルパレットがバージンパレットよりも重い（リサイクル 20 kg/枚、バージン 7.5 kg/枚）ために、有効利用した場合に得られるエネルギー（熱量もしくは電力）に差が生じる。このため、オリジナルシステムでは、これを補うエネルギー消費のフローを追加することとなる。

各有効利用シナリオの代替効果は、容リ協会報告書での設定と同様、RPF 利用及びセメント焼成は石炭を、焼却発電では系統電力を代替していると設定する。焼却発電の効率は、産業廃棄物として収集されることを考慮し、可燃ごみよりも高効率な 20%と設定する。また、RPF 及びセメント原燃料製造効率は 90%、RPF ボイラの効率は 0.88、石炭ボイラの効率は 0.9 とし、石炭は低位発熱量に換算する。

さらに、プラスチック板（コンパネ）では、オリジナルシステムにおいて木材ボードを設定している。廃木材は主にボイラで熱回収や発電が行われている¹。このため、本検討では、すべてのシナリオにおいて、木材は発電用ボイラ（発電効率 20%）で焼却されるものと設定する。

¹ NEDO「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」より

単純焼却シナリオ



有効利用を行うシナリオ

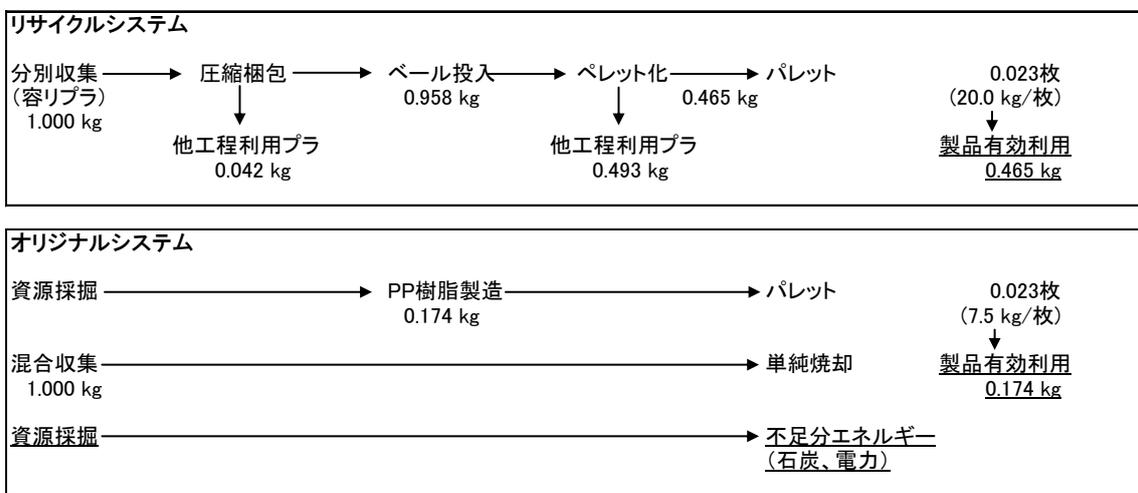


図 3 単純焼却シナリオと有効利用（RPF 利用、セメント焼成、焼却発電）を行うシナリオのマテリアルフロー（パレット（ワンウェイ））

以上の条件において、材料リサイクルの各再商品化手法（パレット（ワンウェイ）、パレット（リターナブル）、コンパネ、再生樹脂）の各シナリオにおける CO₂ 削減効果の比較を次頁図 4 に示す。

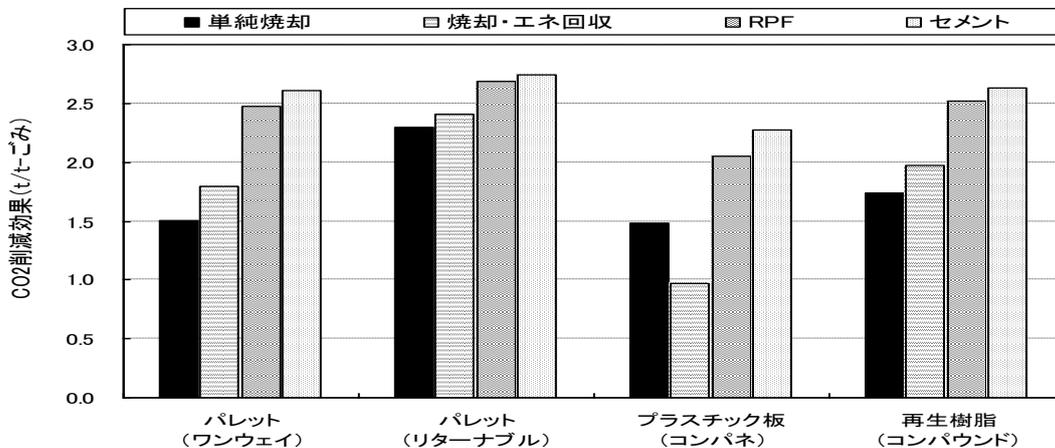


図 4 製品の使用後処理を有効利用に変更した場合の CO₂ 削減効果比較（ごみ 1t 当たり）

上図の結果より、特にパレット（ワンウェイ）と再生樹脂（コンパネ）において、環境負荷削減効果の顕著な増加が見られることがわかる。これは、パレット（ワンウェイ）や再生樹脂（コンパネ）では、リサイクル製品のバージン製品に対する代替率が小さい、すなわちリサイクル製品の重量がバージン製品より顕著に大きく、また各種有効利用の環境負荷削減効果は重量に比例するため、有効利用による CO2 削減効果がリサイクル製品に大きく出たことに起因する。

一方、プラスチック板（コンパネ）の焼却・エネ回収では効果の減少が見られる。これは、リサイクル製品のプラスチック板がバージン製品の木材ボードの 5 倍の寿命があると設定しているため、廃棄されるプラスチック板 0.47 kg に対して木材ボード 3.02 kg となり、木材ボードの有効利用の効果の方が大きく出たことによる。RPF 利用やセメント焼成では木材ボードの有効利用が焼却・エネ回収のままであるのに対し、プラスチック板ではより効果の高い有効利用を行うため、環境負荷削減効果の増加が見られる。

また、上記で検討した再商品化製品使用後の処理比率については適切な統計データがないため、表 5 に示す材料リサイクルの他工程利用プラスチックの処理比率と同等であると仮定した試算を行う。設定した比率で製品使用後の処理が行われた場合の材料リサイクルの CO2 削減効果（ごみ 1t 当たり）を、その他の再商品化手法及び処理・処分手法とともに次頁図 5 に示す。

表 5 材料リサイクルにおける他工程利用プラスチックの処理方法と比率

処理方法	単純焼却	RPF	セメント	焼却・エネ	直接埋立
比率	0.0 %	40.0 %	32.2 %	27.8 %	0.0 %

※公益財団法人日本容器包装リサイクル協会「プラスチック残渣の処理方法（材料リサイクル）」の「その他」を「焼却発電」「RPF 製造」「セメント原燃料」に比例配分して算出

