

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

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。

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

目次

1. 調査の目的	1
2. 各手法内の検討対象	2
3. システム境界の具体的設定にあたって	5
3.1 システム境界の全体的考え方	5
3.2 個別手法の具体的な検討について	6
3.2.1 材料リサイクルにおける検討	6
3.2.2 ケミカルリサイクルにおける検討	16
3.2.3 固形燃料等の燃料としての利用における検討	23
4. 前提条件等の設定	26
4.1 容リプラの成分割合	26
4.2 二酸化炭素排出量の設定	29
4.3 評価に向けた前提条件設定	36
4.4 容リプラのインベントリ等調査方法	39
5. 対象プロセスの検討	40
5.1 材料リサイクル	40
5.1.1 残渣の取り扱いについて	40
5.1.2 パレット	46
5.1.3 コンクリート型枠用パネル	59
5.1.4 再生樹脂（コンパウンド）	64
5.2 ケミカルリサイクル	70
5.2.1 油化	70
5.2.2 ガス化（アンモニア製造）	72
5.2.3 ガス化（燃焼）	80
5.2.4 高炉還元	83
5.2.5 コークス炉化学原料化	91
5.3 固形燃料等の燃料の利用	96
5.3.1 RPF利用	96
5.3.2 セメント焼成	101
5.3.3 焼却・エネ回収（発電効率10%の場合：参考）	105
6. ベースケースにおける各種再商品化手法による環境負荷低減効果	107
6.1 材料リサイクル	107
6.2 ケミカルリサイクル	109
6.3 固形燃料等の燃料の利用	111
6.4 二酸化炭素排出削減と各資源削減効果	113
7. 容リプラのベール組成変動等に係わる検討	116
7.1 シナリオ設定	116
7.2 ケース1	120

7.2.1	材料リサイクル.....	120
7.2.2	ケミカルリサイクル.....	125
7.2.3	固形燃料等の燃料の利用.....	132
7.2.4	ケース1の結果.....	137
7.3	ケース2	143
7.3.1	材料リサイクル.....	143
7.3.2	ケミカルリサイクル.....	148
7.3.3	固形燃料等の燃料の利用.....	155
7.3.4	ケース2の結果.....	160
7.4	残渣処理方法の変動.....	166
7.5	組成変動等の影響に対する検討結果.....	166
8.	まとめ	170

1. 調査の目的

(1) 調査実施の意図

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。

(2) 公開対象範囲

本検討の結果は、容リプラ再商品化に直接関係する特定事業者や再生処理事業者、利用事業者および、関係する各審議会・検討会の委員、一般市民等に広く公開していくものとする。

(3) 比較手法

比較手法については、製品バスケット法を用いる。

検討にあたっては、これまで、課題となってきた再商品化製品利用製品（再商品化によって得られた製品）とバージン材等による既製品の代替性確保＝「機能単位の統一」をできる限り精密に実施し、そのためにも適切な範囲までのシステム境界の拡張を実施した。

(4) 比較システムの用語定義等

比較システムについては、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「容リ利用製品」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、容リ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. 各手法内の検討対象

(1) 材料リサイクル手法の代表的製品

材料リサイクル利用事業者の H15～H17 年度の用途別推移及び用途別割合は次のとおりである。

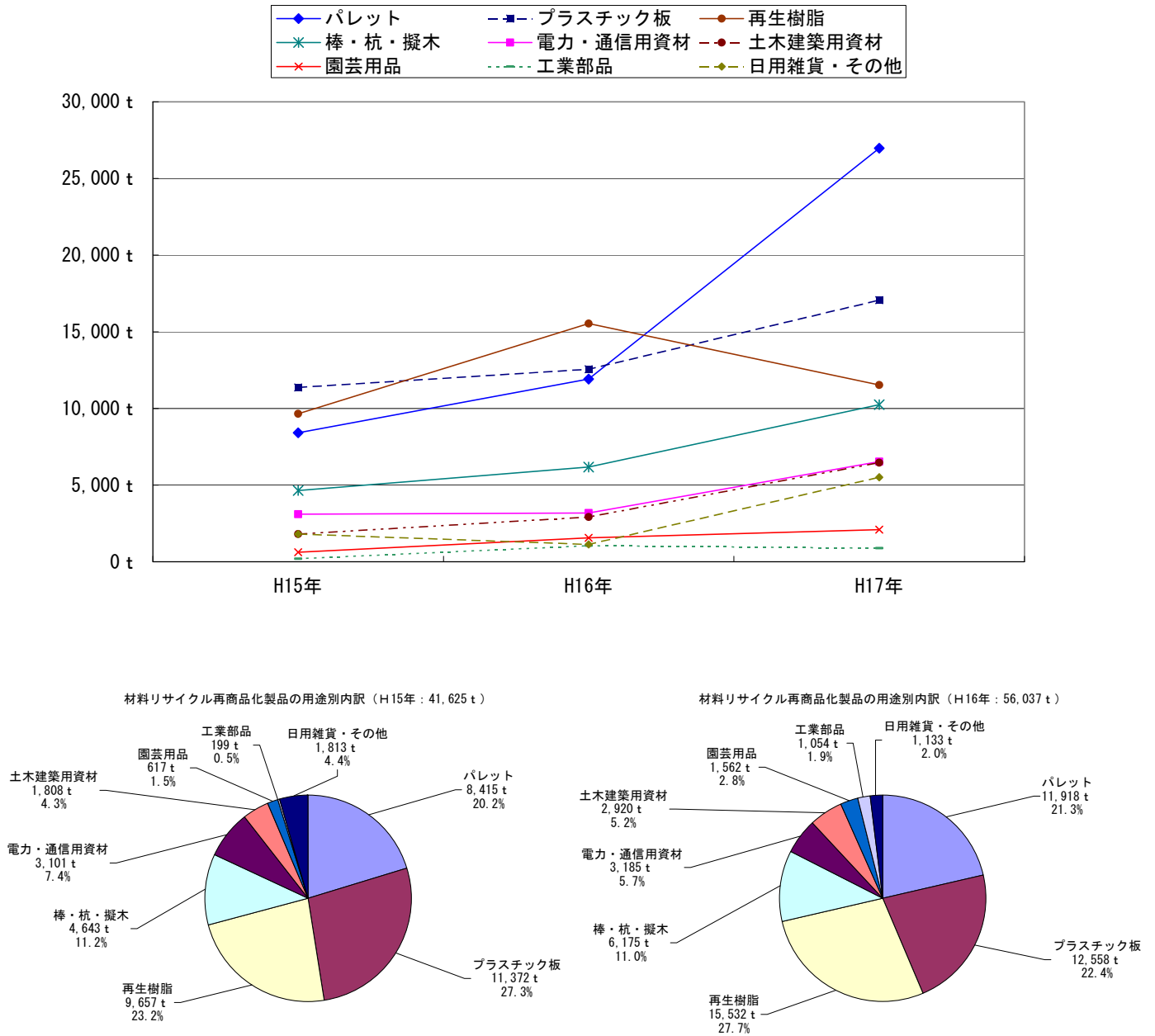


図 2-1 材料リサイクルの再商品化製品の用途別内訳 (平成 15 年、平成 16 年)

材料リサイクル再商品化製品の用途別内訳（H17年：87,308 t）

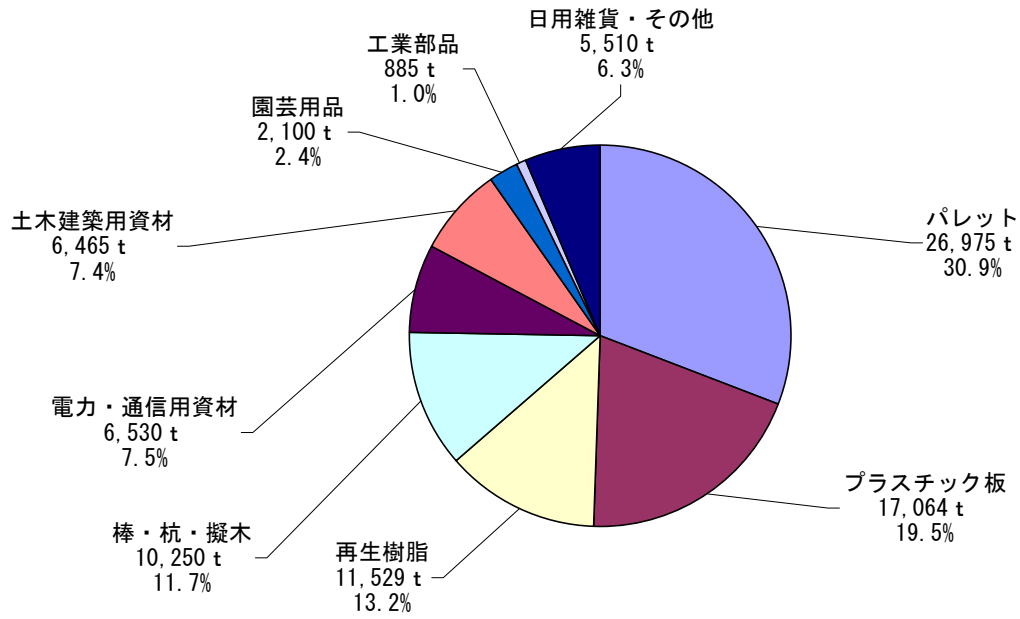


図 2-2 材料リサイクルの再商品化製品の用途別内訳（平成 17 年）

また、平成 18 年 4 月～8 月までの引き取り実績を整理すると次のとおりである。

材料リサイクル再商品化製品の用途別内訳（H18年：4月～8月実績より作成）

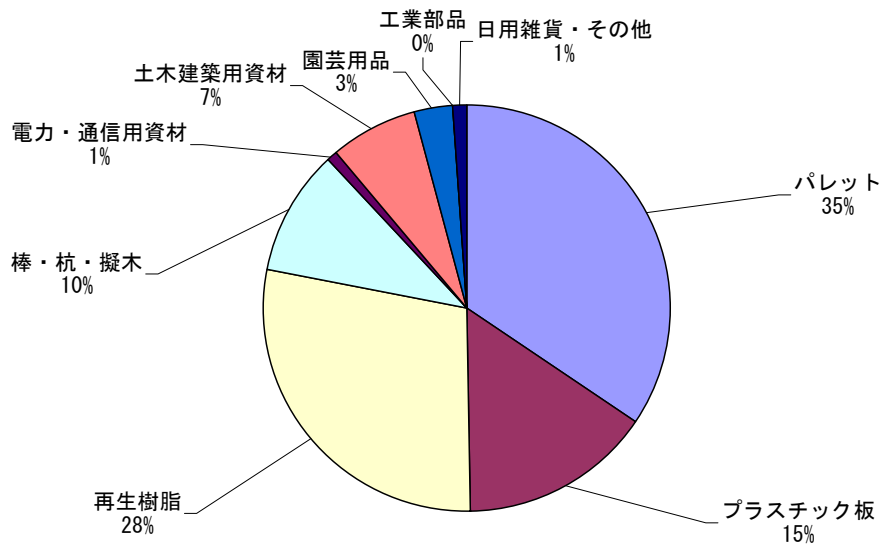


図 2-3 材料リサイクルの再商品化製品の用途別内訳（平成 18 年 4 月～8 月実績）

上記の結果より、パレット、プラスチック板、再生樹脂の占める割合はいずれの年でも多く、この 3 種類で市場の 60%以上、H17 年度を除くと 70%以上を占めている。

現状においては、パレット、プラスチック板、再生樹脂（コンパウンド）が材料リサイクルの代表的な製品と考えられる。

棒・杭・擬木という用途区分も割合としては多くみえるが、これはパレットやプラスチック板の用途区分に比べると、かなり大きな用途区分で分類されているためである。パレットやプラスチック板と同様に、棒、杭、擬木にそれぞれ細分化し、さらに製品ごとに分けると、全体に占める製品量は1%から2%程度に留まると予想される。

このため、手法内の製品代表性等という観点から、材料リサイクルについては、パレット、プラスチック板、再生樹脂（コンパウンド）を対象に検討する。

（２） ケミカル手法の代表的な製品

ケミカル手法として、油化、高炉還元、コークス炉化学原料化は用途が限られている。しかし、ガス化については「化学原料」と「熱利用」が認められ、既に実施されている。各用途の落札割合は6対4で何れが優位とはいえない状況にある。

よって、ガス化は、「化学原料」と「熱利用のみ」の両方を実施する。

（３） 代表的な製品のまとめ

材料リサイクル、ケミカルリサイクルで対象とする製品は次のとおりとする。

表 2-1 対象とする容リ利用製品

	容リ利用製品	備考	
材料リサイクル	パレット		
	プラスチック板	木材代替のため慎重に検討する必要あり	
	再生樹脂	再生樹脂とはコンパウンドをさす。	
ケミカルリサイクル			
	油化	生成油	
	ガス化	化学原料	化学原料は、アンモニア製造
		熱利用	
	高炉還元	高炉還元剤	
コークス炉化学原料化	コークス、化学原料他		

また、固形燃料等の燃料の利用に係わる手法については、平成19年度より緊急避難的・補完的な位置づけとして導入されることから、どのような燃料として利用されるかが不明である。ここでは主にRPF利用、セメント焼成について検討する。

3. システム境界の具体的設定にあたって

3.1 システム境界の全体的考え方

(1) システム境界の始点

システム境界の始点について、最も望ましいのは家庭等からプラスチック製容器包装が排出される時点を起点とし、分別収集・輸送を経て、保管施設にて選別・圧縮・梱包しベール化する処理工程を含め検討することである。

しかし、本調査は、現行手法並びに緊急避難的・補完的な位置づけとして導入される固形燃料等の燃料としての利用を含めた手法間の比較を行うことに主眼をおいたものであり、自治体が行う単純焼却や廃棄物発電と容リプラとの環境負荷等の比較を実施することを目的としているわけではないことから、ベール化以降の処理（再商品化手法等）を検討することとする。

そこで、現状の規定・実施状況下での分別基準適合物（ベール）をシステム境界の起点とし、各再商品化手法による環境負荷について検討する。

(2) システム境界の終点

システム境界の終点については、容リ利用製品まで拡大する必要性が各種文献等で指摘されてきた。手法間を比較するシステム拡張の考え方として

①容リプラ利用製品製造から使用、廃棄されるまでシステム境界を一律に拡張

⇒本方法は、一般の方にも非常に周知しやすい。しかし、再商品化製品段階で代替品が設定できているような手法があれば、無理に利用製品まで拡張する意味があまりない。また、製造後の利用先や利用方法などについては、仮定せざるを得ず、データの信頼性やデータ収集の観点から問題が生じる可能性がある。

②手法別に適正なシステム境界を設け拡張

⇒手法によっては、再商品化製品とその代替品を設定し比較することが難しいと考えられるものがある。これについては、妥当と考えられるところまで、システム境界を拡張する。

⇒製品バスケット法を使う場合、「リサイクルシステム」と「オリジナルシステム」を適切に比較できるのであれば、手法間のシステム境界をすべて一律に揃える必要はない。また、現状で収集可能なデータの信頼性等を考えると妥当と考えられる。

以上の考察から、ここでは、上記②を選定するものとした。ただし、結果として容リプラを燃焼あるいは化学分解する段階まですべての手法において実施したことから、①を採用したとも言える（コンパウンドは多少異なる）。なお、(利用)製品使用段階は「リサイクルシステム」と「オリジナルシステム」ともに同等に扱われるものと仮定した。

3.2 個別手法の具体的な検討について

3.2.1 材料リサイクルにおける検討

(1) システム境界

再商品化製品は、容リ利用事業者によって加工されパレット等の最終製品となる。再商品化製品は中間製品であり、この段階での品質は事業者によってかなりバラツキが多く、バージン樹脂と比較するのは困難である（既存文献でも常に問題点として挙げられてきた）。そこで、パレット等については利用製品まで拡大し、利用製品を同等と設定したことから、それ以降の使用段階は同等に取り扱われるものとし、オリジナルシステムとの間で相殺されるとした上で製品使用廃棄段階までシステム境界を拡張した。

a) パレット、プラスチック板

- ・ パレット等については、容リ利用製品を利用する段階では代替品と同等に利用されると仮定し、再商品化製品製造、容リ利用製品製造後、焼却するまでを考慮する。製品使用は同等と見なす（バージンプラパレットの製造事業者、日本パレット協会、容リの利用事業者、一般のパレットを利用する事業者等にヒアリングを実施した。この結果、パレットの場合、業種や現場の利用方法により利用年数が異なることや、耐久年数を考えて補充するよりは紛失することにより補充・運用する機会が多いこと、また、容リパレットの利用年数はまだ浅く、明確な利用年数等がわかっていないこと、容リパレットの品質も毎年良質化していること等が明らかとなった。つまり、プラスチックの材質等による利用年数の差異は誰にヒアリングしても明確ではないことから、製品使用は同等とした。）ため使用段階は省略した。
- ・ パレットについては、ワンウェイ製品とリターナブル製品の2通りが容リ利用製品として製造されている。そこで、2通りに分類して実施する。

b) 再生樹脂（コンパウンド）

- ・ 再商品化製品（減容品等）のグレードが低いため、産廃系プラ等を混ぜてグレードを上げ、練り直すものである。他の樹脂と混ぜてコンパウンドした後はオリジナルシステムの製品と混合あるいは単独で最終製品の原料として用いられる。最終製品については明確に把握できていないことから、バージン材との代替率が変化した場合を想定し検討する。製造後はオリジナルシステムと同様に最終製品化後、使用され、廃棄するまでを検討する。（再生樹脂は中間製品で他の製品とは位置づけが異なるため、他の手法との比較は行わない。）

(2) オリジナルシステム

- ・ **パレット**：プラのバージンパレット、木材パレットを対象。
- ・ **プラスチック板**：コンクリート型枠用合板（コンパネ）の代替とする（木材代替）。コンパネの場合、複数回、利用することから利用回数が問題となる。そこで、プラスチック板のコンクリート型枠用ボードとしての利用回数とコンクリート型枠用合板の利用回数の差異を考慮して検討する。
- ・ **再生樹脂**：バージン樹脂をオリジナルとする。樹脂製造メーカーで対応している場合が多いため、樹脂材、つまりPE、PPを対象とする。ただし、容リの再生樹脂（コンパウンド）を利用する場合、最終製品の重量を重くし対応したり、新規樹脂と混合して最終製品

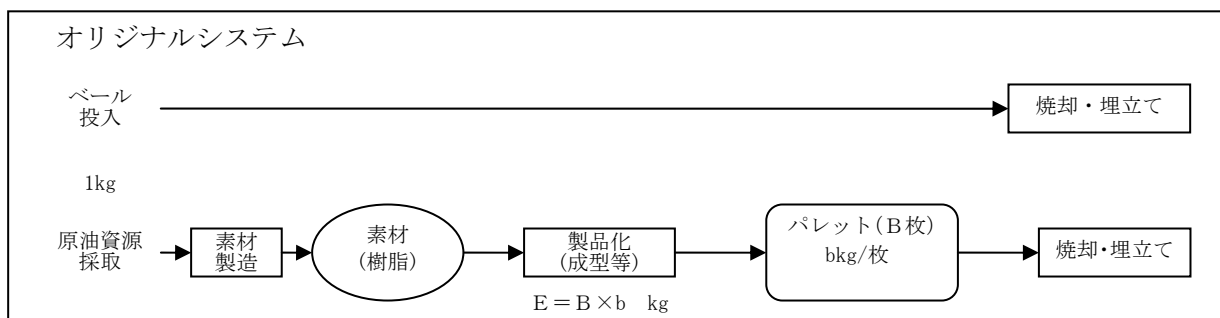
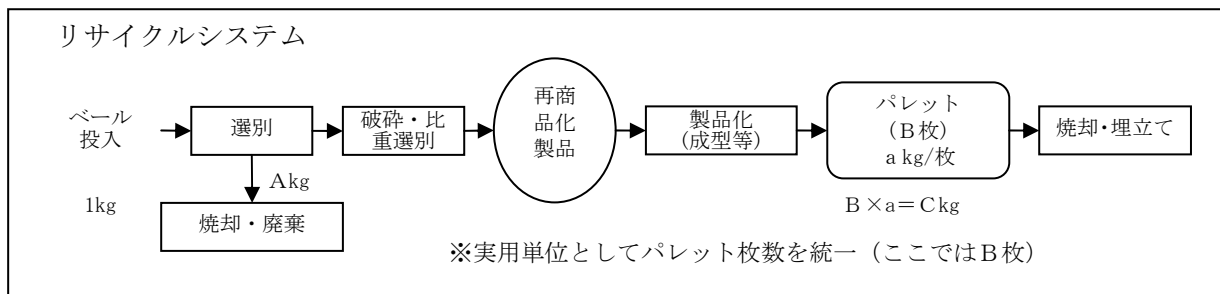
を製造したり、必ずしも新規樹脂と同等に扱われていないようである。そこで、たとえば、どれだけの量のオリジナル製品（新規樹脂）を置き換えられるか、代替率等を考慮した上で検討する。

（３） 機能単位とシステム境界

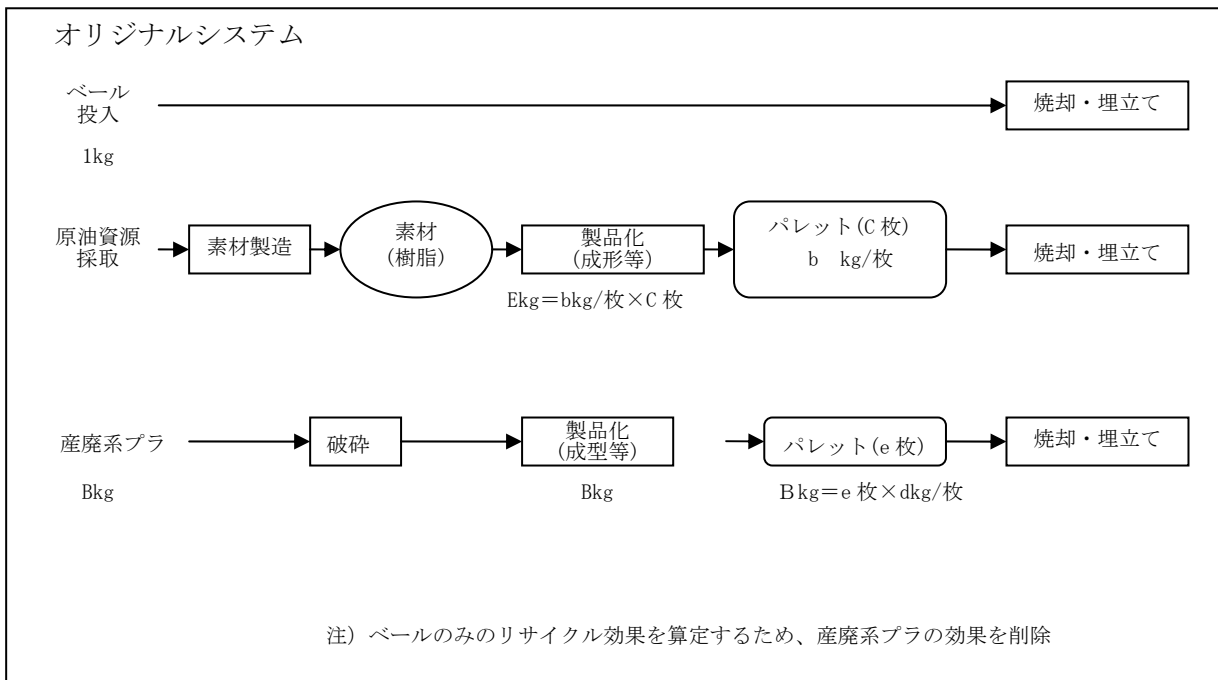
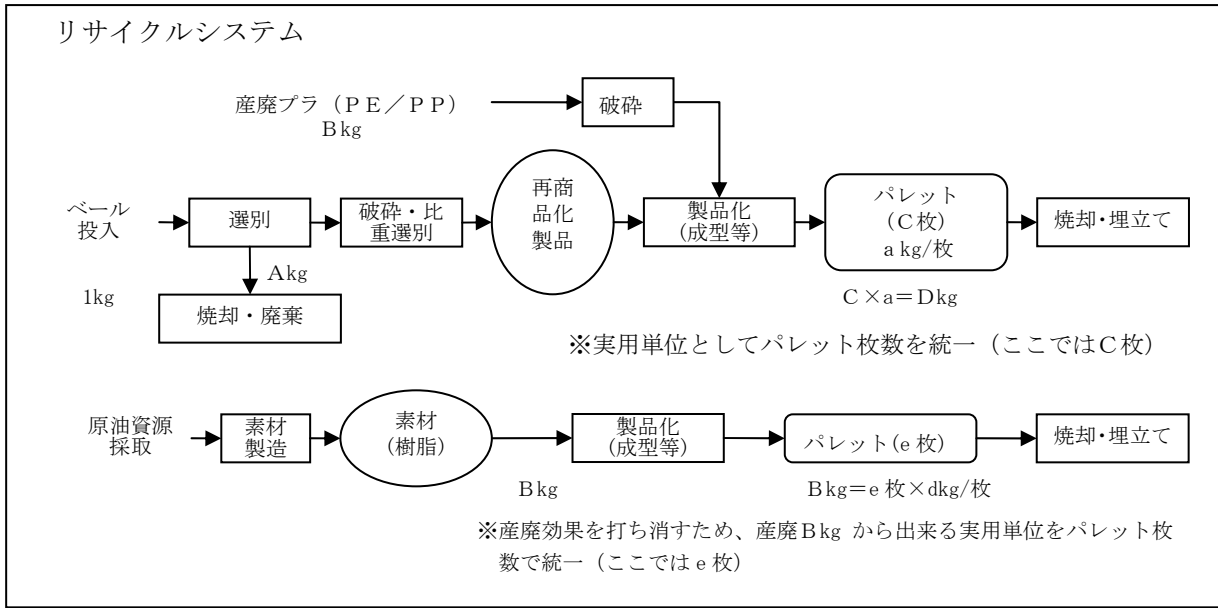
再生処理事業者に搬入されてくる分別基準適合物（以下、ベールという）1kgを手法間の比較を行うための基本的な機能単位と設定する。さらに、オリジナルシステムとリサイクルシステムについては利用製品の特性を考え、各々の実用単位を機能単位とし統一した。

【材料リサイクル】

（パレット：ワンウエイ）



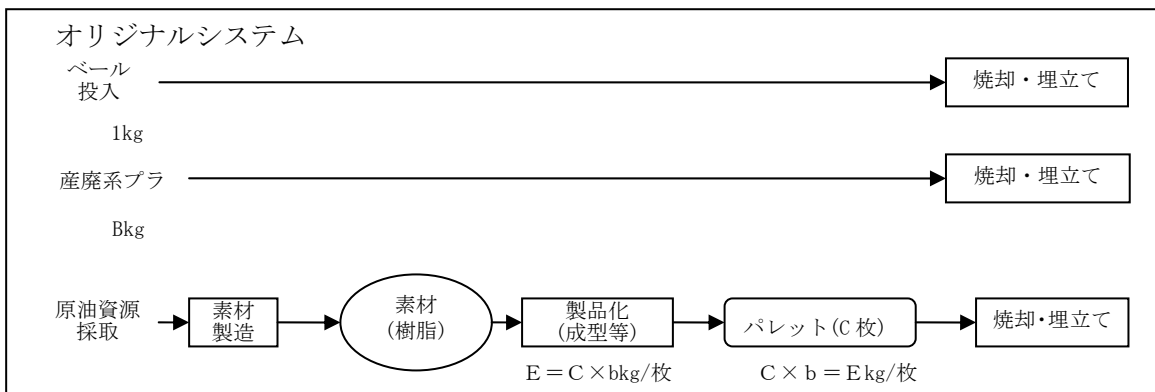
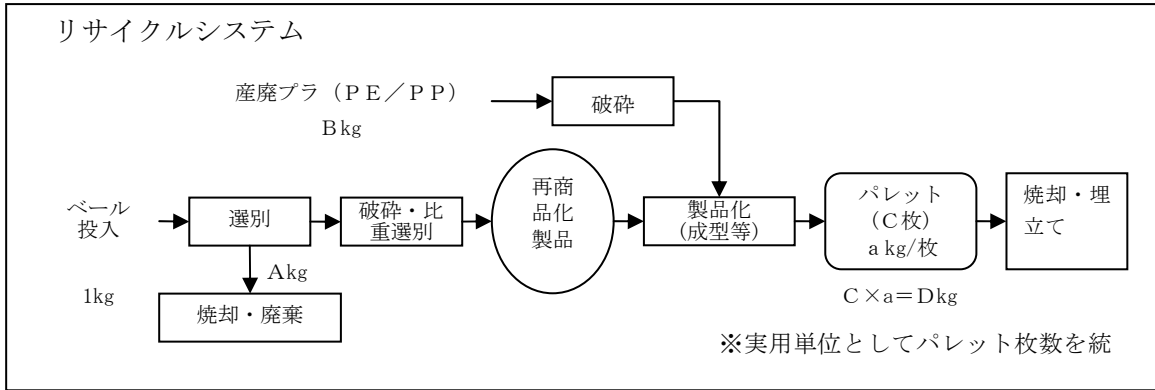
(パレット：リターナブル)



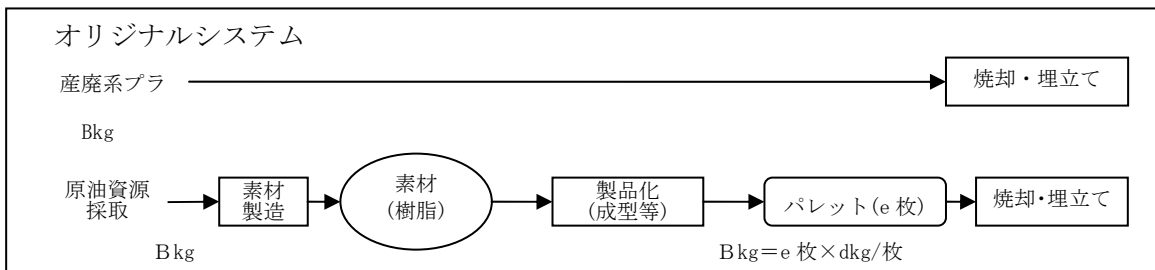
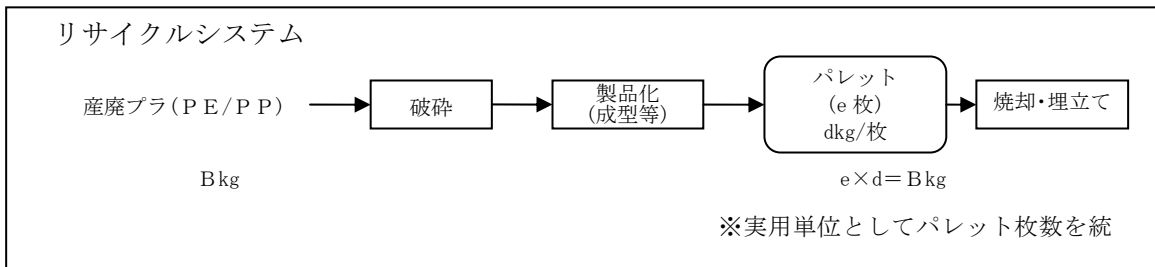
上記に示すように、混合する産廃系プラの重量Bkgが重くなり、新規樹脂のみから製造されるパレットの重量Ekg(=bkg/枚×C枚)より重くなった場合は、リサイクルすればするほど、容リプラのリサイクル効果は悪くなる結果になってしまうことに注意されたい。

(考え方) 産廃系のプラを混合した場合の考え方 (1/2)

パレット全体 (ベール 1kg と産廃プラ Bkg) のリサイクルの効果



産廃プラ (Bkg) の効果



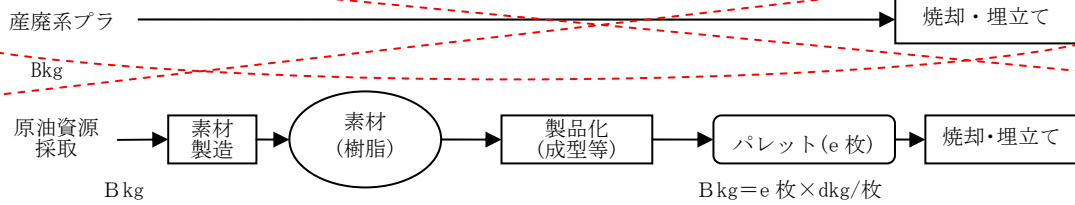
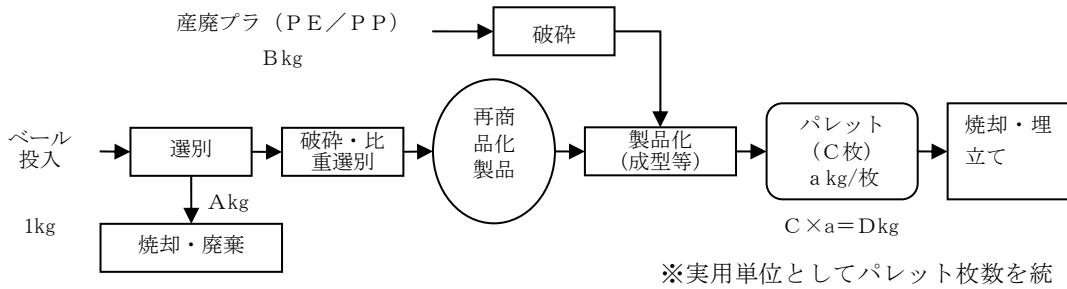
パレット全体 (ベール 1kg と産廃プラ Bkg) のリサイクルの効果から産廃プラ (Bkg) の効果を削除する必要があるため、次のような作業を行う。注) 産廃プラのリサイクル効果を打ち消すため、産廃プラのオリジナルシステムとリサイクルシステムを逆に足し合わせ、効果を打ち消している。

- ・ (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)

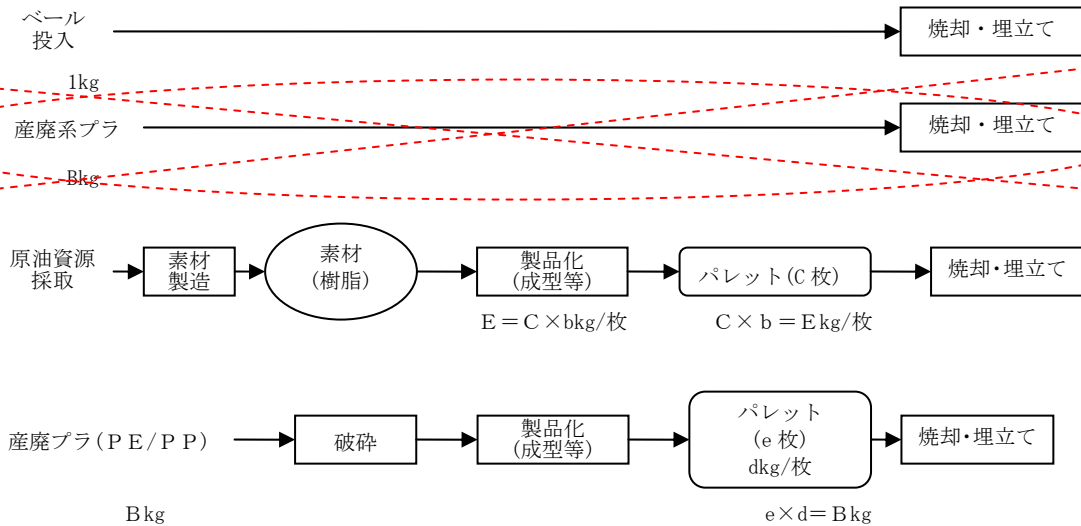
(考え方) 産廃系のプラを混合した場合の考え方 (2/2)

容リプラのパレットのリサイクルの効果

容リプラのみの効果を算出するための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)



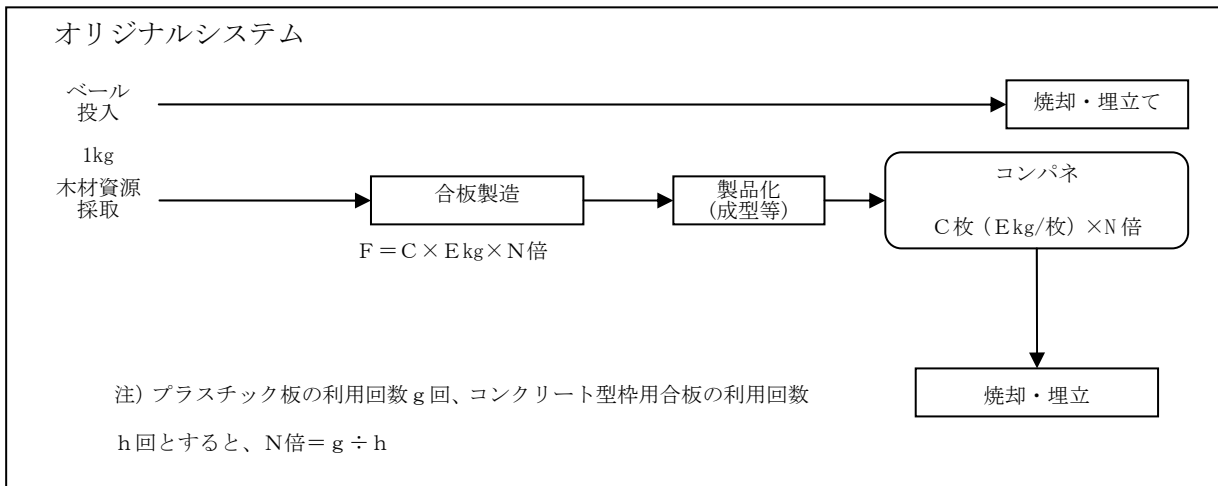
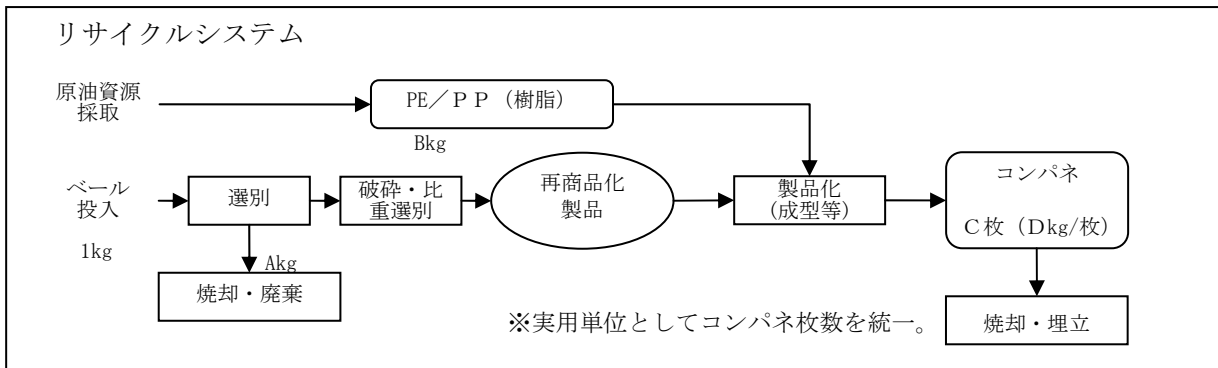
容リプラのみの効果を算出するためのオリジナルシステム
 (パレット全体のオリジナルシステム+産廃プラのリサイクルシステム)



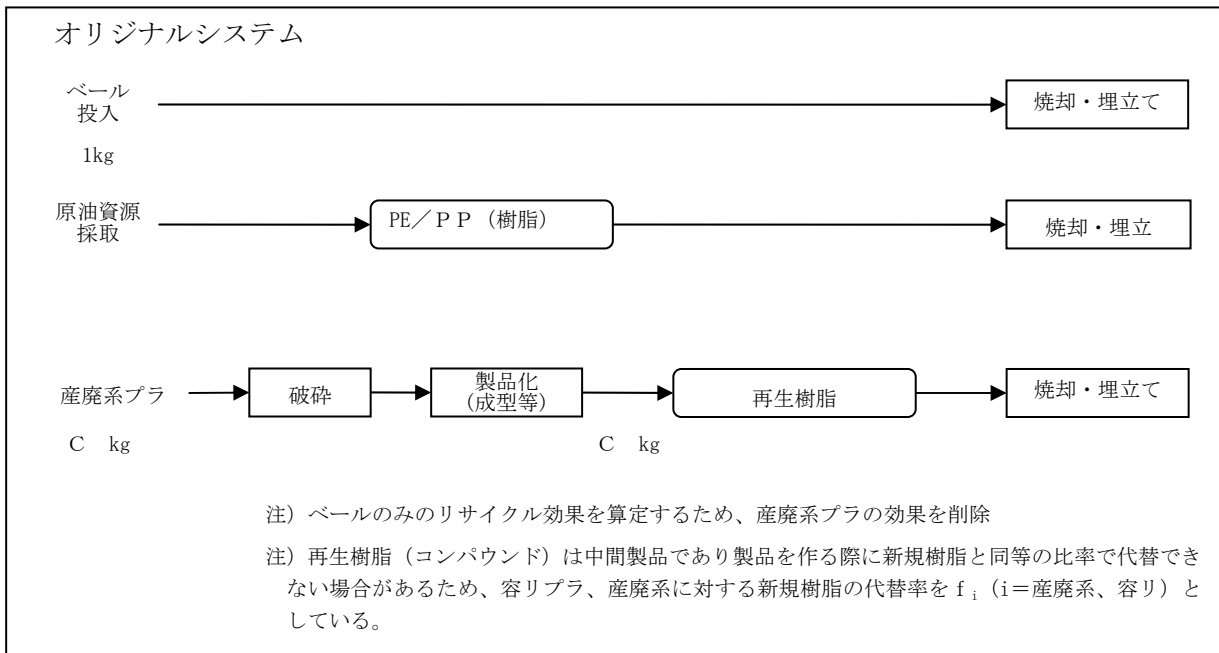
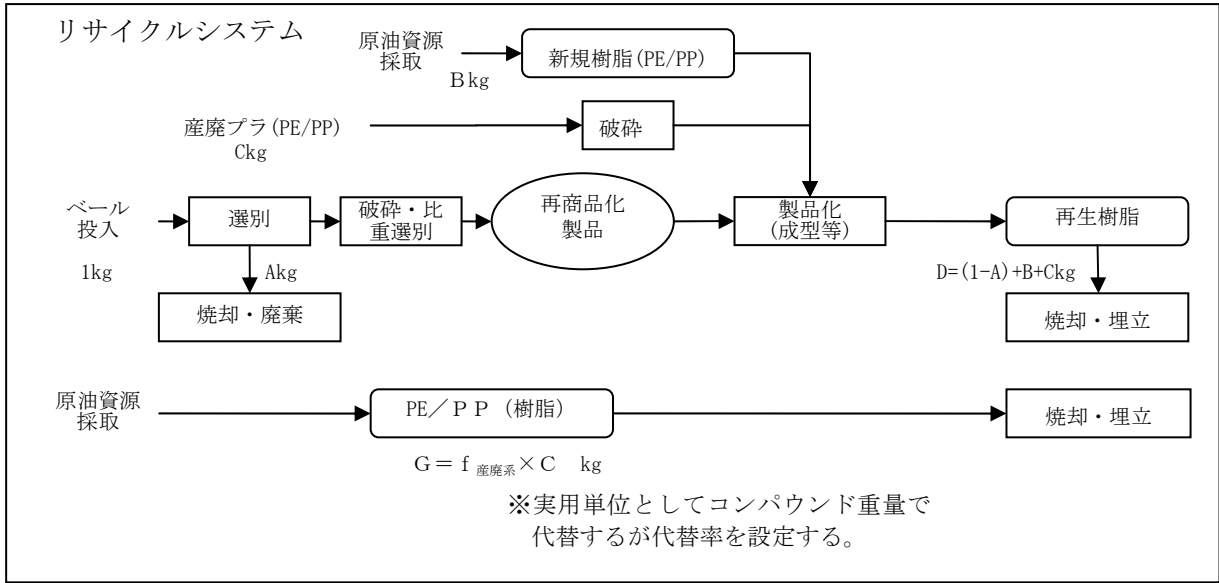
上記のリサイクルシステムとオリジナルシステムで (産廃系プラ) → (焼却・埋立) は打ち消され、最終的には前々ページで示したリサイクルシステム、オリジナルシステムとなる。

打ち消しあう

【材料リサイクル】（プラスチック板(コンクリート型枠用合板代替)）



【材料リサイクル】（再生樹脂（コンパウンド））



(4) 残渣の取り扱い

材料リサイクルの場合、残渣が50%ほどを占めることから、その処理実態を踏まえ検討することが重要である。平成18年半期の実態を整理したものは次のとおりである。

- ・ 「その他」には埋立て処分が約8%含まれる。これは緊急避難的なものであり、現在は、焼却・エネ回収に利用している。ここでは、当該8%分については焼却・エネ回収に利用しているとして配分する。
- ・ 「その他」の残分については、単純焼却、焼却・エネ回収、RPF、セメント原燃料に比例配分する。
- ・ RPF製紙等とRPFセメント、RPFその他については、いずれもRPFを製造していることからRPF利用として検討する。
- ・ 焼却・エネ回収については廃棄物における現行の発電端効率は平均10%程度である。発電端効率の高い廃棄物処理施設は、大牟田、三重県等のRDF発電等が上位を占める。RDF発電は高い発電効率を維持するために熱量管理が重要となるが、毎年、受け入れられるか否かが不明なRPFを受け入れる可能性は低い（実態としても受け入れられていないようである）として、現行の廃棄物発電の平均発電端効率の10%を用いる。

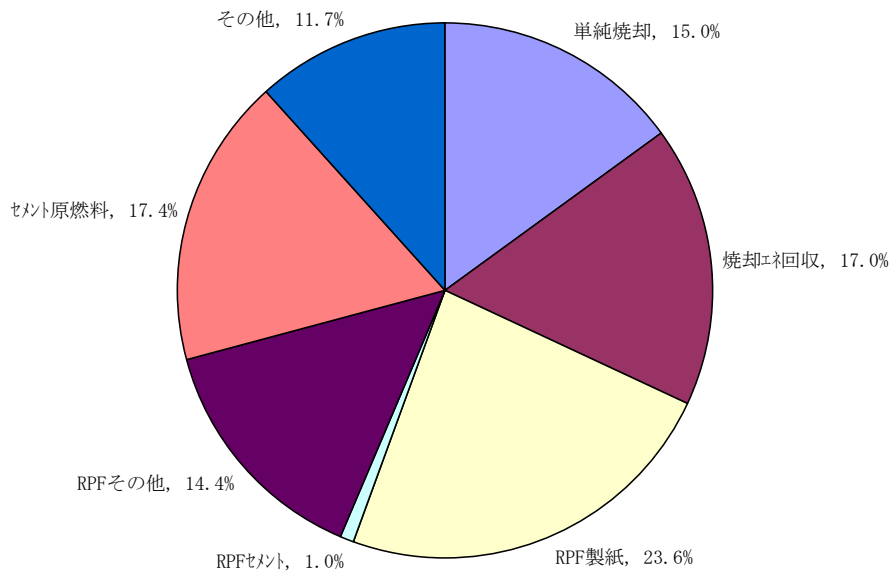


図 3-1 平成18年上半期の廃棄物の処理状況

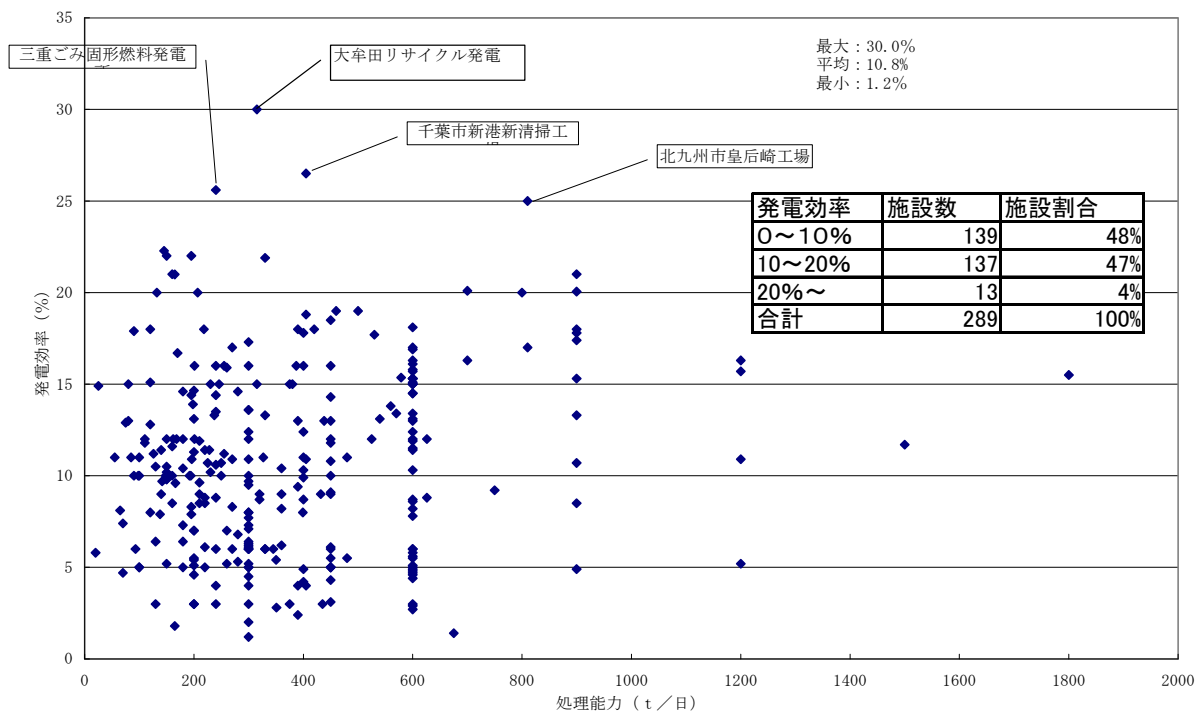


図 3-2 廃棄物発電における発電効率の分布
出典) 環境省資料等をもとに作成

(本検討で用いる可燃残渣の処理)

上記までのデータをもとに、単純焼却、焼却エネ回収（発電効率 10%）、RPF 製造・エネ利用（RPF 利用）、セメント原燃料（セメント焼成）ごとに下記の割合で利用しているとして検討する。それぞれの処理の環境負荷を検討した上で加重平均をとり、残渣全体の環境負荷を検討するものとする。

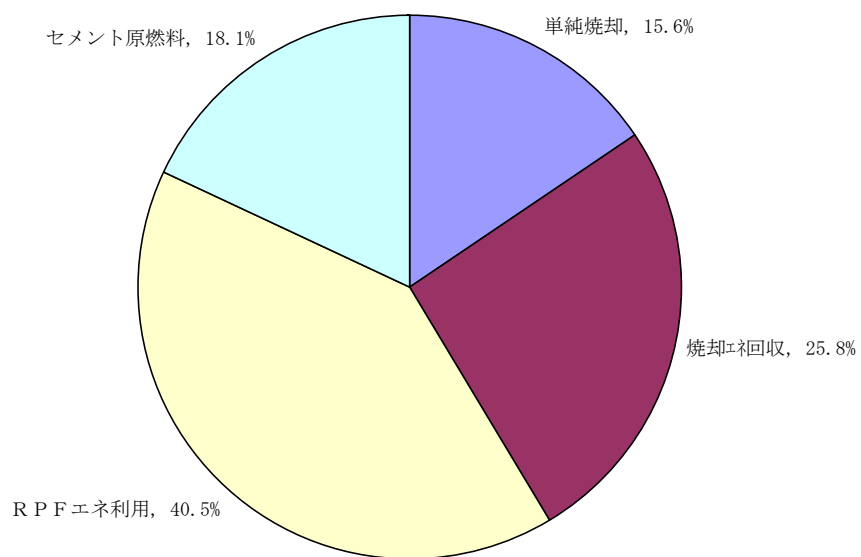


図 3-3 現状を考慮した可燃残渣の処理

3.2.2 ケミカルリサイクルにおける検討

(1) 油化

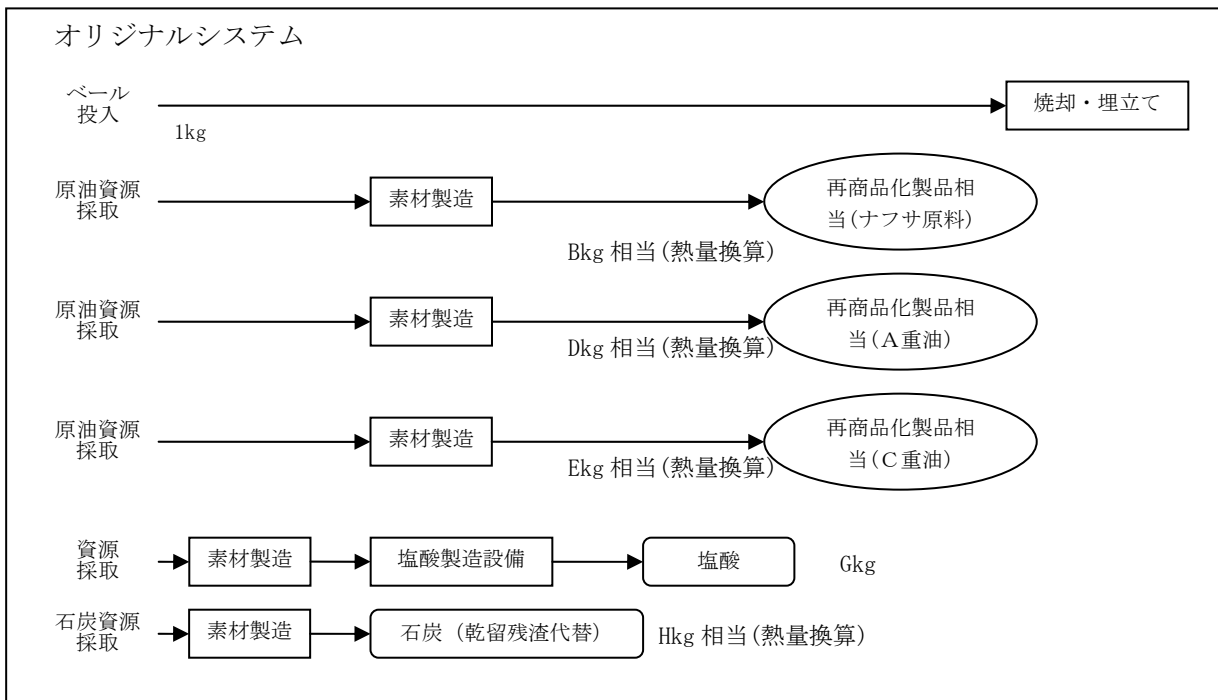
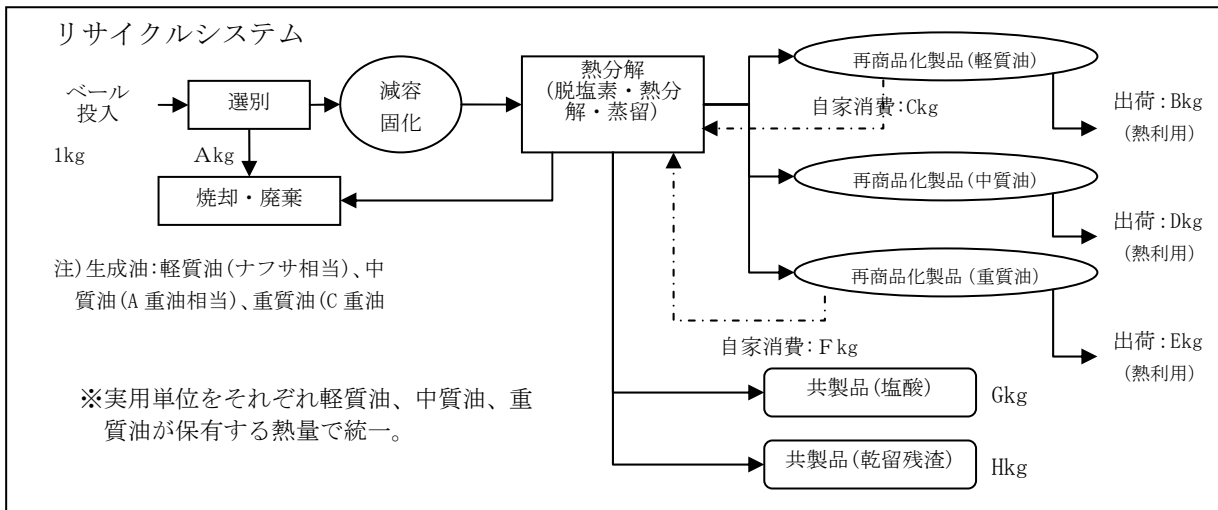
a) システム境界

- ・ 生成油は軽質油、中質油、重質油に分かれる。それぞれナフサ、A重油、C重油に相当し、ディーゼル燃料、ボイラ燃料等として利用されるまでを検討する。
- ・ これら製品を最終的に利用する段階では、結局、容リプラが持っていた炭素分と同等の CO2 しか排出されないため、投入する容リプラが含有する炭素分 (C分) が全て CO2 になるとして算定する。

b) オリジナルシステム

- ・ 代替している製品 (A重油、C重油等) を生成油の代替品とし、利用 (燃焼)・廃棄するまでを検討する。

【ケミカルリサイクル (油化)】



(2) ガス化

- ・ ガス化については、①アンモニア製造の原料として利用する場合（化学原料）と②燃料ガス（燃焼）として利用される場合がある。

a) システム境界

（化学原料として利用）

- ・ ガス化した再商品化製品を合成ガス化し、アンモニア（副生物として炭酸）が製造され利用されるまでを検討する。これら製品の最終的な利用段階では、結局、容リプラが持っていた炭素分と同等のCO₂しか排出されないため、投入する容リプラが含有する炭素分（C分）が全てCO₂になるとして算定する。

