

プラスチック製容器包装再商品化手法およびエネルギーリカバリーの
環境負荷評価（LCA）

2019年3月

海洋プラスチック問題対応協議会（JaIME）
受託：一般社団法人プラスチック循環利用協会

はじめに

2018年6月9日に、カナダで開催されたG7シャルルボワ・サミットにおいて、海洋プラスチック問題に関して、英国、仏国、独国、伊国、加国およびEUが、「海洋プラスチック憲章」に署名した（米国、日本は未署名）。この「海洋プラスチック憲章」は、自国でのプラスチック規制強化を進めるものであり、プラスチック製品の再利用、リサイクル、熱源利用などが規定されている。また、最近の産業界においては、ユニリーバの再生素材利用率向上目標公表、英国マクドナルドのプラスチックストロー利用停止計画公表などの動きが出ている。さらに、欧州委員会、欧州投資銀行（EIB）、世界自然保護基金（WWF）、英国チャールズ皇太子の International Sustainable Unit が、持続可能な海洋経済のための金融原則 Sustainable Blue Economy Finance Principles を作成し、大手機関投資家の署名を集める動きを始めている。これらのことから、海洋プラスチック問題を契機として、プラスチックの循環利用が国際的に推進される動きが出てきたと言える。

国内では、第四次循環型社会形成推進基本計画（平成30年6月19日閣議決定）において「プラスチック資源循環戦略」を策定し、これに基づく施策を推進することが定められ、中央環境審議会循環型社会部会に、プラスチック資源循環戦略小委員会を設置することが決まった。

以上のような国内外の動きを受けて、国内の化学工業会は、一般社団法人日本化学工業協会、石油化学工業協会、塩ビ工業・環境協会、日本プラスチック工業連盟、一般社団法人プラスチック循環利用協会の5団体を共同事務局とする「海洋プラスチック問題対応協議会（J a I M E）」（事務局を一般社団法人日本化学工業協会に設置）を、2018年9月7日付で発足し、4つの方針を掲げて活動することを決めた。

< J a I M E の活動方針 >

- ① 情報の整理と発信
- ② 国内外動向への対応
- ③ アジアへの働きかけ
- ④ 科学的知見の蓄積 エネルギーリカバリーの有効性検証（LCA）

“④科学的知見の蓄積 エネルギーリカバリーの有効性検証（LCA）”の具体的活動として、プラスチック製容器包装の再商品化手法およびエネルギーリカバリーについて、ライフサイクルアセスメント（LCA）の手法を使って、環境負荷（CO₂排出量、エネルギー資源消費）の削減効果を客観的・科学的に比較評価した。

体制としては、J a I M E から一般社団法人プラスチック循環利用協会に業務委託し、一般社団法人プラスチック循環利用協会の中に、ワーキンググループ（WG）を設置した。WGの構成メンバーは次々頁に掲載した。

具体的なLCA評価としては、平成19年6月に実施された公益財団法人日本容器包装リサイクル協会のLCA評価に関する報告書「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」を基に、新たな知見を導入して、家庭から排出される使用済みのプラスチック製容器包装1kgあたりの処理

手法別の環境負荷（CO2 排出量、エネルギー資源消費）の削減効果を算定した。さらに、処理手法の比較評価を行い、エネルギーリカバリーが、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルと比較して環境面で必ずしも劣るものではなく、プラスチック製容器包装処理として有効な手法の一つであることを示した。

なお、本 LCA 評価および評価結果の報告書の作成については、みずほ情報総研株式会社に委託をした。

また、LCA 評価を進めるにあたり、LCA 算定手法に関する助言や、パレットに関するデータ提供など、多大なるご理解とご協力をいただいた公益財団法人日本容器包装リサイクル協会に、心より謝意を表します。

2019年3月

海洋プラスチック問題対応協議会（JaIME）
受託：一般社団法人 プラスチック循環利用協会

エネルギーリカバリーの有効性についての LCA 評価 WG 名簿

(期間:2018年11月～2019年3月)

(敬称略)

- 委員長 : 田原 聖隆 国立研究開発法人産業技術総合研究所
安全科学研究部門 IDEA ラボ長
- 副委員長 : 中谷 隼 東京大学 都市工学専攻都市資源管理研究室 講師
- 委員 : 小野 光史 一般社団法人日本化学工業協会 化学品管理部 部長
- 委員 : 横山 利男 日本プラスチック工業連盟 総務・環境部長
- 委員 : 新津 敏幸 石油化学工業協会 業務部長
- 委員 : 山口謙太郎 石油化学工業協会 業務部 部長
- (2018年11月～2019年2月)
- 委員 : 永野 祐司 石油化学工業協会 業務部兼企画部 次長 (2019年3月)
- 委員 : 長縄 肇志 塩ビ工業・環境協会 技術部 部長
- 調査委託 : 内田 裕之 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第2部
シニアコンサルタント
- 調査委託 : 森 史也 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第2部 コンサルタント
- 調査委託 : 内藤 秀治 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第2部 コンサルタント
- 調査委託 : 中西翔太郎 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第1部 コンサルタント
- 事務局 : 福田 弘美 一般社団法人プラスチック循環利用協会 広報総務部長
- 事務局 : 和泉 昭宏 一般社団法人プラスチック循環利用協会 調査研究部 部長
- 事務局 : 中橋 順一 一般社団法人プラスチック循環利用協会 LCA アドバイザー

目次

1. 評価の目的	1
2. 評価・検討の対象	3
3. システム境界の設定	6
3.1 システム境界の全体的考え方	6
3.2 個別手法について	7
3.2.1 マテリアルリサイクル	7
3.2.2 ケミカルリサイクル	11
3.2.3 エネルギーリカバリー	19
4. 前提条件等の設定	22
4.1 容リプラの成分割合	22
4.2 CO2 排出量の設定	25
4.3 評価に向けた前提条件設定	33
5. 各処理手法のインベントリデータ	34
5.1 マテリアルリサイクル	34
5.1.1 残渣の取扱いについて	34
5.1.2 リターナブルパレット（新規樹脂代替）	39
5.1.3 リターナブルパレット（新規木材代替）	51
5.1.4 再生樹脂（コンパウンド）	54
5.2 ケミカルリサイクル	58
5.2.1 油化	58
5.2.2 ガス化（アンモニア製造）	62
5.2.3 ガス化（燃焼）	66
5.2.4 高炉還元（コークス代替）	69
5.2.5 高炉還元（微粉炭代替）	80
5.2.6 コークス炉化学原料化	83
5.3 エネルギーリカバリー	88
5.3.1 RPF 利用	88
5.3.2 セメント焼成	94
5.3.3 発電焼却	100
6. 各処理手法における CO2 排出量および CO2 排出量削減効果の図示	105
6.1 各処理手法における CO2 排出量および CO2 排出量削減効果のグラフ	105
6.1.1 マテリアルリサイクル	105
6.1.2 ケミカルリサイクル	107
6.1.3 エネルギーリカバリー	111
6.2 各処理手法における CO2 排出量および CO2 排出量削減効果の図示	114
6.2.1 マテリアルリサイクル	114
6.2.2 ケミカルリサイクル	116

6.2.3 エネルギーリカバリー	121
7. 分析	124
7.1 マテリアルリサイクルの再商品化における残渣処理の環境負荷削減効果の割合	124
7.2 ベール組成の変動による環境負荷削減効果の分析	128
8. まとめ	135
9. 今後の課題	140

1. 評価の目的

(1) 目的および具体的取組み

本評価は、各再商品化手法（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル）およびエネルギーリカバリーの環境負荷削減効果を客観的・定量的に評価、比較することを目的とした。なお、再商品化手法とエネルギーリカバリーをまとめて処理手法と呼ぶこととする。

具体的には、平成19年6月に実施された日本容器包装リサイクル協会のLCA評価に関する報告書「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討」（以下、H19報告書とする）を基に、新たな知見を導入して、家庭から排出される使用済みのプラスチック製容器包装（その他）（以下、容リプラとする）*1kgあたりの処理手法別の環境負荷（CO2排出量、エネルギー資源消費）の削減効果を算定し、比較した。

*評価対象とした“プラスチック製容器包装（その他）（容リプラ）”の定義

容器包装リサイクル法において「容器包装」とは、商品を入れる「容器」および商品を包む「包装」であり、商品を消費した場合や商品と分離した場合に不要となるものである。再商品化義務がある容器包装（分別収集の対象となる容器包装）は、ガラスびん、PETボトル、紙製容器包装、プラスチック製容器包装（その他）であり、本報告書で評価対象としたのは、プラスチック製容器包装（その他）である。

*日本におけるプラスチック廃棄物の処理（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギーリカバリー）の全容

本報告書のLCA評価の内容の理解を深めるため、表1-1に日本におけるプラスチック廃棄物の処理の全容を整理した。

一般系廃棄物における容リプラの中でも、PETボトルや白色トレイのように、単一樹脂で夾雑物がほとんどない状態で分離分別できるプラスチック廃棄物は、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルに適しており、高い収率で高い品質の再商品化製品を得ることができる。

また、家庭から排出される際に資源ごみとして分別排出される容リプラは、混合プラスチックであり、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの原料として供され、有効に活用されている。しかしながら、上記のような単一樹脂と異なり混合樹脂であることや、夾雑物の存在によって、例えばマテリアルリサイクルでは約半分は製品とならず、残渣となる。この残渣はRPF利用、セメント焼成、発電焼却といったエネルギーリカバリーに供される。

一方、食品残渣等を取り除くもしくは分離することが困難なため、自治体ゴミ（可燃ゴミ、不燃ゴミ）の一部として家庭から排出されるプラスチック廃棄物は、プラスチック以外の多くの廃棄物の一部として排出されており、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルなどの処理には適さない。そのため、自治体による発電焼却や熱利用焼却などのエネルギーリカバリーにより、処理・処分されている。

以上のような実態からわかるように、多種のプラスチックや、プラスチック以外のもの（食品残渣など）との混合物、もしくはその一部として排出されるプラスチックの処理の手法の一つとして、エネルギーリカバリーが実施されている（焼却を伴わない“埋立”は、日本の国土が狭いこと、衛生上の問題などから、難しい）。

表 1-1 日本におけるプラスチック廃棄物の処理の全容

					2016年実績値
分類	処理ルート		処理手法		数量(万トン)
一般系廃棄物	容器協(容リプラ)	PETボトル	マテリアルリサイクル	フレーク・ペレット	20 ^{*1}
			ケミカルリサイクル	ポリエステル原料	0.3 ^{*2}
		白色トレイ	マテリアルリサイクル		0.6 ^{*3}
		その他	マテリアルリサイクル	パレット、コンパネ	34 ^{*4}
			ケミカルリサイクル	高炉還元剤化/コークス炉化学原料化/ガス化/油化	28
	容器残渣+自治体独自処理			RPF・セメント原燃料	25
	自治体ごみ (可燃ごみ/不燃ごみ) 4398万トン(H27)	有効利用	エネルギーリカバリー (サーマルリサイクル)	発電焼却	185
				熱利用焼却	25
		未利用	未利用 (比較)	単純焼却	56
				未利用	埋立
	(小計)				
産業系廃棄物	業者委託処理		マテリアルリサイクル		138
			ケミカルリサイクル	高炉還元剤化/コークス炉化学原料化/ガス化/油化	9
	業者委託処理・自治体委託処理		エネルギーリカバリー (サーマルリサイクル)	RPF・セメント原燃料	131
				発電焼却	96
				熱利用焼却	54
			未利用	未利用	単純焼却
	埋立	40			
	(小計)				
(合計)					899

*1.*2.*3.*4の数量は、日本容器包装リサイクル協会のデータである。プラスチック循環利用協会の一般系廃棄物のマテリアルリサイクルの数量は68万トンであり、*1.*3.*4の合計より多い。

(2) 公開対象範囲

本検討の結果は広く一般に公開する。

(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た。

検討にあたっては、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」を実施した。なお、再商品化製品利用製品や代替製品、統一する機能単位については H19 報告書に基づいて設定した。

(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「容リプラ利用製品」とした。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、容リプラ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」とした。

そして、各処理手法でのリサイクルシステムとオリジナルシステムの環境負荷の差異から環境負荷削減効果を算定した。

2. 評価・検討の対象

(1) 処理対象物

プラスチック製容器包装（その他）（容リプラ）を対象とした。なお、容リプラは通常、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルに供されるが、エネルギーリカバリーの RPF 利用、セメント焼成については、仮に容リプラがこれらの手法で処理されたとして評価を実施した。さらに、発電焼却は通常、自治体ゴミを処理する手法であることから、仮に容リプラが自治体ゴミの一部として処理されたとして評価した。

(2) 対象処理手法

a) H19 報告書の対象手法等

H19 報告書では、表 2-1 のとおりに処理手法、容リプラ利用製品および、代替される製品を設定していた。

表 2-1 H19 報告書において対象としていた処理手法、容リプラ利用製品、代替される製品

手法	容リプラ利用製品	代替される製品
マテリアルリサイクル	パレット	ワンウェイ・リターナブルのプラスチックバーজনパレット及び木材パレット
	プラスチック板	コンクリート型枠用合板（木材）
	再生樹脂	バーজন樹脂（PE、PP）
ケミカルリサイクル	生成油	ナフサ、A重油、C重油等
	化学原料	都市ガス等から製造するアンモニア
	熱利用	重油
	高炉還元剤	原料炭
	高炉還元剤	微粉炭
コークス炉化学原料化	コークス、化学原料他	原料炭
エネルギーリカバリー	RPF 利用	石炭
	セメント焼成	石炭
	発電焼却	系統電力
	発電焼却	系統電力

対象手法・製品について、現在の状況から見て H19 報告書と同じでよいかを検討した。

b) マテリアルリサイクルの代表的製品

マテリアルリサイクルの平成 29 年度の用途別割合は次のとおりである。

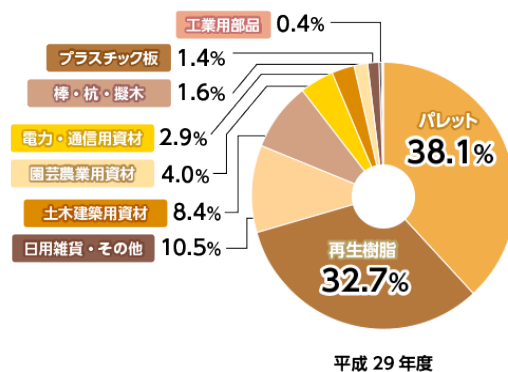


図 2-1 マテリアルリサイクルの再商品化製品の用途別割合
(出典：日本容器包装リサイクル協会 Web サイト)

上記より、パレット、再生樹脂の占める割合は多く、マテリアルリサイクルの代表的な製品と考えられる。一方、H19 報告書で対象としていたプラスチック板は、平成 29 年度時点では 1.4%と、再商品化の実態がほとんどなくなったため、対象製品から外した。なお、マテリアルリサイクルという手法における一つの事例であるため、対象から外してもマテリアルリサイクルという手法は残る。

パレットについては、H19 報告書ではワンウェイパレット(新規樹脂代替および新規木材代替)、リターナブルパレット(新規樹脂代替および新規木材代替)について評価をしていた。その後、日本容器包装リサイクル協会は、平成 29 年 1 月の「平成 28 年度プラスチック製容器包装リサイクル環境負荷削減効果のインベントリデータの更新」において、パレットの重量や対象を見直している。そこで、今回の算定では上記の報告書を踏まえて、パレットの設定を見直し、リターナブルパレットのみ評価をした。パレット設定の見直しの詳細は、5.1.2 で記載した。

なお、再生樹脂はリサイクルペレットであり、中間製品である。そのため、パレットとは位置づけが異なるため、算定を実施したが他の手法との比較評価は実施しなかった。

c) ケミカルリサイクルの代表的製品

ケミカルリサイクルの H23～29 年度の処理手法別販売量は次のとおりである。

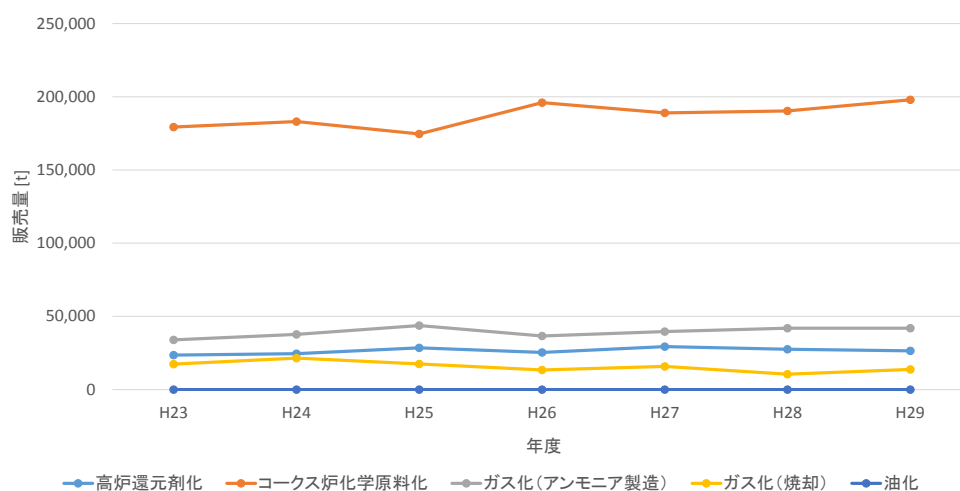


図 2-2 ケミカルリサイクルの再商品化製品の用途別割合
(出典：日本容器包装リサイクル協会 Web サイトより作成)

ケミカルリサイクルとしては高炉還元、コークス炉化学原料化、ガス化が実施されており、代表的な手法と言える。一方、油化は近年販売実績がない。しかしながら、容リプラの処理手法の一つとして油化は残っているため、油化の評価は実施した。

ただし、油化は H19 報告書において札幌のプラントの事例を基に評価しており、寒冷地であるため、エネルギー損失が大きく評価されてしまう。仮に温暖な地域にプラント建設すれば、効率は上昇する可能性があるため、評価結果の解釈について注意が必要である。

d) エネルギーリカバリーの代表的手法

エネルギーリカバリーの H29 年度の手法別割合は次のとおりである。

表 2-2 エネルギーリカバリーの再商品化製品の手法別割合（2017 年実績）
 (出典：プラスチック循環利用協会「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図」より作成)

手法	再商品化製品	処理量 (一般廃棄物)	処理量 (産業廃棄物)	処理量 (合計)	処理量全体 に占める割合
エネルギーリカバリー	熱利用焼却	22万トン	48万トン	70万トン	8%
	発電焼却	202万トン	85万トン	287万トン	32%
	RPF セメント原燃料	29万トン	138万トン	167万トン	18%

上表より熱利用焼却は地域暖房や温水プールへの利用など実施実績があるものの、熱効率のデータを入手することが難しいため今回の算定対象からは除外した。結果、エネルギーリカバリーでは発電焼却、RPF 利用、セメント焼成を対象手法とした。

e) 評価対象処理手法のまとめ

a) ～d) の結果を踏まえて、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギーリカバリーで対象とした手法・製品は次のとおりとした。

表 2-3 本評価で対象とした処理手法・製品

手法	容リプラ利用製品	代替される製品
マテリアルリサイクル	リターナブルパレット	新規樹脂パレット 新規木材パレット
	再生樹脂	バージン樹脂 (PE、PP)
ケミカルリサイクル		
油化	生成油	ナフサ、A重油、C重油等
ガス化	化学原料	都市ガス等から製造するアンモニア
熱利用		重油
高炉還元	高炉還元剤	原料炭 微粉炭
コークス炉化学原料化	コークス、化学原料他	原料炭
エネルギーリカバリー		
RPF利用	RPF	石炭
セメント焼成	セメント原燃料	石炭
発電焼却	電力	系統電力

3. システム境界の設定

3.1 システム境界の全体的考え方

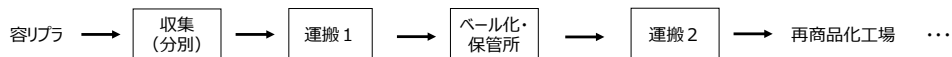
H19 報告書では分別基準適合物（以下、ベールという）の投入をシステム境界の始点とし、再商品化製品の廃棄を終点としていた。しかし、本算定では自治体が行う可燃ゴミの発電焼却と容リプラの再商品化手法の環境負荷等の比較を実施することを目的としているため、システム境界を拡張して、容リプラの排出される時点をシステム境界の始点とした。

ただし、拡張により範囲に含まれた分別収集・ベール化工程については、H19 報告書で評価されていないため、別途データを収集する必要があった。今回は、プラスチック循環利用協会で作成した、「自治体の収集運搬モデルの構築と LCA 分析」（2019 年）の調査結果を引用した。

当該調査は、プラスチック製容器包装の収集・運搬・処理に係る環境負荷評価を試みたものである。これまで評価範囲に含まれていなかった収集運搬プロセスを組込むために、東京 23 区と地方 20 都市の収集・運搬・処理に関する実施状況を整理し、収集・運搬に係る環境負荷の評価も実施している。

当該調査報告書より、容リプラと自治体の可燃ゴミ排出における分別収集・ベール化の環境負荷は下記のとおりとした。

【容リプラの場合】

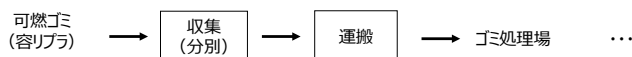


		収集（分別）	運搬 1	ベール化・保管所	運搬 2
投入重量	t	1.000	1.000	1.000	1.000
エネルギー資源消費	MJ	349.5	248.7	557.5	109.2
CO2排出量	kg-CO2	23.7	17.0	21.7	7.3

注) エネルギー消費、CO2排出量は地方20都市におけるマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの各手法の値を用いた。

【可燃ゴミの場合】

- 発電焼却や単純焼却の場合は、容リプラが可燃ゴミとして収集・運搬・処理されるとした。



		収集（分別）	運搬
投入重量	t	1.000	1.000
エネルギー資源消費	MJ	28.0	56.0
CO2排出量	kg-CO2	2.0	4.0

注) エネルギー消費、CO2排出量は、地方20都市の値を用いた。

図 3-1 分別収集・ベール化における環境負荷

3.2 個別手法について

3.2.1 マテリアルリサイクル

(1) システム境界

再商品化製品は、容リプラ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るためバージン樹脂と比較するのは困難である。そこで、パレット等については容リプラ利用製品まで拡大し、容リプラ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、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

- ・パレット等については、容リプラ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、容リプラ利用製品製造後、焼却されるところまでを範囲として考慮した。製品使用は同等と見なすため使用段階は省略した。

b) 再生樹脂（コンパウンド）

- ・再商品化製品（減容品等）は、一般には品質が低いため、バージン並みに品質の高い産廃系プラを混ぜて品質を高め、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した。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した（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とした。
- ・再生樹脂：バージン樹脂をオリジナルとした。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 を対象とした。ただし、容リプラの再生樹脂（コンパウンド）を利用する場合、製品強度不足を補うために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した。

(3) 機能単位とシステム境界

家庭から排出される容リプラ 1 kg を手法間の比較を行うための基本的な機能単位と設定した。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。

【マテリアルリサイクル（リターナブルパレット（新規樹脂代替））】

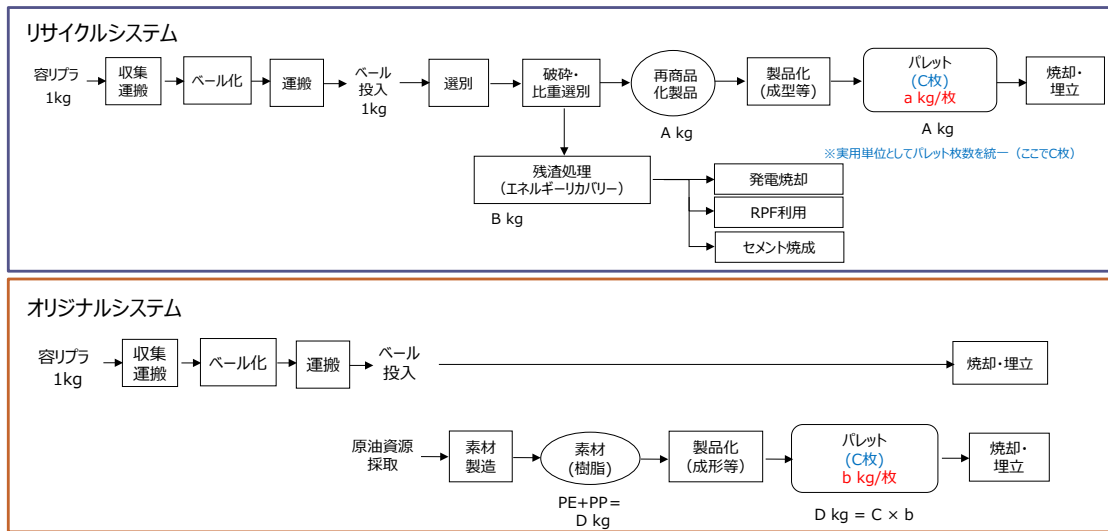


図 3-2 リターナブルパレット（新規樹脂代替）のシステム境界

H19 報告書では、産廃プラの投入効果を消すような算定を行っており、これをシステム境界にすべて記載していたため、難解であった。今回は、産廃プラを混合しない、容リプラ 100%のパレットの製造による環境負荷削減効果を評価することとし、難解さをなくした。なお、差分の計算結果である環境負荷削減効果に影響はしない。

【マテリアルリサイクルリサイクル（リターナブルパレット（新規木材代替））】

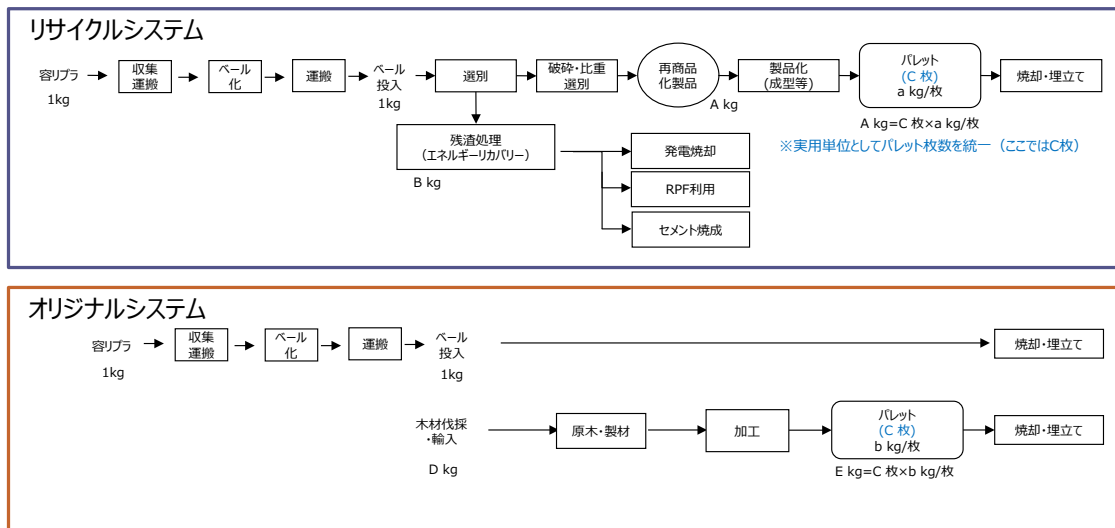


図 3-3 リターナブルパレット（新規木材代替）のシステム境界

【マテリアルリサイクル（再生樹脂（コンパウンド））】

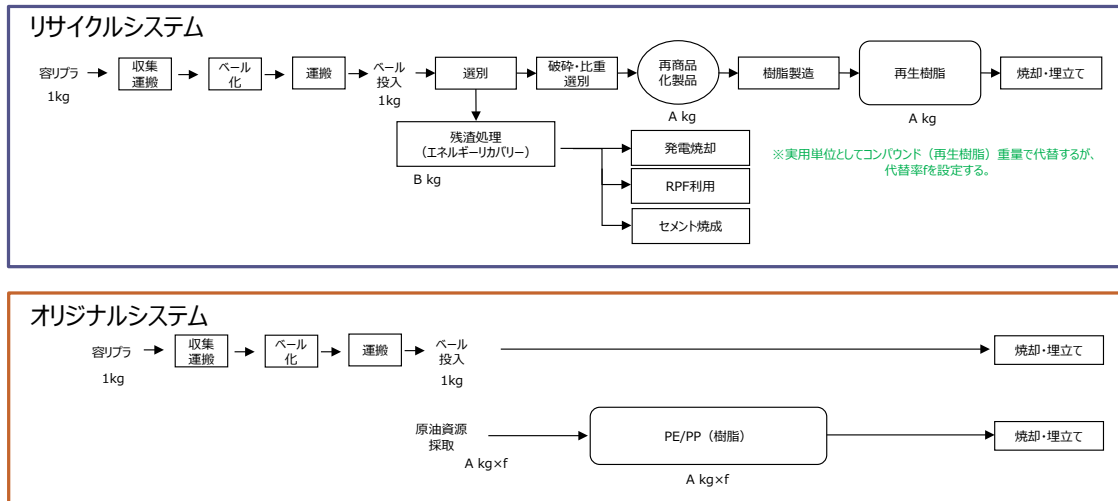


図 3-4 再生樹脂（コンパウンド）のシステム境界

H19 報告書では、実態に合わせて再生樹脂の製品化について新規樹脂、産廃プラの投入を考慮した上で、プラスチック製容器包装リサイクルの効果を算出するため、産廃プラの投入効果を打ち消すような算定を行っており、これをシステム境界にすべて記載していたため、算定の考え方が難解となっていた。今回は、産廃プラを混合せず、容器プラ 100%で再生樹脂を製造することとみなすことで、環境負荷削減効果を評価することとし、難解さをなくすこととした。他方で、H19 報告書と同様に容器プラのみの再生樹脂に対する新規樹脂の代替率（f）を考慮している。なお、これにより差分の計算結果である環境負荷削減効果に影響はしない。

(4) 残渣の取扱い

マテリアルリサイクルの場合、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20年度と平成29年度の実績は下記のとおり。

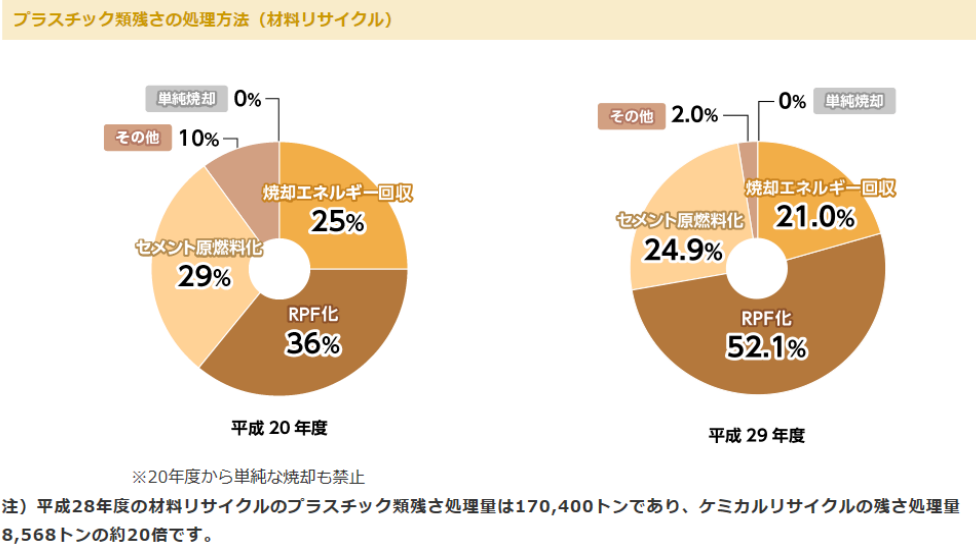


図 3-5 平成20年度、平成29年度のマテリアルリサイクルによるプラスチック残渣の処理状況 (出典：日本容器包装リサイクル協会 Web サイト)

上記の平成29年度の実績を基に、焼却エネルギー回収（発電焼却）、RPF化（RPF利用）、セメント原燃料化（セメント焼成）の残渣処理による環境負荷を検討した。なお、その他については処理の実態が分からないため、それ以外の各手法に比例配分させた。結果、残渣の処理の構成割合は次のとおりとなった。

表 3-1 マテリアルリサイクルの残渣の処理の構成割合

単純焼却	発電焼却	RPF利用	セメント焼成	合計
0.0%	21.4%	53.2%	25.4%	100.0%

3.2.2 ケミカルリサイクル

(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場所までを範囲として検討した。
- ・ 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が排出されるため、投入する容リプラが含有する炭素分(C分)が全てCO₂になるとして算定した。