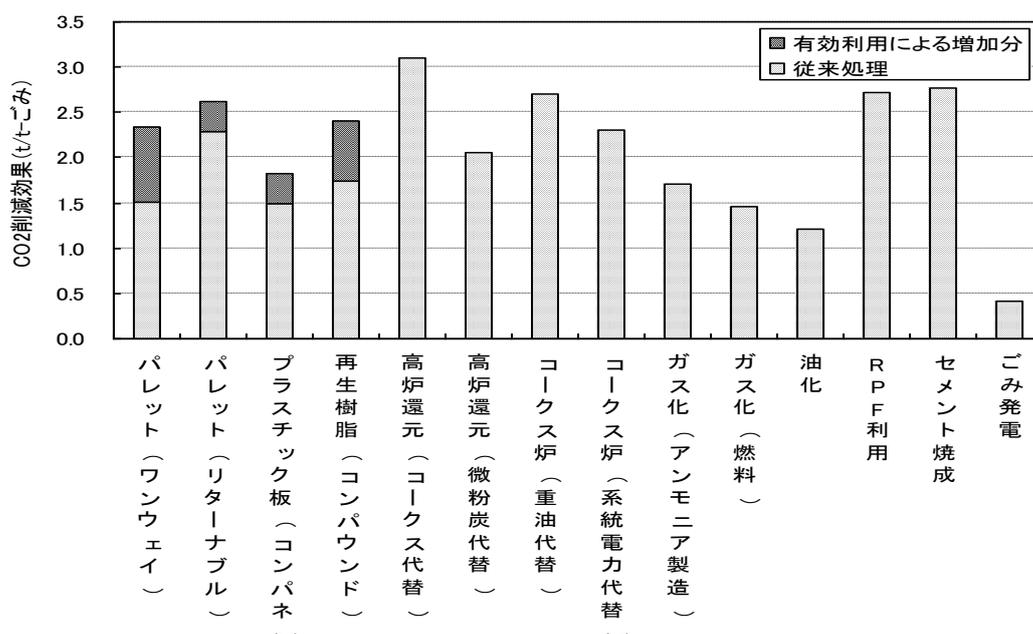


図 5 製品の有効利用による増加分とその他再商品化手法の CO2 削減効果の比較

(利用製品の処分方法に係る整理)

上記結果から、使用後製品の有効利用を考慮した場合には材料リサイクルの CO2 削減効果が向上し、ケミカルリサイクルと同程度の数値となることが分かる。今回の試算では製品の使用後製品の処理方法及び比率を一定の仮定の基で算出しているが、今後、使用後製品処理の実態調査を行いデータに基づく設定を行う必要がある。

③他工程利用プラの扱い

容リ協会報告書では、各再商品化手法の環境負荷削減効果をベール 1t 当たりで算出している。また、環境省報告書では、収集・輸送時の環境負荷も考慮し、ごみ 1t 当たりでの他工程利用プラの処理・処分も含めた環境負荷削減効果を算出している。

これに対し、合同会合では他工程利用プラの処理・処分は本来の再商品化とは異なる工程であるため、再商品化による環境負荷削減効果からは除くべきである、との考え方が提唱されている。このため、ここでは各再商品化手法において、他工程利用プラの処理を除いた再商品化製品のための環境負荷削減効果の算出^{*}を行う。

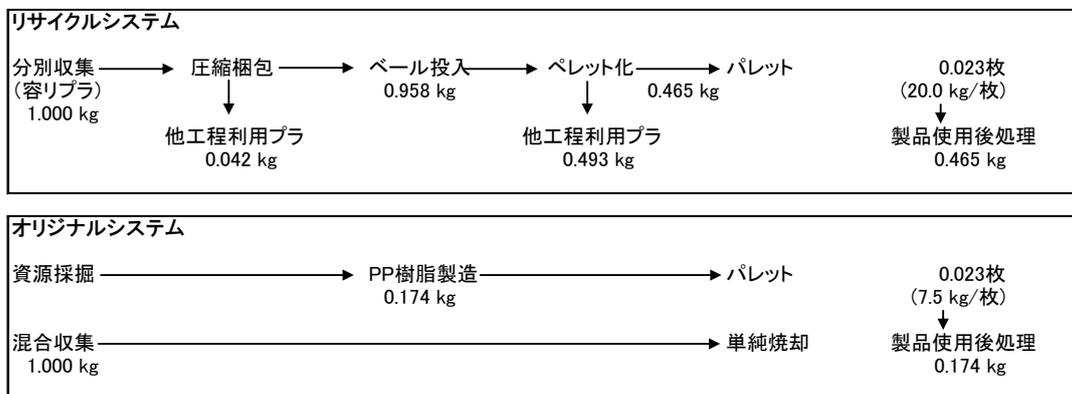
※ 再商品化製品のための算出方法としては、他工程利用プラ処理分の CO₂ 削減効果を除いて、各再商品化製品 1t (ペレット 1t もしくは造粒物 1t) 当たりの CO₂ 削減効果を比較する方法が考えられる。次頁図 6 にパレット (ワンウェイ) を例として、

(i) 従来のごみ 1t 当たりで算出する場合

(ii) 他工程利用プラの効果を除き製品 1t 当たりで算出する場合

のそれぞれのマテリアルフローを示す。製品 1t 当たりで算出する場合には、リサイクルシステムとオリジナルシステムの評価条件を統一するため、オリジナルシステムにおいてもリサイクルシステムの製品相当分のプラごみが単純焼却されるものとし、他工程利用プラ相当分のプラごみの単純焼却はシステム境界外と設定する。

(i) ごみ 1t 当たりで算出



(ii) 製品 1t 当たりで算出

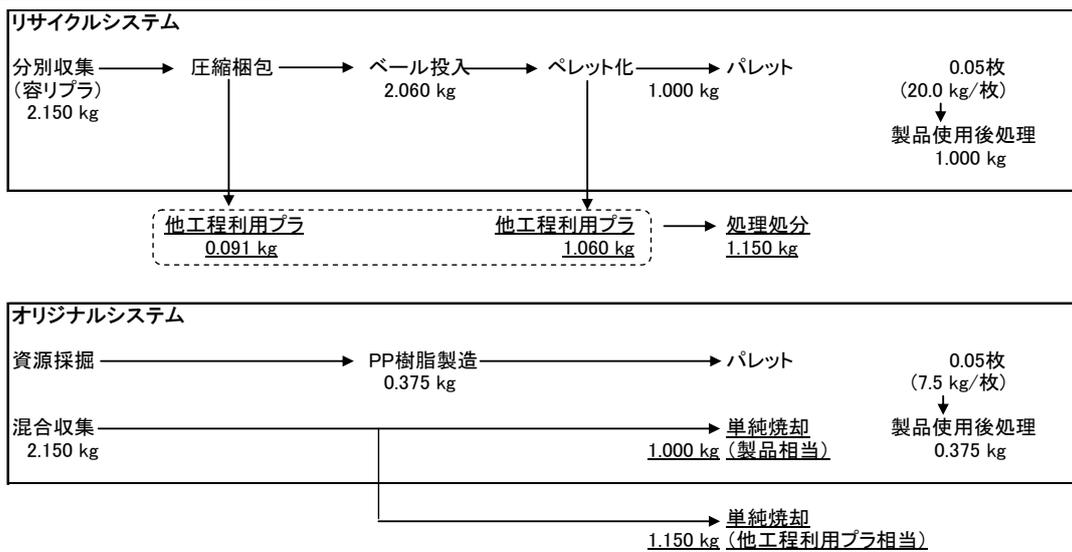


図 6 ベール 1t 当たりで算出を行う場合と製品 1t 当たりで算出を行う場合のマテリアルフロー (パレット (ワンウェイ))

上記設定に基づき、各再商品化手法の CO₂ 削減効果を算出した結果を図 7 に示す。パレット (リターナブル) やプラスチック板、高炉原料化、コークス炉化学原料化においては、削減効果が増加している一方、パレット (ワンウェイ)、再生樹脂 (コンパウンド)、ガス化や油化では削減効果にほとんど変化がないか、減少している。