（燃料ガス（燃焼）としてのみ利用）

- ・ 燃料ガス利用についてはガス化し熱（製品）として利用するまでを対象とする。製品の最終的な利用段階では、結局、容リプラが持っていた炭素分と同等のCO₂しか排出されないため、投入する容リプラが含有する炭素分（C分）が全てCO₂になるとして算定する。

b) オリジナルシステム

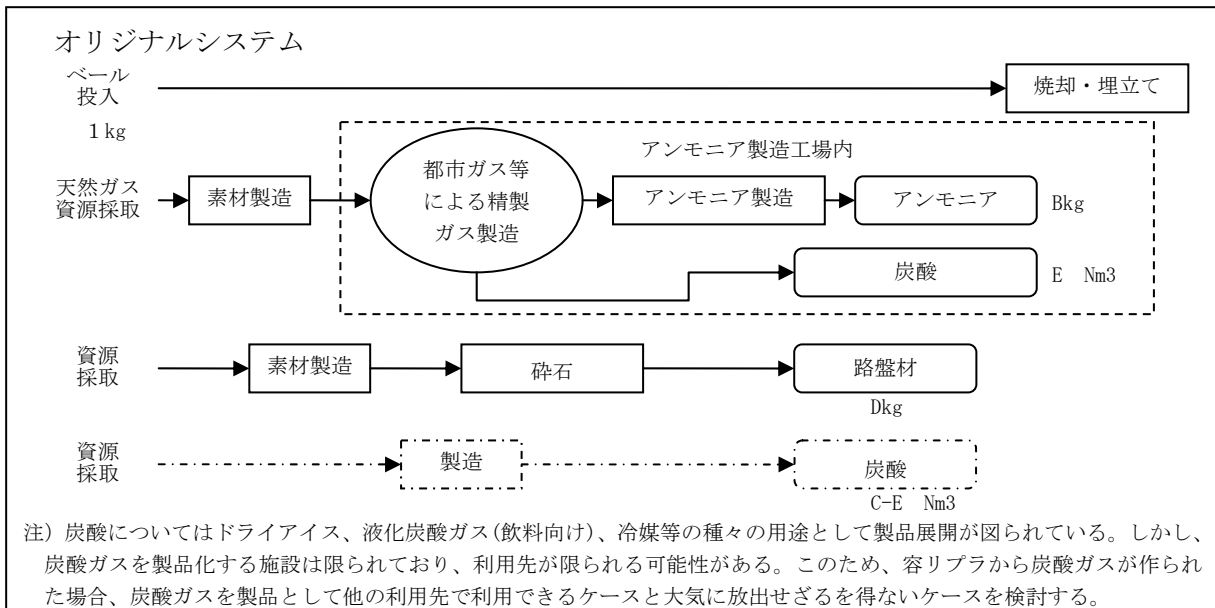
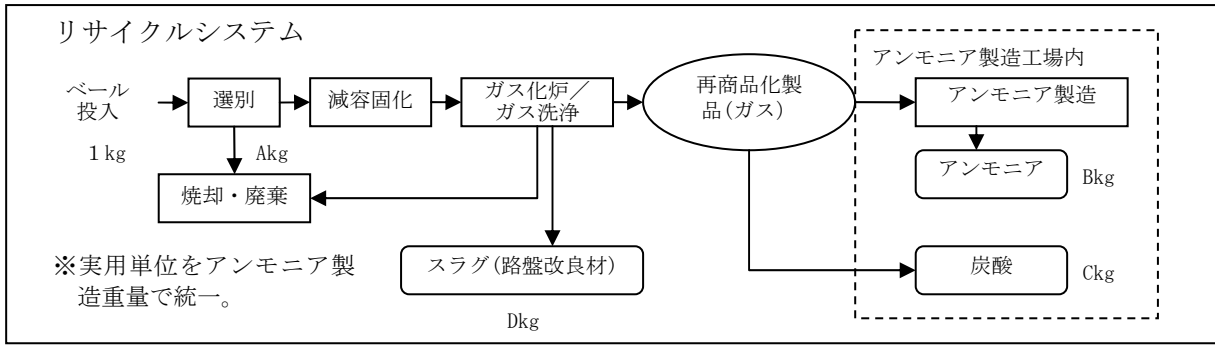
（化学原料として利用）

- ・ 容リプラから製造される合成ガスを投入しない場合のアンモニア製造システムをオリジナルシステムとする。アンモニア等の製品の利用の考え方については、リサイクルシステムと同様に投入する原料を燃焼させることで対応する。

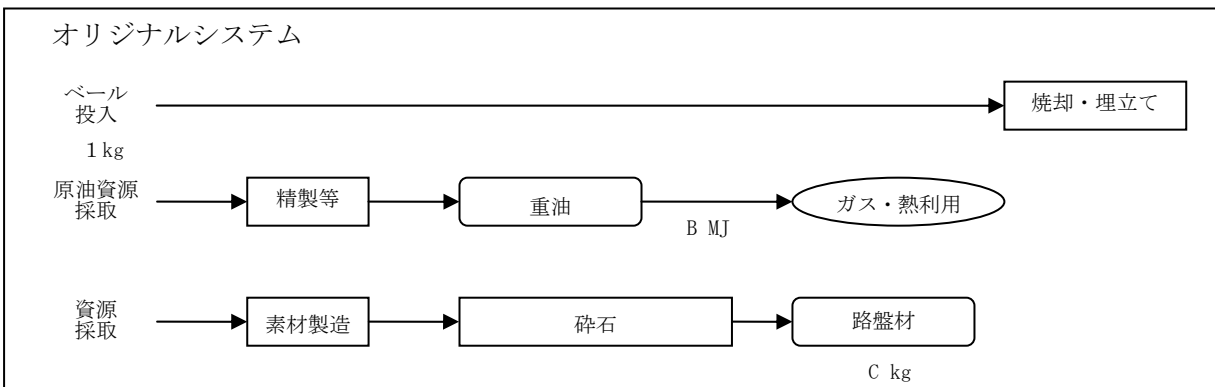
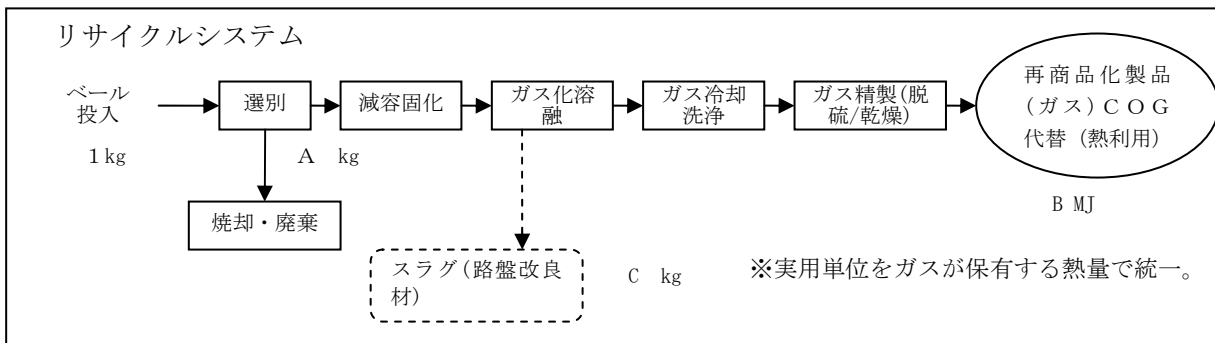
（燃料ガスとしてのみ利用）

- ・ コークスガスの不足分は重油などの原料を減少させたりすることにより対応すると考えられる。そこで、重油を重油ボイラで燃焼させ合成ガスと同等の熱量をもつ熱を発生させるものとして検討する。

【ケミカルリサイクル（ガス化：アンモニア製造）】



【ケミカルリサイクル（ガス化：燃料利用）】



(3) コークス炉原料化、高炉還元

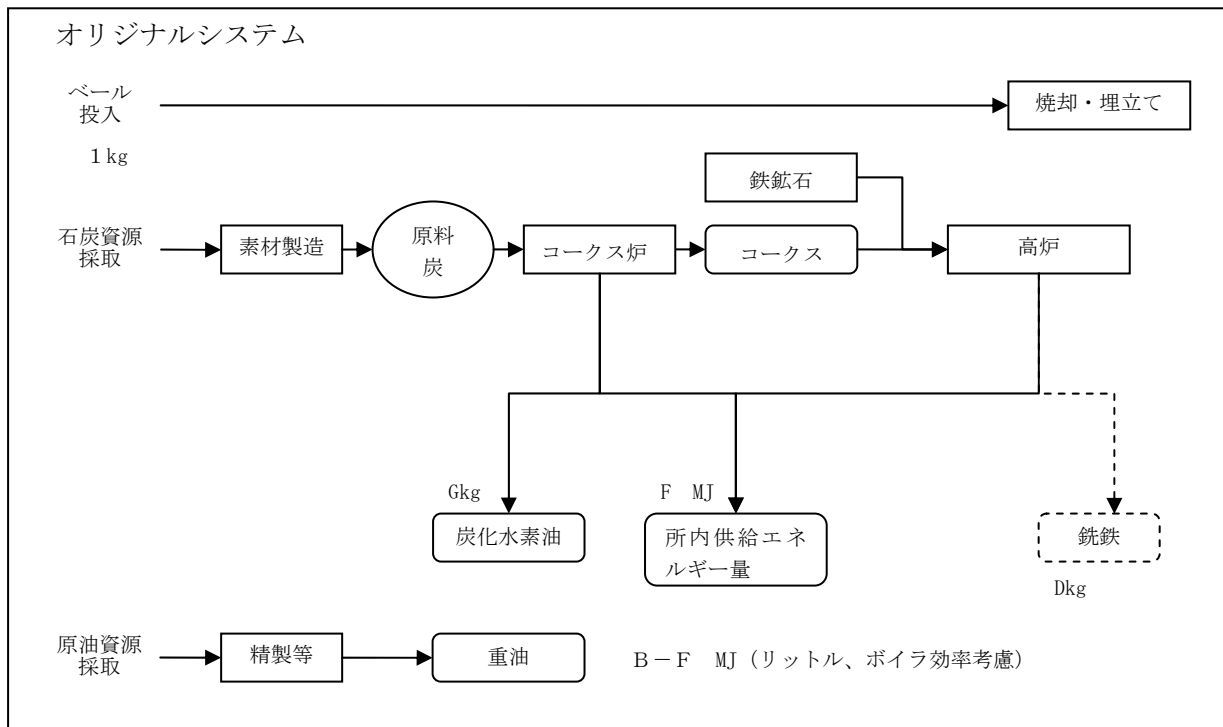
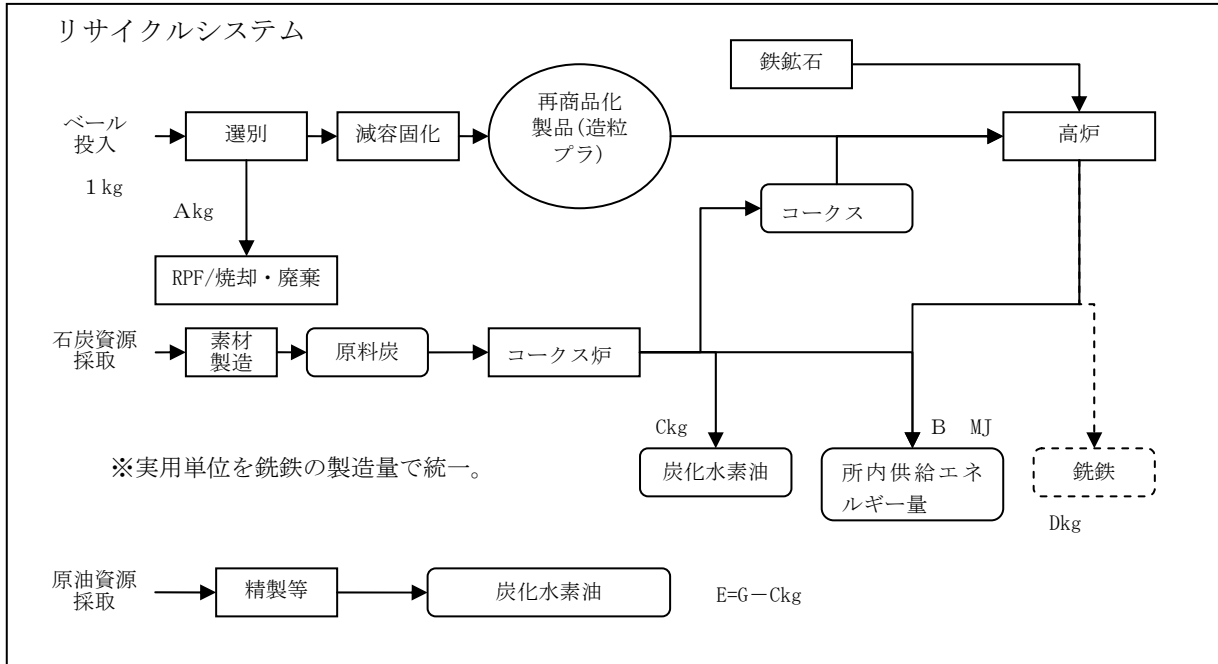
a) システム境界

- ・ 再商品化製品の高炉還元については、容リプラの再商品化製品である造粒プラやコークス、微粉炭を吹き込み鉄鉱石とともに高炉還元し、銑鉄 1kg を製造するまでを検討する。
- ・ コークス炉化学原料化については、容リプラの再商品化製品である造粒プラをコークス炉に投入し、ガス、コークス等が製造される。更に、石炭等の増減により、コークス炉内の炭化水素油の増減等まで影響を与える。ここでは、これらの製品が利用されるまでを検討する。容リプラから製造されたガス、コークス、炭化水素油等は最終的に製品として利用される段階で CO₂ となるが、これは容リプラが持っていた炭素分と同等の CO₂ しか排出されないため、コークス炉あるいは高炉還元でも、投入する容リプラが含有する炭素分（C分）が全て CO₂ になるとして算定する。

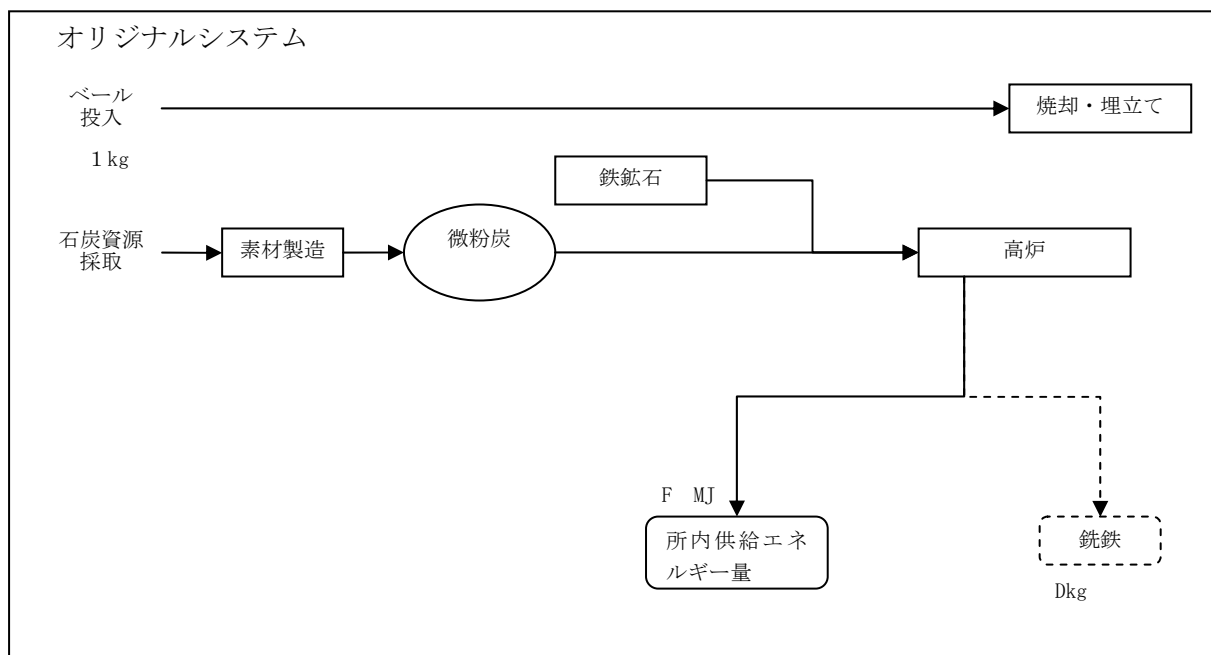
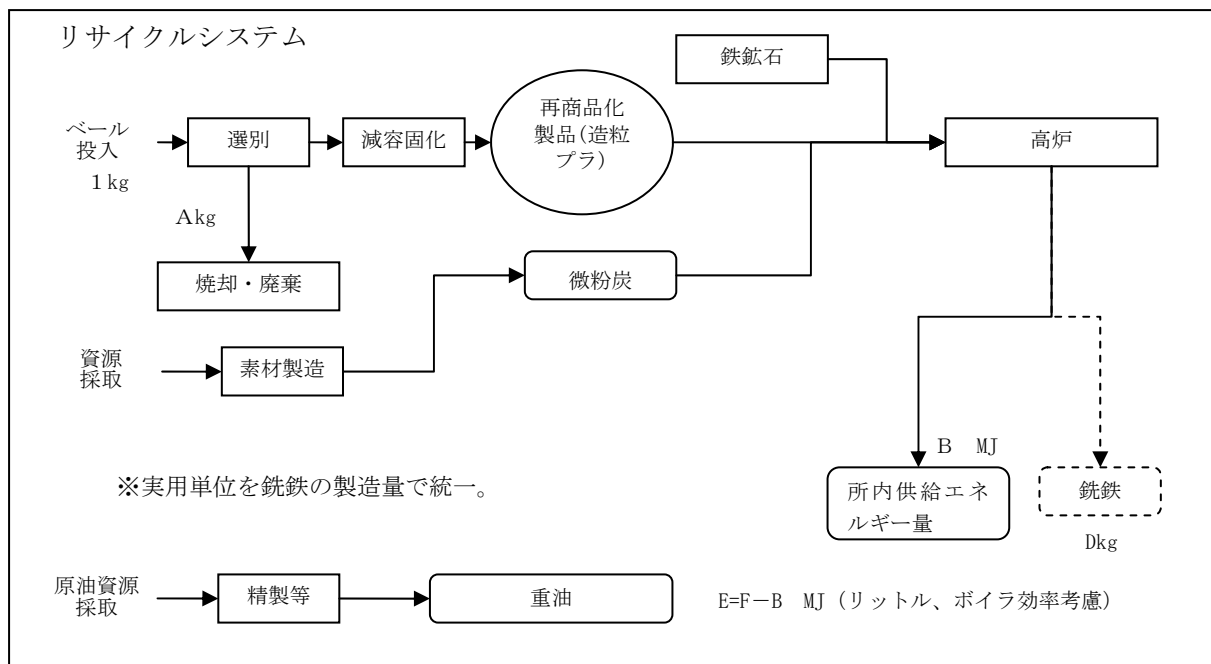
b) オリジナルシステム

- ・ 高炉還元については容リの再商品化製品を投入しない場合の既存のシステムにおいて銑鉄 1kg を製造するまでのコークス（更に遡り原料炭、炭化水素油まで検討）や微粉炭、所内供給エネルギー量の増減をオリジナルシステムとして検討する。
- ・ 高炉還元については、従来、メーカではコークス代替として扱ってきた。そこで、コークスを製造する原料炭との代替を検討する。理論的には微粉炭代替とも考えられるから、微粉炭代替としても検討する。
- ・ コークス炉化学原料化については、原料炭等を投入しガス、コークス、炭化水素油等が製造され、最終的に製品として利用・廃棄されるまでを検討する。容リプラと同様に原料炭等を投入し製造されたコークス等の製品が最終的に製品として利用あるいは廃棄される段階で CO₂ となるが、これら製品について最終的な利用段階まで踏まえ検討する。このため、ケミカル利用であってもコークス炉あるいは高炉還元投入する原料炭等を燃焼させることで対応する。
- ・ コークス炉化学原料化については、これまでの文献等で見られるように容リプラの適用では、コークス：2、炭化水素油：4、ガス：4が生成するとして検討する。オリジナルシステムである石炭からのコークス製造の際のコークス、炭化水素油、ガスについては利用事業者ヒアリングを行い設定する。

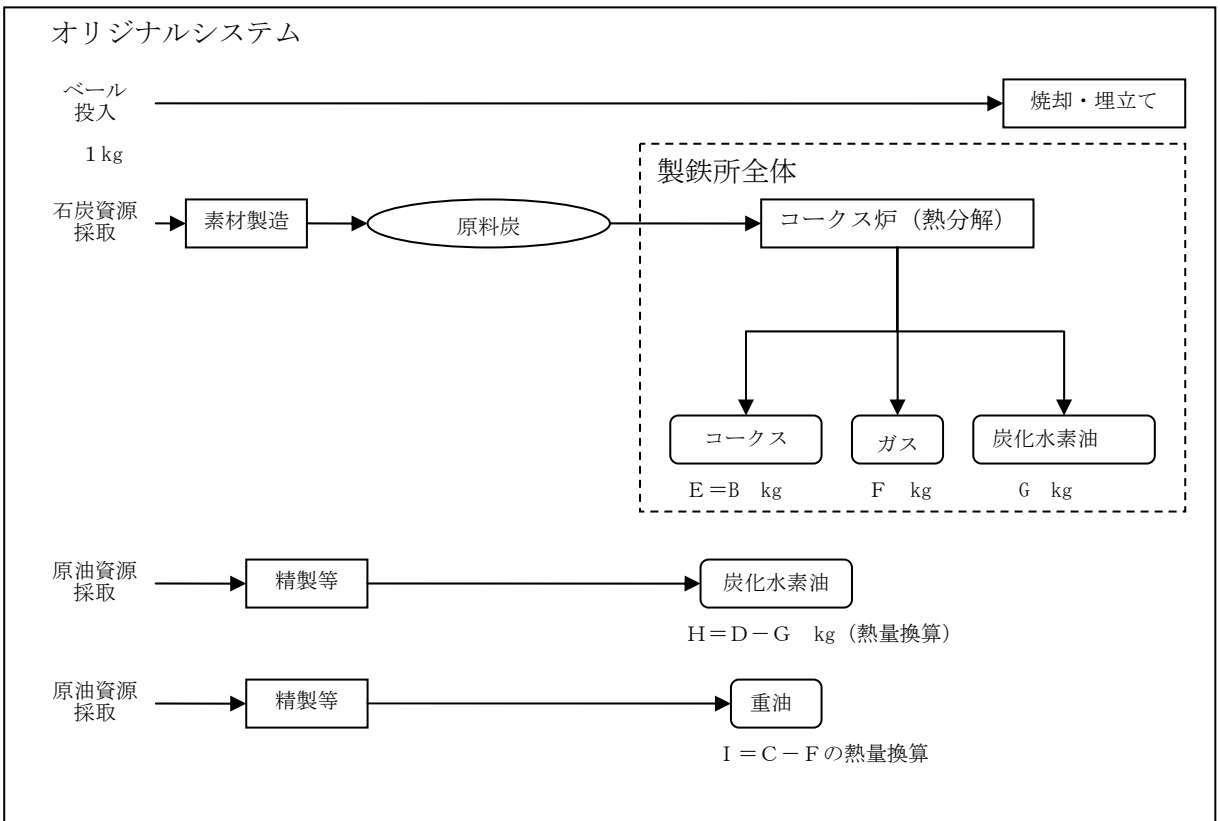
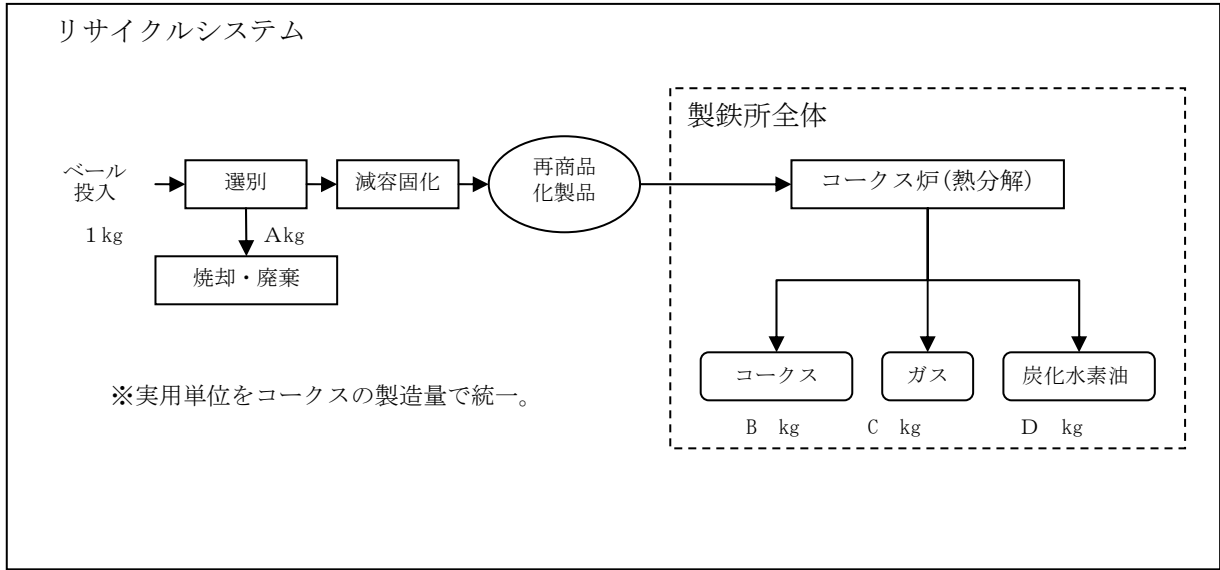
【ケミカルリサイクル（高炉還元（還元ガスフロー（コークス代替）））】



【ケミカルリサイクル（高炉還元（微粉炭代替と仮定した場合））】



【ケミカルリサイクル（コークス原料化）】



3.2.3 固形燃料等の燃料としての利用における検討

固形燃料等の燃料としての利用については平成19年度より緊急避難的・補完的な位置づけとして施行されるもので現時点での実績はない。国の基本方針においては、プラスチック製の容器包装（ペットボトルを除く）を固形燃料等の燃料として利用する場合は、次のように定義されている。「まず、ペレット等のプラスチック原料、プラスチック製品、高炉で用いる還元剤、コークス炉で用いる原料炭の代替物、炭化水素油、水素及び一酸化炭素を主成分とするガス等の製品の原材料としての利用を行い、それによつては円滑な再商品化の実施に支障を生ずる場合に、固形燃料等の燃料として利用される製品の原材料として緊急避難的・補完的に利用する。当該燃料の利用に当たっては、環境保全対策等に万全を期しつつ、特に高度なエネルギー利用を図ることとする。」

これにより、固形燃料（RPF）あるいはセメント焼成利用が中心となると思われる。なお、参考として容リプラをごみ発電に持ち込み利用した場合も検討する。

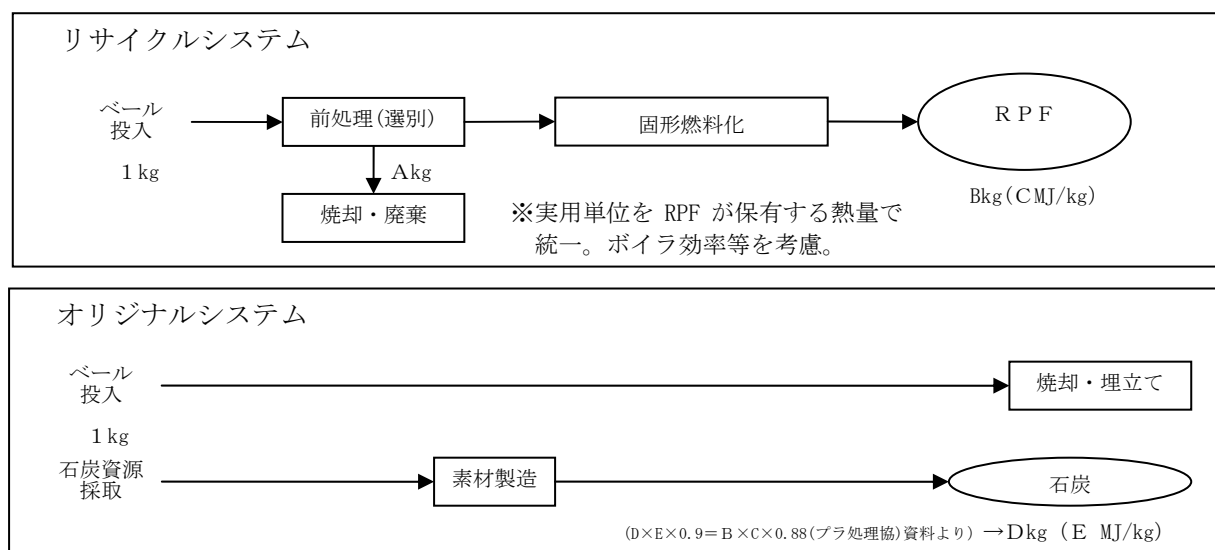
(1) RPF

a) システム境界

- ・ 搬送されてきたベールを産廃プラで行っているようにRPF製造ラインへ直接投入することは難しく、開梱、手選別や磁選機による金属類などの異物除去、光学選別等を用いたPVC除去の実施後、RPF製造ラインへと送られることになると想定される。これを踏まえた上で検討する。
- ・ RPFについては製造し熱として利用、つまり燃焼してCO₂になるまでを検討する。

b) オリジナルシステム

- ・ 製造したRPFは固形燃料であり、製紙業等で利用されるが石炭ボイラなど従来石炭代替として利用されてきた。
- ・ そこで、石炭代替として検討する。



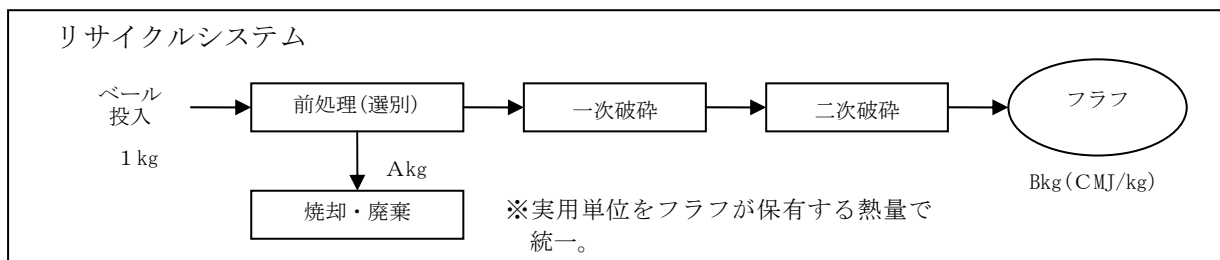
(2) セメント焼成

a) システム境界

- ・ 前処理についてはR P Fと同様である。
- ・ そこでベールの選別等の前処理装置を加えた上で、セメント焼成の一次破碎、二次破碎装置をつけて処理することを想定し検討する。
- ・ セメント焼成のために二次破碎し、熱として利用、つまり燃焼してCO₂になるまでを検討する。

b) オリジナルシステム

- ・ セメント焼成についても石炭代替として検討する。



(3) ごみ発電

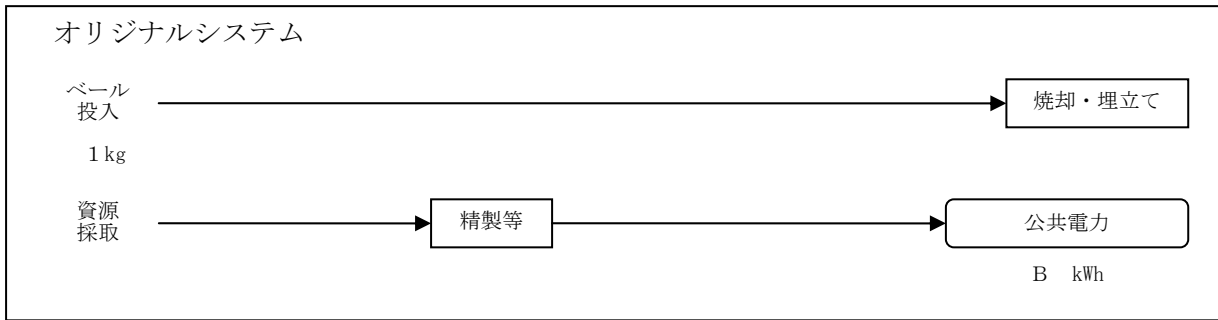
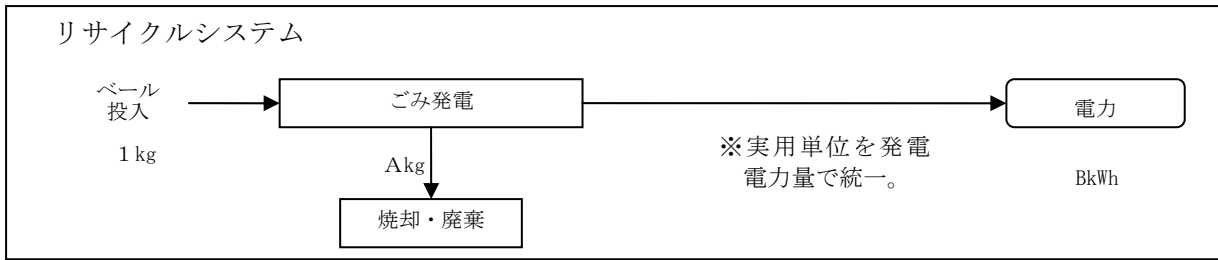
固形燃料等の燃料としての利用において、直接、ごみ発電に投入し利用することは現実的に難しいと考えられる。参考として一般的なごみ発電にベールを投入することを想定した場合を検討する。一般的なごみ発電としては前述したように発電効率 10%とする。

a) システム境界

- ・ ベールを直接焼却し発電する、つまり燃焼してCO₂になるまでを対象とする。

b) オリジナルシステム

- ・ 発電した電力相当と同様の公共電力を利用する場合を想定する。



4. 前提条件等の設定

4.1 容リプラの成分割合

容リプラのベールの成分割合についてはかなりのバラツキがある。実際、ベール 1～ベール 4 のケース（いずれのベールもいくつかの都市を抽出し、平均的なプラスチックの組成、水分等を調査している。）をみても、地域ごとに組成、水分等はかなりばらつきが大きい。また、ベール 5 は、高炉還元を実施している J F E 環境の処理現場での実際の数値である。これをみても毎年の入札による受け入れ市町村の変更や、年度内での組成の変動等からかなりのバラツキがあることがわかる。

表 4-1 容リプラの成分割合

	PE	PP	PS	PET	PVC	Other	H2O, Ash	合計
ベール 1	27.0%	18.9%	17.8%	13.9%	4.9%	3.1%	14.4%	100.0%
ベール 2	21.9%	18.1%	16.0%	5.2%	3.8%	14.3%	20.8%	100.0%
ベール 3 (F 市)	23.6%	22.7%	20.4%	4.8%	2.8%	11.6%	13.9%	100.0%
ベール 4	29.8%	20.9%	17.7%	13.8%	4.9%	7.0%	9.9%	100.0%
ベール 5	29～34%	24～25%	17～32%	0～5%	3～5%	—	11%	100.0%

出典) ベール 1 : 4 都市の平均データ(プラスチック処理促進協会)

ベール 2 : 4 都市の平均データ : 「平成 15 年度 環境問題対策調査等委託 容器包装リサイクル可能量実態調査、プラスチックベールリサイクル可能量調査報告書、経済産業省、平成 16 年 3 月」

ベール 3 : 4 都市のうち 1 都市を抽出したもの : 「平成 15 年度 環境問題対策調査等委託 容器包装リサイクル可能量実態調査、プラスチックベールリサイクル可能量調査報告書、経済産業省、平成 16 年 3 月」

ベール 4 : 材料リサイクルを実施している再生処理事業者 5 社の平均値、2004～2006 年調査 (プラスチック処理促進協会の資料をもとに作成)

ベール 5 : 産構審・中環審に JFE スチール提出資料をもとに作成

上記のような状況から、容リプラの成分割合として代表的な数値を設定することは非常に困難である。ベール 1～ベール 5 の全体の平均を取ることも考えられるが、それぞれ実測時期が異なっている。ベールの成分割合については、日本容器包装リサイクル協会や市町村等の努力により、近年変化しているといわれている。そこで全体的な平均をとるのではなく、近々のデータであるプラスチック処理促進協会の数値もとにベール割合を設定する。ただし、繰り返すが市町村ごとにベールの成分割合は異なっており、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。

表 4-2 取り扱うベールデータの詳細

回収量	うち水分	うち金属類(乾)	PE(乾)	PP(乾)	PS(乾)	PET(乾)	PVC/D(乾)	複合(乾)	その他(乾)
99.2%	7.2%	2.6%	29.6%	20.7%	17.5%	13.7%	4.9%	2.0%	1.0%
100.0% (換算)	7.3%	2.6%	29.8%	20.9%	17.7%	13.8%	4.9%	2.1%	1.0%

注) 回収量とは市町村において保管施設に集まる容リプラからベールを製造するための収率を意味している。
出典) 材料リサイクルを実施している5社の平均値、2004～2006年調査(プラスチック処理促進協会)

上記の表をもとに、複合材の3割はPE、PPとし残りはその他素材とあわせて、その他と設定した。本調査で設定したベールの成分割合は次のとおりである。

表 4-3 容リプラのベールの成分割合

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%

(1) 材料リサイクル

再商品化製品のポリオレフィン率(PO率)については、日本容器包装リサイクル協会がペレットや減容品の調査を実施している。これによるとPO率の再商品化製品における平均は90%(落札量の加重平均)ほどであることから、再商品化製品に含まれるPO率を約90%と設定した。

再商品化率は実態を反映し51%((再商品化製品-水分)÷ベール投入量)とした。この際、製品の水分量は1.7%(再商品化製品を100%とした場合、平均的には1.7%ほど)として設定した(結果、水分量を含めると全体の51.9%が再商品化されたことになる)。

表 4-4 材料リサイクルの再商品化製品および残渣の成分割合(ベースケース)

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
再商品化製品	27.0%	18.9%	5.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	51.9%
残渣	3.2%	2.3%	12.5%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	6.4%	48.1%
合計	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	7.3%	100.0%

注) その他については、過去の文献を参考にEVAとした。

(2) ケミカルリサイクル

a) 油化・ガス化

油化・ガス化については、金属等の不燃物等を除外した後、直接投入することになる。このため、下表を用いることとする。

表 4-5 容リプラの設定成分割合

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%

b) 高炉還元

高炉還元においては再商品化製品として18年度の4月～2月の実績で75.3%の再商品化率を示している。これより、PVC、その他、金属を除去した後、PE、PP、PS、PETについては同割合で除去されているものとして設定した。

表 4-6 高炉還元の再商品化製品及び残渣の成分割合（ベースケース）

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
再商品化製品	27.5%	19.2%	16.1%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	77.3%
残渣	2.7%	1.9%	1.6%	1.2%	4.9%	2.4%	2.6%	5.3%	22.7%
合計	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	7.3%	100.0%

注) 再商品化製品の収率は含まれる水分は除去されたものとなっている。

c) コークス炉化学原料化

コークス炉化学原料化においては再商品化製品として18年度の4月～2月の実績で89.5%の再商品化率を示している。これより、金属を除去した後、PVCを再商品化製品89.5%になるよう除去されるものとして設定した。

表 4-7 コークス炉化学原料化の再商品化製品及び残渣の成分割合（ベースケース）

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
再商品化製品	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.3%	2.4%	0.0%	2.0%	91.5%
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	2.6%	5.3%	8.5%
合計	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	7.3%	100.0%

注) 再商品化製品の収率は含まれる水分は除去されたものとなっている。

(3) 固形燃料等の燃料としての利用

固形燃料等の燃料としての利用についてはRPF利用、セメント焼成が考えられる。参考として、焼却・発電を実施した場合についても検討する。

a) RPF利用／セメント焼成

RPF利用／セメント焼成については、容器包装プラスチックを用いた実例がないため想定するしかない。ここでは、実際に稼動したときに、製品の収率が75%～90%（高炉還元75%とコークス炉化学原料化90%）の範囲内にあるものとして収率75%ケース（高炉還元の成分割合と同じ）と収率90%ケース（コークス炉化学原料化と同じ）の2通りについて検討する。

表 4-8 R P F利用／セメント焼成の再商品化製品及び残渣の成分割合（ベース：収率 75%ケース）

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
製品	27.5%	19.2%	16.1%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	77.3%
残渣	2.7%	1.9%	1.6%	1.2%	4.9%	2.4%	2.6%	5.3%	22.7%
合計	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	7.3%	100.0%

表 4-9 R P F利用／セメント焼成の再商品化製品及び残渣の成分割合（ベース：収率 90%ケース）

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
製品	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.3%	2.4%	0.0%	2.0%	91.5%
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	2.6%	5.3%	8.5%
合計	30.2%	21.1%	17.7%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	7.3%	100.0%

b) 焼却・発電

焼却・発電は現実的ではないが、ここでは参考として仮にベールを直接、燃焼するものとして試算する。

表 4-10 容リプラの設定成分割合

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%

4.2 二酸化炭素排出量の設定

各手法の成分割合設定結果をもとにベール全量を焼却した場合と、残渣を焼却したときの二酸化炭素排出量を試算すると次のとおりである。まずは、素材ごとのC分、CO₂排出量は次のとおりである。

表 4-11 各プラスチック素材のC分から算出した二酸化炭素排出量

	化学式	分子量	C分	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)
PE	C ₂ H ₄	28	24	3.143
PP	C ₃ H ₆	42	36	3.143
PS	C ₈ H ₈	104	96	3.385
PET	C ₁₀ H ₈ O ₄	192	120	2.292
PVC	C ₂ H ₃ Cl	63	24	1.408
EVA	C ₂ H ₄ -C ₄ H ₆ O ₂	114	72	2.316

出典) プラスチック処理促進協会資料より作成

(1) ベールを燃焼した場合の二酸化炭素排出量

a) 直接燃焼

ベールを直接燃焼した場合の二酸化炭素排出量について表 4-3、表 4-11をもとに試算すると次のとおりとなる。

表 4-12 ベールを直接燃焼した場合の二酸化炭素排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均(kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	30%	46,046	13,909	3.143	0.949
PP	21%	43,953	9,286	3.143	0.664
PS	18%	40,186	7,098	3.385	0.598
PET	14%	23,023	3,169	2.292	0.315
PVC	5%	24,070	1,178	1.408	0.069
EVA	2%	38,512	939	2.316	0.056
水分	7%	-2,512	-182		
合計			35,397		2.652

注) ベール1kgを燃焼した場合の二酸化炭素排出量。

注) ベールのエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 35,580kJ/kg を用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会資料

これについては、単純焼却、焼却・発電の際に利用する。

b) RPF利用／セメント焼成

RPF利用／セメント焼成については、収率75%の場合は高炉還元剤還元粒と収率90%の場合はコークス炉化学原料化の化学原料粒と同じとして検討する。

表 4-13 RPF／セメント燃料を燃焼した場合の二酸化炭素排出量(収率75%ケース)

	べール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均(kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	36%	46,046	16,372	3.143	1.117
PP	25%	43,953	10,930	3.143	0.782
PS	21%	40,186	8,355	3.385	0.704
PET	16%	23,023	3,730	2.292	0.371
PVC	0%	24,070	0	1.408	0.000
EVA	0%	38,512	0	2.316	0.000
水分	3%	-2,512	-65		
合計	100%		39,321		2.974

注) RPF・セメント原料1kgを燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) RPF／セメント燃料のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 39,386kJ/kg を用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会資料

表 4-14 R P F /セメント燃料を燃焼した場合の二酸化炭素排出量(収率 90%ケース)

	べール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均(kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	33%	46,046	15,205	3.143	1.038
PP	23%	43,953	10,151	3.143	0.726
PS	19%	40,186	7,760	3.385	0.654
PET	15%	23,023	3,464	2.292	0.345
PVC	5%	24,070	1,125	1.408	0.066
EVA	3%	38,512	1,027	2.316	0.062
水分	2%	-2,512	-55		
合計			38,677		2.890

注) R P F ・セメント原料 1 k g を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) R P F /セメント燃料のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 38,732kJ/kg を用いる。
出典) L H V : プラスチック処理促進協会資料

(2) 残渣を燃焼等した場合の二酸化炭素排出量

a) 材料リサイクルの二酸化炭素排出量

(7) 直接燃焼

材料リサイクルの残渣の二酸化炭素排出量については、残渣のうち金属類等は直接埋立される。

表 4-15 残渣の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
残渣	3.2%	2.3%	12.5%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	6.4%	48.1%
燃焼	3.2%	2.3%	12.5%	13.8%	4.9%	2.4%	0.0%	6.1%	45.2%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.3%	3.0%

直接燃焼される素材(水分含む)を 100%換算し、残渣の直接燃焼分 1 k g に対する二酸化炭素排出量を試算すると次のとおりとなる。

表 4-16 残渣を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均(kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	7%	46,046	3,296	3.143	0.225
PP	5%	43,953	2,200	3.143	0.157
PS	28%	40,186	11,124	3.385	0.937
PET	30%	23,023	7,016	2.292	0.698
PVC	11%	24,070	2,608	1.408	0.153
EVA	5%	38,512	2,079	2.316	0.125
水分	13%	-2,512	-338		
合計			27,986		2.295

注) 残渣構成比については、金属等 2.6% (更にプラ処理協データより付着水分 0.3%が取り除かれるものとした) を取り除いた上で、100%構成比(水分含む)としたもの

注) 燃焼可能な残渣 1 k g を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) 残渣のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 28,324kJ/kg を用いる。

出典) L H V : プラスチック処理促進協会資料

直接燃焼については、単純焼却ならびに焼却・発電の際に適用される。

(イ) RPF・セメント焼成

金属類は当然のこと、残渣中のPVCもRPFやセメント焼成の原燃料として利用できないものとして除くこととする。

表 4-17 RPF・セメント焼成における残渣の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
残渣	3.2%	2.3%	12.5%	13.8%	4.9%	2.4%	2.6%	6.4%	48.1%
RPF/セメント原料	3.2%	2.3%	12.5%	13.8%	0.0%	2.4%	0.0%	5.5%	39.7%
選別残渣燃焼	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9%	0.0%	0.0%	0.5%	5.4%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.3%	3.0%

これにより、残渣より製造したRPF、セメント燃料の燃焼時における二酸化炭素排出量は次のとおりである。

表 4-18 残渣(RPF/セメント原燃料)を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均(kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	9%	46,046	4,048	3.143	0.276
PP	6%	43,953	2,703	3.143	0.193
PS	34%	40,186	13,663	3.385	1.151
PET	37%	23,023	8,618	2.292	0.858
PVC	0%	24,070	0	1.408	0.000
EVA	7%	38,512	2,553	2.316	0.154
水分	7%	-2,512	-176		
合計			31,409		2.632

注) RPF・セメント原燃料1kgを燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) 残渣のRPF/セメント原燃料のエネルギー資源消費データは、水分を除いたデータ 31.585kJ/kgを用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会資料

実際にRPF利用、セメント焼成については、選別残渣であるPVCも直接燃焼することから、表4-16を用いる。

b) ケミカルリサイクル

油化・ガス化について、残渣（いずれも金属類の一部）は埋め立てるものとする。

(7) 高炉還元剤の二酸化炭素排出量

高炉還元剤の残渣の二酸化炭素排出量については、残渣のうち、金属類等は直接埋立され、残りは燃焼等を行った後、埋め立てられることになる。

表 4-19 残渣の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
残渣	2.7%	1.9%	1.6%	1.2%	4.9%	2.4%	2.6%	5.3%	22.7%
燃烧	2.7%	1.9%	1.6%	1.2%	4.9%	2.4%	0.0%	1.6%	16.4%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.3%	3.0%

注) 水分は一部、蒸発

直接燃焼される素材（水分含む）を 100%換算し、残渣の直接燃焼分 1 k g に対する二酸化炭素排出量を試算すると次のとおりとなる。

表 4-20 残渣を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均(kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	17%	46,046	7,609	3.143	0.519
PP	12%	43,953	5,080	3.143	0.363
PS	10%	40,186	3,883	3.385	0.327
PET	8%	23,023	1,734	2.292	0.173
PVC	30%	24,070	7,185	1.408	0.420
EVA	15%	38,512	5,728	2.316	0.344
水分	10%	-2,512	-251		
合計			30,968		2.147

注) 燃焼可能な残渣 1 k g を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) 残渣のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 31,219kJ/kg を用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会資料

(イ) コークス炉化学原料化の二酸化炭素排出量

コークス炉化学原料化の残渣の二酸化炭素排出量については、残渣のうち、金属類等は直接埋立され、残りは燃焼等を行った後、埋め立てられることになる。

表 4-21 残渣の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	金属類	水分	合計
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	2.6%	5.3%	8.5%
燃烧	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.3%	3.0%

注) 水分は一部、蒸発

直接燃焼される素材（水分含む）を、100%換算し、残渣の直接燃焼分 1 k g に対する二酸化炭素排出量を試算すると次のとおりとなる。

表 4-22 残渣を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均 (kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	0%	46,046	0	3.143	0.000
PP	0%	43,953	0	3.143	0.000
PS	0%	40,186	0	3.385	0.000
PET	0%	23,023	0	2.292	0.000
PVC	90%	24,070	21,684	1.408	1.268
EVA	0%	38,512	0	2.316	0.000
水分	10%	-2,512	-249		
合計			21,435		1.268

注) 燃焼可能な残渣 1 kg を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) 残渣のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 21,684kJ/kg を用いる。

出典) LHV : プラスチック処理促進協会資料

(3) その他プラ燃焼

ケミカルリサイクルについては、最終的にはCO₂に分解されることになる。このため、油化、ガス化、高炉還元、コークス炉化学原料化において再商品化製品の二酸化炭素排出量も把握しておくことが必要である。試算すると次のとおりである。

a) 容リパレット等の製品焼却

容リプラから製造するパレットやコンパネ、コンパウンドについては製品使用后、直接焼却されるものとする。この場合の二酸化炭素排出量は次のとおりである。

表 4-23 容リプラから製造される製品の二酸化炭素排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均 (kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	53%	46,046	24,354	3.143	1.662
PP	37%	43,953	16,259	3.143	1.163
PS	10%	40,186	4,066	3.385	0.342
PET	0%	23,023	0	2.292	0.000
PVC	0%	24,070	0	1.408	0.000
EVA	0%	38,512	0	2.316	0.000
水分	0%	-2,512	0		
合計			44,679		3.167

出典) LHV : プラスチック処理促進協会資料

新規樹脂を混合する場合には、これに混合割合分だけCO₂排出量は増加することになる。

b) 油化・ガス化

表 4-24 油化・ガス化による燃焼等の二酸化炭素排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均 (kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	30%	46,046	13,909	3.143	0.949
PP	21%	43,953	9,286	3.143	0.664
PS	18%	40,186	7,098	3.385	0.598
PET	14%	23,023	3,169	2.292	0.315
PVC	5%	24,070	1,178	1.408	0.069
EVA	2%	38,512	939	2.316	0.056
水分	7%	-2,512	-182		
合計			35,397		2.652

注) 投入した原料 1 kg を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) 油化・ガス化のエネルギー資源消費データは、水分を除いたデータ 35,580kJ/kg を用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会

c) 高炉還元

高炉還元のために投入された還元剤粒の二酸化炭素排出量は次のとおりである。

表 4-25 高炉還元による燃焼等の二酸化炭素排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均 (kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	36%	46,046	16,372	3.143	1.117
PP	25%	43,953	10,930	3.143	0.782
PS	21%	40,186	8,355	3.385	0.704
PET	16%	23,023	3,730	2.292	0.371
PVC	0%	24,070	0	1.408	0.000
EVA	0%	38,512	0	2.316	0.000
水分	3%	-2,512	-65		
合計	100%		39,321		2.974

注) 投入した原料 1 kg を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) 高炉還元の燃焼時のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 39,386kJ/kg を用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会

d) コークス炉化学原料化

コークス炉化学原料化のために投入された化学原料粒の二酸化炭素排出量は次のとおりである。

表 4-26 コークス炉化学原料化による燃焼等の二酸化炭素排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均 (kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均 (kg-CO ₂ /kg)
PE	33%	46,046	15,205	3.143	1.038
PP	23%	43,953	10,151	3.143	0.726
PS	19%	40,186	7,760	3.385	0.654
PET	15%	23,023	3,464	2.292	0.345
PVC	5%	24,070	1,125	1.408	0.066
EVA	3%	38,512	1,027	2.316	0.062
水分	2%	-2,512	-55		
合計			38,677		2.890

注) 投入した原料 1 kg を燃焼した場合の二酸化炭素排出量

注) コークス炉化学原料化の燃焼時のエネルギー資源消費データとしては、水分を除いたデータ 38,732kJ/kg を用いる。

出典) LHV：プラスチック処理促進協会

4.3 評価に向けた前提条件設定

評価に向けた前提条件は次のとおりである。

(残渣処理)

- リサイクルシステムにおける残渣の処理について、材料リサイクル、ケミカルリサイクルともに現状(平成18年上半期)の処理状況を反映した。材料リサイクルの残渣処理については、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されている。それぞれの処理割合を考慮し、加重平均を取ることにより実態を反映した。焼却エネ回収の発電効率は廃棄物発電の現状の平均値である10%を採用した。

(副製品の取り扱い)

- 副製品の取り扱い(スラグや塩酸、乾留残渣、炭酸など)について再生処理業者、利用事業者等にヒアリングした際に量が少なくても省略することなく検討してほしいとの声があったことから、出来る限り検討対象に加えることとした(アンモニア製造時に余剰の水素がわずかながら発生する。これについては無視した。)

(機能単位の実用単位の考え方)

- 同等の原料あるいは燃料として評価するために機能単位の実用単位(例えば、パレットの場合は枚数)をあわせた。プラスチック板のように使用回数が異なるものは使用回数の差異を考慮した。ただし、コンパウンドのみ中間製品であり、新規樹脂とは明らかに同等でないことから、販売価格の割合の平均を代替率として設定した。

(比較対象におけるベールの処理)

- 比較対象となるオリジナルシステムについては、既にシステム境界、機能単位の説明の中で図に示したように容リプラのベールの廃棄物処理は単純焼却処理とした。

(輸送の取り扱い)

- 輸送については、現状の規定・実施状況下でのベール(分別基準適合物)をシステム境界の起点(再商品化施設にベールが搬入された時点)としていることから、ベールの保管施設からの輸送は考慮しない。再商品化施設、利用事業者の施設内での構内輸送は製品製造に含め検討した。再商品化事業者、利用事業者、最終製品を実際に利用する事業者等までの輸送は事業者ごとに全く異なることから既存調査と同様に本調査では考慮していない。残渣等の廃棄物の輸送については、距離は30km、4t車、片荷輸送で搬送するものとした。

(バックグラウンドデータ)

- 入手したインベントリデータ等を分析する場合、燃料や資源等の利用データを統一する必要がある。また、環境負荷を資源採取まで遡及する必要があることから、(独)産業技術総合研究所と(社)産業環境管理協会が共同で開発した「JEMAI-LCA PRO Ver.2.1.1」(製品の環境側面を定量的に把握し評価するためのソフト)を用いて検討した。文献等のデータについてもインベントリデータまで遡り、同ソフトでデータを統一した。