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した。

【ケミカルリサイクル(油化)】

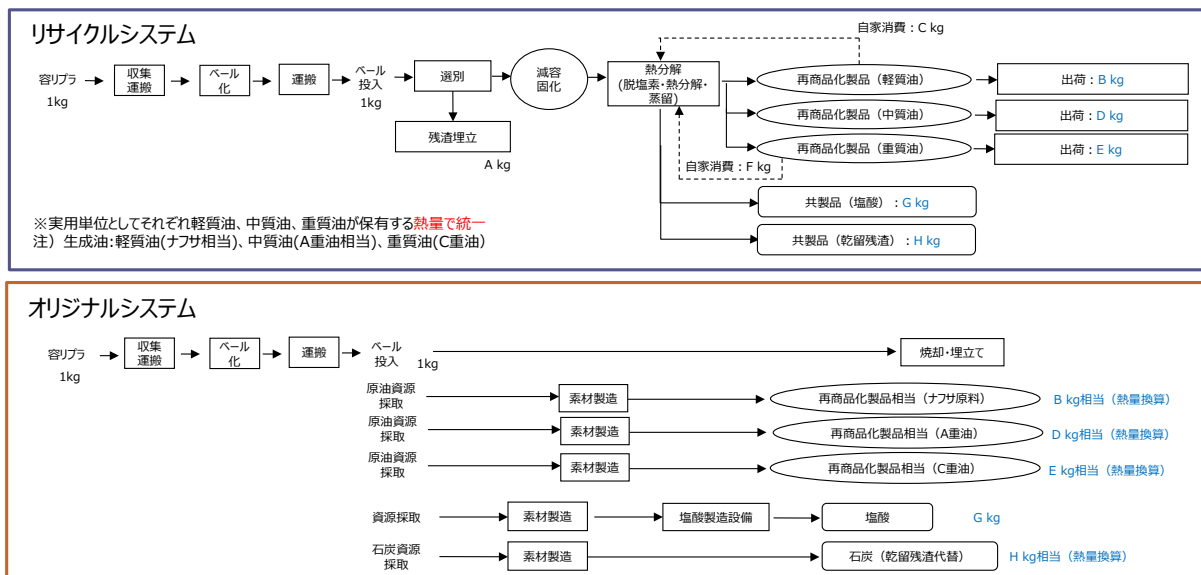


図 3-6 油化のシステム境界

(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ところまでを範囲として検討した。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 が排出されるため、投入する容リプラが含有する炭素分（C 分）が全て CO₂ になるとして算定した。

（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）として利用するところまでを対象とした。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 が排出されるため、投入する容リプラが含有する炭素分（C 分）が全て CO₂ になるとして算定した。

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した。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した。

（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ることにより対応すると考えられる。そこで、C 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した。

【ケミカルリサイクル（ガス化（アンモニア製造））】

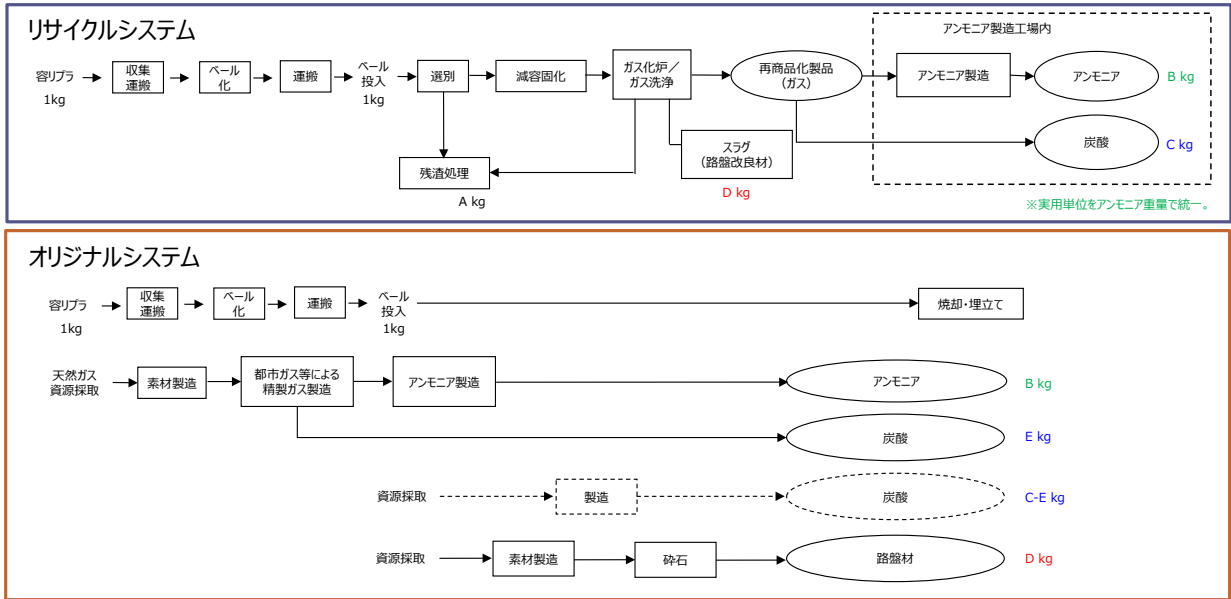


図 3-7 ガス化（アンモニア製造）のシステム境界

【ケミカルリサイクル（ガス化（燃焼））】

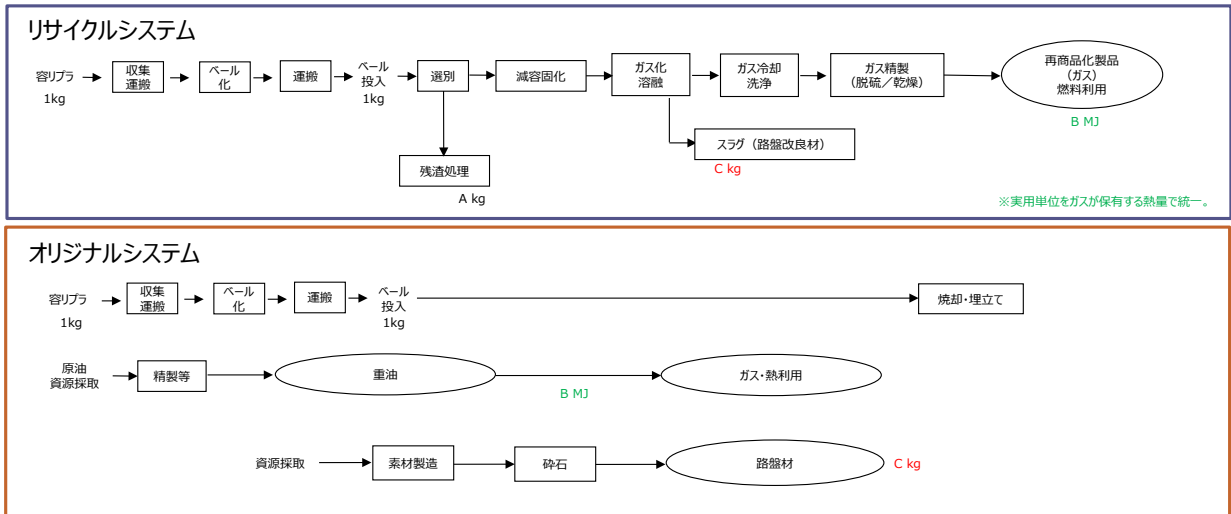


図 3-8 ガス化（燃焼）のシステム境界

(3) 高炉還元、コークス炉化学原料化

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高炉還元剤粒やコークス、微粉炭を吹き込み鉄鉱石とともに高炉還元し、銑鉄が製造されるところまでを範囲として検討した。
- ・ 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コークス炉化学原料粒をコークス炉に投入し、ガス、コークス等が製造されるところまでを範囲として検討した。さらに、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ところまでを範囲として検討した。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 が排出されるため、コークス炉あるいは高炉還元においても、投入する容リプラが含有する炭素分 (C 分) が全て CO₂ になるとして算定した。

b) オリジナルシステム

- ・ 高炉還元については容リプラ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が製造されるところまでのコークス (さらに遡り原料炭、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した。
- ・ 高炉還元については、従来、メーカー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した。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した。
- ・ 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・廃棄されるところまでを検討した。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した。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した。
- ・ コークス炉化学原料化のリサイクルシステム・オリジナルシステムにおけるコークス、炭化水素油、ガスの生成量については H19 報告書と同様とした。

【ケミカルリサイクル（高炉還元（コークス代替））】

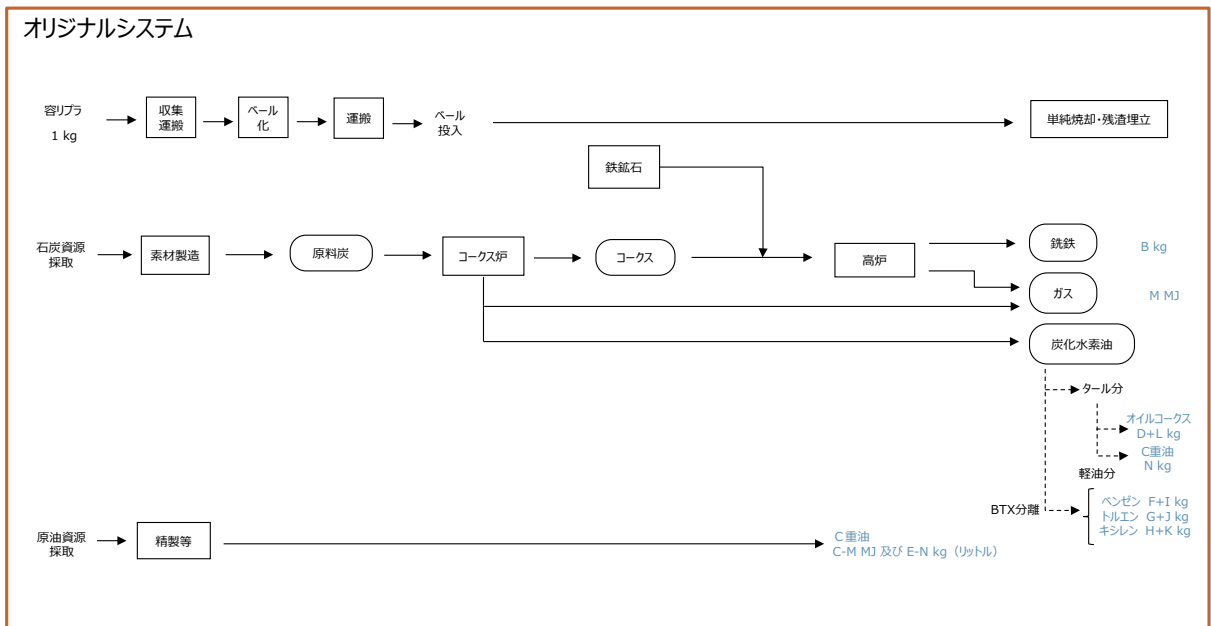
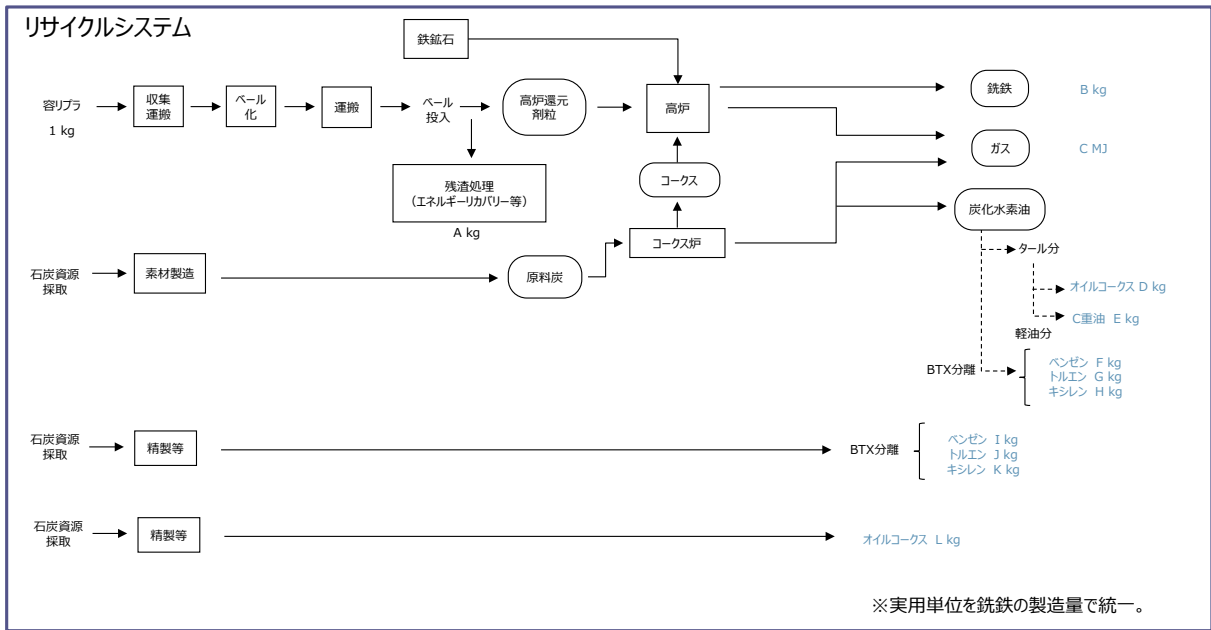


図 3-9 高炉還元（コークス代替）のシステム境界

【ケミカルリサイクル（高炉還元（微粉炭代替））】

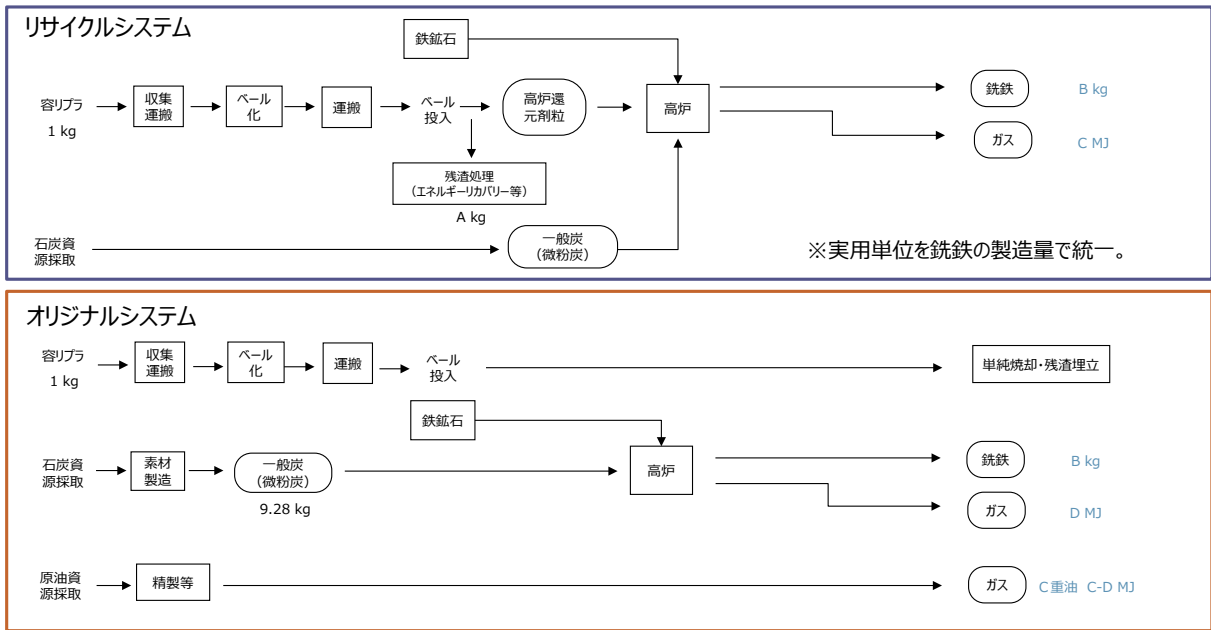


図 3-10 高炉還元（微粉炭代替）のシステム境界

【ケミカルリサイクル（コークス炉化学原料化）】

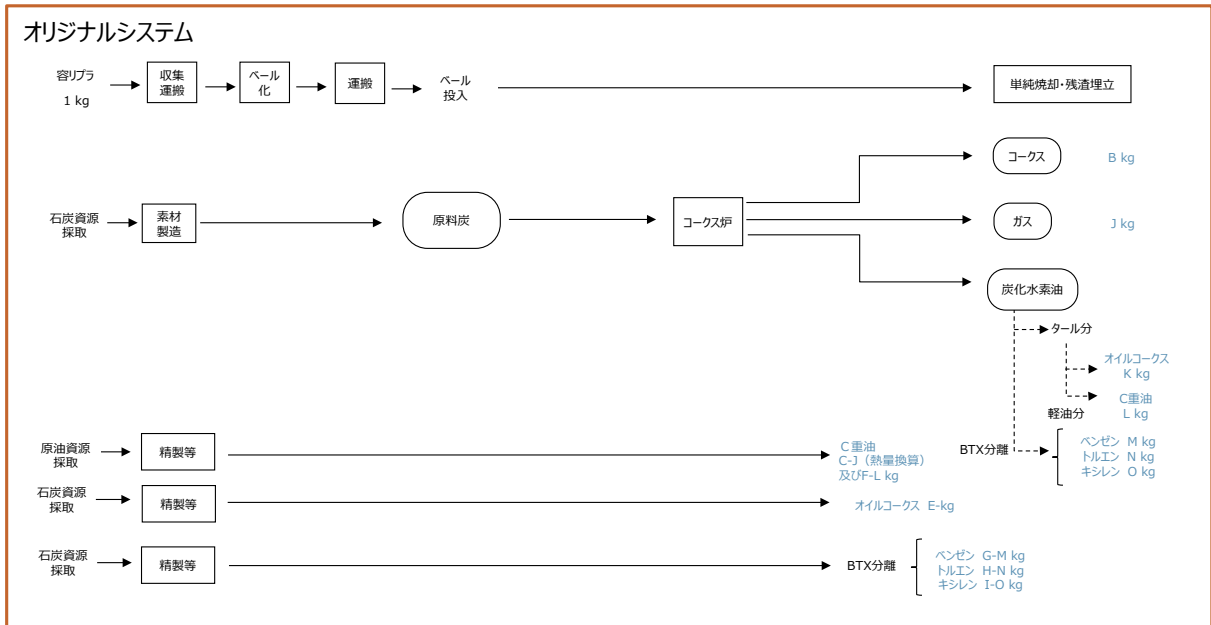
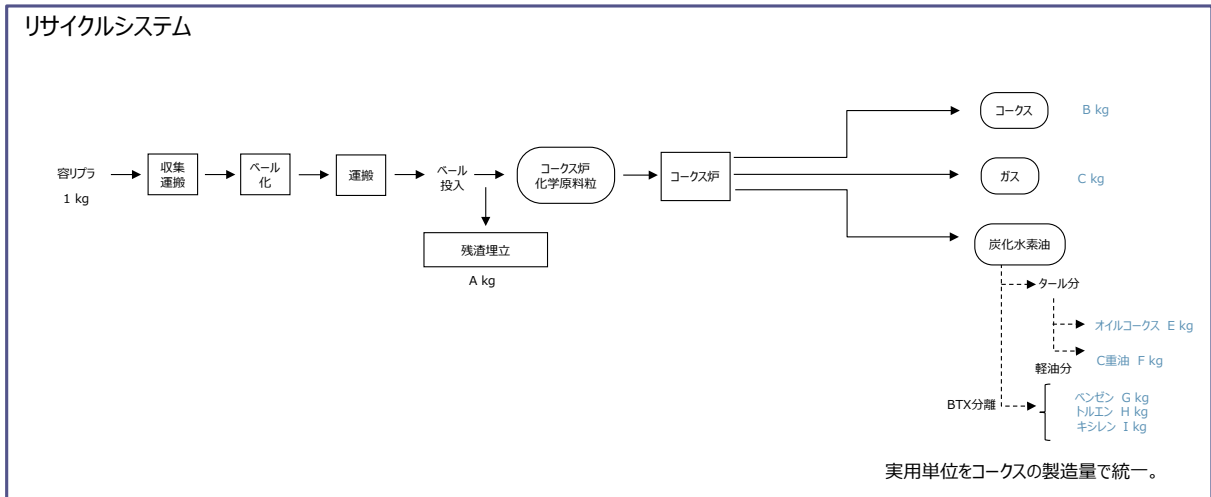


図 3-11 コークス炉化学原料化のシステム境界

(4) 残渣の取扱い

ケミカルリサイクルの場合、油化、ガス化、高炉還元、コークス炉化学原料化それぞれで残渣の取扱いが異なる。

a) 油化・ガス化

油化・ガス化については、ベールを全て投入するため、有効利用されない金属類は残渣として埋立処理されるとした。

b) 高炉還元

高炉還元について、表 4-4 で示すとおり、残渣は約 23%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 20 年度と平成 29 年度の実績は下記のとおり。

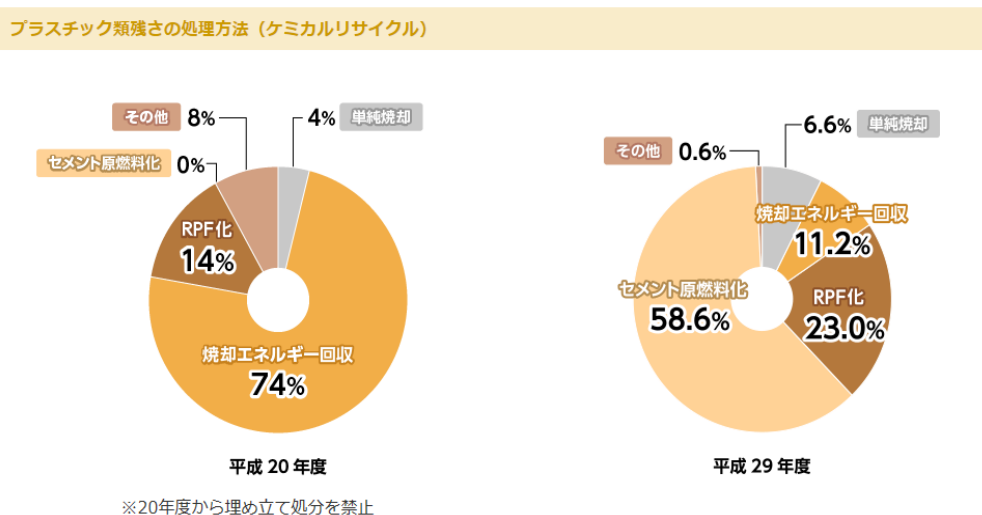


図 3-12 平成 20 年度、平成 29 年度のケミカルリサイクルによるプラスチック残渣の処理状況
(出典：日本容器包装リサイクル協会 Web サイト)

上記の平成 29 年度の実績を基に、焼却エネルギー回収（発電焼却）、RPF 化（RPF 利用）、セメント原燃料化（セメント焼成）の残渣処理による環境負荷を検討した。なお、その他については処理の実態が分からないため、それ以外の各手法に比例配分させた。結果、残渣の処理の構成割合は次のとおりとなった。

表 3-2 高炉還元の残渣の処理の構成割合

単純焼却	発電焼却	RPF 利用	セメント焼成	合計
6.6%	11.3%	23.1%	59.0%	100.0%

c) コークス炉化学原料化

コークス炉化学原料化では、表 4-5 で示すとおり、プラスチックは全て有効利用されるため、金属類が残渣として埋立処理されるとした。

3.2.3 エネルギーリカバリー

(1) RPF 利用

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 製造化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。
- ・ RPF については製造し熱として利用、つまり燃焼して CO2 になるまでを検討した。

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した。

【エネルギーリカバリー (RPF 利用)】

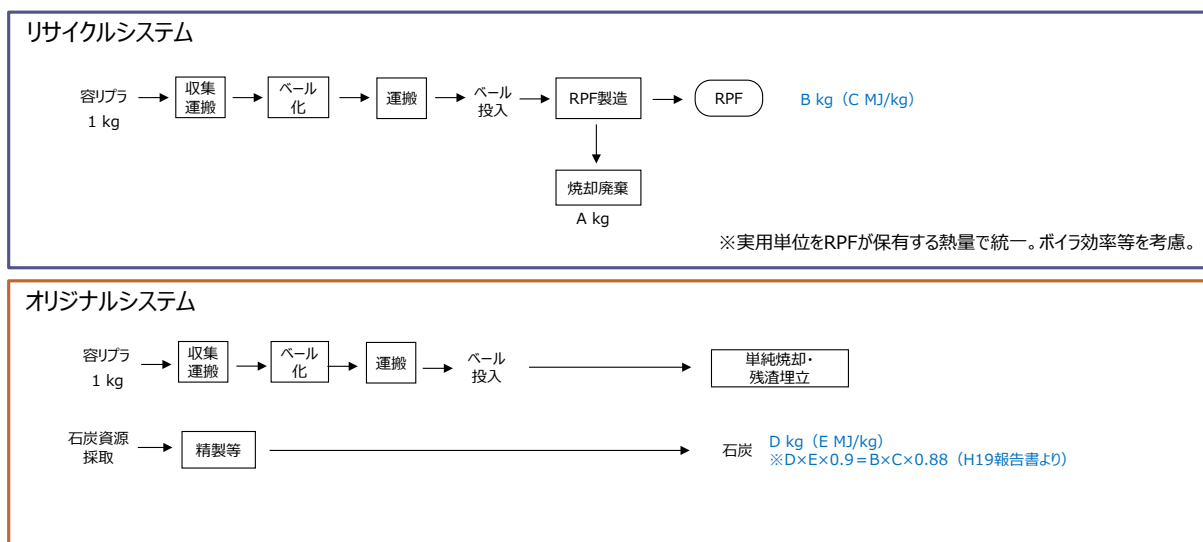


図 3-13 RPF 利用のシステム境界

(2) セメント焼成

a) システム境界

- ・ 前処理については RPF 利用と同様である。
- ・ 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した。
- ・ 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 になるまでを検討した。

b) オリジナルシステム

- ・ セメント焼成についても RPF 利用と同様に石炭代替として検討した。

【エネルギーリカバリー（セメント焼成）】

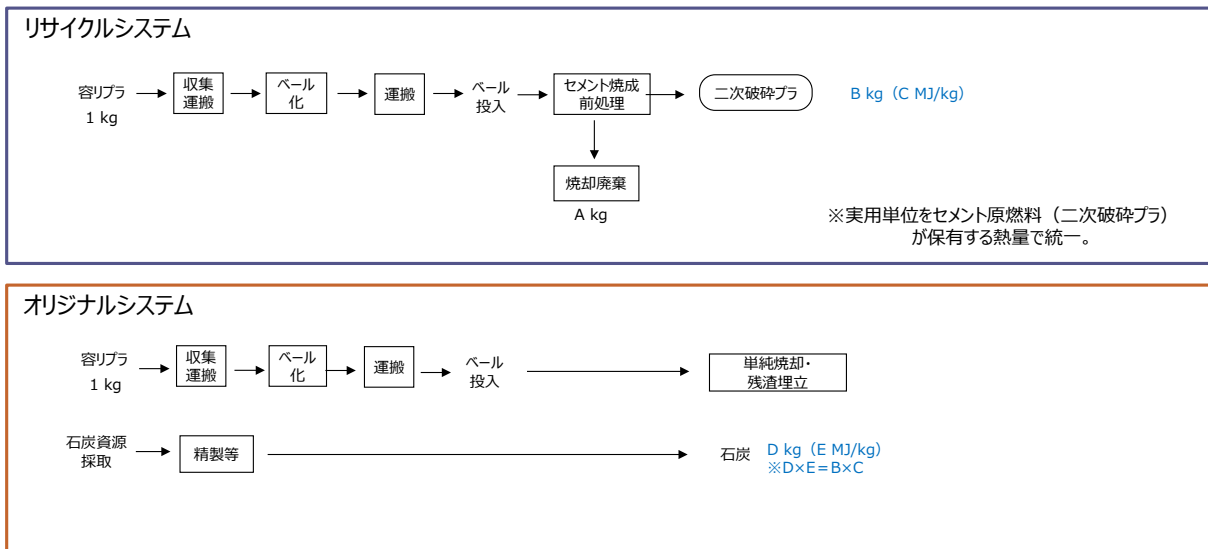


図 3-14 セメント焼成のシステム境界

(3) 発電焼却

発電焼却は、これまでの手法と異なり、家庭から排出される容リプラが、自治体の可燃ゴミとして回収され、ゴミ発電施設に投入されるケースを検討した。発電効率は、環境省「一般廃棄物処理事業実態調査の結果（平成28年度）について」より、ゴミ焼却施設の平均の発電効率である12.81%とした。

a) システム境界

- ・ 容リプラを直接焼却し発電する、つまり燃焼しCO₂になるまでを対象とした。なお、ゴミ発電所で消費する電力は、発電した電力で賄うこととした。

b) オリジナルシステム

- ・ 発電した電力から所内利用分を差し引いた量の系統電力を利用する場合を想定した。

【エネルギーリカバリー（発電焼却）】

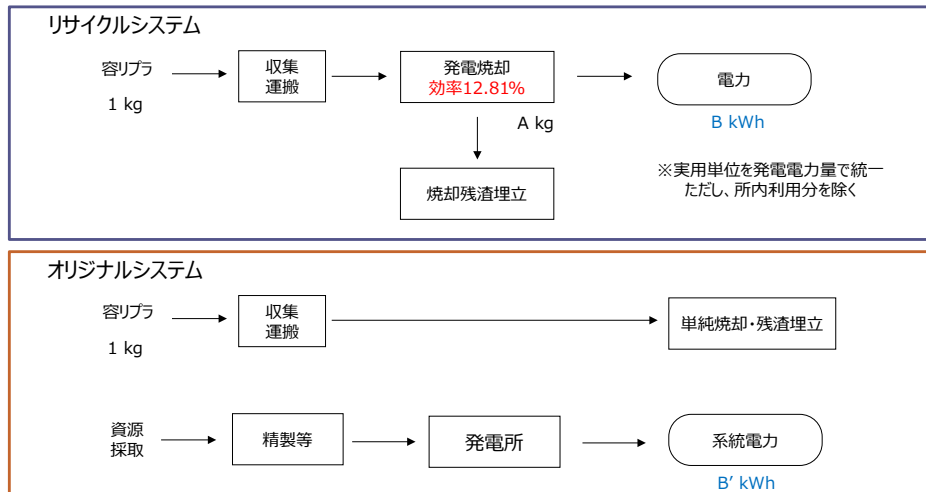


図 3-15 発電焼却のシステム境界

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自治体によりかなりのバラつきがある。この点について、H19 報告書においては、得られたベール組成の実測時期が異なっていたため、平均をとるのではなく、近々のデータであった旧プラスチック処理促進協会の H16～H18 の調査結果を採用していた。

今回は最新の実績として、日本容器包装リサイクル協会の「プラスチック製容器包装に係る実証試験」（平成 26 年 6 月）におけるベール組成を採用し、評価を実施した。この実証試験にあるベール組成は、群馬県伊勢崎市において、平成 24 年 4 月から平成 25 年 3 月に市民から分別排出されたプラスチック製容器包装廃棄物を、手選別等で分類して調査した結果である。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 4-1 ベースとしたベールの成分割合

PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.9%	3.7%	7.3%	100.0%

注) その他については、金属類と設定した。また、水分についてはデータがなかったため、H19 報告書の値を引用した。

以降、このベール組成を基にした、各処理手法の再商品化製品、残渣について設定した成分割合を記載する。

(1) マテリアルリサイクル

再商品化製品のポリオレフィン率 (PO 率) については、H19 報告書より約 90%と設定した。再商品化率も同様に 51% (再商品化製品合計－水分) とした。この際、製品の水分量は 0.88% (再商品化製品を 100%とした場合 1.7%) 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 4-2 マテリアル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	水分	合計
再商品化製品	21.7%	24.1%	5.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	51.9%
残渣	3.3%	3.7%	15.2%	14.8%	0.9%	3.7%	6.4%	48.1%
合計	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.9%	3.7%	7.3%	100.0%

(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、下表を用いた。

表 4-3 油化・ガス化の設定成分割合

PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.9%	3.7%	7.3%	100.0%

b) 高炉還元

高炉還元においては H19 報告書に、再商品化製品として平成 18 年度の 4 月～2 月の実績で 75.3%の再商品化率を示したと記載されていることから、75.3%の再商品化率と設定した。ここでは、PVC、その他を除去した後、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 4-4 高炉還元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	水分	合計
再商品化製品	21.4%	23.8%	17.4%	12.7%	0.0%	0.0%	2.0%	77.3%
残渣	3.6%	4.0%	3.0%	2.2%	0.93%	3.7%	5.3%	22.7%
合計	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.93%	3.7%	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した。

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 H19 報告書に、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たと記載されているが、今回のベール組成では最大でも再商品化率は 89%であるため、89%と設定した。

表 4-5 コークス炉化学原料化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	水分	合計
再商品化製品	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.93%	0.0%	2.0%	91.0%
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	5.3%	9.0%
合計	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.93%	3.7%	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した。

(3) エネルギーリカバリー

a) RPF 利用／セメント焼成

RPF 利用／セメント焼成については H19 報告書に従い、高炉還元の収率 75%からコークス炉化学原料化の収率 89%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 89% ケース (コークス炉化学原料化と同じ) の 2 通りについて検討した。

表 4-6 RPF 利用/セメント焼成の再商品化製品および残渣の成分割合 (収率 75% ケース)

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
再商品化製品	21.4%	23.8%	17.4%	12.7%	0.0%	0.0%	2.0%	77.3%
残渣	3.6%	4.0%	3.0%	2.2%	0.93%	3.7%	5.3%	22.7%
合計	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.93%	3.7%	7.3%	100.0%

表 4-7 RPF 利用/セメント焼成の再商品化製品および残渣の成分割合 (収率 89% ケース)

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
再商品化製品	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.93%	0.0%	2.0%	91.0%
残渣	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	5.3%	9.0%
合計	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.93%	3.7%	7.3%	100.0%

b) 発電焼却

発電焼却は容リプラを直接燃焼させるものと設定した。

表 4-8 発電焼却の設定成分割合

PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.9%	3.7%	7.3%	100.0%

4.2 CO2 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 CO2 排出量を算定した。まず、素材ごとの C 分、CO2 排出量は次のとおりである。

表 4-9 各プラスチック素材の C 分から算出した CO2 排出量

	化学式	分子量	C分	CO2排出量 (kg-CO2/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

(1) ベールを燃焼した場合の CO2 排出量

a) 直接燃焼

ベールを直接燃焼した場合の CO2 排出量について表 4-1、表 4-9 をもとに算出すると次のとおりとなった。

表 4-10 ベールを直接燃焼した場合の CO2 排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	25.0%	46,046	11.530	3.1429	0.787
PP	27.8%	43,953	12.229	3.1429	0.874
PS	20.4%	40,186	8.199	3.3846	0.691
PET	14.8%	23,023	3.416	2.2917	0.340
PVC	0.93%	24,070	0.223	1.4080	0.013
その他	3.7%		0.000		0.000
水分	7.3%	-2,512	-0.182		0.000
合計	100.0%		35.598		2.705