これらは主に以下の 2 点の影響によるものと考えられる。

- 1) 再商品化製品の収率向上による削減効果の増加
- 2) 他工程利用プラの有効利用の控除による削減効果の減少分

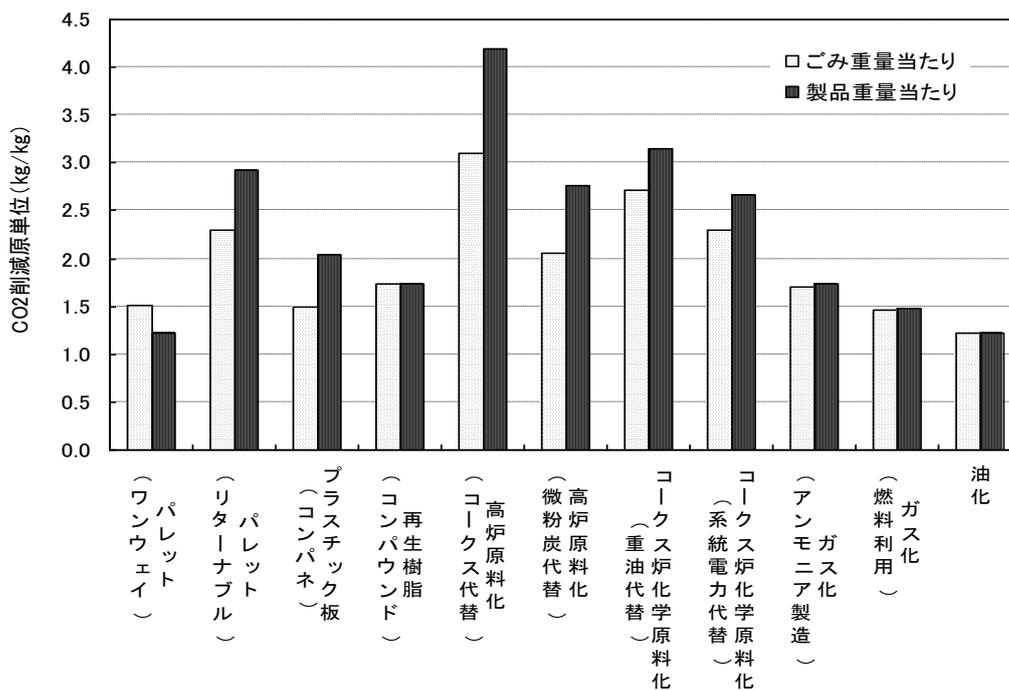


図 7 算出基準を変更した場合の CO₂ 削減効果の変化

（他工程利用プラの扱いに係る整理）

材料リサイクルでは再商品化製品の収率が 50%程度のため、ごみ 1t から製品 1t 当たりに変更した場合再商品化製品に由来する環境負荷削減効果は大きく増加するが、他工程利用プラの有効利用による環境負荷削減効果が一定程度存在するため、これらを除外することにより削減効果が減少する。パレット（ワンウェイ）では、製品による削減効果よりも他工程利用プラの削減効果が大きいため、総量として削減効果が減少したと考えられる。言い換えれば、材料リサイクルでは、他工程利用プラの有効利用による環境負荷削減効果が無視できないため、他工程利用プラを除いた算出方法でも削減効果の大幅な向上は見られないことが分かる。

一方、ケミカルリサイクルでは、他工程利用プラの処理による削減効果はほとんどないため、収率の向上分だけ削減効果も向上すると考えられる。ガス化や油化では、ほぼ収率が 100%と設定しているため大きな変化はないが、高炉やコークス炉では収率向上分だけ削減効果の増加が見られる。

また、他工程利用プラの扱いについては、そもそも、ごみ処理にかかる環境負荷を削減するという観点からは、最終的にはごみ処分量を基準に環境負荷削減効果を測るべきものであり、製品重量に基準を置く表記の算出手法の妥当性は低いと考えられる。

④適切なシステム境界の設定(コークス炉化学原料化)

容り協会報告書では、コークス炉化学原料化の再商品化手法において、コークスを主産物としてリサイクルシステムとオリジナルシステムにおける生成量を統一した上で、副産物であるコークス炉ガス、炭化水素油の生成量の差を原油から生産される重油や炭化水素油で賄うという設定をしている（図8）。

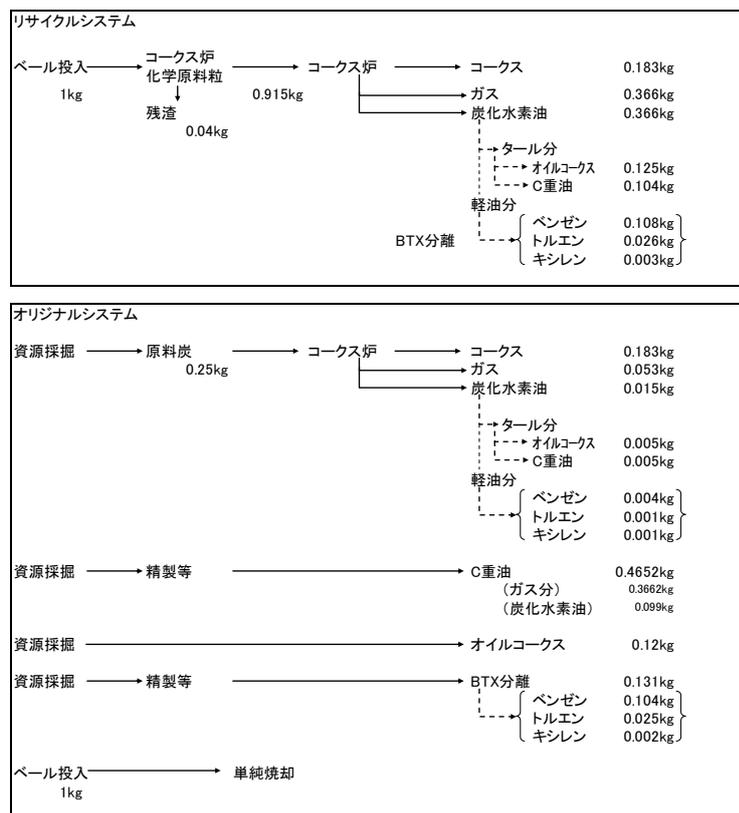


図8 容り協会報告書におけるコークス炉化学原料化のマテリアルフロー

一方、稲葉らの研究では、コークス炉からの生成物の用途を発電電力量とし、その機能代替について電源構成を考慮した評価が行われている。

これらを踏まえ、環境省報告書（平成19年度）では、コークス炉、高炉からの生成ガスの用途である発電電力量までをシステム境界とし、発電電力の機能代替を電力会社からの電力と設定した検討を行っている（図9）。また、電力原単位として、i) 全電源平均とii) 火力平均の2種類を設定している。