表 4-27 使用データ一覧

名称		単位	発熱量	エネルギー(換算)資源消費	CO2	SOx	NOx
			MJ	MJ	kg	g	g
燃料	都市ガス	m3	45.9	53.622	2.725	0.046	1.151
	灯油	ℓ	36.7	36.830	2.590	0.086	0.695
	軽油	ℓ	38.2	38.329	2.726	0.146	0.850
	LPG	kg	50.2	50.372	3.178	0.135	1.630
	LNG	kg	54.5	64.001	3.144	0.043	1.393
	A重油	ℓ	39.1	39.627	2.815	1.390	0.827
	B重油	kg	45.4 (40.4MJ/ℓ)	46.005 (41.47MJ/ℓ)	3.322 (2.959MJ/ℓ)	3.516 (3.168MJ/ℓ)	1.446 (1.300MJ/ℓ)
	C重油	ℓ	41.7	42.262	3.098	4.686	1.566
	ガソリン	ℓ	36.1	35.188	2.503	0.134	0.780
	一般炭	kg	26.6	26.915	2.552	2.019	2.541
	一般炭(鉄鋼用)	kg	26.6	26.915	3.057	2.019	2.559
	原料炭(鉄鋼用)	kg	29.1	29.215	3.196	2.019	2.559
	木材	kg	14.4	0.000	0.000	1.454	0.291
	COG	m3	21.1	0.000	0.850	0.000	0.000
	オイルコークス	kg	35.6	45.244	3.597	3.479	0.173
	コークス	kg	30.1	43.264	3.980	3.316	2.564
	ナフサ	kg	34.1	47.523	3.288	0.132	1.024
	ベンゼン	kg	42.0	51.709	3.948	0.557	0.295
	トルエン	kg	42.6	51.709	3.911	0.557	0.295
	キシレン	kg	43.1	51.709	3.884	0.557	0.295
電力	kWh	—	9.800	0.416	0.074	0.232	
木材(輸入)	kg	—	0.476	0.140	0.085	0.573	
ラワン材(輸入)	Kg	—	0.477	0.143	0.089	0.578	
木材(国産)	kg	—	0.864	0.061	0.003	0.019	
工業用水	kg	—	0.002	0.000	0.000	0.000	
水道水	kg	—	0.004	0.000	0.000	0.000	
純水	kg	—	22.329	0.781	0.730	0.334	
蒸気	kg	—	3.344	0.242	0.256	0.105	
酸素	m3	—	3.937	0.167	0.030	0.086	
窒素	m3	—	3.721	0.158	0.028	0.081	
塩酸(10%)	kg	—	11.809	0.485	0.288	0.264	
石灰石	kg	—	0.042	0.438	0.000	0.001	
NaOH	kg	—	7.109	0.719	0.445	0.691	
炭酸製造(重量配分)	kg	—	31.564	1.011	0.428	0.846	
炭酸製造(価格配分)	kg	—					
接着剤(メラミン樹脂)	kg	—	112.216	5.467	1.049	2.400	

注) 一般炭(鉄鋼用)、原料炭(鉄鋼用)のCO2については、鉄鋼業界ヘヒアリング

注) 軽油、重油、灯油、LPG、ナフサ、ガソリンは JEMAI-LCA PRO Ver.2.1.1 では石油精製から重量配分で算出されているが、ここでは、発熱量基準でアロケーションをやり直している。この結果は、すべてに反映されている。

注) 接着剤(メラミン樹脂(シロップ))については、最終的には燃焼させるため、CO2中には燃焼させた場合のCO2排出量(1.128kg-CO2/kg)が含まれている。

注) 炭酸製造については、製造+(製品が保有するCO2(1kg-CO2/kg))を足した値を示している。

注) エネルギー(換算)資源消費(以下、エネルギー資源消費という)とは、ライフサイクルにおけるエネルギー資源消費量(バイオマス等の再生資源は除外)をエネルギー換算した値を示す。

プラスチックの素材別データについては次のとおりである。JEMAI-LCAPRO Ver. 2. 1. 1 には 2 つのデータセットがあり、次のような結果となっている。

表 4-28 プラスチックのデータ一覧

データセット名		C01			CMC			
名称	単位	LLDPE	HDPE	PP	LLDPE	LDPE	HDPE	PP
天然ガス	kg	1.68E-02	1.57E-02	1.52E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
原油	kg	1.23E+00	1.22E+00	1.23E+00	1.23E+00	1.30E+00	1.24E+00	1.25E+00
石炭	kg	4.56E-02	3.65E-02	4.54E-02	6.78E-02	4.36E-02	9.92E-03	1.16E-02
エネルギー資源消費	MJ	1.31E+01	1.25E+01	1.54E+01	1.80E+01	1.84E+01	1.19E+01	1.46E+01
CO2	kg	1.64E+00	1.57E+00	1.63E+00	9.06E-01	9.77E-01	7.00E-01	7.32E-01
SOx	kg	1.31E-03	1.29E-03	1.31E-03	6.08E-04	8.11E-04	6.67E-04	6.94E-04
NOx	kg	6.80E-04	6.54E-04	6.79E-04	5.37E-04	5.68E-04	4.32E-04	4.47E-04

注) C01：統計データおよびシミュレータを用いて作成した化学製品データ

CMC：「'94 日米化学品の価格とコスト」(シーエムシー) をもとに作成

データセットについてシステム境界や遡及方法等が統一されていること、また、プラ処理協会等の他に用いられているデータとも大差ないことから、C01 を用いて検討する。

低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレンの割合については、平成 17 年の石油化学製品生産能力の割合を用いて、64.4%と 35.6%として試算する。

表 4-29 平成 17 年 12 月末の主要石油化学製品生産能力

	低密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン	合計
生産能力 (千 t / 年)	2,326	1,286	3612
生産割合 (%)	64.4%	35.6%	100.0%

出展) 経済産業省製造産業局化学課資料より作成

表 4-30 PE 及び PP の使用データ

		PE 内訳		PE	PP	PP + PE
		LDPE	HDPE			
構成割合		64.4%	35.6%	100.0%	100%	50%+50%
天然ガス	kg	2.20E-02	1.20E-02	3.41E-02	3.39E-02	3.40E-02
原油	kg	7.92E-01	4.36E-01	1.23E+00	1.23E+00	1.23E+00
石炭	kg	2.93E-02	1.30E-02	4.23E-02	4.54E-02	4.39E-02
エネルギー資源消費	MJ	8.47E+00	4.44E+00	1.29E+01	1.54E+01	1.41E+01
CO2	kg	1.05E+00	5.59E-01	1.61E+00	1.63E+00	1.62E+00
SOx	kg	8.46E-04	4.58E-04	1.30E-03	1.31E-03	1.31E-03
NOx	kg	4.38E-04	2.33E-04	6.70E-04	6.79E-04	6.75E-04

4.4 容リプラのインベントリ等調査方法

容リプラのインベントリ調査については、次のとおりである。

- ・ 基本的には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、実際に対照とする製品（たとえばパレットなど）を利用する事業者に対し利用方法や利用回数、寿命等をヒアリングした。

表 4-31 容リプラのインベントリ調査内容

	品目	インベントリデータ	備考
材料リサイクル	PO減容化	ヒアリング4社	
	容リパレット（ワンウェイ）	ヒアリング2社	
	容リパレット（リターナブル）	ヒアリング3社	
	樹脂パレット	文献（産環協資料）	その他（重量等：ヒアリング4社）
	木材パレット	ヒアリング1社	その他（重量等：ヒアリング1社）
	容リコンクリート型枠用パネル	ヒアリング1社	
	コンクリート型枠用合板	文献（林野庁資料）	その他（利用回数3社）
	再生樹脂（コンパウンド）	ヒアリング2社	2社データを1事業者にヒアリング
ケミカルリサイクル	油化	ヒアリング1社	
	ガス化（アンモニア製造）	ヒアリング2社	
	ガス化（燃焼）	ヒアリング2社	
	高炉還元	ヒアリング1社	
	コークス炉化学原料化	ヒアリング1社	
固形燃料等の燃料の利用	RPF、セメント焼成	文献（NEDO等資料）	
処理	ごみ焼却、ごみ発電、埋立処理	JEMAI-LCAPROVer. 2.1.1 収録データ	

5. 対象プロセスの検討

5.1 材料リサイクル

5.1.1 残渣の取り扱いについて

(1) 単純焼却

残渣の単純焼却については次のインベントリデータを用い計算した。

表 5-1 残渣 1kg を単純焼却する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.013	kWh
		LPG	0.00004	kg
		重油	0.00006	kg
出力	製品等	焼却残渣	0.031	kg
	大気圏排出物	CO ₂		
		SO _x		
		NO _x		

注) 大気圏排出物は廃プラスチック及び燃料燃焼分を含む

出典) 「容器包装プラスチック類のリサイクルに関する調査報告書」、産業技術総合研究所LCA研究センター、2003年

表 5-2 残渣 1kg を単純焼却する場合の環境負荷

		電力	燃焼・LPG	燃焼・B重油	プラ燃焼	合計
		0.013kWh	0.00004kg	0.00006kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.27E-01	2.01E-03	2.76E-03	2.83E+01	2.85E+01
CO ₂	kg	5.41E-03	1.27E-04	1.99E-04	2.30E+00	2.30E+00
SO _x	kg	9.57E-07	5.41E-09	2.11E-07	0.00E+00	1.17E-06
NO _x	kg	2.77E-06	6.52E-08	8.68E-08	0.00E+00	2.92E-06

さらに、単純焼却した後の焼却残渣 3.1%を処理した場合を考慮した数値が環境負荷データとなる。

(2) R P F利用

残渣については、直接燃焼のみではなくR P F利用やセメント焼成も実施されている。

R P F製造時のユーティリティのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-3 残渣 1kg からR P Fを製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.1296	kWh
出力	製品等	R P F	0.814	kg
	廃棄物	残渣	0.120	kg

注1) 通常のR P F製造システムに直接投入できるものとした。

注2) 出力の残渣については、既に金属等は除去されている。出力が1kgにならないのは水分蒸発のため。

出典)「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業／製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発／製品等に係るL C A及び静脈系に係るL C Aの研究開発」、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先(社)産業環境管理協会、平成17年3月

これをもとに残渣 1kg からR P Fを製造する際の環境負荷を試算すると次のとおりである。

表 5-4 残渣 1kg からR P Fを製造する場合の環境負荷

		電力	選別残渣焼却	プラ燃焼	合計
		0.1296kWh	0.120kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.27E+00	1.59E-02	2.83E+01	2.96E+01
CO2	kg	5.39E-02	6.90E-04	2.30E+00	2.35E+00
SOx	kg	9.54E-06	1.41E-07	0.00E+00	9.68E-06
NOx	kg	2.76E-05	3.51E-07	0.00E+00	2.79E-05

注) 選別残渣焼却はR P F製造施設から出たP V Cを直接燃焼する場合のユーティリティのみ。プラ燃焼にR P F燃焼及び選別残渣焼却のプラ燃焼が含まれている

ここで、製造したR P Fは製紙会社等のR P F専焼ボイラや石炭ボイラ等の固形物を対象としたボイラで利用されることが多いことから石炭代替とする。

この場合、代替される石炭は、R P F 1kg に対し、R P Fの燃焼時のボイラ効率 88% (プラスチック処理促進協会データ)、石炭の燃焼時のボイラ効率 90% (プラスチック処理促進協会データ)を加味し、

$$\cdot \text{石炭} = 31,408\text{kJ/kg (R P F)} \times 0.88 \div 0.9 \div (26,600\text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.184\text{kg}$$

注) 真発熱量(低位発熱量) = 総発熱量(高位発熱量) × 0.975 → 総合エネルギー統計の解説、(独)経済産業省研究所資料より石炭を低位発熱量に換算

となる。

これより、R P Fを製造する場合の環境負荷データから、石炭を燃焼した場合の数値を引き、さらに埋め立てを考慮した数値がR P Fの環境負荷データとなる。

(3) セメント焼成

残渣 1kg からセメント原燃料を製造する場合のユーティリティのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-5 残渣（燃焼分）1kg からセメント原燃料を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ(残渣)	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.157	kWh
		軽油	0.001	リットル
出力	製品等	二次破碎プラ	0.814	kg
	副産品	残渣	0.120	kg

注1) データについては、一次破碎、二次破碎を考慮した数値としてインベントリデータを作成した。

注2) 出力の残渣については、既に金属等は除去されている。出力が 1g にならないのは水分蒸発のため。

出典) 「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業／製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発／製品等に係る LCA 及び静脈系に係る LCA の研究開発」、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先(社)産業環境管理協会、平成 17 年 3 月を参考に作成

ここで、製造したセメント原燃料 1kg は、石炭で代替されると設定する。セメント原燃料 1kg に対する石炭の代替量は

$$\cdot \text{石炭} = 31,408 \text{kJ/kg (RPF)} \div (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.211 \text{kg}$$

注) 真発熱量(低位発熱量) = 総発熱量(高位発熱量) × 0.975 → 総合エネルギー統計の解説、(独)経済産業省研究所資料より石炭を低位発熱量に換算

となる。

これより、セメント原燃料を製造する場合の環境負荷データに、プラ燃焼の二酸化炭素排出量を足し、石炭を燃焼した場合の数値を引き、さらに埋め立てを考慮した数値がセメント焼成の環境負荷データとなる。

(4) 焼却・エネ回収 (10%)

残渣を焼却・エネ回収 (発電効率 10%) する場合のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-6 焼却・エネ回収の際のインベントリデータ

入出力項目		内訳	PO	PS	PET	単位	
入力	原材料	プラスチック	1.000			kg	
	ユーティリティ	電力	0.01259			kWh	
		都市ガス	0.00036			m ³	
		A重油	0.00007			リットル	
出力	製品等	焼却残渣	0.031			kg	
	副産品	発電量	1.250	1.116	0.640	kWh	
		大気圏排出物	CO ₂	3.149	3.390	1.425	kg
			NO _x	0.00008			
	Sox	0.00005					

注) 焼却施設における焼却。燃料排出物は燃料燃焼分を含む

出典) 「包装廃棄物のリサイクルに関する定量分析」、野村総合研究所、1995年

これをもとに残渣 1kg から焼却・エネ回収を実施する際の環境負荷を試算すると次のとおりである。(下記に示す環境負荷データには、発電分ならびに容リプラ燃焼分の数値は考慮していない)

表 5-7 焼却・エネ回収の際の環境負荷データ

		電力	都市ガス	A重油	NO _x 、Sox	プラ燃焼	合計
		0.0126kWh	0.00036m ³	0.00007l	—	1.000kg	
エネルギー消費	MJ	1.23E-01	1.93E-02	2.77E-03		2.83E+01	2.85E+01
CO ₂	kg	5.24E-03	1.33E-04	7.37E-06		2.30E+00	2.30E+00
SO _x	kg	9.26E-07	1.65E-08	6.47E-09	5.00E-05	5.00E-05	1.01E-04
NO _x	kg	2.68E-06	1.72E-07	6.19E-09	8.00E-05	8.00E-05	1.63E-04

さらに、発電効率 10% で、容リプラ残渣の発熱量は 27,986 kJ/kg であることから、燃焼残渣 1kg を投入した場合、

$$\cdot \text{発電量} = 27,986 \text{ kJ} / \text{kg (残渣)} \div 3,600 \text{ kJ} / \text{kWh} \times 10\% = 0.7774 \text{ kWh}$$

の発電量となる。

これより、焼却・エネ回収の環境負荷データに、プラ燃焼の二酸化炭素排出量を足し、発電量を差し引き、さらに残渣処理を考慮した数値が焼却・エネ回収の際の環境負荷データとなる。

(5) 埋立処理

残渣を埋め立てる場合のインベントリデータを示すと次のとおりである。

表 5-8 残渣を埋め立てる場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.03064	kWh
		軽油	0.0024	リットル
		灯油	0.00062	リットル
出力				

注) 廃プラ由来の環境負荷は含まない。

これをもとに埋立の環境負荷を試算すると次のとおりである。

表 5-9 残渣 1kg を埋め立てる場合の環境負荷

		電力	燃焼・軽油	燃焼・灯油	合計
		0.031kWh	0.0020	0.00060	
エネルギー資源消費	MJ	3.00E-01	9.19E-02	2.28E-02	4.15E-01
CO2	kg	1.28E-02	6.54E-03	1.61E-03	2.09E-02
SOx	kg	2.25E-06	3.51E-07	5.33E-08	2.66E-06
NOx	kg	6.52E-06	2.04E-06	4.31E-07	8.99E-06

(6) 残渣の環境負荷

残渣の処理の構成割合は次のとおりである。

表 5-10 残渣の処理の構成割合

処理方法	単純焼却	焼却エネ回収	RPFエネ利用	セメント原燃料
構成割合	15.6%	25.8%	40.5%	18.1%

ここで、単純焼却、焼却エネ回収、RPF、セメント原燃料を実施する場合、上述したように、いずれも輸送は再商品化施設から、処理施設、さらに埋立場までの距離を 30km、4t 車、片荷輸送とする。焼却後の残渣はいずれも 3.1%として上記の環境負荷データに加算した。残渣排出時に出てくる金属類は直接処分するものとして計算する。

表 5-11 残渣 0.48kg をそれぞれ処理した場合の環境負荷データ

	単位	単純焼却+埋め立て	焼却エネ回収+埋め立て	R P F エネ利用+埋め立て	セメント原燃料+埋め立て
残渣量	kg	4.81E-01	4.81E-01	4.81E-01	4.81E-01
天然ガス	kg	3.8E-04	-1.8E-02	3.0E-03	3.6E-03
原油	kg	2.9E-04	-6.2E-03	-5.4E-04	1.9E-05
石炭	kg	5.9E-04	-2.8E-02	-4.3E-01	-4.4E-01
エネルギー資源消費	MJ	1.3E+01	9.4E+00	1.7E+00	1.5E+00
CO2	kg	1.0E+00	9.0E-01	-4.6E-02	-6.5E-02
SOx	g	1.3E-03	-2.0E-03	-8.7E-01	-8.9E-01
NOx	g	2.7E-02	-1.1E-02	-1.1E+00	-1.1E+00

表 5-12 残渣 0.48kg を現状の処理割合に応じ処理した場合の環境負荷データ

		単純焼却+埋め立て	焼却エネ回収+埋め立て	R P F エネ利用+埋立	セメント原燃料+埋立	合計
残渣処理割合		15.6%	25.8%	40.5%	18.1%	100.0%
天然ガス	kg	1.1E-04	-1.0E-02	3.2E-03	1.4E-03	-5.4E-03
原油	kg	6.8E-05	-3.6E-03	-3.8E-04	-2.9E-05	-3.9E-03
石炭	kg	1.8E-04	-1.6E-02	-3.9E-01	-1.8E-01	-5.8E-01
エネルギー資源消費	MJ	2.0E+00	2.4E+00	7.2E-01	2.8E-01	5.4E+00
CO2	kg	1.6E-01	2.3E-01	-1.7E-02	-1.2E-02	3.7E-01
SOx	g	2.1E-04	-5.2E-04	-3.5E-01	-1.6E-01	-5.2E-01
NOx	g	4.3E-03	-2.9E-03	-4.3E-01	-2.0E-01	-6.3E-01

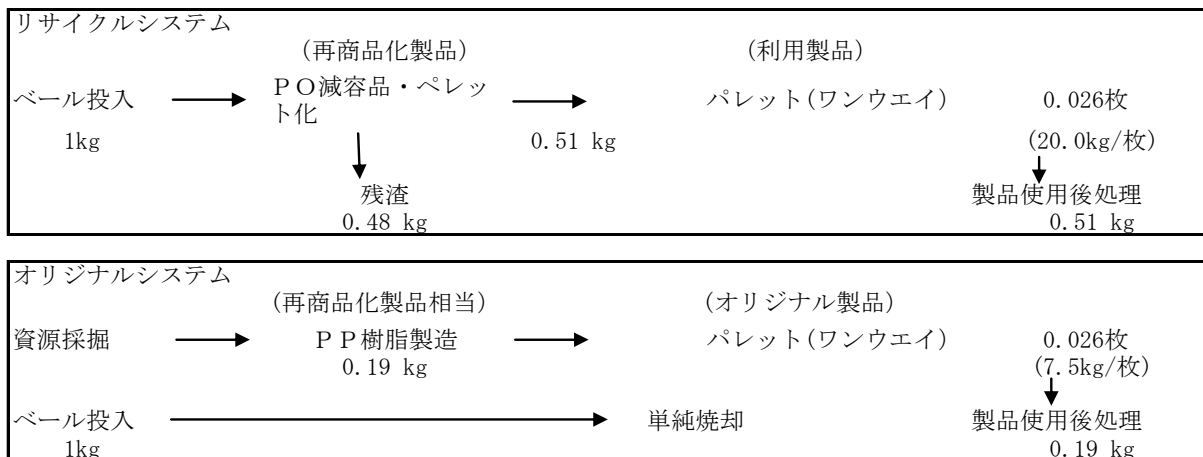
この結果、残渣 0.48kg を単純焼却した場合に比べ、R P F やセメント原燃料などの熱利用を含めた現状の残渣処理をした結果、エネルギー資源消費が 7.4MJ、二酸化炭素排出削減量で 0.68kgkg-CO2 の効果がある。

5.1.2 パレット

具体的に検討したプロセスは次のとおりである。

(1) ワンウェイパレット（新規樹脂との比較）

（ワンウェイ容リパレットとワンウェイバージンプラパレットとの比較）



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

P O減容品・ペレット化のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-13 ベール 1kg から P O減容品・ペレットを製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.419	kWh
		軽油	0.011	リットル
		COG	0.017	Nm ³
		工業用水	1.546	kg
出力	製品等	減容品	0.52	kg
	副産品／残渣	残渣	0.48	kg
		燃焼	0.45	kg
		直接埋立	0.03	kg

表 5-14 ベール 1kg から P O 減容品・ペレットを製造する場合の環境負荷

		電力	燃焼・軽油	燃焼・COG	工業用水	合計
		0.419kwh	0.011ℓ	0.017m3	1.546kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.10E+00	4.22E-01	0.00E+00	3.67E-03	4.53E+00
CO2	kg	1.74E-01	3.00E-02	1.46E-02	1.57E-04	2.19E-01
SOx	kg	3.08E-05	1.61E-06	0.00E+00	3.11E-08	3.24E-05
NOx	kg	8.91E-05	9.36E-06	0.00E+00	8.19E-08	9.86E-05

表 5-15 減容品 1kg からパレット（ワンウェイ）を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	減容品	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.575	kWh
		軽油	0.001	リットル
		用水	0.435	kg
出力	製品等	パレット	1.000	kg
	大気	CO2		
		NOx		
		SOx		

注) 副資材として、顔料・改質材 (0.003kg) が使用されているが、データ等が存在しないためカットオフした。

表 5-16 減容品 1kg からパレット（ワンウェイ）を製造する場合の環境負荷

		電力	燃焼・軽油	工業用水	合計
		0.575kWh	0.001ℓ	0.435kg	
エネルギー資源消費	MJ	5.63E+00	2.40E-02	1.03E-03	5.65E+00
CO2	kg	2.39E-01	1.71E-03	4.40E-05	2.41E-01
SOx	kg	4.23E-05	9.17E-08	8.74E-09	4.24E-05
NOx	kg	1.08E-04	5.60E-07	2.00E-08	1.09E-04

上記のデータをもとに、ベール 1kg を投入し、製造された P O 減容品・ペレット化からパレット 0.51kg を製造するとその結果は次のとおりである。

表 5-17 容リパレット (ワンウェイ) のリサイクルシステムの環境負荷

		容リP O・減容品	容リパレ ット(ワン ウェイ)	残渣処理	製品単純 焼却	合計
投入原燃料		1.00kg	0.51kg	0.48kg	0.51kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	2.88	5.39	22.85	35.65
CO2	kg	0.22	0.12	0.36	1.62	2.32
SOx	g	0.03	0.02	-0.52	0.00	-0.46
NOx	g	0.10	0.06	-0.63	0.00	-0.47

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

PP樹脂製造のデータは、表 4-30の数値をそのまま用いる。パレット (ワンウェイ) のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-18 パレット (ワンウェイ) 製造のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	PP	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.947	kWh
出力	製品等	パレット	1.000	kg

注) 滑り止めゴム、顔料等のデータについては把握できていない。データが把握できてもカットオフするため問題ないとした。
出典) 産業環境管理協会資料よりユーティリティデータ作成。

表 5-19 PP 1kg を製造する場合の環境負荷

		PP
エネルギー資源消費	MJ	1.54E+01
CO2	kg	1.63E+00
SOx	kg	1.31E-03
NOx	kg	6.79E-04

表 5-20 PP 1kg からバージンパレット (ワンウェイ) 製造の環境負荷

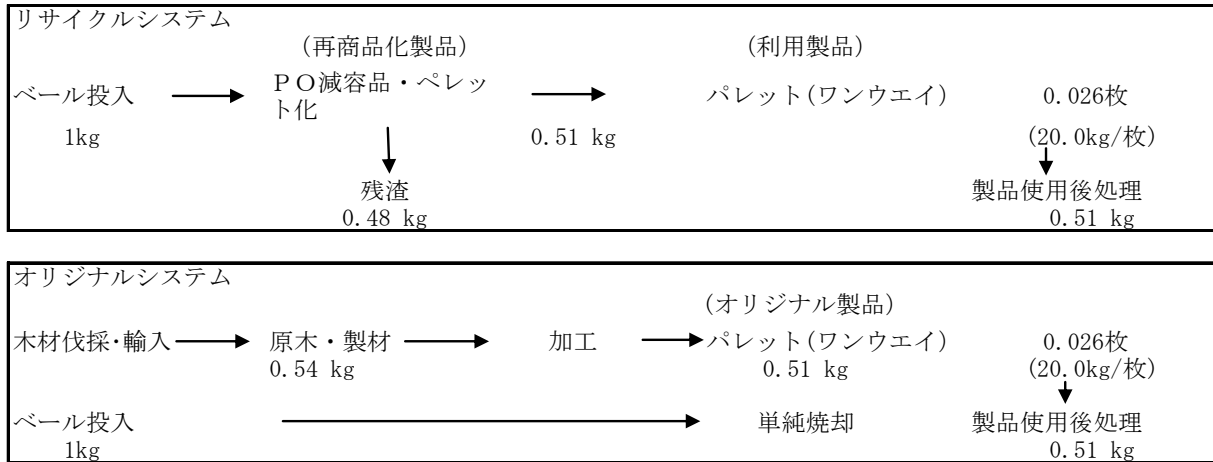
		電力	合計
		0.947kWh	
エネルギー資源消費	MJ	9.27E+00	9.27E+00
CO2	kg	3.94E-01	3.94E-01
SOx	kg	6.97E-05	6.97E-05
NOx	kg	1.78E-04	1.78E-04

オリジナルシステムの試算にあたっては、パレットを 0.026 枚製造することと、新規樹脂から製造した場合のパレットの重さは 7~8kg であることから、7.5kg/枚として、PP樹脂 0.19kg が必要となる。よって、次のように試算した。

表 5-21 バージンパレット (ワンウェイ) のオリジナルシステムの環境負荷

		PP製造	パレット製造	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原燃料		0.19kg	0.19kg	1.00kg	0.19kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.94	1.77	35.72	8.43	48.87
CO2	kg	0.31	0.08	2.66	0.60	3.65
SOx	g	0.25	0.01	0.00	0.00	0.27
NOx	g	0.13	0.04	0.05	0.00	0.22

(2) ワンウェイパレット (新規木材との比較)



木材の輸入については、JEMAI-LCAPRO Ver. 2.1.1には木材（輸入）データがあるものの、伐採のみのデータで輸入モデルは設定されていない。

そこで、農林水産省資料をもとに次のように輸入モデルを設定した。日本と各国の距離はJEMAI-LCAPRO Ver. 2.1.1に内蔵されているデータを用いた。輸入モデルの設定では他のデータ（石炭等）と統一するため、輸入国、国内の輸送はトラック輸送で10kmとし、それに海上輸送を加え検討した。

なお表 4-27に示した木材（輸入）は木材伐採データに輸送モデルを加味した数値となっている。

表 5-22 木材（丸太）の輸入国上位 20 カ国

国名	単位	数量	割合
ロシア	CM	4,689,333	44.0%
アメリカ合衆国	CM	2,441,709	22.9%
マレーシア	CM	1,103,919	10.4%
カナダ	CM	1,011,355	9.5%
ニュージーランド	CM	921,632	8.7%
パプアニューギニア	CM	226,606	2.1%
チリ	CM	106,257	1.0%
ソロモン	CM	77,767	0.7%
ドイツ	CM	28,336	0.3%
オーストラリア	CM	15,033	0.1%
中華人民共和国	CM	8,878	0.1%
ガボン	CM	6,960	0.1%
デンマーク	CM	4,921	0.0%
中央アフリカ	CM	2,461	0.0%
ベルギー	CM	1,677	0.0%
ミャンマー	CM	1,189	0.0%
コンゴ共和国	CM	1,112	0.0%
メキシコ	CM	600	0.0%
コンゴ民主共和国	CM	516	0.0%
フランス	CM	439	0.0%
合計	CM	10,650,700	100.0%

出典) 我が国貿易統計品目別輸出入実績、農林水産省大臣官房国際部 国際政策課 情報企画班資料より作成

a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

上記の容リプラのパレット（ワンウェイ）と同様である。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

表 5-23 原木 1kg からの原木・製材のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	原木(輸入)	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.051	kWh
		軽油	0.0015	リットル
		木くず(構内利用)	0.063	kg
出力	製品等	製材	0.937	kg
	副産品/残渣	木くず(構内利用)	0.063	kg

出典)「環境負荷低減手法確率調査」、林野庁資料、平成 14 年 3 月より作成

表 5-24 原木 1kg から原木・製材の環境負荷

		原木(海外)	電力	燃焼・軽油	燃焼・木くず	合計
		1.000kg	0.0507kWh	0.0015l	0.063kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.77E-01	4.96E-01	5.86E-02	0.00E+00	1.03E+00
CO2	kg	1.40E-01	2.11E-02	4.17E-03	0.00E+00	1.66E-01
SOx	kg	8.56E-05	3.73E-06	2.24E-07	9.16E-05	1.81E-04
NOx	kg	5.73E-04	1.08E-05	1.30E-06	1.83E-05	6.04E-04

表 5-25 製材 1kg からパレット製造に関わるインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	製材	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.00673	kWh
		軽油	0.00054	リットル
出力	製品等	パレット	1.000	kg
	大気	CO2		
		NOx		
SOx				

表 5-26 製材 1kg からパレット製造に関わる環境負荷

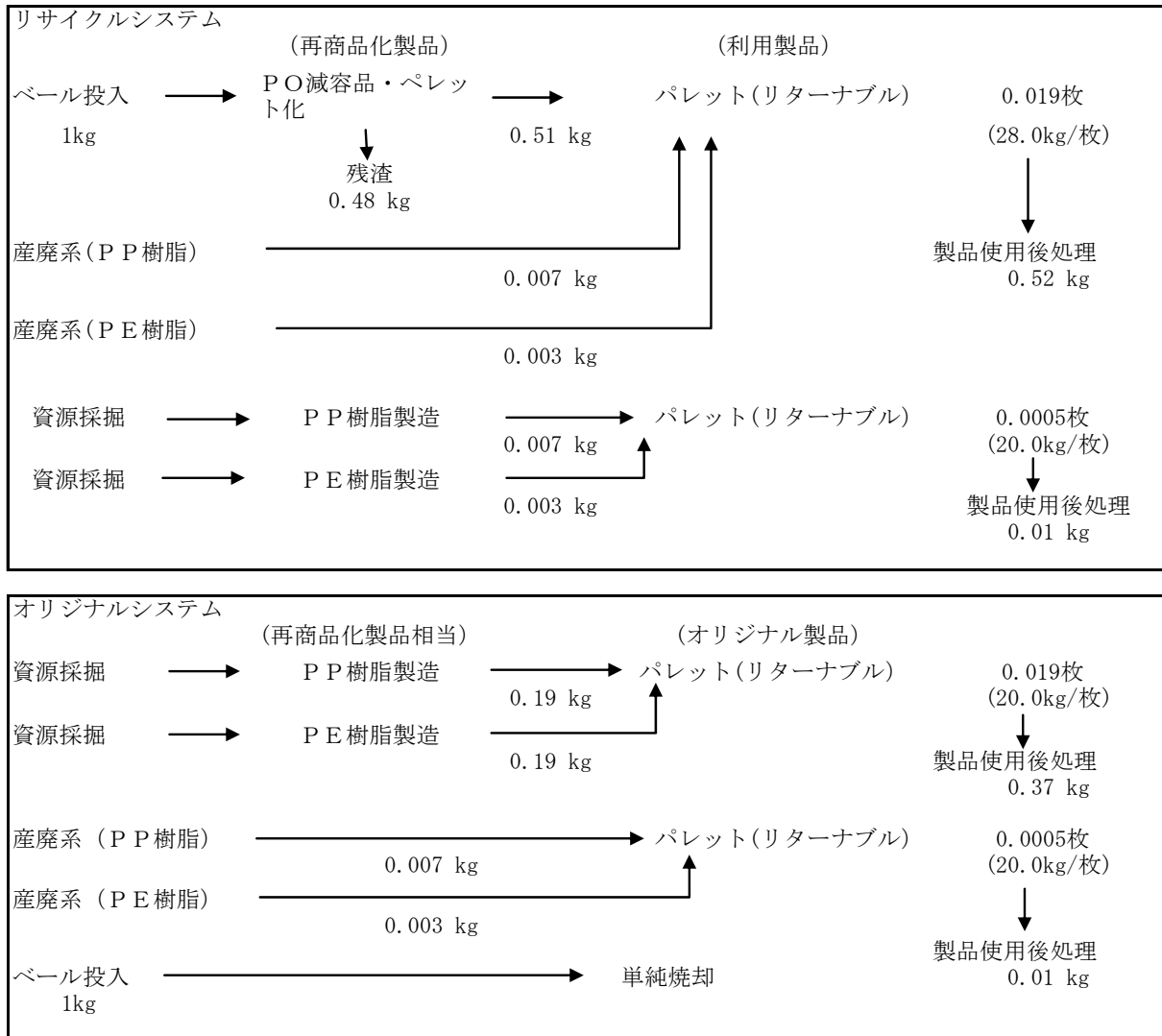
		電力	燃焼・軽油	合計
		0.00673kWh	0.000540	
エネルギー資源消費	MJ	6.60E-02	2.06E-02	8.65E-02
CO2	kg	2.80E-03	1.46E-03	4.27E-03
SOx	kg	4.96E-07	7.85E-08	5.74E-07
NOx	kg	1.43E-06	4.56E-07	1.89E-06

オリジナルシステムの試算にあたっては、パレットを 0.026 枚製造すること、原木から製造した場合のパレットの重さは 20kg/枚ほど（ヒアリングより）であることから、製材 0.51kg、原木 0.54kg が必要となる。よって、次のように試算した。

表 5-27 木材パレット（ワンウェイ）のオリジナルシステムの環境負荷

		原木・製材	パレット(ワンウェイ)	廃棄物処理	単純焼却	合計
投入原燃料		0.54kg	0.51kg	1.00kg	0.51kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.56	0.04	35.72	0.07	36.40
CO2	kg	0.09	0.00	2.66	0.00	2.76
SOx	g	0.10	0.00	0.00	0.74	0.84
NOx	g	0.33	0.00	0.05	0.15	0.53

(3) リターナブルパレット（新規樹脂との比較）



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

P O減容品・ペレット化のインベントリデータについては、ワンウェイパレットの場合と同様である。

パレット（リターナブル）については、産廃系のP E / P Pが混合していることから、重量配分によりアロケーションする。

この結果、パレット（リターナブル）製造のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-28 パレット製造におけるインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	減容品	1.0000	kg
	副資材	滑り止めゴム	0.0086	kg
		廃トナー	0.0044	kg
		顔料	0.0013	kg
		改質材	0.0013	kg
		ユーティリティ	電力	0.6254
		軽油	0.0008	リットル
		消費グリース	0.00001	kg
	用水	0.3547	kg	
出力	製品等	パレット	1.0138	kg
	副産品・残渣	残渣(焼却)	0.0015	kg
		残渣(埋立)	0.0002	kg
	大気	CO ₂		
		NO _x		
		SO _x		

注) 滑り止めゴム、廃トナー、顔料、改質剤、消費グリース、残渣についてはカットオフした。その結果、パレットについては1kgとして計算した。

表 5-29 減容品 1kg からパレット (リターナブル) を製造する場合のインベントリデータ

		電力	燃焼・軽油	工業用水	合計
		0.6254kWh	0.0008ℓ	0.3547kg	
エネルギー資源消費	MJ	6.12E+00	3.17E-02	8.42E-04	6.16E+00
CO ₂	kg	2.60E-01	2.26E-03	3.59E-05	2.63E-01
SO _x	kg	4.60E-05	1.21E-07	7.13E-09	4.61E-05
NO _x	kg	1.18E-04	7.39E-07	1.63E-08	1.18E-04

また、PP樹脂、新規樹脂からのパレットの製造データは表 5-33のデータをもとに検討する。ペール 1kgを投入し、製造されたPO減容品・ペレット化からパレット 0.51kgを製造するとその結果は次のとおりである。

表 5-30 容リパレット (リターナブル) のリサイクルシステムの環境負荷

		容リPO・減容品	新規樹脂製造+パレット製造	容リパレット (リターナブル)	残渣処理	製品単純焼却	製品 (新規樹脂) 単純焼却	合計
投入原燃料	kg	1.00	0.01	0.51	0.48	0.51	0.01	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	0.22	3.20	5.39	22.85	0.42	36.61
CO ₂	kg	0.22	0.02	0.14	0.36	1.62	0.03	2.39
SO _x	g	0.03	0.01	0.02	-0.52	0.00	0.00	-0.45
NO _x	g	0.10	0.01	0.07	-0.63	0.00	0.00	-0.45

注) 表中の新規樹脂のパレット製造データは表 5-31のデータを用いた。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

PPパレットとPEパレットへの代替はそれぞれ 50%とし、PP、PE樹脂製造データは、表 4-30の数値をそのまま用いる。パレット（リターナブル）のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-31 パレット（リターナブル）製造のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	PP	0.500	kg
		PE	0.500	kg
	ユーティリティ	電力	0.947	kWh
出力	製品等	パレット	1.000	kg

注) 滑り止めゴムや顔料等については把握できていない。データが把握できてもカットオフするため問題ないとした。

出典) 産業環境管理協会資料よりユーティリティデータ作成

表 5-32 PP+PE 1kgを製造する場合の環境負荷

		PE	PP
		1kg	1kg
エネルギー資源消費	MJ	1.29E+01	1.54E+01
CO2	kg	1.61E+00	1.63E+00
SOx	kg	1.30E-03	1.31E-03
NOx	kg	6.70E-04	6.79E-04

表 5-33 PP/PE 1kgからバージンパレット（リターナブル）製造の環境負荷

		電力	合計
		0.947kWh	
エネルギー資源消費	MJ	9.27E+00	9.27E+00
CO2	kg	3.94E-01	3.94E-01
SOx	kg	6.97E-05	6.97E-05
NOx	kg	1.78E-04	1.78E-04

オリジナルシステムの試算にあたっては、容リパレットから製造される枚数が 0.019 枚であることから、新規樹脂からも同じ枚数が製造されるものとする。

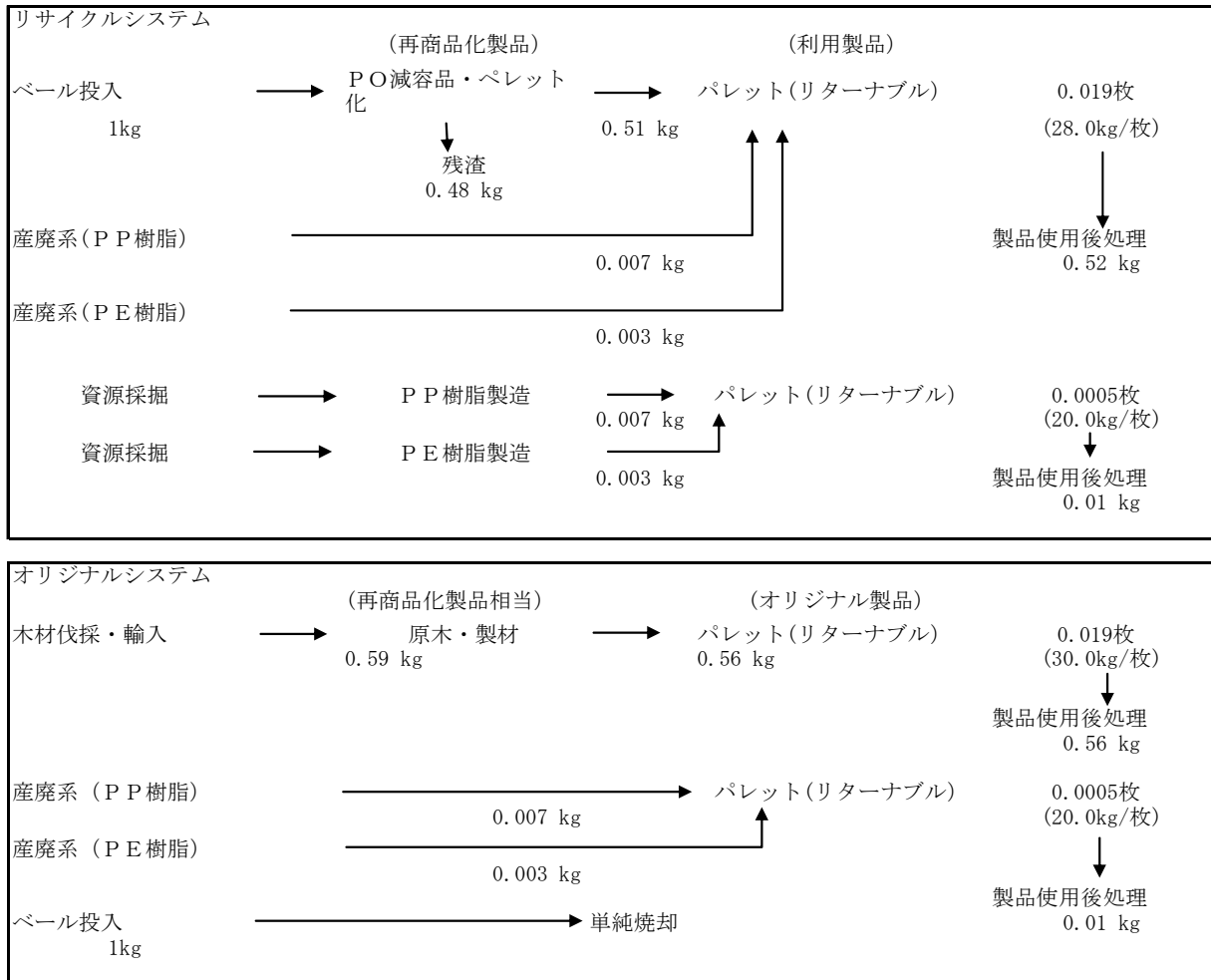
バージンパレットの一枚当りの重量は 20.0kg/枚である。ベール 1kg から製造されるパレットと同枚数のパレットを製造するためには、PP、PE樹脂それぞれ 0.19kg、合計で 0.37kg が必要となる。

よって、バージンパレット（リターナブル）のオリジナルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-34 バージンパレット（リターナブル）のオリジナルシステムの環境負荷

		PE/PP 製造	パレット製 造	廃棄物処理	製品単純焼 却	合計
投入原燃料		0.37kg	0.37kg	1.00kg	0.37kg	
エネルギー資源消費	MJ	5.25	3.44	35.72	16.76	61.18
CO2	kg	0.60	0.15	2.66	1.17	4.58
SOx	g	0.49	0.03	0.00	0.00	0.51
NOx	g	0.25	0.07	0.05	0.00	0.38

(4) リターナブルパレット (新規木材との比較)



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

上記の容リプラのパレット (リターナブル) と同様である。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

原木 1kg からの原木・製材のインベントリデータ、環境負荷はワンウェイの場合と同様である。
製材 1kg からパレット製造に関わるインベントリデータ、環境負荷もワンウェイと同様である。

オリジナルシステムの試算にあたっては、容リパレットから製造される枚数が 0.019 枚であることから、新規木材からも同様に 30kg/枚のパレットが 0.019 枚製造されるものとする。

よって、新規木材パレット (リターナブル) のオリジナルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-35 木材パレット（リターナブル）のオリジナルシステムの環境負荷

		原木・製材	パレット(リターナブル)	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原燃料	kg	0.59	0.56	1.00	0.56	
エネルギー資源消費	MJ	0.61	0.05	35.72	0.07	36.46
CO2	kg	0.10	0.00	2.66	0.00	2.77
SOx	g	0.11	0.00	0.00	0.81	0.92
NOx	g	0.36	0.00	0.05	0.16	0.58

(5) パレットのまとめ

パレット（ワンウェイ）、パレット（リターナブル）について新規樹脂、木材との比較を行ったがその結果は次のとおりである。

表 5-36 パレット（ワンウェイ）の環境負荷低減効果

		ワンウェイ（新規樹脂）との比較			ワンウェイ（木材）との比較		
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果	リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果
天然ガス	kg	0.03	0.02	-0.02	0.03	0.00	-0.03
原油	kg	0.02	0.24	0.22	0.02	0.01	-0.01
石炭	kg	-0.20	0.02	0.23	-0.20	0.00	0.21
エネルギー資源消費	MJ	35.65	48.87	13.22	35.65	36.40	0.75
CO2	kg	2.32	3.65	1.33	2.32	2.76	0.44
SOx	g	-0.46	0.27	0.73	-0.46	0.84	1.31
NOx	g	-0.47	0.22	0.69	-0.47	0.53	1.00

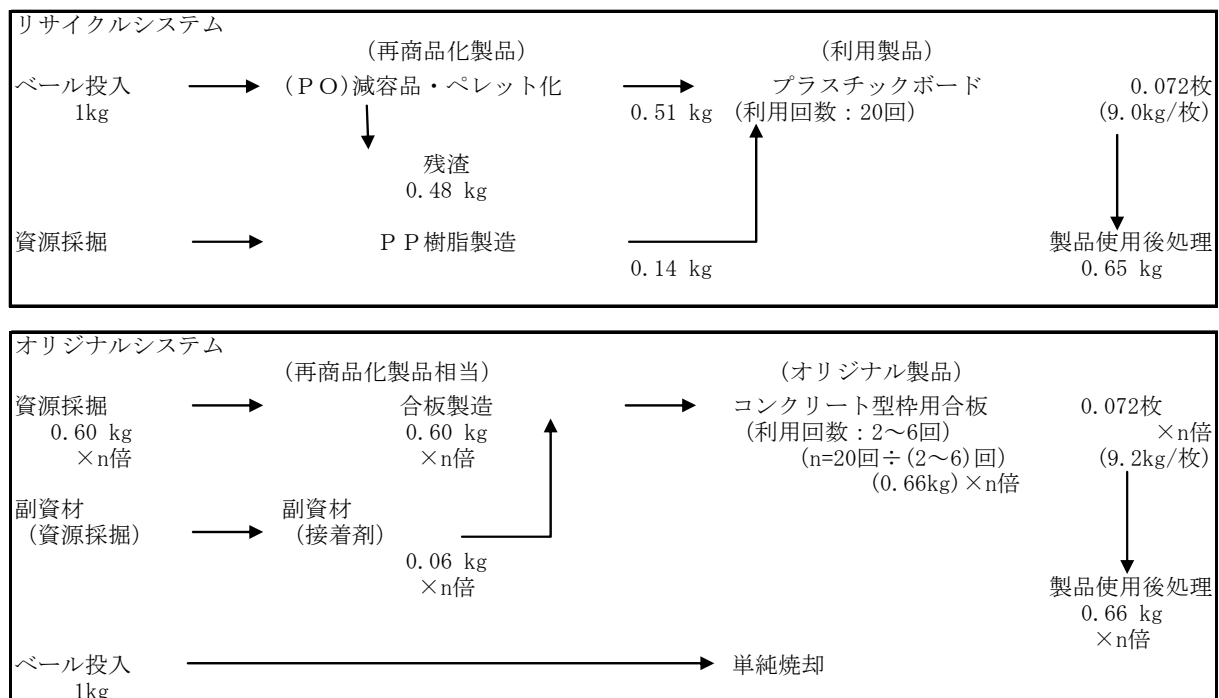
注) 天然ガス、原油、石炭については原燃料を適及した結果

表 5-37 パレット（リターナブル）の環境負荷低減効果

		リターナブル（新規樹脂）との比較			リターナブル（木材）との比較		
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果	リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果
天然ガス	kg	0.04	0.03	-0.01	0.04	0.00	-0.03
原油	kg	0.03	0.46	0.43	0.03	0.01	-0.02
石炭	kg	-0.20	0.05	0.25	-0.20	0.00	0.20
エネルギー資源消費	MJ	36.61	61.18	24.57	36.61	36.46	-0.15
CO2	kg	2.39	4.58	2.20	2.39	2.77	0.38
SOx	g	-0.45	0.51	0.96	-0.45	0.92	1.37
NOx	g	-0.45	0.38	0.83	-0.45	0.58	1.03

注) 天然ガス、原油、石炭については原燃料を適及した結果

5.1.3 コンクリート型枠用パネル



注) プラ板の利用回数は 10～20 回ほどとのヒアリング結果であった。コンクリート型枠用合板は 2～6 回ほどと幅があったが、平均的には 4 回程度が多いようであった。

(1) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1kg から製造される P O 減容品・ペレット化については、材料リサイクル共通であることから、パレットで示したインベントリデータを用いる。

減容品 1kg から製造されるコンクリート型枠用パネルについては、容リプラ減容品と P P を混合して製造される。

この結果を示すと、表 5-38 のとおりである。

表 5-38 減容品 1kg から製造されるコンクリート型枠用パネルのインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ減容品	1.000	k g
		P P	0.269	k g
	副資材	無機補強材	0.056	k g
		顔料	0.007	k g
	ユーティリティ	電力	1.170	kWh
		軽油	0.0001	リットル
		ガソリン	0.001	リットル
用水		0.589	k g	
出力	製品等	N F ボード	1.333	k g

注) 無機補強材、顔料、不燃残渣はカットオフした。この結果、コンクリート型枠用パネルは 1.269kg 製造されることになる。

表 5-39 減容品 1kg から製造されるコンクリート型枠用パネルの環境負荷

		電力	燃焼・軽油	燃焼・ガソリン	工業用水	P P 樹脂	合計
		1.170kWh	0.00010	0.0010	0.589kg	0.269kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.15E+01	3.26E-03	3.59E-02	1.40E-03	4.13E+00	1.56E+01
CO2	kg	4.87E-01	2.32E-04	2.56E-03	5.96E-05	4.40E-01	9.29E-01
SOx	kg	8.61E-05	1.24E-08	1.37E-07	1.18E-08	3.53E-04	4.39E-04
NOx	kg	2.49E-04	7.23E-08	7.97E-07	3.12E-08	1.83E-04	4.33E-04

上記のデータをもとに、ベール 1kg を投入し、製造された P O 減容品・ペレット化からコンクリート型枠用パネル 0.51kg を製造するとその結果は次のとおりである。

表 5-40 コンクリート型枠用パネルのリサイクルシステムの環境負荷

		容リ P O ・ 減容品	コンパネ製造	残渣処理	容リコンパネ単純焼却	合計
投入原燃料		1.00kg	0.51kg (0.65kg)	0.48kg	0.51kg (0.65kg)	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	7.97	5.39	28.89	46.78
CO2	kg	0.22	0.47	0.36	2.05	3.11
SOx	g	0.03	0.22	-0.52	0.00	-0.26
NOx	g	0.10	0.22	-0.63	0.00	-0.31

注) 投入原燃料のカッコ内は P P を含めた重量。エネルギー資源消費等は P P を含め検討している。

(2) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

合板製造における木材（国産）と木材（輸入）の比率は0.005対0.995である。この比率を考慮して、木材の伐採・輸送データの環境負荷を示すと次のとおりである。木材（輸入）については合板の場合、ラワン材の利用が多いことから表4-27のラワン材（輸入）データを用いている。

表 5-41 木材の伐採・輸送に関わる環境負荷

		木材(国産)	木材(輸入)	合計
		0.005kg	0.995kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.00E-03	4.75E-01	4.79E-01
CO2	kg	2.85E-04	1.42E-01	1.43E-01
SOx	kg	1.53E-08	8.90E-05	8.90E-05
NOx	kg	8.87E-08	5.76E-04	5.76E-04

表 5-42 木材 1kg から合板を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	木材(国産)	0.005	kg
		木材(輸入)	0.995	kg
	副資材	接着剤	0.103	kg
	ユーティリティ	電力	0.129	kWh
		重油	0.013	リットル
		軽油	0.001	リットル
		木くず	0.187	kg
出力	製品等	合板	1.103	kg

注) 残渣については無視した。このため、合板1kgとして試算した。本資料では接着剤の使用は加味されていない。この点については留意する必要がある。

注) 木くずのユーティリティについては、他から木くず（産廃とする）を収集し0.19kgを燃焼している。

出典)「環境負荷低減手法確率調査」、林野庁資料、平成14年3月より作成

表 5-43 木材 1kg から合板を製造する場合の環境負荷

		電力	燃焼・重油	燃焼・軽油	燃焼・木くず	接着剤	合計
		0.129kWh	0.013ℓ	0.001ℓ	0.187kg	0.103kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.26E+00	5.03E-01	4.20E-02	0.00E+00	1.16E+01	1.34E+01
CO2	kg	5.35E-02	3.57E-02	2.98E-03	0.00E+00	5.65E-01	6.57E-01
SOx	kg	9.47E-06	1.76E-05	1.60E-07	2.72E-04	1.08E-04	4.08E-04
NOx	kg	2.74E-05	1.05E-05	9.30E-07	5.44E-05	2.48E-04	3.41E-04

オリジナルシステムの試算にあたっては、容リプラを原料としたコンクリート型枠用パネルを0.072枚(9kg/枚)製造することから、原木から製造した場合のコンパネも同様に0.072枚となる。

これにより、コンクリート型枠用合板9.2kg/枚から合板0.66kg（うち接着剤0.06kg）、木材（原

木) 0.60kg が必要となる。

まずは製品寿命について、考慮していない数値を示す。

表 5-44 コンクリート型枠用合板のオリジナルシステムの環境負荷

		木材・輸入	合板製造(コンパネ)	廃棄物処理	木材単純焼却	合計
投入原燃料		0.60kg	0.60kg(+接着剤 0.06kg)	1.00kg	0.60kg(+接着剤 0.06kg)	
エネルギー資源消費	MJ	0.29	7.99	35.72	0.08	44.08
CO2	kg	0.09	0.39	2.66	0.00	3.15
SOx	g	0.05	0.24	0.00	0.87	1.17
NOx	g	0.34	0.20	0.05	0.18	0.78

注1) 接着剤の燃焼による CO2 はここでは計算上の関係で合板製造に含めている。

注2) ここでは利用回数の差異は考慮していない。

(3) コンクリート型枠用パネルのまとめ

コンパネについて木材との比較を行ったがその結果は次のとおりである。

表 5-45 寿命(利用回数の差異)を考えない場合の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.06	0.12	0.06
原油	kg	0.20	0.02	-0.17
石炭	kg	-0.17	0.02	0.19
エネルギー資源消費	MJ	46.78	44.08	-2.69
CO2	kg	3.11	3.15	0.04
SOx	g	-0.26	1.17	1.43
NOx	g	-0.31	0.78	1.09

寿命を考えた場合を次に示す。寿命については、それぞれの利用回数を考慮し、コンクリート型枠用合板に対し、コンクリート型枠用パネルの寿命が 2.5 倍あるいは 5 倍ある場合を検討する。

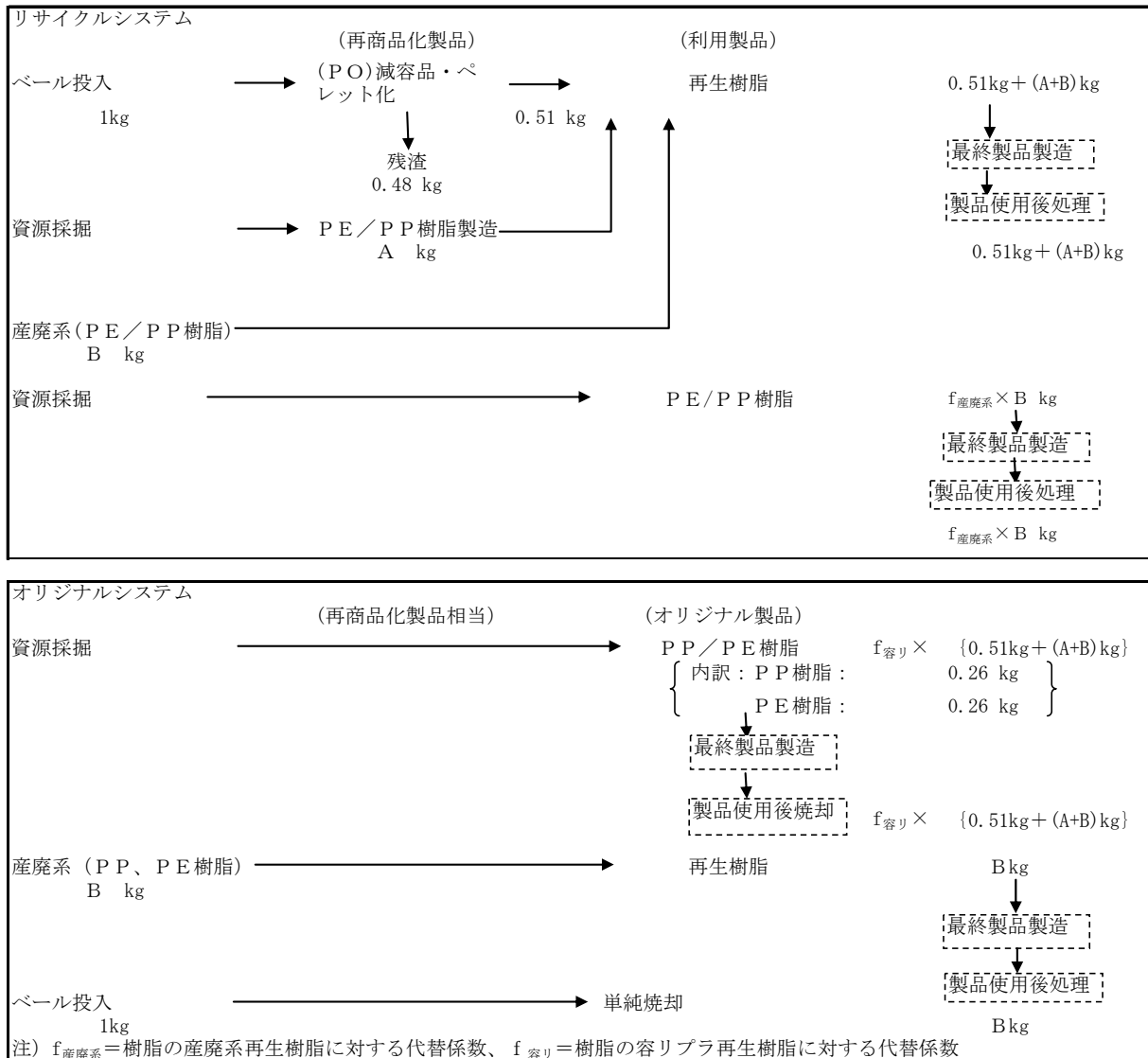
表 5-46 寿命を考えた場合の環境負荷低減効果（木材に比べ 2.5 倍の寿命がある場合）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.06	0.29	0.24
原油	kg	0.20	0.05	-0.14
石炭	kg	-0.17	0.06	0.23
エネルギー資源消費	MJ	46.78	56.62	9.84
CO ₂	kg	3.11	3.87	0.76
SO _x	g	-0.26	2.91	3.17
NO _x	g	-0.31	1.86	2.17