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とした。

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 89%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算出した。

表 4-11 RPF/セメント原燃料を燃焼した場合の CO2 排出量 (収率 75%ケース)

	べール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	27.7%	46,046	12.748	3.1429	0.870
PP	30.8%	43,953	13.521	3.1429	0.967
PS	22.6%	40,186	9.065	3.3846	0.764
PET	16.4%	23,023	3.777	2.2917	0.376
PVC	0.0%	24,070	0.000	1.4080	0.000
その他	0.0%		0.000		0.000
水分	2.6%	-2,512	-0.065		0.000
合計	100.0%		39.112		2.976

注) RPF/セメント原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とした。

表 4-12 RPF/セメント原燃料を燃焼した場合の CO2 排出量 (収率 89%ケース)

	べール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	27.5%	46,046	12.666	3.1429	0.865
PP	30.6%	43,953	13.434	3.1429	0.961
PS	22.4%	40,186	9.007	3.3846	0.759
PET	16.3%	23,023	3.753	2.2917	0.374
PVC	1.02%	24,070	0.245	1.4080	0.014
その他	0.0%		0.000		0.000
水分	2.2%	-2,512	-0.055		0.000
合計	100.0%		39.105		2.972

注) RPF/セメント原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とした。

(2) 残渣を処理した場合の CO2 排出量

a) マテリアルリサイクルの CO2 排出量

マテリアルリサイクルの残渣は 5.1.1 で示すように、エネルギーリカバリー（発電焼却、RPF 利用、セメント焼成）により処理されるとした。各手法の残渣の処理による排出量は次のとおりに算出した。

(7) 発電焼却

発電焼却においては、残渣のうち金属類等は直接埋立され、それ以外は発電焼却されるとした。

表 4-13 残渣（マテリアルリサイクル）の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
残渣	3.3%	3.7%	15.2%	14.8%	0.93%	3.7%	6.4%	48.1%
燃烧	3.3%	3.7%	15.2%	14.8%	0.93%	0.0%	6.1%	44.1%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.30%	4.0%

発電焼却される素材（水分含む）を 100%換算し、残渣の発電焼却分 1 kg に対する CO2 排出量を算出すると次のとおりとなった。

表 4-14 残渣（マテリアルリサイクル）を発電焼却した場合の CO2 排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	7.5%	4.60E+04	3.47E+00	3.14E+00	2.37E-01
PP	8.4%	4.40E+04	3.68E+00	3.14E+00	2.63E-01
PS	34.6%	4.02E+04	1.39E+01	3.38E+00	1.17E+00
PET	33.6%	2.30E+04	7.75E+00	2.29E+00	7.71E-01
PVC	2.1%	2.41E+04	5.06E-01	1.41E+00	2.96E-02
その他	0.0%		0.00E+00		0.00E+00
水分	13.8%	-2.51E+03	-3.46E-01		
合計	100.0%		2.93E+01		2.47E+00

注) 残渣構成比については、金属等 3.7%（さら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) 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とした。

(イ) RPF 利用・セメント焼成

金属類や、残渣中の PVC も RPF 利用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した。PVC は直接焼却、金属類は直接埋立されるとした。

表 4-15 RPF 利用・セメント焼成における残渣（マテリアルリサイクル）の素材ごとの処理割合

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
残渣	3.3%	3.7%	15.2%	14.8%	0.93%	3.7%	6.4%	48.1%
RPF/セメント原料	3.3%	3.7%	15.2%	14.8%	0.0%	0.0%	5.6%	42.7%
選別残渣 燃焼	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.93%	0.0%	0.50%	1.4%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.30%	4.0%

よって、残渣より製造した RPF、セメント原燃料の燃焼時における CO₂ 排出量は次のとおり。

表 4-16 残渣（RPF/セメント原燃料）を燃焼した場合の CO₂ 排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	加重平均CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)
PE	7.8%	4.60E+04	3.59E+00	3.14E+00	2.45E-01
PP	8.7%	4.40E+04	3.81E+00	3.14E+00	2.72E-01
PS	35.7%	4.02E+04	1.44E+01	3.38E+00	1.21E+00
PET	34.8%	2.30E+04	8.00E+00	2.29E+00	7.97E-01
PVC	0.0%	2.41E+04	0.00E+00	1.41E+00	0.00E+00
その他	0.0%		0.00E+00		0.00E+00
水分	13.1%	-2.51E+03	-3.28E-01		
合計	100.0%		2.98E+01		2.52E+00

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とした。

b) ケミカルリサイクル

(7) 油化の CO₂ 排出量

油化について、残渣（いずれも金属類の一部）は埋立てるものとした。

(イ) ガス化の CO₂ 排出量

ガス化について、残渣（いずれも金属類の一部）は埋立てるものとした。

(ウ) 高炉還元の CO₂ 排出量

高炉還元の残渣は、5.2.4 で示すように、エネルギーリカバリー（発電焼却、RPF 利用、セメント焼成）により処理されるとした。各手法の残渣の処理による排出量は次のとおりに算出した

i. 発電焼却

発電焼却においては、残渣のうち金属類等は直接埋立てられ、それ以外は発電焼却されるところ。

表 4-17 残渣（高炉還元）の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
残渣	3.6%	4.0%	3.0%	2.2%	0.93%	3.7%	5.3%	22.7%
燃烧	3.6%	4.0%	3.0%	2.2%	0.93%	0.0%	1.6%	15.3%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.30%	4.0%

発電焼却される素材（水分含む）を 100%換算し、残渣の発電焼却分 1 kg に対する CO2 排出量を算出すると次のとおりとなった。

表 4-18 残渣を発電焼却した場合の CO2 排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	23.7%	4.60E+04	1.09E+01	3.14E+00	7.46E-01
PP	26.4%	4.40E+04	1.16E+01	3.14E+00	8.29E-01
PS	19.3%	4.02E+04	7.77E+00	3.38E+00	6.55E-01
PET	14.1%	2.30E+04	3.24E+00	2.29E+00	3.22E-01
PVC	6.0%	2.41E+04	1.46E+00	1.41E+00	8.52E-02
その他	0.0%		0.00E+00		0.00E+00
水分	10.4%	-2.51E+03	-2.62E-01		
合計	100.0%		3.50E+01		2.64E+00

注) 残渣構成比については、金属等 3.7%（さら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) 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とした。

ii. RPF 利用・セメント焼成

金属類や、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した。PVC は直接焼却、金属類は直接埋立されるとした。

表 4-19 RPF 利用・セメント焼成における残渣（高炉還元）の素材ごとの処理方法

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
残渣	3.6%	4.0%	3.0%	2.2%	0.9%	3.7%	5.3%	22.7%
RPF/セメント原料	3.6%	4.0%	3.0%	2.2%	0.0%	0.0%	4.5%	17.3%
選別残渣 燃烧	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.50%	1.4%
直接埋立	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.30%	4.0%

これにより、残渣より製造した RPF、セメント原燃料の燃焼時における CO2 排出量は次のとおり。

表 4-20 残渣（RPF/セメント原燃料）を燃焼した場合の CO2 排出量

	残渣構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	21.1%	4.60E+04	9.71E+00	3.14E+00	6.63E-01
PP	23.4%	4.40E+04	1.03E+01	3.14E+00	7.36E-01
PS	17.2%	4.02E+04	6.90E+00	3.38E+00	5.81E-01
PET	12.5%	2.30E+04	2.88E+00	2.29E+00	2.86E-01
PVC	0.0%	2.41E+04	0.00E+00	1.41E+00	0.00E+00
その他	0.0%		0.00E+00		0.00E+00
水分	25.8%	-2.51E+03	-6.49E-01		
合計	100.0%		2.98E+01		2.27E+00

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とした。

(I) コークス炉化学原料化の CO2 排出量

コークス炉化学原料化の残渣の CO2 排出量については、残渣は金属類等のみであることから、直接埋立されるとした。

(3) その他プラ燃焼

再商品化製品についても CO2 排出量を算出すると次のとおりとなった。

a) パレット等の製品焼却

マテリアルリサイクルの再商品化製品である、容リプラから製造されるパレットや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した。この場合の CO2 排出量は次のとおりであった。

表 4-21 パレット等の焼却による CO2 排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	42.6%	46,046	19.604	3.1429	1.338
PP	47.3%	43,953	20.792	3.1429	1.487
PS	10.1%	40,186	4.066	3.3846	0.342
PET	0.0%	23,023	0.000	2.2917	0.000
PVC	0.0%	24,070	0.000	1.4080	0.000
その他	0.0%		0.000		0.000
水分	0.0%	-2,512	0.000		0.000
合計	100.0%		44.463		3.167

b) 油化・ガス化

油化・ガス化については、投入したベールの直接燃焼であるため、表 4-10 同じ結果となった。

表 4-22 油化・ガス化による燃焼等の CO2 排出量

	ベール構成比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	25.0%	46,046	11.530	3.1429	0.787
PP	27.8%	43,953	12.229	3.1429	0.874
PS	20.4%	40,186	8.199	3.3846	0.691
PET	14.8%	23,023	3.416	2.2917	0.340
PVC	0.9%	24,070	0.223	1.4080	0.013
その他	3.7%		0.000		0.000
水分	7.3%	-2,512	-0.182		0.000
合計	100.0%		35.598		2.705

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とした。

c) 高炉還元

高炉還元のために投入された高炉還元剤粒の燃焼による CO2 排出量は次のとおりであった。

表 4-23 高炉還元剤粒による燃焼等の CO2 排出量

	ベール構成 比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	27.7%	46,046	12.748	3.1429	0.870
PP	30.8%	43,953	13.521	3.1429	0.967
PS	22.6%	40,186	9.065	3.3846	0.764
PET	16.4%	23,023	3.777	2.2917	0.376
PVC	0.0%	24,070	0.000	1.4080	0.000
その他	0.0%		0.000		0.000
水分	2.6%	-2,512	-0.065		0.000
合計	100.0%		39.112		2.976

注) 高炉還元剤粒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とした。

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燃焼による CO2 排出量は次のとおりであった。

表 4-24 化学原料粒による燃焼等の CO2 排出量

	ベール構成 比 (%)	LHV (kJ/kg)	加重平均LHV (kJ/kg)	CO2排出量 (kg-CO2/kg)	加重平均CO2排出量 (kg-CO2/kg)
PE	27.5%	46,046	12.666	3.1429	0.865
PP	30.6%	43,953	13.434	3.1429	0.961
PS	22.4%	40,186	9.007	3.3846	0.759
PET	16.3%	23,023	3.753	2.2917	0.374
PVC	1.0%	24,070	0.245	1.4080	0.014
その他	0.0%		0.000		0.000
水分	2.2%	-2,512	-0.055		0.000
合計	100.0%		39.105		2.972

注) 化学原料粒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とした。

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とした。

(残渣処理)

- リサイクルシステムにおける残渣の処理の中で、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの高炉還元については平成 29 年度のリサイクル状況を反映した。残渣の処理では、単純焼却、発電焼却、RPF 利用、セメント焼成が実施された。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。なお、発電焼却の発電効率は廃棄物発電の現状の平均値である 12.81%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だが発生する。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。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、パレットの事例を参考にして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)

- 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。本評価においては、国立研究開発法人産業技術総合研究所が開発した「IDEA Ver.2.2」を用いた。

5. 各処理手法のインベントリデータ

5.1 マテリアルリサイクル

5.1.1 残渣の取扱いについて

マテリアルリサイクルの残渣はエネルギーリカバリーされるため、残渣の処理手法ごとの環境負荷を算出した。

(1) RPF 利用

残渣から RPF を製造するためのインベントリデータは次のとおり。

表 5-1 残渣 1kg から RPF を製造した場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	RPF原料	1.00E+00	kg		
	ユーティリティ	電力	1.30E-01	kWh	1.24E+00	7.52E-02
Output	生成物	RPF	8.87E-01	kg		
	その他	選別残渣	1.93E-02	kg		
				合計	1.24E+00	7.52E-02

表 4-11 より RPF を焼却利用・残渣埋立てをした場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-2 RPF 0.89kg を焼却利用・残渣埋立てをした場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	RPF焼却	8.87E-01	kg	2.64E+01	2.24E+00
Output	生成物	残渣 (埋立)	2.75E-02	kg	1.63E-02	9.88E-04
				合計	2.64E+01	2.24E+00

選別された PVC は単純焼却・残渣埋立てをされる。インベントリデータは次のとおり。

表 5-3 選別残渣 0.02kg を単純焼却・残渣埋立てをした場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	選別残渣	1.93E-02	kg	4.64E-01	2.71E-02
	ユーティリティ	電力	3.86E-04	kWh	3.69E-03	2.24E-04
	ユーティリティ	LPG	5.94E-05	MJ	6.85E-05	4.50E-06
	ユーティリティ	B重油	7.99E-05	MJ	8.82E-05	6.62E-06
Output	生成物	残渣 (埋立)	9.20E-04	kg	5.47E-04	3.34E-05
				合計	4.68E-01	2.74E-02

ここで、製造した RPF は製紙会社等の RPF 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した。

この場合、代替される石炭は、RPF 1 kgに対し、RPF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、熱量を合わせて、

$$\cdot \text{石炭} = 29,752 \text{kJ/kg (RPF)} \times 0.88 \div 0.9 \div (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.12 \text{kg}$$

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) × 0.975

となった。

RPF 0.89 kgを代替する石炭を燃焼する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-4 石炭 1.0kg を単純焼却・残渣埋立てをした場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Output	生成物	石炭 (燃焼)	9.95E-01	kg	2.69E+01	2.47E+00
				合計	2.69E+01	2.47E+00

これより、RPF を製造・利用する場合の環境負荷から、石炭燃焼による環境負荷を引いた数値が残渣の RPF 利用の環境負荷となる。

表 5-5 マテリアルリサイクルにおける残渣の RPF 利用による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
RPF製造	1.24E+00	7.52E-02
RPF焼却利用・残渣埋立	2.64E+01	2.24E+00
選別残渣単純焼却・残渣埋立	4.68E-01	2.74E-02
石炭の燃焼 (RPFの代替効果)	-2.69E+01	-2.47E+00
合計	1.31E+00	-1.18E-01

(2) セメント焼成

残渣からセメント原燃料を製造するためのインベントリデータは次のとおり。

表 5-6 残渣 1kg からセメント原燃料を製造した場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	投入原料	1.00E+00	kg		
	ユーティリティ	電力	1.57E-01	kWh	1.50E+00	9.10E-02
	ユーティリティ	軽油	3.80E-02	MJ	4.13E-02	2.98E-03
Output	生成物	セメント原燃料	8.87E-01	kg		
	その他	選別残渣	1.93E-02	kg		
				合計	1.54E+00	9.40E-02

表 4-11 よりセメント原燃料を焼却利用・残渣埋立てをした場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-7 セメント原燃料 0.89kg を焼却利用・残渣埋立てをした場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	セメント原燃料焼却	8.87E-01	kg	2.64E+01	2.24E+00
Output	生成物	残渣 (埋立)	2.75E-02	kg	1.63E-02	9.88E-04
合計					2.64E+01	2.24E+00

選別された PVC は単純焼却・残渣埋立てをされる。インベントリデータは次のとおり。

表 5-8 選別残渣 0.02kg を単純焼却・残渣埋立てをした場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	選別残渣	1.93E-02	kg	4.64E-01	2.71E-02
	ユーティリティ	電力	3.86E-04	kWh	3.69E-03	2.24E-04
	ユーティリティ	LPG	5.94E-05	MJ	6.85E-05	4.50E-06
	ユーティリティ	B重油	7.99E-05	MJ	8.82E-05	6.62E-06
Output	生成物	残渣 (埋立)	9.20E-04	kg	5.47E-04	3.34E-05
合計					4.68E-01	2.74E-02

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

$$\cdot \text{石炭} = 29,752 \text{kJ/kg (セメント原燃料)} \div (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.15 \text{kg}$$

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) × 0.975

となった。

セメント原燃料 0.89 kg を代替する石炭を燃焼する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-9 石炭 1.0kg を単純焼却・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	石炭 (燃焼)	1.02E+00	kg	2.75E+01	2.52E+00
合計					2.75E+01	2.52E+00

これより、セメント原燃料を製造・利用する場合の環境負荷から、石炭燃焼の環境負荷を引いた数値が残渣のセメント焼成の環境負荷となる。

表 5-10 マテリアルリサイクルにおける残渣のセメント焼成による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
セメント原燃料製造	1.54E+00	9.40E-02
セメント原燃料焼却利用・残渣埋立	2.64E+01	2.24E+00
選別残渣単純焼却・残渣埋立	4.68E-01	2.74E-02
石炭の燃焼 (セメント原燃料の代替効果)	-2.75E+01	-2.52E+00
合計	9.98E-01	-1.55E-01

(3) 発電焼却

残渣を発電効率 12.81%で発電焼却する場合のインベントリデータは次のとおり。なお、残渣 1kg の発電焼却による発電量は表 4-14 の単位発熱量および発電効率より、
 発電量 = 29.3MJ/kg (残渣発熱量) ÷ 3.6MJ/kWh (電力換算) × 12.81% (発電効率) = 1.04kWh/kg となった。

表 5-11 残渣 1kg を発電焼却する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	残渣焼却	1.00E+00 kg	2.93E+01
	ユーティリティ	電力 (所内利用)	1.26E-02 kWh	0.00E+00
	ユーティリティ	都市ガス	1.58E-02 MJ	2.26E-02
	ユーティリティ	A重油	2.72E-03 MJ	3.07E-03
Output	生成物	発電量	1.04E+00 kWh	
	その他	残渣 (埋立)	3.10E-02 kg	1.84E-02
合計			2.95E+01	2.48E+00

ここで、発電した電力は系統電力で代替されると設定した。発電量から所内利用分を差し引くと、

- ・ 系統電力 = 発電量 - 所内利用分 = 1.04kWh - 0.0126kWh = 1.03kWh

となった。

発電量 1.04 kWhを代替する系統電力のインベントリデータは次のとおり。

表 5-12 系統電力 1.0 kWh のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	系統電力	1.03E+00 kWh	9.86E+00
合計			9.86E+00	5.97E-01

これより、発電焼却の環境負荷から、系統電力の環境負荷を引いた数値が残渣の発電焼却の環境負荷となる。

表 5-13 マテリアルリサイクルにおける残渣の発電焼却による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
発電焼却・残渣埋立	2.95E+01	2.48E+00
系統電力（発電焼却の代替効果）	-9.86E+00	-5.97E-01
合計	1.96E+01	1.88E+00

（４） 残渣の環境負荷

（１）～（３）の結果を基に、残渣 0.48kg を表 3-1 の残渣の処理割合に応じて配分して算出した各手法の環境負荷および、代替品（電力や石炭）を代替することによる環境負荷削減量を織り込み、さらに金属類の直接埋立てによる環境負荷を合わせて、残渣の処理に係る環境負荷を算出した。

表 5-14 マテリアルリサイクルにおける残渣 0.48 kg の処理による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷	RPF利用	6.62E+00
	セメント焼成	3.20E+00
	発電焼却	2.78E+00
	直接埋立	5.62E-04
代替効果	石炭の燃焼（RPFの代替効果）	-6.32E+00
	石炭の燃焼（セメント原燃料の代替効果）	-3.09E+00
	系統電力（発電焼却の代替効果）	-9.32E-01
合計	2.27E+00	1.35E-01

5.1.2 リターナブルパレット（新規樹脂代替）

リターナブルパレット（新規樹脂代替）のシステム境界を下記に示す。

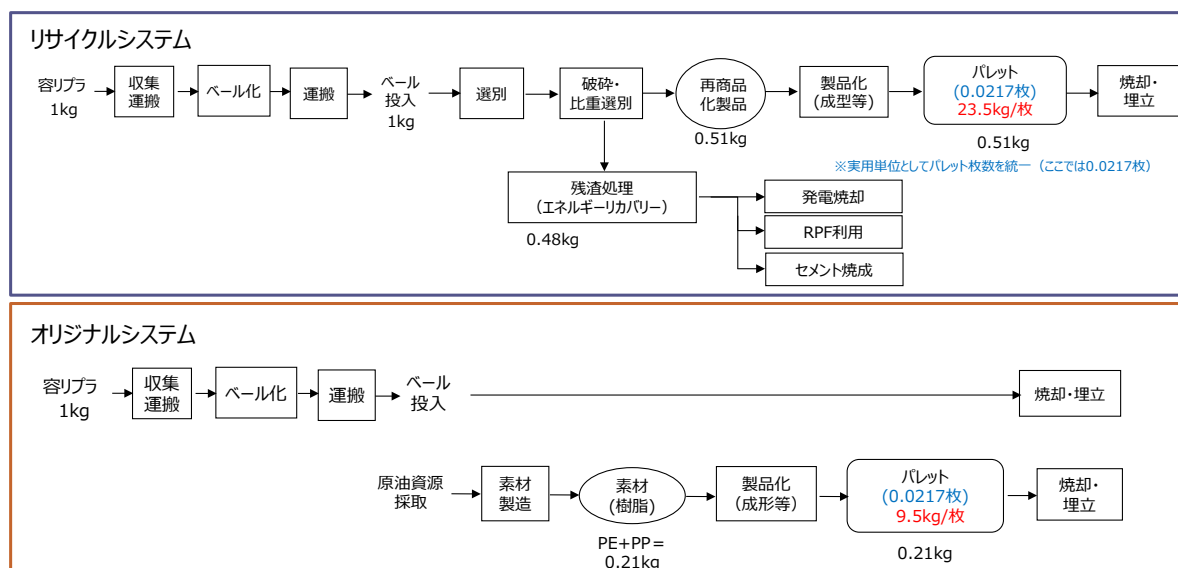


図 5-1 リターナブルパレット（新規樹脂代替）のシステム境界

（1）リターナブルパレットの重量、代替率

H19 報告書におけるリターナブルパレットの重量、代替率等は、「平成 28 年度プラスチック製容器包装リサイクル環境負荷削減効果のインベントリーデータの更新」（平成 29 年 1 月、公益財団法人日本容器包装リサイクル協会）（以下、H29 報告書）において見直しをかけている。本評価においては、この H29 報告書を基に、リターナブルパレットの重量および代替率を設定した。

なお、代替率は、容リプラ 100%で製造したパレットの重量に対する新規樹脂 100%で製造したパレットの重量と定義する。

a) パレットの品質（サイズ、耐荷重）確認

H29 報告書では各事業者が販売している計 31 種類のパレットのデータを見直しを実施している。これらのパレットの品質（サイズ、耐荷重）が同程度で比較可能であるのかを調査した。

日本容器包装リサイクル協会の協力を得て調査した結果、表 5-15 の 17 事例が、サイズ 1100mm × 1100mm、動荷重 1000kg で、品質同等であり、比較可能であることを確認できた。これら 17 事例をもとに、代替率を推算した。

表 5-15 プラパレットの材質・重量・品質

群	No	材質(容リプラ配合比率(*1))	製品重量(kg)	品質			製品重量単純平均(kg)	
				サイズ(mm)	動荷重(kg)	静荷重(kg)		
A群	1	51%	7.5	1100×1100×120	1000	2000	9.5	
	2	50%	9.8	1100×1100×150	1000	4000		
	3	35%	9.9	1100×1100×150	1000	4000		
	4	35%	9.9	1100×1100×150	1000	4000		
	5	50%	10.3	1100×1100×150	1000	4000		
B群	6	99%、もしくは100%	18	1100×1100×140	1000	-	18.3	23.5
	7	99%、もしくは100%	18	1100×1100×140	1000	-		
	8	99%、もしくは100%	18	1100×1100×140	1000	-		
	9	100%	18.5	1100×1100×140	1000	-		
	10	100%	18.5	1100×1100×140	1000	-		
C群	11	100%	18.5	1100×1100×140	1000	-	28.8	
	12	100%	25	1100×1100×150	1000	3000		
	13	100%	26	1100×1100×150	1000	3000		
	14	100%	27	1100×1100×150	1000	-		
	15	100%	30	1100×1100×150	1000	-		
	16	100%	32	1100×1100×150	1000	3000		
	17	100%	33	1100×1100×150	1000	3000		

(注) *1 (容リプラ配合比率(%)) = (容リプラ重量) / (製品重量)

b) プラパレットにおける代替率の推算

17例のパレットは全て、動荷重1000kg、サイズ1100mm×1100mmであるので、等価なパレットとみなした。

A群パレットは、容リプラ配合比率が35%～51%であり、容リプラ以外に再生PP、もしくは新規樹脂PPが配合されている。仮に、新規樹脂100%で成形してパレットを製造したとすると、製品重量およびサイズはほぼ同等で、動荷重1000kgを満足するパレットを製造可能と考えられる。対して、B群およびC群のパレットはほぼ容リプラ100%で製造されたパレットである。

以上のことを前提として17例のパレットのデータに基づいて、以下の算定式にて、代替率を推算した。

$$(\text{代替率}) = (\text{新規樹脂100\%で製造したパレットの重量}) / (\text{容リプラ100\%で製造したパレットの重量})$$

(新規樹脂100%で製造したパレットの重量)はA群パレットの重量以下の重量と考えられる。ここでは、仮に、A群パレットの重量と同重量であるとして算定した。よって、(新規樹脂100%で製造したパレットの重量)の単純平均値、最小値、最大値は次のとおり。

単純平均値 : 9.5kg
 最小値 : 7.5kg
 最大値 : 10.3kg

(容リプラ100%で製造したパレットの重量)は、(B群パレットおよびC群パレットの重量)と同じであると見なした。よって、(容リプラ100%で製造したパレットの重量)の単純平均値、最小値、最大値は次のとおり。

単純平均値 : 23.5kg
 最小値 : 18kg
 最大値 : 33kg

上記を組合せて代替率を算出すると次のとおり。なお、併せて H19 報告書における代替率も算出した。

表 5-16 各ケースにおける代替率

	①新規樹脂100%で製造したパレットの重量	②容リプラ100%で製造したパレットの重量	③代替率 ③ = ① ÷ ②
H19報告書	7.5kg/枚	20kg/枚	0.375
最小値	7.5kg/枚	33kg/枚	0.227
単純平均値	9.5kg/枚	23.5kg/枚	0.404
最大値	10.3kg/枚	18kg/枚	0.572

* (新規樹脂 100%で製造したパレットの重量) を、A 群パレットの重量と同重量と仮定して算定したので、大きめの推算値となっている。

以降、単純平均値、最小値、最大値の 3 ケースで環境負荷削減効果を算出した。

(2) リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース）

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは次のとおり。

表 5-17 容リプラ 1kg を収集・運搬・ベール化する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	容リプラ	1.00E+00	kg		
Output	ユーティリティ	収集・運搬	1.00E+00	kg	5.98E-01	4.07E-02
	ユーティリティ	ベール化	1.00E+00	kg	5.58E-01	2.17E-02
	ユーティリティ	運搬	1.00E+00	kg	1.09E-01	7.33E-03
合計					1.26E+00	6.97E-02

ベールからペレットを製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-18 ベール 1kg をペレット化する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	ベール	1.00E+00	kg			
		ユーティリティ	電力	4.19E-01	kWh	4.01E+00	2.43E-01
			軽油	4.18E-01	MJ	4.55E-01	3.28E-02
			COG	3.55E-01	MJ	0.00E+00	1.43E-02
			用水	1.55E-03	m3	3.60E-03	2.20E-04
Output	生成物	ペレット	5.10E-01	kg			
	その他	残渣処理 (ER)	4.80E-01	kg	2.27E+00	1.35E-01	
合計					6.74E+00	4.25E-01	

ペレットからパレットを製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。なお、滑り止めゴム、廃トナー、顔料、改質材および消費グリースについては投入量が小さいことから、算定においてはカットオフすることとした。

表 5-19 ペレット 0.51 kg をペレット化する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原料	ペレット	5.10E-01	kg		
	その他	滑り止めゴム	4.41E-03	kg	カットオフ	
	その他	廃トナー	2.23E-03	kg	カットオフ	
	その他	顔料	6.54E-04	kg	カットオフ	
	その他	改質材	6.54E-04	kg	カットオフ	
	ユーティリティ	電力	3.19E-01	kWh	3.05E+00	1.85E-01
	ユーティリティ	軽油	1.61E-02	MJ	1.74E-02	1.26E-03
	ユーティリティ	消費グリース	3.41E-06	kg	カットオフ	
	ユーティリティ	工業用水	1.81E-04	m3	4.21E-04	2.57E-05
Output	生成物	パレット (23.5kg/枚)	5.10E-01	kg		
				合計	3.07E+00	1.86E-01

製造した容リプラ由来のパレットは使用後、単純焼却・埋立処理される想定。インベントリデータは次のとおり。

表 5-20 ペレット 0.51 kg を単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原料	パレット焼却	5.10E-01	kg	2.27E+01	1.62E+00
	ユーティリティ	電力	6.63E-03	kWh	6.35E-02	3.84E-03
	ユーティリティ	LPG	1.02E-03	MJ	1.18E-03	7.74E-05
	ユーティリティ	B重油	1.37E-03	MJ	1.52E-03	1.14E-04
Output	生成物	残渣 (埋立)	1.58E-02	kg	9.40E-03	5.74E-04
				合計	2.28E+01	1.62E+00

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおいては、容リプラは収集・運搬・ベール化後、単純焼却されると想定。容リプラ 1 kg の収集・運搬・ベール化のインベントリデータは、表 5-17 と同じである。

次に、ベールを単純焼却、残渣埋立てをするインベントリデータは次のとおり。

表 5-21 ベール 1kg を単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	ベール	1.00E+00	kg	3.56E+01	2.71E+00
	ユーティリティ	電力	1.30E-02	kWh	1.24E-01	7.54E-03
		LPG	2.00E-03	MJ	2.31E-03	1.52E-04
		B重油	2.69E-03	MJ	2.97E-03	2.23E-04
Output	その他	残渣 (埋立)	3.10E-02	kg	1.84E-02	1.13E-03
				合計	3.57E+01	2.71E+00

新規樹脂由来のパレットの容リプラパレットに対する代替率は、(1)の単純平均値より0.404と設定した。そのため、容リプラパレット0.51kgに相当する新規樹脂由来のパレットの重量は、0.21kgである。なお、新規樹脂由来パレットの組成はPE:PP=1:1とした。

0.21kgの新規樹脂由来のパレットを製造する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-22 新規樹脂由来のパ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		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	PE	1.03E-01	kg	6.58E+00	1.97E-01
	原料	PP	1.03E-01	kg	6.69E+00	2.02E-01
	ユーティリティ	電力	1.95E-01	kWh	1.87E+00	1.13E-01
Output	生成物	パレット (7.0kg/枚)	2.06E-01	kg		
合計					1.51E+01	5.13E-01

製造した新規樹脂由来のパレットは使用後、単純焼却・埋立処理をされる想定。インベントリデータは次のとおり。

表 5-23 新規樹脂由来のパレットを単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	パレット焼却	2.06E-01	kg	9.28E+00	6.48E-01
	ユーティリティ	電力	2.68E-03	kWh	2.57E-02	1.55E-03
	ユーティリティ	LPG	4.13E-04	MJ	4.76E-04	3.13E-05
	ユーティリティ	B重油	5.55E-04	MJ	6.13E-04	4.60E-05
Output	生成物	残渣 (埋立)	6.39E-03	kg	3.80E-03	2.32E-04
合計					9.31E+00	6.50E-01

c) リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース）のまとめ

● リサイクルシステム的环境負荷

表 5-24 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・バール化	1.26E+00	6.97E-02
パレット製造	6.74E+00	4.25E-01
リターナブルパレット製造	3.07E+00	1.86E-01
リターナブルパレット焼却・埋立	2.28E+01	1.62E+00
合計	3.38E+01	2.30E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-25 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
新規樹脂パレット（容リプラ由来パレット代替）製造	1.51E+01	5.13E-01
新規樹脂パレット（容リプラ由来パレット代替）焼却・残渣埋立	9.31E+00	6.50E-01
合計	6.15E+01	3.95E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-26 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース））	2.76E+01	1.65E+00

(3) リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最小値ケース）

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

リサイクルシステムのインベントリデータについては、代替率には依存しないため（2）の単純平均値ケースと同じである。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおいては、容リプラは収集・運搬・ベール化後、単純焼却されると想定。容リプラ 1 kg の収集・運搬・ベール化のインベントリデータは、表 5-17 と同じである。

次に、ベールを単純焼却、残渣埋立てをするインベントリデータは表 5-21 と同じである。

新規樹脂由来のパレットの容リプラパレットに対する代替率は、（1）の最小値より 0.227 と設定した。そのため、容リプラパレット 0.51kg に相当する新規樹脂由来のパレットの重量は、0.12kg である。なお、新規樹脂由来パレットの組成は PE : PP = 1 : 1 とした。

0.12kg の新規樹脂由来のパレットを製造する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-27 新規樹脂由来のパ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		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	PE	5.80E-02	kg	3.70E+00	1.11E-01
	原料	PP	5.80E-02	kg	3.76E+00	1.14E-01
	ユーティリティ	電力	1.10E-01	kWh	1.05E+00	6.37E-02
Output	生成物	パレット (7.0kg/枚)	1.16E-01	kg		
合計					8.51E+00	2.88E-01