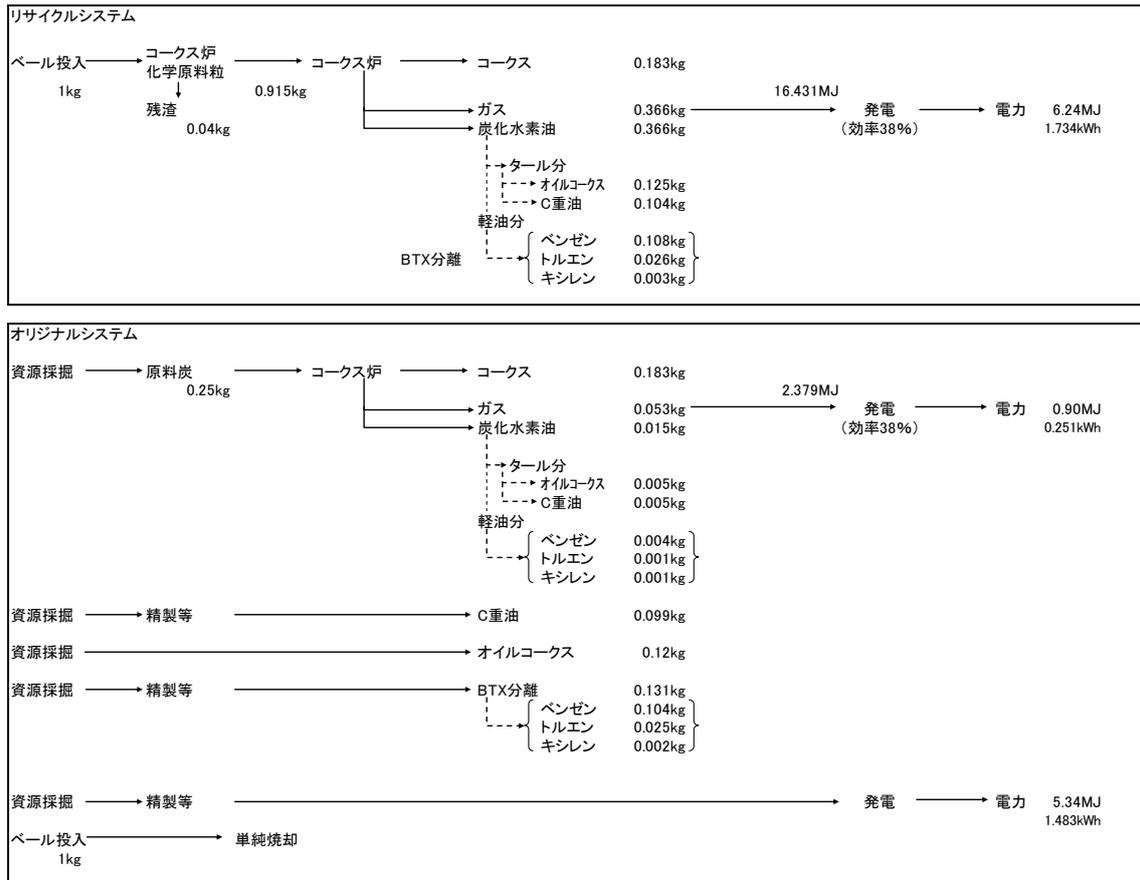


図 9 平成 19 年度環境省報告書におけるコークス炉化学原料化のマテリアルフロー

(適切なシステム境界の設定(コークス炉化学原料化)に係る整理)

上記検討では、表 6 及び図 10 に示す結果が算出されている。コークス炉ガスの機能代替として、容リ協会報告書の重油代替から電力代替としたことにより、原油節約の効果は大幅に減少している。また、CO₂ の削減効果では、機能代替となる電力の原単位を全電源平均とするか火力平均とするかによって大きく異なっており、火力平均の場合は容リ協検討(重油代替)からの減少幅は小さいことが分かる。

今後の検討においては、システム境界の考え方として例えば重油代替と電力代替の結果を併記しつつ、製鉄所内の電力・燃料の需給バランスについて検討し、実際に燃料・電力のどちらの節約につながっているかを検証する必要がある。

表 6 コークス炉化学原料化の環境負荷削減効果 (システム境界の設定による変化)

削減効果項目	容リ協検討 (重油代替)	電力代替 (全電源平均)	電力代替 (火力平均)
CO ₂ (kg/kg)	2.90	2.46	2.85
天然ガス (kg/kg)	-0.01	0.05	0.10
原油 (kg/kg)	0.66	0.37	0.39
石炭 (kg/kg)	0.22	0.35	0.42

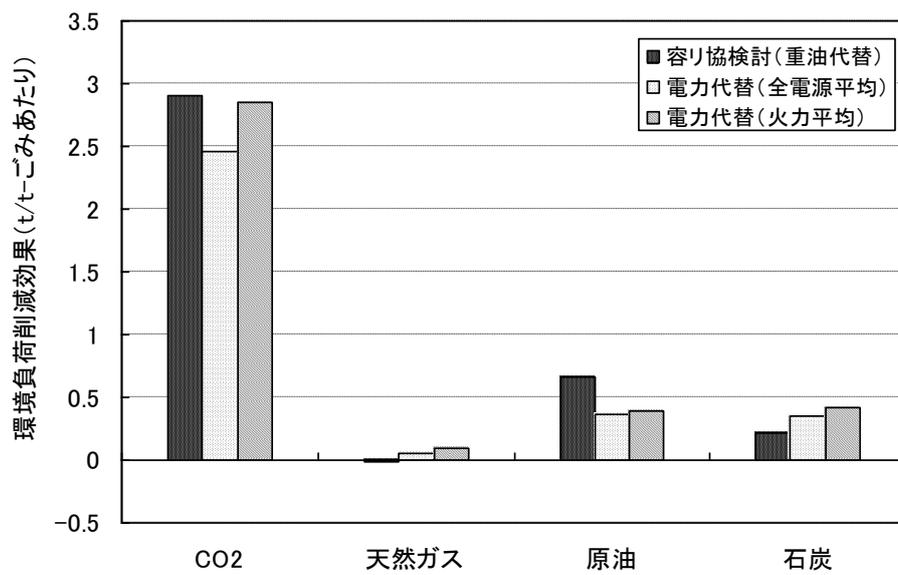


図 10 コークス炉化学原料化の環境負荷削減効果

⑤リサイクルにより代替される資源の評価の考え方(化石系資源、バイオマス、土石、金属等)

環境負荷分析の評価に当たっては、CO₂ 排出削減量のみでなく資源節約量でも議論すべきとの意見が多い。しかしながら、プラスチック製容器包装の再商品化製品による資源節約効果は主に化石燃料代替を前提として算出されることから、その利用法によって天然ガス・石油・石炭という複数の代替物が考えられるため、一元的に評価することが難しい。そこで、天然ガス・原油・石炭について、その資源価値から重み付けを行い、単一の指標に統一することで、再商品化手法の総合的な資源節約効果を表示できる評価手法の検討を行う。

まず、本来プラスチックは原油から生産されるため、そのリサイクルの過程でより希少価値の低い石炭などに代替されるべきではなく、原油代替の効果によって評価すべきであるとの意見がある。また、化石燃料のエネルギー側面を考慮するには、発熱量が最も明解な指標であるとされている。さらに既往の研究では、一般に資源の価値は究極埋蔵量や可採埋蔵量、可採年数によって表されることが多い。LIME では、鉱物資源とエネルギー資源を含む特性化係数として、可採年数の逆数を採用している。一方で、市場価格も、資源の入手容易さ、資源の代替性、リサイクルの容易さ等、様々な要素を反映した資源価値指標であると考えられている。

以上の状況を考慮して、ここでは、(i)原油単独での表示とともに、天然ガス・原油・石炭の化石燃料資源の特性化を図るために、エネルギー側面を考慮して(ii)エネルギー資源消費、枯渇可能性を表す指標として(iii)可採年数、またエネルギーの大部分を輸入に頼る我が国の価値指標として(iv)発熱量あたりの輸入価格、の 4 通りの資源価値指標を設定した。

(i)原油

各再商品化手法の環境負荷削減効果のうち原油の削減効果のみを次頁図 11 に示す。

材料リサイクルでは、主に原油由来のバージンプラスチックを代替すると設定されているため、概ね高い代替効果を示している。一方、プラスチック板(コンパネ)では代替品が木材ボードと設定されているために、原油の代替効果が極めて低く、工程での原油消費量を下回るため、マイナスの値となっている。

ケミカルリサイクルでは、主に燃料として利用されるガス化(燃料)や油化及び副生物として炭化水素油が得られるコークス炉化学原料化が高い代替効果を示している。特にコークス炉化学原料化(ガス代替)では、副生物のコークス炉ガスが燃料として重油代替と設定されているため、上記の炭化水素油と併せて、非常に高い代替効果を示している。

高炉還元や RPF 利用、セメント焼成など、主に石炭代替の手法については、石油代替の効果は低い。また、ごみ発電や埋立も原油の節約効果としては、非常に低いことが分かる。