表 5-47 寿命を考えた場合の環境負荷低減効果（木材に比べ 5 倍の寿命がある場合）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.06	0.59	0.53
原油	kg	0.20	0.10	-0.09
石炭	kg	-0.17	0.11	0.28
エネルギー消費	MJ	46.78	77.51	30.74
CO ₂	kg	3.11	5.07	1.96
SO _x	g	-0.26	5.83	6.09
NO _x	g	-0.31	3.67	3.97

5.1.4 再生樹脂（コンパウンド）



注) 容リプラからの再生樹脂と新規樹脂、産廃プラからの再生樹脂と新規樹脂はそれぞれ必ずしも1対1で置き換えられるとは限らず、パレットの例のように同じ製品を製造する場合でも、必要な重量は異なる。このためそれぞれの代替率を $f_{容リ}$ 、 $f_{産廃系}$ とおいた。 $f_{容リ}$ 、 $f_{産廃系}$ は $0 < f_{容リ} \leq 1$ 、 $0 < f_{産廃系} \leq 1$ である。

これをもとに上図を簡単化するために、次のように変形する。

- ・オリジナルシステムの {産廃系 (PP、PE樹脂) Bkg → 再生樹脂 → 製品使用後処理 Bkg} (式1とする) と、リサイクルシステムの {ベール 1kg (PO減容品 0.51kg) + 産廃系 (PP、PE樹脂) Bkg + 新規樹脂 Akg → 再生樹脂 → 製品使用後処理 (0.51kg + Akg + Bkg)} (式2とする) を比較し差し引きすることにより、オリジナルシステムから式1である {産廃系 (PP、PE樹脂) Bkg → 再生樹脂 → 製品使用後処理 Bkg} は消去でき、リサイクルシステムの式2は、{ベール 1kg (PO減容品 0.51kg) + 新規樹脂 (Akg) → 再生樹脂 → 製品使用後処理 (0.51kg + Akg)} (式2'とする) となる。
- ・リサイクルシステムの {新規樹脂製造 $f_{産廃系} \times B \text{ kg}$ → 製品使用後処理 $f_{産廃系} \times B \text{ kg}$ } (式3とす

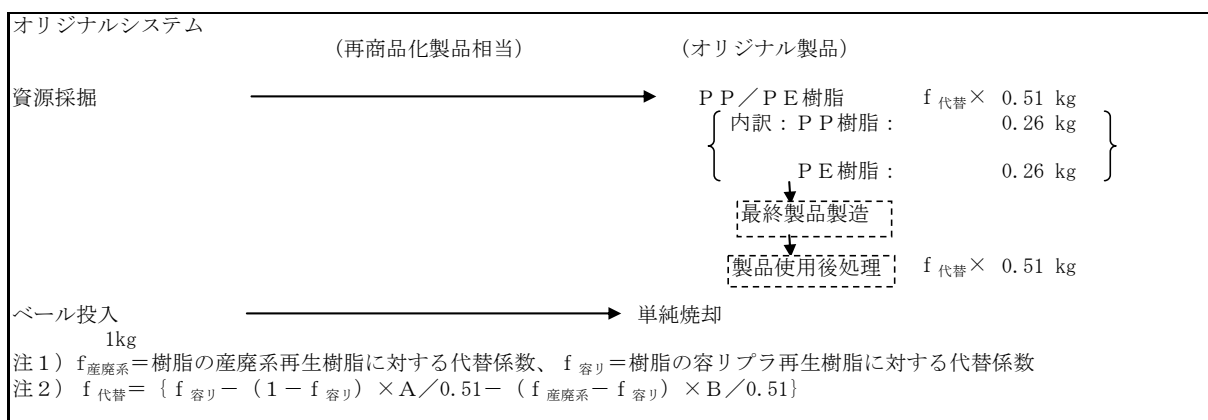
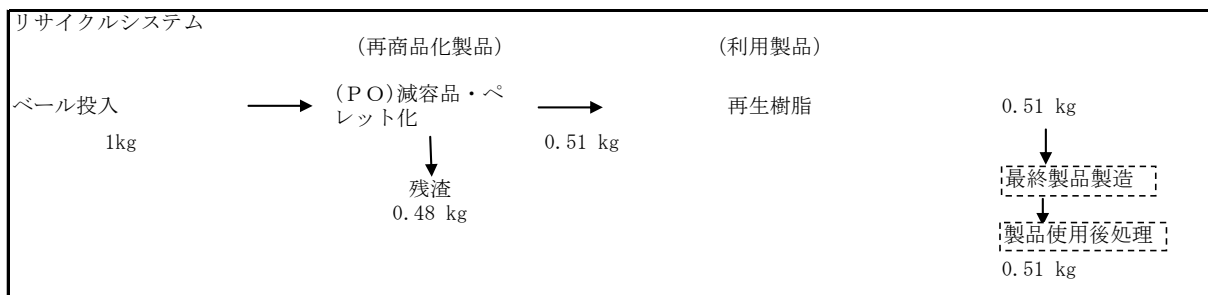
る) とオリジナルシステムの {新規樹脂製造 $f_{容リ} \times (0.51\text{kg} + A\text{kg} + B\text{kg})$ → 製品使用後処理 $f_{容リ} \times (0.51\text{kg} + A\text{kg} + B\text{kg})$ } (式4 とする) を比較し差し引きすることにより、リサイクルシステムから式3は消去でき、オリジナルシステムの式4は {新規樹脂製造 $f_{容リ} \times (0.51\text{kg} + A\text{kg})$ + 新規樹脂製造 $(f_{容リ} - f_{産廃系}) \times B\text{kg}$ → 製品使用後処理 $f_{容リ} \times (0.51\text{kg} + A\text{kg})$ + $(f_{容リ} - f_{産廃系}) \times B\text{kg}$ } (式4 ‘ とする) となる。

・ 更にリサイクルシステムの (式2 ‘) の {ベール 1kg (PO減容品 0.51kg) + 新規樹脂 (Akg) → 再生樹脂 → 製品使用後処理 (0.51kg + Akg)} とオリジナルシステムの (式4 ‘) を比較し、差し引きすることにより、リサイクルシステムの (式2 ‘) は {ベール 1kg (PO減容品 0.51kg) → 再生樹脂 → 製品使用後処理 (0.51kg)} と変形される。また、オリジナルシステムの (式4 ‘) は、{新規樹脂製造 $f_{容リ} \times 0.51\text{kg}$ + 新樹脂製造 $(f_{容リ} - 1) A\text{kg}$ + 新規樹脂製造 $(f_{容リ} - f_{産廃系}) \times B\text{kg}$ → 製品使用後処理 $f_{容リ} \times (0.51\text{kg})$ + $(f_{容リ} - 1) A\text{kg}$ + $(f_{容リ} - f_{産廃系}) \times B\text{kg}$ } (式4 “) となる。

・ 式4 “は次のように変形できることからリサイクルシステムとオリジナルシステムは次とおりになる。

$$\begin{aligned}
 (\text{式4 “}) &= f_{容リ} \times (0.51\text{kg}) + (f_{容リ} - 1) A\text{kg} + (f_{容リ} - f_{産廃系}) \times B\text{kg} \\
 &= 0.51\text{kg} \times \{ f_{容リ} - (1 - f_{容リ}) \times A\text{kg} / 0.51\text{kg} - (f_{産廃系} - f_{容リ}) \times B\text{kg} / 0.51\text{kg} \} \\
 &= 0.51\text{kg} \times f_{代替}
 \end{aligned}$$

注) : $f_{代替} = \{ f_{容リ} - (1 - f_{容リ}) A\text{kg} / 0.51\text{kg} - (f_{産廃系} - f_{容リ}) \times B\text{kg} / 0.51\text{kg} \}$



(1) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1kg から製造される P O 減容品・ペレット化については、材料リサイクル共通でパレットで示したものと同様である。

減容品 1kg から製造される再生樹脂（コンパウンド）は、容リプラ減容品と産廃系や新規樹脂の P P / P E を混合して製造される。P P / P E の混合割合等は顧客や利用方法によって種々変化するが上図のように変形した結果を用いて検討する。

この結果を示すと表 5-48 のとおりである。

表 5-48 減容品 1kg から製造される再生樹脂（コンパウンド）のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.4189	kWh
出力	製品等	コンパウンド	1.000	kg
	副産品／残渣			

表 5-49 減容品 1kg から製造される再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷

		電力	合計
		0.4189kWh	
エネルギー資源消費	MJ	4.10E+00	4.10E+00
CO2	kg	1.74E-01	1.74E-01
SOx	kg	3.08E-05	3.08E-05
NOx	kg	8.92E-05	8.92E-05

上記のデータをもとに、ベール 1kg を投入し、製造された P O 減容品・ペレット化から再生樹脂（コンパウンド）0.52kg を製造するとその結果は次のとおりである。

表 5-50 再生樹脂（コンパウンド）のリサイクルシステムの環境負荷

		容リ P O ・ 減容品	ペレット・コンパウンド	残渣処理	製品単純焼却	合計
投入原燃料	kg	1.00kg	0.51kg	0.48kg	0.51kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	2.09	5.39	22.85	34.86
CO2	kg	0.22	0.09	0.36	1.62	2.29
SOx	g	0.03	0.02	-0.52	0.00	-0.47
NOx	g	0.10	0.05	-0.63	0.00	-0.48

(2) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

PE、PPの樹脂に対して容リプラから製造される再生樹脂（コンパウンド）がそれぞれ代替されるものとする。よって、PE、PPの割合は各50%となる。

表 5-51 PP+PE樹脂1kgを製造する場合の環境負荷

		PP+PE
構成割合		50%+50%
エネルギー資源消費	MJ	1.41E+01
CO2	kg	1.62E+00
SOx	kg	1.31E-03
NOx	kg	6.75E-04

オリジナルシステムの試算にあたっては、容リプラから製造される再生樹脂（コンパウンド）が0.51kgであることから、新規樹脂から製造する再生樹脂（コンパウンド）も0.51kgとなる（ $f_{\text{代替}} = 1$ のとき）。

ただし、容リプラから製造した再生樹脂100%を用いて例えばパレットのような製品を製造する場合は、新規樹脂パレットに比べ多くの再生樹脂を必要すると考えられる。このように再生樹脂から製造される製品によって、あるいは混合する新規樹脂や産廃系のPE/PPの配合割合によっては、新規樹脂に比べ多くの量が必要になるケースが考えられる。

ここでは、PP+PE樹脂0.51kgを製造する場合の環境負荷を示す。

表 5-52 再生樹脂（コンパウンド）のオリジナルシステムの環境負荷

		PE・PP樹脂	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原燃料	kg	0.51kg	1.00kg	0.51kg	
エネルギー資源消費	MJ	7.21	35.72	23.02	65.95
CO2	kg	0.83	2.66	1.61	5.10
SOx	g	0.67	0.00	0.00	0.67
NOx	g	0.34	0.05	0.00	0.40

注) ここでは再生樹脂（コンパウンド）の量の差異は考慮していない。

(3) 再生樹脂（コンパウンド）のまとめ

再生樹脂（コンパウンド）について新規樹脂との比較を行ったがその結果は次のとおりである。

表 5-53 再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷低減効果（1対1で代替の場合）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.03	0.02	-0.01
原油	kg	0.02	0.63	0.61
石炭	kg	-0.21	0.02	0.23
エネルギー資源消費	MJ	34.86	65.95	31.09
CO ₂	kg	2.29	5.10	2.81
SO _x	g	-0.47	0.67	1.14
NO _x	g	-0.48	0.40	0.88

表 5-54 再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷低減効果（容リ1、樹脂0.5で代替の場合）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.03	0.01	-0.02
原油	kg	0.02	0.31	0.30
石炭	kg	-0.21	0.01	0.22
エネルギー資源消費	MJ	34.86	50.84	15.98
CO ₂	kg	2.29	3.88	1.59
SO _x	g	-0.47	0.34	0.80
NO _x	g	-0.48	0.23	0.71

注) ある製品の実用単位（例えば1枚）を製造するのに容リプラの再生樹脂1kg 必要なのに対し、樹脂0.5kg でよい場合を想定

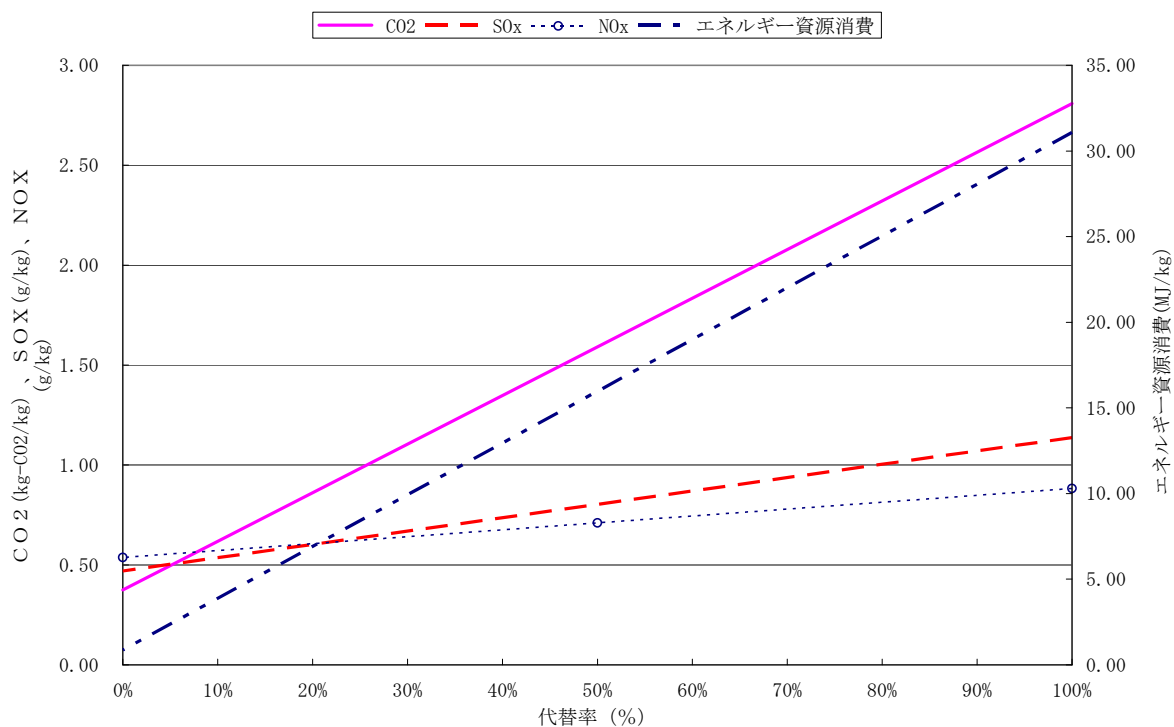


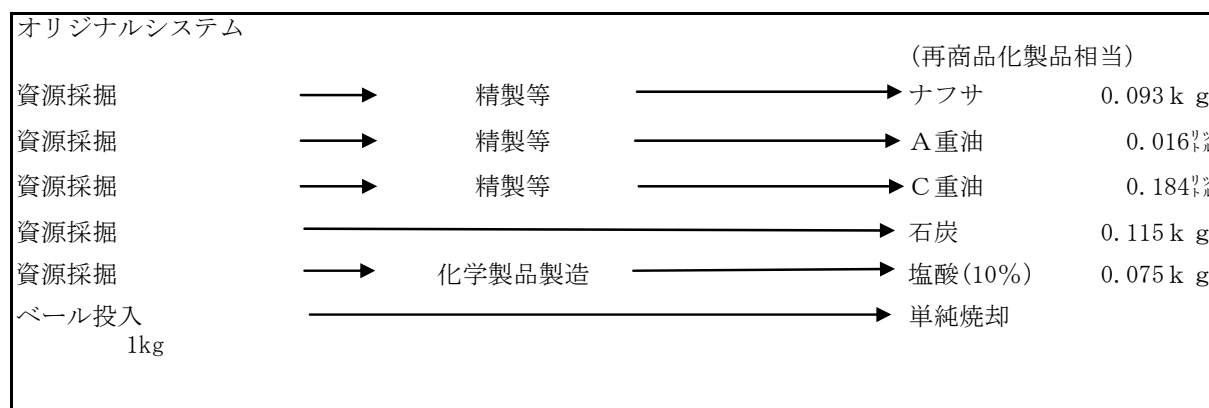
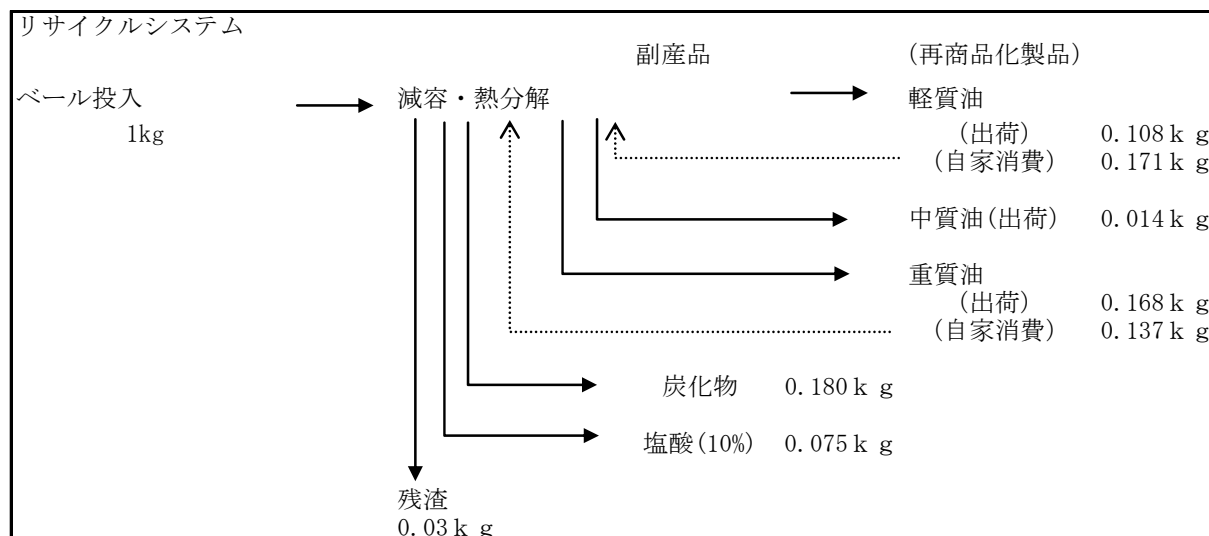
図 5-1 代替率 f が 0%~100%まで変化したときの環境負荷削減効果の変化量

たとえば、パレット(リターナブル(新規樹脂))と同じようにCO₂で2.2kg-CO₂/kg以上の環境負荷削減効果が必要とした場合は、新規樹脂の代替率が約75%程度、パレット(ワンウェイ(新規樹脂))と同じようにCO₂で1.3kg-CO₂/kgの環境負荷削減効果が必要とした場合は、新規樹脂の代替率は39%程度でよいことがわかる。

現状の残渣の有効利用等による処理の効果は前述したようにエネルギー資源消費7.4MJ、二酸化炭素0.68kg-CO₂ほどである。最低でも同数値よりも良い値になるよう代替率を設定しなければ(エネルギー資源消費で代替率22%以上、CO₂で代替率12%以上)、せっかく残渣を有効利用しても、その効果を材料リサイクルすることにより、減少させてしまうことに留意する必要がある。

5.2 ケミカルリサイクル

5.2.1 油化



(1) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1 k g から製造される油化のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-55 ベール 1kg から製造される油化のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リブラ	1.00	kg
	ユーティリティ	軽油	0.0006	リットル
		水道水	0.1100	kg
		工業用水	4.4300	kg
出力	製品等	軽質油	0.1080	kg
		中質油	0.0137	kg
		重質油	0.1682	kg
	副産品／残渣	残渣	0.03	kg
		塩酸(10%)	0.0804	kg
		炭化物	0.1931	kg

注) 事業者から頂いたインベントリデータは工程ごと、燃料種別ごとに変動範囲をつけたデータであったが、他の手法と統一するため、それぞれの範囲の中央値を取って平均的データとした。

表 5-56 ベール 1kg から製造される油化の環境負荷

		燃焼・軽油	水道水	工業用水	合計
		0.00060	0.11kg	4.43kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.20E-02	4.62E-04	1.05E-02	3.29E-02
CO2	kg	1.56E-03	2.00E-05	4.49E-04	2.03E-03
SOx	kg	8.38E-08	4.78E-09	8.91E-08	1.78E-07
NOx	kg	4.87E-07	1.08E-08	2.35E-07	7.32E-07

軽質油、中質油、重質油は容リプラが分解されて生成される。また、残渣が 3%程度発生することから、オリジナルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-57 油化のリサイクルシステムの環境負荷

		油化	プラ燃焼	残渣処理	合計
投入原燃料		1.00kg	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.03	35.58	0.00	35.61
CO2	kg	0.00	2.65	0.00	2.65
SOx	g	0.00	0.00	0.00	0.00
NOx	g	0.00	0.00	0.00	0.00

(2) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

軽質油はナフサ相当、中質油はA重油相当、重質油はC重油相当である。そこで、それぞれの熱量相当で比較して必要となるナフサ、A重油、C重油の量を決定する。

- ・ ナフサ = $0.108\text{kg (軽質油)} \times 42.07\text{MJ/kg (軽質油)} \div 48.714\text{MJ/kg (ナフサ)} = 0.093\text{kg}$
- ・ A重油 = $0.014\text{kg (中質油)} \times 45.24\text{MJ/kg (中質油)} \div 39.1\text{MJ/kg (A重油)} = 0.0160$
- ・ C重油 = $0.168\text{kg (重質油)} \times 45.52\text{MJ/kg (重質油)} \div 41.7\text{MJ/kg (C重油)} = 0.1840$
- ・ 石炭 = $0.180\text{kg (炭化物)} \times 17.0\text{MJ/kg (炭化物)} \div 26.6\text{MJ/kg (石炭)} = 0.115\text{kg}$
- ・ 塩酸 (10%) = 0.075kg (油化から生成されるものと同等とする。)

表 5-58 油化におけるオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・ナフサ	燃焼・A重油	燃焼・C重油	燃焼・石炭	塩酸 (10%)	廃棄物処理	合計
投入原燃料		0.093kg	0.0160	0.1840	0.115kg	0.075kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.43	0.63	7.76	3.09	0.88	35.72	52.51
CO2	kg	0.31	0.04	0.57	0.29	0.04	2.66	3.91
SOx	g	0.01	0.02	0.86	0.23	0.02	0.00	1.15
NOx	g	0.10	0.01	0.29	0.29	0.02	0.05	0.76

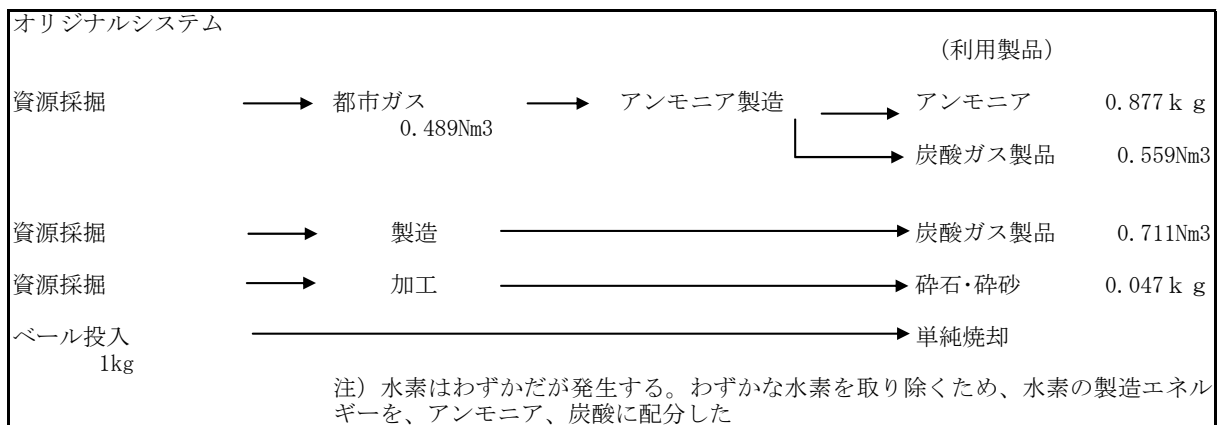
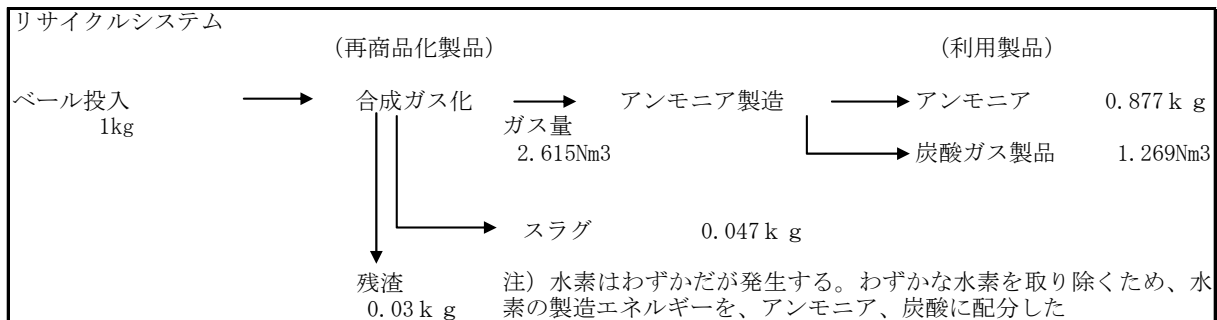
(3) 油化のまとめ

表 5-59 油化の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.00	0.01	0.01
原油	kg	0.00	0.29	0.29
石炭	kg	0.00	0.12	0.12
エネルギー資源消費	MJ	35.61	52.51	16.90
CO2	kg	2.65	3.91	1.26
SOx	g	0.00	1.15	1.15
NOx	g	0.00	0.76	0.76

5.2.2 ガス化（アンモニア製造）

(1) ガス化（アンモニア製造）（炭酸一般製品ケース）



注) アンモニア製造時に共製品として製造される炭酸ガスは、ドライアイスや飲料用炭酸等に利用される。炭酸ガス製品としての利用は一般に流通しており、本対象の利用工場で炭酸ガス製品として利用されない場合でも他で利用されるケースを想定。ただし、この場合は配分された炭酸ガス製品を加えた結果、システム境界外でアンモニアの炭酸負荷が減っている可能性があることに注意する必要がある。

a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

表 5-60 容リプラの合成ガス化に関わるインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ	1.000	kg
	副資材	酸素	0.954	Nm3
		NaOH	0.005	kg
	ユーティリティ	電力	0.583	kWh
		都市ガス	0.000005	Nm3
		軽油	0.000428	リットル
		蒸気	1.433	kg
		空気	0.285	Nm3
		窒素	0.424	Nm3
		用水	0.832	kg
出力		製品等	合成ガス	2.615
	副産品/残渣	スラグ	0.047	kg
		残渣	0.03	kg
	大気	CO2		
		NOx		
		SOx		

注) 酸素は窒素を製造する際の副生物として出るため、カットオフした。

表 5-61 容リプラの合成ガス化に関わる環境負荷

投入原燃料 (kWh, kg, Nm3, ℓ)		NaOH	電力	都市ガス	軽油	蒸気	窒素	用水	合計
		0.005	0.583	0.000005	0.0004	1.433	0.424	0.832	
エネルギー資源消費	MJ	3.55E-02	5.71E+00	2.68E-04	1.64E-02	4.79E+00	1.58E+00	1.97E-03	1.21E+01
CO2	kg	3.60E-03	2.43E-01	1.36E-05	1.17E-03	3.46E-01	6.71E-02	8.42E-05	6.61E-01
SOx	kg	2.22E-06	4.29E-05	2.29E-10	6.26E-08	3.66E-04	1.19E-05	1.67E-08	4.23E-04
NOx	kg	3.46E-06	1.24E-04	5.76E-09	3.64E-07	1.51E-04	3.43E-05	4.41E-08	3.13E-04

合成ガスからアンモニアが製造される。アンモニア製造のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-62 合成ガス 1m³ からアンモニアを製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リガス	1.000	Nm ³
	副資材	空気	0.158	Nm ³
		蒸気	0.496	kg
	ユーティリティ	電力	0.314	kWh
		都市ガス	0.077	Nm ³
出力	製品等	アンモニア	0.335	kg
		炭酸ガス	0.485	Nm ³
		水素	0.010	Nm ³
	大気	CO ₂		
		NO _x		
		SO _x		

注) 水素もわずかが発生する。発生する水素については製品であるアンモニア、炭酸に対し重量配分でユーティリティをアロケーションした。

表 5-63 合成ガス 1m³ からアンモニアを製造する場合の環境負荷

		蒸気	電力	燃焼・都市ガス	合計
		0.496kg	0.314kWh	0.077Nm ³	
エネルギー資源消費	MJ	1.66E+00	3.08E+00	4.14E+00	8.87E+00
CO ₂	kg	1.20E-01	1.31E-01	2.10E-01	4.61E-01
SO _x	kg	1.27E-04	2.31E-05	3.53E-06	1.54E-04
NO _x	kg	5.22E-05	6.69E-05	8.88E-05	2.08E-04

アンモニアや炭酸を製造する場合、合成ガスとして一旦、容リプラが分解されて製造される。このため、これも考慮して計算する。

この結果、ガス化（アンモニア製造）におけるリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-64 ガス化（アンモニア製造）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	アンモニア製造	廃プラ・燃焼	残渣処理	合計
投入原燃料		1.00kg	2.47Nm ³	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	12.13	23.21	35.58	0.00	70.92
CO ₂	kg	0.66	1.21	2.65	0.00	4.52
SO _x	g	0.42	0.40	0.00	0.00	0.83
NO _x	g	0.31	0.54	0.00	0.00	0.86

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

一般にアンモニアは都市ガスやLPG、天然ガス、ナフサ、石炭等から製造される。ここでは容リプラを処理しアンモニア工場に合成ガスを供給している事業者にはアリングを実施しインベントリデータを取りまとめた。

表 5-65 アンモニア 1kg を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	都市ガス	0.558	Nm ³
		副資材	空気	0.927
		蒸気	2.657	kg
	ユーティリティ	電力	0.685	kWh
		都市ガス	0.230	Nm ³
出力	製品等	アンモニア	1.000	kg
		炭酸ガス	0.637	Nm ³
		水素	0.030	Nm ³
	大気	CO ₂		
		NO _x		
		SO _x		

表 5-66 アンモニア 1kg を製造する場合の環境負荷

		蒸気	電力	燃焼・都市ガス	合計
		2.657kg	0.685kWh	0.230Nm ³	
エネルギー資源消費	MJ	8.89E+00	6.71E+00	1.23E+01	2.79E+01
CO ₂	kg	6.42E-01	2.85E-01	6.27E-01	1.55E+00
SO _x	kg	6.79E-04	5.04E-05	1.05E-05	7.40E-04
NO _x	kg	2.79E-04	1.46E-04	2.65E-04	6.90E-04

リサイクルシステムでは容リプラ 1kg から合成ガスが 2.62Nm³ 発生し、アンモニアが 0.877kg 製造される。オリジナルシステムでも、同量のアンモニア 0.877kg が製造され、原料として都市ガス 0.489Nm³ が必要となる。アンモニア製造と同時に炭酸ガスはオリジナルシステムから 0.56Nm³ が発生する。

オリジナルシステムではリサイクルシステムに比べ不足している炭酸ガス(製品と見なした場合)並びにスラグ代替について検討する必要がある。

- ・炭酸ガス=1.269Nm³-0.559Nm³=0.711Nm³=1.41kg (1.977kg/Nm³(昭和炭酸(株)HP 資料より))
- ・碎石・砕砂=0.047kg (スラグ)

注) 炭酸ガスは通常、石油化学プロセスの副産物あるいはアンモニア製造等の副産物として得られる。ここで、使用したデータベース JEMAI-LCAPRO Ver. 2.1.1 では、炭酸ガス製造は、アンモニア製造施設からの副産物として得られる炭酸ガスを主製品であるアンモニア等と重量配分して算出したものである。

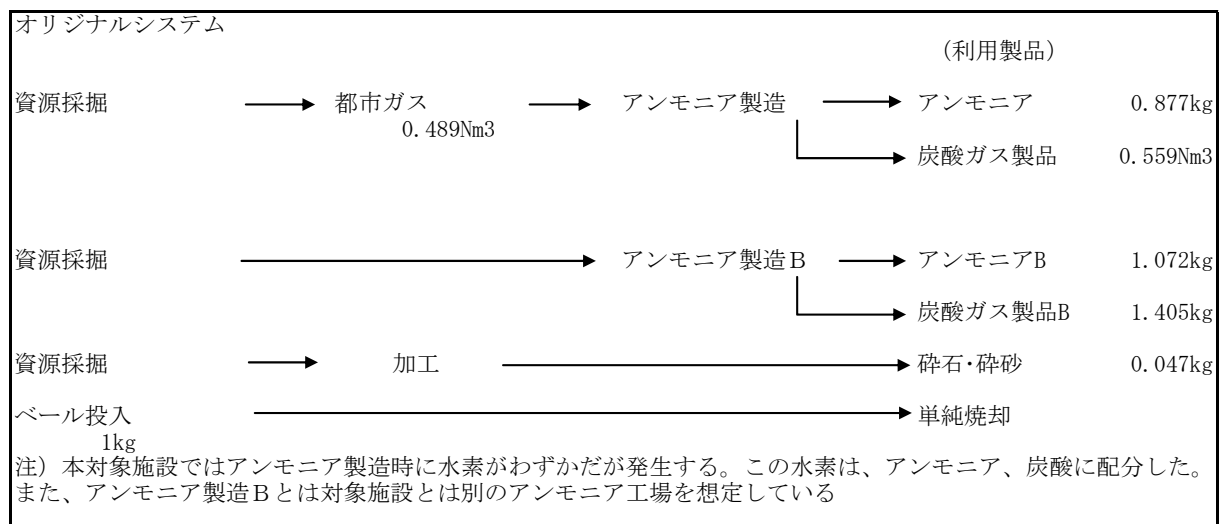
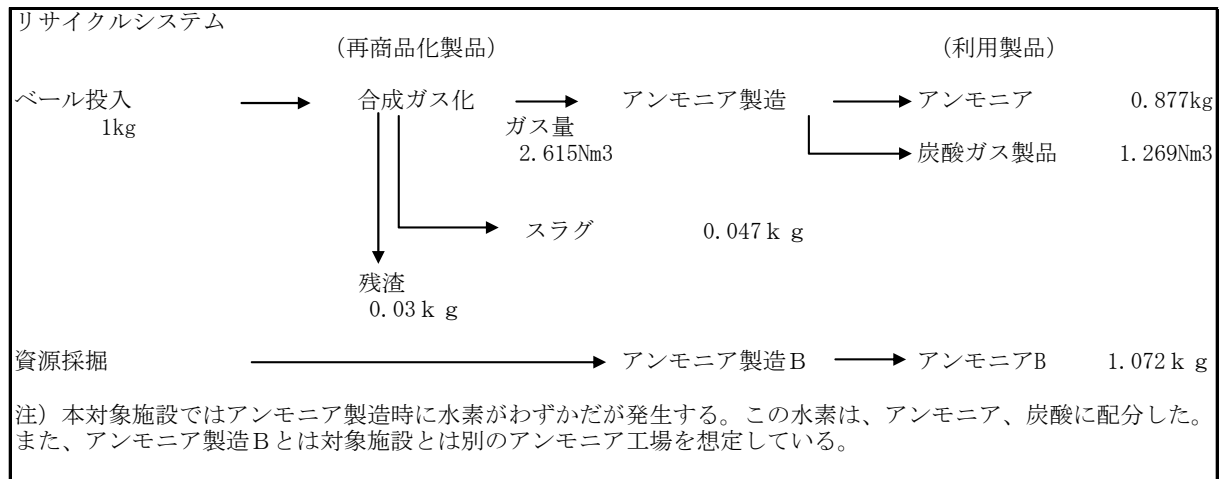
よって、これをもとにガス化(アンモニア製造)のオリジナルシステムの環境負荷を試算すると、

次のとおりである。

表 5-67 ガス化（アンモニア製造）のオリジナルシステム環境負荷

		都市ガス	アンモニア製造	炭酸製造	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
		0.49Nm3	0.88Nm3	1.41kg	0.05kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	26.24	24.49	24.18	0.00	35.72	110.63
CO2	kg	1.33	1.36	1.79	0.00	2.66	7.15
SOx	g	0.02	0.65	0.00	0.00	0.00	0.67
NOx	g	0.56	0.60	0.26	0.00	0.00	1.43

(2) ガス化（アンモニア製造）（炭酸特殊製品ケース）



注) アンモニア製造時に共製品として製造される炭酸ガスは、ドライアイスや飲料用炭酸等に利用される。炭酸ガス製品の市場が限定的であり、対象工場で容リプラのリサイクルによって炭酸ガス製品の利用が増えた分、他のどこかの工場で炭酸ガス製品の製造量が減少し、製品とならなかった炭酸ガスは大気に放出されるケースを想定。この場合、リサイクルシステムの資源採掘→アンモニア製造→アンモニアのアンモニアに排出される CO2 がすべて負荷されることになる。

a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

容リプラの合成ガス化にかかわるインベントリデータ、合成ガス 1Nm³ から製造されるアンモニアのインベントリデータは（１）で示した結果と同じである。

リサイクルシステムでは他のアンモニア製造工場において炭酸ガスがすべて大気に放出されるとして、アンモニア製造にCO₂をすべて負荷し検討する。

他のアンモニア製造工場のデータはJEMAI-LCAPRO Ver. 2. 1. 1で示されているアンモニアデータを用いる（本調査で検討している工場とは異なる工場でアンモニアが製造されるため）。この結果、ガス化（アンモニア製造）におけるリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-68 ガス化（アンモニア製造）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	アンモニア製造	廃プラ・ 燃焼	新規アンモニア製造	残渣処理	合計
投入原燃料		1.00kg	2.47Nm ³	1.00kg	1.12kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	12.13	23.21	35.58	44.38	0.00	115.30
CO ₂	kg	0.66	1.21	2.65	2.18	0.00	6.70
SO _x	g	0.42	0.40	0.00	0.00	0.00	0.83
NO _x	g	0.31	0.54	0.00	0.48	0.00	1.34

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

アンモニア 1kg を製造する場合のインベントリデータは（１）で示した結果と同じである。

オリジナルシステムではリサイクルシステムに比べ不足しているスラグ代替について検討する必要がある。

・ 碎石・砕砂=0.047kg（スラグ）

よって、これをもとにガス化（アンモニア製造）のオリジナルシステムの環境負荷を試算すると、次のとおりである。

表 5-69 ガス化（アンモニア製造）のオリジナルシステム環境負荷

		都市ガス	アンモニア製造	アンモニア製造B	炭酸製造B	碎石・砕砂	廃棄物処理	都市ガス
		0.49Nm ³	0.88kg	1.07Nm ³	1.41kg	0.05kg	1.00kg	0.49Nm ³
エネルギー資源消費	MJ	26.24	24.49	18.45	24.18	0.00	35.72	129.08
CO ₂	kg	1.33	1.36	0.30	1.79	0.00	2.66	7.45
SO _x	g	0.02	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67
NO _x	g	0.56	0.60	0.20	0.26	0.00	0.00	1.63

(3) ガス化（アンモニア製造）のまとめ

a) 炭酸一般製品ケース

表 5-70 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果（炭酸ガスを重量配分）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.27	1.09	0.83
原油	kg	0.25	0.25	0.00
石炭	kg	0.13	0.05	-0.08
エネルギー資源消費	MJ	70.92	110.63	39.71
CO2	kg	4.52	7.15	2.63
SOx	g	0.83	0.67	-0.15
NOx	g	0.86	1.43	0.57

注) 重量配分については JEMAI-LCAPRO Ver. 2.1.1 のデータによるとアンモニア 43.27%、炭酸ガス 56.73%で按分)

また、オリジナルシステムにおいて他のアンモニア工場で製造される炭酸ガス製造については JEMAI-LCAPRO Ver. 2.1.1 では重量配分がデフォルトとして設定されている。炭酸ガス製造のアンモニアと炭酸の配分については価格配分される場合も考えられる。

表 5-71 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果（炭酸ガスを価格配分）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.27	0.92	0.66
原油	kg	0.25	0.25	0.00
石炭	kg	0.13	0.05	-0.08
エネルギー資源消費	MJ	70.92	101.09	30.17
CO2	kg	4.52	7.00	2.48
SOx	g	0.83	0.67	-0.15
NOx	g	0.86	1.33	0.47

注) 価格配分については JEMAI-LCAPRO Ver. 2.1.1 のアンモニア製造のデータをアンモニア 65.67%、炭酸ガス 34.33%で按分し炭酸製造を算出した。

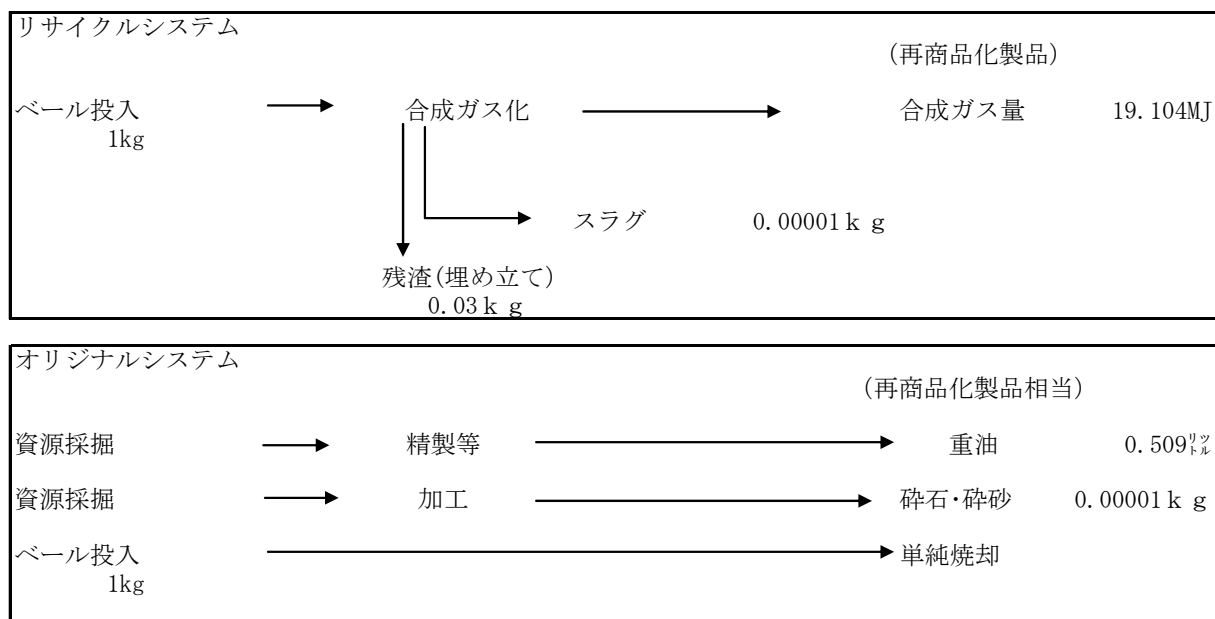
炭酸製造については、JEMAI-LCA PRO Ver. 2.1.1 のデフォルデータとして取り扱われている重量配分を正として取り扱うが、価格配分した場合、数値が異なることも十分に認識しておくことが必要である。

b) 炭酸特殊製品ケース

表 5-72 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	1.04	1.43	0.39
原油	kg	0.25	0.25	0.00
石炭	kg	0.13	0.05	-0.08
エネルギー資源消費	MJ	113.55	129.08	15.53
CO ₂	kg	6.61	7.45	0.84
SO _x	g	0.83	0.67	-0.15
NO _x	g	1.32	1.63	0.31

5.2.3 ガス化（燃焼）



(1) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1kg から製造される合成ガスのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-73 ベール 1kg から製造される合成ガス（燃焼）のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位	
入力	原材料	容リプラ	1.000	kg	
	副資材	石灰石	0.002	kg	
	ユーティリティ	電力		0.210	kWh
		軽油		0.001	リットル
		LNG		0.003	kg
		コークス		0.002	kg
		窒素		0.007	Nm ³
		用水		5.005	kg
出力	製品等	合成ガス	19.104	MJ	
	副産品／残渣	残渣	0.03	kg	
		スラグ	0.00001	kg	
	大気	CO ₂			
		NO _x			
		SO _x			

表 5-74 ベール 1kg から製造される合成ガス（燃焼）の環境負荷

		石灰石	電力	燃焼・軽油	燃焼・コークス	窒素	用水	合計
投入原燃料		0.002kg	0.210kWh	0.003ℓ	0.002kg	0.007Nm3	5.005kg	
エネルギー資源消費	MJ	7.35E-05	2.05E+00	1.10E-01	8.04E-02	2.64E-02	1.19E-02	2.28E+00
CO2	kg	7.65E-04	8.72E-02	7.81E-03	7.40E-03	1.12E-03	5.07E-04	1.05E-01
SOx	kg	4.36E-10	1.54E-05	4.19E-07	6.16E-06	1.99E-07	1.01E-07	2.23E-05
NOx	kg	1.61E-09	4.46E-05	2.43E-06	4.77E-06	5.75E-07	2.65E-07	5.27E-05

合成ガスが製造される場合も容リプラが一旦分解される。このため、この点も考慮して計算する。この結果、ガス化（燃焼）におけるリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-75 ガス化（燃焼）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	燃焼・廃プラ	残渣処理	合計
投入原燃料		1.00kg	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.28	35.58	0.00	37.86
CO2	kg	0.10	2.65	0.00	2.76
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.02
NOx	g	0.05	0.00	0.00	0.05

（２） オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

オリジナルシステムについては、リサイクルシステムで生成される合成ガスと同等の熱量を保有するガスを製造するために重油を燃料とした重油焚ボイラを対象とする。重油焚ボイラの効率は90%と設定する。また製造されるスラグが代替しているのは、碎石・砕砂とする。

- ・ C重油 = $19.104 \text{ MJ} \text{ (合成ガス量)} \div 0.9 \text{ (ボイラ効率)} \div 41.7 \text{ MJ/ℓ} = 0.5090$
- ・ 碎石・砕砂 = $0.00001 \text{ kg} \text{ (スラグ)}$

ベールの環境負荷については単純焼却するものとする。

よって、これをもとにガス化（燃焼）のオリジナルシステムの環境負荷を試算すると次のとおりである。

表 5-76 ガス化（燃焼）のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・C重油	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
投入原燃料		0.5090	0.00001kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	21.51	0.00	35.72	57.24
CO2	kg	1.58	0.00	2.66	4.24
SOx	g	2.39	0.00	0.00	2.39
NOx	g	0.80	0.00	0.05	0.85

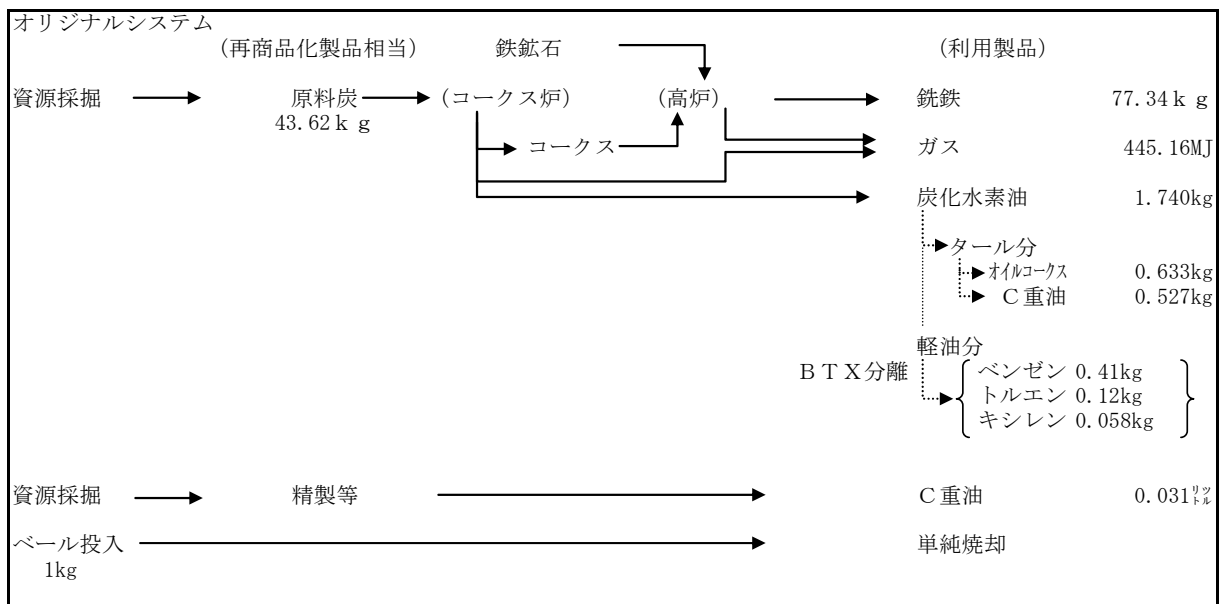
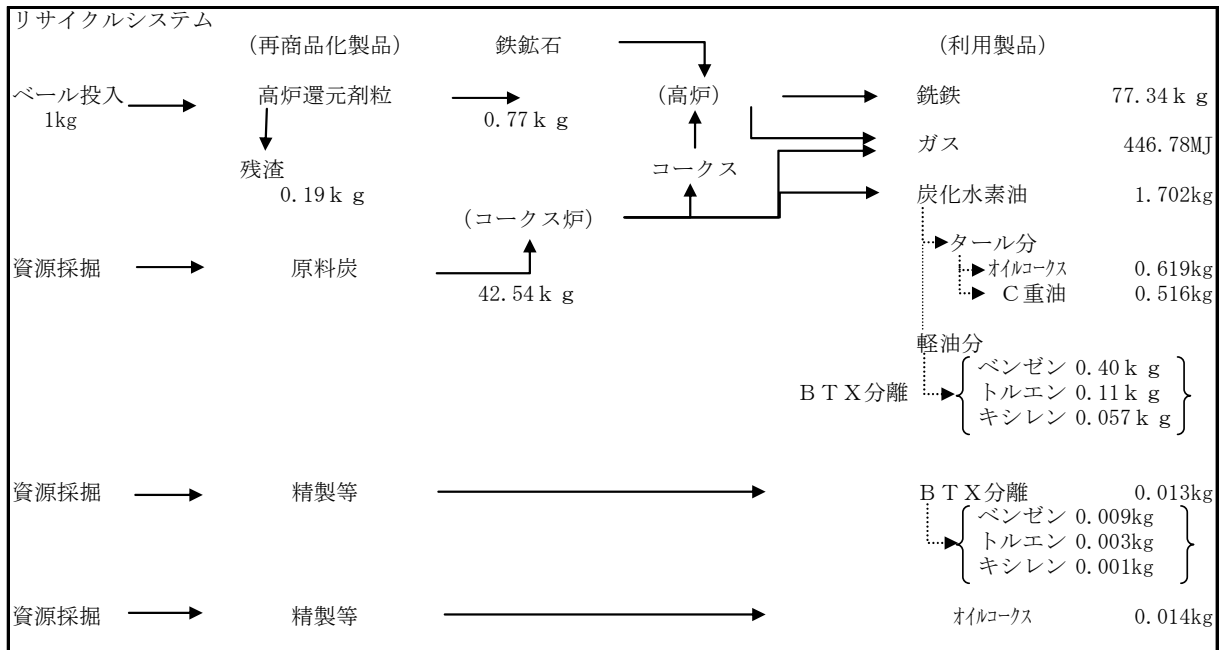
(3) ガス化（燃焼）のまとめ

表 5-77 ガス化（燃焼）の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.01	0.00
原油	kg	0.01	0.47	0.46
石炭	kg	0.02	0.00	-0.02
エネルギー資源消費	MJ	37.86	57.24	19.38
CO2	kg	2.76	4.24	1.48
SOx	g	0.02	2.39	2.37
NOx	g	0.05	0.85	0.80

5.2.4 高炉還元

(1) 高炉還元 (コークス代替)



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1kg から製造される高炉還元剤粒のインベントリデータは次のとおりである。

表 5-78 ベール 1kg から高炉還元剤粒を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ	1.000	k g
	ユーティリティ	電力	0.291	kWh
		COG	0.007	Nm3
		灯油	0.008	リットル
		軽油(輸送)	0.004	リットル
		用水	0.170	k g
出力	製品等	高炉還元剤粒	0.757	k g
	副産品/残渣	残渣(可燃)	0.16	k g
		残渣(埋立)	0.03	k g
	大気	CO ₂		
		NO _x		
		SO _x		

表 5-79 ベール 1kg から高炉還元剤粒を製造される場合の環境負荷

		電力	COG	灯油	軽油	用水	合計
投入原燃料		0.291kWh	0.007m3	0.008ℓ	0.004ℓ	0.170kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.85E+00	0.00E+00	2.77E-01	1.51E-01	4.03E-04	3.28E+00
CO ₂	kg	1.21E-01	6.19E-03	1.95E-02	1.07E-02	1.72E-05	1.57E-01
SO _x	kg	2.14E-05	0.00E+00	6.46E-07	5.76E-07	3.42E-09	2.26E-05
NO _x	kg	6.19E-05	0.00E+00	5.22E-06	3.35E-06	9.00E-09	7.05E-05

製鉄所に高炉還元剤粒が投入されると一旦分解され、高炉で還元剤並びにガスとして利用される。一方、原料炭はコークス炉でコークスやガス、炭化水素油となり、さらに高炉で還元剤、ガスとして利用される。製造時のユーティリティは高炉還元でも原料炭でも同じであること並びにユーティリティのデータが得られていないことから省略している。

銑鉄 1kg を製造するまでのインベントリデータは Rist モデルの分析によると次のとおりである。Rist モデルで用いた原料炭等と Rist モデルの数値は合致しているが、ここで想定したプラ組成と Rist モデルの数値は一致していない。この点については、リサイクルシステムにおいてベール 1kg から製造される高炉還元剤粒ならびに残渣はすべて CO₂ 換算しているため、高炉還元剤粒のプラの数値が異なっても、高炉還元剤粒+残渣の合計は一定であることから、問題ないものとした。

表 5-80 高炉還元剤粒 1kg と原料炭等より銑鉄 100kg を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	高炉還元剤粒	1.000	kg
		原料炭	55.000	kg
		鉄鉱石	X	kg
	ユーティリティ			
出力	製品等	ガス	577.675	MJ
		炭化水素油	2.200	kg
		銑鉄	100.000	kg
	副産品／残渣			
	大気	CO ₂		
		NO _x		
		SO _x		

環境負荷データについては計算上、オリジナルシステム（表 5-82参照）との原料炭の差し引きを行い、計算を簡単化した。（具体的にはリサイクルシステムの原料炭を 0.0kg、オリジナルシステムの原料炭を 56.4kg-55kg=1.4kgとして計算した。）

高炉還元剤粒は一旦、分解されることから、この点を考慮した。

また、炭化水素油については、コールタールと軽質油の割合、BTX分離工程の割合に関し、事業者にヒアリングを行い作成したものである。軽質油から製造されるBTXは、ベンゼン、トルエン、キシレンごとに差分を算出しBTXとしてまとめて示したものである。

- ・ C重油(タール) = 0.527kg - 0.516kg = 0.012kg = 0.0130
- ・ オイルコークス(炭化水素油) = 0.633kg(オリジナル) - 0.619kg(リサイクル) = 0.014kg
- ・ BTX(ベンゼン) = 0.41kg(ベンゼン・オリジナル) - 0.40kg(ベンゼン・リサイクル) = 0.009kg(ベンゼン)
- ・ BTX(トルエン) = 0.12kg(トルエン・オリジナル) - 0.11kg(トルエン・リサイクル) = 0.003kg
- ・ BTX(キシレン) = 0.058kg(キシレン・オリジナル) - 0.057kg(キシレン・リサイクル) = 0.001kg