製造した新規樹脂由来のパレットは使用后、単純焼却・埋立処理をされる想定。インベントリデータは次のとおり。

表 5-28 新規樹脂由来のパレットを単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	パレット焼却	1.16E-01	kg	5.22E+00	3.64E-01
	ユーティリティ	電力	1.51E-03	kWh	1.44E-02	8.74E-04
	ユーティリティ	LPG	2.32E-04	MJ	2.68E-04	1.76E-05
	ユーティリティ	B重油	3.12E-04	MJ	3.45E-04	2.59E-05
Output	生成物	残渣 (埋立)	3.59E-03	kg	2.14E-03	1.30E-04
合計					5.23E+00	3.65E-01

c) リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最小値ケース）のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-29 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最小値ケース）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ベール化	1.26E+00	6.97E-02
パレット製造	6.74E+00	4.25E-01
リターナブルパレット製造	3.07E+00	1.86E-01
リターナブルパレット焼却・埋立	2.28E+01	1.62E+00
合計	3.38E+01	2.30E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-30 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最小値ケース）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ベール化	1.26E+00	6.97E-02
ベール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
新規樹脂パレット（リターナブルパレット代替）製造	8.51E+00	2.88E-01
新規樹脂パレット（リターナブルパレット代替）焼却・残渣埋立	5.23E+00	3.65E-01
合計	5.08E+01	3.44E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-31 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最小値ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最小値ケース））	1.69E+01	1.14E+00

(4) リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最大値ケース）

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

リサイクルシステムのインベントリデータについては、代替率には依存しないため（2）の単純平均値ケースと同じである。

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおいては、容リプラは収集・運搬・ベール化後、単純焼却されると想定。容リプラ 1 kg の収集・運搬・ベール化のインベントリデータは、表 5-17 と同じである。

次に、ベールを単純焼却、残渣埋立てをするインベントリデータは表 5-21 と同じである。

新規樹脂由来のパレットの容リプラパレットに対する代替率は、（1）の最大値より 0.572 と設定した。そのため、容リプラパレット 0.51kg に相当する新規樹脂由来のパレットの重量は、0.29kg である。なお、新規樹脂由来パレットの組成は PE : PP = 1 : 1 とした。

0.29kg の新規樹脂由来のパレットを製造する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-32 新規樹脂由来のパ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		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	PE	1.46E-01	kg	9.32E+00	2.79E-01
	原料	PP	1.46E-01	kg		
	ユーティリティ	電力	2.76E-01	kWh		
Output	生成物	パレット (7.0kg/枚)	2.92E-01	kg		
合計					2.14E+01	7.26E-01

製造した新規樹脂由来のパレットは使用后、単純焼却・埋立処理をされる想定。インベントリデータは次のとおり。

表 5-33 新規樹脂由来のパレットを単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)		
Input	原料	パレット焼却	2.92E-01	kg	1.31E+01	9.17E-01		
	ユーティリティ	電力	3.79E-03	kWh			3.63E-02	2.20E-03
	ユーティリティ	LPG	5.84E-04	MJ			6.74E-04	4.43E-05
	ユーティリティ	B重油	7.86E-04	MJ			8.67E-04	6.51E-05
Output	生成物	残渣 (埋立)	9.05E-03	kg	5.38E-03	3.28E-04		
合計					1.32E+01	9.20E-01		

c) リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最大値ケース）のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-34 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最大値ケース）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・パレット化	1.26E+00	6.97E-02
パレット製造	6.74E+00	4.25E-01
リターナブルパレット製造	3.07E+00	1.86E-01
リターナブルパレット焼却・埋立	2.28E+01	1.62E+00
合計	3.38E+01	2.30E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-35 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最大値ケース）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・パレット化	1.26E+00	6.97E-02
パレット単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
新規樹脂パレット（リターナブルパレット代替）製造	2.14E+01	7.26E-01
新規樹脂パレット（リターナブルパレット代替）焼却・残渣埋立	1.32E+01	9.20E-01
合計	7.16E+01	4.43E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-36 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最大値ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率最大値ケース））	3.78E+01	2.13E+00

(5) リターナブルパレット（新規樹脂代替）のまとめ

リターナブルパレット（新規樹脂代替）では、容リプラに対する新規樹脂の代替率を変動させて、環境負荷削減効果を算出した。

表 5-37 リターナブルパレット（新規樹脂代替）の各代替率における環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
環境負荷削減効果（代替率最小値）	1.69E+01	1.14E+00
環境負荷削減効果（代替率単純平均値）	2.76E+01	1.65E+00
環境負荷削減効果（代替率最大値）	3.78E+01	2.13E+00

代替率が大きいほど、代替するバージンパレットの重量が増加するため、オリジナルシステムの環境負荷は増加（リサイクルシステムに影響は無い）した。結果、環境負荷削減効果は代替率に依存して変動することが分かった。

なお、代替率を仮に1と設定すると、環境負荷削減効果は次のとおりであった。

表 5-38 リターナブルパレット（新規樹脂代替）の代替率を1としたときの環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
環境負荷削減効果（代替率1）	6.37E+01	3.36E+00

このことから、新規樹脂と変わらない性質まで、収集する容リプラの品質を高めることができるならば、マテリアルリサイクルにより高い環境負荷削減効果を示すことが分かった。

5.1.3 リターナブルパレット（新規木材代替）

リターナブルパレット（新規木材代替）のシステム境界を下記に示す。

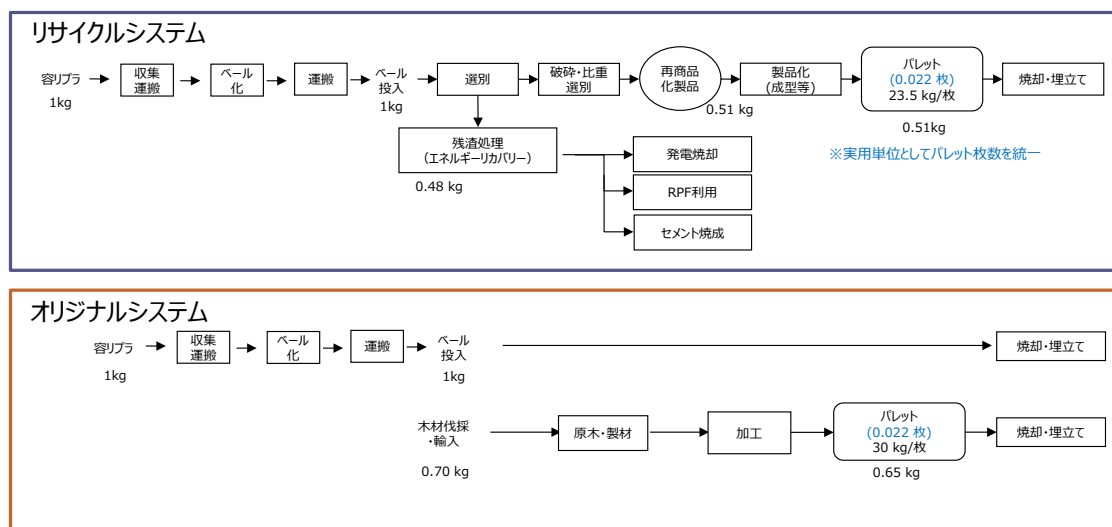


図 5-2 リターナブルパレット（新規木材代替）のシステム境界

(1) リターナブルパレットの重量、代替率

以下に、容リプラから製造されるリターナブルパレット、同じ機能を有する木材パレットの重量を示す。容リプラから製造されるリターナブルパレットの重量は、リターナブルパレット（新規樹脂代替）と同様である。同じ機能を有する木材パレットの重量は、H19 報告書の数値を引用した。

表 5-39 評価対象としたリターナブルパレットの重量

	製造量	単位重量	枚数
リターナブルパレット (容リプラ)	0.51kg	23.5kg/枚	<u>0.0217枚</u>
バージンパレット (新規木材)	0.65kg	30kg/枚	<u>0.0217枚</u>

(2) リサイクルシステムのインベントリデータ

リサイクルシステムのインベントリデータは、リターナブルパレット（新規樹脂代替）と同様である。

(3) オリジナルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化、およびベールの焼却・埋立に関するインベントリデータは、5.1.2節のオリジナルシステムと同様である。

木材パレットの原料となる木材（輸入）の伐採・輸送（輸入）のインベントリデータには、H19報告書のインベントリデータを用いた。原木の製材、製材からパレットへの加工、木材パレットの焼却・埋立、各プロセスのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-40 原木の製材におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	原木	6.95E-01	kg	3.31E-01	9.73E-02
	ユーティリティ	電力	3.52E-02	kWh	3.37E-01	2.04E-02
	ユーティリティ	軽油	1.06E-03	MJ	1.15E-03	8.32E-05
	ユーティリティ	木くず（構内利用）	4.38E-02	kg		
Output	生成物	製材	6.51E-01	kg		
	その他	木くず（構内利用）	4.38E-02	kg		
合計					6.70E-01	1.18E-01

表 5-41 製材からパレット加工におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	製材	6.51E-01	kg		
	ユーティリティ	電力	4.38E-03	kWh	4.20E-02	2.54E-03
	ユーティリティ	軽油	1.33E-02	MJ	1.44E-02	1.04E-03
Output	生成物	パレット（30kg/枚）	6.51E-01	kg		
合計					5.64E-02	3.58E-03

表 5-42 木材パレットの焼却・埋立におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	新規木材パレット焼却	9.38E+00	MJ	0.00E+00	2.09E-02
Output	生成物	残渣（埋立）	2.02E-02	kg	1.20E-02	7.33E-04
合計					1.20E-02	2.16E-02

(4) リターナブルパレット（新規木材代替）のまとめ

● リサイクルシステムの環境負荷

表 5-43 リターナブルパレット（新規木材代替）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペレット製造	6.74E+00	4.25E-01
リターナブルパレット製造	3.07E+00	1.86E-01
リターナブルパレット焼却・埋立	2.28E+01	1.62E+00
合計	3.38E+01	2.30E+00

● オリジナルシステムの環境負荷

表 5-44 リターナブルパレット（新規木材代替）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
原木製造	6.70E-01	1.18E-01
新規木材パレット（リターナブルパレット代替）製造	5.64E-02	3.58E-03
新規木材パレット（リターナブルパレット代替）焼却・残渣埋立	1.20E-02	2.16E-02
合計	3.77E+01	2.93E+00

● 環境負荷削減効果

表 5-45 リターナブルパレット（新規木材代替）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（リターナブルパレット（新規木材代替））	3.92E+00	6.26E-01

5.1.4 再生樹脂（コンパウンド）

再生樹脂（コンパウンド）のシステム境界を下記に示す。

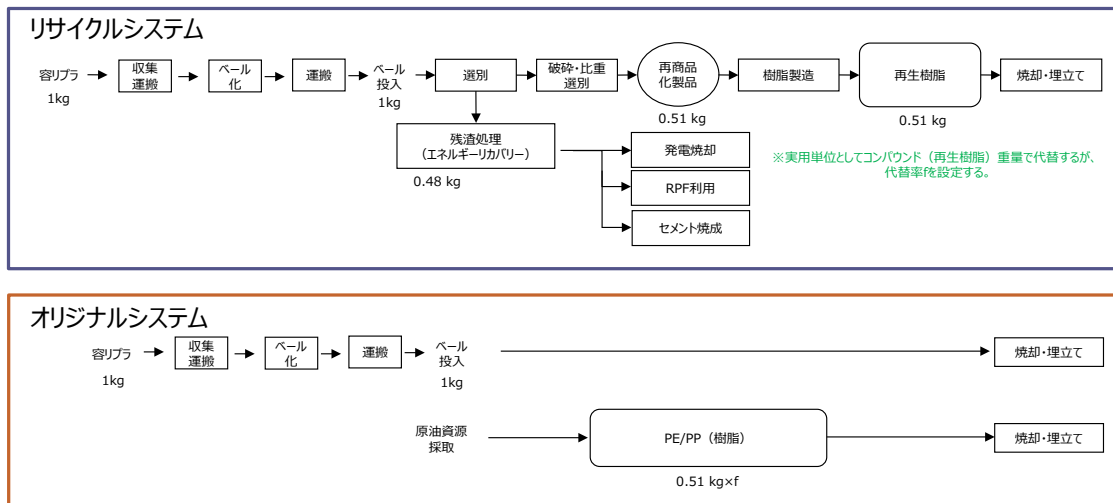


図 5-3 再生樹脂（コンパウンド）のシステム境界

（1） 再生樹脂と新規樹脂の代替率

再生樹脂と新規樹脂の代替率 f は、H19 報告書と同様に 1（再生樹脂と新規樹脂が同じ重量で同一の機能を果たす）と 0.5（再生樹脂の重量に対して新規樹脂はその半分の重量で同一の機能を果たすことができる）の 2 ケースを検討した。

（2） リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化、ベールからペレット（再商品化製品）を製造するプロセスのインベントリデータは、リターナブルパレット（新規樹脂代替）と同様である。ペレットから再生樹脂を製造するプロセスおよび再生樹脂を焼却・埋立てをするプロセスのインベントリデータは次のとおりである。

表 5-46 再生樹脂製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	ペレット	5.10E-01 kg		
	ユーティリティ	電力	2.14E-01 kWh	2.04E+00	1.24E-01
Output	生成物	コンパウンド	5.10E-01 kg		
合計				2.04E+00	1.24E-01

表 5-47 再生樹脂の焼却・埋立におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	コンパウンド	5.10E-01	kg	2.27E+01	1.62E+00
	ユーティリティ	電力	6.63E-03	kWh	1.50E-03	3.84E-03
	ユーティリティ	LPG	1.02E-03	MJ	2.62E-05	7.74E-05
	ユーティリティ	B重油	1.37E-03	MJ	3.38E-05	1.14E-04
Output	生成物	残渣 (埋立)	1.58E-02	kg	2.21E-04	5.74E-04
合計					2.27E+01	1.62E+00

(3) オリジナルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化、およびベールの焼却・埋立に関するインベントリデータは、5.1.2 節のオリジナルシステムと同様である。

原油資源より新規樹脂 (PE/PP) を製造するプロセスおよび新規樹脂を焼却・埋立とするプロセスのインベントリデータは、次のとおりである。以下の表は代替率を 1 とした場合の結果である。代替率を変化させた場合については、以下のインベントリデータの数値に代替率を乗じることで求めることができる。(4) では代替率を 0.5 として整理した結果も示す。

表 5-48 新規樹脂製造におけるインベントリデータ (代替率=1 の場合)

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	PP	2.55E-01	kg	1.63E+01	4.88E-01
	原料	PE	2.55E-01	kg	1.65E+01	5.01E-01
合計					3.28E+01	9.89E-01

表 5-49 新規樹脂の焼却・埋立におけるインベントリデータ (代替率=1 の場合)

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	PP焼却	2.55E-01	kg	1.12E+01	8.01E-01
	原料	PE焼却	2.55E-01	kg	1.17E+01	8.01E-01
	ユーティリティ	電力	6.63E-03	kWh	1.50E-03	3.84E-03
	ユーティリティ	LPG	2.04E-05	MJ	5.24E-07	1.55E-06
	ユーティリティ	B重油	3.06E-05	MJ	7.53E-07	2.54E-06
Output	生成物	残渣 (埋立)	1.58E-02	kg	2.21E-04	5.74E-04
合計					2.30E+01	1.61E+00

(4) 再生樹脂 (コンパウンド) のまとめ

以下では、再生樹脂と新規樹脂の代替率を 1 とした場合、0.5 とした場合の 2 つのケースの結果を示す。5.1.4 節冒頭のフロー図に従い、リサイクルシステムの環境負荷は代替率に関係なく同一とし、新規樹脂の製造量を代替率により変化させた結果である。新規樹脂の製造、焼却・残渣埋立プロセスのインベントリが代替率に比例して変化している。

- リサイクルシステムの環境負荷

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

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペレット製造	4.47E+00	2.90E-01
コンパウンド製造	2.04E+00	1.24E-01
コンパウンド残渣処理	2.27E+01	1.35E-01
再生樹脂コンパウンド焼却・残渣埋立	2.27E+01	1.62E+00
合計	3.27E+01	2.24E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

①代替率=1 の場合

表 5-51 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（代替率=1 の場合）

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
新規樹脂製造	3.28E+01	9.89E-01
新規樹脂焼却・残渣埋立	2.30E+01	1.61E+00
合計	9.28E+01	5.38E+00

②代替率=0.5 の場合

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（代替率=0.5 の場合）

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
新規樹脂製造	1.64E+01	4.94E-01
新規樹脂焼却・残渣埋立	1.15E+01	8.04E-01
合計	6.49E+01	4.08E+00

- 環境負荷削減効果

①代替率=1 の場合

表 5-53 再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷削減効果（代替率=1 の場合）

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（再生樹脂：代替率1）	6.01E+01	3.14E+00

②代替率=0.5 の場合

表 5-54 再生樹脂（コンパウンド）の環境負荷削減効果（代替率=0.5 の場合）

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（再生樹脂：代替率0.5）	3.22E+01	1.84E+00

5.2 ケミカルリサイクル

5.2.1 油化

油化のシステム境界を下記に示す。

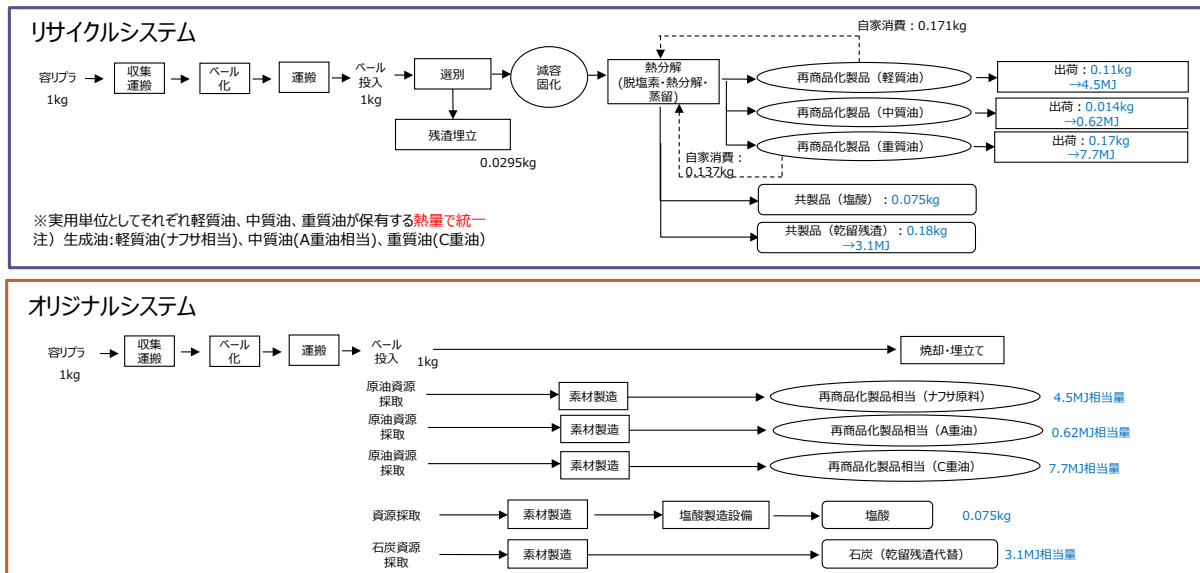


図 5-4 油化のシステム境界

(1) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは、表 5-17 のとおり。

また、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。また、共製品の塩酸、乾留残渣についても過不足を補正する。ただし、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 が排出されるため、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。ベール 1kg 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。

表 5-55 ベールから製造される油化のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	ベール	1.00E+00	kg	3.56E+01	2.71E+00
	ユーティリティー	軽油	2.28E-02	MJ	2.48E-02	1.79E-03
		水道水	1.10E-04	m3	6.32E-04	3.87E-05
		用水	4.43E-03	m3	1.03E-02	6.30E-04
Output	生成物	軽質油	1.08E-01	kg		
		軽質油(自家消費)	1.71E-01	kg		
		中質油	1.37E-02	kg		
		重質油	1.68E-01	kg		
		重質油(自家消費)	1.37E-01	kg		
	その他	残渣(埋立)	2.95E-02	kg	1.75E-02	1.07E-03
		塩酸(10%)	7.50E-02	kg		
		乾留残渣	1.80E-01	kg		
合計					3.57E+01	2.71E+00

(2) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。

また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

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、乾留残渣は石炭相当である。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、石炭の量を決定する。また、塩酸は油化から生成されるものと同等とする。ただし、本評価で使用している IDEA V.2.2 では、35%塩酸のデータであったため、10%塩酸相当になるよう重量を比較して、塩酸および純水の量を決定した。それぞれの代替関係は次のとおり。

表 5-56 油化のリサイクルシステムとオリジナルシステムの代替関係

	重量 (kg)	熱量 (MJ/kg)	相当品熱量 (MJ/kg)	相当品重量 (kg)
軽質油	0.108	42.1	ナフサ: 48.7	0.0933
中質油	0.0137	45.2	A重油: 39.1	0.0159
重質油	0.168	45.5	C重油: 41.7	0.184
乾留残渣	0.180	17.0	石炭: 26.6	0.115
塩酸(10%)	0.0750			塩酸(35%): 0.0214 純水: 0.0536

それぞれのインベントリデータは次のとおり。

表 5-57 ナフサ精製・燃焼のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	その他	ナフサ燃焼	9.33E-02	kg	4.76E+00	3.31E-01
合計					4.76E+00	3.31E-01

表 5-58 A 重油精製・燃焼のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	その他	A重油燃焼	1.59E-02	kg	8.07E-01	5.79E-02
合計					8.07E-01	5.79E-02

表 5-59 C 重油精製・燃焼のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	その他	C重油燃焼	1.84E-01	kg	8.41E+00	6.25E-01
合計					8.41E+00	6.25E-01

表 5-60 石炭採掘・燃焼のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	その他	一般炭燃焼	1.15E-01	kg	3.11E+00	2.85E-01
合計					3.11E+00	2.85E-01

表 5-61 塩酸製造のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	その他	塩酸 (35%)	2.14E-02	kg	7.61E-01	6.85E-02
		純水	5.36E-02	kg	2.18E-03	1.74E-04
合計					8.32E-01	6.87E-02

(3) 油化のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-62 油化のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・バール化	1.26E+00	6.97E-02
油化	3.57E+01	2.71E+00
合計	3.69E+01	2.78E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-63 油化のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・バール化	1.26E+00	6.97E-02
バール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
相当分ナフサ精製・燃烧	4.76E+00	3.31E-01
相当分A重油精製・燃烧	8.07E-01	5.79E-02
相当分C重油精製・燃烧	8.41E+00	6.25E-01
相当分石炭精製・燃烧	3.11E+00	2.85E-01
相当分塩酸製造	8.32E-01	6.87E-02
合計	5.49E+01	4.15E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-64 油化の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果 (油化)	1.80E+01	1.37E+00

5.2.2 ガス化（アンモニア製造）

ガス化（アンモニア製造）のシステム境界を下記に示す。

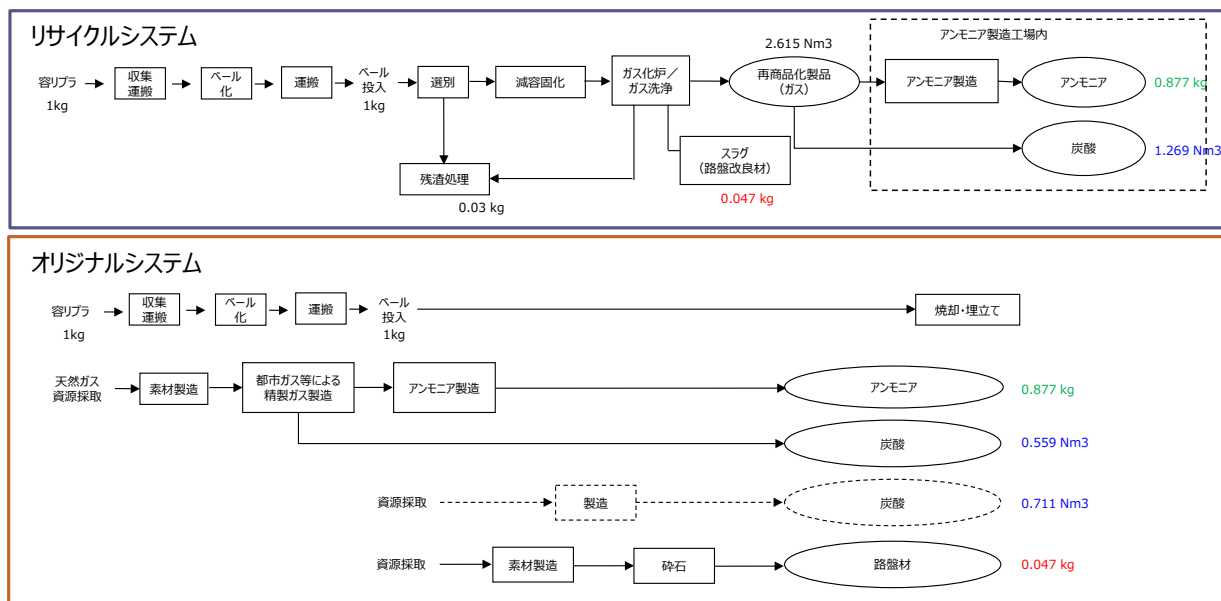


図 5-5 ガス化（アンモニア製造）のシステム境界

(1) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは、表 5-17 のとおり。ベールを選別、減容固化し、ガス化（合成ガス製造）するプロセスおよび合成ガスからアンモニアを製造するプロセスのインベントリデータは次のとおりである。なお、ベール選別時に残渣となる容リプラについては残渣（埋立）として、ベールを選別、減容固化し、ガス化（合成ガス製造）するプロセスへ計上した。また、容リプラに含まれる炭素分は炭酸ガスとして販売され、最終的に大気へ排出される。この排出については、ベール焼却（ガス化）として計上した。

表 5-65 選別～ガス化（合成ガス製造）におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	ペール焼却（ガス化）	1.00E+00	kg	3.56E+01	2.71E+00
		酸素	9.54E-01	Nm3	カットオフ	
		NaOH	5.00E-03	kg	8.98E-02	6.61E-03
	ユーティリティ	電力	5.83E-01	kWh	5.58E+00	3.38E-01
		都市ガス	2.19E-04	MJ	3.14E-04	1.37E-05
		軽油	4.28E-04	L	2.04E-02	1.47E-03
		蒸気	1.43E+00	kg	5.19E+00	3.85E-01
		空気	2.85E-01	Nm3	カットオフ	
		窒素	4.24E-01	Nm3	1.54E+00	9.35E-02
		用水	8.32E-04	m3	1.94E-03	1.18E-04
Output	生成物	合成ガス	2.62E+00	Nm3		
	その他	スラグ	4.70E-02	kg		
		残渣（埋立）	3.00E-02	kg	1.78E-02	1.09E-03
合計					4.80E+01	3.53E+00

表 5-66 合成ガスからアンモニア製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	合成ガス	2.62E+00	Nm3		
		空気	4.13E-01	Nm3	カットオフ	
		蒸気	1.30E+00	kg	4.69E+00	3.49E-01
	ユーティリティ	電力	8.21E-01	kWh	7.86E+00	4.76E-01
都市ガス		8.82E+00	MJ	1.26E+01	5.53E-01	
Output	生成物	アンモニア	8.76E-01	kg		
		炭酸ガス	1.27E+00	Nm3		
		水素	2.62E-02	Nm3		
合計					2.52E+01	1.38E+00

（２） オリジナルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ペール化、およびペールの焼却・埋立に関するインベントリデータは、5.1.2 節のオリジナルシステムと同様である。新規のアンモニア製造、炭酸製造（副生ではないもの）、路盤材（砕石・砂利）製造に関するインベントリデータは次のとおりである。

表 5-67 新規アンモニア製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	都市ガス	2.14E+01 Nm3	3.07E+01	1.34E+00
	原料	空気	8.12E-01 Nm3	カットオフ	
	原料	蒸気	2.33E+00 kg	8.42E+00	6.26E-01
	ユーティリティ	電力	6.00E-01 kWh	5.74E+00	3.48E-01
	ユーティリティ	都市ガス	8.82E+00 MJ	1.26E+01	5.54E-01
Output	生成物	アンモニア	8.76E-01 kg		
	生成物	炭酸ガス	5.58E-01 Nm3		
	生成物	水素	2.63E-02 Nm3		
合計				5.75E+01	2.87E+00

表 5-68 新規炭酸ガス製造および路盤材（砕石・砂利）製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	炭酸ガス	1.40E+00 kg	4.16E+01	1.43E+00
	生成物	砕石・砕砂	5.36E-02 JPY	3.09E-03	2.22E-04
合計				4.16E+01	1.43E+00

(3) ガス化（アンモニア製造）のまとめ

- リサイクルシステム的环境負荷

表 5-69 ガス化（アンモニア製造）のリサイクルシステム的环境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・バール化	1.26E+00	6.97E-02
合成ガス化	4.80E+01	3.53E+00
アンモニア製造	2.52E+01	1.38E+00
合計	7.45E+01	4.98E+00

- オリジナルシステム的环境負荷

表 5-70 ガス化（アンモニア製造）のオリジナルシステム的环境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・バール化	1.26E+00	6.97E-02
バール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
アンモニア製造	5.75E+01	2.87E+00
炭酸ガス製品製造	4.16E+01	1.43E+00
砕石・砂利製造	3.09E-03	2.22E-04
合計	1.36E+02	7.09E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-71 ガス化（アンモニア製造）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（ガス化（アンモニア製造））	6.16E+01	2.11E+00

5.2.3 ガス化（燃焼）

ガス化（燃焼）のシステム境界を下記に示す。

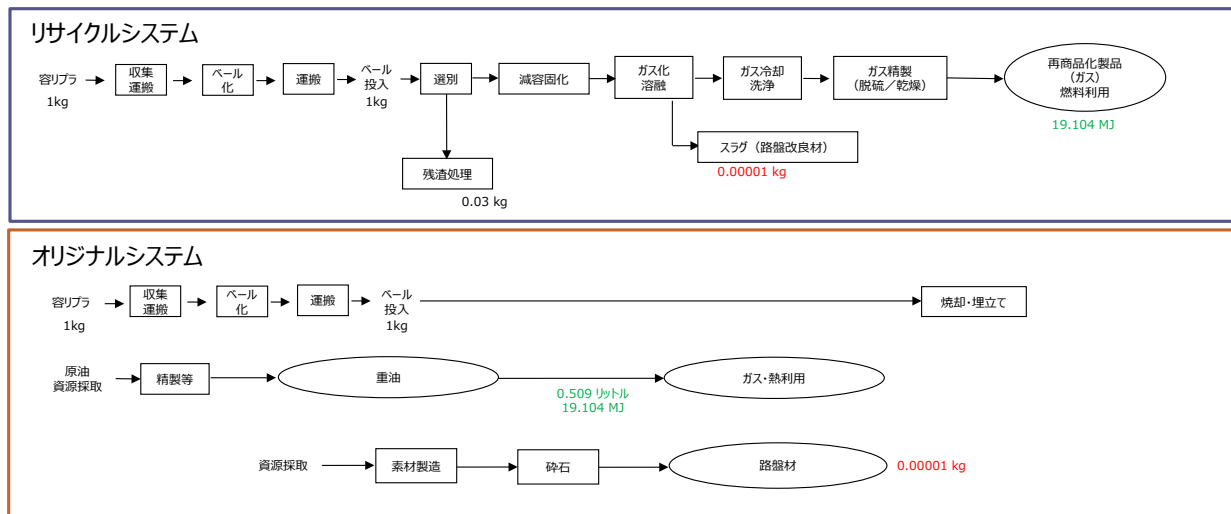


図 5-6 ガス化（燃焼）のシステム境界

(1) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは、表 5-17 のとおり。ベールを選別、減容固化した後、合成ガスを製造・精製するプロセスは1プロセスとした。インベントリデータは次のとおりである。なお、ベール選別時に残渣となる容リプラについては残渣（埋立）として計上した。また、容リプラに含まれる炭素分は炭酸ガスとして販売され、最終的に大気へ排出される。この排出については、ベール焼却（ガス化）として計上した。

表 5-72 選別～ガス化（燃料利用）におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	ベール焼却（ガス化）	1.00E+00 kg	3.56E+01	2.71E+00
		石灰石	2.00E-03 kg	1.20E-04	8.02E-06
	ユーティリティ	電力	2.10E-01 kWh	2.01E+00	1.22E-01
		軽油	4.38E-02 MJ	4.76E-02	3.43E-03
		LNG	1.65E-01 MJ	2.15E-01	1.00E-02
		コークス	5.84E-02 MJ	8.71E-02	7.81E-03
		窒素	7.00E-03 Nm3	2.55E-02	1.54E-03
		用水	5.01E-03 m3	1.16E-02	7.11E-04
Output	生成物	合成ガス	1.91E+01 MJ		
	その他	スラグ	1.00E-05 kg		
		残渣（埋立）	3.00E-02 kg	1.78E-02	1.09E-03
合計				3.80E+01	2.85E+00

（２） オリジナルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化、およびベールの焼却・埋立に関するインベントリデータは、5.1.2 節のオリジナルシステムと同様である。新規の重油製造（C 重油）、路盤材（碎石・砂利）製造に関するインベントリデータは次のとおりである。

表 5-73 新規重油・路盤材製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Output	生成物	C重油	5.09E-01 L	2.33E+01	1.73E+00
	生成物	碎石・砕砂	1.14E-05 JPY	6.58E-07	4.73E-08
		合計		2.33E+01	1.73E+00

（３） ガス化（燃焼）のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-74 ガス化（燃焼）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ベール化	1.26E+00	6.97E-02
合成ガス化・ガス燃焼	3.80E+01	2.85E+00
合計	3.93E+01	2.92E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-75 ガス化（燃焼）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
C重油製造・燃焼	2.33E+01	1.73E+00
砕石・砂利製造	6.58E-07	4.73E-08
合計	6.03E+01	4.52E+00