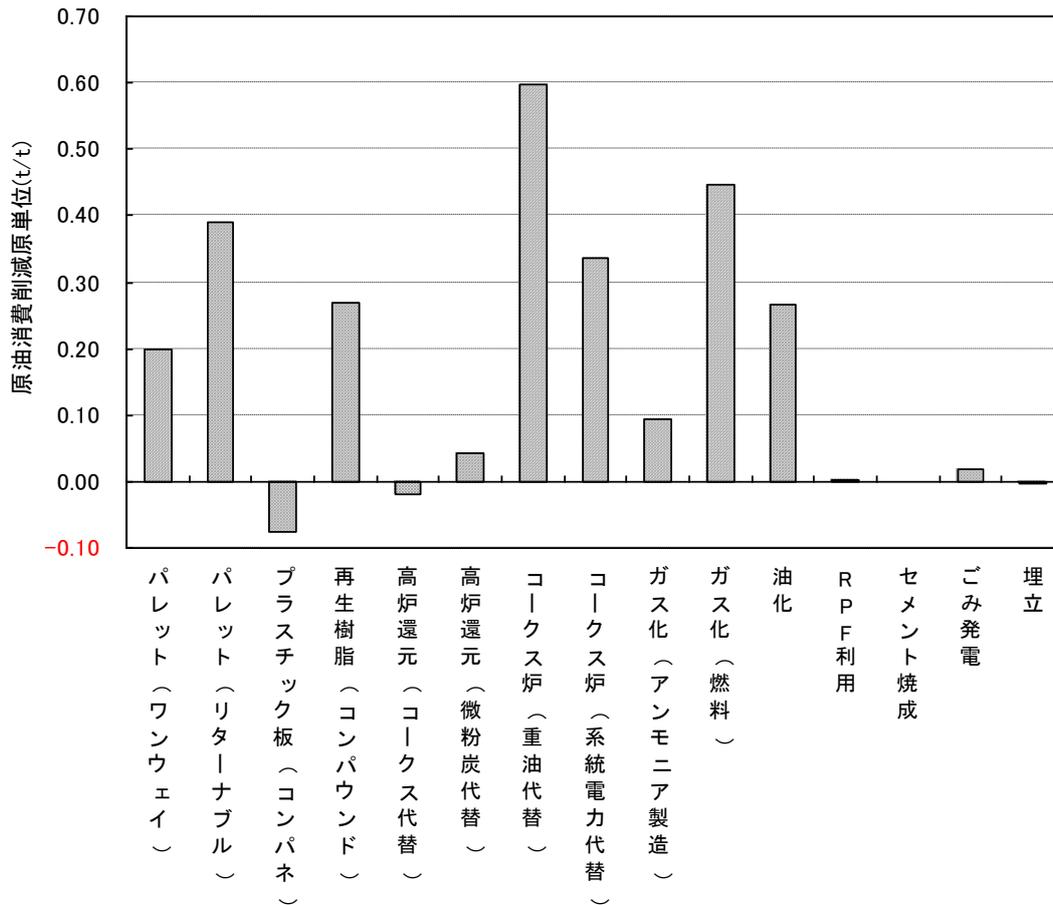


図 11 各再商品化手法の原油消費削減原単位

(ii) エネルギー資源消費

各再商品化手法の環境負荷削減効果のうち、天然ガス・原油・石炭等すべての資源を発熱量換算したエネルギー資源消費削減効果を次頁図 12 に示す。

一般的に単位重量当たりの発熱量は天然ガスが最も大きく、次いで原油、石炭と続くという関係にあるため、比較的石炭代替効果の大きい高炉還元や RPF 利用、セメント焼成の値が小さい。一方で、ガス化 (アンモニア一般) 等は天然ガス代替効果が高いため、エネルギー換算で評価した場合には非常に高い代替率となる。

発熱量換算での評価は化石燃料の指標において一般的に用いられるが、例えばプラスチック等のように化石燃料を化学物質として利用する場合のポテンシャルを十分に評価できず、また資源の枯渇可能性等も考慮されない。このため、本検討での「プラスチックのリサイクル」での評価に適した指標とは言いにくいと考えられる。

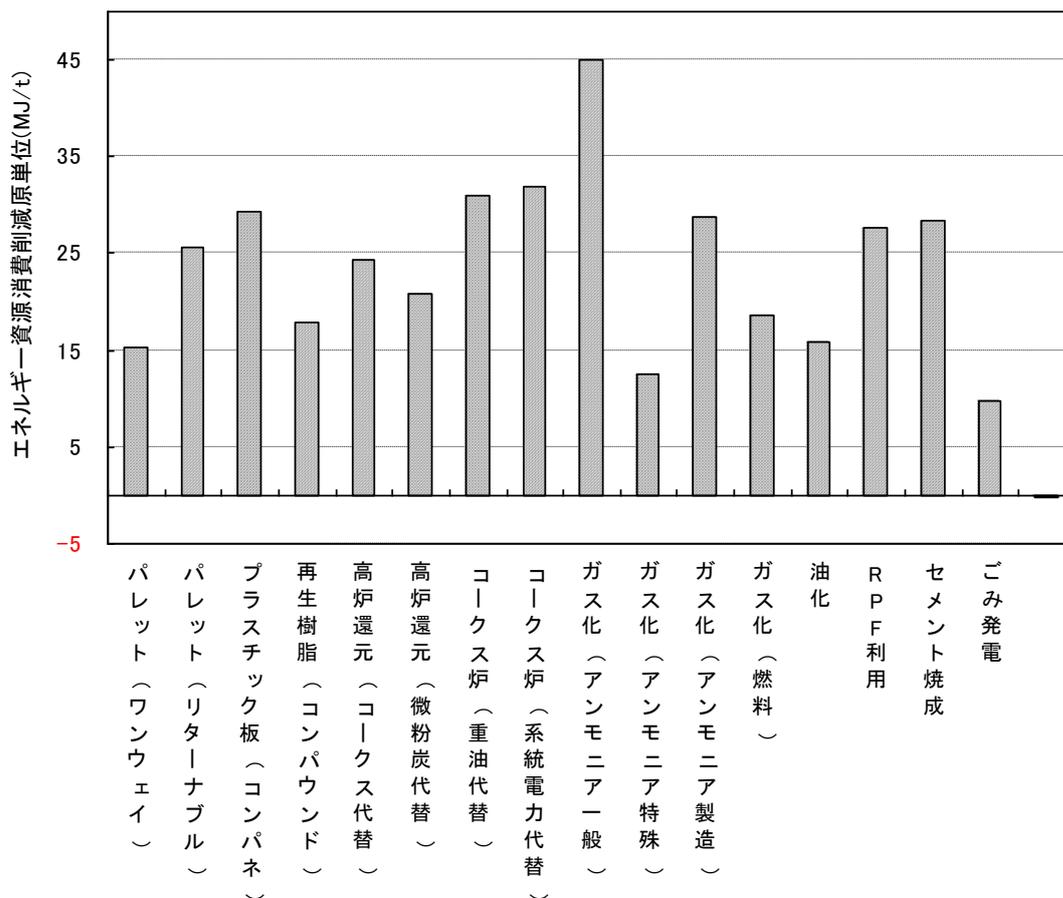


図 12 各再商品化手法のエネルギー資源消費削減原単位

(iii) 可採年数

天然ガス・原油・石炭の可採年数は下表のとおりである。『可採年数』とは、可採埋蔵量を年間生産量で除した数値であり、今後の生産量の増減や、採掘技術の発展及び油田の発見による可採埋蔵量の増加により可能性のある数値である。特性化においては、原油を基準物質とし、各資源の可採年数を原油の可採年数で除した数値を係数としている。