⇒よって、BTX(ベンゼン、トルエン、キシレン) = 0.013kg(ベンゼン、トルエン、キシレンの割合より、二酸化炭素排出量等試算)

これより、高炉還元(コークス代替)のリサイクルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-81 高炉還元（コークス代替）のリサイクルシステムの環境負荷

		高炉還元 剤	廃プラ・ 燃焼	新規 BTX 抽出	BTX 抽出 (炭化水素 油)	オイルコ ークス	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	0.77kg	0.01kg	0.57kg	0.01kg	0.19kg	
エネルギー資源消費	MJ	3.28	30.46	0.67	1.66	0.64	5.14	41.84
CO2	kg	0.16	2.30	0.05	0.12	0.05	0.35	3.03
SOx	g	0.02	0.00	0.01	0.13	0.05	0.00	0.20
NOx	g	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.14

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

銑鉄 100 kg を製造するのに必要なインベントリデータは次のとおりである。

表 5-82 原料炭等より銑鉄 100kg を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位	
入力	原材料	原料炭	56.400	kg	
		鉄鉱石	X	Kg	
	ユーティリティ				
出力	製品等	ガス	575.582	MJ	
		炭化水素油	2.250	kg	
		銑鉄	100.000	kg	
	副産品／残渣				
	大気	CO2			
		NOx			
		SOx			

環境負荷データについては計算を簡単化するため、リサイクルシステムとオリジナルシステムの原料炭について事前に差し引きを行い、リサイクルシステムでは原料炭 0.0kg、オリジナルシステムでは 56.4kg-55kg=1.4kg とし計算した。

また、ガスの差分については重油焚ボイラから発生するガスで置き換えられるものとした。

$$\bullet \text{ C重油 (ガス)} = 446.78\text{MJ (リサイクル)} - 445.16\text{MJ (オリジナル)}$$

$$= 1.62\text{MJ} = 1.62\text{MJ} \div 41.7\text{MJ}/\ell = 0.043\ell$$

ここで、C重油（ガス）とC重油（タール）の差し引きを実施して

$$\bullet \text{ C重油} = \text{C重油 (ガス)} - \text{C重油 (タール)} = 0.043 - 0.013 = 0.031\ell$$

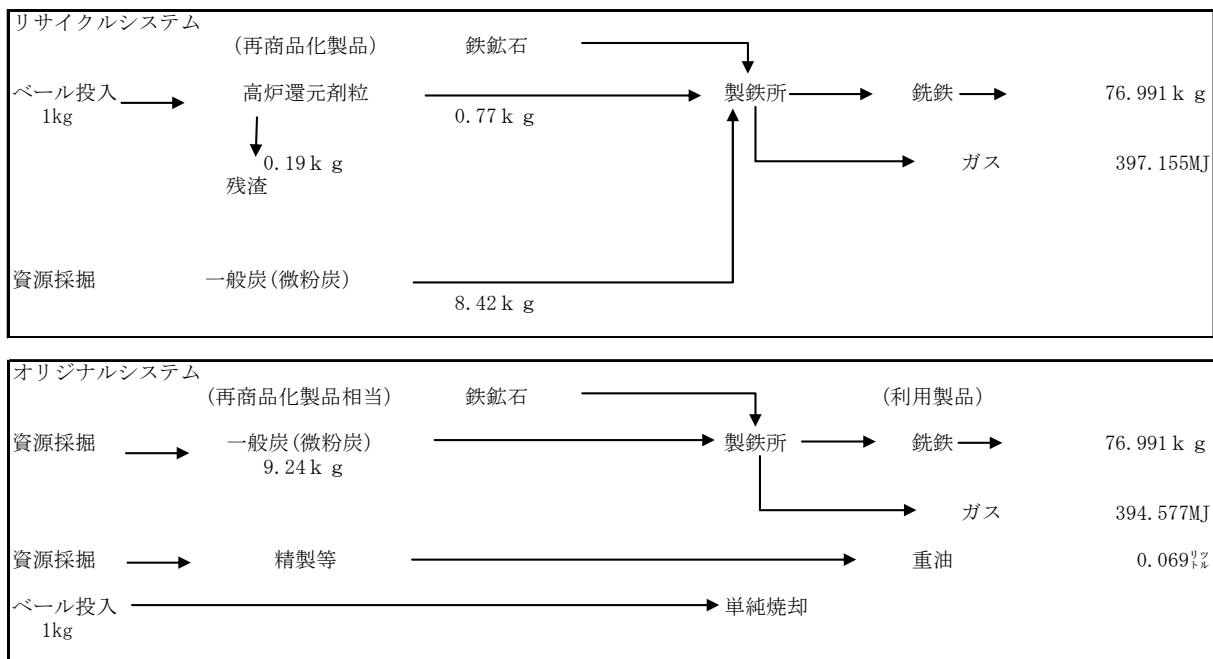
これより、高炉還元（コークス代替）のオリジナルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-83 高炉還元（コークス代替）のオリジナルシステムの環境負荷

		原料炭	C 重油	B T X 抽出 (炭化水素油)	廃棄物処理	合計
投入原燃料		1.08 kg	0.031 ㊦	0.58 kg	1.00 kg	
エネルギー資源消費	MJ	31.63	1.29	1.69	35.72	70.34
CO2	kg	3.46	0.09	0.12	2.66	6.34
SOx	g	2.19	0.14	0.13	0.00	2.46
NOx	g	2.75	0.05	0.05	0.05	2.91

(2) 高炉還元（微粉炭代替）

高炉還元については、高炉に投入された容リプラが、コークスではなく、微粉炭の代わりとして働いている可能性もあることから、微粉炭代替の場合についても参考として検討する。



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1kg から高炉還元剤を製造するためのインベントリデータは当然、高炉還元（コークス代替）とした場合と同様である。

製鉄所に高炉還元剤粒が投入されると一旦分解され、高炉で還元剤並びにガスとして利用される。微粉炭も高炉で還元剤、ガスとして利用される。製造時のユーティリティは高炉還元でも原料炭でも同じであること、データが得られなかったことから、省略している。

銑鉄 1kg を製造するまでのインベントリデータは Rist モデルの分析によると次のとおりである。

表 5-84 高炉還元剤粒 1kg と微粉炭より銑鉄 100kg を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	還元剤粒	1.00	kg
		微粉炭	10.93	kg
		鉄鉱石	X	kg
	ユーティリティ			
出力	製品等	ガス	515.85	MJ
		銑鉄	100.00	kg
	副産品/残渣			
	大気	CO ₂	0.00	
		NO _x	0.00	
SO _x		0.00		

環境負荷データについては計算を簡単化するため、リサイクルシステムとオリジナルシステムの微粉炭について事前に差し引きを行い、リサイクルシステムでは微粉炭 0.0kg、オリジナルシステムでは微粉炭 12.0kg-10.93kg=1.07kg(銑鉄 100kg 製造の場合)として計算した。

これより、高炉還元(コークス代替)のリサイクルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-85 高炉還元(微粉炭代替)のリサイクルシステムの環境負荷

		高炉還元剤	廃プラ・燃焼	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	0.77kg	0.19kg	
エネルギー消費	MJ	3.28	30.46	5.14	38.88
CO ₂	kg	0.16	2.30	0.35	2.81
SO _x	g	0.02	0.00	0.00	0.02
NO _x	g	0.07	0.00	0.01	0.08

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

銑鉄 100 kg を製造するのに必要なインベントリデータは次のとおりである。

表 5-86 微粉炭等から銑鉄 100kg を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	微粉炭	12.00	kg
		鉄鉱石	X	kg
	ユーティリティ			
出力	製品等	ガス	512.50	MJ
		銑鉄	100.00	kg
	副産品/残渣			
	大気	CO ₂	0.00	
		NO _x	0.00	
SO _x		0.00		

ガスの差分については重油焚ボイラから発生するガスで置き換えられるものとした。

・ C重油=398.96MJ (リサイクル) -396.37MJ(オリジナル)

$$=2.590\text{MJ} = 2.590\text{MJ} \div 41.7\text{MJ}/\ell = 0.069\ell$$

これより、高炉還元（コークス代替）のオリジナルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-87 高炉還元（微粉炭代替）のオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	重油	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.83kg	0.07 ℓ	1.00 kg	
エネルギー資源消費	MJ	22.22	2.92	35.72	60.86
CO2	kg	2.52	0.21	2.66	5.40
SOx	g	1.67	0.00	0.00	1.67
NOx	g	2.10	0.00	0.05	2.15

(3) 高炉還元のみまとめ

表 5-88 高炉還元（コークス代替）の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.08	0.07	-0.01
石炭	kg	0.02	1.19	1.17
エネルギー資源消費	MJ	41.84	70.34	28.50
CO2	kg	3.03	6.34	3.31
Sox	g	0.20	2.46	2.26
NOx	g	0.14	2.91	2.77

表 5-89 高炉還元（微粉炭代替）の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.01	0.07	0.05
石炭	kg	0.02	0.83	0.81
エネルギー資源消費	MJ	38.88	60.86	21.98
CO2	kg	2.81	5.40	2.59
SOx	g	0.02	1.67	1.65
NOx	g	0.08	2.15	2.07

本調査は平成 18 年度の実態データを用いている。このため、可燃残渣の処理は単純焼却となっているが、平成 19 年度は可燃残渣の半分ほどが R P F として石灰焼成時の燃料として利用されている。仮に、本データにおいて、可燃残渣の半分を R P F 利用したとすると次のとおりである。

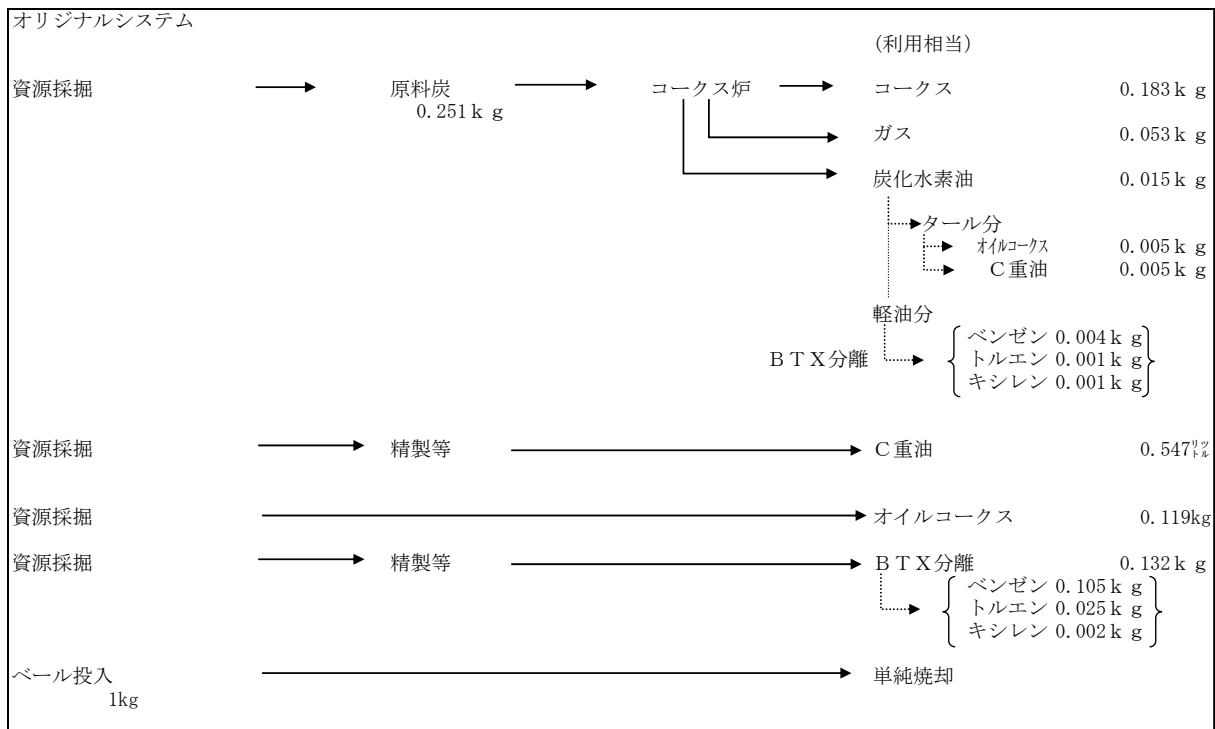
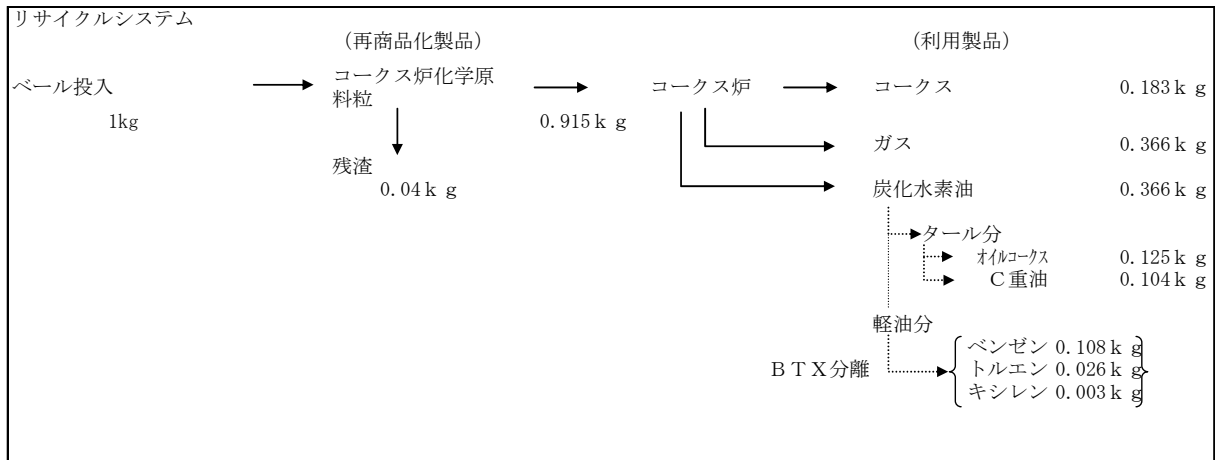
表 5-90 高炉還元（コークス代替）の環境負荷低減効果（可燃残渣の半分を R P F とした場合）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.08	0.07	-0.01
石炭	kg	-0.06	1.19	1.25
エネルギー資源消費	MJ	39.59	70.34	30.76
CO ₂	kg	2.81	6.34	3.53
Sox	g	0.03	2.46	2.43
NOx	g	-0.08	2.91	2.99

表 5-91 高炉還元（微粉炭代替）の環境負荷低減効果（可燃残渣の半分を R P F とした場合）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.01	0.07	0.05
石炭	kg	-0.06	0.83	0.89
エネルギー資源消費	MJ	36.61	60.86	24.26
CO ₂	kg	2.59	5.40	2.81
SOx	g	-0.15	1.67	1.82
NOx	g	-0.14	2.15	2.29

5.2.5 コークス炉化学原料化



(1) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

ベール 1kg から製造される造粒プラのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-92 ベール 1kg から製造される造粒プラのインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ	1.000	k g
	ユーティリティ	電力	0.294	kWh
出力	製品等	造粒プラ	0.899	k g
	副産品／残渣	残渣	0.04	k g
	大気	CO ₂		
		NO _x		
SO _x				

表 5-93 ベール 1kg から製造される造粒プラの環境負荷データ

		電力	合計
投入原材料		0.294kWh	
エネルギー資源消費	MJ	2.88E+00	2.88E+00
CO ₂	kg	1.22E-01	1.22E-01
SO _x	kg	2.16E-05	2.16E-05
NO _x	kg	6.26E-05	6.26E-05

造粒プラについてはコークス炉に投入され、コークス、ガス、炭化水素油に 2 : 4 : 4 の比率で分解される。コークス炉に投入されコークス、ガス、炭化水素油が生成されるまでのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-94 造粒プラ 1 k g からコークス等を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	容リプラ	1.000	k g
	ユーティリティ	電力	0.014	kWh
		COG	0.116	Nm ³
出力	製品等	炭化水素油	0.400	k g
		コークス	0.200	k g
		ガス	0.400	k g
	副産品／残渣			
	大気	CO ₂		
		NO _x		
SO _x				

表 5-95 造粒プラ 1 k g からコークス等を製造する場合の環境負荷

		電力	COG	合計
投入原材料		0.014kWh	0.116m ³	
エネルギー資源消費	MJ	1.41E-01	0.00E+00	1.41E-01
CO ₂	kg	5.99E-03	9.83E-02	1.04E-01
SO _x	kg	1.06E-06	0.00E+00	1.06E-06
NO _x	kg	3.06E-06	0.00E+00	3.06E-06

また、炭化水素油は 25:15 でタール分と軽質油分に分かれ、軽質油分より B T X 分離がなされる。B T X 分離のユーティリティは事業者へのヒアリングにより設定した。

表 5-96 コークス炉化学原料化のリサイクルシステムの環境負荷

		コークス炉 化学原料化 粒	コークス炉 投入	コークス炉 廃プラ燃焼	B T X 分離 (炭化水素油)	残渣処理	合計
投入原材料	kg	1.000 k g	0.915 k g	0.915 k g	0.137 k g	0.04 k g	
エネルギー資源消費	MJ	2.88	0.13	35.43	0.46	0.15	39.05
CO ₂	kg	0.12	0.10	2.64	0.03	0.01	2.90
SO _x	g	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05
NO _x	g	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08

(2) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

原料炭 1kg がコークス炉に投入される。コークス、ガス、炭化水素油に分解される。コークス炉に投入されコークス、ガス、炭化水素油が生成されるまでのインベントリデータは造粒プラと同工程で処理されることから、造粒プラと同じである。

ガスの差分については重油焚ボイラから発生するガスで置き換えられるものとした。炭化水素油については、コールターと軽質油の割合、B T X 分離工程の割合に関し、事業者にヒアリングを行い作成したものである。軽質油から製造される B T X は、ベンゼン、トルエン、キシレンごとに差分を算出し B T X としてまとめて示したものである。

$$\begin{aligned}
 & \bullet \text{ C 重油 (ガス分)} = 0.366\text{kg (リサイクル)} - 0.053\text{kg (オリジナル)} = 0.313\text{kg} \\
 & = 0.313\text{kg} \div 0.40\text{kg/m}^3 \text{ (COG 密度)} = 0.783\text{m}^3 = 0.783\text{m}^3 \times 21.1\text{MJ/m}^3 \\
 & = 16.5\text{MJ} = 16.5\text{MJ} \div 41.7\text{MJ/l} = 0.440\text{l}
 \end{aligned}$$

注) COG 密度、発熱量は「廃プラスチックリサイクル技術の L C A 的検討、社団法人日本鉄鋼協会学会部門 社会鉄鋼工学会鉄鋼資源循環システムとエコロジーフォーラム編」を参照し、鉄鋼メーカーに数値を確認した。

$$\begin{aligned}
 & \bullet \text{ C 重油 (炭化水素油)} = 0.104\text{kg (リサイクル)} - 0.005\text{kg (オリジナル)} = 0.099\text{kg} = 0.107\text{l} \\
 & \bullet \text{ C 重油 (合計)} = \text{C 重油 (ガス分)} + \text{C 重油 (炭化水素油分)} = 0.547\text{l}
 \end{aligned}$$

- ・ オイルコークス(炭化水素油) = 0.125kg (リサイクル) - 0.005kg (オリジナル)
= 0.119kg
 - ・ B T X (ベンゼン) = 0.108kg(リサイクル・ベンゼン) - 0.004kg(オリジナル・ベンゼン)
= 0.105kg (ベンゼン)
 - ・ B T X (トルエン) = 0.026kg(リサイクル・トルエン) - 0.001kg(オリジナル・トルエン)
= 0.025kg (トルエン)
 - ・ B T X (キシレン) = 0.003kg(リサイクル・トルエン) - 0.001kg(オリジナル・トルエン)
= 0.002kg (トルエン)
- ⇒よって、B T X (ベンゼン、トルエン、キシレン) = 0.132kg (ベンゼン、トルエン、キシレンの割合より、二酸化炭素排出量等試算)

これより、コークス炉化学原料化のオリジナルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-97 コークス炉化学原料化のオリジナルシステムの環境負荷

		原料炭	コークス炉投入	B T X 抽出(炭化水素油)	新規抽出 BTX	重油・燃焼	オイルコークス	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.251kg	0.251kg	0.005kg	0.132kg	0.547t	0.119kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	7.32	0.04	0.02	6.84	23.14	5.40	35.72	78.47
CO2	kg	0.80	0.03	0.00	0.52	1.70	0.43	2.66	6.14
SOx	g	0.51	0.00	0.00	0.00	2.57	0.00	0.00	3.08
NOx	g	0.64	0.00	0.00	0.00	0.86	0.02	0.05	1.57

(3) コークス炉化学原料化のまとめ

表 5-98 コークス炉化学原料化の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.01	0.00
原油	kg	0.01	0.77	0.76
石炭	kg	0.03	0.28	0.25
エネルギー資源消費	MJ	39.05	78.47	39.42
CO2	kg	2.90	6.14	3.24
SOx	g	0.05	3.08	3.02
NOx	g	0.08	1.57	1.49

(参考)

本調査は平成 18 年度の実態データ並びに乾留歩留まりについては過去のデータを用いて実施し

ている。最新のデータでも差異がないかを確認するため、下記に示すようなプラスチックの組成のもとで約1ヵ月半に亘り、乾留歩留まりの実機測定を事業者に対し新たに実施していただいた。その結果、石炭の乾留歩留まりはコークス：炭化水素油：COG（ガス）＝73：5：22 で、容リプラの乾留歩留まりはコークス：炭化水素油：COG（ガス）＝24：34：42 となった。この結果、資源代替効果は多少変わるもののCO2等の試算結果はほぼ同じとなる。

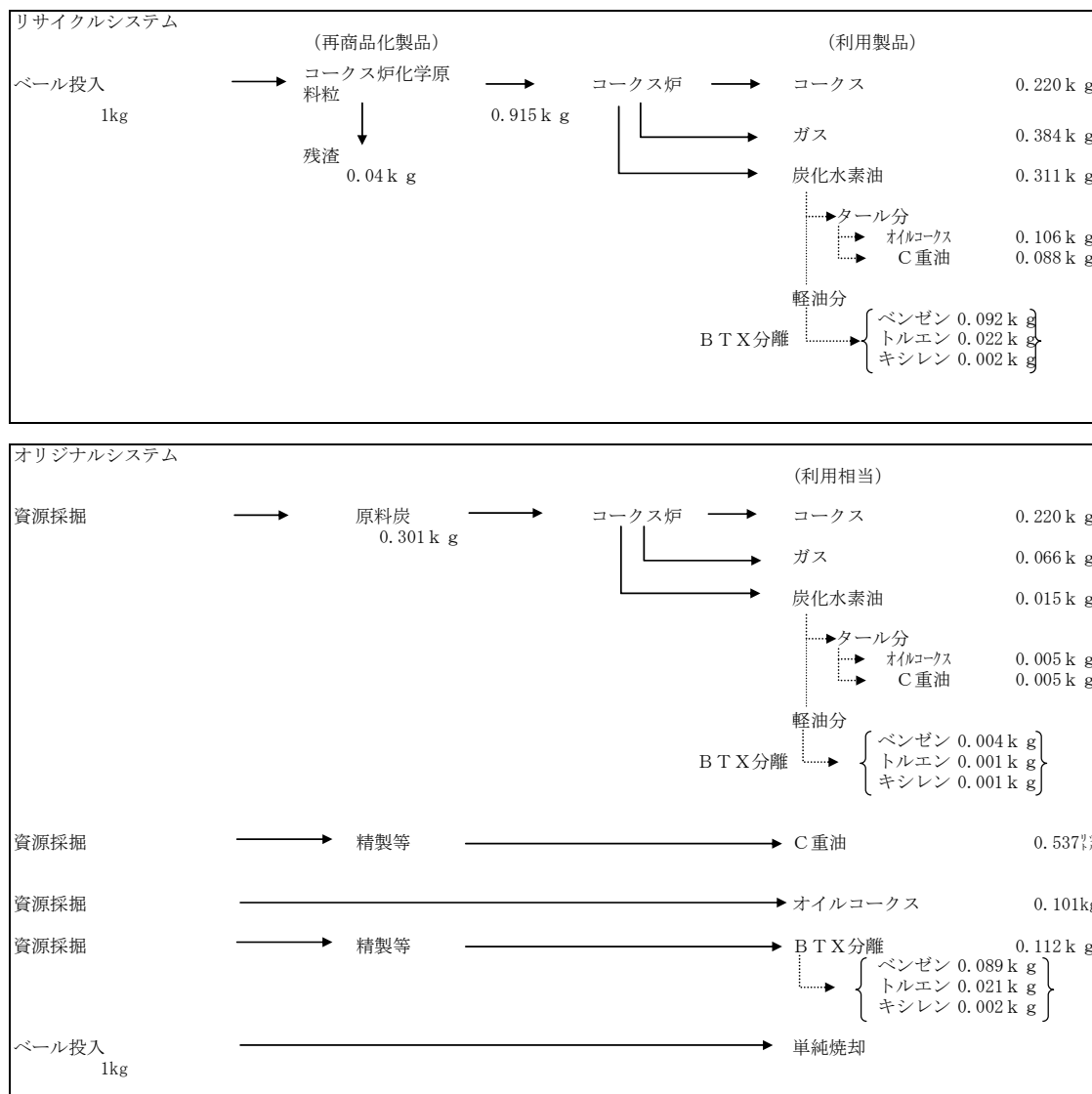


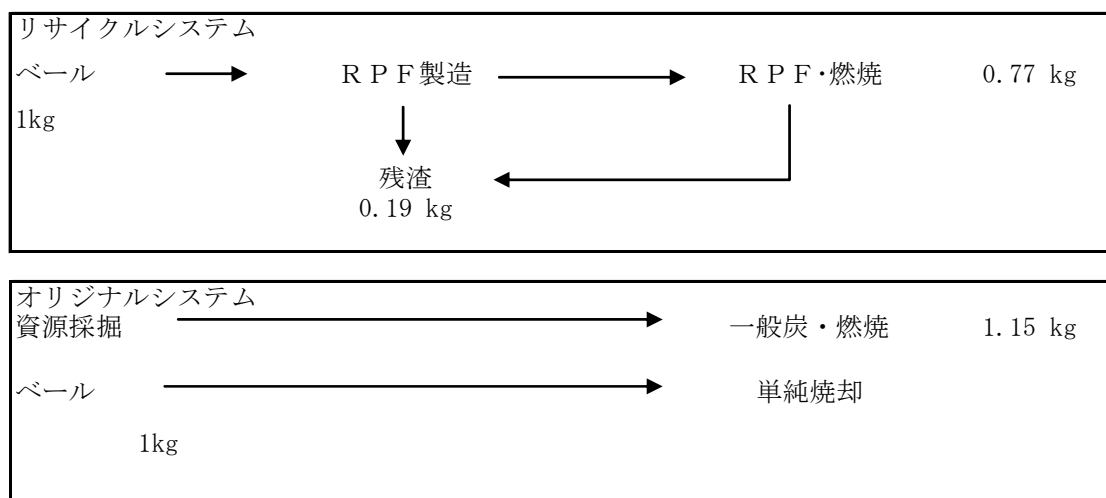
表 5-99 コークス炉化学原料化の環境負荷低減効果（実験結果をもとに試算（参考））

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.01	0.00
原油	kg	0.01	0.72	0.71
石炭	kg	0.03	0.33	0.31
エネルギー消費	MJ	38.98	77.60	38.62
CO2	kg	2.90	6.12	3.23
SOx	g	0.05	3.13	3.08
NOx	g	0.08	1.68	1.60

5.3 固形燃料等の燃料の利用

5.3.1 R P F 利用

(1) R P F 利用 (収率 75% ケース)



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

R P F 製造については、残渣から R P F を製造する場合に加えて、開梱、手選別等による不適合物除去等の前処理が必要となる。

表 5-100 ベール 1kg から R P F を製造する場合の前処理工程のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.039	kWh
出力	製品等	R P F 原料(プラ)	0.77	kg
	副産品	残渣	0.19	kg

注) 残渣の量については文献と異なるが、ここでは、設定した R P F 製造収率より設定している。

出典) 「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業／製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発／製品等に係る L C A 及び静脈系に係る L C A の研究開発」、(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先 (社) 産業環境管理協会、平成 17 年 3 月より作成

上表と表 5-3 に示した通常の R P F 製造工程のデータをあわせて、ベール 1 k g から製造される場合のインベントリデータを示すと次のとおりである。

表 5-101 ベール 1kg から R P F を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.188	kWh
出力	製品等	R P F 原料(プラ)	0.77	kg
	副産品	残渣	0.19	kg

出典) 「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業／製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発／製品等に係る L C A 及び静脈系に係る L C A の研究開発」、(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先 (社) 産業環境管理協会、平成 17 年 3 月より作成

表 5-102 ベール 1kg から R P F を製造する場合の環境負荷

		電力	選別残渣焼却	プラ	合計
		0.188kWh	0.197kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.84E+00	2.60E-02	3.56E+01	3.74E+01
CO2	kg	7.83E-02	1.13E-03	2.65E+00	2.73E+00
SOx	kg	1.38E-05	2.31E-07	0.00E+00	1.41E-05
NOx	kg	4.01E-05	5.75E-07	0.00E+00	4.06E-05

注) 選別残渣焼却については直接燃焼させた場合のユーティリティのみを想定。選別残渣のプラの項ですべて燃焼させている

残渣等を考慮してリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。R P F に埋立処理も含め試算している。

表 5-103 R P F のリサイクルにおける環境負荷

		R P F	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.47	37.47
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

注) 埋立処理、プラ燃焼等はR P F に含んでいる。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

オリジナルシステムについては、残渣の場合と同様に R P F 1kg は石炭で代替されるものとする。

$$\begin{aligned} & \cdot \text{石炭} = 39,321\text{kJ/kg (R P F)} \times 0.88 (\text{R P F のボイラ効率}) \div 0.9 (\text{石炭のボイラ効率}) \div \\ & (26,600\text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.48\text{kg} \end{aligned}$$

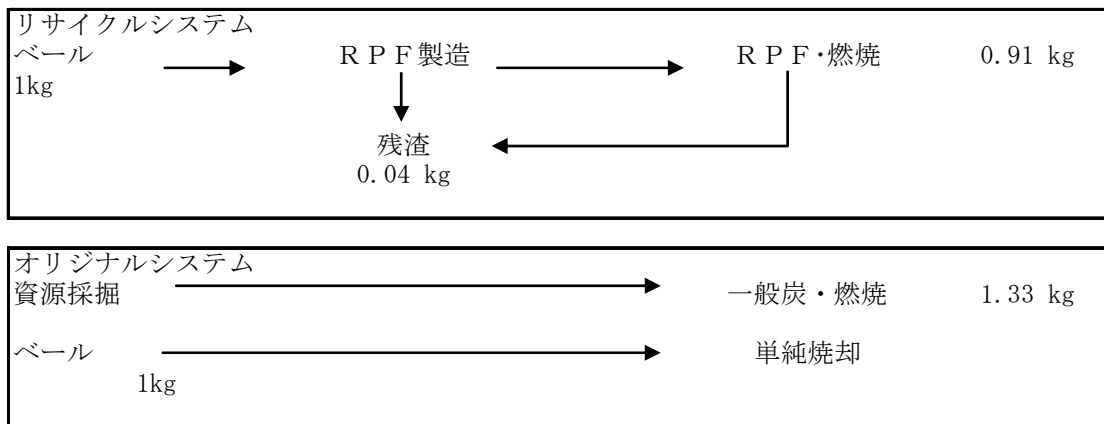
注) R P F の発熱量については表 4-13参照、石炭は低位発熱量に変換。

これにより、R P F 利用のオリジナルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-104 R P F のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・石炭	廃棄物処理	合計
投入原材料		1.15kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	30.86	35.72	66.58
CO2	kg	2.93	2.66	5.58
SOx	g	2.32	0.00	2.32
NOx	g	2.91	0.05	2.97

(2) R P F 利用 (収率 90% ケース)



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

R P F 製造については、残渣から R P F を製造する場合に加えて、開梱、手選別等による不適合物除去等の前処理が必要となる。

表 5-105 ベール 1kg から R P F を製造する場合の前処理工程のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.039	kWh
出力	製品等	R P F 原料(プラ)	0.91	kg
	副産品	残渣	0.04	kg

注) 残渣の量については文献と異なるが、ここでは、設定した R P F 製造収率より設定している。

出典) 「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業/製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発/製品等に係る L C A 及び静脈系に係る L C A の研究開発」、(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先 (社) 産業環境管理協会、平成 17 年 3 月より作成

上表と表 5-3 に示した通常の R P F 製造工程のデータをあわせて、ベール 1 k g から製造される場合のインベントリデータを示すと次のとおりである。

表 5-106 ベール 1kg から R P F を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.188	kWh
出力	製品等	R P F 原料(プラ)	0.77	kg
	副産品	残渣	0.19	kg

出典)「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業/製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発/製品等に係る L C A 及び静脈系に係る L C A の研究開発」、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先(社)産業環境管理協会、平成 17 年 3 月より作成

表 5-107 ベール 1kg から R P F を製造する場合の環境負荷

		電力	選別残渣焼却	プラ	合計
		0.188kWh	0.007kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.84E+00	9.03E-04	3.56E+01	3.74E+01
C02	kg	7.83E-02	3.92E-05	2.65E+00	2.73E+00
S0x	kg	1.38E-05	8.02E-09	0.00E+00	1.39E-05
N0x	kg	4.01E-05	2.00E-08	0.00E+00	4.01E-05

注) 選別残渣焼却については直接燃焼させた場合のユーティリティのみを想定。選別残渣のプラの項ですべて燃焼させている

残渣等を考慮してリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。R P F に埋立処理も含め試算している。

表 5-108 R P F のリサイクルにおける環境負荷

		R P F	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.45	37.45
C02	kg	2.73	2.73
S0x	g	0.02	0.02
N0x	g	0.09	0.09

注) 埋立処理、プラ燃焼等は R P F に含んでいる。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

オリジナルシステムについては、残渣の場合と同様に R P F 1kg は石炭で代替されるものとする。

$$\cdot \text{石炭} = 38,677\text{kJ/kg (R P F)} \times 0.88 (\text{R P F のボイラ効率}) \div 0.9 (\text{石炭のボイラ効率}) \div (26,600\text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.46\text{kg}$$

注) R P F の発熱量については表 4-14 参照、石炭は低位発熱量に変換。

これにより、R P F 利用のオリジナルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-109 R P F のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・石炭	廃棄物処理	合計
投入原材料		1.33kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	35.90	35.72	71.63
CO ₂	kg	3.40	2.66	6.06
SO _x	g	2.69	0.00	2.70
NO _x	g	3.39	0.05	3.44

(3) R P F 利用のまとめ

表 5-110 R P F の環境負荷低減効果 (収率 75%ケース)

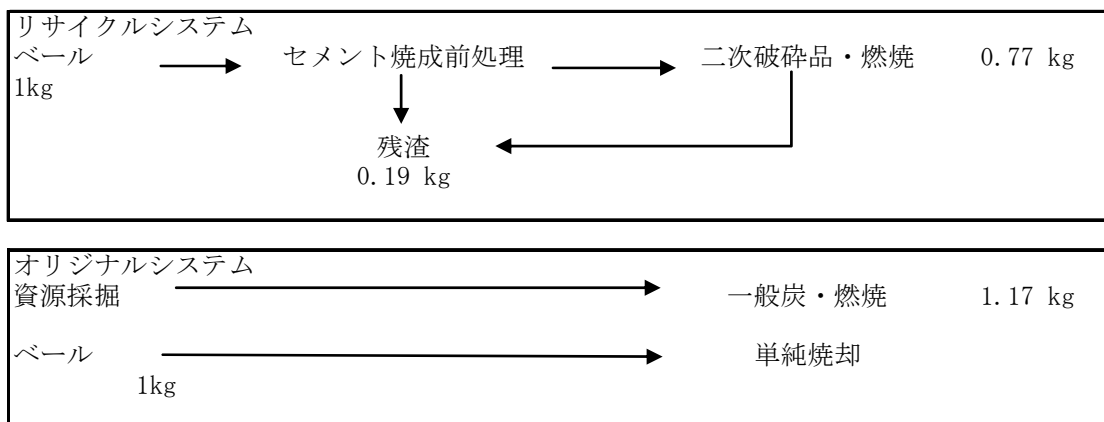
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.15	1.14
エネルギー資源消費	MJ	37.47	66.58	29.11
CO ₂	kg	2.73	5.58	2.85
SO _x	g	0.02	2.32	2.30
NO _x	g	0.09	2.97	2.88

表 5-111 R P F の環境負荷低減効果 (収率 90%ケース)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.34	1.32
エネルギー資源消費	MJ	37.45	71.63	34.18
CO ₂	kg	2.73	6.06	3.33
SO _x	g	0.02	2.70	2.68
NO _x	g	0.09	3.44	3.35

5.3.2 セメント焼成

(1) セメント焼成（収率 75%ケース）



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

セメント原燃料を製造する場合、残渣からセメント原燃料を製造する場合に加えて、開梱、手選別等の前処理が必要となる。セメント原燃料については前処理のデータがないため、RPFの前処理で用いたデータを適用する。

これに上表と表 5-5に示した通常の場合のセメント原燃料製造工程のデータをあわせて、ベール 1 kg から製造される場合のインベントリデータを示すと次のとおりである。

表 5-112 ベール 1kg からセメント原燃料を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入 力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.190	kWh
		軽油	0.00096	リットル
出 力	製品等	二次破砕プラ	0.77	kg
	副産品	残渣	0.19	kg

注) 残渣の量については文献と異なるが、ここでは設定したセメント原燃料の収率より設定している。

出典) 「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業／製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発／製品等に係る LCA 及び静脈系に係る LCA の研究開発」、(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先 (社) 産業環境管理協会、平成 17 年 3 月より作成

表 5-113 ベール 1kg からセメント原燃料を製造する場合の環境負荷

		電力	軽油	選別残渣焼却	直接プラ	合計
		0.190kwh	0.0010	0.197kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.86E+00	3.68E-02	9.03E-04	3.56E+01	3.75E+01
CO2	kg	7.90E-02	2.62E-03	3.92E-05	2.65E+00	2.73E+00
SOx	kg	1.40E-05	1.41E-07	8.02E-09	0.00E+00	1.41E-05
NOx	kg	4.04E-05	8.16E-07	2.00E-08	0.00E+00	4.12E-05

残渣が発生することを考慮してリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。セメント原燃料には残渣の処理も含め試算している。

表 5-114 セメント原燃料のリサイクルにおける環境負荷

		セメント	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.53	37.53
CO2	kg	2.74	2.74
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

オリジナルシステムについては、残渣の場合と同様にセメント原燃料 1kg は石炭で代替されるものとする。

・石炭 = $39,321\text{kJ/kg (セメント原燃料)} \times \div (26,600\text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.48\text{kg}$

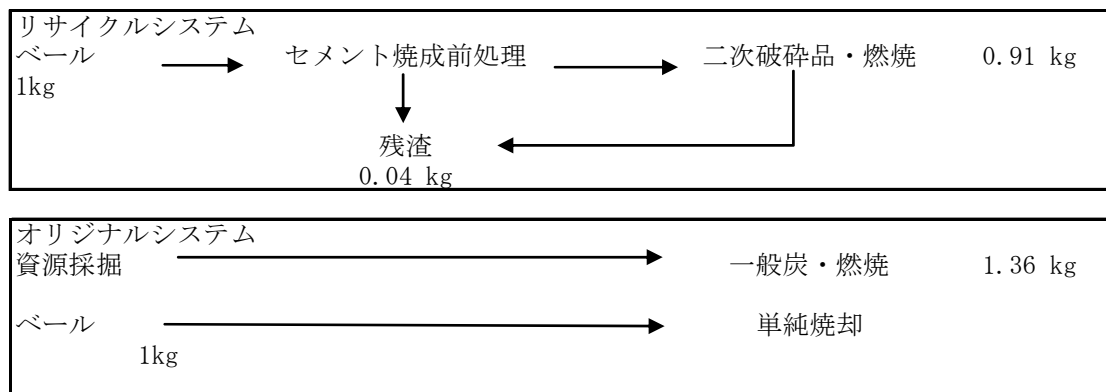
注) セメント原燃料の発熱量については表 4-13参照、石炭は低位発熱量に変換

これにより、セメント原燃料のオリジナルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-115 セメント原燃料のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・石炭	廃棄物処理	合計
投入原材料		1.17kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	31.56	35.72	67.29
CO2	kg	2.99	2.66	5.65
SOx	g	2.37	0.00	2.37
NOx	g	2.98	0.05	3.03

(2) セメント焼成 (収率 90%ケース)



a) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

セメント原燃料を製造する場合、残渣からセメント原燃料を製造する場合に加えて、開梱、手選別等の前処理が必要となる。セメント原燃料については前処理のデータがないため、RPFの前処理で用いたデータを適用する。

これに上表と表 5-5に示した通常のセメント原燃料製造工程のデータをあわせて、ベール1kgから製造される場合のインベントリデータを示すと次のとおりである。

表 5-116 ベール1kgからセメント原燃料を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		内訳	数値	単位
入 力	原材料	プラスチック	1.000	kg
	ユーティリティ	電力	0.190	kWh
		軽油	0.00096	リットル
出 力	製品等	二次破砕プラ	0.91	kg
	副産品	残渣	0.04	kg

注) 残渣の量については文献と異なるが、ここでは設定したセメント原燃料の収率より設定している。

出典) 「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業／製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発／製品等に係るLCA及び静脈系に係るLCAの研究開発」、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構委託先(社)産業環境管理協会、平成17年3月より作成

表 5-117 ベール1kgからセメント原燃料を製造する場合の環境負荷

		電力	軽油	選別残渣焼却	直接プラ	合計
		0.190kwh	0.0010	0.197kg	1.000kg	
エネルギー資源消費	MJ	1.86E+00	3.68E-02	9.03E-04	3.56E+01	3.75E+01
CO2	kg	7.90E-02	2.62E-03	3.92E-05	2.65E+00	2.73E+00
SOx	kg	1.40E-05	1.41E-07	8.02E-09	0.00E+00	1.41E-05
NOx	kg	4.04E-05	8.16E-07	2.00E-08	0.00E+00	4.12E-05

残渣が発生することを考慮してリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。セメント原燃料に残渣処理も含め試算している。

表 5-118 セメント原料のリサイクルにおける環境負荷

		セメント	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.50	37.50
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

b) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

オリジナルシステムについては、残渣の場合と同様にセメント原燃料 1kg は石炭で代替されるものとする。

$$\cdot \text{石炭} = 39,321\text{kJ/kg (セメント原燃料)} \times \div (26,600\text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.48\text{kg}$$

注) セメント原燃料の発熱量については表 4-13参照、石炭は低位発熱量に変換

これにより、セメント原燃料のオリジナルシステムの環境負荷は次のとおりである。

表 5-119 セメント原燃料のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・石炭	廃棄物処理	合計
投入原材料		1.17kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	36.72	35.72	72.44
CO2	kg	3.48	2.66	6.14
SOx	g	2.75	0.00	2.76
NOx	g	3.47	0.05	3.52

(3) セメント焼成のまとめ

表 5-120 セメント焼成の環境負荷低減効果 (収率 75% ケース)

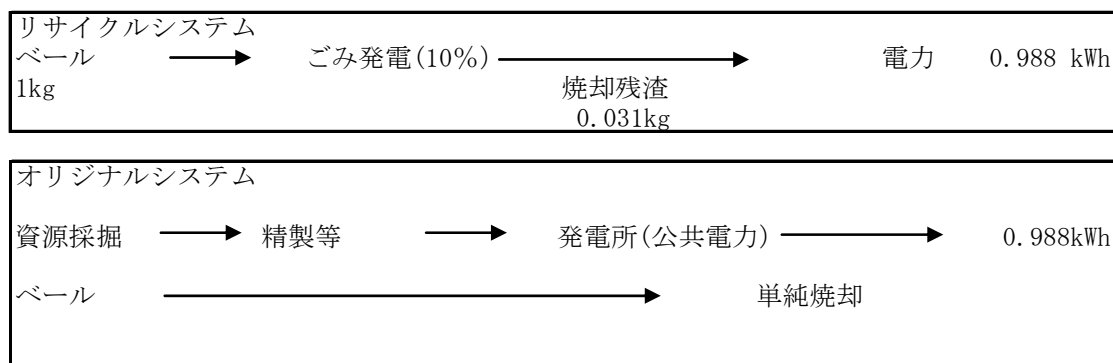
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.18	1.16
エネルギー資源消費	MJ	37.53	67.29	29.76
CO2	kg	2.74	5.65	2.91
SOx	g	0.02	2.37	2.35
NOx	g	0.09	3.03	2.94

表 5-121 セメント焼成の環境負荷低減効果 (収率 90% ケース)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.37	1.36
エネルギー資源消費	MJ	37.50	72.44	34.94
CO2	kg	2.73	6.14	3.40
SOx	g	0.02	2.76	2.74
NOx	g	0.09	3.52	3.43

5.3.3 焼却・エネ回収（発電効率 10%の場合：参考）

ベール化した後、焼却発電することは現実的ではないが、参考として試算する。



(1) リサイクルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

リサイクルシステムの焼却・エネ回収のインベントリデータは残渣で示したものと同一である。

(表 5-6参照)

焼却・エネ回収後、3.1%ほどの残渣が発生することから、これを考慮してリサイクルシステムの環境負荷は次のとおりである。

ここで、発電量については、ベール 1kg の発熱量が 35,397kJ/kg であることから

発電量 = $35,397\text{kJ/kg} \div 3,600\text{kJ/kWh} \times 10\% = 0.983\text{kWh}$ とした。

表 5-122 ベール 1kg から実施する焼却・エネ回収の環境負荷

		焼却・エネ回収	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	35.74	35.74
CO2	kg	2.66	2.66
SOx	g	0.05	0.05
NOx	g	0.13	0.13

(2) オリジナルシステムのインベントリデータ並びに環境負荷

オリジナルシステムについては、発電した電力と同等の公共電力が必要となる。

・公共電力 = 0.98kWh

ベールの環境負荷については、単純焼却するものとする。

よって、オリジナルシステムの環境負荷データは次のとおりである。

表 5-123 焼却・エネ回収のオリジナルシステムの環境負荷

		電力	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.983kWh	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	9.64	35.72	45.36
CO2	kg	0.41	2.66	3.07
SOx	g	0.07	0.00	0.07
NOx	g	0.21	0.05	0.26

(3) 焼却・エネ回収のまとめ

表 5-124 焼却・エネ回収の環境負荷低減効果

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.00	0.05	0.05
原油	kg	0.00	0.02	0.02
石炭	kg	0.00	0.08	0.08
エネルギー資源消費	MJ	35.74	45.36	9.62
CO2	kg	2.66	3.07	0.41
SOx	g	0.05	0.07	0.02
NOx	g	0.13	0.26	0.13

6. ベースケースにおける各種再商品化手法による環境負荷低減効果

ベースケースにおける各手法の検討結果を以降に示す。

6.1 材料リサイクル

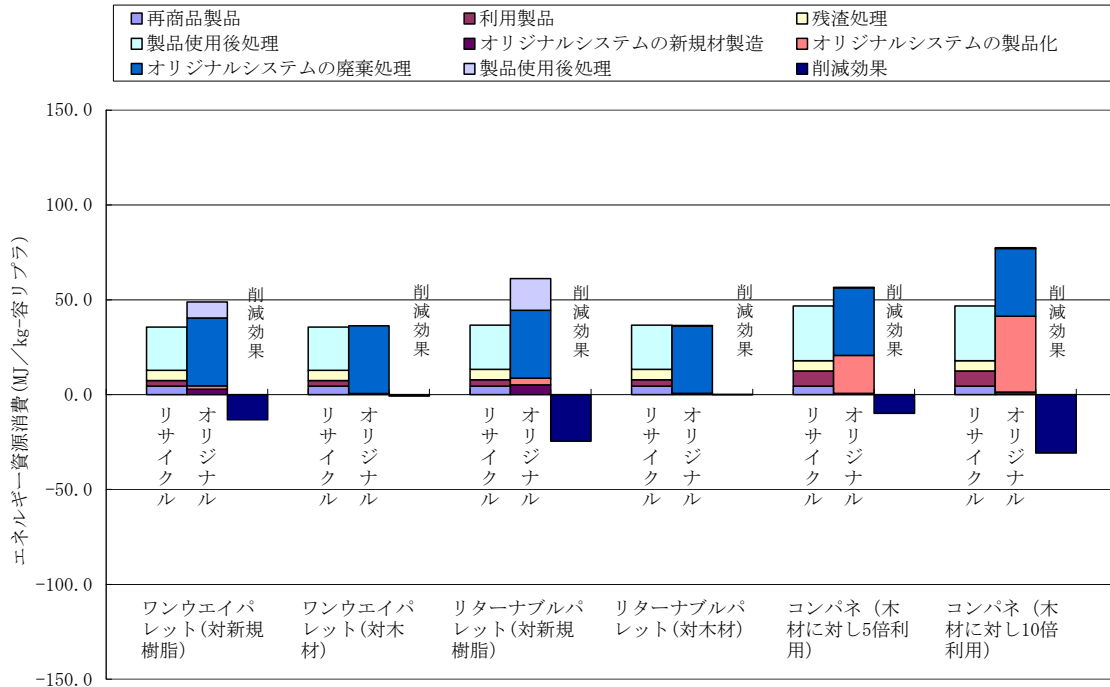


図 6-1 材料リサイクルのエネルギー資源消費削減効果

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。

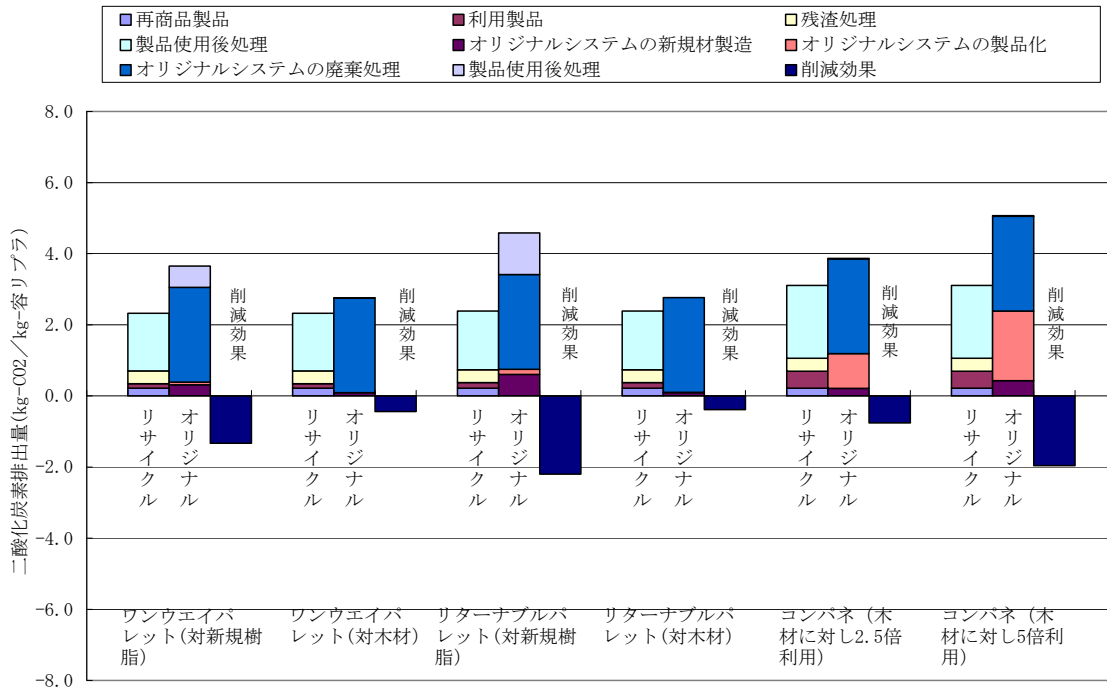


図 6-2 材料リサイクルの二酸化炭素削減効果

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。

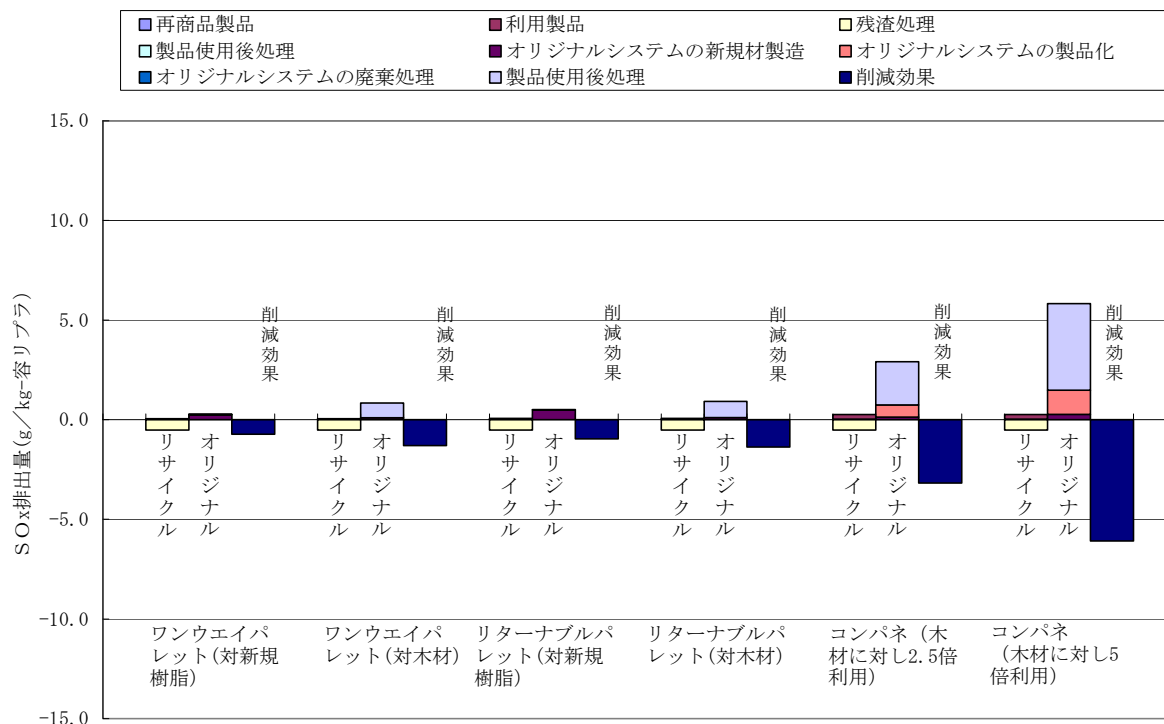


図 6-3 材料リサイクルのSOx削減効果

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

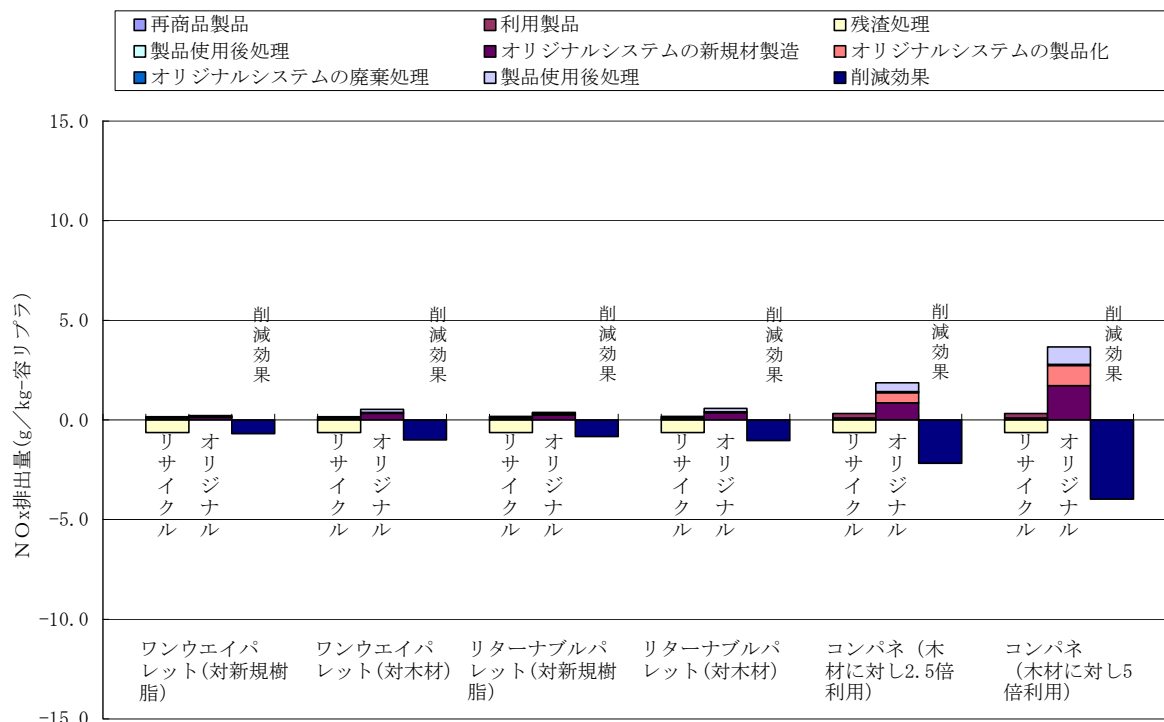


図 6-4 材料リサイクルのNOx削減効果

注) NOx のマイナスは削減効果を示している。

6.2 ケミカルリサイクル

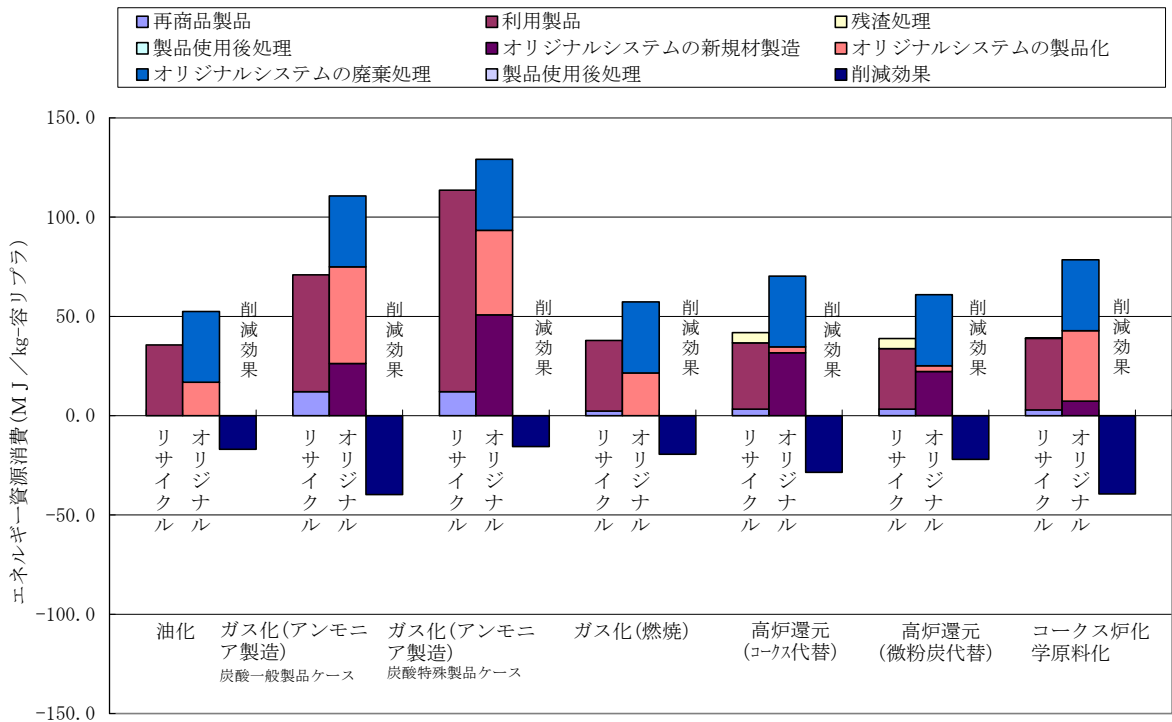


図 6-5 ケミカルリサイクルのエネルギー資源消費削減効果

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

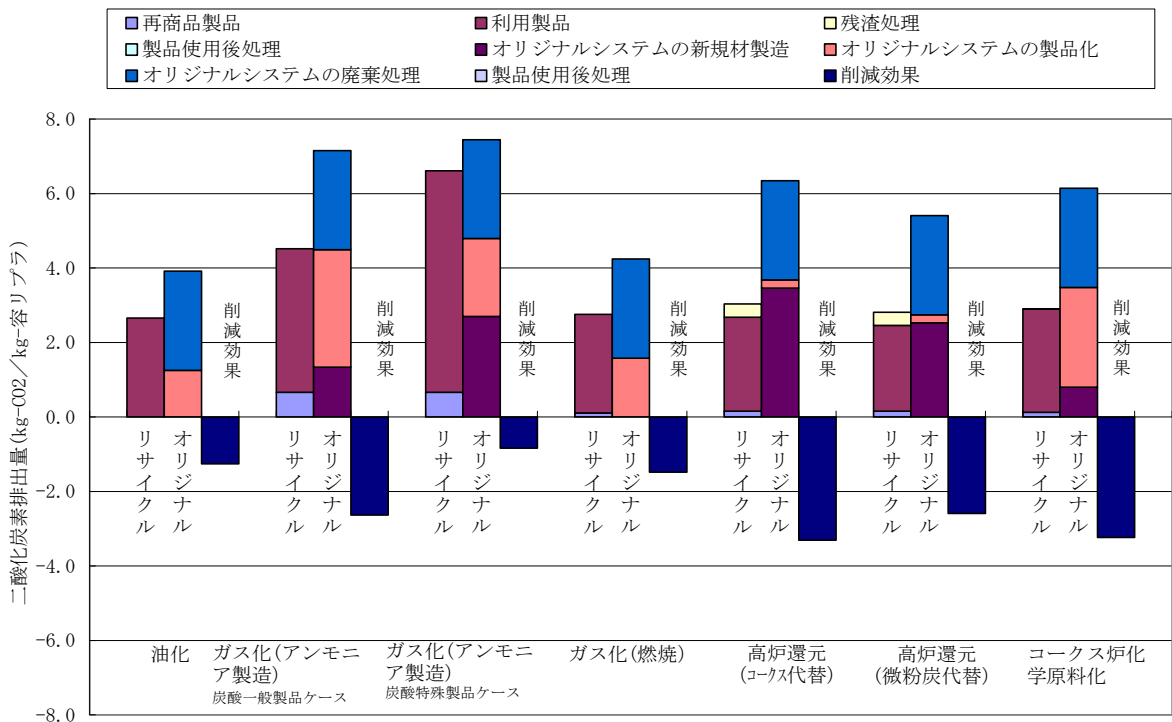


図 6-6 ケミカルリサイクルの二酸化炭素削減効果

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

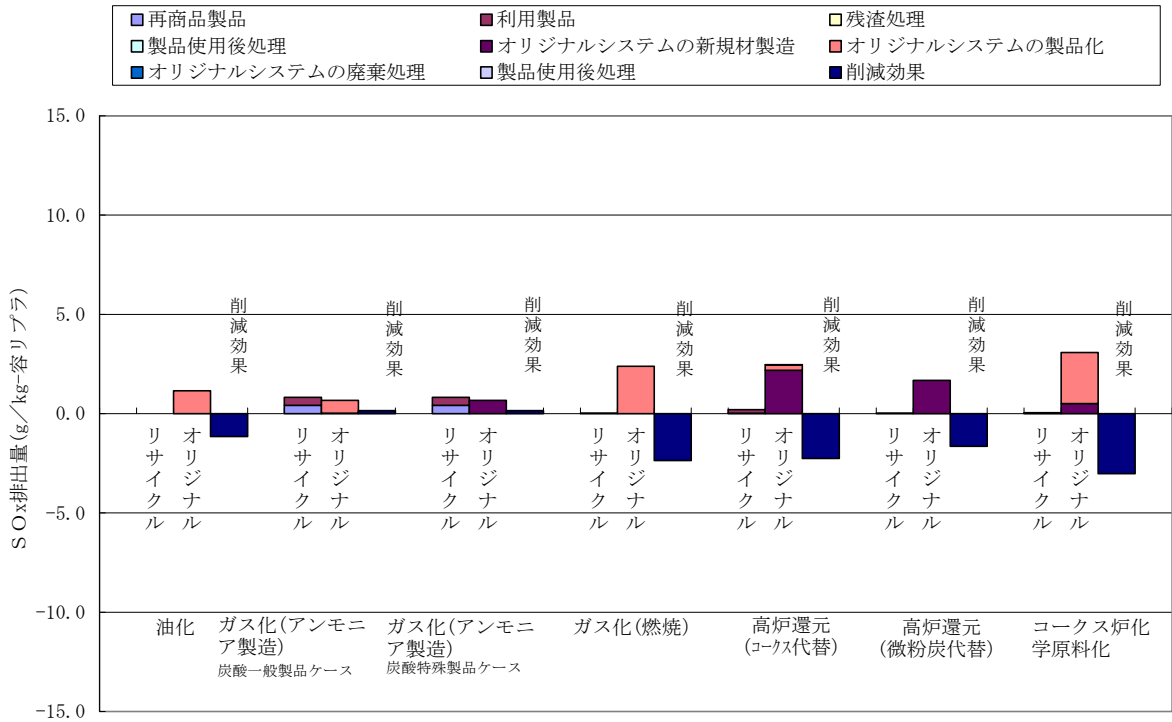


図 6-7 ケミカルリサイクルのSO_x削減効果

注) SO_x 排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)