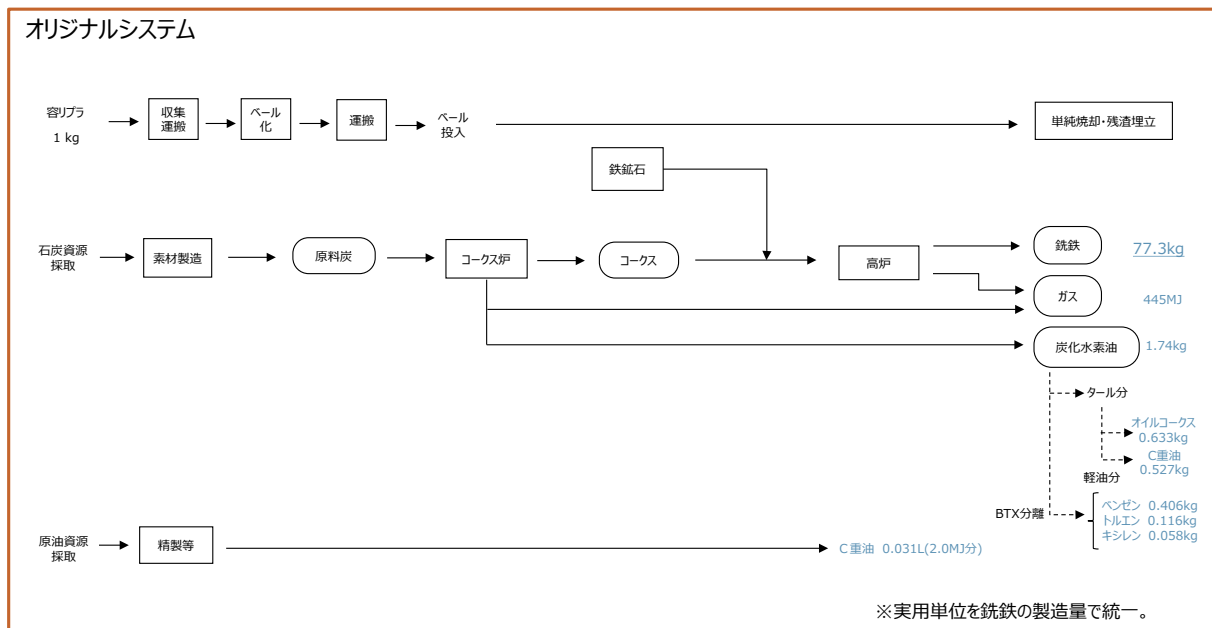
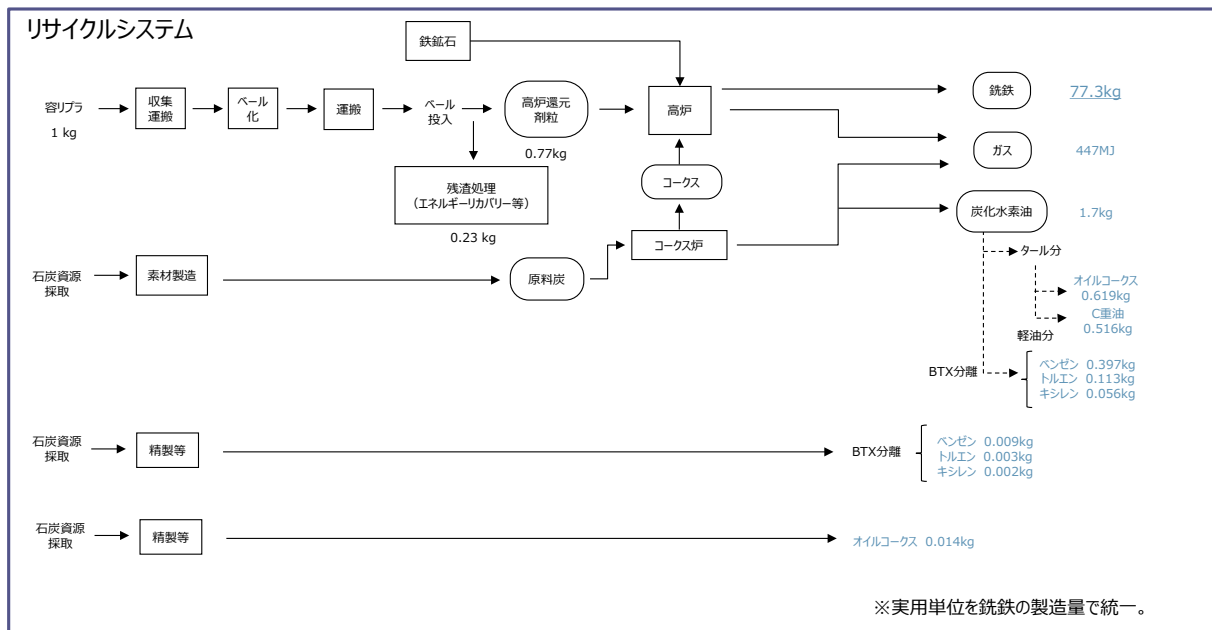
- 環境負荷削減効果

表 5-76 ガス化（燃焼）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（ガス化（燃焼））	2.10E+01	1.59E+00

5.2.4 高炉還元（コークス代替）

高炉還元（コークス代替）のシステム境界を下記に示す。



(1) 残渣の取扱いについて

高炉還元の残渣は単純焼却やエネルギーリカバリーされるため、残渣の処理手法ごとの環境負荷を算出した。

a) 単純焼却

残渣を単純焼却する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-77 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		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	残渣焼却	1.00E+00	kg	3.50E+01	2.64E+00
	ユーティリティ	電力	1.30E-02	kWh	1.24E-01	7.54E-03
	ユーティリティ	LPG	2.00E-03	MJ	2.31E-03	1.52E-04
	ユーティリティ	B重油	2.69E-03	MJ	2.97E-03	2.23E-04
Output	生成物	残渣 (埋立)	3.10E-02	kg	1.84E-02	1.13E-03
	合計				3.53E+01	2.66E+00

b) RPF 利用

残渣から RPF を製造するためのインベントリデータは次のとおり。

表 5-78 残渣 1kg から RPF を製造する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	RPF原料	1.00E+00	kg		
	ユーティリティ	電力	1.30E-01	kWh	1.24E+00	7.52E-02
Output	生成物	RPF	7.60E-01	kg		
	その他	選別残渣	4.09E-02	kg		
合計					1.24E+00	7.52E-02

表 4-16 より RPF を焼却利用・残渣埋立てをした場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-79 RPF 0.76kg を焼却利用・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	RPF焼却	7.60E-01	kg	2.26E+01	1.72E+00
Output	生成物	残渣 (埋立)	2.36E-02	kg	1.40E-02	8.56E-04
合計					2.27E+01	1.72E+00

選別された PVC は単純焼却・残渣埋立てをされる。インベントリデータは次のとおり。

表 5-80 選別残渣 0.02kg を単純焼却・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	選別残渣	4.09E-02 kg	9.83E-01
	ユーティリティ	電力	8.17E-04 kWh	7.82E-03
	ユーティリティ	LPG	1.26E-04 MJ	1.45E-04
	ユーティリティ	B重油	1.69E-04 MJ	1.87E-04
Output	生成物	残渣 (埋立)	1.95E-03 kg	1.16E-03
			合計	9.92E-01
				5.80E-02

ここで、製造した RPF は製紙会社等の RPF 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した。

この場合、代替される石炭は、RPF 1 kg に対し、RPF 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、

$$\cdot \text{石炭} = 29,782 \text{kJ/kg (RPF)} \times 0.88 \div 0.9 \div (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.12 \text{kg}$$

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) \times 0.975

となった。

RPF 0.76 kg を代替する石炭を燃焼する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-81 石炭 0.85 kg を単純焼却・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	石炭 (燃焼)	8.54E-01 kg	2.31E+01
			合計	2.31E+01
				2.12E+00

これより、RPF を製造・利用する場合の環境負荷から、石炭燃焼による環境負荷を引いた数値が RPF の環境負荷となった。

表 5-82 高炉還元における残渣の RPF 利用による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
RPF製造	1.24E+00	7.52E-02
RPF焼却利用・残渣埋立	2.27E+01	1.72E+00
選別残渣単純焼却・残渣埋立	9.92E-01	5.80E-02
石炭の燃焼 (RPFの代替効果)	-2.31E+01	-2.12E+00
合計	1.91E+00	-2.51E-01

c) セメント焼成

残渣からセメント原燃料を製造するためのインベントリデータは次のとおり。

表 5-83 残渣 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		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	投入原料	1.00E+00	kg	
	ユーティリティ	電力	1.57E-01	kWh	1.50E+00
	ユーティリティ	軽油	3.80E-02	MJ	4.13E-02
Output	生成物	セメント原燃料	7.60E-01	kg	
	その他	選別残渣	4.09E-02	kg	
				合計	1.54E+00
					9.40E-02

表 4-16 よりセメント原燃料を焼却利用・残渣埋立てをした場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-84 セメント原燃料 0.89kg を焼却利用・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	セメント原燃料焼却	7.60E-01	kg	2.26E+01
Output	生成物	残渣 (埋立)	2.36E-02	kg	1.40E-02
				合計	2.27E+01
					1.72E+00

選別された PVC は単純焼却・残渣埋立てをされる。インベントリデータは次のとおり。

表 5-85 選別残渣 0.02kg を単純焼却・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	選別残渣	4.09E-02	kg	9.83E-01
	ユーティリティ	電力	8.17E-04	kWh	7.82E-03
	ユーティリティ	LPG	1.26E-04	MJ	1.45E-04
	ユーティリティ	B重油	1.69E-04	MJ	1.87E-04
Output	生成物	残渣 (埋立)	1.95E-03	kg	1.16E-03
				合計	9.92E-01
					5.80E-02

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

$$\cdot \text{石炭} = 29,782 \text{kJ/kg (セメント原燃料)} \div (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.15 \text{kg}$$

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) × 0.975

となった。

セメント原燃料 0.76 kg を代替する石炭を燃焼する場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-86 石炭 0.87 kg を単純焼却・残渣埋立てをする場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	石炭 (燃焼)	8.72E-01	kg	2.36E+01	2.15E+00
合計					2.36E+01	2.15E+00

これより、セメント原燃料を製造・利用する場合の環境負荷から、石炭燃焼による環境負荷を引いた数値がセメント原燃料の環境負荷となった。

表 5-87 高炉還元における残渣のセメント焼成による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
セメント原燃料製造	1.54E+00	9.40E-02
セメント原燃料焼却利用・残渣埋立	2.27E+01	1.72E+00
選別残渣単純焼却・残渣埋立	9.92E-01	5.80E-02
石炭の燃焼 (セメント原燃料の代替効果)	-2.36E+01	-2.15E+00
合計	1.67E+00	-2.42E-01

d) 発電焼却

残渣を発電効率 12.81%で発電焼却する場合のインベントリデータは次のとおり。なお、残渣 1kg の発電焼却による発電量は表 4-18 の単位発熱量および発電効率より、
 発電量 = 35.0MJ/kg (残渣発熱量) ÷ 3.6MJ/kWh (電力換算) × 12.81% (発電効率) = 1.24kWh/kg となった。

表 5-88 残渣 1kg を発電焼却する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	残渣焼却	1.00E+00	kg	3.50E+01	2.64E+00
	ユーティリティ	電力 (所内利用)	1.26E-02	kWh	0.00E+00	0.00E+00
	ユーティリティ	都市ガス	1.58E-02	MJ	2.26E-02	9.89E-04
	ユーティリティ	A重油	2.72E-03	MJ	3.07E-03	2.20E-04
Output	生成物	発電量	1.24E+00	kWh		
	その他	残渣 (埋立)	3.10E-02	kg	1.84E-02	1.13E-03
合計					7.02E+01	2.64E+00

ここで、発電量は、系統電力で代替されると設定した。発電量から所内利用分を差し引くと、
 ・系統電力 = 発電量 - 所内利用分 = 1.24kWh - 0.0126kWh = 1.23kWh となった。

発電量 1.24 kWhを代替する系統電力のインベントリデータは次のとおり。

表 5-89 系統電力 1.2 kWh のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	系統電力	1.23E+00 kWh	1.18E+01	7.15E-01
合計				1.18E+01	7.15E-01

これより、発電焼却の環境負荷データから、系統電力の数値を引いた数値が発電焼却の環境負荷データとなった。

表 5-90 高炉還元における残渣の発電焼却による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
発電焼却・残渣埋立	7.02E+01	2.64E+00
系統電力（発電焼却の代替効果）	-1.18E+01	-7.15E-01
合計	2.34E+01	1.93E+00

e) 残渣の環境負荷

表 3-2 の残渣の処理割合に対して、各手法の環境負荷を加味し、さらに金属類の直接埋立による環境負荷を合わせて、残渣の処理に係る環境負荷を算出した。

表 5-91 高炉還元における残渣 0.23 kg の処理による環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
単純焼却	3.59E-01	2.70E-02
RPF利用	6.76E-02	-8091E-03
セメント原燃料化	1.51E-01	-2.91E-02
発電焼却	3.59E-01	2.70E-02
直接埋立	5.61E-04	1.46E-03
合計	9.81E-01	3.11E-02

(2) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは、表 5-17 のとおり。
また、ベールから高炉還元剤粒を製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-92 ベールから高炉還元剤粒を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	ベール	1.00E+00	kg		
		ユーティリティ	電力	2.91E-01	kWh	2.79E+00
		COG	7.00E-03	Nm3	0.00E+00	5.89E-03
		灯油	8.00E-03	L	3.16E-01	2.24E-02
		軽油	4.00E-03	L	1.65E-01	1.19E-02
		用水	1.70E-01	kg	3.95E-04	2.42E-05
Output	生成物	高炉還元剤粒	7.73E-01	kg		
	その他	残渣 (ER等)	2.27E-01	kg	9.81E-01	3.11E-02
合計					4.25E+00	2.40E-01

製造された高炉還元剤粒を用いて銑鉄を製造するプロセスについて、製造時のユーティリティは H19 報告書と同様に省略する。インベントリデータは次のとおり。

表 5-93 高炉還元剤粒を用いて銑鉄を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	高炉還元剤粒	1.00E+00	kg	3.02E+01	2.30E+00
		原料炭	5.50E+01	kg	1.30E+03	1.17E+02
		鉄鉱石		X	kg	
Output	生成物	ガス	5.78E+02	kg		
		炭化水素油	2.20E+00	kg		
		銑鉄	1.00E+02	kg		
合計					1.33E+03	1.19E+02

炭化水素油のコールタールと軽質油の割合、BTX 分離工程の割合、BTX 分離における環境負荷に関しては H19 報告書を参照した。炭化水素油分離におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-94 BTX 分離のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	炭化水素油	1.70E+00	kg		
Output	生成物	BTX	5.66E-01	kg	1.66E+00	1.19E-01
		ベンゼン	3.97E-01	kg		
		トルエン	1.13E-01	kg		
		キシレン	5.67E-02	kg		
		オイルコークス	6.19E-01	kg		
		C重油	5.16E-01	kg		
合計					1.66E+00	1.19E-01

炭化水素油由来の BTX については、リサイクルシステムの生成量と後述するオリジナルシステムの生成量を比較すると、オリジナルシステムの生成量の方が大きくなった。従って、不足分を補うためにリサイクルシステム側において、BTX の新規製造による環境負荷を積んだ。

新規製造される BTX は、ベンゼン、トルエン、キシレンについて、リサイクルシステムとオリジナルシステムの差分から

- 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
- 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

となった。

よって、BTX の新規製造におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-95 BTX の新規製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	ベンゼン	9.02E-03	kg	6.67E-01	5.07E-02
		トルエン	2.58E-03	kg		
		キシレン	1.29E-03	kg		
		合計				

炭化水素油由来のオイルコークスについても BTX と同様に、リサイクルシステム側で不足分を補った。新規製造されるオイルコークスについて、オイルコークスのリサイクルシステムとオリジナルシステムの差分は、

- 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

となった。

オイルコークスの新規製造におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-96 オイルコークスの新規製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	オイルコークス	1.41E-02	kg	7.10E-01	5.31E-02
合計					7.10E-01	5.31E-02

(3) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。

また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

高炉還元剤粒は原料炭を代替したとして、銑鉄 77.3kg 製造におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-97 銑鉄製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	原料炭	1.27E+03	MJ	1.34E+03	1.20E+02
		鉄鉱石	X	kg		
Output	生成物	ガス	4.45E+02	MJ		
Output	生成物	炭化水素油	1.74E+00	kg		
Output	生成物	銑鉄	7.73E+01	kg		
合計					1.34E+03	1.20E+02

炭化水素油のコールタールと軽質油の割合、BTX 分離工程の割合、BTX 分離における環境負荷に関しては H19 報告書を参照した。炭化水素油分離におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-98 BTX 分離のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	炭化水素油	1.74E+00	kg		
Output	生成物	BTX	5.79E-01	kg	1.69E+00	1.15E-01
		ベンゼン	4.06E-01	kg		
		トルエン	1.16E-01	kg		
		キシレン	5.80E-02	kg		
		オイルコークス	6.33E-01	kg		
		C重油	5.27E-01	kg		
合計					1.69E+00	1.15E-01

ガスによる熱量差分については、C重油ボイラから発生するガスで代替されるものとした。

- C重油（ガス分）=446.78MJ（リサイクル）－445.16MJ（オリジナル）=1.62MJ
ボイラ効率90%、C重油単位発熱量41.7MJ/Lより、0.43L。

また、炭化水素油由来のC重油について、リサイクルシステムとオリジナルシステムの差分から算出した。

- C重油（炭化水素油由来分）=0.516kg（リサイクル）－0.527kg（オリジナル）=－0.011kg
=－0.012L

注) C重油密度0.940kg/Lとした。

- C重油（合計）=0.043L（ガス分）－0.012L（炭化水素油由来分）=0.031L

従ってC重油精製・燃焼におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-99 C重油精製・燃焼におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
Output	生成物	C重油	3.06E-02 L	1.40E+00	1.04E-01
合計				1.40E+00	1.04E-01

(4) 高炉還元（コークス代替）のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-100 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

プロセス	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
造粒プラ製造	3.35E+00	6.86E-01
銑鉄製造	1.33E+03	1.19E+02
炭化水素油分離	1.66E+00	1.19E-01
新規BTX精製	6.67E-01	5.07E-02
新規オイルコークス精製	7.10E-01	5.31E-02
合計	1.34E+03	1.20E+02

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-101 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

プロセス	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
銑鉄製造	1.34E+03	1.20E+02
炭化水素油分離	1.69E+00	1.15E-01
C重油精製	1.40E+00	1.04E-01
合計	1.37E+03	1.23E+02

- 環境負荷削減効果

表 5-102 高炉還元（コークス代替）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
削減効果（高炉還元（コークス代替））	3.45E+01	3.15E+00

5.2.5 高炉還元（微粉炭代替）

高炉還元（微粉炭代替）のシステム境界を下記に示す。

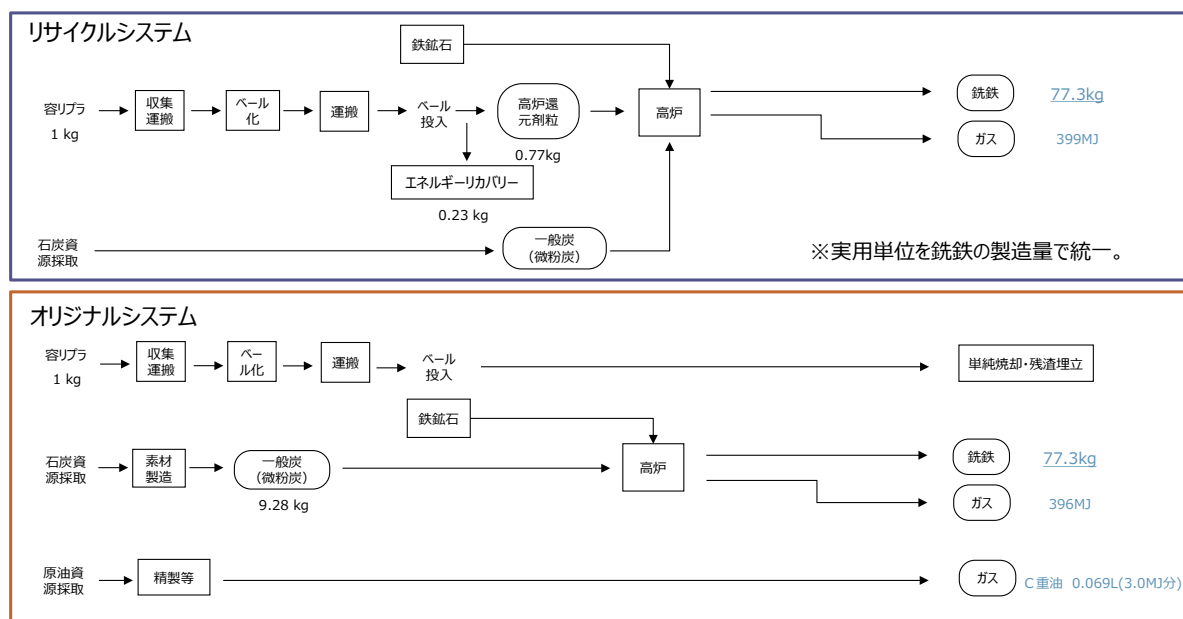


図 5-7 高炉還元（微粉炭代替）のシステム境界

(1) 残渣の取扱いについて

高炉還元（微粉炭代替）の残渣の取扱いは、高炉還元（コークス代替）と同じとした。

(2) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは表 5-17 のとおり。

また、ベールから高炉還元剤粒を製造するプロセスのインベントリデータは表 5-92 と同様であった。

製造された高炉還元剤粒を用いて銑鉄を製造するプロセスについて、製造時のユーティリティは H19 報告書と同様に省略する。インベントリデータは次のとおり。

表 5-103 高炉還元剤粒を用いて銑鉄を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	高炉還元剤粒	7.73E-01 kg	3.02E+01
		原料炭	3.53E+02 MJ	2.29E+02
		鉄鉱石	X kg	
Output	生成物	ガス	3.99E+02 MJ	
		銑鉄	7.73E+01 kg	
合計			2.59E+02	2.33E+01

(3) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

高炉還元剤粒は微粉炭を代替したとして、銑鉄 77.3kg 製造におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-104 銑鉄製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	微粉炭	3.88E+02 MJ	2.51E+02
		鉄鉱石	X kg	
Output	生成物	ガス	3.96E+02 MJ	
Output	生成物	銑鉄	7.73E+01 kg	
合計			2.51E+02	2.30E+01

ガスによる熱量差分については、C 重油ボイラから発生するガスで代替されるものとした。

・ C 重油 (ガス分) = 398.96MJ (リサイクル) - 396.37MJ (オリジナル) = 2.590MJ

ボイラ効率 90%、C 重油単位発熱量 41.7MJ/L より、0.069L。

よって、C 重油精製・燃焼におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-105 C 重油精製・燃焼におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	C重油	6.90E-02 L	3.16E+00
合計			3.16E+00	2.35E-01

(4) 高炉還元 (微粉炭代替) のまとめ

- リサイクルシステム的环境負荷

表 5-106 高炉還元 (微粉炭代替) のリサイクルシステム的环境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
高炉還元剤粒製造	4.23E+00	2.39E-01
銑鉄製造	2.59E+02	2.33E+01
合計	2.64E+02	2.36E+01

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-107 高炉還元（微粉炭代替）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
C重油精製	3.16E+00	2.35E-01
銑鉄製造	2.51E+02	2.30E+01
合計	2.91E+02	2.60E+01

- 環境負荷削減効果

表 5-108 高炉還元（微粉炭代替）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
削減効果（高炉還元（微粉炭代替））	2.68E+01	2.46E+00

5.2.6 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

コークス炉化学原料化のシステム境界を下記に示す。

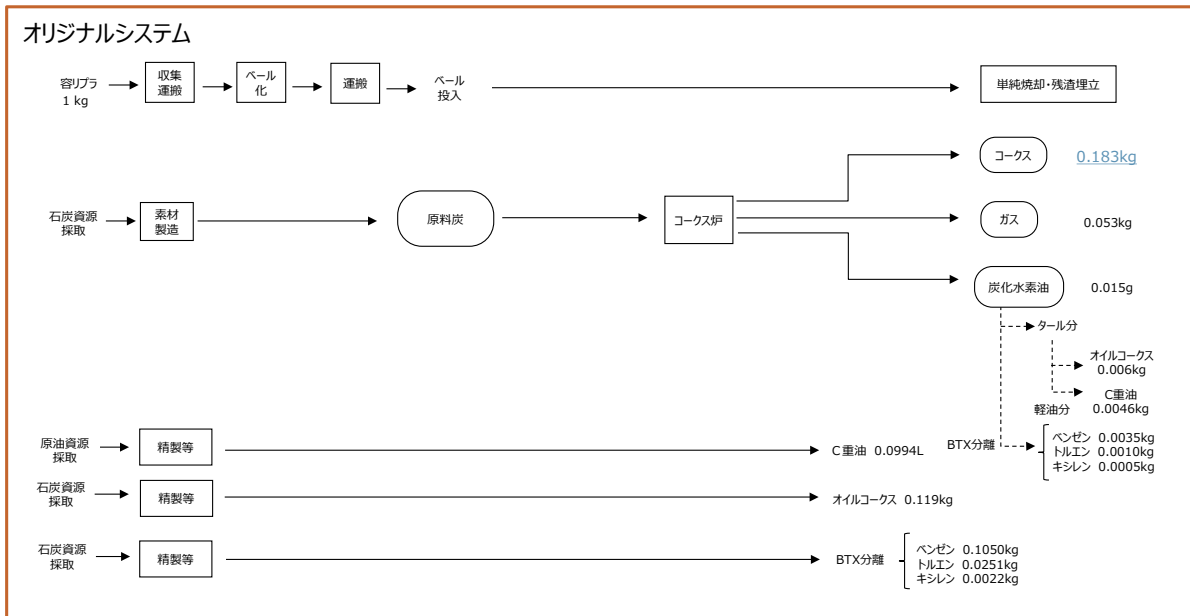
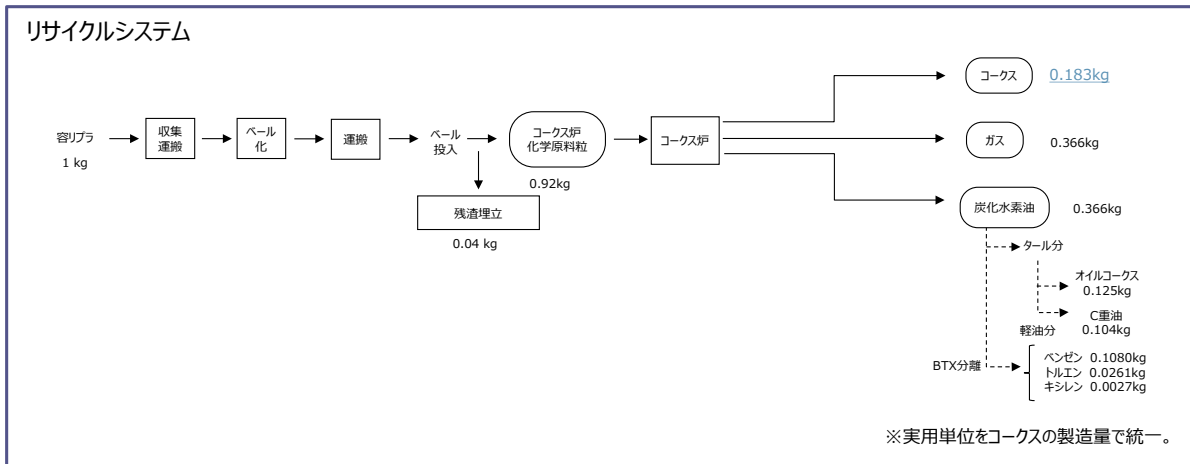


図 5-8 コークス炉化学原料化のシステム境界

(2) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・バール化するプロセスのインベントリデータは、表 5-17 のとおり。

また、バールからコークス炉化学原料粒を製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-109 ベールからコークス炉化学原料粒を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	ベール	1.00E+00	kg		
	ユーティリティ	電力	2.94E-01	kWh	2.81E+00	1.71E-01
Output	生成物	コークス炉化学原料粒	9.15E-01	kg		
	その他	残渣 (埋立)	4.00E-02	kg	2.38E-02	1.45E-03
合計					2.84E+00	1.72E-01

製造されたコークス炉化学原料粒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 の比率で分解された。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。

表 5-110 コークス炉化学原料粒からコークス、ガス、炭化水素油を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	コークス炉化学原料粒	9.15E-01	kg	3.58E+01	2.72E+00
	ユーティリティ	電力	1.32E-02	kWh	1.26E-01	7.64E-03
		COG	2.21E+00	MJ	0.00E+00	8.90E-02
Output	生成物	炭化水素油	3.66E-01	MJ		
		コークス	1.83E-01	kg		
		ガス	3.66E-01	kg		
合計					3.59E+01	2.81E+00

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 BTX 分離がなされる。BTX 分離における環境負荷は H19 報告書を参照した。

表 5-111 BTX 分離のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	炭化水素油	3.66E-01	kg		
Output	生成物	BTX	1.37E-01	kg	4.63E-01	3.15E-02
		オイルコークス	1.25E-01	kg		
		C重油	1.04E-01	kg		
合計					4.63E-01	3.15E-02

(3) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

オリジナルシステムでは、原料炭がコークス炉に投入され、コークス、ガス、炭化水素油に分解される。インベントリデータは次のとおり。

表 5-112 原料炭からコークス、ガス、炭化水素油を製造するインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	原料炭	2.51E-01	kg	7.68E+00	6.89E-01
	ユーティリティ	電力	3.61E-03	kWh	3.45E-02	2.09E-03
		COG	6.04E-01	Nm3	0.00E+00	2.44E-02
Output	生成物	炭化水素油	1.50E-02	kg		
	生成物	コークス	1.83E-01	kg		
	生成物	ガス	5.26E-02	kg		
合計					7.71E+00	7.16E-01

炭化水素油のコールタールと軽質油の割合、BTX 分離工程の割合、BTX 分離における環境負荷に関しては H19 報告書を参照した。

炭化水素油から BTX 分離する際のインベントリデータは次のとおり。

表 5-113 BTX 分離のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	炭化水素油	1.50E-02	kg		
Output	生成物	BTX	5.04E-03	kg	1.69E-02	1.15E-03
		オイルコークス	5.00E-03	kg		
		C重油	5.00E-03	kg		
合計					1.69E-02	1.15E-03

ガスによる熱量差分については、C 重油ボイラから発生するガスで代替されるものとした。

$$\bullet \text{ C 重油 (ガス分)} = (0.366 \text{ kg} - 0.053 \text{ kg}) \div 0.40 \text{ kg/m}^3 \text{ (ガス密度)} \times 21.1 \text{ MJ/m}^3 \text{ (ガス単位発熱量)} \times 100 \div 90 \text{ (ボイラ効率)} \div 41.7 \text{ MJ/L (C 重油単位発熱量)} = 0.440 \text{ L}$$

新規製造される C 重油はガスと炭化水素油由来の C 重油のリサイクルシステムとオリジナルシステムの差分から算出した。

$$\bullet \text{ C 重油 (炭化水素油分)} = 0.104 \text{ kg (リサイクル)} - 0.005 \text{ kg (オリジナル)} = 0.099 \text{ kg} = 0.107 \text{ L}$$

注) C 重油密度 0.940 kg/L とした。

$$\bullet \text{ C 重油 (合計)} = 0.440 \text{ L (ガス分)} + 0.107 \text{ L (炭化水素油分)} = 0.547 \text{ L}$$

C 重油精製・燃焼におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-114 C 重油精製・燃焼におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	C重油 (燃焼)	1.84E+01	MJ	2.50E+01	1.86E+00
合計					2.50E+01	1.86E+00

新規製造される BTX は、ベンゼン、トルエン、キシレンについて、リサイクルシステムとオリジナルシステムの差分から算出した。

- ・ BTX (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)
- ・ BTX (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)
- ・ BTX (キシレン) = 0.0027kg (リサイクル・トルエン) - 0.0005kg (オリジナル・トルエン)
= 0.0022kg (トルエン)

BTX の新規製造におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-115 BTX の新規製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	ベンゼン	1.05E-01	kg	6.84E+00	5.21E-01
		トルエン	2.51E-02	kg		
		キシレン	2.24E-03	kg		
		合計				

新規製造されるオイルコークスについても、リサイクルシステムとオリジナルシステムの差分から算出した。

- ・ 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
- オイルコークスの新規製造におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-116 オイルコークスの新規製造におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Output	生成物	オイルコークス	1.20E-01	kg	6.02E+00	4.51E-01
合計					6.02E+00	4.51E-01

(4) コークス炉化学原料化のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-117 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

プロセス	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
造粒プラ製造	3.35E+00	6.86E-01
コークス製造	3.59E+01	2.81E+00
炭化水素油分離	4.63E-01	3.15E-02
合計	4.05E+01	3.09E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-118 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

プロセス	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
コークス製造	7.71E+00	7.16E-01
炭化水素油分離	1.69E-02	1.15E-03
C重油精製・燃焼	2.50E+01	1.86E+00
BTX精製	6.84E+00	5.21E-01
オイルコークス精製・燃焼	6.02E+00	4.51E-01
合計	8.26E+01	6.33E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-119 コークス炉化学原料化の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
削減効果 (コークス炉化学原料化)	4.21E+01	3.24E+00

5.3 エネルギーリカバリー

5.3.1 RPF 利用

(1) RPF 利用 (収率 75%)