表 7 化石燃料資源の可採年数と特性化係数

資源種	天然ガス	原油	石炭
可採年数	60 年	42 年	133 年
特性化係数	0.70	1.00	0.32

出典) 資源・エネルギー庁「日本のエネルギー2009」

上記の特性化係数を用いて、各再商品化手法における資源消費削減原単位の評価を行った結果は、図 13 のとおり。

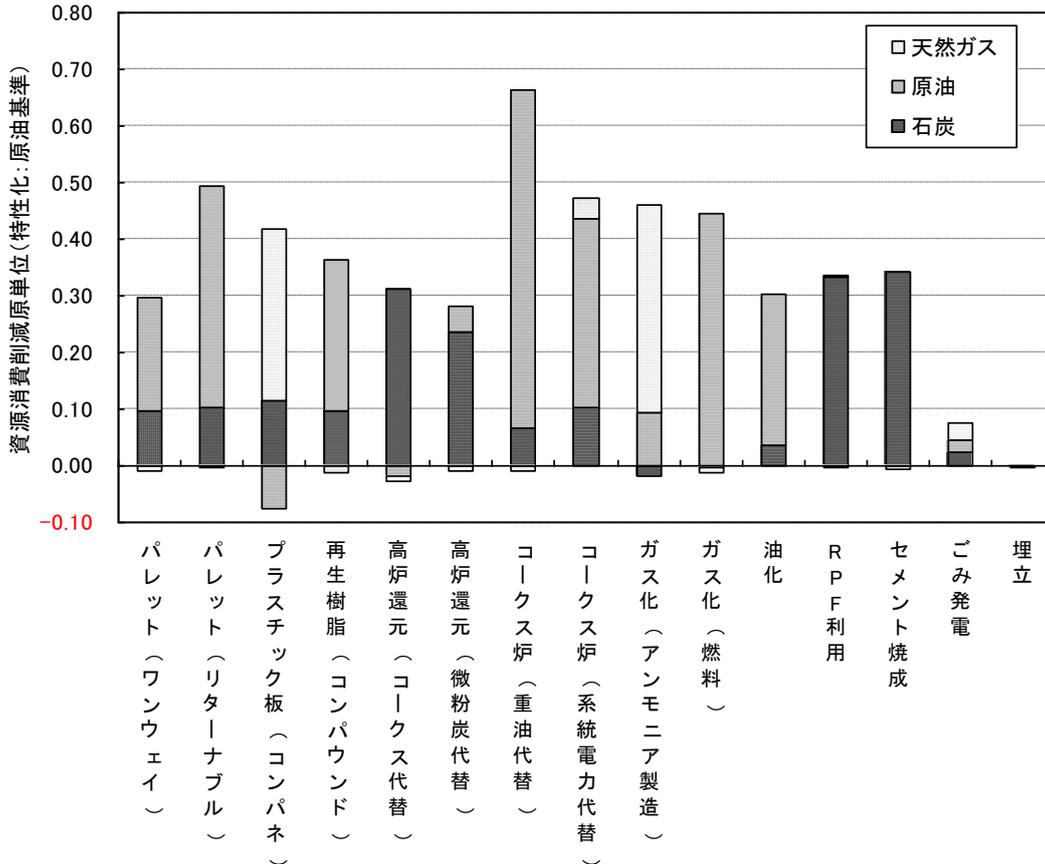


図 13 各再商品化手法の資源消費削減原単位 (可採年数で特性化)

(iv)発熱量当たりの輸入価格

天然ガス・原油・石炭の 2009 年における輸入単価と発熱量、発熱量当たり単価を表 8 に示す。特性化においては、①と同様、原油を基準物質とし、各資源の発熱量当たり単価を原油の発熱量当たりの単価で除した数値を係数としている。

表 8 化石燃料資源の可採年数と特性化係数

資源種	天然ガス	原油	石炭
輸入平均単価	43813 円/t	35510 円/kL	12665 円/t
発熱量	54.5 GJ/t	38.2 GJ/kL	28.9 GJ/t
発熱量あたり単価	804 円/MJ	930 円/MJ	438 円/MJ
特性化係数	0.86	1.00	0.47

出典) 財務省貿易統計、環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」

上記の特性化係数を用いて、平成 21 年度の各再商品化手法における資源消費削減原単位の評価を行った結果は、図 14 のとおり。

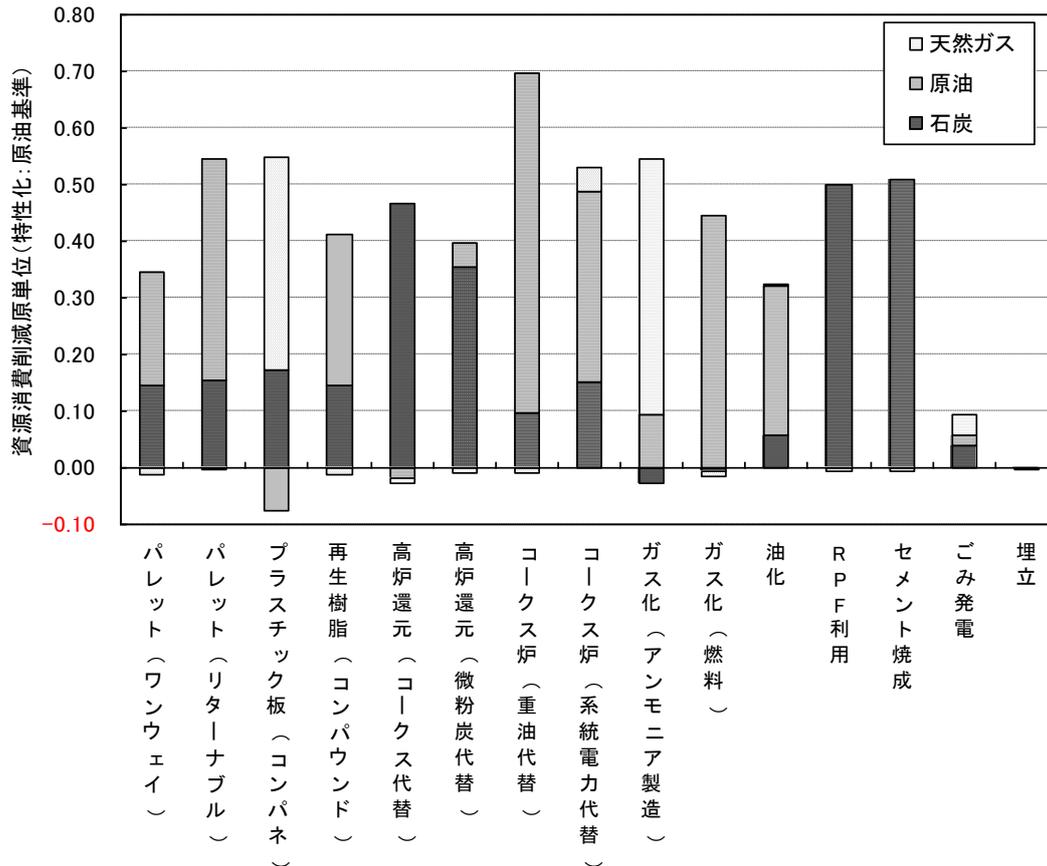


図 14 各再商品化手法の資源消費削減原単位（発熱量あたり輸入価格で特性化）

（リサイクルにより代替される資源の評価の考え方（化石系資源、バイオマス、土石、金属等）に係る整理）

（iii）及び（iv）の検討では、資源価値を可採年数や市場価格を用いた特性化によって、各再商品化手法の資源消費削減量の評価を行っている。可採年数と市場価格という比較的相関のある指標を用いたため、両者の結果に大きな変化はなく、ともに石炭の価値が低く、原油の価値が高く見積もられる結果となっている。（iii）及び（iv）の検討で用いた統合化指標はあくまで一例であるが、より希少価値もしくは価格が高い資源を有効に活用する、というリサイクルの目的に照らし合わせると、有効な指標であると考えられる。