と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

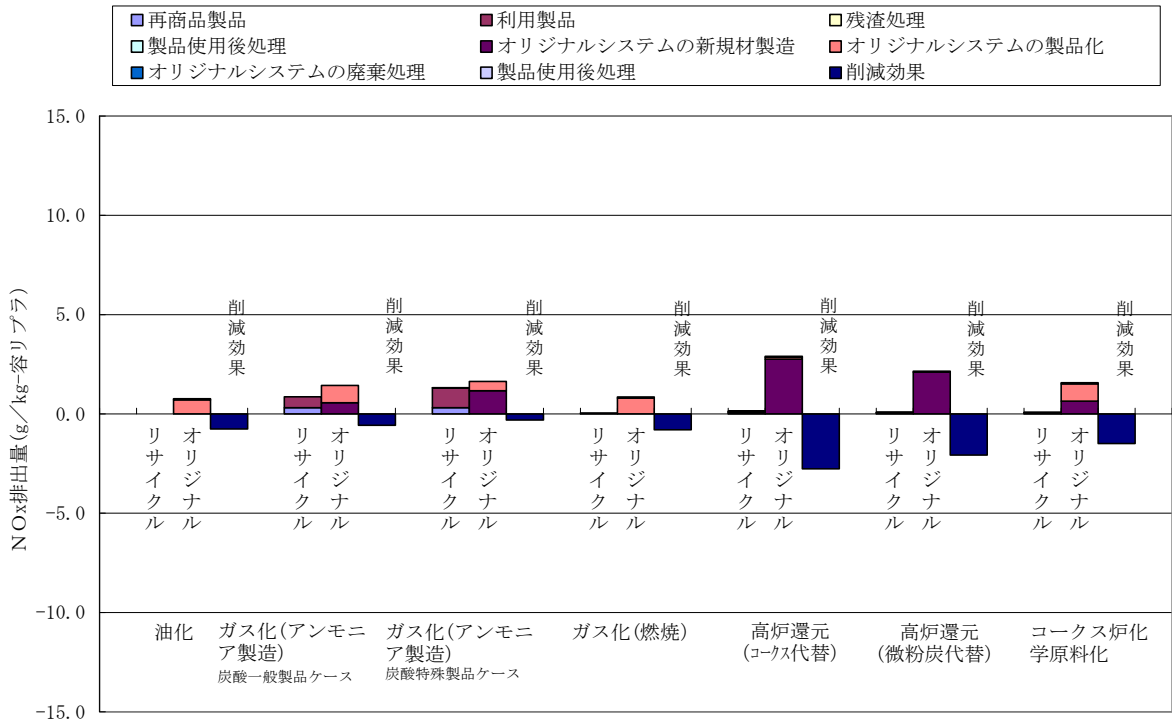


図 6-8 ケミカルリサイクルのNO_x削減効果

注) NO_x のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、

本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

6.3 固形燃料等の燃料の利用

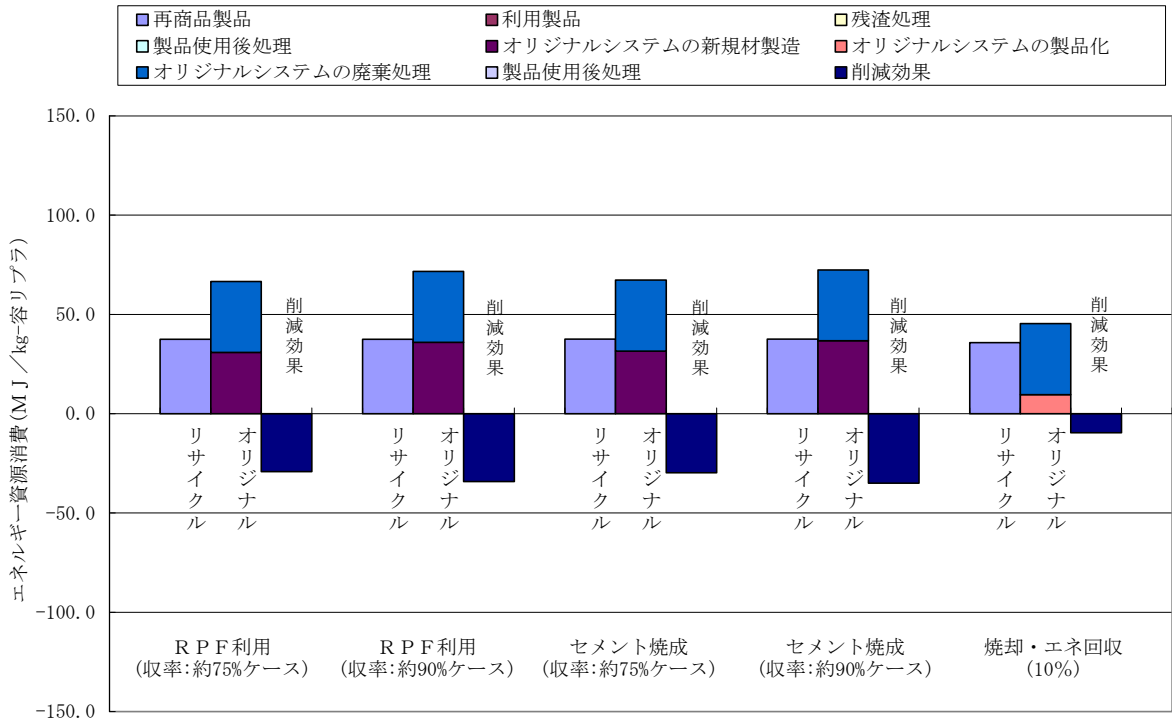


図 6-9 固形燃料等の燃料の利用のエネルギー資源消費削減効果

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。

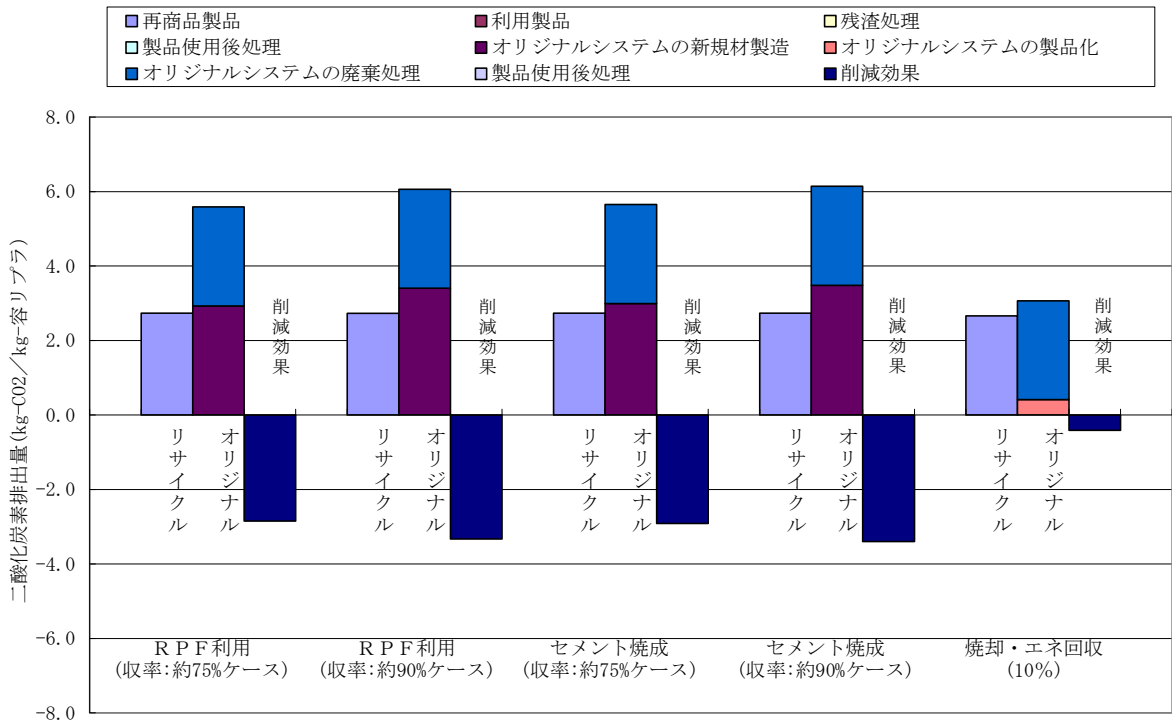


図 6-10 固形燃料等の燃料の利用の二酸化炭素削減効果

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。

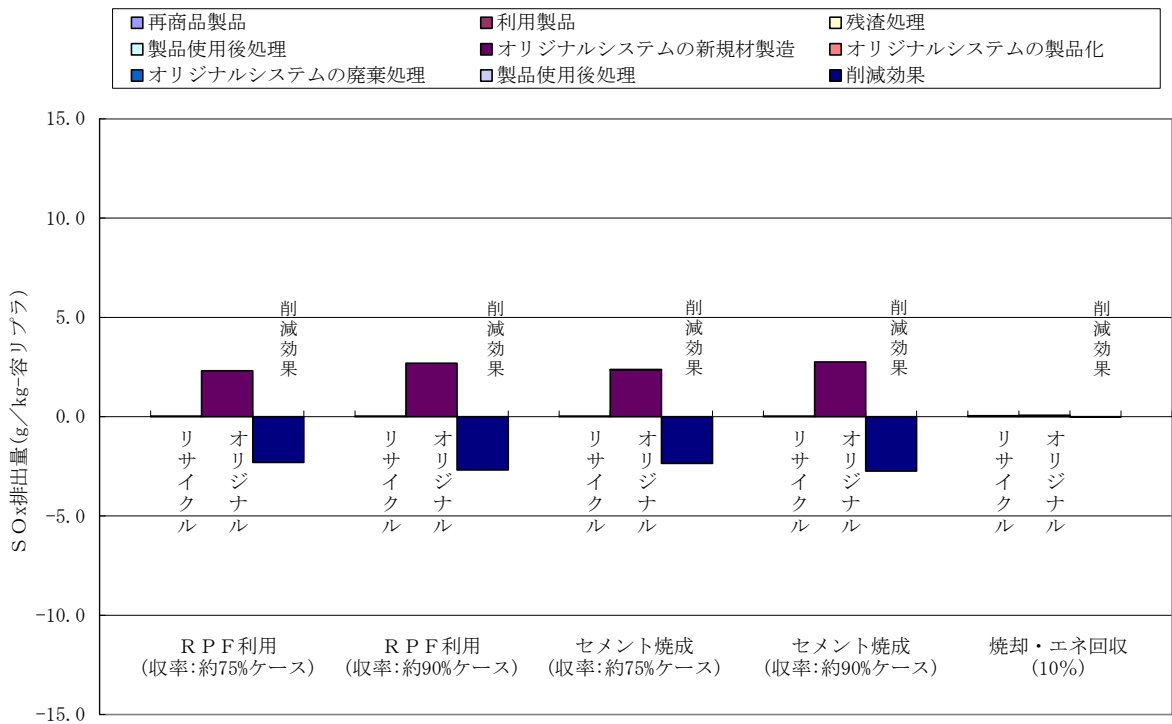


図 6-11 固形燃料等の燃料の利用のSOx削減効果

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

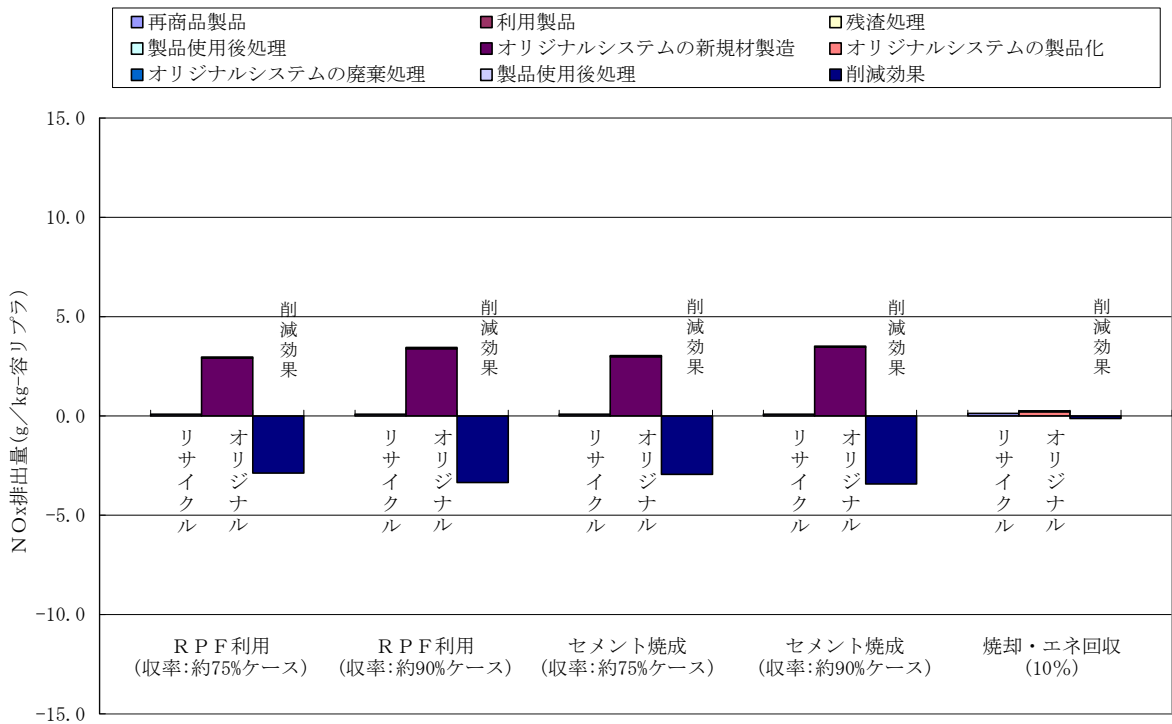


図 6-12 固形燃料等の燃料の利用のNOx削減効果

注) NOx のマイナスは削減効果を示している。

6.4 二酸化炭素排出削減と各資源削減効果

各グラフとも、横軸は二酸化炭素削減効果である。また、縦軸は資源の削減効果とした。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。

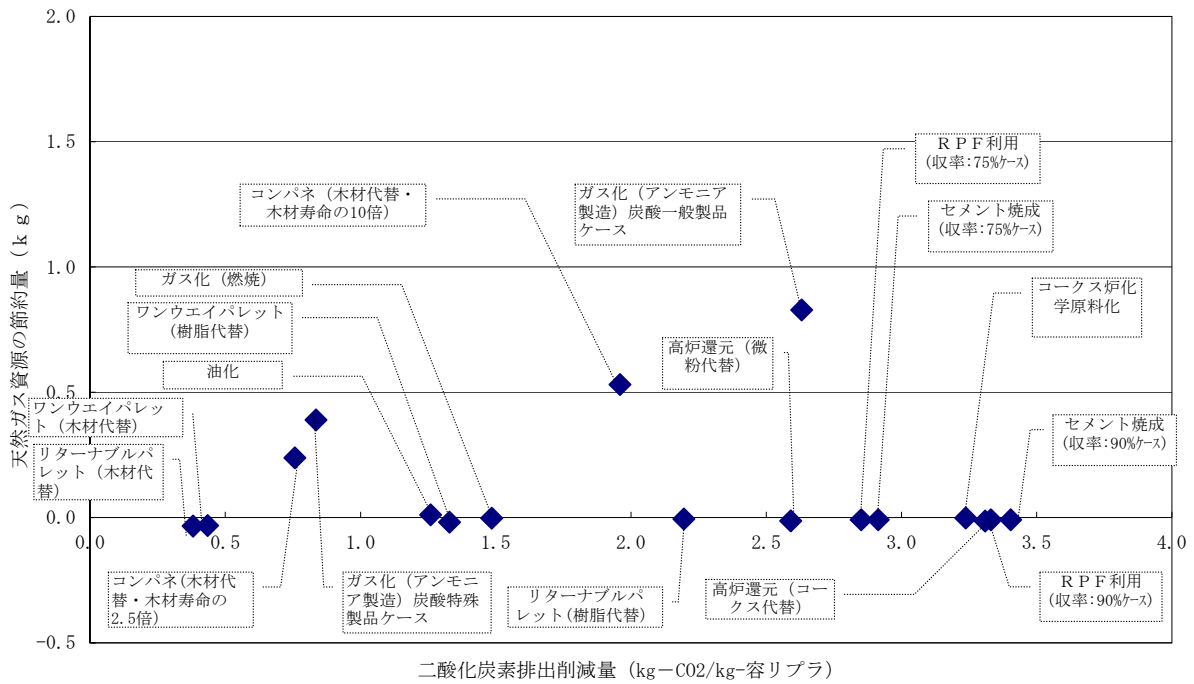


図 6-13 二酸化炭素排出削減効果と天然ガス資源の節約効果

注) 各軸のプラスは資源の節約、二酸化炭素の排出削減量を示す。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

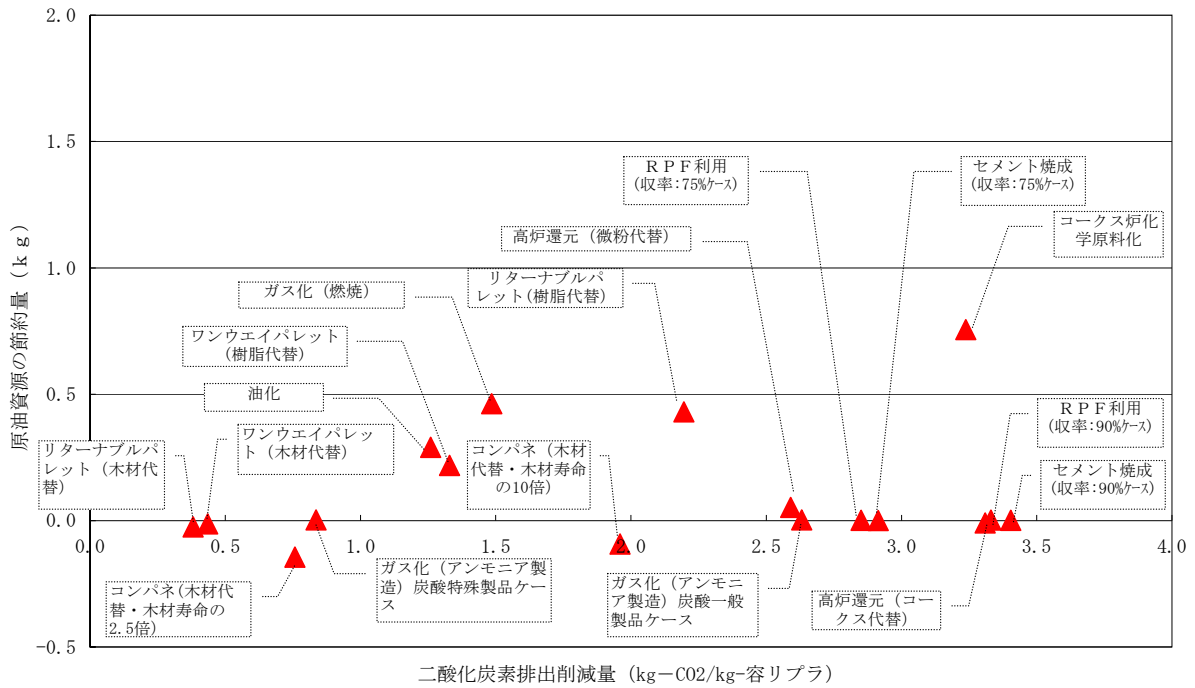


図 6-14 二酸化炭素排出削減効果と原油資源の節約効果

注) 各軸のプラスは資源の節約、二酸化炭素の排出削減量を示す。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

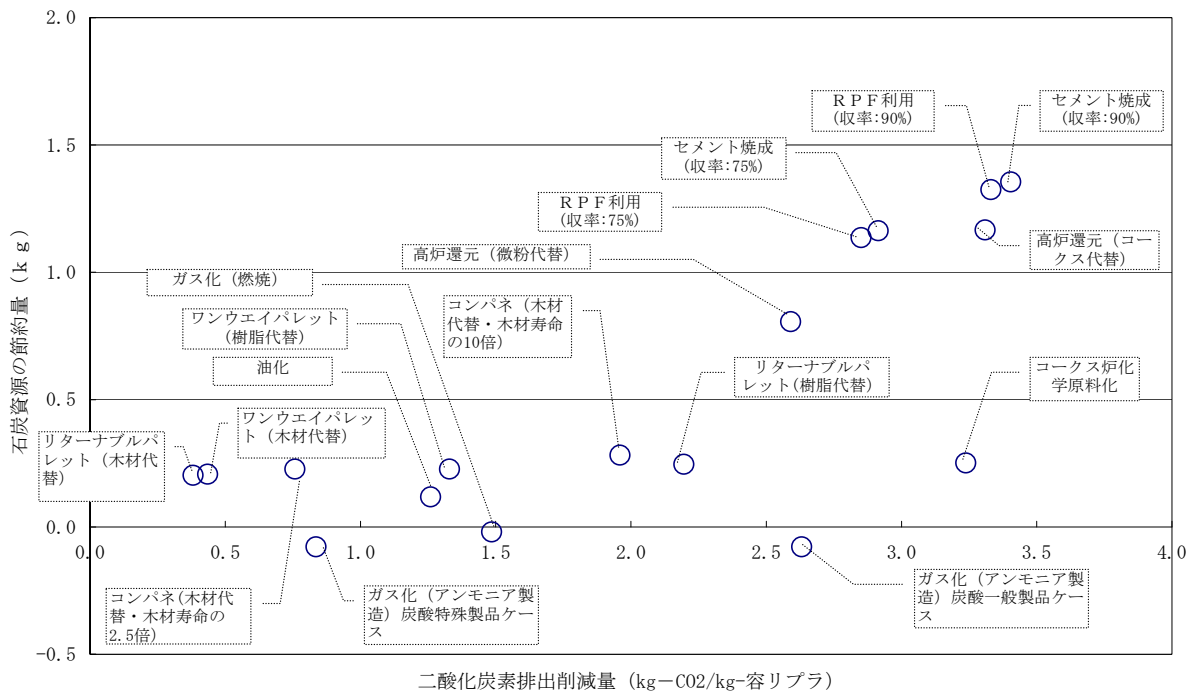


図 6-15 二酸化炭素排出削減効果と石炭資源の節約効果

注) 各軸のプラスは資源の節約、二酸化炭素の排出削減量を示す。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

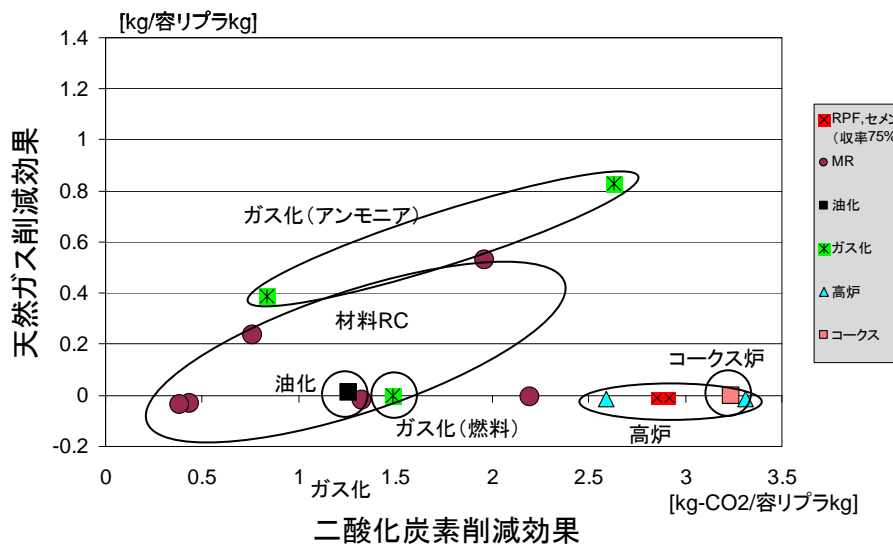
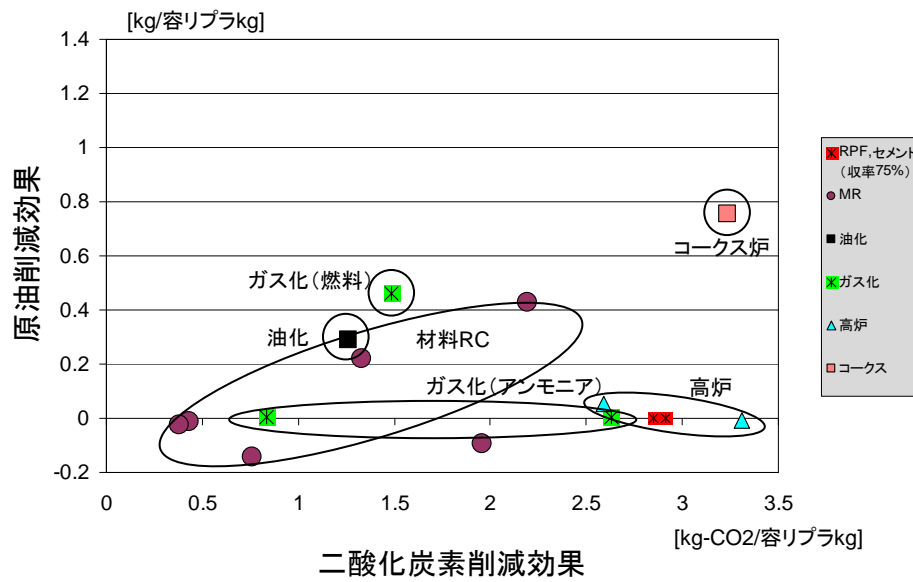
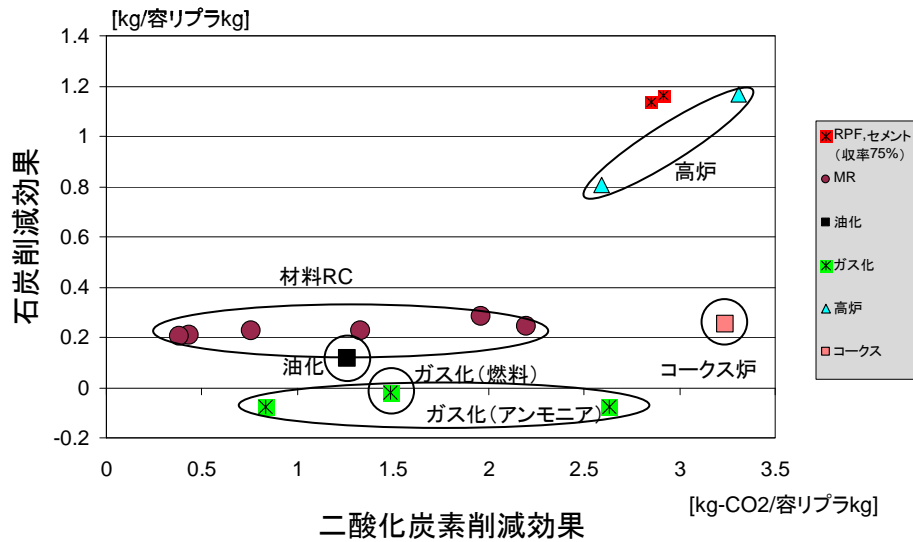


図 6-16 再商品化による二酸化炭素削減効果と各資源削減効果 (まとめ)

7. 容リプラのベール組成変動等に係わる検討

7.1 シナリオ設定

容リプラのベール組成に関して上述したようになりにバラツキがある。そこで、ベールの組成変化による影響を検討する。

当然のことながら、組成による変動を検討したものであり、操業の変動による影響や機械のリニューアルによる変動等は考慮していない。

(1) 全体的検討

- ・ いずれの手法においてもPE、PPが多ければ効率（ケミカルの場合でも炭素含有量、水素含有量が多い。参照：表 7-1）等がよくなると考えられることから、PE、PPを中心に変動割合を検討する。
- ・ 設定にあたっては、ベースケースをもとに設定する。

表 7-1 材質別の炭素・水素含有量

	化学式	分子量	炭素含有量 (%)	水素含有量 (%)
PE	C ₂ H ₄	28	85.7%	14.3%
PP	C ₃ H ₆	42	85.7%	14.3%
PS	C ₈ H ₈	104	92.3%	7.7%
PET	C ₁₀ H ₈ O ₄	192	62.5%	4.2%
PVC	C ₂ H ₃ Cl	63	38.4%	4.8%

- ・ PE、PPの変動については、材料リサイクルの再商品化率の変動が密接に関わっていると考えられる。
- ・ 材料リサイクルの再商品化率の事業者ごとの変動幅は、46%~60%程である。このことから、ベースケースで設定した再商品化製品の成分割合は一定のまま 45~60%（プラ乾燥割合）まで変動したとしてベールの成分割合を設定する。この際、簡単のため、残渣も同様に成分割合は一定で変動するものとする。このため、各社の分別精度等は一定と仮定してベールの品質の変動のみを考慮している。
- ・ 当該検討においては収率 45%ケースをケース 1、収率 60%ケースをケース 2 として検討する。

表 7-2 当該シナリオにおけるベールの成分割合の設定

	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%

(2) 材料リサイクル

- ・ 材料リサイクルの現状の再商品化率の変動は上述したように 46～60%までがほとんどである。
- ・ また、材料リサイクルについては、量的変動だけではなく、残渣の有効利用によっても環境負荷が大きく変わることが従来から指摘されてきたことから、残渣の有効利用についても検討する。
- ・ ベールの再商品化製品と残渣の設定は次のとおりである。

表 7-3 ケース 1 の設定

	PE	PP	PS	PET	PVC	EVA	金属類	水分	合計
再商品化製品	23.9%	16.7%	4.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	45.9%
残渣	3.6%	2.5%	14.1%	15.5%	5.5%	2.7%	3.0%	7.2%	54.1%
合計	27.5%	19.2%	18.6%	15.5%	5.5%	2.7%	3.0%	8.0%	100.0%

表 7-4 ケース 2 の設定

	PE	PP	PS	PET	PVC	EVA	金属類	水分	合計
再商品化製品	31.7%	22.1%	6.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	60.9%
残渣	2.6%	1.8%	10.2%	11.2%	4.0%	2.0%	2.2%	5.2%	39.1%
合計	34.3%	24.0%	16.2%	11.2%	4.0%	2.0%	2.2%	6.2%	100.0%

(3) 油化

- ・ 表 7-2で設定したベールをそのまま投入する。
- ・ ヒアリングをもとに、PE、PPの割合が高くなれば、ほぼ比例する形で生成油の収率が上がるものとして設定した。これにより、炭化水素油の収率が 45%～60%まで変動すると設定した。
- ・ 生成した炭化水素油は自家消費と出荷（外販）用に利用される。
- ・ 炭化水素油の量変動しても、自家消費量は一定として検討した。
- ・ 生成した炭化水素油（軽質油、中質油、重質油）から、それぞれ自家消費分を差し引いた後、余剰分はすべてが外販すると設定した。
- ・ これにより外販分だけ、ナフサやA重油、C重油の代替燃料が消費されることになる。
- ・ この結果、ナフサやA重油、C重油の代替燃料の変動率は次のとおりである。

表 7-5 ベースケースに対する変動率

	ケース 1	ケース 2
ナフサ	86.1%	120.9%
A重油	94.6%	108.1%
C重油	90.2%	114.6%

(4) ガス化

a) アンモニア製造

- ・ 表 7-2で設定したバールをそのまま投入する。
- ・ 設定した成分割合により再商品化施設に投入する量の変動するとともに合成ガス中のH分等が変動することを考慮して次のように設定する。
- ・ 量的変動とH分の変動を乗じることにより変動幅を設定した。(実際はC分も影響を与えるがここでは考慮しない。)

表 7-6 ベースケースに対する変動率

	ケース 1	ケース 2
再商品化施設投入料変動	98.8%	101.7%
H分の変動	96.3%	105.4%
全体的変動	95.2%	107.2%

b) ガス化（燃焼）

- ・ 表 7-2で設定したバールをそのまま投入する。
- ・ 量的変動とバールの材質設定の際による熱量の変動を乗じることにより変動幅を設定した。

表 7-7 ベースケースに対する変動率

	ケース 1	ケース 2
再商品化施設投入料変動	98.8%	101.7%
熱量変動	97.0%	104.5%
全体的変動	95.9%	106.3%

(5) 高炉還元

- ・ 再商品化施設における収率を考慮し再商品化製品（還元剤粒）の成分割合を設定した。
- ・ さらに、還元剤として、C分が有効に作用することから、C分の変動割合と収率を乗じて変動幅とした。(実際にはH分等も影響を与えるがここでは考慮しない。)

表 7-8 ケース 1 の設定

	PE	PP	PS	PET	PVC	EVA	金属類	水分	合計
還元剤粒	27.4%	19.1%	16.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	77.0%
残渣	0.1%	0.0%	2.6%	3.0%	5.5%	2.7%	3.0%	6.0%	23.0%
合計	27.4%	19.2%	18.6%	15.5%	5.5%	2.7%	3.0%	8.0%	100.0%

表 7-9 ケース 2 の設定

	PE	PP	PS	PET	PVC	EVA	金属類	水分	合計
還元剤粒	31.3%	21.9%	14.7%	10.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	79.1%
残渣	3.1%	2.2%	1.5%	1.0%	4.0%	2.0%	2.1%	5.2%	20.9%
合計	34.4%	24.0%	16.2%	11.1%	4.0%	2.0%	2.1%	6.2%	100.0%

表 7-10 ベースケースに対する変動率

	ケース 1	ケース 2
収率変動	99.5%	102.1%
C分の変動	100.0%	102.2%
全体的変動	99.5%	104.4%

(6) コークス炉化学原料化

- ・ 再商品化施設における収率を考慮し再商品化製品（コークス炉化学原料粒）の成分割合を設定した。
- ・ コークス炉化学原料化については、H分も有効に作用すると考えられるが、C分に着目し量的変動とC分の変動を乗じて変動幅とした。（実際にはH分等も影響を与えるがここでは考慮しない。）
- ・ なお、容リプラから製造されるコークス、ガス、炭化水素の割合も変動するはずであるが、現時点では変動幅等は不明なため、考慮していない。

表 7-11 ケース 1 の設定

	PE	PP	PS	PET	PVC	EVA	金属類	水分	合計
還元剤粒	27.4%	19.2%	18.6%	15.5%	4.8%	2.7%	0.0%	1.5%	89.9%
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	3.0%	6.4%	10.1%
合計	27.4%	19.2%	18.6%	15.5%	5.5%	2.7%	3.0%	8.0%	100.0%

表 7-12 ケース 2 の設定

	PE	PP	PS	PET	PVC	EVA	金属類	水分	合計
還元剤粒	34.4%	24.0%	16.2%	11.1%	3.5%	2.0%	0.0%	2.3%	93.5%
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	2.1%	3.9%	6.5%
合計	38.6%	27.0%	14.5%	8.2%	2.9%	1.5%	1.6%	6.2%	100.0%

表 7-13 ベースケースに対する変動率

	ケース 1	ケース 2
収率変動	98.2%	102.2%
C分の変動	99.5%	101.2%
全体的変動	97.7%	103.4%

注) ベールの成分割合の変動の設定の考え方や、それに伴う各手法の影響については種々の設定の仕方がある。本設定はひとつの考え方しか過ぎないことに留意されたい。

7.2 ケース 1

7.2.1 材料リサイクル

結果を示すと次のとおりである。

(1) パレット

a) ワンウェイパレット

表 7-14 容リパレット (ワンウェイ) のリサイクルシステムの環境負荷

		容リ P O・減 容品	容リパレット (ワンウェイ)	残渣処理	製品単純焼 却	合計
投入原材料	kg	1.00	0.45	0.54	0.45	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	2.54	6.07	20.16	33.31
CO ₂	kg	0.22	0.11	0.41	1.43	2.16
SO _x	g	0.03	0.02	-0.58	0.00	-0.53
NO _x	g	0.10	0.06	-0.71	0.00	-0.55

表 7-15 新規樹脂パレット (ワンウェイ) のオリジナルシステムの環境負荷

		P P	パレット(ワ ンウェイ)	廃棄物処理	製品単純焼 却	合計
投入原材料	kg	0.17	0.17	1.00	0.17	
エネルギー資源消費	MJ	2.59	1.56	34.67	7.44	46.26
CO ₂	kg	0.28	0.07	2.61	0.53	3.48
SO _x	g	0.22	0.01	0.00	0.00	0.24
NO _x	g	0.11	0.03	0.05	0.00	0.20

表 7-16 木材パレット（ワンウェイ）のオリジナルシステムの環境負荷

		木材伐採・輸 送・製造	パレット加工 (ワンウェイ)	廃棄物処理	単純焼却	合計
投入原材料	kg	0.48	0.45	1.00	0.45	
エネルギー資源消費	MJ	0.50	0.04	34.67	0.06	35.26
CO2	kg	0.08	0.00	2.61	0.00	2.69
SOx	g	0.09	0.00	0.00	0.66	0.74
NOx	g	0.29	0.00	0.05	0.13	0.48

b) リターナブルパレット

表 7-17 容リパレット（リターナブル）のリサイクルシステムの環境負荷

		容リP O・減容品	新規樹脂 製造+パレ ット製造	容リパレ ット (リターナブル)	残渣処理	製品単純 焼却	製品(新規 樹脂)単純 焼却	合計
投入原材料	kg	1.00kg	0.01 kg	0.45kg	0.54 kg	0.45 kg	0.01 kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	0.20	2.82	6.07	20.16	0.37	34.15
CO2	kg	0.22	0.02	0.12	0.41	1.43	0.03	2.22
SOx	g	0.03	0.01	0.02	-0.58	0.00	0.00	-0.52
NOx	g	0.10	0.01	0.06	-0.71	0.00	0.00	-0.54

表 7-18 新規樹脂パレット（リターナブル）のオリジナルシステムの環境負荷

		PP/PE	パレット(リ ターナブル)	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原材料	kg	0.33	0.33	1.00	0.33	
エネルギー資源消費	MJ	4.63	3.04	34.67	14.79	57.13
CO2	kg	0.53	0.13	2.61	1.03	4.30
SOx	g	0.43	0.02	0.00	0.00	0.45
NOx	g	0.22	0.07	0.05	0.00	0.34

表 7-19 木材パレット（リターナブル）のオリジナルシステムの環境負荷

		木材伐採・輸 送・製造	パレット加工 (リターナブル)	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原材料	kg	0.52	0.49	1.00	0.49	
エネルギー資源消費	MJ	0.54	0.04	34.67	0.06	35.32
CO2	kg	0.09	0.00	2.61	0.00	2.70
SOx	g	0.10	0.00	0.00	0.72	0.81
NOx	g	0.32	0.00	0.05	0.14	0.52

c) パレットのまとめ

表 7-20 パレット（ワンウェイ）の環境負荷低減効果（ケース1）

		ワンウェイ（新規樹脂）との比較			ワンウェイ（木材）との比較		
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果	リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果
天然ガス	kg	0.03	0.01	-0.02	0.03	0.00	-0.03
原油	kg	0.02	0.21	0.19	0.02	0.01	-0.01
石炭	kg	-0.24	0.02	0.26	-0.24	0.00	0.24
エネルギー資源消費	MJ	33.31	46.26	12.96	33.31	35.26	1.96
CO2	kg	2.16	3.48	1.31	2.16	2.69	0.53
SOx	g	-0.53	0.24	0.77	-0.53	0.74	1.27
NOx	g	-0.55	0.20	0.76	-0.55	0.48	1.03

表 7-21 パレット（リターナブル）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リターナブル（新規樹脂）との比較			リターナブル（木材）との比較		
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果	リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果
天然ガス	kg	0.03	0.03	-0.01	0.03	0.00	-0.03
原油	kg	0.03	0.41	0.38	0.03	0.01	-0.02
石炭	kg	-0.24	0.04	0.28	-0.24	0.00	0.24
エネルギー資源消費	MJ	34.15	57.13	22.98	34.15	35.32	1.16
CO2	kg	2.22	4.30	2.08	2.22	2.70	0.48
SOx	g	-0.52	0.45	0.97	-0.52	0.81	1.33
NOx	g	-0.54	0.34	0.88	-0.54	0.52	1.06

(2) コンクリート型枠用パネル

a) 各システムの内訳

表 7-22 コンクリート型枠用パネルのリサイクルシステムの環境負荷

		容リPO・減容品	コンパネ製造	残渣処理	容リコンパネ単純焼却	合計
投入原材料	kg	1.00	0.45	0.54	0.45	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	7.03	6.07	25.49	43.12
CO2	kg	0.22	0.42	0.41	1.81	2.86
SOx	g	0.03	0.20	-0.58	0.00	-0.35
NOx	g	0.10	0.19	-0.71	0.00	-0.42

表 7-23 コンクリート型枠用合板のオリジナルシステムの環境負荷

		木材伐採・輸 入	合板製造(コ ンパネ)	廃棄物処理	木材単純焼 却	合計
投入原材料	kg	0.53	0.53	1.00	0.53	
エネルギー資源消費	MJ	0.25	7.05	34.67	0.07	42.04
CO2	kg	0.08	0.35	2.61	0.00	3.03
Sox	g	0.05	0.21	0.00	0.77	1.03
NOx	g	0.30	0.18	0.05	0.15	0.69

注) ここでは利用回数の差異は考えていない

注) 接着剤は数値として検討しているが重量には含めていない

b) コンクリート型枠用パネルのまとめ

表 7-24 コンクリート型枠用パネルの環境負荷低減効果 (ケース 1)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.05	0.10	0.05
原油	kg	0.17	0.02	-0.16
石炭	kg	-0.21	0.02	0.23
エネルギー消費	MJ	43.12	42.04	-1.08
CO2	kg	2.86	3.03	0.17
SOx	g	-0.35	1.03	1.38
NOx	g	-0.42	0.69	1.11

注) 利用回数の差異は考えていない

表 7-25 コンパネの寿命の差異 (2.5 倍) を考えた場合の環境負荷低減効果 (ケース 1)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.05	0.26	0.21
原油	kg	0.17	0.05	-0.13
石炭	kg	-0.21	0.05	0.26
エネルギー消費	MJ	43.12	53.10	9.98
CO2	kg	2.86	3.67	0.81
SOx	g	-0.35	2.57	2.92
NOx	g	-0.42	1.65	2.06

注) 利用回数をもとに木材の寿命に対してプラの寿命が 2.5 倍あると設定した。

表 7-26 コンパネの寿命の差異（10倍）を考えた場合の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.05	0.52	0.47
原油	kg	0.17	0.09	-0.08
石炭	kg	-0.21	0.10	0.31
エネルギー消費	MJ	43.12	71.54	28.42
CO2	kg	2.86	4.73	1.87
SOx	g	-0.35	5.14	5.49
NOx	g	-0.42	3.24	3.66

注) 利用回数をもとに木材の寿命に対してプラの寿命が2.5倍あると設定した。

(3) 再生樹脂（コンパウンド）

a) 各システムの内訳

表 7-27 再生樹脂（コンパウンド）のリサイクルシステムの環境負荷

		容リPO・減 容品	ペレット・コ ンパウンド	残渣処理	製品単純焼 却	合計
投入原材料	kg	1.00	0.45	0.54	0.45	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	1.85	6.07	20.16	32.61
CO2	kg	0.22	0.08	0.41	1.43	2.14
SOx	g	0.03	0.01	-0.58	0.00	-0.53
NOx	g	0.10	0.04	-0.71	0.00	-0.57

表 7-28 再生樹脂（コンパウンド）のオリジナルシステムの環境負荷

		PE・PP樹脂	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原材料	kg	0.45	1.000	0.45	
エネルギー資源消費	MJ	6.36	34.67	20.31	61.33
CO2	kg	0.73	2.61	1.42	4.75
SOx	g	0.59	0.00	0.00	0.59
NOx	g	0.30	0.05	0.00	0.36

注) ここでは代替率は加味していない

b) 再生樹脂（コンパウンド）のまとめ

表 7-29 再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.03	0.02	-0.01
原油	kg	0.02	0.55	0.54
石炭	kg	-0.24	0.02	0.27
エネルギー資源消費	MJ	32.61	61.33	28.73
CO2	kg	2.14	4.75	2.62
SOx	g	-0.53	0.59	1.13
NOx	g	-0.57	0.36	0.93

注) ここでは代替率は加味していない。

7.2.2 ケミカルリサイクル

ケミカルリサイクル手法のプラ燃焼、残渣処理、廃棄物処理については、いずれもベースケースと同じと設定している。これはプラ燃焼、残渣処理、廃棄物処理のプラスチック燃焼分は相互に打ち消しあい、プラ組成によらないためである。ケミカル手法についてはケース2も同様である。

(1) 油化

a) 各システムの内訳

表 7-30 油化のリサイクルシステムの環境負荷

		油化	プラ燃焼	残渣処理	合計
投入原材料	kg	1.00kg	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.03	35.58	0.00	35.61
CO2	kg	0.00	2.65	0.00	2.65
SOx	g	0.00	0.00	0.00	0.00
NOx	g	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-31 油化のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・ナ フサ	燃焼・A 重油	燃焼・C 重油	燃焼・石 炭	塩酸 (10%)	廃棄物処 理	合計
投入原材料		0.08kg	0.010	0.170	0.11kg	0.07kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.43	0.59	7.00	2.92	0.84	35.72	51.51
CO2	kg	0.31	0.04	0.51	0.28	0.03	2.66	3.84
SOx	g	0.01	0.02	0.78	0.22	0.02	0.00	1.05
NOx	g	0.10	0.01	0.26	0.28	0.02	0.05	0.72

b) 油化のまとめ

表 7-32 油化の環境負荷低減効果 (ケース 1)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.00	0.01	0.01
原油	kg	0.00	0.27	0.27
石炭	kg	0.00	0.11	0.11
エネルギー資源消費	MJ	35.61	51.51	15.89
CO2	kg	2.65	3.84	1.18
SOx	g	0.00	1.05	1.05
NOx	g	0.00	0.72	0.71

(2) ガス化 (アンモニア製造) (炭酸一般製品ケース)

a) 各システムの内訳

表 7-33 ガス化 (アンモニア製造) のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	アンモニア製造	廃プラ・燃焼	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	2.58Nm3	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	12.13	22.94	35.58	0.00	70.65
CO2	kg	0.66	1.19	2.65	0.00	4.50
SOx	g	0.42	0.40	0.00	0.00	0.82
NOx	g	0.31	0.54	0.00	0.00	0.85

表 7-34 ガス化 (アンモニア製造) のオリジナルシステムの環境負荷

		都市ガス	アンモニア製造	炭酸製造	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.47Nm3	0.83Nm3	1.34kg	0.05kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	24.98	23.31	23.02	0.00	35.72	107.04
CO2	kg	1.27	1.30	1.71	0.00	2.66	6.93
SOx	g	0.02	0.62	0.00	0.00	0.00	0.64
NOx	g	0.54	0.58	0.25	0.00	0.00	1.36

b) ガス化（アンモニア製造）（炭酸一般製品ケース）のまとめ

表 7-35 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.26	1.04	0.78
原油	kg	0.25	0.24	-0.01
石炭	kg	0.13	0.05	-0.08
エネルギー資源消費	MJ	70.65	107.04	36.39
CO2	kg	4.50	6.93	2.43
SOx	g	0.82	0.64	-0.18
NOx	g	0.85	1.36	0.51

(3) ガス化（アンモニア製造）（炭酸特殊製品ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-36 ガス化（アンモニア製造）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	アンモニア製造	廃プラ・ 燃焼	新規アンモニア製造	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	2.62Nm3	1.00kg	1.02kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	12.13	23.21	35.58	40.58	0.00	111.50
CO2	kg	0.66	1.21	2.65	1.99	0.00	6.51
SOx	g	0.42	0.40	0.00	0.00	0.00	0.83
NOx	g	0.31	0.54	0.00	0.44	0.00	1.30

表 7-37 ガス化（アンモニア製造）のオリジナルシステムの環境負荷

		都市ガス	アンモニア製造	アンモニア製造B	炭酸製造B	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.47Nm3	0.83kg	1.02kg	1.34kg	0.05kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	24.98	23.31	17.56	23.02	0.00	35.72	124.60
CO2	kg	1.27	1.30	0.28	1.71	0.00	2.66	7.22
SOx	g	0.02	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
NOx	g	0.54	0.58	0.19	0.25	0.00	0.00	1.55

b) ガス化（アンモニア製造）（炭酸特殊製品ケース）のまとめ

表 7-38 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	1.00	1.36	0.36
原油	kg	0.25	0.24	-0.01
石炭	kg	0.13	0.05	-0.08
エネルギー資源消費	MJ	111.50	124.60	13.10
CO2	kg	6.51	7.22	0.71
SOx	g	0.83	0.64	-0.18
NOx	g	1.30	1.55	0.26

(4) ガス化（燃焼）

a) 各システムの内訳

表 7-39 ガス化（燃焼）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	燃焼・廃プラ	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.28	35.58	0.00	37.86
CO2	kg	0.10	2.65	0.00	2.76
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.02
NOx	g	0.05	0.00	0.00	0.05