RPF 利用 (収率 75%) のシステム境界を下記に示す。

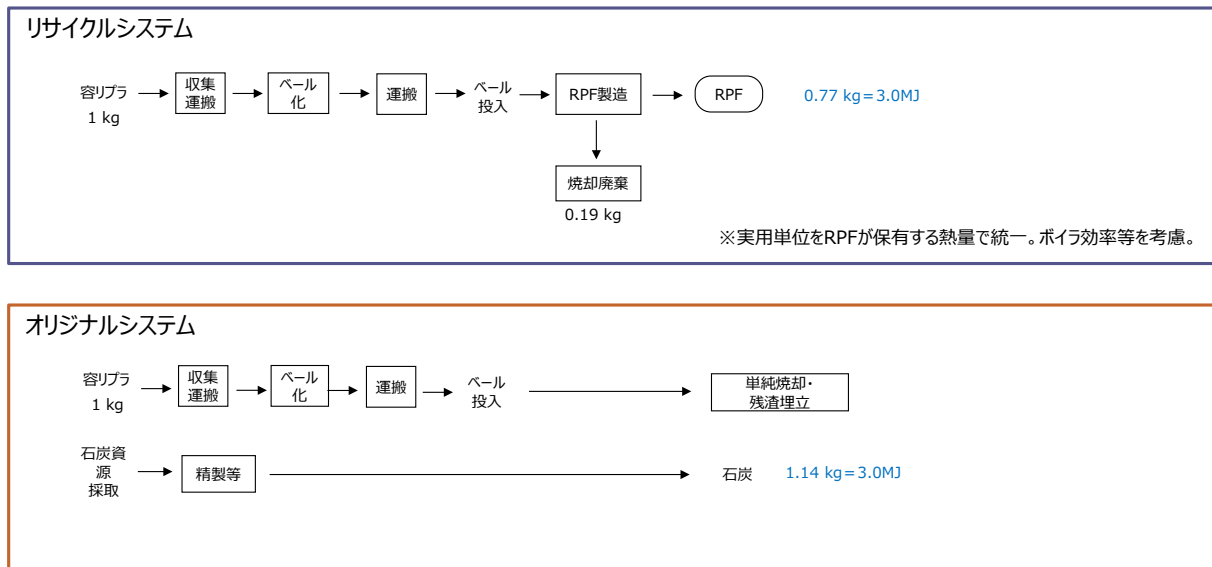


図 5-9 RPF 利用 (収率 75%) のシステム境界

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは、表 5-17 のとおり。また、ベールから RPF を製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-120 ベールから RPF を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	ベール	1.00E+00 kg		
	ユーティリティー	電力	1.88E-01 kWh	1.80E+00	1.09E-01
Output	生成物	RPF	7.73E-01 kg		
	その他	残渣	2.27E-01 kg		
合計				1.80E+00	1.09E-01

製造した RPF を燃料として燃焼させ、残渣を埋立てる場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-121 RPF の単純焼却・残渣埋立におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費(MJ)		CO2排出量(kg-CO2)	
Input	原料	RPF焼却	7.73E-01	kg	3.02E+01		2.30E+00
Output	ユーティリティ	電力	1.00E-02	kWh	9.62E-02		5.83E-03
	ユーティリティ	LPG	1.55E-03	MJ	1.78E-03		1.17E-04
	ユーティリティ	B重油	2.08E-03	MJ	2.30E-03		1.72E-04
	その他	残渣(埋立)	2.40E-02	kg	1.42E-02		8.70E-04
				合計	3.03E+01		2.31E+00

表 5-120 における残渣は単純焼却処理される。インベントリデータは次のとおり。

表 5-122 残渣を単純焼却処理する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費(MJ)		CO2排出量(kg-CO2)	
Input	原料	残渣焼却	2.27E-01	kg	5.36E+00		4.04E-01
Output	ユーティリティ	電力	2.95E-03	kWh	2.82E-02		1.71E-03
	ユーティリティ	LPG	4.55E-04	MJ	5.24E-04		3.45E-05
	ユーティリティ	B重油	6.11E-04	MJ	6.75E-04		5.06E-05
	その他	残渣(埋立)	7.04E-03	kg	4.18E-03		2.56E-04
				合計	5.40E+00		4.06E-01

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

製造した RPF は製紙会社等の RPF 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した。この場合、代替される石炭は、RPF1kg に対し、RPF 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、

$$\text{石炭} = 39,105 \text{kJ/kg (RPF)} \times 0.88 \div 0.9 = (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.47 \text{kg}$$

となった。

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) × 0.975

これにより石炭焼却のインベントリデータは次のとおり。

表 5-123 石炭燃焼のインベントリデータ

活動量		エネルギー資源消費 (MJ)		CO2排出量 (kg-CO2)	
一般炭 (燃焼)	1.14E+00	kg	3.09E+01		2.83E+00

c) RPF 利用（収率 75%）のまとめ

● リサイクルシステムの環境負荷

表 5-124 RPF 利用（収率 75%）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
RPF製造（収率75%）	1.80E+00	1.09E-01
RPF焼却・残渣埋立	3.03E+01	2.31E+00
残渣焼却埋立	5.40E+00	4.06E-01
合計	3.88E+01	2.89E+00

● オリジナルシステムの環境負荷

表 5-125 RPF 利用（収率 75%）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・埋立	3.57E+01	2.71E+00
石炭焼却	3.09E+01	2.83E+00
合計	6.79E+01	5.61E+00

● 環境負荷削減効果

表 5-126 RPF 利用（収率 75%）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（RPF利用（収率75%））	2.91E+01	2.72E+00

(2) RPF 利用 (収率 89% ケース)

RPF 利用 (収率 89%) のシステム境界を下記に示す。

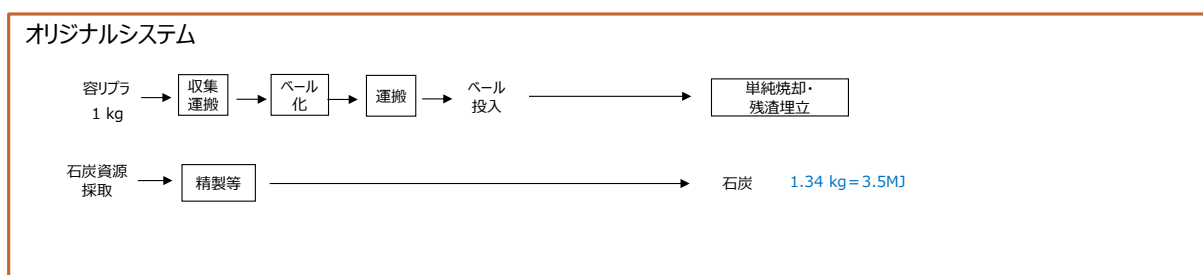
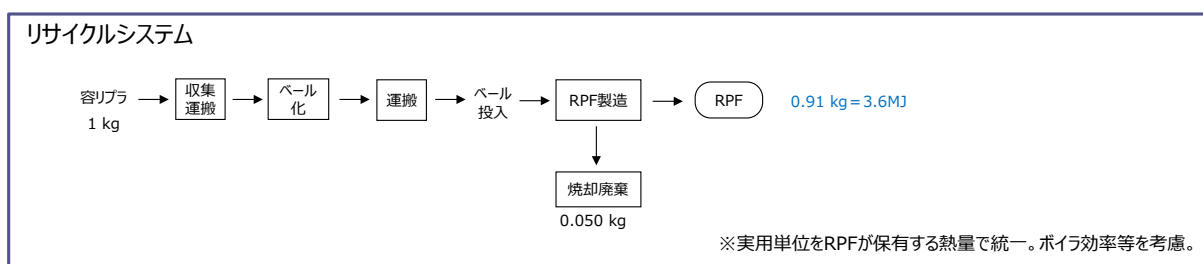


図 5-10 RPF 利用 (収率 89%) のシステム境界

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・バール化するプロセスのインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、バールから RPF を製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-127 バールから RPF を製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	バール	1.00E+00 kg		
	ユーティリティ	電力	1.88E-01 kWh	1.80E+00	1.09E-01
Output	生成物	RPF	9.10E-01 kg		
	その他	残渣	8.97E-02 kg		
合計				1.80E+00	1.09E-01

製造した RPF を燃料として燃焼させ、残渣を埋立てる場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-128 RPF の単純焼却・残渣埋立におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	RPF焼却	9.10E-01 kg	3.56E+01	2.71E+00
Output	ユーティリティ	電力	1.18E-02 kWh	1.13E-01	6.86E-03
	ユーティリティ	LPG	1.82E-03 MJ	2.10E-03	1.38E-04
	ユーティリティ	B重油	2.45E-03 MJ	2.71E-03	2.03E-04
	その他	残渣 (埋立)	2.82E-02 kg	1.68E-02	1.02E-03
合計				3.57E+01	2.71E+00

表 5-127における残渣は金属類であるため埋立処理を行う。インベントリデータは次のとおり。

表 5-129 残渣を埋立処理する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
Input	原料	残渣(埋立)	8.97E-02 kg	5.33E-02
		合計	5.33E-02	3.26E-03

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

代替される石炭は、RPF 1kg に対し、RPF 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、

$$\text{石炭} = 39,105 \text{kJ/kg (RPF)} \times 0.88 \div 0.9 = (26,600 \text{ kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.47 \text{kg}$$

となった。

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) × 0.975

これにより石炭焼却のインベントリデータは次のとおり。

表 5-130 石炭焼却のインベントリデータ

活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
一般炭 (燃焼)	1.34E+00 kg	3.33E+00

c) RPF 利用 (収率 89%) のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-131 RPF 利用 (収率 89%) のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
RPF製造 (収率89%)	1.80E+00	1.09E-01
RPF焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
残渣直接埋立	5.33E-02	3.26E-03
合計	3.89E+01	2.90E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-132 RPF 利用（収率 89%）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・埋立	3.57E+01	2.71E+00
石炭焼却	3.63E+01	3.33E+00
合計	7.33E+01	6.11E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-133 RPF 利用（収率 89%）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（RPF利用（収率89%））	3.45E+01	3.22E+00

5.3.2 セメント焼成

(1) セメント焼成 (収率 75%)

セメント焼成 (収率 75%) のシステム境界を下記に示す。

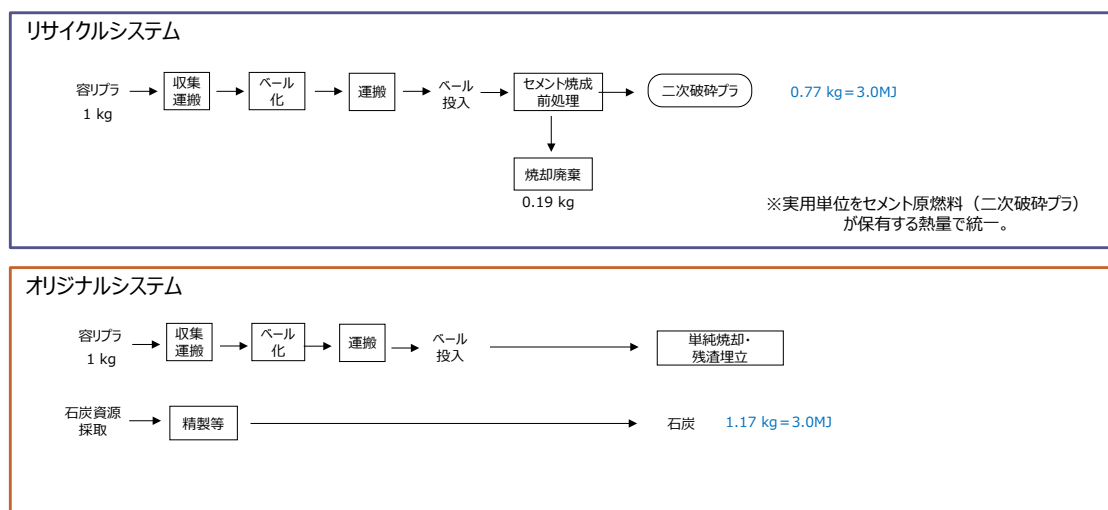


図 5-11 セメント焼成 (収率 75%) のシステム境界

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・ベール化するプロセスのインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベールから二次破碎プラを製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-134 ベールから二次破碎プラを製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	ベール	1.00E+00	kg		
	ユーティリティ	電力	1.90E-01	kWh	1.82E+00	1.10E-01
	ユーティリティ	軽油	9.60E-04	L	3.97E-02	2.86E-03
Output	生成物	二次破碎プラ	7.73E-01	kg		
	その他	残渣	2.27E-01	kg		
合計				1.86E+00	1.13E-01	

製造した二次破碎プラをセメント製造における燃料として活用し、残渣は埋立てる場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-135 二次破碎プラの単純焼却・残渣埋立におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
Input	原料	二次破碎プラ	7.73E-01	kg	3.02E+01	2.30E+00
Output	ユーティリティー	電力	1.00E-02	kWh	9.62E-02	5.83E-03
	ユーティリティー	LPG	1.55E-03	MJ	1.78E-03	1.17E-04
	ユーティリティー	B重油	2.08E-03	MJ	2.30E-03	1.72E-04
	その他	残渣(埋立)	2.40E-02	kg	1.42E-02	8.70E-04
合計					3.03E+01	2.31E+00

表 5-134 における残渣は単純焼却処理される。インベントリデータは次のとおり。

表 5-136 残渣を単純焼却処理する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量			エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
Input	原料	残渣焼却	2.27E-01	kg	5.36E+00	4.04E-01
Output	ユーティリティー	電力	2.95E-03	kWh	2.82E-02	1.71E-03
	ユーティリティー	LPG	4.55E-04	MJ	5.24E-04	3.45E-05
	ユーティリティー	B重油	6.11E-04	MJ	6.75E-04	5.06E-05
	その他	残渣(埋立)	7.04E-03	kg	4.18E-03	2.56E-04
合計					5.40E+00	4.06E-01

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

製造した二次破碎プラは石炭代替とした。この場合、代替される石炭は、二次破碎プラ 1kg に対し、

$$\text{石炭} = 339,112 \text{kJ/kg (二次破碎プラ)} \div (26,600 \text{kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.51 \text{kg}$$

注) 真発熱量(低位発熱量) = 総発熱量(高位発熱量) × 0.975

となった。

これにより石炭燃焼のインベントリデータは次のとおり。

表 5-137 石炭燃焼のインベントリデータ

活動量			エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
一般炭(燃焼)	1.17E+00	kg	3.16E+01	2.89E+00

c) セメント焼成（収率 75%）のまとめ

● リサイクルシステムの環境負荷

表 5-138 セメント焼成（収率 75%）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
二次破碎プラ製造（収率75%）	1.86E+00	1.13E-01
二次破碎プラ焼却・残渣埋立	3.03E+01	2.31E+00
残渣焼却埋立	5.40E+00	4.06E-01
合計	3.89E+01	2.90E+00

● オリジナルシステムの環境負荷

表 5-139 セメント焼成（収率 75%）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・埋立	3.57E+01	2.71E+00
石炭焼却	3.16E+01	2.89E+00
合計	6.86E+01	5.68E+00

● 環境負荷削減効果

表 5-140 セメント焼成（収率 75%）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果 （セメント焼成（収率75%））	2.97E+01	2.78E+00

(2) セメント焼成 (収率 89%)

セメント焼成 (収率 89%) のシステム境界を下記に示す。

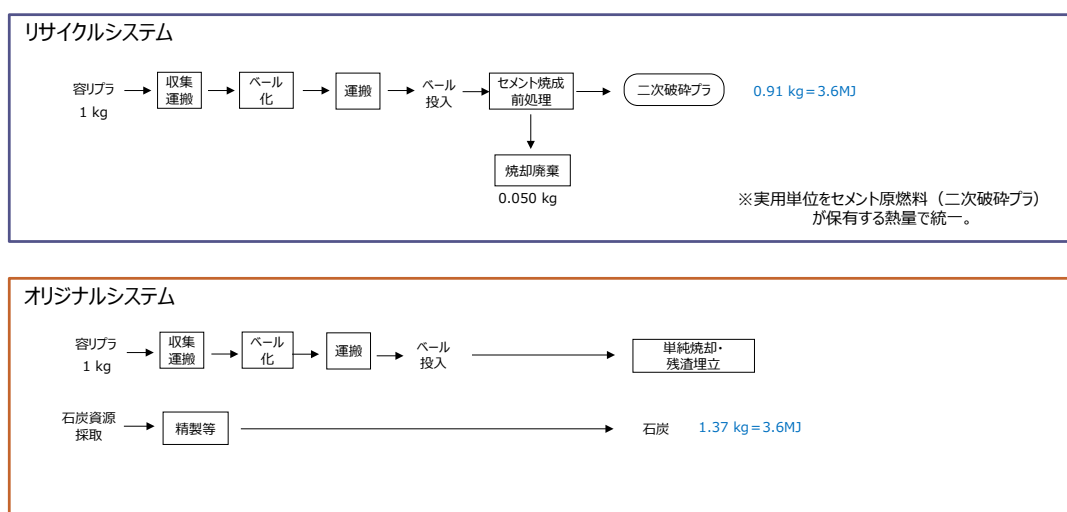


図 5-12 セメント焼成 (収率 89%) のシステム境界

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬・バール化するプロセスのインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、バールから二次破碎プラを製造するプロセスのインベントリデータは次のとおり。

表 5-141 バールから二次破碎プラを製造するプロセスのインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	バール	1.00E+00 kg		
	ユーティリティ	電力	1.90E-01 kWh	1.82E+00	1.10E-01
	ユーティリティ	軽油	9.60E-04 L	3.97E-02	2.86E-03
Output	生成物	二次破碎プラ	9.10E-01 kg		
	その他	残渣	8.97E-02 kg		
合計				1.86E+00	1.13E-01

製造した二次破碎プラをセメント製造における燃料として活用し、残渣は埋立てる場合のインベントリデータは次のとおり。

表 5-142 二次破碎プラの単純焼却・残渣埋立におけるインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原料	二次破碎プラ	9.10E-01 kg	3.56E+01	2.71E+00
Output	ユーティリティ	電力	1.18E-02 kWh	1.13E-01	6.86E-03
	ユーティリティ	LPG	1.82E-03 MJ	2.10E-03	1.38E-04
	ユーティリティ	B重油	2.45E-03 MJ	2.71E-03	2.03E-04
	その他	残渣 (埋立)	2.82E-02 kg	1.68E-02	1.02E-03
合計				3.57E+01	2.71E+00

表 5-141 における残渣は金属であるため埋立処理を行った。インベントリデータは次のとおり。

表 5-143 残渣を埋立処理する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費(MJ)	CO2排出量(kg-CO2)
Input	原料	残渣(埋立)	8.97E-02 kg	5.33E-02
		合計		5.33E-02
				3.26E-03

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおける、容リプラの収集・運搬・ベール化のインベントリデータは表 5-17 のとおり。また、ベール単純焼却、残渣埋立のインベントリデータは表 5-21 のとおり。

代替される石炭は、二次破砕プラ 1kg に対し、

$$\text{石炭} = 339,112 \text{ kJ/kg (二次破砕プラ)} \div (26,600 \text{ kJ/kg (石炭)} \times 0.975) = 1.51 \text{ kg}$$

注) 真発熱量 (低位発熱量) = 総発熱量 (高位発熱量) × 0.975

となった。

これにより石炭燃焼のインベントリデータは次のとおり。

表 5-144 石炭燃焼のインベントリデータ

活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
一般炭(燃焼)	1.37E+00 kg	3.72E+01
		3.40E+00

c) セメント焼成 (収率 89%) のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-145 セメント焼成 (収率 89%) のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
二次破砕プラ製造 (収率89%)	1.86E+00	1.13E-01
二次破砕プラ焼却残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
残渣直接埋立	5.33E-02	3.26E-03
合計	3.89E+01	2.90E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-146 セメント焼成（収率 89%）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	1.26E+00	6.97E-02
単純焼却・埋立	3.57E+01	2.71E+00
石炭焼却	3.72E+01	3.40E+00
合計	7.42E+01	6.19E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-147 セメント焼成（収率 89%）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果 (セメント焼成（収率89%）)	3.53E+01	3.29E+00

5.3.3 発電焼却

(1) 発電焼却（発電効率 12.81%ケース）

発電焼却（発電効率 12.81%）のシステム境界を下記に示す。

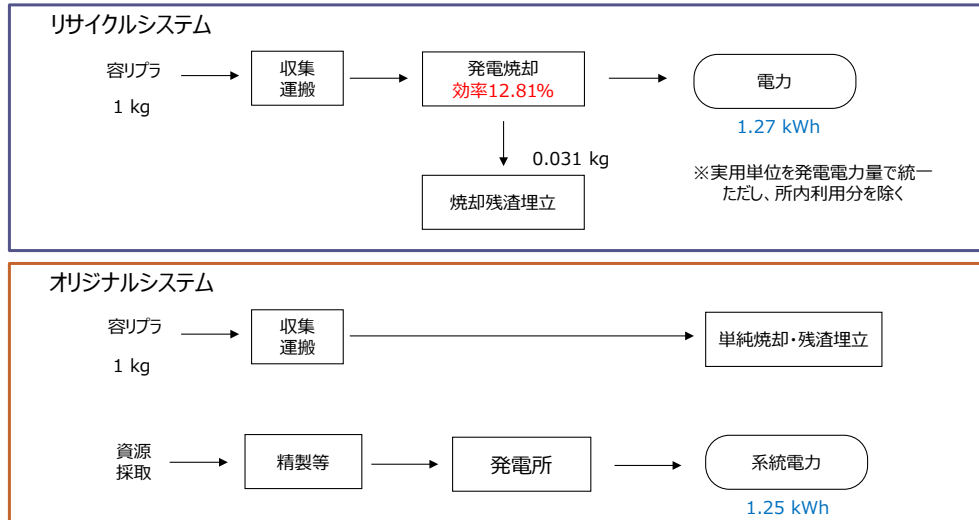


図 5-13 発電焼却（発電効率 12.81%）のシステム境界

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬におけるインベントリデータは次のとおり。

表 5-148 容リプラ 1kg を収集・運搬する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
Input	原材料	容リプラ	1.00E+00 kg		
Output	ユーティリティ	収集・運搬	1.00E+00 kg	8.40E-02	6.00E-03

容リプラの 1kg の発電焼却による発電量は、表 4-10 の容リプラの単位発熱量および発電効率より算出した。

$$\begin{aligned} \text{発電量} &= \text{容リプラの単位発熱量} \times \text{電力換算} \times \text{発電効率} = 35.6\text{MJ/kg} \div 3.6\text{MJ/kWh} \times 12.81\% \\ &= 1.27\text{kWh/kg} \end{aligned}$$

これより、発電焼却のインベントリデータは次のとおり。

表 5-149 容リプラ 1kg を発電焼却する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	容リプラ焼却	1.00E+00	kg	3.54E+01	2.71E+00
	ユーティリティ	電力 (所内利用)	1.26E-02	kWh	0.00E+00	0.00E+00
		都市ガス	1.58E-02	MJ	2.26E-02	9.89E-04
		A重油	2.72E-03	MJ	3.07E-03	2.20E-04
Output	生成物	発電量	1.27E+00	kWh		
	その他	残渣 (埋立)	3.10E-02	kg	1.84E-02	1.13E-03
				合計	3.56E+01	2.71E+00

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおいては、容リプラは可燃ごみとして収集・運搬、単純焼却されると想定。容リプラの収集・運搬のインベントリデータは表 5-148 と同じである。また、容リプラ 1 kg を単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータは、ベール 1 kg を単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ (表 5-21) と同じである。

オリジナルシステムについては、発電した電力から所内利用分を差し引いた量の系統電力が必要となる。

$$\cdot \text{系統電力} = \text{発電量} - \text{所内利用分} = 1.27\text{kWh} - 0.0126\text{kWh} = 1.25\text{kWh}$$

系統電力の環境負荷は次のとおり

表 5-150 系統電力の環境負荷

活動量		エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
系統電力	1.25 kWh	1.20E+01	7.27E-01

c) 発電焼却 (発電効率 12.81% ケース) のまとめ

- リサイクルシステムの環境負荷

表 5-151 発電焼却 (発電効率 12.81%) のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
発電焼却	3.56E+01	2.71E+00
合計	3.57E+01	2.71E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 5-152 発電焼却（発電効率 12.81%）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
単純焼却・埋立	3.57E+01	2.71E+00
系統電力	1.20E+01	7.27E-01
合計	4.78E+01	3.45E+00

- 環境負荷削減効果

表 5-153 発電焼却（発電効率 12.81%）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（発電焼却）	1.21E+01	7.34E-01

(2) 発電焼却（発電効率 25%ケース）

現行のトップクラスの効率のゴミ焼却発電所では、25%の効率で発電できる。そこで、現行の平均の 12.81%の発電効率が、今後の効率向上施策により 25%まで上昇したケースを想定し、削減効果の比較を行う。

まず、発電焼却（発電効率 25%）のシステム境界を下記に示す。

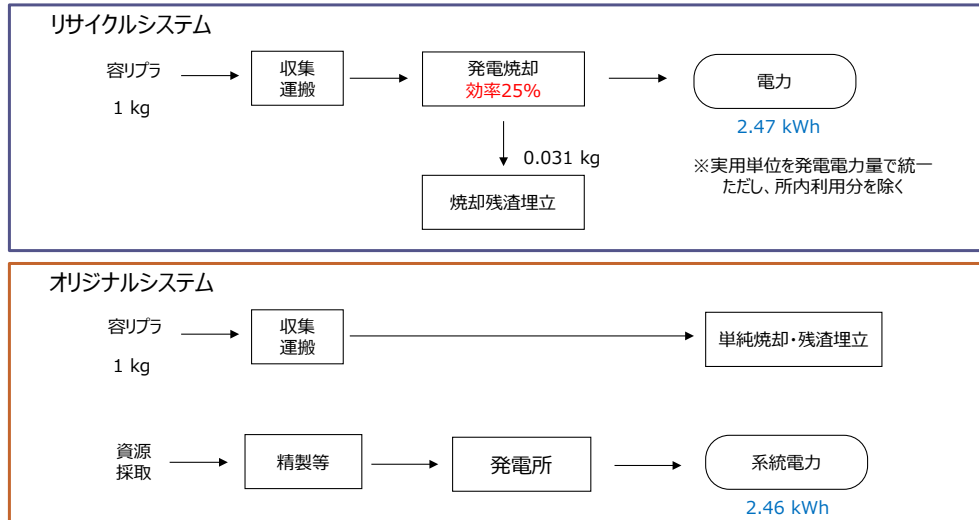


図 5-14 発電焼却（発電効率 25%）のシステム境界

a) リサイクルシステムのインベントリデータ

容リプラの収集・運搬におけるインベントリデータは表 5-148 と同じである。

容リプラの 1kg の発電焼却による発電量は、容リプラの単位発熱量および発電効率より算出した。

$$\begin{aligned} \text{発電量} &= \text{容リプラの単位発熱量} \times \text{電力換算} \times \text{発電効率} = 35.6\text{MJ/kg} \div 3.6\text{MJ/kWh} \times 25\% \\ &= 2.47\text{kWh/kg} \end{aligned}$$

これより、発電焼却のインベントリデータは次のとおり。

表 5-154 容リプラ 1kg を発電焼却する場合のインベントリデータ

入出力項目		活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	
Input	原材料	容リプラ焼却	1.00E+00 kg	3.54E+01	2.71E+00
	ユーティリティ	電力（所内利用）	1.26E-02 kWh	0.00E+00	0.00E+00
		都市ガス	1.58E-02 MJ	2.26E-02	9.89E-04
		A重油	2.72E-03 MJ	3.07E-03	2.20E-04
Output	生成物	発電量	2.47E+00 kWh		
	その他	残渣（埋立）	3.10E-02 kg	1.84E-02	1.13E-03
合計			3.56E+01	2.71E+00	

b) オリジナルシステムのインベントリデータ

オリジナルシステムにおいては、容リプラは可燃ごみとして収集・運搬、単純焼却されると想

定。容リプラの収集・運搬におけるインベントリデータは表 5-148 と同じである。また、容リプラ 1 kg を単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータは、ベール 1 kg を単純焼却・埋立てをする場合のインベントリデータ（表 5-21）と同じである。

オリジナルシステムについては、発電した電力から所内利用分を差し引いた量の系統電力が必要となる。

$$\cdot \text{系統電力} = \text{発電量} - \text{所内利用分} = 2.47\text{kWh} - 0.0126\text{kWh} = 2.46\text{kWh}$$

系統電力の環境負荷は次のとおり

表 5-155 系統電力の環境負荷

活動量	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
系統電力	2.46 kWh	2.35E+01
		1.43E+00

c) 発電焼却（発電効率 25%ケース）のまとめ

● リサイクルシステムの環境負荷

表 5-156 発電焼却（発電効率 25%）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
発電焼却	3.56E+01	2.71E+00
合計	3.57E+01	2.71E+00

● オリジナルシステムの環境負荷

表 5-157 発電焼却（発電効率 25%）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
単純焼却・埋立	3.57E+01	2.71E+00
系統電力	2.35E+01	1.43E+00
合計	5.94E+01	4.15E+00

● 環境負荷削減効果

表 5-158 発電焼却（発電効率 25%）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（発電焼却）	2.36E+01	1.43E+00

6. 各処理手法における CO2 排出量および CO2 排出量削減効果の図示

6.1 各処理手法における CO2 排出量および CO2 排出量削減効果のグラフ

5章で算出した各処理手法におけるリサイクルシステムおよびオリジナルシステムの CO2 排出量、環境負荷削減効果である CO2 排出量削減効果を棒グラフで整理する。なお、環境負荷削減効果は CO2 排出量が負になるとして表現した。なお、図 6-6 および図 6-8 のグラフの縦軸の範囲は他のグラフと異なる。

6.1.1 マテリアルリサイクル

(1) リターナブルパレット（新規樹脂代替、単純平均値ケース）

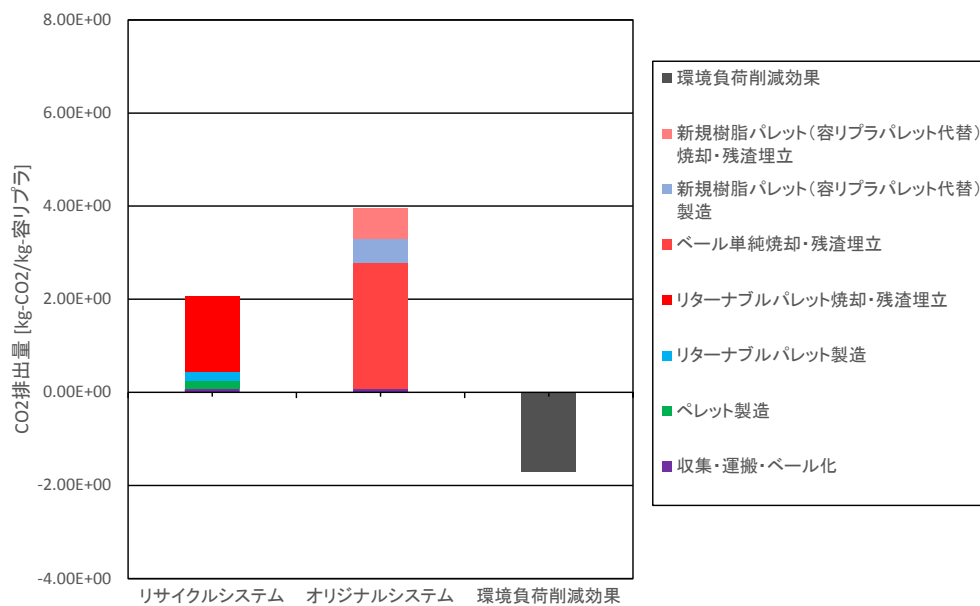


図 6-1 リターナブルパレット（新規樹脂代替）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(2) リターナブルパレット（新規木材代替）

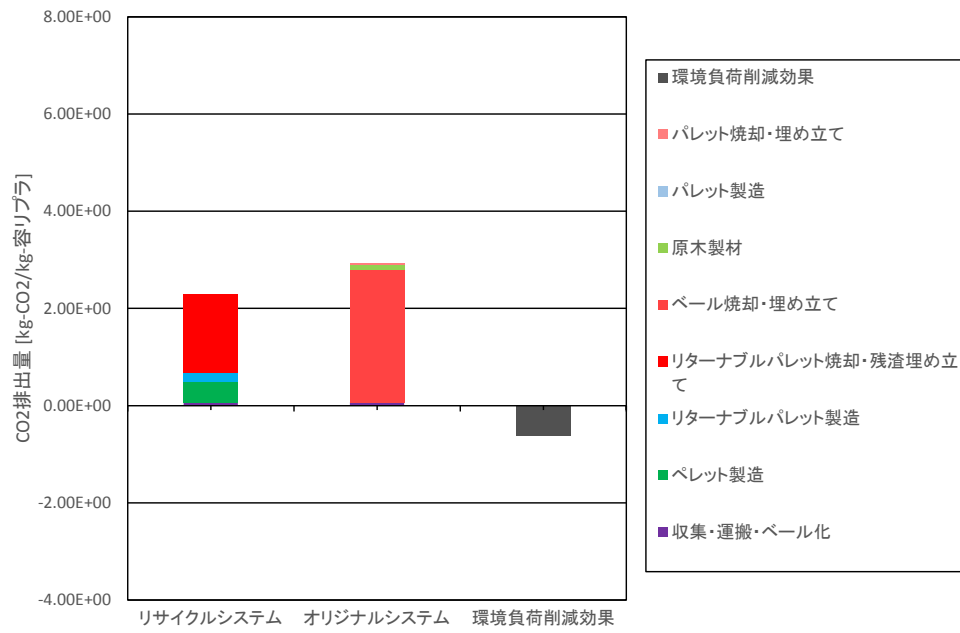


図 6-2 リターナブルパレット（新規木材代替）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

6.1.2 ケミカルリサイクル

(1) 油化

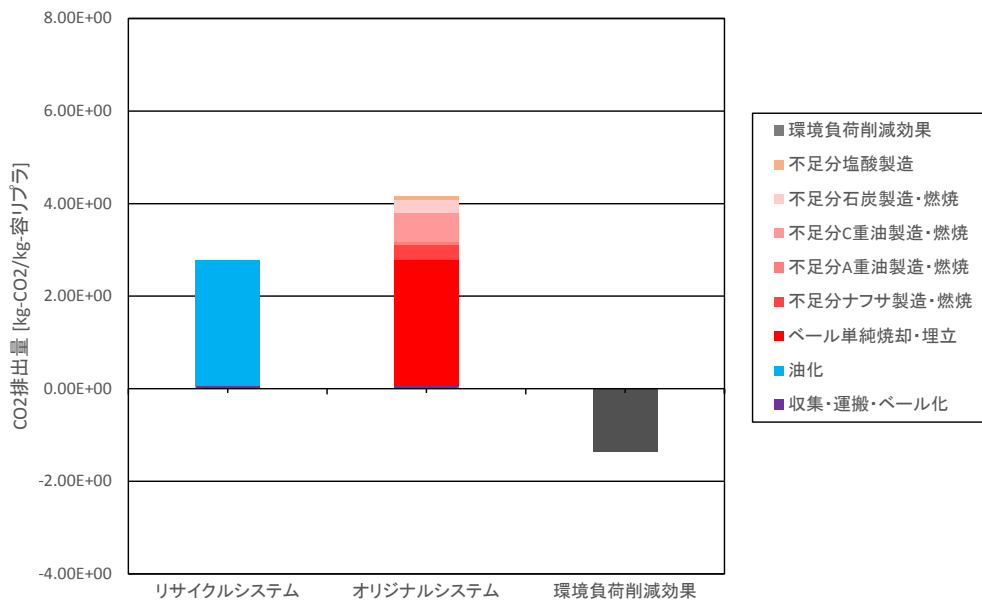


図 6-3 油化の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(2) ガス化 (アンモニア製造)