なお、いずれの指標においてもごみ発電や埋立処分の資源節約効果が非常に低い結果となっており、各再商品化手法が資源節約の観点から焼却発電・埋立等比べて優れていることを示している。

⑥リサイクルにより代替されるシステムの評価の考え方(材料リサイクルの改善可能性等)

容リ協会報告書の設定では、材料リサイクルにおいて、容リプラから製造するパレットやコンパネの単位重量はバージン樹脂から製造される製品と比較して大きい。これは容リプラの新規樹脂に対する代替率が、1 よりも小さいことを示している。この代替率の設定について明確な記述はないが、現行の技術において同一品質を保つ場合に必要なものと考えられる。

ここで、将来の技術開発やベールの高品質化等により、容リ製品のバージン樹脂製品に対する代替率が向上した場合、環境負荷削減効果が向上すると考えられる。例として、下図にパレット（ワンウェイ）における容リプラ製品の代替率と CO₂ 削減原単位の関係を示す。また、参考として、CO₂ 削減効果の高いケミカルリサイクルの削減効果を併せて示す。

(リサイクルにより代替されるシステムの評価の考え方(材料リサイクルの改善可能性等)に係る整理)

パレット（ワンウェイ）における代替率とは、バージンパレット重量/リサイクルパレット重量であり、代替率 100%において双方が同等の重量となる。容リ協会報告書及び環境省報告書の設定では代替率が 37.5 %（リサイクル：20 kg、バージン：7.5 kg）と低く、CO₂ 削減効果もケミカルリサイクルに比べ低い。しかし、代替率に比例して CO₂ 削減効果が増加しており、代替率が 60%以上の場合には CO₂ 削減原単位は約 2.0 t/t-ごみ以上となり、ケミカルリサイクルによる削減効果と遜色ないレベルとなることが分かる。

上記結果のように、再商品化手法の LCA は代替率（機能代替）の設定により、環境負荷削減効果が大きく変動する。特に材料リサイクルの場合は、再商品化製品の品質向上により、代替率が大きく向上することも想定される。このため、再商品化事業者のデータやヒアリングを基に、容リ協会報告書から現在までの再商品化製品の代替率の変化について実態調査を行い、その結果を今後の環境負荷分析に取り込むことが必要と考えられる。

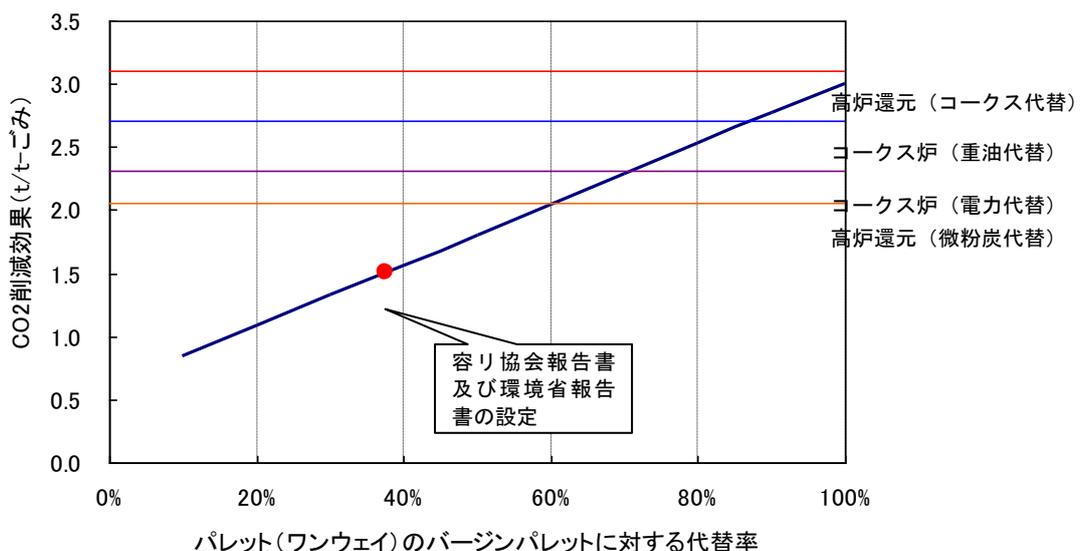


図 15 パレット（ワンウェイ）における代替率と削減効果の関係

(4)各留意点のまとめ(最終アウトプットイメージ)

表9 各留意点の評価・検討結果と今後の分析での設定

No.	留意点	評価・検討結果	今後の分析での設定
①	材料リサイクルにおける産廃プラの混合の扱い	・	・
②	利用製品の処分方法	・	・
③	他工程利用プラの扱い	・	・
④	適切なシステム境界の設定	・	・
⑤	リサイクルにより代替される資源の評価の考え方	・	・
⑥	リサイクルにより代替されるシステムの評価の考え方	・	・

2. 再商品化手法の改善のための施策検討

(1)再商品化手法の改善のためのシナリオ設定に向けた整理

合同会合においては、再商品化手法の改善のために有効と考えられる施策について、その実現可能性等も考慮し、以下のような整理がなされている。

＜再商品化手法の改善のためのシナリオ設定に向けた整理（合同会合資料抜粋）＞

1. 現行制度の下で導入が可能で一定程度の効果が期待できる措置
 - リサイクル手法に適したベール品質に応じた市町村の選別
 - PET・PSの積極的な利用
 - 複数年契約
 - 市町村によるリサイクル手法の選択
 - 地域循環への配慮、地域偏在への対応
2. 現行制度の下で導入は可能であるが効果の程度は実施してみないと分からない措置
 - 特定事業者と再商品化事業者の対話を通じた環境配慮設計の推進
3. 現行制度の変更が必要な措置ではあるがその導入には大きな反対がない措置
 - 製品プラの混合収集
 - 容器包装への表示の改善
4. 現行制度の変更が必要な措置であり現時点でその導入には反対がある措置
 - 材料リサイクルで発生する他工程利用プラのケミカルリサイクルでのカスケード利用
 - 市町村と再商品化事業者のそれぞれの選別作業の一体化

また、合同会合において、再商品化手法の評価は、環境負荷、コスト及びその他（消費者のわかりやすさ等）の3つの観点から行われるべきとの意見が出されている。このため、上記の施策が実行された場合の再商品化手法の改善効果についても、最終的には上記3つの観点において評価されることが求められる。

(2)各施策による効果の評価方法の検討

上記の施策が実施された場合、環境負荷に影響を与えうる項目としては、以下の5点に集約されるものと考えられる。

- ① ベール中のPE・PP率の向上
- ② PE・PP以外のプラスチックの再商品化率の向上（主にPS・PETの再商品化）
- ③ 分別収集量の増加（容リプラ並びに非容リプラ）
- ④ 分別収集・輸送工程の変化（収集回数の変化や再商品化事業者への輸送距離の変化）
- ⑤ 家庭での洗浄の変化（容リプラの洗浄度を上げるためには洗浄時間が長くなる等）

各施策と環境負荷に影響を与えうる項目の対照表は以下のとおりとなる。なお、各種施策による再商品化プロセスのエネルギー消費等への影響は、平成21年度報告書における再商品化事業者へのヒアリングにおいて大きな影響はないとされているため、ここでは項目として抽出はしないものとする。