表 7-40 ガス化（燃焼）オリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・C重油	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.49kg	0.00001kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	20.63	0.00	35.72	56.36
CO2	kg	1.51	0.00	2.66	4.18
SOx	g	2.29	0.00	0.00	2.29
NOx	g	0.76	0.00	0.05	0.82

b) ガス化（燃焼）のまとめ

表 7-41 ガス化（燃焼）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.01	0.00
原油	kg	0.01	0.45	0.44
石炭	kg	0.02	0.00	-0.02
エネルギー資源消費	MJ	37.86	56.36	18.50
CO2	kg	2.76	4.18	1.42
SOx	g	0.02	2.29	2.27
NOx	g	0.05	0.82	0.76

(5) 高炉還元（コークス代替）

a) 各システムの内訳

表 7-42 高炉還元（コークス代替）のリサイクルシステムの環境負荷

		高炉還元 剤	廃プラ・燃 焼	新規 B T X抽出	B T X抽出 (炭化水素油)	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	0.77kg	0.04kg	1.69kg	0.19kg	
エネルギー資源消費	MJ	3.28	30.46	1.99	4.95	5.14	45.82
CO2	kg	0.16	2.30	0.15	0.36	0.35	3.32
SOx	g	0.02	0.00	0.02	0.37	0.00	0.42
NOx	g	0.07	0.00	0.01	0.16	0.01	0.25

表 7-43 高炉還元（コークス代替）のオリジナルシステムの環境負荷

		原料炭	C 重油	B T X抽出 (炭化水素油)	廃棄物処理	合計
投入原材料		1.08kg	0.04kg	1.73kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	31.49	1.81	5.06	35.72	74.09
CO2	kg	3.44	0.13	0.36	2.66	6.61
SOx	g	2.18	0.20	0.38	0.00	2.76
NOx	g	2.74	0.07	0.16	0.05	3.02

b) 高炉還元（コークス代替）のまとめ

表 7-44 高炉還元（コークス代替）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.16	0.15	-0.01
石炭	kg	0.02	1.19	1.16
エネルギー資源消費	MJ	45.82	74.09	28.27
CO2	kg	3.32	6.61	3.29
SOx	g	0.42	2.76	2.34
NOx	g	0.25	3.02	2.77

(6) 高炉還元（微粉炭代替）

a) 各システムの内訳

表 7-45 高炉還元（微粉炭代替）のリサイクルシステムの環境負荷

		高炉還元剤	廃プラ・燃焼	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	0.77kg	0.19kg	
エネルギー資源消費	MJ	3.28	30.46	5.14	38.88
CO2	kg	0.16	2.30	0.35	2.81
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.02
NOx	g	0.07	0.00	0.01	0.08

表 7-46 高炉還元（微粉炭代替）のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・一般炭	重油	廃棄物処理	合計
投入原材料	kg, ℓ	0.82kg	0.07ℓ	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	22.12	2.90	35.72	60.75
CO2	kg	2.51	0.21	2.66	5.39
SOx	g	1.66	0.00	0.00	1.66
NOx	g	2.09	0.00	0.05	2.14

b) 高炉還元（微粉炭代替）のまとめ

表 7-47 高炉還元（微粉炭代替）の環境負荷低減効果（ケース1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.01	0.07	0.05
石炭	kg	0.02	0.83	0.80
エネルギー資源消費	MJ	38.88	60.75	21.87
CO2	kg	2.81	5.39	2.58
SOx	g	0.02	1.66	1.64
NOx	g	0.08	2.14	2.06

(7) コークス炉化学原料化

a) 各システムの内訳

表 7-48 コークス炉化学原料化のリサイクルシステムの環境負荷

		コークス 炉化学原 料化粒	コークス 炉投入	コークス 炉廃プラ 燃焼	B T X 抽 出(炭化水素 油)	残渣処理	合計
投入原材料	kg	1.00kg	0.90kg	0.91kg	0.36kg	0.04kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.88	0.13	35.43	1.04	0.15	39.63
CO2	kg	0.12	0.09	2.64	0.08	0.01	2.94
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.08	0.00	0.10
NOx	g	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.10

表 7-49 コークス炉化学原料化のオリジナルシステムの環境負荷

		原料炭	コーク ス炉投 入	B T X 抽出(炭 化水素油)	新規 BTX 抽出	重油・燃 焼	廃棄物 処理	合計
投入原材料		0.24kg	0.24kg	0.01kg	0.34kg	0.430	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	7.16	0.03	0.04	17.73	18.19	35.72	78.88
CO2	kg	0.78	0.03	0.00	1.35	1.33	2.66	6.16
SOx	g	0.49	0.00	0.00	0.00	2.02	0.00	2.52
NOx	g	0.62	0.00	0.00	0.00	0.67	0.05	1.35

b) コークス炉化学原料化のまとめ

表 7-50 コークス炉化学原料化の環境負荷低減効果 (ケース 1)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.02	0.00
原油	kg	0.03	0.78	0.75
石炭	kg	0.03	0.27	0.25
エネルギー資源消費	MJ	39.63	78.88	39.25
CO2	kg	2.94	6.16	3.22
SOx	g	0.10	2.52	2.42
NOx	g	0.10	1.35	1.25

7.2.3 固形燃料等の燃料の利用

(1) RPF利用 (収率 75%ケース)

a) 各システムの内訳

表 7-51 RPF利用のリサイクルシステムの環境負荷

		RPF	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.47	37.47
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-52 RPFのオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原材料		1.14	1.00	
エネルギー資源消費	MJ	30.72	35.72	66.44
CO2	kg	2.91	2.66	5.57
SOx	g	2.30	0.00	2.31
NOx	g	2.90	0.05	2.95

b) R P F 利用（収率 90%ケース）のまとめ

表 7-53 R P F 利用の環境負荷低減効果（ケース 1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.15	1.13
エネルギー資源消費	MJ	37.47	66.44	28.97
CO2	kg	2.73	5.57	2.84
SOx	g	0.02	2.31	2.29
NOx	g	0.09	2.95	2.86

(2) R P F 利用（収率 90%ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-54 R P F 利用のリサイクルシステムの環境負荷

		R P F	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.45	37.45
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-55 R P F のオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原材料		1.29	1.00	
エネルギー資源消費	MJ	34.82	35.72	70.55
CO2	kg	3.30	2.66	5.96
SOx	g	2.61	0.00	2.62
NOx	g	3.29	0.05	3.34

b) R P F利用（収率 90%ケース）のまとめ

表 7-56 R P F利用の環境負荷低減効果（ケース 1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.30	1.28
エネルギー資源消費	MJ	37.45	70.55	33.10
CO2	kg	2.73	5.96	3.23
SOx	g	0.02	2.62	2.60
NOx	g	0.09	3.34	3.25

(3) セメント焼成（収率 75%ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-57 セメント焼成のリサイクルシステムの環境負荷

		セメント	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.53	37.53
CO2	kg	2.74	2.74
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-58 セメント焼成のオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原料		1.17	1.00	
エネルギー資源消費	MJ	31.42	35.72	67.14
CO2	kg	2.98	2.66	5.64
SOx	g	2.36	0.00	2.36
NOx	g	2.97	0.05	3.02

b) セメント焼成（収率 75%ケース）のまとめ

表 7-59 セメント焼成の環境負荷低減効果（ケース 1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.17	1.16
エネルギー資源消費	MJ	37.53	67.14	29.62
CO2	kg	2.74	5.64	2.90
SOx	g	0.02	2.36	2.34
NOx	g	0.09	3.02	2.93

(4) セメント焼成（収率 90%ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-60 セメント焼成のリサイクルシステムの環境負荷

		セメント	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.50	37.50
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-61 セメント焼成のオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原料		1.32	1.00	
エネルギー資源消費	MJ	35.61	35.72	71.34
CO2	kg	3.38	2.66	6.03
SOx	g	2.67	0.00	2.67
NOx	g	3.36	0.05	3.42

b) セメント焼成（収率 90%ケース）のまとめ

表 7-62 セメント焼成の環境負荷低減効果（ケース 1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.33	1.31
エネルギー資源消費	MJ	37.50	71.34	33.84
CO2	kg	2.73	6.03	3.30
SOx	g	0.02	2.67	2.66
NOx	g	0.09	3.42	3.32

(5) 焼却エネ・回収(10%) (参考)

a) 各システムの内訳

表 7-63 焼却エネ・回収（10%）のリサイクルシステムの環境負荷

		焼却	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	35.74	35.74
CO2	kg	2.66	2.66
SOx	g	0.05	0.05
NOx	g	0.13	0.13

表 7-64 焼却エネ・回収（10%）のオリジナルシステムの環境負荷

		発電電力	単純焼却	合計
投入原材料		0.95kWh	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	9.35	35.72	45.07
CO2	kg	0.40	2.66	3.06
SOx	g	0.07	0.00	0.07
NOx	g	0.20	0.05	0.26

b) 焼却エネ・回収（10%）の環境負荷低減効果（ケース 1）

表 7-65 焼却エネ・回収（10%）の環境負荷低減効果（ケース 1）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.00	0.05	0.05
原油	kg	0.00	0.02	0.02
石炭	kg	0.00	0.08	0.08
エネルギー資源消費	MJ	35.74	45.07	9.34
CO2	kg	2.66	3.06	0.40
SOx	g	0.05	0.07	0.02
NOx	g	0.13	0.26	0.12

7.2.4 ケース1の結果

(1) 材料リサイクル

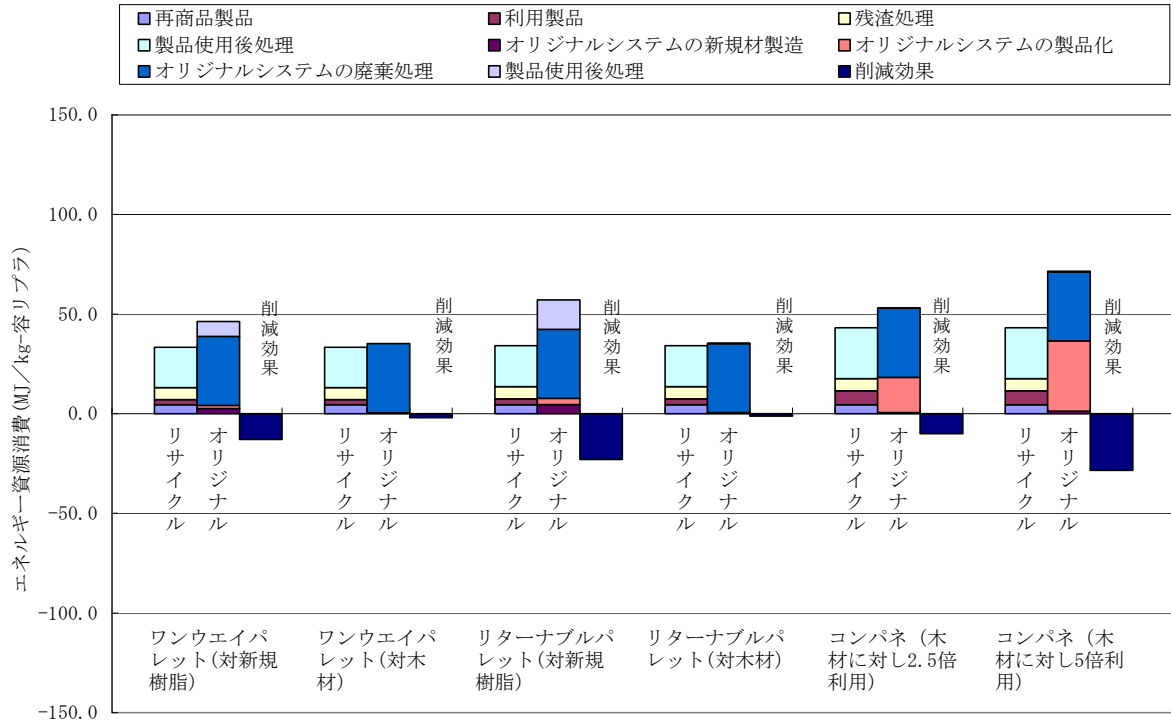


図 7-1 材料リサイクルのエネルギー資源消費削減効果(ケース1)

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。

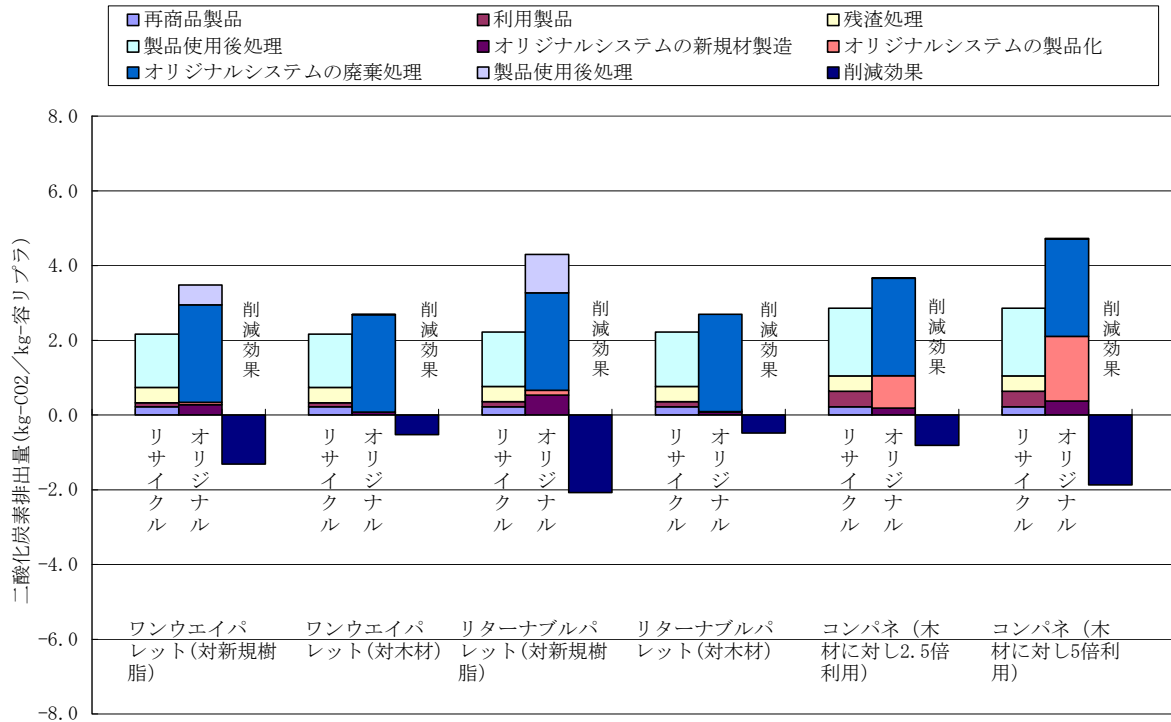


図 7-2 材料リサイクルの二酸化炭素排出削減効果(ケース1)

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。

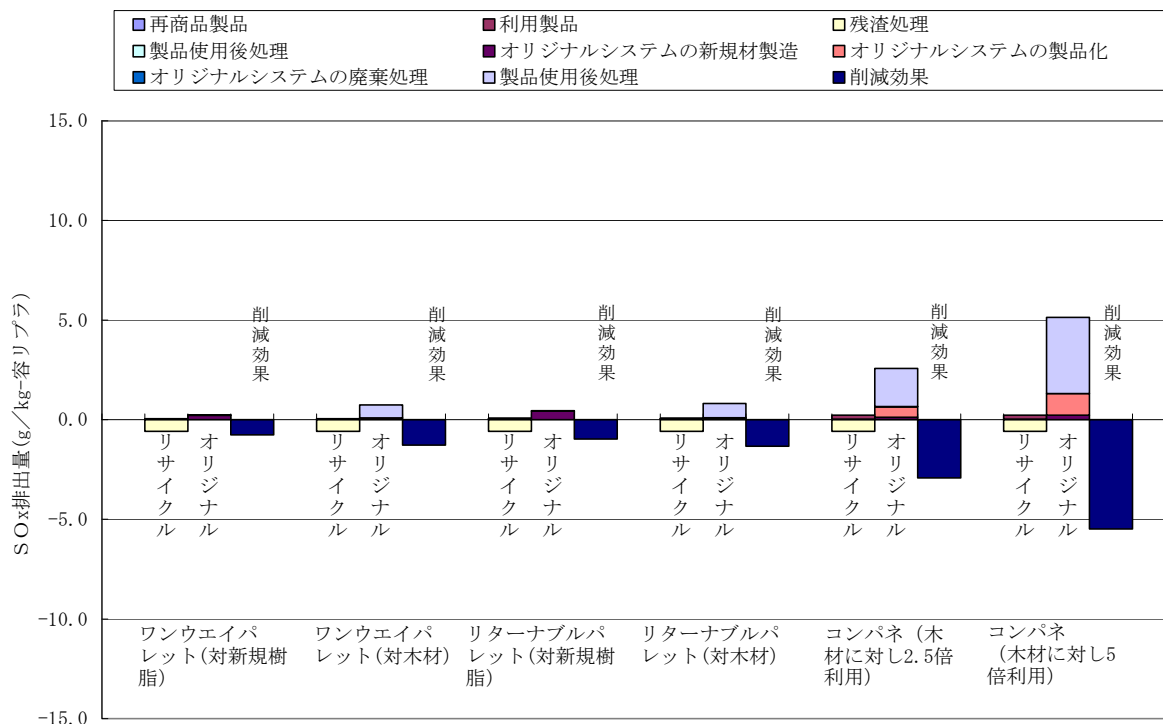


図 7-3 材料リサイクルのSOx削減効果(ケース 1)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

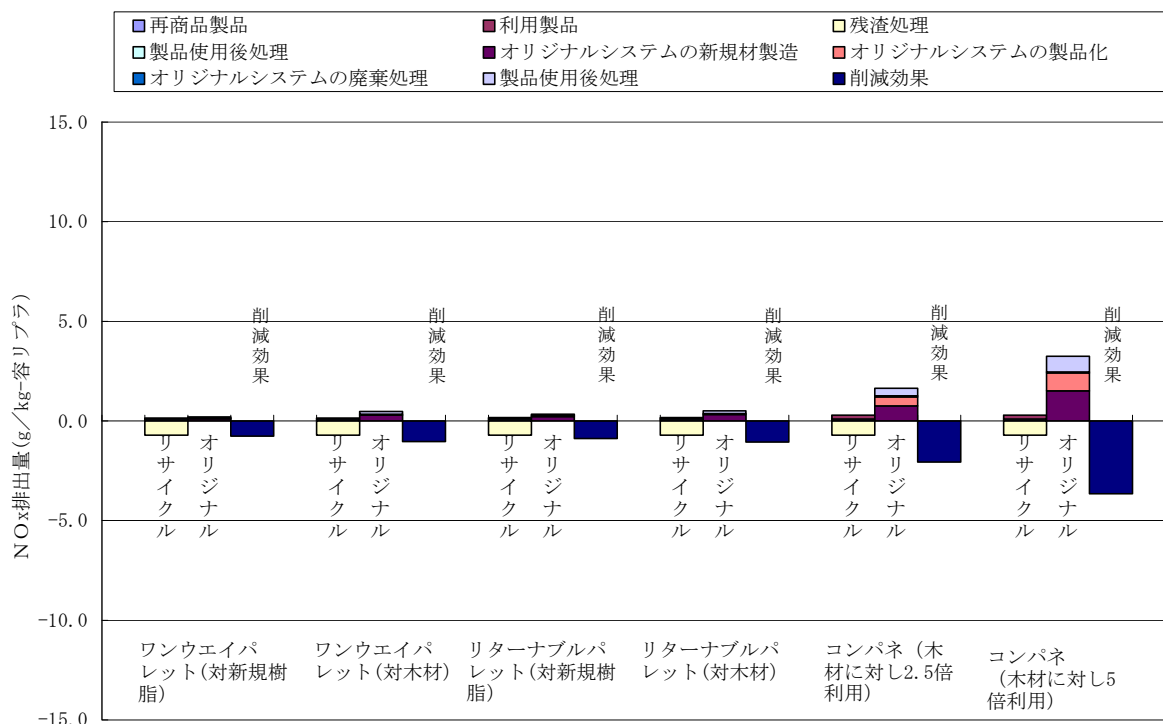


図 7-4 材料リサイクルのNOx削減効果(ケース 1)

注) NOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

(2) ケミカルリサイクル

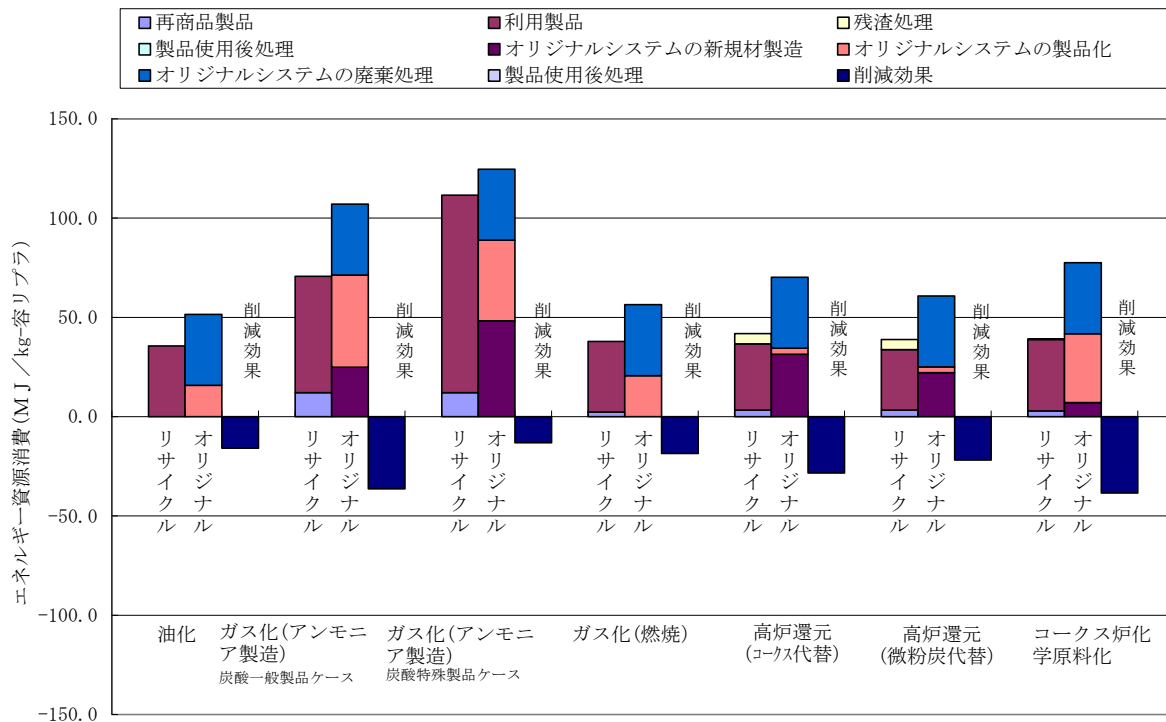


図 7-5 ケミカルリサイクルのエネルギー資源消費削減効果(ケース 1)

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

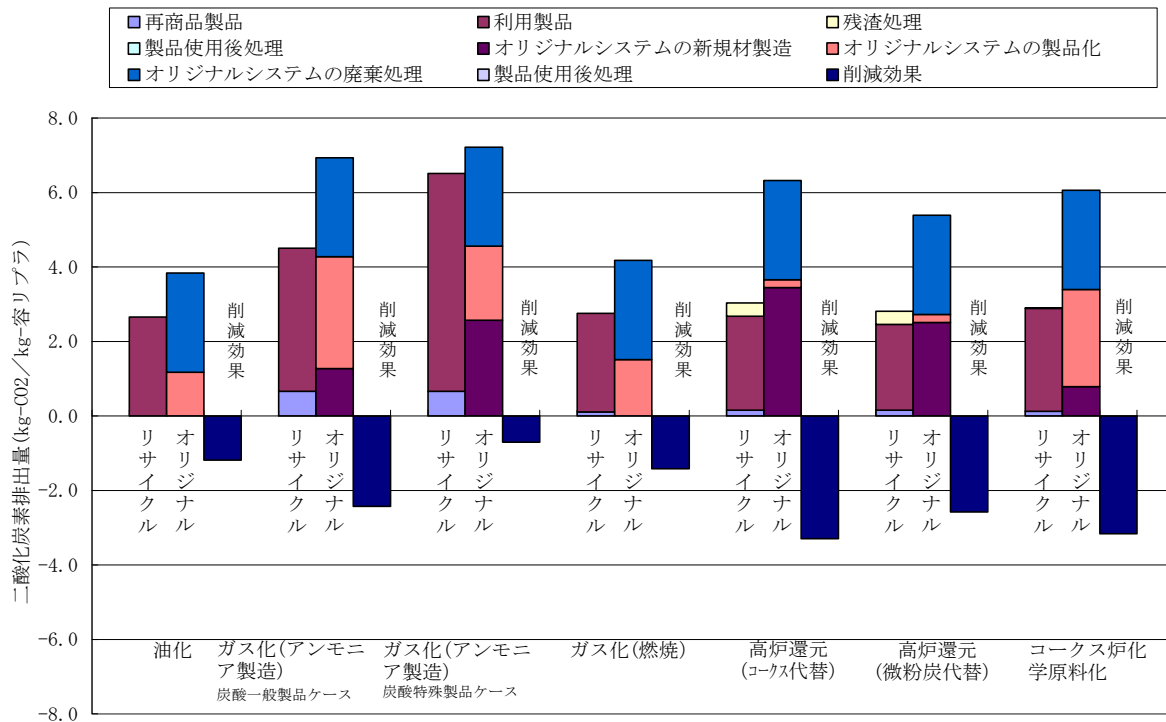


図 7-6 ケミカルリサイクルの二酸化炭素排出削減効果(ケース 1)

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

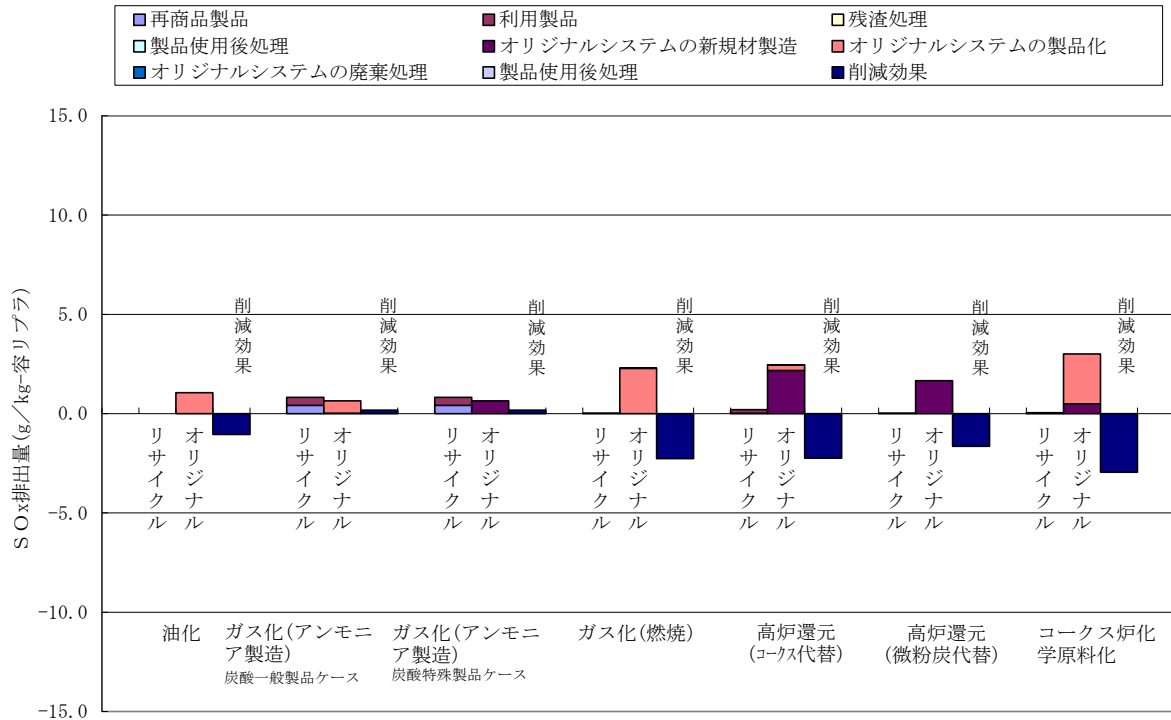


図 7-7 ケミカルリサイクルのSOx削減効果(ケース1)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)

と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

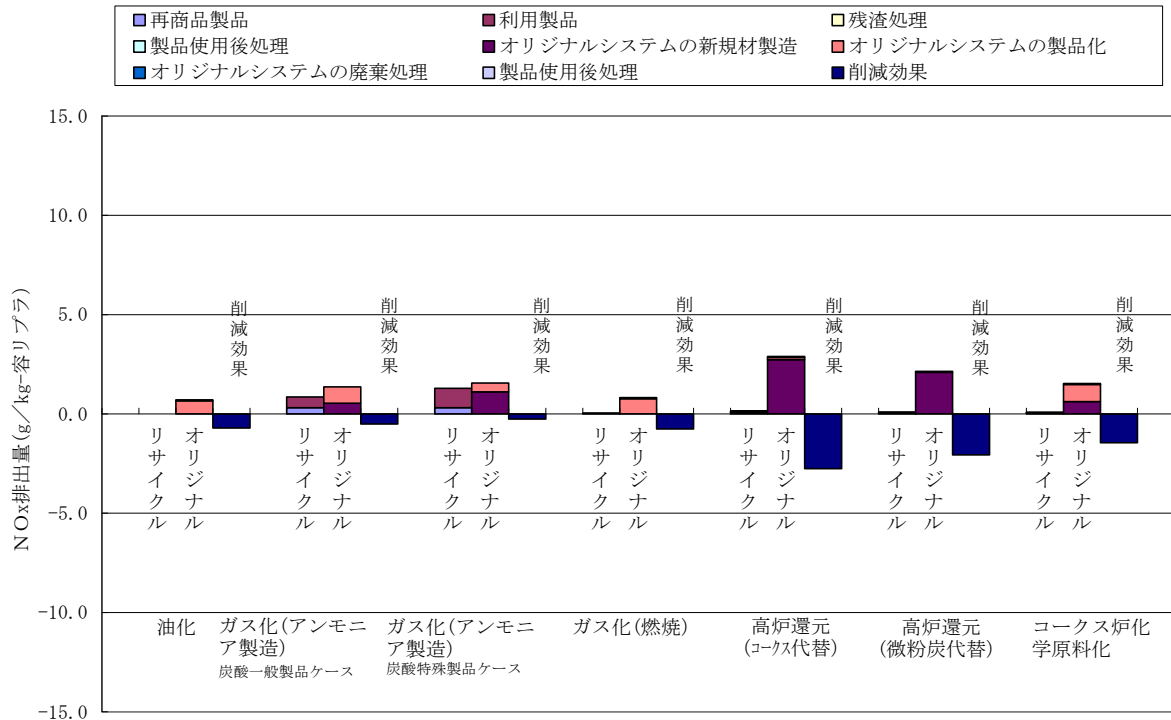


図 7-8 ケミカルリサイクルのNOx削減効果(ケース1)

注) NOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)

と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

(3) 固形燃料等の燃料の利用

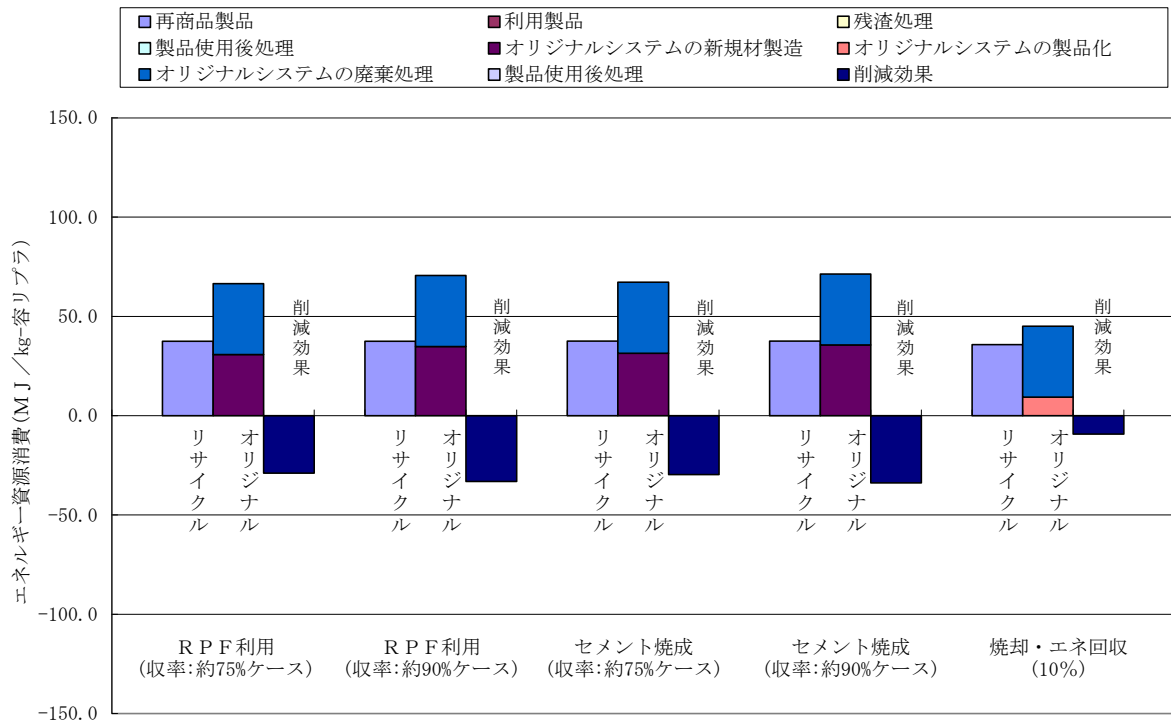


図 7-9 固形燃料等の燃料の利用のエネルギー資源消費削減効果(ケース 1)

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。

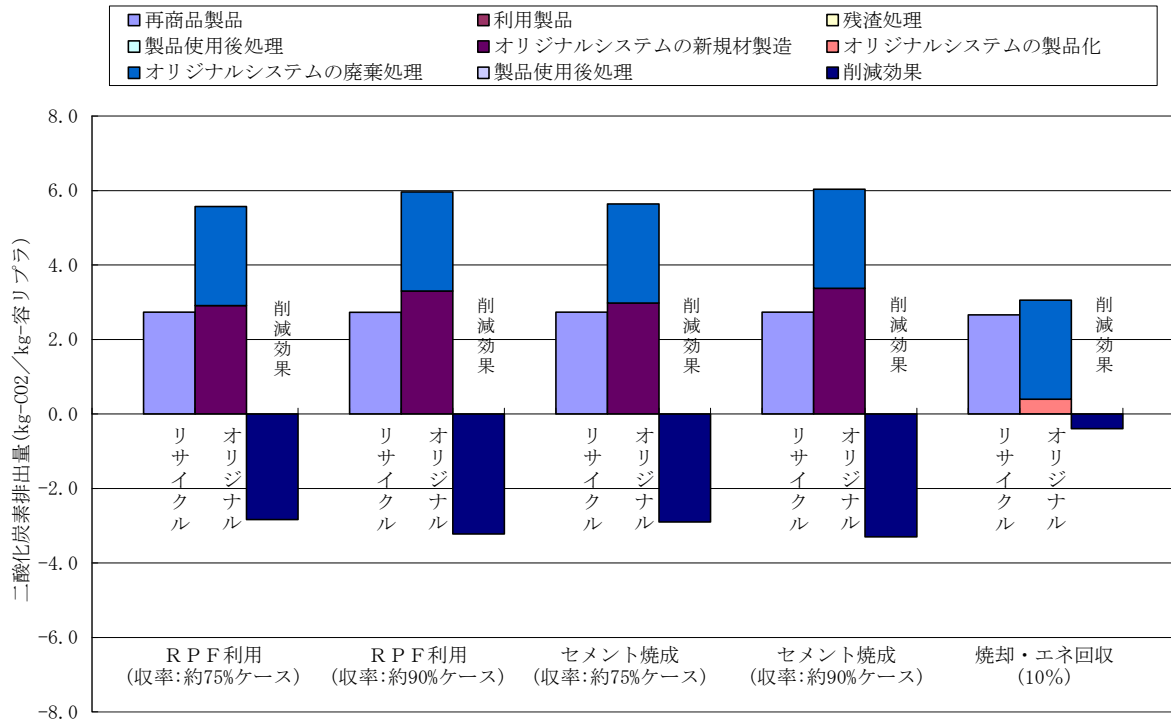


図 7-10 固形燃料等の燃料の利用の二酸化炭素排出削減効果(ケース 1)

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。

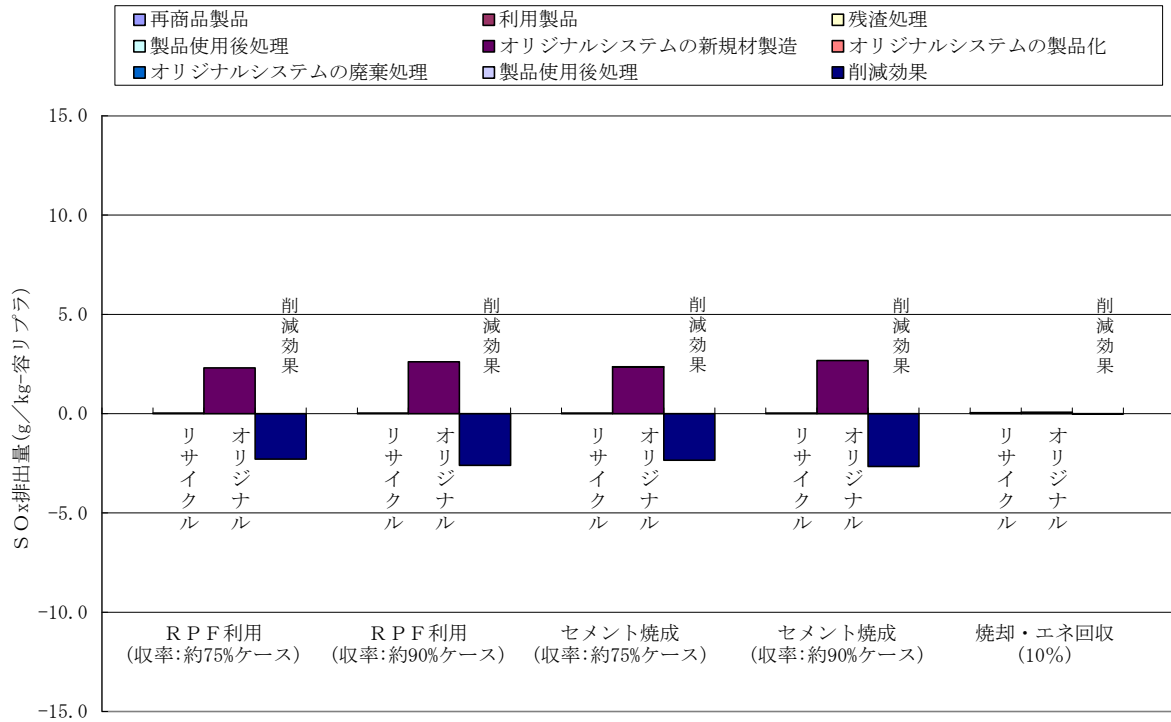


図 7-11 固形燃料等の燃料の利用のSOx削減効果(ケース1)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

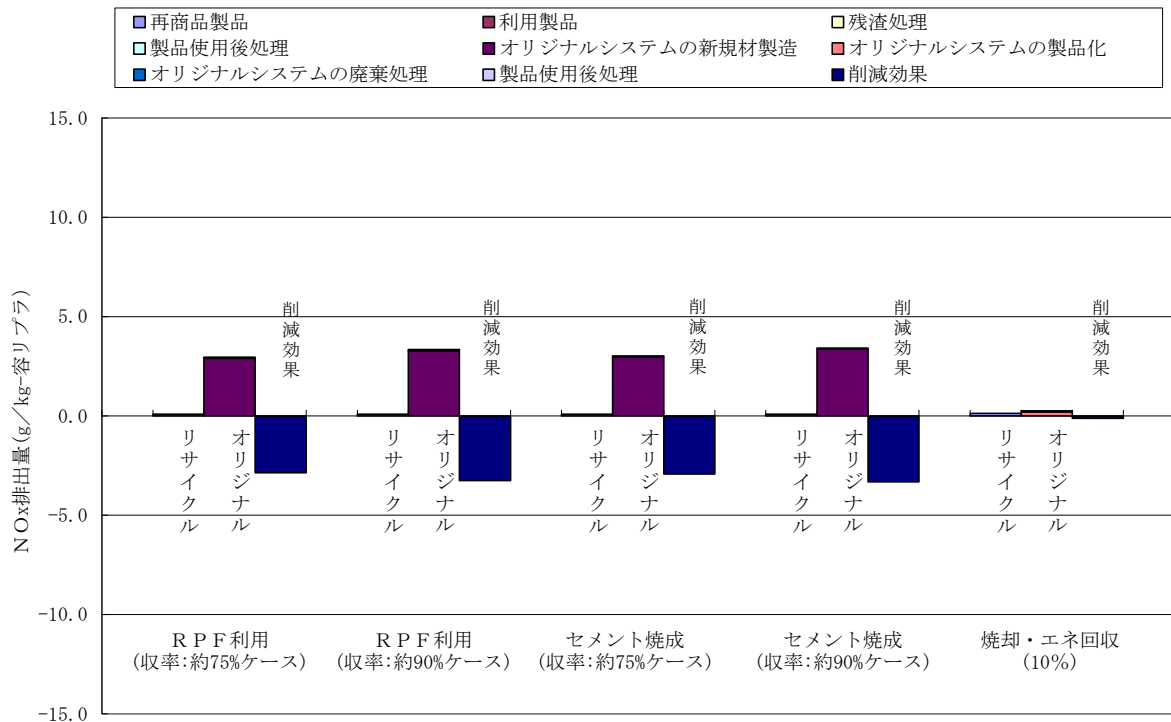


図 7-12 固形燃料等の燃料の利用のNOx削減効果(ケース1)

注) NOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

7.3 ケース2

結果を示すと次のとおりである。

7.3.1 材料リサイクル

(1) パレット

a) ワンウェイパレット

表 7-66 容リパレット (ワンウェイ) のリサイクルシステムの環境負荷

		容リPO・減 容品	容リパレット (ワンウェイ)	残渣処理	製品単純焼 却	合計
投入原材料	kg	1.00kg	0.60kg	0.39kg	0.60kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	3.39	4.36	26.89	39.17
CO2	kg	0.22	0.14	0.29	1.90	2.56
SOx	g	0.03	0.03	-0.42	0.00	-0.36
NOx	g	0.10	0.07	-0.51	0.00	-0.34

表 7-67 新規樹脂パレット (ワンウェイ) のオリジナルシステムの環境負荷

		PP	パレット(ワ ンウェイ)	廃棄物処理	製品単純焼 却	合計
投入原材料		0.23kg	0.23kg	1.00kg	0.23kg	
エネルギー資源消費	MJ	3.45	2.09	37.31	9.92	52.77
CO2	kg	0.37	0.09	2.75	0.71	3.92
SOx	g	0.30	0.02	0.00	0.00	0.31
NOx	g	0.15	0.05	0.05	0.00	0.25

表 7-68 木材パレット (ワンウェイ) のオリジナルシステムの環境負荷

		木材伐採・輸 送・製造	パレット加工 (ワンウェイ)	廃棄物処理	単純焼却	合計
投入原材料		0.64kg	0.60kg	1.00kg	0.60kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.66	0.05	37.31	0.08	38.10
CO2	kg	0.11	0.00	2.75	0.00	2.86
SOx	g	0.12	0.00	0.00	0.87	0.99
NOx	g	0.39	0.00	0.05	0.18	0.62

b) リターナブルパレット

表 7-69 容リパレット (リターナブル) のリサイクルシステムの環境負荷

		容リ P O・減容品	新規樹脂 製造+パレ ット製造	容リパレット (リターナブル)	残渣処理	製品単純 焼却	製品(新規 樹脂)単純 焼却	合計
投入原材料		1.00kg	0.01kg	0.60kg	0.48kg	0.60kg	0.01kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	0.22	3.69	4.36	26.89	0.49	40.19
CO2	kg	0.22	0.02	0.16	0.29	1.90	0.02	2.61
SOx	g	0.03	0.01	0.03	-0.42	0.00	0.01	-0.33
NOx	g	0.10	0.01	0.08	-0.51	0.00	0.01	-0.31

表 7-70 新規樹脂パレット (リターナブル) のオリジナルシステムの環境負荷

		P P / P E	パレット(リ ターナブル)	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原材料	kg	0.44	0.44	1.00	0.44	
エネルギー資源消費	MJ	6.17	4.05	37.31	19.72	67.26
CO2	kg	0.71	0.17	2.75	1.38	5.01
SOx	g	0.57	0.03	0.00	0.00	0.60
NOx	g	0.29	0.09	0.05	0.00	0.44

表 7-71 木材パレット (リターナブル) のオリジナルシステムの環境負荷

		木材伐採・輸 送・製造	パレット加工 (リターナブル)	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原材料		0.70kg	0.66kg	1.00kg	0.66kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.72	0.06	37.31	0.09	38.18
CO2	kg	0.12	0.00	2.75	0.00	2.88
SOx	g	0.13	0.00	0.00	0.95	1.08
NOx	g	0.42	0.00	0.05	0.19	0.67

c) パレットのまとめ

表 7-72 パレット（ワンウェイ）の環境負荷低減効果（ケース2）

		ワンウェイ（新規樹脂）との比較			ワンウェイ（木材）との比較		
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果	リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果
天然ガス	kg	0.04	0.02	-0.02	0.04	0.00	-0.03
原油	kg	0.02	0.28	0.26	0.02	0.01	-0.01
石炭	kg	-0.15	0.03	0.18	-0.15	0.00	0.15
エネルギー資源消費	MJ	39.17	52.77	13.61	39.17	38.10	-1.06
CO2	kg	2.56	3.92	1.36	2.56	2.86	0.30
SOx	g	-0.36	0.31	0.67	-0.36	0.99	1.35
NOx	g	-0.34	0.25	0.59	-0.34	0.62	0.95

表 7-73 パレット（リターナブル）の環境負荷低減効果（ケース2）

		リターナブル（新規樹脂）との比較			リターナブル（木材）との比較		
		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果	リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷削減効果
天然ガス	kg	0.04	0.04	0.00	0.04	0.00	-0.04
原油	kg	0.03	0.55	0.51	0.03	0.01	-0.02
石炭	kg	-0.14	0.05	0.20	-0.14	0.01	0.15
エネルギー資源消費	MJ	40.19	67.26	27.07	40.19	38.18	-2.01
CO2	kg	2.61	5.01	2.40	2.61	2.88	0.26
SOx	g	-0.33	0.60	0.94	-0.33	1.08	1.41
NOx	g	-0.31	0.44	0.75	-0.31	0.67	0.98

(2) コンクリート型枠用パネル

a) 各システムの内訳

表 7-74 コンクリート型枠用パネルのリサイクルシステムの環境負荷

		容リPO・減容品	コンパネ製造	残渣処理	容リコンパネ単純焼却	合計
投入原材料	kg	1.00kg	0.60kg	0.39kg	0.60kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	9.38	4.36	33.99	52.26
CO2	kg	0.22	0.56	0.29	2.41	3.48
Sox	g	0.03	0.26	-0.42	0.00	-0.12
NOx	g	0.10	0.26	-0.51	0.00	-0.15

表 7-75 コンクリート型枠用合板のオリジナルシステムの環境負荷

		木材伐採・輸 入	合板製造(コ ンパネ)	廃棄物処理	木材単純焼 却	合計
投入原材料	kg	0.70kg	0.70kg	1.00kg	0.70kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.34	9.40	37.31	0.09	47.14
CO2	kg	0.10	0.46	2.75	0.00	3.32
Sox	g	0.06	0.29	0.00	1.02	1.37
NOx	g	0.40	0.24	0.05	0.21	0.90

注) ここでは利用回数の差異は考えていない

注) 接着剤は数値として検討しているが重量には含めていない

b) コンクリート型枠用パネルのまとめ

表 7-76 コンクリート型枠用パネルの環境負荷低減効果 (ケース2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.06	0.14	0.08
原油	kg	0.23	0.02	-0.20
石炭	kg	-0.11	0.03	0.14
エネルギー消費	MJ	52.26	47.14	-5.11
CO2	kg	3.48	3.32	-0.16
SOx	g	-0.12	1.37	1.49
NOx	g	-0.15	0.90	1.05

注) 利用回数の差異は考えていない

表 7-77 コンパネの寿命の差異 (2.5倍) を考えた場合の環境負荷低減効果 (ケース2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.06	0.35	0.28
原油	kg	0.23	0.06	-0.17
石炭	kg	-0.11	0.07	0.18
エネルギー消費	MJ	52.26	61.89	9.64
CO2	kg	3.48	4.17	0.68
SOx	g	-0.12	3.43	3.55
NOx	g	-0.15	2.18	2.33

表 7-78 コンパネの寿命の差異（5倍）を考えた場合の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.06	0.69	0.63
原油	kg	0.23	0.12	-0.11
石炭	kg	-0.11	0.13	0.24
エネルギー消費	MJ	52.26	86.47	34.22
CO2	kg	3.48	5.58	2.10
SOx	g	-0.12	6.85	6.98
NOx	g	-0.15	4.30	4.45

（3）再生樹脂（コンパウンド）

a) 各システムの内訳

表 7-79 再生樹脂（コンパウンド）のリサイクルシステムの環境負荷

		容リPO・減 容品	ペレット・コ ンパウンド	残渣処理	製品単純焼 却	合計
投入原材料	kg	1.00kg	0.60kg	0.39kg	0.60kg	
エネルギー資源消費	MJ	4.53	2.46	4.36	26.89	38.24
CO2	kg	0.22	0.10	0.29	1.90	2.52
SOx	g	0.03	0.02	-0.42	0.00	-0.37
NOx	g	0.10	0.05	-0.51	0.00	-0.36

表 7-80 再生樹脂（コンパウンド）のオリジナルシステムの環境負荷

		PE・PP樹脂	廃棄物処理	製品単純焼却	合計
投入原材料		0.60 kg	1.00 kg	0.60 kg	
エネルギー資源消費	MJ	8.48	37.31	27.08	72.87
CO2	kg	0.97	2.75	1.89	5.62
SOx	g	0.78	0.00	0.00	0.79
NOx	g	0.40	0.05	0.00	0.46

注) ここでは代替率1として検討

b) 再生樹脂（コンパウンド）のまとめ

表 7-81 再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.03	0.02	-0.01
原油	kg	0.02	0.74	0.72
石炭	kg	-0.16	0.03	0.18
エネルギー消費	MJ	38.24	72.87	34.63
CO2	kg	2.52	5.62	3.09
SOx	g	-0.37	0.79	1.15
NOx	g	-0.36	0.46	0.82

注) 代替率1の場合

7.3.2 ケミカルリサイクル

(1) 油化

a) 各システムの内訳

表 7-82 油化のリサイクルシステムの環境負荷

		油化	プラ燃焼	残渣処理	合計
投入原材料	kg	1.00kg	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	0.03	35.58	0.00	35.61
CO2	kg	0.00	2.65	0.00	2.65
SOx	g	0.00	0.00	0.00	0.00
NOx	g	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-83 油化のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・ナ フサ	燃焼・A 重油	燃焼・C 重油	燃焼・石 炭	塩酸 (10%)	廃棄物処 理	合計
投入原材料		0.11kg	0.020	0.210	0.12kg	0.08kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	5.36	0.68	8.89	3.34	0.95	35.72	54.94
CO2	kg	0.37	0.05	0.65	0.32	0.04	2.66	4.09
SOx	g	0.01	0.02	0.99	0.25	0.02	0.00	1.30
NOx	g	0.12	0.01	0.33	0.32	0.02	0.05	0.85

b) 油化のまとめ

表 7-84 油化の環境負荷低減効果 (ケース 2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.00	0.01	0.01
原油	kg	0.00	0.34	0.34
石炭	kg	0.00	0.13	0.13
エネルギー消費	MJ	35.61	54.94	19.33
CO2	kg	2.65	4.09	1.44
SOx	g	0.00	1.30	1.30
NOx	g	0.00	0.85	0.85

(2) ガス化 (アンモニア製造) (炭酸一般製品ケース)

a) 各システムの内訳

表 7-85 ガス化 (アンモニア製造) のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	アンモニア製造	廃プラ・燃焼	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	2.66Nm3	1.00kg	0.02kg	
エネルギー資源消費	MJ	12.13	23.61	35.58	0.00	71.32
CO2	kg	0.66	1.23	2.65	0.00	4.54
SOx	g	0.42	0.41	0.00	0.00	0.83
NOx	g	0.31	0.55	0.00	0.00	0.87

表 7-86 ガス化 (アンモニア製造) のオリジナルシステムの環境負荷

		都市ガス	アンモニア製造	炭酸製造	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.52Nm3	0.94Nm3	1.51kg	0.05kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	28.12	26.25	25.92	0.00	35.72	116.02
CO2	kg	1.43	1.46	1.92	0.00	2.66	7.47
SOx	g	0.02	0.70	0.00	0.00	0.00	0.72
NOx	g	0.60	0.65	0.28	0.00	0.00	1.54

b) ガス化（アンモニア製造）（炭酸一般製品ケース）のまとめ

表 7-87 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.27	1.17	0.90
原油	kg	0.25	0.27	0.02
石炭	kg	0.13	0.05	-0.08
エネルギー消費	MJ	71.32	116.02	44.70
CO2	kg	4.54	7.47	2.93
SOx	g	0.83	0.72	-0.11
NOx	g	0.87	1.54	0.67

(3) ガス化（アンモニア製造）（炭酸特殊製品ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-88 ガス化（アンモニア製造）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	アンモニア製造	廃プラ・燃焼	新規アンモニア製造	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	2.62Nm3	1.00kg	1.20kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	12.13	23.21	35.58	47.57	0.00	118.49
CO2	kg	0.66	1.21	2.65	2.33	0.00	6.85
SOx	g	0.42	0.40	0.00	0.00	0.00	0.83
NOx	g	0.31	0.54	0.00	0.51	0.00	1.37

表 7-89 ガス化（アンモニア製造）のオリジナルシステムの環境負荷

		都市ガス	アンモニア製造	アンモニア製造B	炭酸製造B	砕石・砕砂	廃棄物処理	都市ガス
投入原材料		0.52Nm3	0.94Nm3	1.15kg	1.51kg	0.05kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	28.12	26.25	19.77	25.92	0.00	35.72	135.79
CO2	kg	1.43	1.46	0.32	1.92	0.00	2.66	7.79
SOx	g	0.02	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72
NOx	g	0.60	0.65	0.21	0.28	0.00	0.00	1.75

b) ガス化（アンモニア製造）（炭酸特殊製品ケース）のまとめ

表 7-90 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	1.10	1.53	0.44
原油	kg	0.25	0.27	0.02
石炭	kg	0.13	0.06	-0.07
エネルギー消費	MJ	116.61	135.79	19.18
CO2	kg	6.76	7.79	1.03
SOx	g	0.83	0.72	-0.10
NOx	g	1.35	1.75	0.40

(4) ガス化（燃焼）

a) 各システムの内訳

表 7-91 ガス化（燃焼）のリサイクルシステムの環境負荷

		ガス化	燃焼・廃プラ	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	1.00kg	0.03kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.28	35.58	0.00	37.86
CO2	kg	0.10	2.65	0.00	2.76
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.02
NOx	g	0.05	0.00	0.00	0.05

表 7-92 ガス化（燃焼）オリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・C重油	砕石・砕砂	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.54t	0.00kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	22.86	0.00	35.72	58.59
CO2	kg	1.68	0.00	2.66	4.34
SOx	g	2.53	0.00	0.00	2.54
NOx	g	0.85	0.00	0.05	0.90

b) ガス化（燃焼）のまとめ

表 7-93 ガス化（燃焼）の環境負荷低減効果（ケース 2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.01	0.00
原油	kg	0.01	0.50	0.49
石炭	kg	0.02	0.00	-0.02
エネルギー消費	MJ	37.86	58.59	20.73
CO2	kg	2.76	4.34	1.58
SOx	g	0.02	2.54	2.51
NOx	g	0.05	0.90	0.85

(5) 高炉還元（コークス代替）

表 7-94 高炉還元（コークス代替）のリサイクルシステムの環境負荷

		高炉還元 剤	廃プラ・燃 焼	新規 B T X抽出	B T X 抽出 (炭化水素油)	残渣処 理	合計
投入原材料		1.00kg	0.77kg	0.04kg	1.78kg	0.19kg	
エネルギー資源消費	MJ	3.28	30.46	2.09	4.51	5.14	45.47
CO2	kg	0.16	2.30	0.16	0.32	0.35	3.29
SOx	g	0.02	0.00	0.02	0.34	0.00	0.39
NOx	g	0.07	0.00	0.01	0.14	0.01	0.23

表 7-95 高炉還元（コークス代替）のオリジナルシステムの環境負荷

		原料炭	C 重油	B T X 抽出 (炭化水素油)	廃棄物処理	合計
投入原材料		1.13kg	0.050	1.82kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	33.03	1.90	5.31	35.72	75.97
CO2	kg	3.61	0.14	0.38	2.66	6.80
SOx	g	2.28	0.21	0.40	0.00	2.90
NOx	g	2.87	0.07	0.17	0.05	3.16