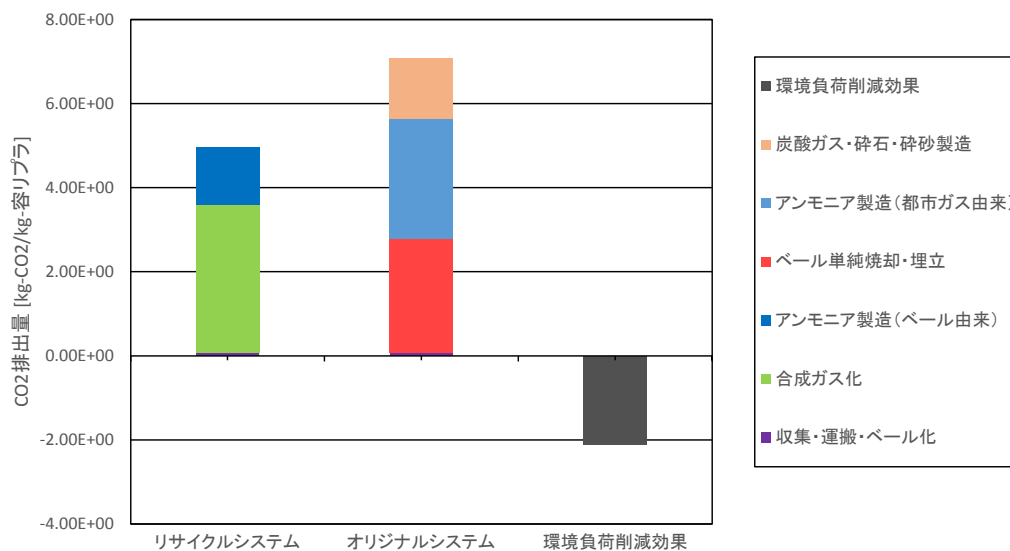


図 6-4 ガス化 (アンモニア製造) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(3) ガス化（燃焼）

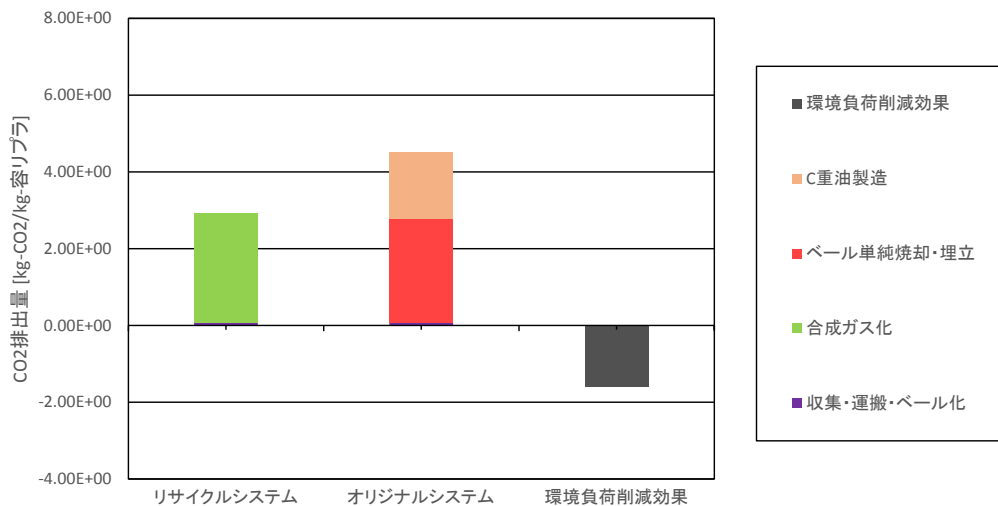


図 6-5 ガス化（燃焼）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(4) 高炉還元（コークス代替）

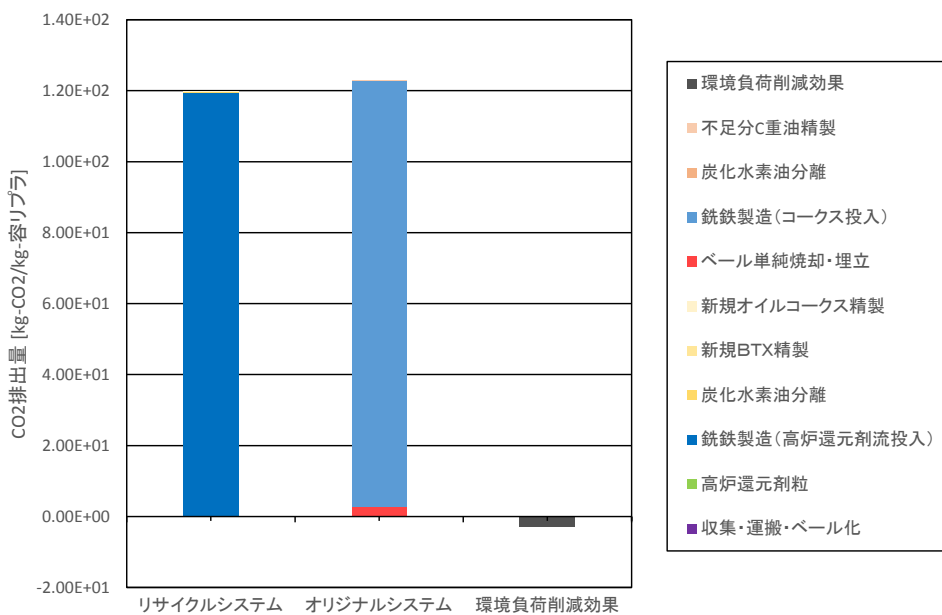


図 6-6 高炉還元（コークス代替）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

高炉還元（コークス代替）は、銑鉄製造プロセスの環境負荷が他のプロセスと比較して膨大であるため、グラフで比較することに適していない。そこで、銑鉄製造についてオリジナルシステムからリサイクルシステムの差分をオリジナルシステムに計上して再度グラフを作成した。

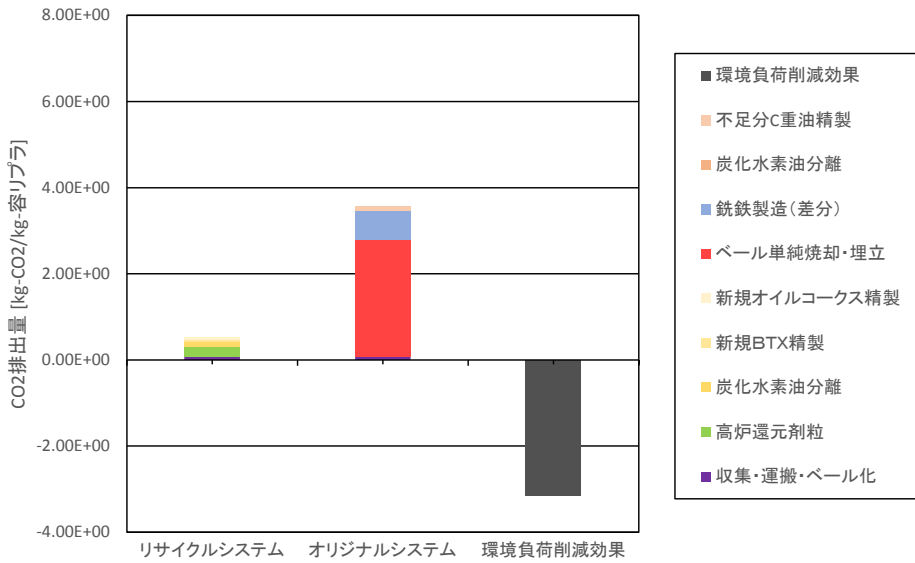


図 6-7 高炉還元（コークス代替）（銑鉄製造プロセスは差分のみ）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(5) 高炉還元（微粉炭代替）

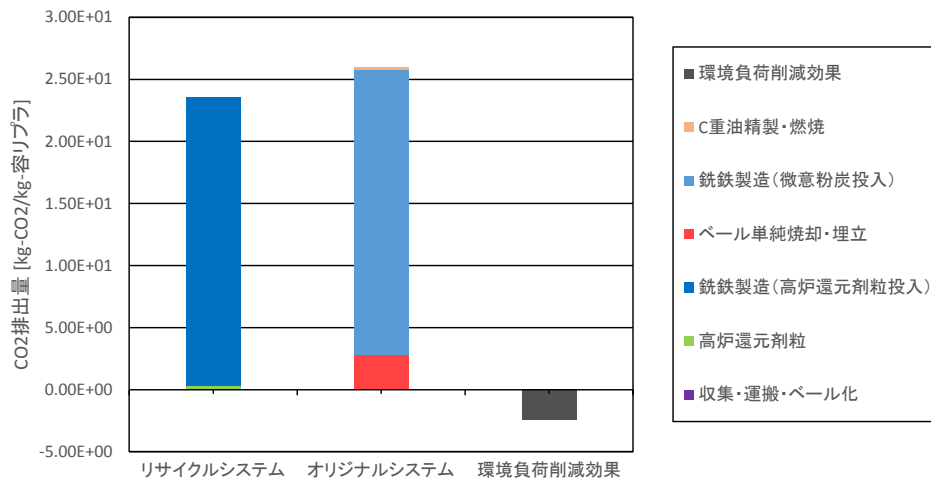


図 6-8 高炉還元（微粉炭代替）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

高炉還元（微粉炭代替）についても、銑鉄製造プロセスの差をとり、リサイクルシステムに計上して再度グラフを作成した。

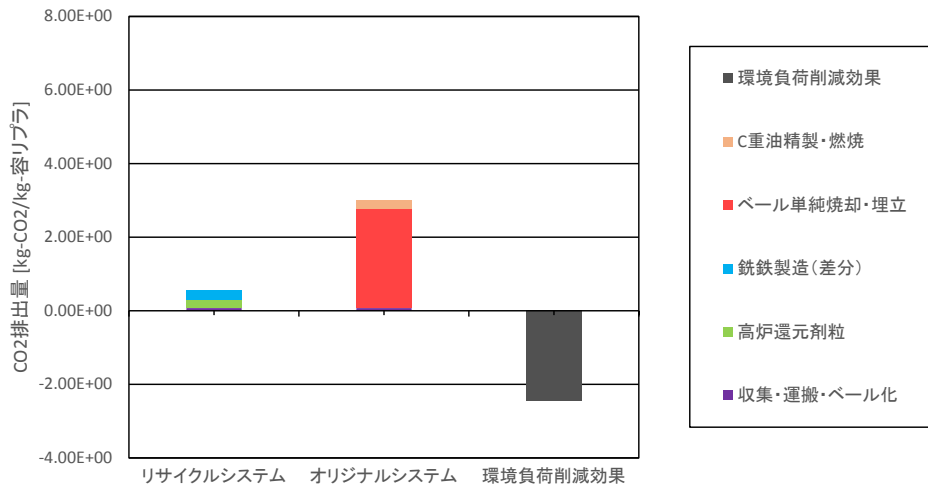


図 6-9 高炉還元（微粉炭代替）（銑鉄製造プロセスは差分のみ）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(6) コークス炉化学原料化

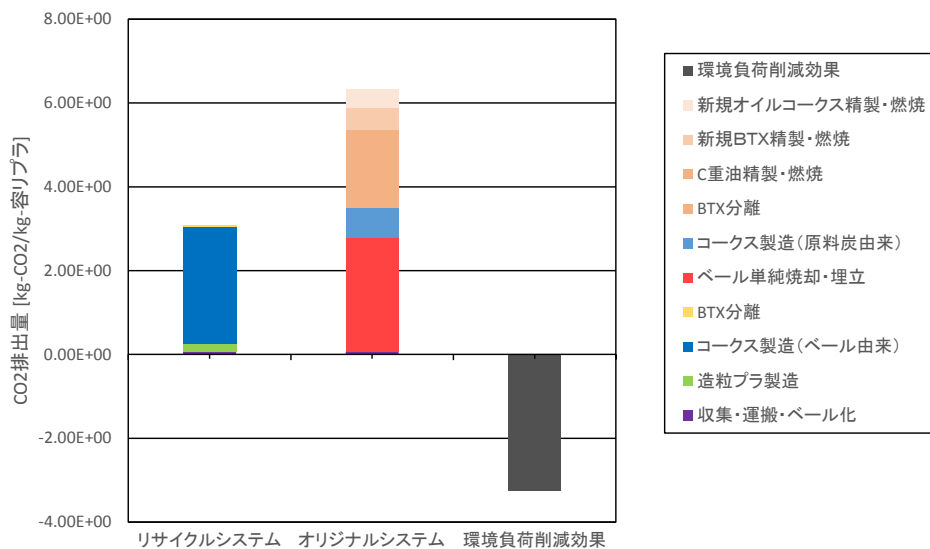


図 6-10 コークス炉化学原料化の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

6.1.3 エネルギーリカバリー

(1) RPF 利用

a) RPF 利用 (収率 75%)

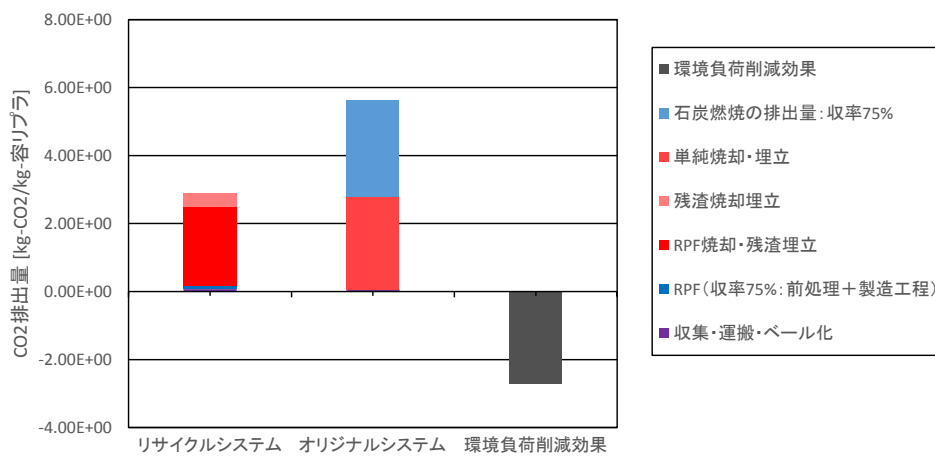


図 6-11 RPF 利用 (収率 75%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

b) RPF 利用 (収率 89%)

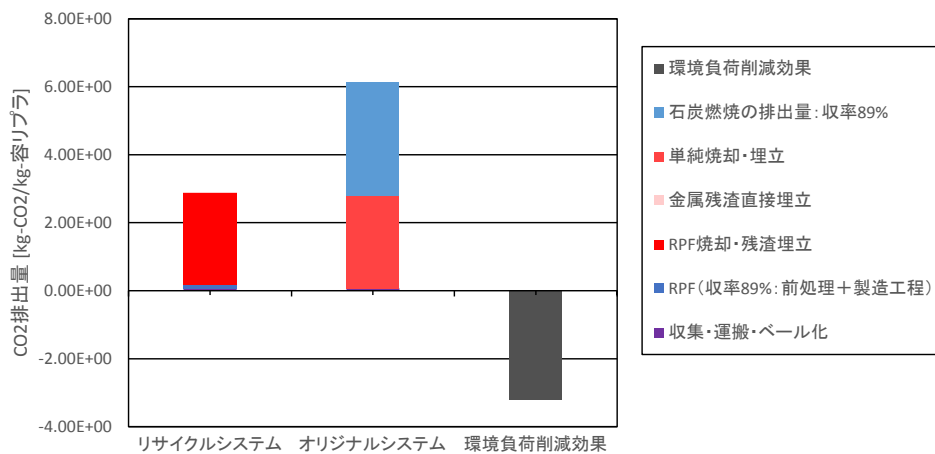


図 6-12 RPF 利用 (収率 89%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(2) セメント焼成

a) セメント焼成 (収率 75%)

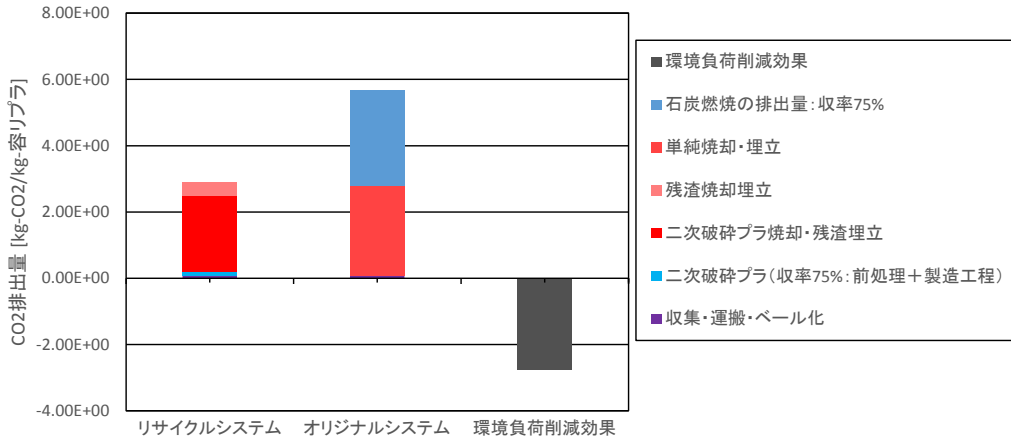


図 6-13 セメント焼成 (収率 75%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

b) セメント焼成 (収率 89%)

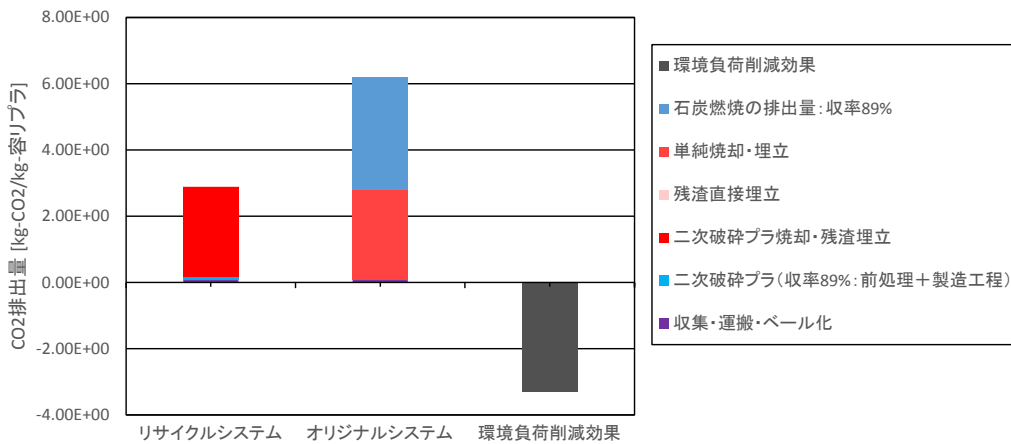


図 6-14 セメント焼成 (収率 89%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

(3) 発電焼却

a) 発電焼却 (発電効率 12.81%)

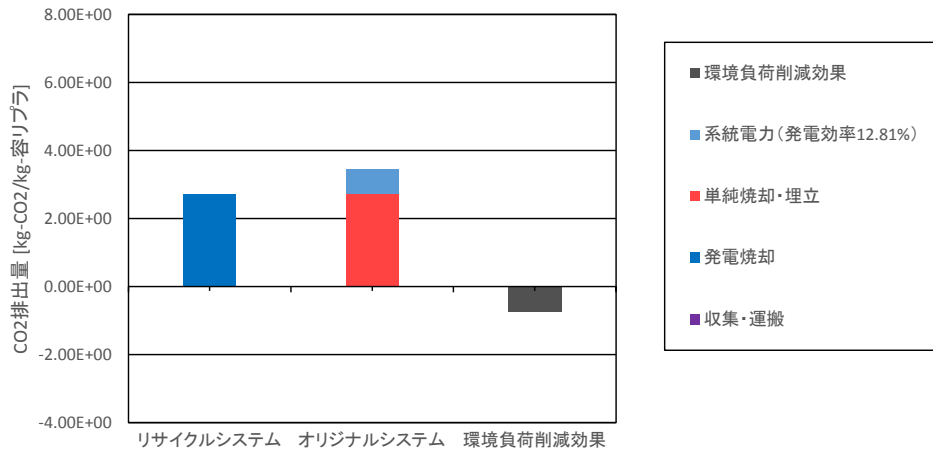


図 6-15 発電焼却 (発電効率 12.81%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

b) 発電焼却 (発電効率 25%)

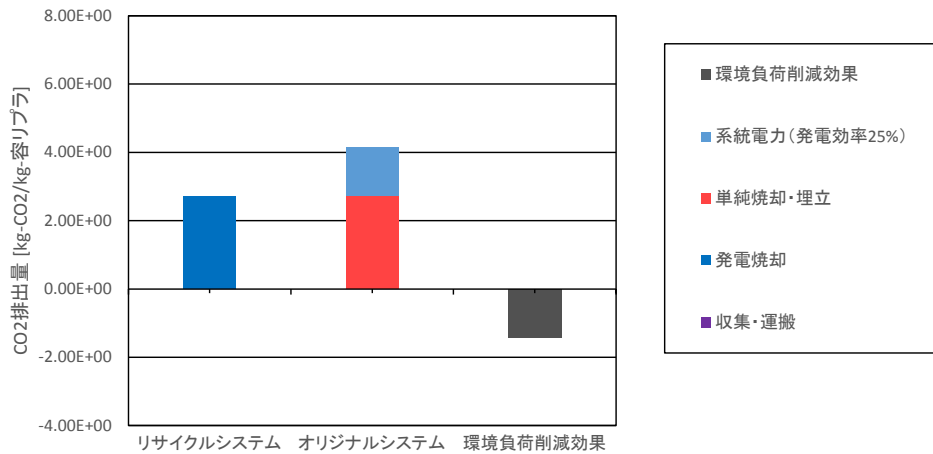


図 6-16 発電焼却 (発電効率 25%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果

6.2 各処理手法における CO2 排出量および CO2 排出量削減効果の図示

先ほどの棒グラフでは、リサイクルシステムの各プロセスが、オリジナルシステムのどのプロセスを代替しているのか、どのプロセスで排出しているのか、といった全容を直ぐには理解できないという課題がある。そこで、システム境界の図に CO2 排出量を記載し、リサイクルにより代替するプロセスの CO2 排出量も併記することで、CO2 がどのプロセスから排出されているかを直感的に把握できる図を作成した。なお、CO2 排出量は、大きさに応じて 3 段階の矢印で示した。

6.2.1 マテリアルリサイクル

(1) リターナブルパレット（新規樹脂代替、単純平均値ケース）

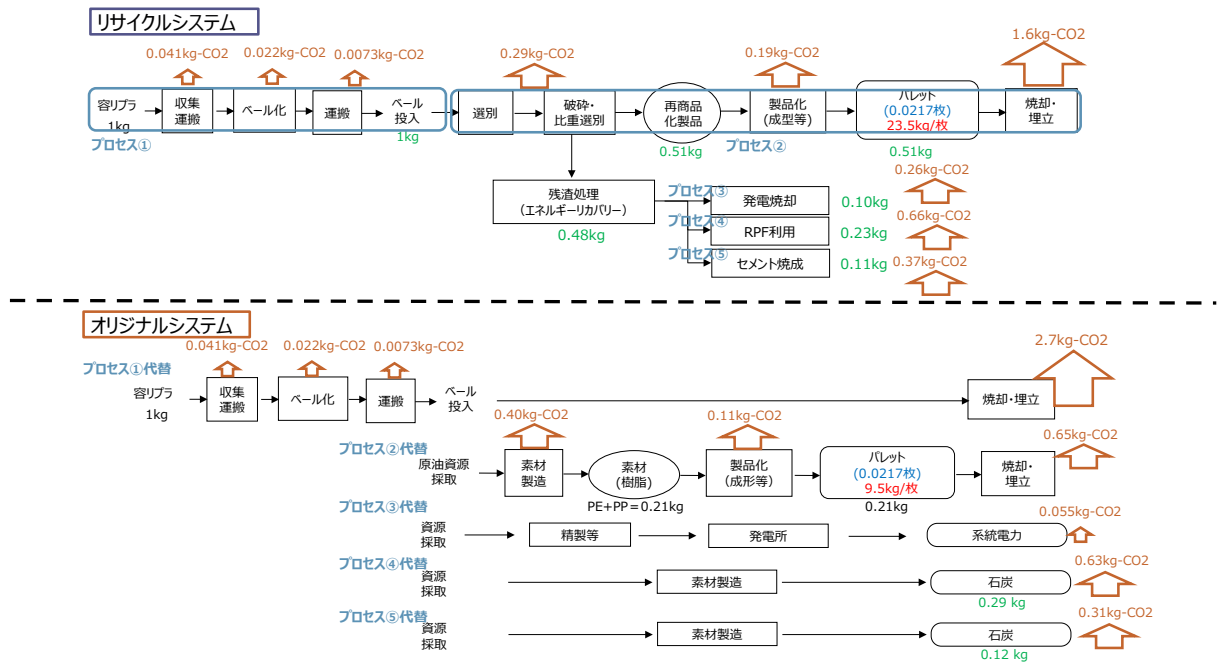


図 6-17 リターナブルパレット（新規樹脂代替）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果の図示

(2) リターナブルパレット（新規木材代替）

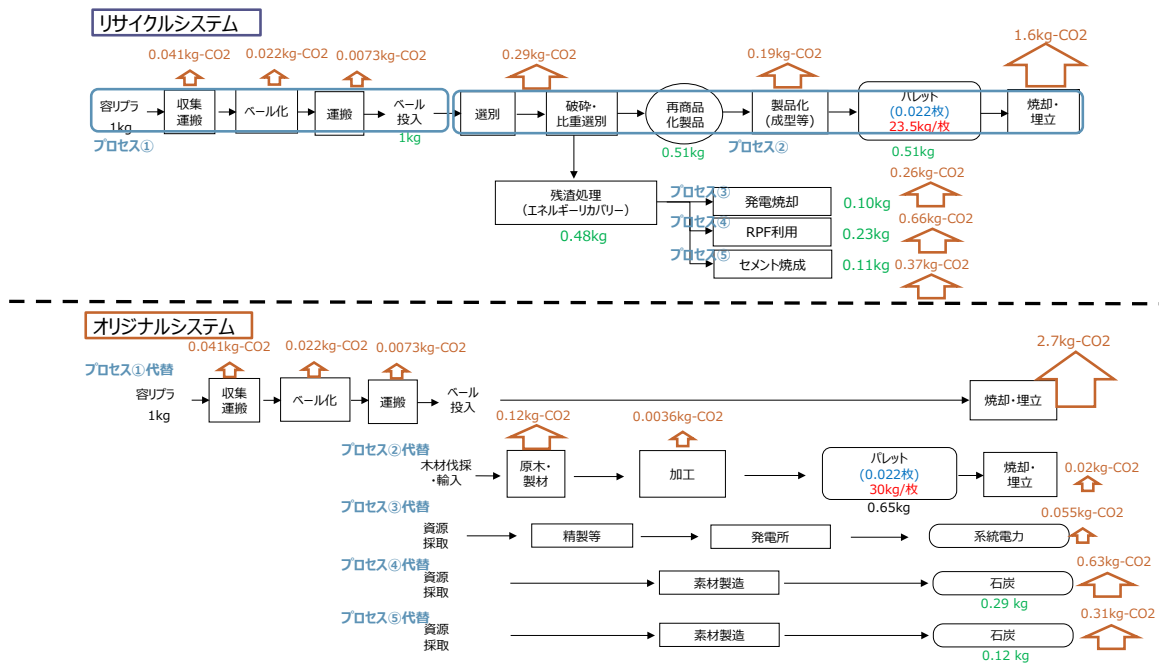


図 6-18 リターナブルパレット（新規木材代替）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果の図示

6.2.2 ケミカルリサイクル

(1) 油化

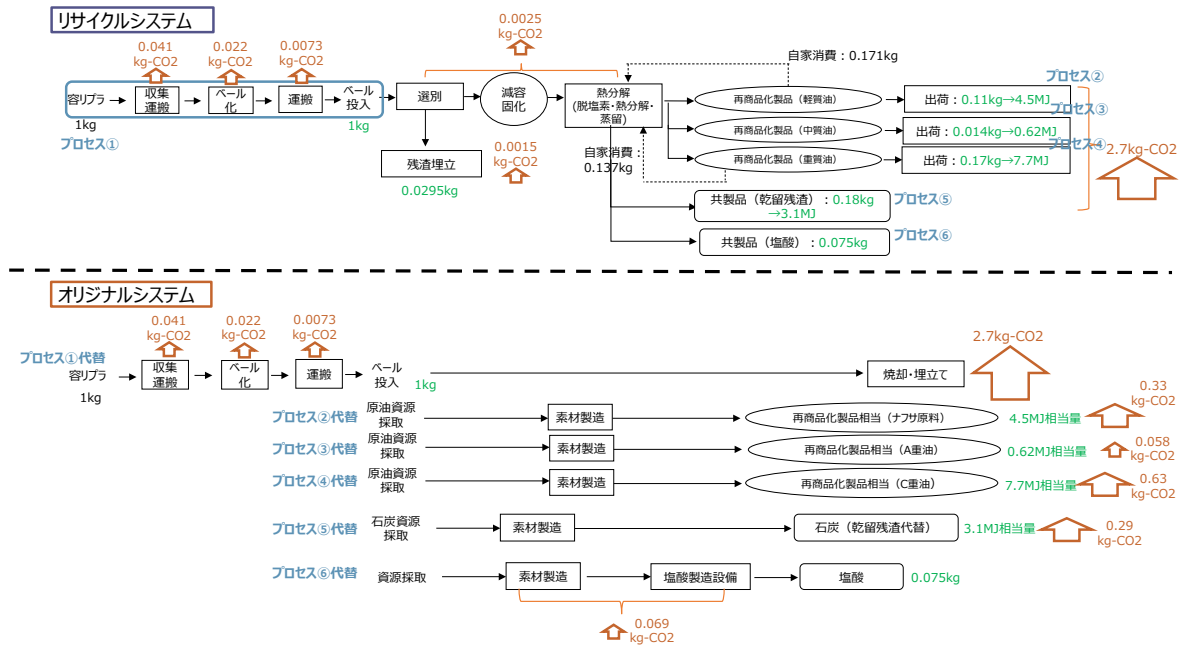


図 6-19 油化の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

(2) ガス化 (アンモニア製造)