表 10 各施策と環境負荷に影響を与えうる項目の対照表

再商品化手法の改善に向けた施策	環境負荷に影響を与えうる項目				
	①ベール中のPE・PP率の向上	②PP・PE以外プラの再商品化率向上	③分別収集量の増加	④分別収集・輸送工程の変化	⑤家庭での洗浄の変化
リサイクル手法に適したベール品質に応じた市町村の選別	○	○			
PET・PSの積極的な利用		○			
複数年契約	△		△		
市町村によるリサイクル手法の選択	○	○		△	○
地域循環への配慮、地域偏在への対応				○	
製品プラの混合収集	△		○	○	
容器包装への表示の改善			○	○	
材料リサイクルの他工程利用 プラのカスケード利用		○			○
市町村と再商品化事業者のそれぞれの選別作業の一体化	○	○	△	○	

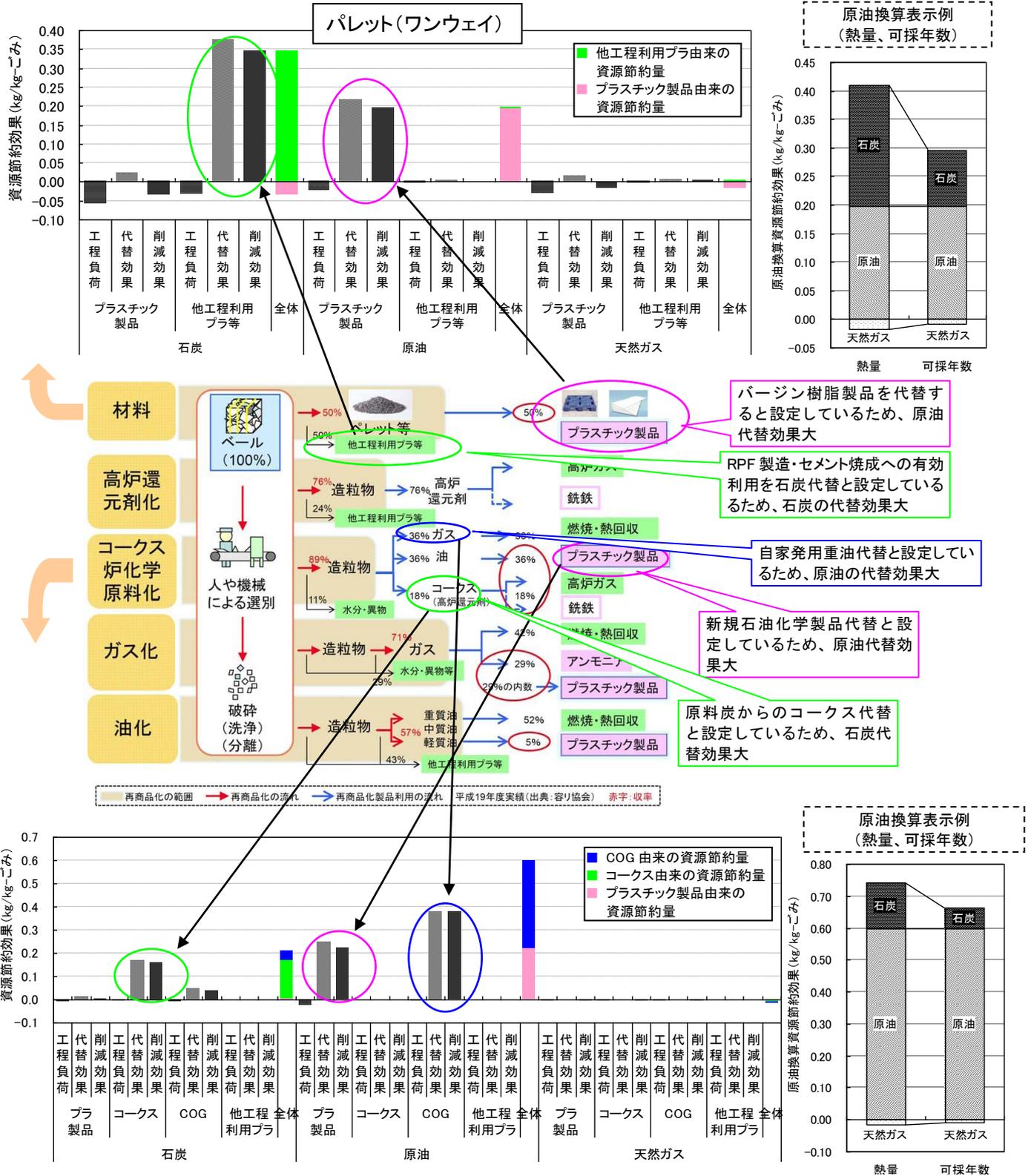
○：一定程度の影響がある
△：条件によっては影響がある

本検討においては、まず施策によって生ずる上記①～⑤までの変化が、環境負荷削減効果にどのような影響を及ぼすかについて感度分析等による評価を行う。この結果に基づき、各施策がどのような変化をもたらすかを考慮し、各施策の環境負荷削減効果の増減を概算する。また、環境負荷に影響を与えうる変化については、次頁に示す評価方針・方法に従って環境負荷削減効果の増減や、その影響の程度を評価する。

表 11 LCA に影響を与える項目の評価方針（案）

環境負荷に影響を与える変化	評価の対象	評価方法	評価に必要なデータ
①ベール中の PE・PP 率の向上	<ul style="list-style-type: none"> PO 率向上による再商品化の環境負荷削減効果の改善可能性 	<ul style="list-style-type: none"> PO 率の変化を用いて、再商品化の環境負荷削減効果の感度分析を行う 	<ul style="list-style-type: none"> PO 率が向上した場合の再商品化の LCI データ
②PP・PE 以外のプラスチックの再商品化率の向上	<ul style="list-style-type: none"> PP・PE 以外のプラの再商品化率向上による、プラ再商品化全体での環境負荷削減効果の改善可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 他工程利用プラとして有効利用される場合と再商品化される場合の環境負荷削減効果を比較する 再商品化手法として、材料リサイクル (PS・PET)、ケミカルリサイクルを想定 	<ul style="list-style-type: none"> PS・PET の材料リサイクルの LCI データ PP・PE 以外のプラを用いた場合のケミカルリサイクルの LCI データ
③総分別収集量の増加	<ul style="list-style-type: none"> 分別収集量の増加によるプラ全体での環境負荷削減効果の改善可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体での処理・処分と再商品化の環境負荷削減効果を比較する 分別収集率を用いて、プラ全体の環境負荷削減効果の感度分析を行う 非容リプラは PP・PE 率を高く設定 	<ul style="list-style-type: none"> 非容リプラのプラ組成 自治体での処理・処分に回るプラが減少することによる焼却炉等への影響
④分別収集・輸送工程の変化	<ul style="list-style-type: none"> 分別収集・輸送工程の変化による環境負荷の変化とその影響 (全体に占める変化の割合) 	<ul style="list-style-type: none"> 再商品化における分別収集・輸送の占める割合を算出する 分別収集工程については、モデルを用いて、収集回数を変化させ感度分析を行う 再商品化事業者への輸送工程は、輸送距離による感度分析を行う 	<ul style="list-style-type: none"> 分別収集や輸送に使用されるトラック等のデータ 分別収集回数の設定データ 再商品化事業者への輸送距離データ
⑤家庭での洗浄の変化	<ul style="list-style-type: none"> 家庭での洗浄による環境負荷とその影響 (全体に占める割合) (お湯の場合を対象とするかは要検討) 	<ul style="list-style-type: none"> 洗浄時間による感度分析を行う リサイクルによる環境負荷削減効果との比較を行う (容リプラの重量等も考慮する) 	<ul style="list-style-type: none"> 家庭での洗浄データ (お湯の原単位データ)

再商品化手法の流れと資源節約効果の内訳例（パレット、コークス炉化学原料化）



再商品化手法の流れと CO2 削減効果の内訳例（パレット、コークス炉化学原料化）