表 7-96 高炉還元（コークス代替）の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.16	0.16	0.00
石炭	kg	0.02	1.24	1.22
エネルギー消費	MJ	45.47	75.97	30.50
CO2	kg	3.29	6.80	3.51
SOx	g	0.39	2.90	2.51
NOx	g	0.23	3.16	2.93

(6) 高炉還元（微粉炭代替）

表 7-97 高炉還元（微粉炭代替）のリサイクルシステムの環境負荷

		高炉還元剤	廃プラ・燃焼	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	0.77kg	0.18kg	
エネルギー資源消費	MJ	3.28	30.46	5.14	38.88
CO2	kg	0.16	2.30	0.35	2.81
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.02
NOx	g	0.07	0.00	0.01	0.08

表 7-98 高炉還元（微粉炭代替）のオリジナルシステムの環境負荷

		燃焼・一般炭	重油	廃棄物処理	合計
投入原材料		0.86kg	0.07ℓ	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	23.21	3.05	35.72	61.98
CO2	kg	2.64	0.22	2.66	5.52
SOx	g	1.74	0.00	0.00	1.74
NOx	g	2.19	0.00	0.05	2.24

表 7-99 高炉還元（微粉炭代替）の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.00	-0.01
原油	kg	0.01	0.07	0.06
石炭	kg	0.02	0.87	0.84
エネルギー消費	MJ	38.88	61.98	23.10
CO2	kg	2.81	5.52	2.71
SOx	g	0.02	1.74	1.72
NOx	g	0.08	2.24	2.16

(7) コークス炉化学原料化

a) 各システムの内訳

表 7-100 コークス炉化学原料化のリサイクルシステムの環境負荷

		コークス 炉化学原 料化粒	コークス 炉投入	コークス 炉廃プラ 燃焼	B T X 抽 出(炭化水素 油)	残渣処理	合計
投入原材料		1.00kg	0.93kg	0.91kg	0.38kg	0.04kg	
エネルギー資源消費	MJ	2.88	0.13	35.43	1.11	0.15	39.70
CO2	kg	0.12	0.10	2.64	0.08	0.01	2.95
SOx	g	0.02	0.00	0.00	0.08	0.00	0.11
NOx	g	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.10

表 7-101 コークス炉化学原料化のオリジナルシステムの環境負荷

		原料炭	コークス 炉投入	B T X 抽 出(炭化水 素油)	新規 BTX 抽出	重油・燃 焼	廃棄物処 理	合計
投入原材料		0.26kg	0.26kg	0.02kg	0.36kg	0.460	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	7.57	0.04	0.05	18.76	19.24	35.72	81.37
CO2	kg	0.83	0.03	0.00	1.43	1.41	2.66	6.36
SOx	g	0.52	0.00	0.00	0.00	2.13	0.00	2.66
NOx	g	0.66	0.00	0.00	0.00	0.71	0.05	1.43

b) コークス炉化学原料化のまとめ

表 7-102 コークス炉化学原料化の環境負荷低減効果 (ケース2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.02	0.02	0.00
原油	kg	0.03	0.83	0.80
石炭	kg	0.03	0.29	0.26
エネルギー消費	MJ	39.70	81.37	41.68
CO2	kg	2.95	6.36	3.41
SOx	g	0.11	2.66	2.56
NOx	g	0.10	1.43	1.33

7.3.3 固形燃料等の燃料の利用

(1) RPF利用（収率75%ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-103 RPF利用のリサイクルシステムの環境負荷

		RPF	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.47	37.47
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-104 RPFのオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原材料		1.22kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	32.72	35.72	68.45
CO2	kg	3.10	2.66	5.76
SOx	g	2.46	0.00	2.46
NOx	g	3.09	0.05	3.14

b) RPF利用（収率75%ケース）のまとめ

表 7-105 RPF利用の環境負荷低減効果（ケース2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.22	1.21
エネルギー消費	MJ	37.47	68.45	30.97
CO2	kg	2.73	5.76	3.03
SOx	g	0.02	2.46	2.44
NOx	g	0.09	3.14	3.05

(2) RPF利用 (収率 90%ケース)

a) 各システムの内訳

表 7-106 RPF利用のリサイクルシステムの環境負荷

		RPF	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.45	37.45
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-107 RPFのオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原材料		1.39kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.53	35.72	73.26
CO2	kg	3.56	2.66	6.22
SOx	g	2.82	0.00	2.82
NOx	g	3.54	0.05	3.60

b) RPF利用 (収率 90%ケース) のまとめ

表 7-108 RPF利用の環境負荷低減効果 (ケース 2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.40	1.39
エネルギー消費	MJ	37.45	73.26	35.81
CO2	kg	2.73	6.22	3.48
SOx	g	0.02	2.82	2.80
NOx	g	0.09	3.60	3.51

(3) セメント焼成（収率 75%ケース）

a) 各システムの内訳

表 7-109 セメント焼成のリサイクルシステムの環境負荷

		セメント	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.53	37.53
CO2	kg	2.74	2.74
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-110 セメント焼成のオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原料		1.24kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	33.47	35.72	69.19
CO2	kg	3.17	2.66	5.83
SOx	g	2.51	0.00	2.51
NOx	g	3.16	0.05	3.21

b) セメント焼成（収率 75%ケース）のまとめ

表 7-111 セメント焼成の環境負荷低減効果（ケース 2）

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.25	1.23
エネルギー消費	MJ	37.53	69.19	31.66
CO2	kg	2.74	5.83	3.09
SOx	g	0.02	2.51	2.50
NOx	g	0.09	3.21	3.12

(4) セメント焼成 (収率 90%ケース)

a) 各システムの内訳

表 7-112 セメント焼成のリサイクルシステムの環境負荷

		セメント	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	37.50	37.50
CO2	kg	2.73	2.73
SOx	g	0.02	0.02
NOx	g	0.09	0.09

表 7-113 セメント焼成のオリジナルシステムの環境負荷

		一般炭・燃焼	単純焼却	合計
投入原料		1.45kg	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	38.39	35.72	74.11
CO2	kg	3.64	2.66	6.30
SOx	g	2.88	0.00	2.88
NOx	g	3.62	0.05	3.68

b) セメント焼成 (収率 90%ケース) のまとめ

表 7-114 セメント焼成の環境負荷低減効果 (ケース 2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.01	0.00	-0.01
原油	kg	0.00	0.01	0.00
石炭	kg	0.02	1.43	1.42
エネルギー消費	MJ	37.50	74.11	36.61
CO2	kg	2.73	6.30	3.56
SOx	g	0.02	2.88	2.87
NOx	g	0.09	3.68	3.58

(5) 焼却エネ・回収(10%) (参考)

a) 各システムの内訳

表 7-115 焼却エネ・回収(10%)のリサイクルシステムの環境負荷

		焼却	合計
投入原材料		1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	35.74	35.74
CO2	kg	2.66	2.66
SOx	g	0.05	0.05
NOx	g	0.13	0.13

表 7-116 焼却エネ・回収(10%)のオリジナルシステムの環境負荷

		発電電力	単純焼却	合計
投入原材料		1.03kWh	1.00kg	
エネルギー資源消費	MJ	10.07	35.72	45.79
CO2	kg	0.43	2.66	3.09
SOx	g	0.08	0.00	0.08
NOx	g	0.22	0.05	0.27

b) 焼却エネ・回収のまとめ

表 7-117 焼却エネ・回収の環境負荷低減効果(ケース2)

		リサイクルシステム	オリジナルシステム	環境負荷効果
天然ガス	kg	0.00	0.05	0.05
原油	kg	0.00	0.02	0.02
石炭	kg	0.00	0.09	0.08
エネルギー消費	MJ	35.74	45.79	10.05
CO2	kg	2.66	3.09	0.43
SOx	g	0.05	0.08	0.03
NOx	g	0.13	0.27	0.14

7.3.4 ケース2の結果

(1) 材料リサイクル

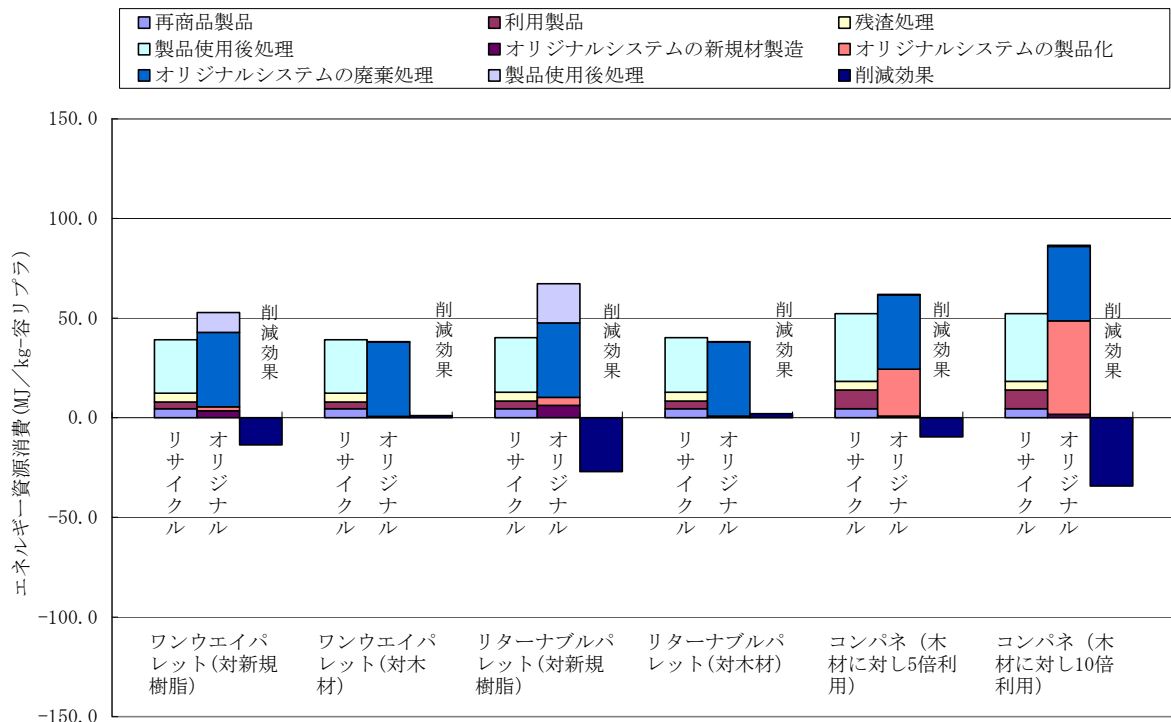


図 7-13 材料リサイクルのエネルギー資源消費削減効果 (ケース2)

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。

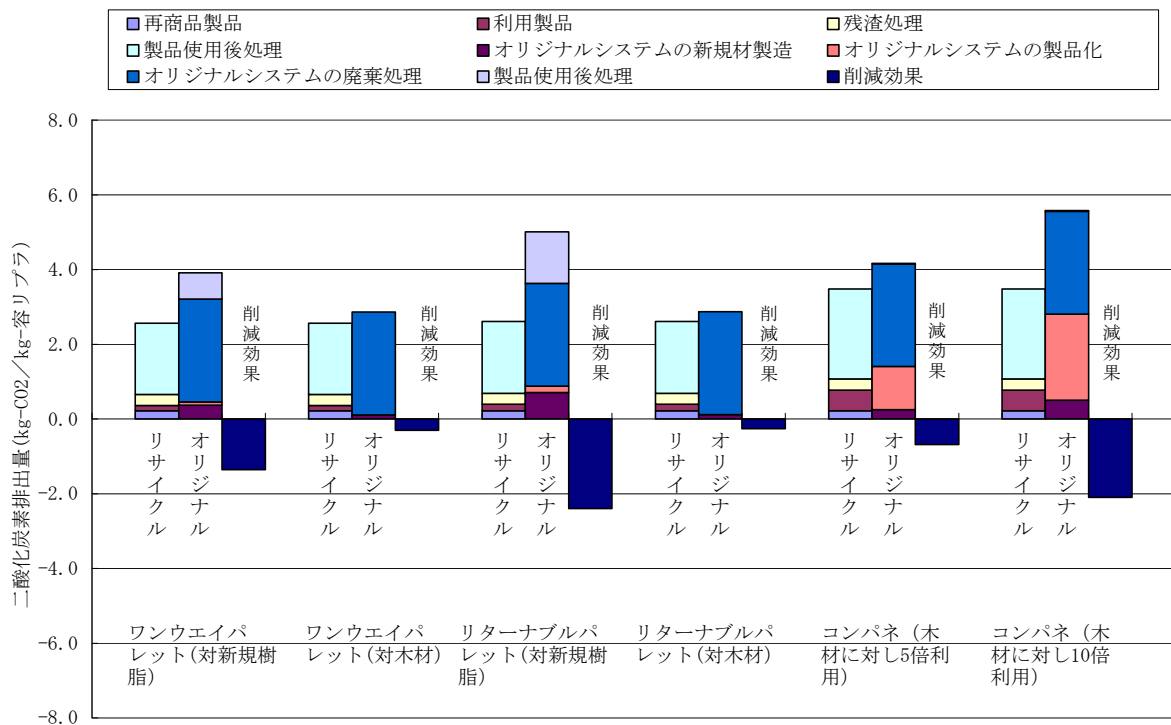


図 7-14 材料リサイクルの二酸化炭素排出削減効果 (ケース2)

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。

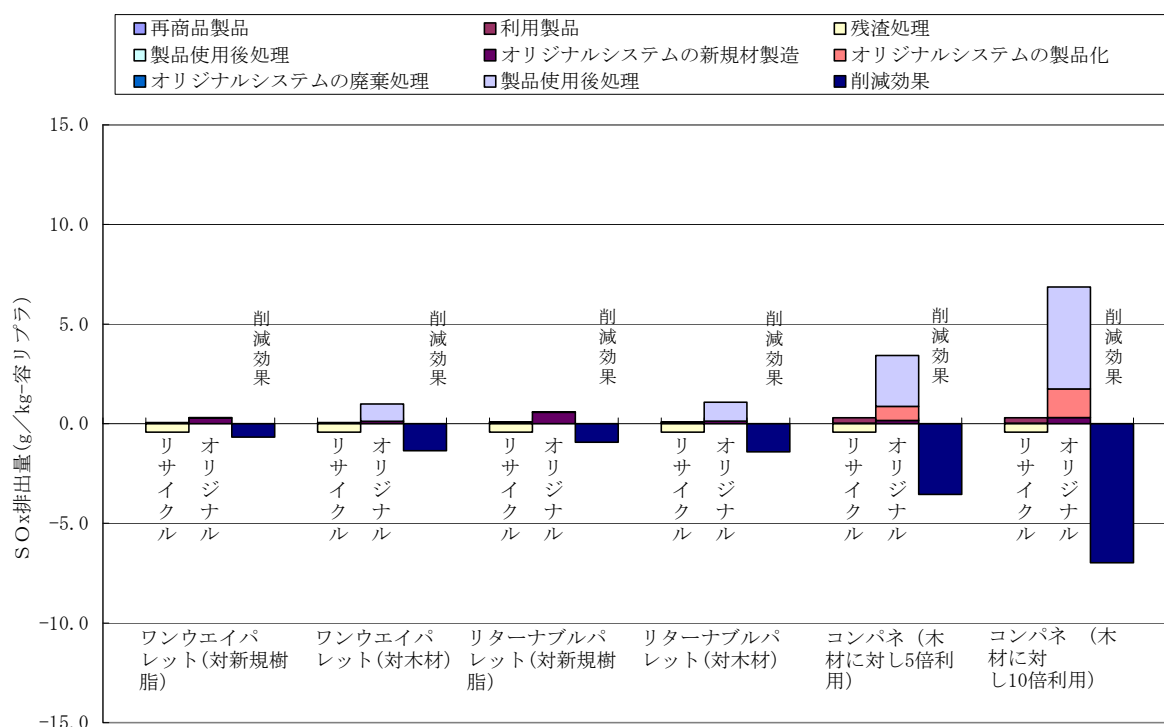


図 7-15 材料リサイクルのSOx削減効果(ケース2)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

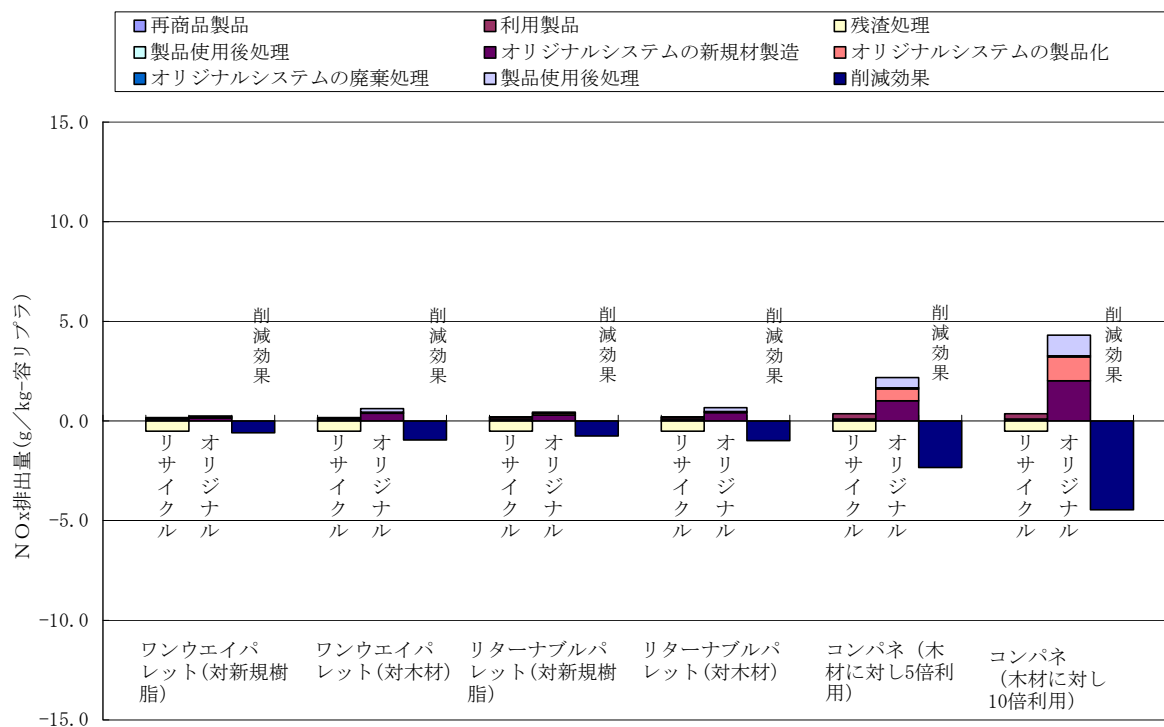


図 7-16 材料リサイクルのNOx削減効果(ケース2)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

(2) ケミカルリサイクル

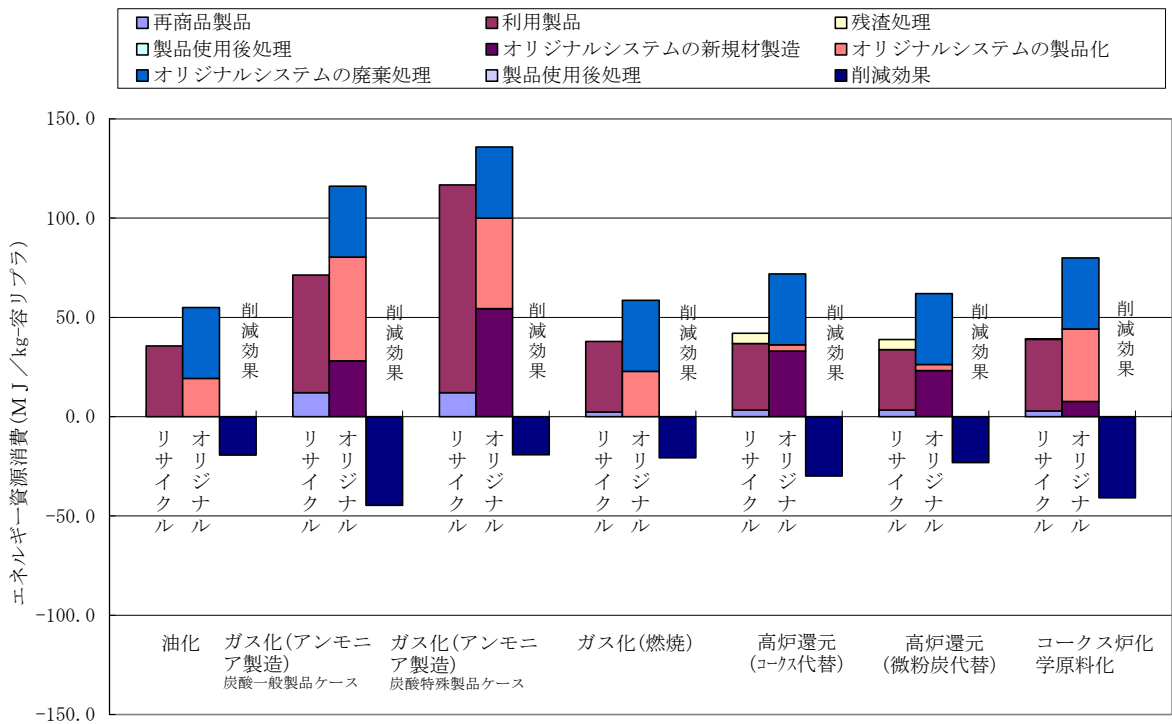


図 7-17 ケミカルリサイクルのエネルギー資源消費削減効果(ケース 2)

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

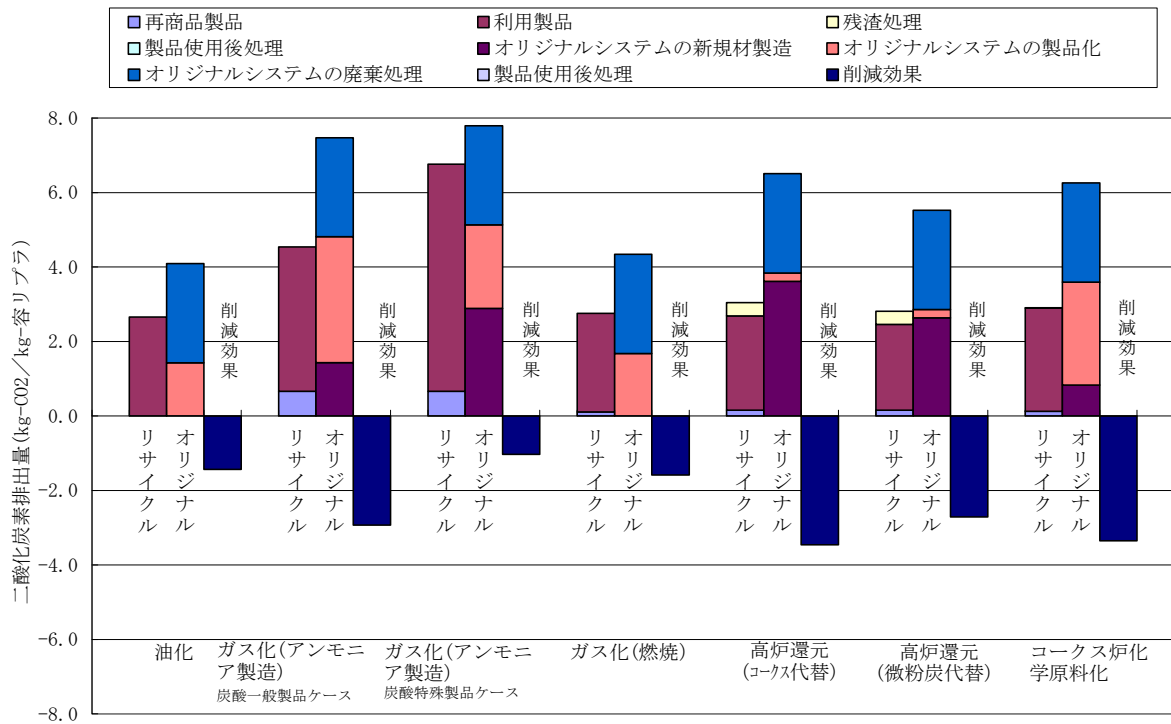


図 7-18 ケミカルリサイクルの二酸化炭素排出削減効果(ケース 2)

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

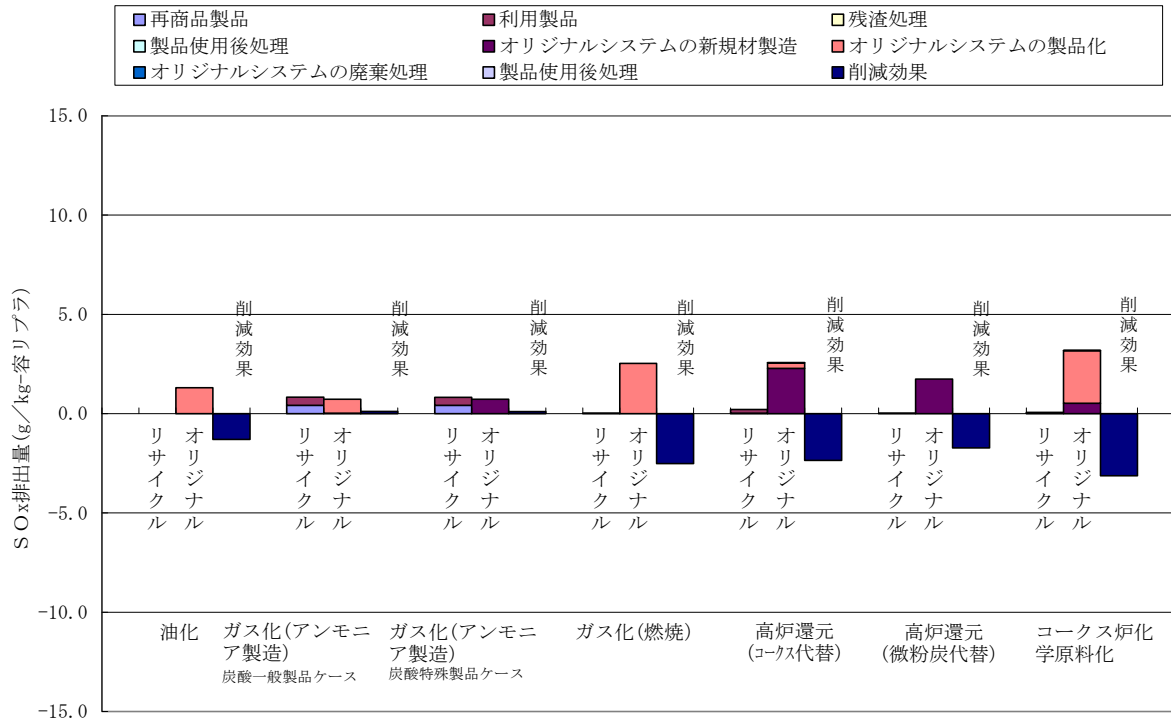


図 7-19 ケミカルリサイクルのSOx削減効果 (ケース2)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)

と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

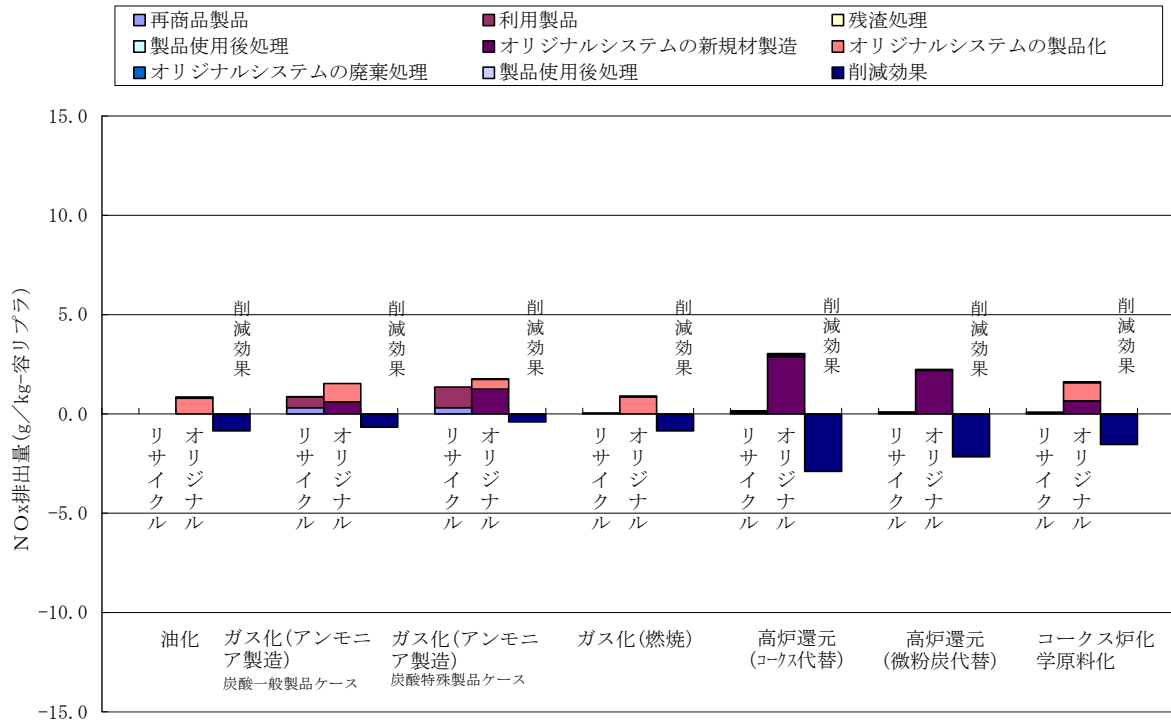


図 7-20 ケミカルリサイクルのNOx削減効果 (ケース2)

注) NOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。ガス化(アンモニア製造)に関しては炭酸が広く流通している場合(一般製品)

と、本施設が供給する施設で利用できない場合、大気に放出するしかなくなるケース(特殊製品ケース)を想定

(3) 固形燃料等の燃料の利用

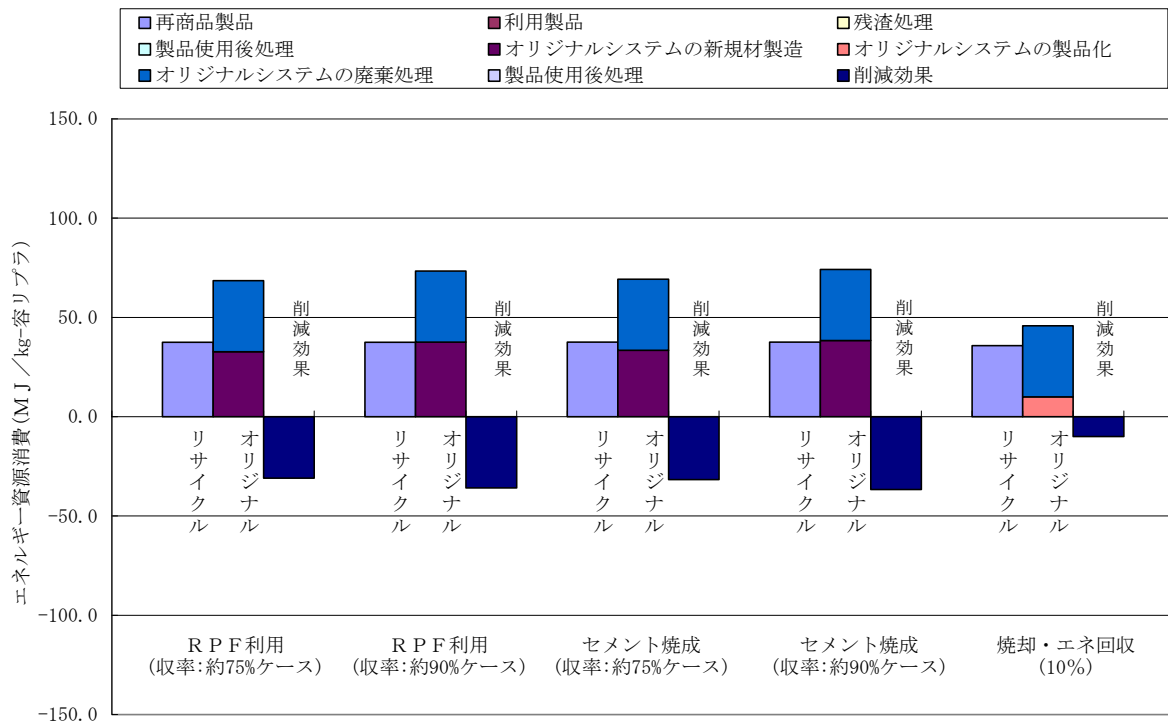


図 7-21 固形燃料等の燃料の利用のエネルギー資源消費削減効果 (ケース 2)

注) エネルギー資源消費のマイナスは削減効果を示している。

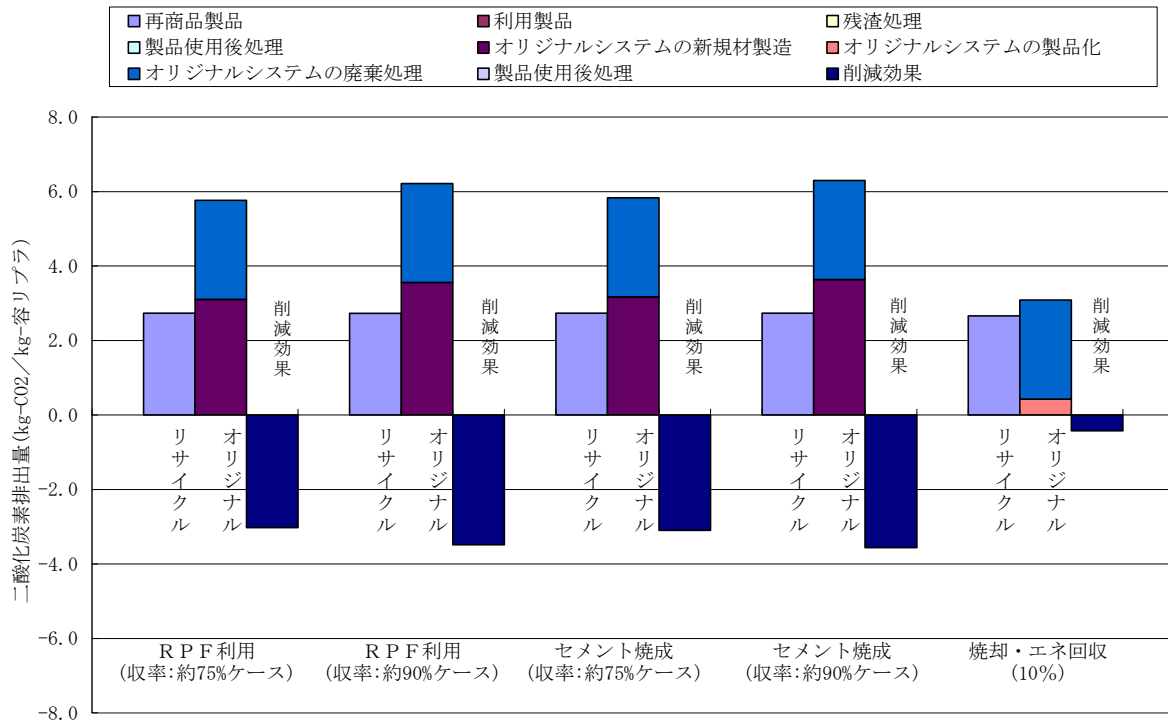


図 7-22 固形燃料等の燃料の利用のCO2削減効果 (ケース 2)

注) 二酸化炭素排出量のマイナスは削減効果を示している。

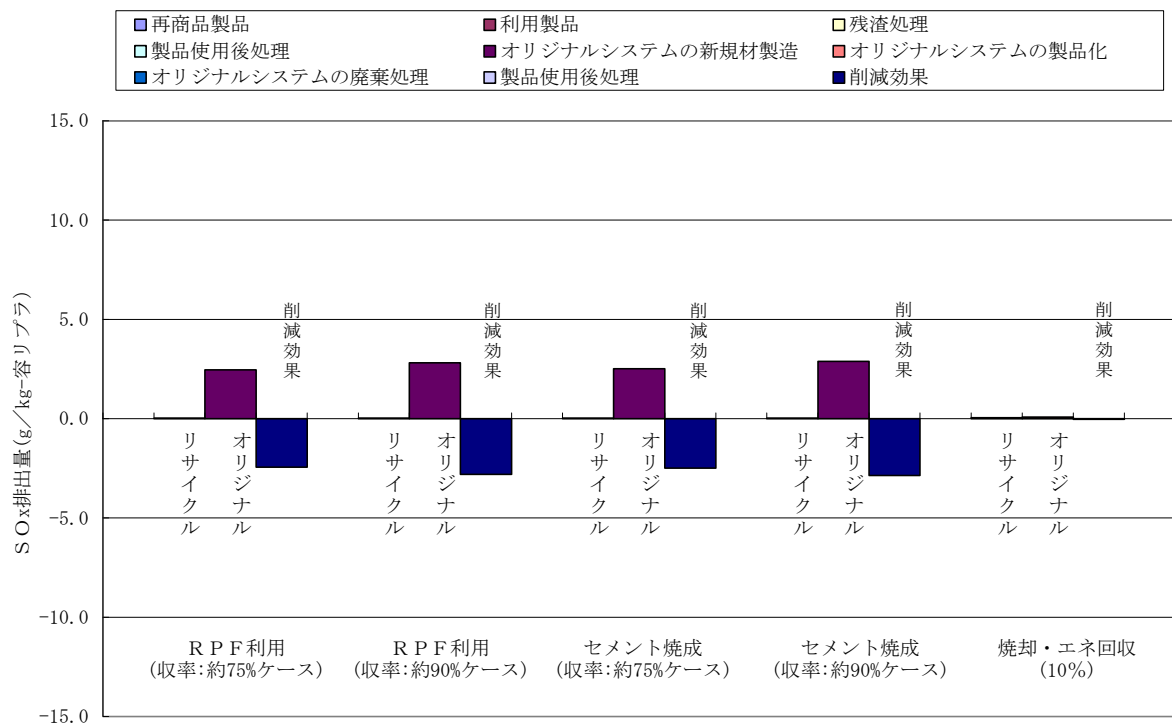


図 7-23 固形燃料等の燃料の利用のSOx削減効果 (ケース 2)

注) SOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

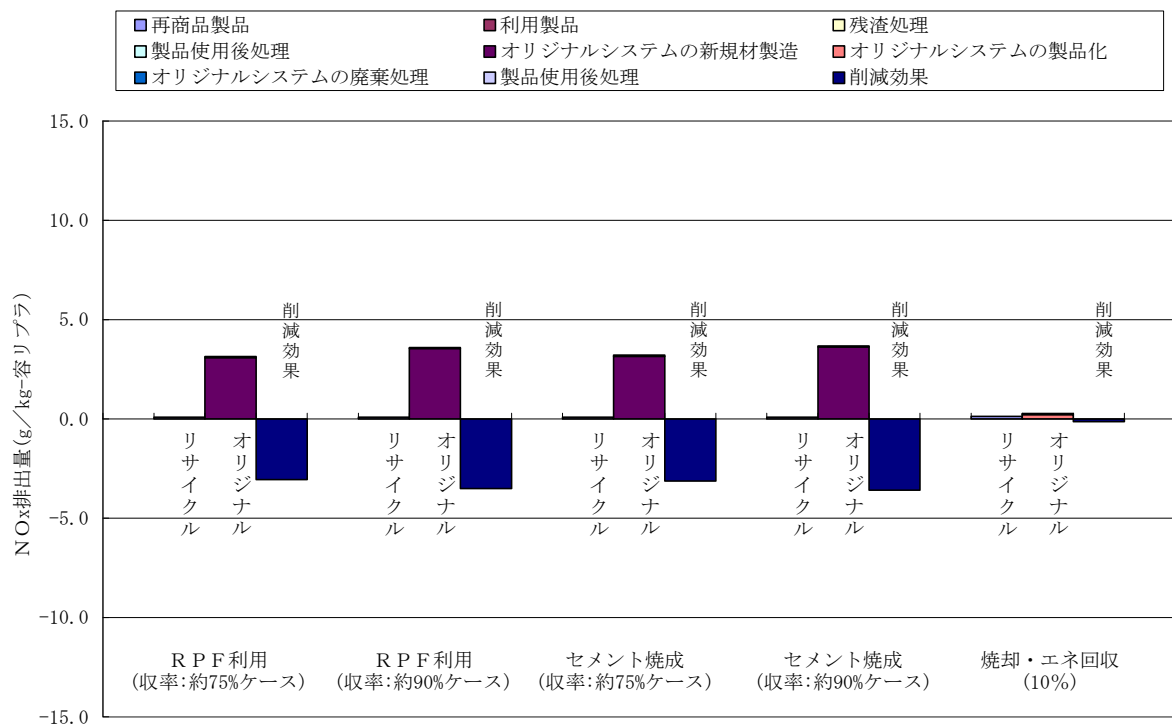


図 7-24 固形燃料等の燃料の利用のNOx削減効果 (ケース 2)

注) NOx 排出量のマイナスは削減効果を示している。

7.4 残渣処理方法の変動

残渣については、現状からRPF製造、単純焼却までの変動を考える。それぞれのケースを示すと次のとおりである。

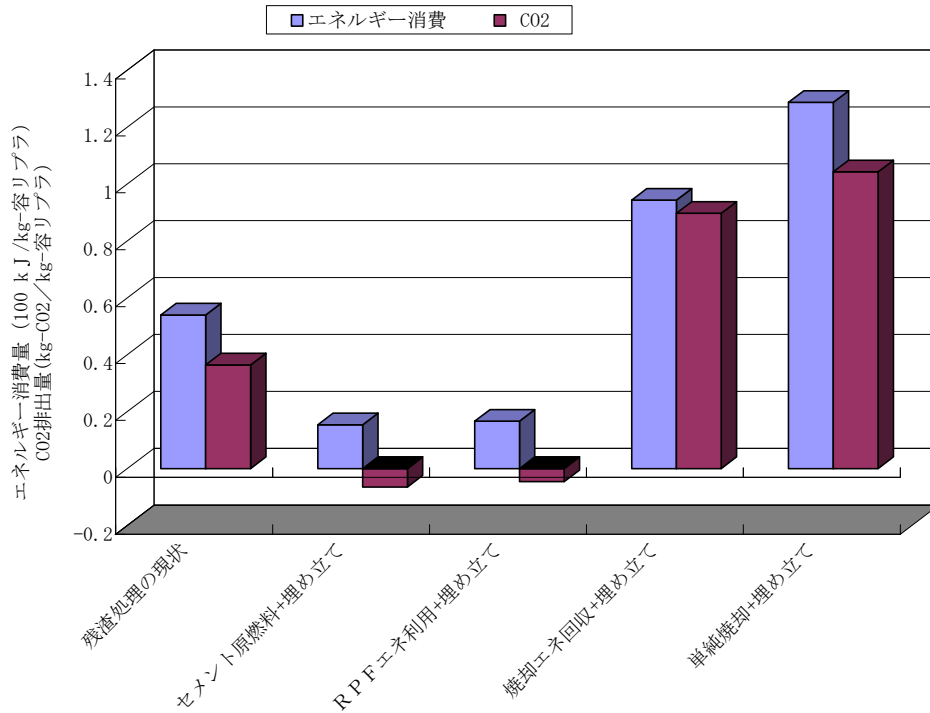


図 7-25 残渣の変動について

注) 詳細な数値については表 5-11、表 5-12を参照のこと

残渣の変動については、熱利用をすでに行っている事業者が多いことから、残渣の処理が単純焼却のみとなるケースは対象からはずした。残渣変動の検討については、現状の残渣の環境負荷データとセメント原燃料、RPF利用、焼却エネ回収のみを実施した場合の環境負荷データとを差し替えることにより変動幅を検討した。

7.5 組成変動等の影響に対する検討結果

上記までの組成変動による影響、残渣の処理方法の変更による影響等を検討し、グラフ化した結果は次のとおりである。

さらに、ベースケースの結果もあわせ、化石燃料と二酸化炭素排出削減量の関係を示した結果は図 7-30のとおりである。

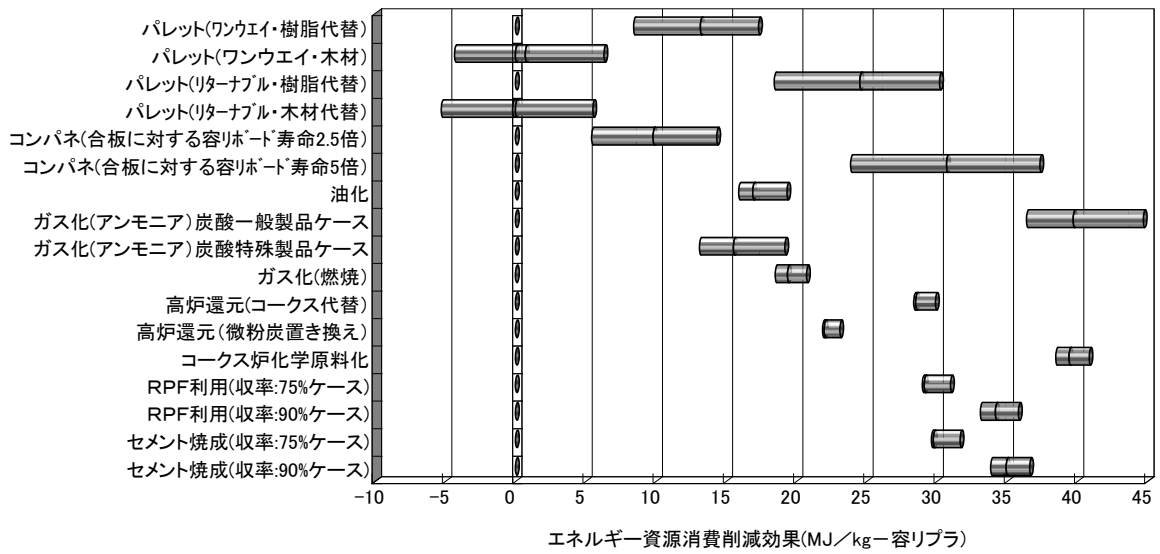


図 7-26 ベール組成変動並びに残渣の処理変動を考慮した場合のエネルギー資源消費削減効果

注) プラスは削減効果があることを示す。

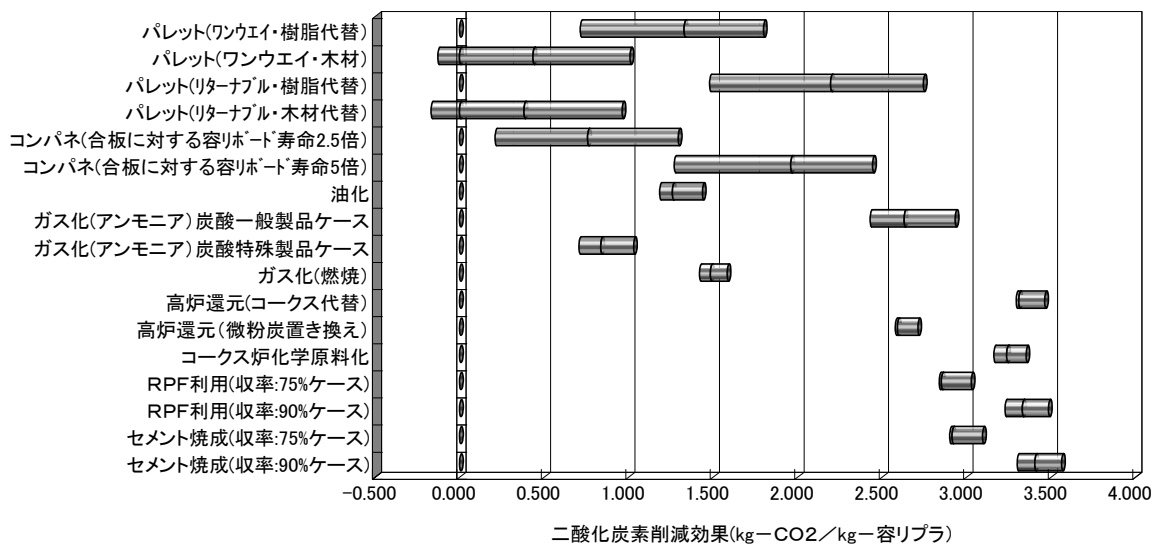


図 7-27 ベール組成変動並びに残渣の処理変動を考慮した場合の二酸化炭素排出削減効果

注) プラスは削減効果があることを示す。

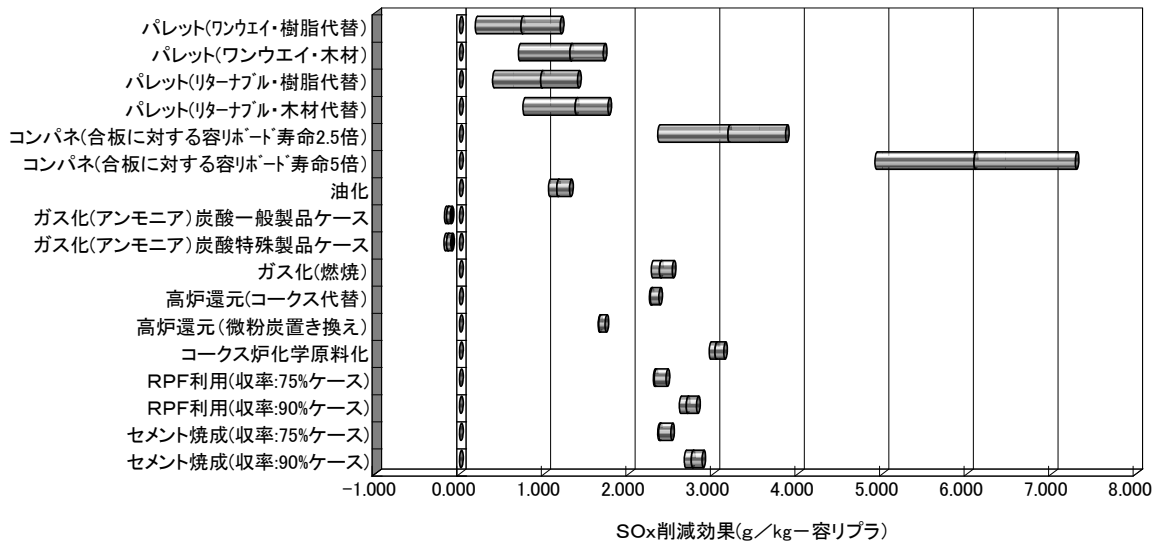


図 7-28 ベール組成変動並びに残渣の処理変動を考慮した場合のSO_x削減効果

注) プラスは削減効果があることを示す。

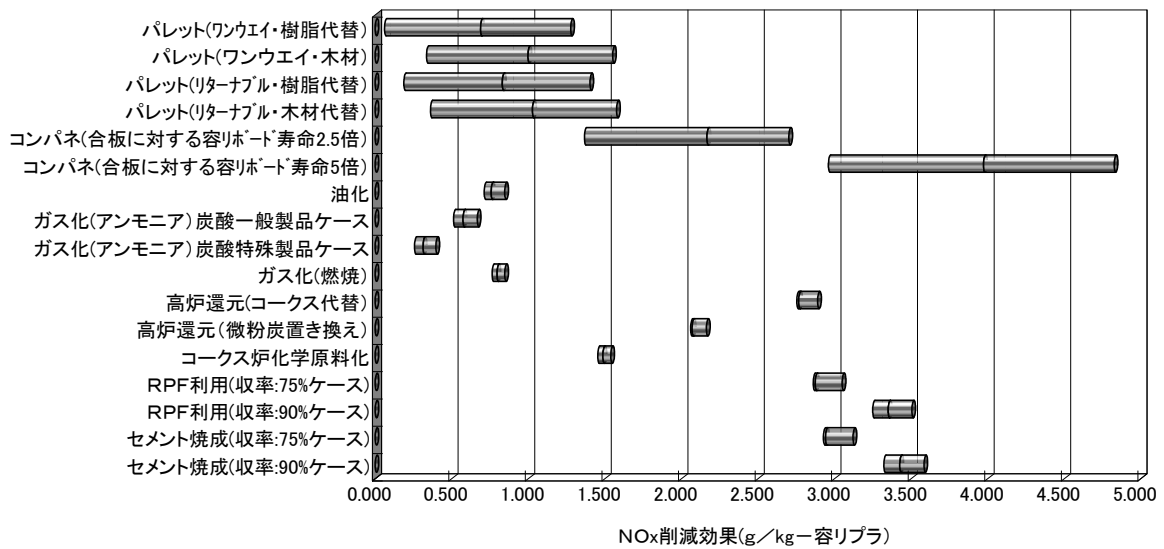


図 7-29 ベール組成変動並びに残渣の処理変動を考慮した場合のNO_x削減効果

注) プラスは削減効果があることを示す。

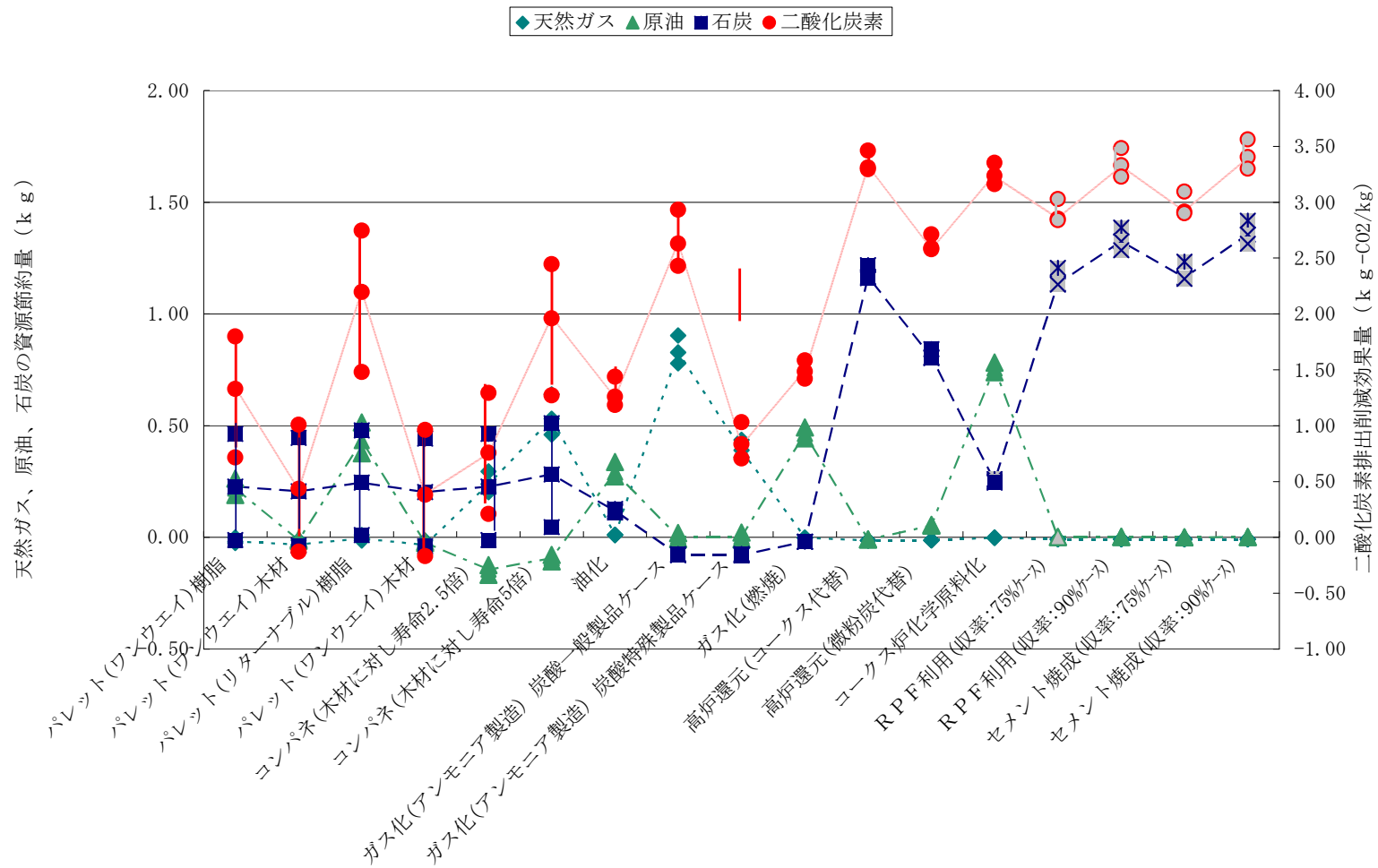


図 7-30 ベール組成変動並びに残渣の処理変動を考慮した場合の資源節約および二酸化炭素排出削減効果量

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。

8. まとめ

(1) 各手法の環境負荷削減効果の評価

- ・ 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、
 - ① 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。
 - ② 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。
 - ③ 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。
 - ④ 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。
 - ⑤ 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。
 - ⑥ 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。
 - ⑦ 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、
 - ① 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。
 - ② 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。
 - ③ 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。
 - ④ 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。
 - ⑤ 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增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。
 - ⑥ 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。

- ⑦ 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

- ①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。
- ②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。
- ③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。
- ④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。