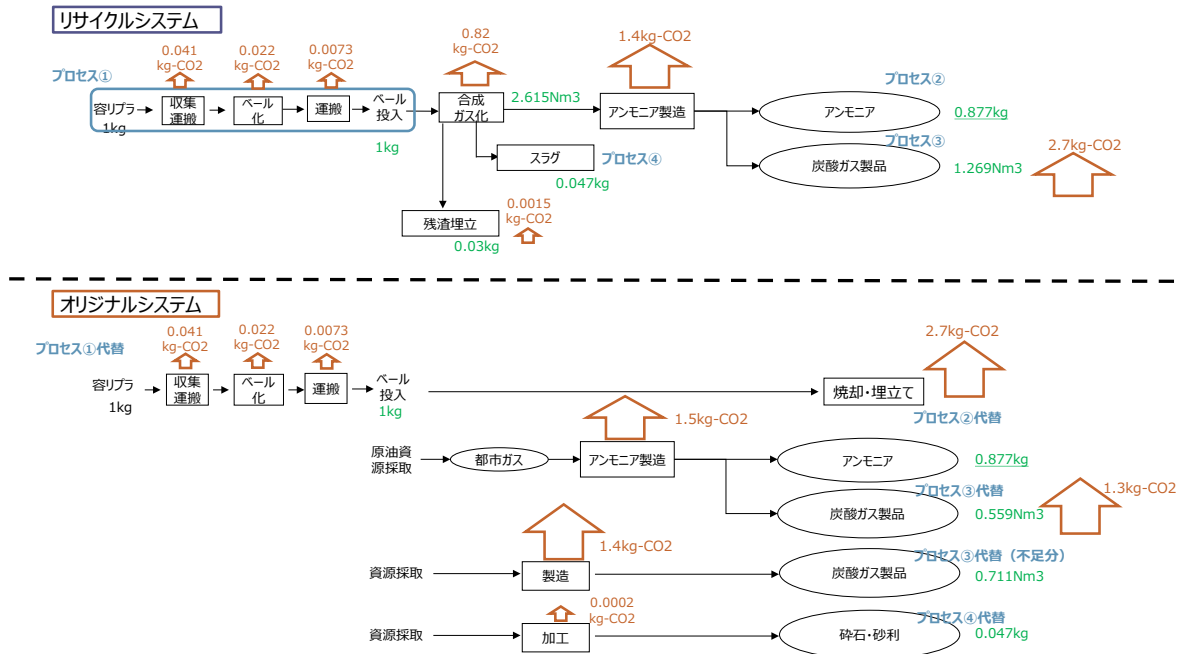


図 6-20 ガス化 (アンモニア製造) の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

(3) ガス化（燃焼）

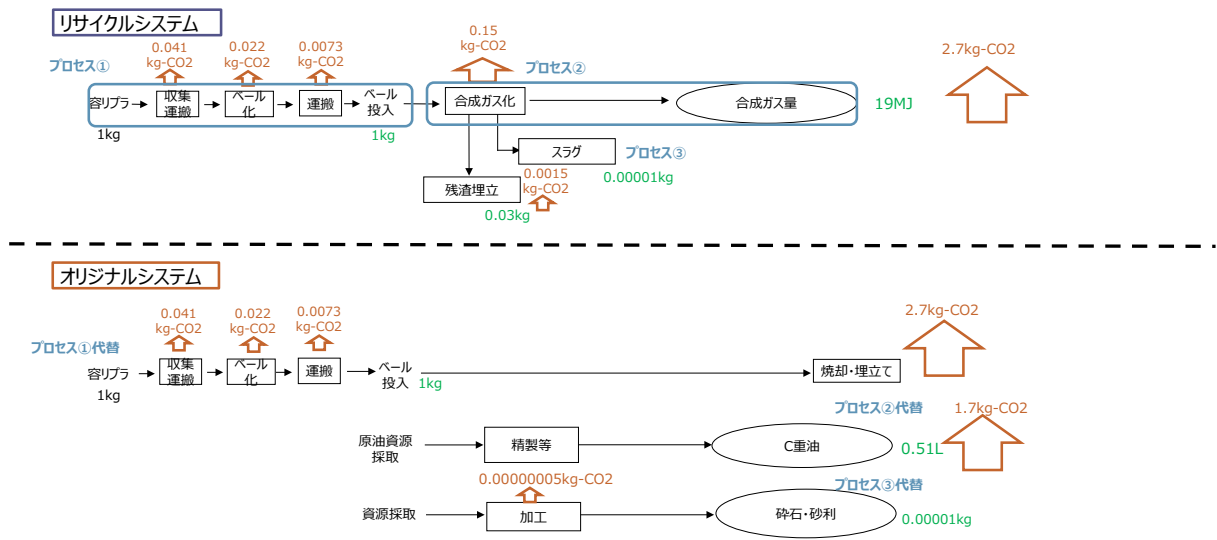


図 6-21 ガス化（燃焼）の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果の図示

(4) 高炉還元 (コークス代替)

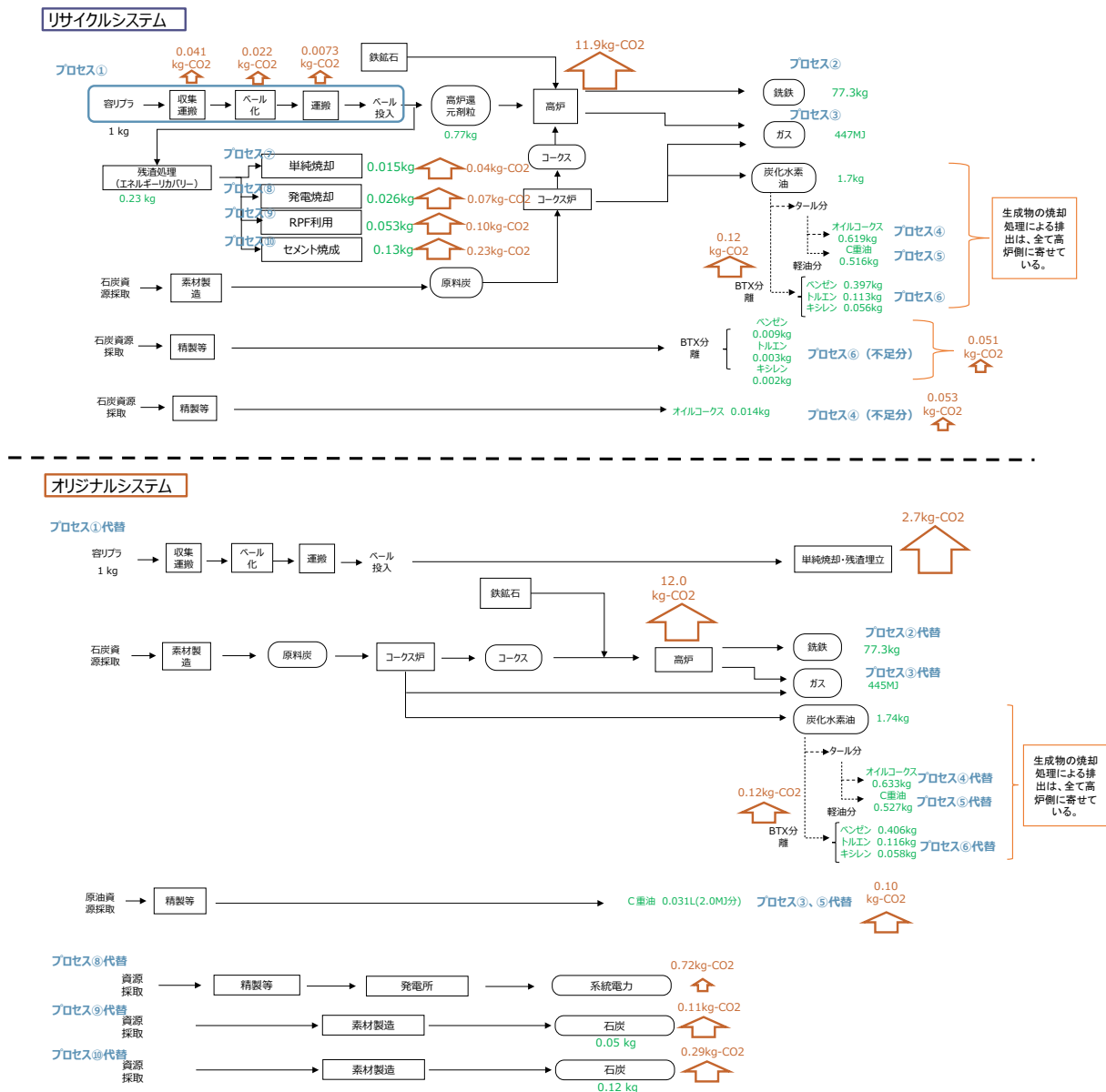


図 6-22 高炉還元 (コークス代替) の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

(5) 高炉還元 (微粉炭代替)

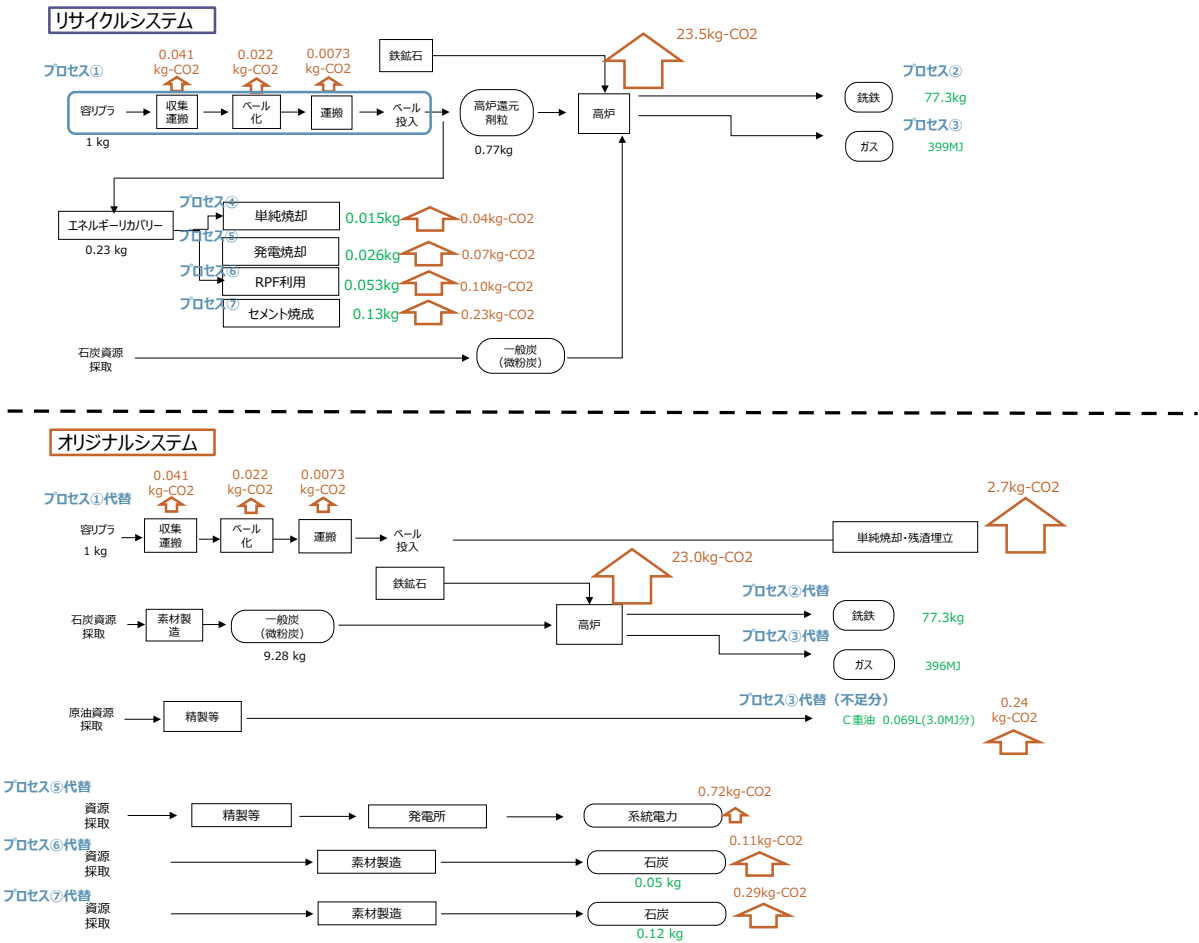
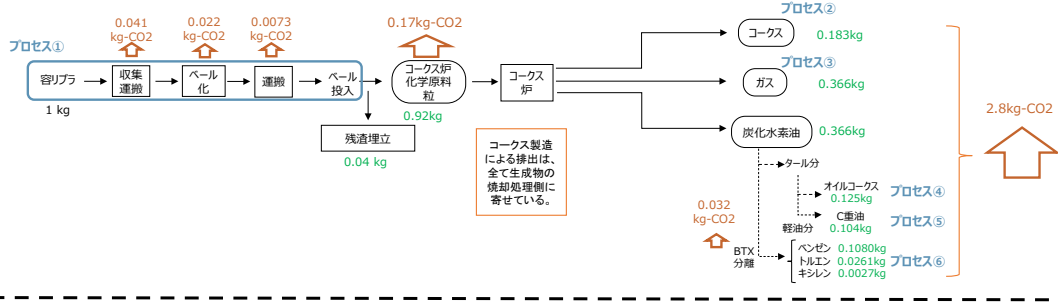


図 6-23 高炉還元 (微粉炭代替) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果の図示

(6) コークス炉化学原料化

リサイクルシステム



オリジナルシステム

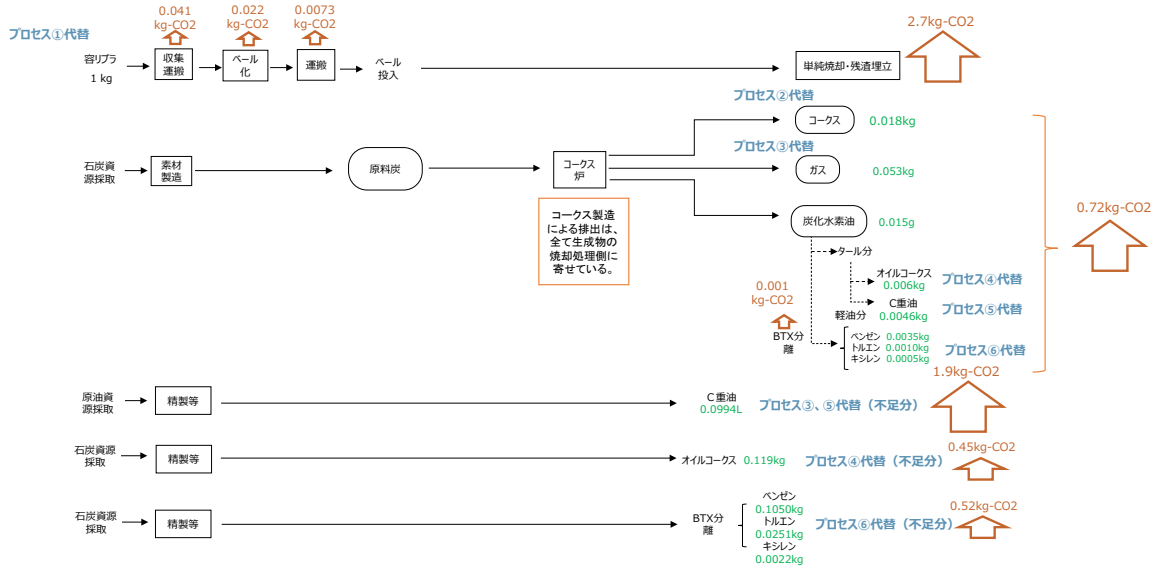
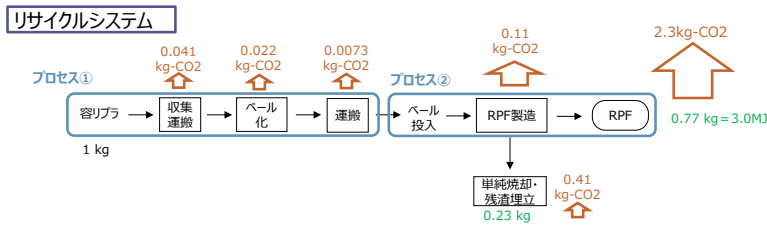


図 6-24 コークス炉化学原料化の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

6.2.3 エネルギーリカバリー

(1) RPF 利用

a) RPF 利用 (収率 75%)



オリジナルシステム

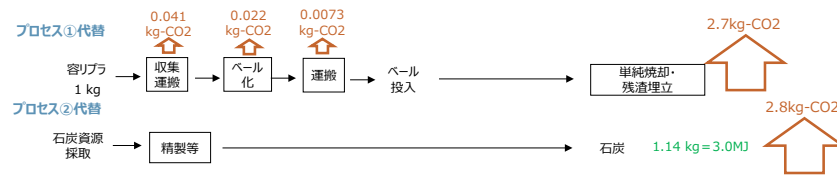
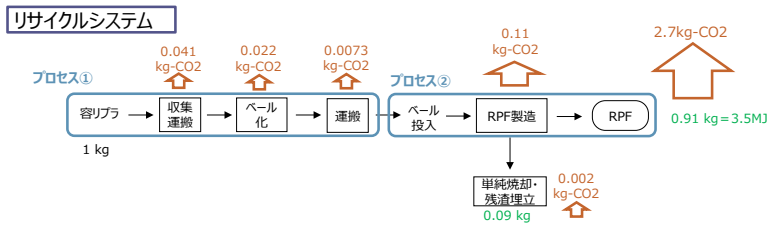


図 6-25 RPF 利用 (収率 75%) の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

b) RPF 利用 (収率 89%)



オリジナルシステム

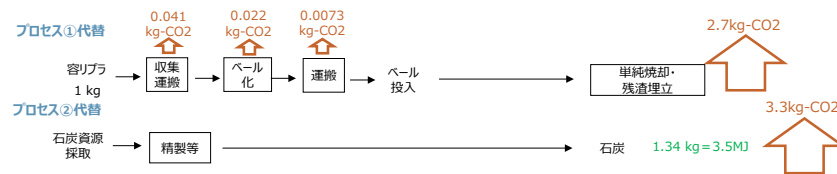


図 6-26 RPF 利用 (収率 89%) の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

(2) セメント焼成

a) セメント焼成 (収率 75%)

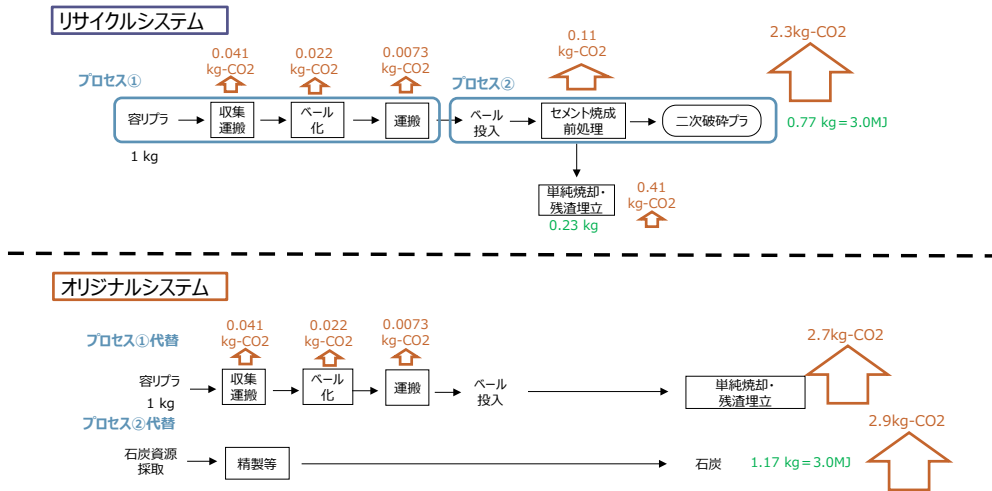


図 6-27 セメント焼成 (収率 75%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果の図示

b) セメント焼成 (収率 89%)

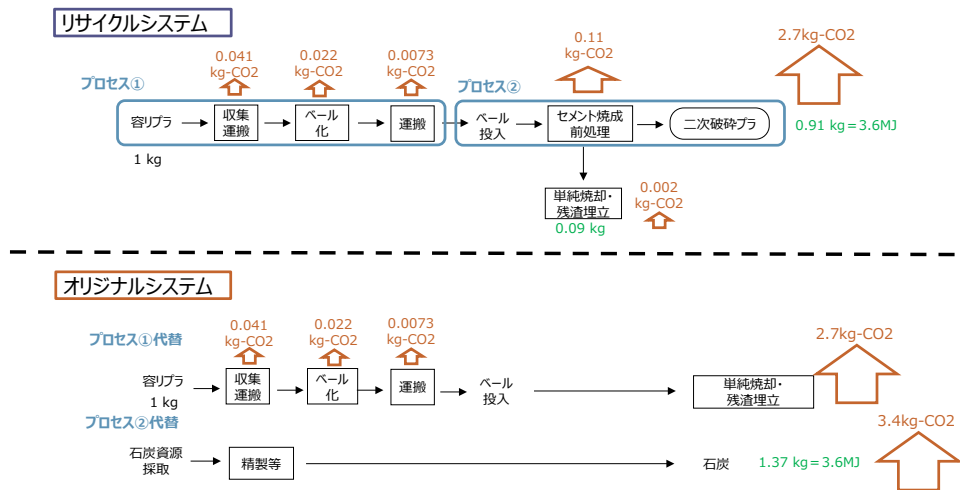


図 6-28 セメント焼成 (収率 89%) の CO2 排出量、CO2 排出量削減効果の図示

(3) 発電焼却

a) 発電焼却（発電効率 12.81%）

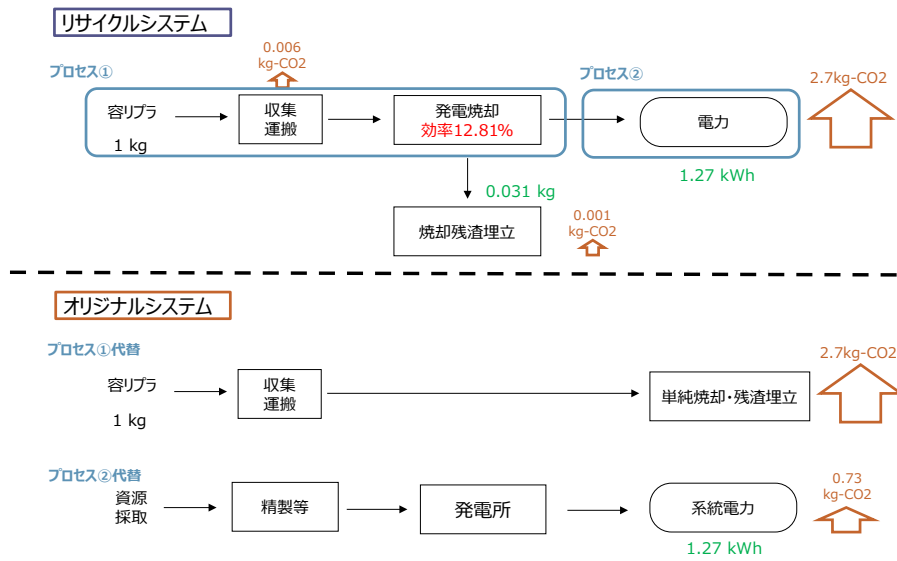


図 6-29 発電焼却（発電効率 12.81%）の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

b) 発電焼却（発電効率 25%）

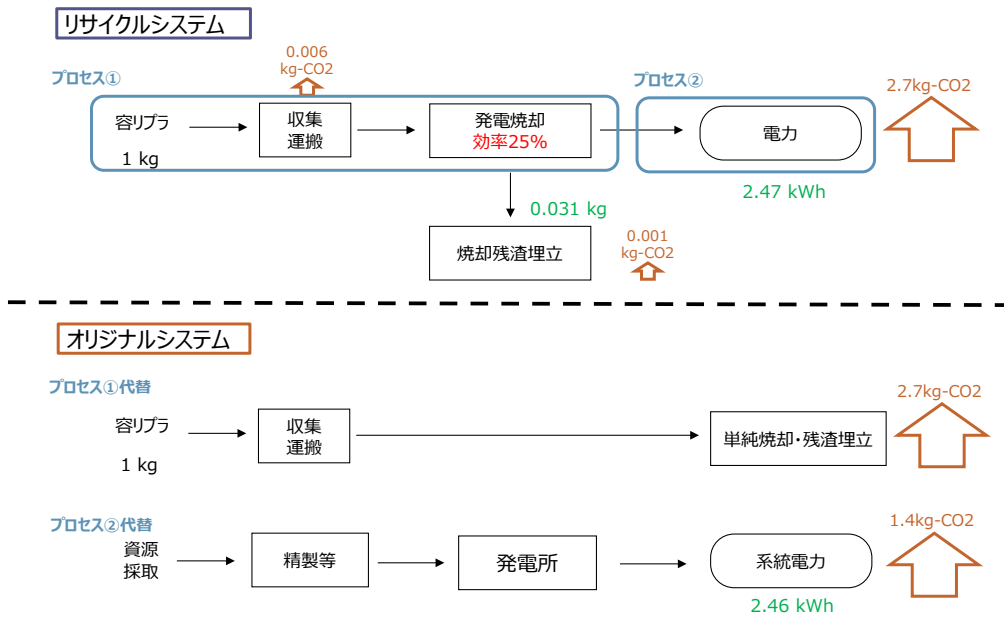


図 6-30 発電焼却（発電効率 25%）の CO₂ 排出量、CO₂ 排出量削減効果の図示

7. 分析

7.1 マテリアルリサイクルの再商品化における残渣処理の環境負荷削減効果の割合

マテリアルリサイクルのリターナブルパレット（新規樹脂代替）においては、約 48%が残渣となる。残渣は一定の比率に基づきエネルギーリカバリー的手法（発電焼却・RPF利用・セメント焼成）により処理される（図 3-5）。つまり、リターナブルパレット（新規樹脂代替）の環境負荷削減効果は、容リプラ由来のパレット製造が新規樹脂由来のパレット製造を代替する効果と、残渣のエネルギーリカバリーにより処理による効果が含まれている。

そこで、容リプラ由来のパレット製造による環境負荷削減効果と残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果を切分けて算出することを試みた。

（1）残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果

a) RPF 利用の環境負荷削減効果

RPF 利用による残渣処理量を 1kg として、環境負荷削減効果を算出した。なお、金属類の埋立による環境負荷は別途算出して、最後に全ての処理手法の環境負荷削減効果と合わせた。

● リサイクルシステムの環境負荷

表 7-1 RPF 利用（マテリアルリサイクル残渣処理）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
RPF製造	1.36E+00	8.40E-02
RPF焼却利用・残渣埋立	2.64E+01	2.24E+00
選別残渣単純焼却・残渣埋立	4.68E-01	2.74E-02
合計	2.82E+01	2.35E+00

● オリジナルシステムの環境負荷

表 7-2 RPF 利用（マテリアルリサイクル残渣処理）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
石炭の燃焼（RPFの代替効果）	2.69E+01	2.47E+00
合計	6.39E+01	5.25E+00

● 環境負荷削減効果

表 7-3 RPF 利用（マテリアルリサイクル残渣処理）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（RPF利用（マテリアルリサイクル残渣処理））	3.57E+01	2.90E+00

b) セメント焼成の環境負荷削減効果

セメント焼成による残渣処理量を 1kg として、環境負荷削減効果を算出した。

- リサイクルシステムの環境負荷

表 7-4 セメント焼成（マテリアルリサイクル残渣処理）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
セメント原燃料製造	1.67E+00	1.03E-01
セメント原燃料焼却利用・残渣埋立	2.64E+01	2.24E+00
選別残渣単純焼却・残渣埋立	4.68E-01	2.74E-02
合計	2.85E+01	2.37E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 7-5 セメント焼成（マテリアルリサイクル残渣処理）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
石炭の燃焼（セメント焼成の代替効果）	2.75E+01	2.52E+00
合計	6.46E+01	5.31E+00

- 環境負荷削減効果

表 7-6 セメント焼成（マテリアルリサイクル残渣処理）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（セメント焼成（マテリアルリサイクル残渣処理））	3.60E+01	2.94E+00

c) 発電焼却の環境負荷削減効果

発電焼却による残渣処理量を 1kg として、環境負荷削減効果を算出した。なお、発電効率は 12.81%とした。

- リサイクルシステムの環境負荷

表 7-7 発電焼却（マテリアルリサイクル残渣処理）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
発電焼却・残渣埋立	2.95E+01	2.48E+00
合計	2.95E+01	2.48E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 7-8 発電焼却（マテリアルリサイクル残渣処理）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.57E+01	2.71E+00
系統電力（発電電力の代替効果）	9.86E+00	5.97E-01
合計	4.69E+01	3.38E+00

- 環境負荷削減効果

表 7-9 発電焼却（マテリアルリサイクル残渣処理）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（発電焼却（マテリアルリサイクル残渣処理））	1.74E+01	8.99E-01

d) 残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果

表 3-1 のマテリアルリサイクルの残渣の処理割合、および金属類の直接埋立てを加味して残渣 0.48kg の環境負荷削減効果を算出した。

表 7-10 マテリアルリサイクルの残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（残渣処理）	1.55E+01	1.20E+00

(2) マテリアルリサイクルの再商品化における残渣処理の環境負荷削減効果の割合

5.1.2 のマテリアルリサイクル（新規樹脂代替）の環境負荷削減効果から、(1) で求めた残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果を差引くことで、容リプラ由来のパレット製造による環境負荷削減効果を算出した。併せて、全体のマテリアルリサイクル（新規樹脂代替）に対する、両者の環境負荷削減効果の割合も算出した。

表 7-11 容リプラ由来のパレット製造、残渣によるエネルギーリカバリーの環境負荷削減効果および全体の環境負荷削減効果に占める割合

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)	全体の環境負荷削減効果に占める割合
リターナブルパレット（新規樹脂代替）の環境負荷削減効果（全体）	2.76E+01	1.65E+00	—
残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果	1.55E+01	1.20E+00	73%
リターナブルパレット製造による環境負荷削減効果	1.21E+01	4.22E-01	27%

以上のことから、マテリアルリサイクル（新規樹脂代替）においては、パレットの製造による環境負荷削減効果より、残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果の方が大きいこと

が分かった。ただし、今回の評価では考慮していないが、製造した容リプラ由来のパレットおよび新規樹脂のパレットについては、いずれも使用後にもリサイクル可能であり、その際に環境負荷削減効果が生じることに留意が必要である。

7.2 ベール組成の変動による環境負荷削減効果の分析

ベール組成はバラつきがあり、組成に応じて収率や環境負荷削減効果に影響を与える。そこで、ベール組成変動による影響を検討した。

(1) 対象

リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値ケース）および発電焼却（発電効率12.81%）の2ケースで分析を試みた。ケミカルリサイクルは、本評価において組成と生成物量が連動していないため今回は対象外とした（生成物量はH19報告書を引用）。

(2) ベール組成

ベール組成について、H19報告書にマテリアル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、と記載されていることから、再商品化製品の収率が45%～60%となるように下記の条件で成分組成を変動させた。

- ・ベースケースのマテリアルリサイクルで設定した再商品化製品・残渣の成分割合と同じ。

これにより、収率45%および収率60%となるベール組成は次のとおりとなった。なお、これまでの評価で利用したベースケースにおける収率は51%である。

表 7-12 各ケースにおけるベールの成分割合

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
収率45%ケース	22.9%	25.5%	21.7%	16.7%	1.0%	4.2%	8.0%	100.0%
収率60%ケース	28.2%	31.4%	18.4%	12.0%	0.8%	3.0%	6.2%	100.0%
ベースケース	25.0%	27.8%	20.4%	14.8%	0.9%	3.7%	7.3%	100.0%

(3) リターナブルパレット（新規樹脂代替）

a) 成分設定

両ケースにおける、再商品化製品と残渣の設定割合は次のとおりである。

表 7-13 収率45%ケースにおける再商品化製品と残渣の設定割合

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
再商品化製品	19.2%	21.3%	4.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	45.8%
残渣	3.7%	4.2%	17.2%	16.7%	1.0%	4.2%	7.2%	54.2%
合計	22.9%	25.5%	21.7%	16.7%	1.0%	4.2%	8.0%	100.0%

表 7-14 収率60%ケースにおける設定再商品化製品と残渣の設定割合

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	水分	合計
再商品化製品	25.5%	28.4%	6.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	61.0%
残渣	2.7%	3.0%	12.3%	12.0%	0.8%	3.0%	5.2%	39.0%
合計	28.2%	31.4%	18.4%	12.0%	0.8%	3.0%	6.2%	100.0%

b) 環境負荷削減効果（収率 45%ケース）

● リサイクルシステム的环境負荷

表 7-15 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値、収率 45%ケース）のリサイクルシステム的环境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ベール化	1.26E+00	6.97E-02
パレット製造	7.04E+00	4.43E-01
リターナブルパレット製造	2.71E+00	1.64E-01
リターナブルパレット焼却・埋立	2.01E+01	1.43E+00
合計	3.11E+01	2.11E+00

● オリジナルシステム的环境負荷

表 7-16 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値、収率 45%ケース）のオリジナルシステム的环境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ベール化	1.26E+00	6.97E-02
ベール単純焼却・残渣埋立	3.47E+01	2.66E+00
新規樹脂パレット（容リプラ由来パレット代替）製造	1.34E+01	4.53E-01
新規樹脂パレット（容リプラ由来パレット代替）焼却・残渣埋立	8.21E+00	5.73E-01
合計	5.76E+01	3.76E+00

● 環境負荷削減効果

表 7-17 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値、収率 45%ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（リターナブルパレット（新規樹脂代替））	2.65E+01	1.65E+00

c) 環境負荷削減効果（収率 60%ケース）

● リサイクルシステム的环境負荷

表 7-18 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値、収率 60%ケース）のリサイクルシステム的环境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ベール化	1.26E+00	6.97E-02
パレット製造	6.29E+00	3.98E-01
リターナブルパレット製造	3.61E+00	2.19E-01
リターナブルパレット焼却・埋立	2.68E+01	1.91E+00
合計	3.79E+01	2.59E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 7-19 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値、収率 60%ケース）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬・ペール化	1.26E+00	6.97E-02
ペール単純焼却・残渣埋立	3.73E+01	2.79E+00
新規樹脂パレット（容リプラ由来パレット代替）製造	1.78E+01	6.03E-01
新規樹脂パレット（容リプラ由来パレット代替）焼却・残渣埋立	1.10E+01	7.65E-01
合計	6.73E+01	4.23E+00

- 環境負荷削減効果

表 7-20 リターナブルパレット（新規樹脂代替、代替率単純平均値、収率 60%ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
環境負荷削減効果（リターナブルパレット（新規樹脂代替））	2.94E+01	1.64E+00

(4) 発電焼却（発電効率 12.81%）

a) 環境負荷削減効果（収率 45%ケース）

● リサイクルシステムの環境負荷

表 7-21 発電焼却（発電効率 12.81%、収率 45%ケース）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
発電焼却	3.46E+01	2.66E+00
合計	3.47E+01	2.66E+00

● オリジナルシステムの環境負荷

表 7-22 発電焼却（発電効率 12.81%、収率 45%ケース）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
単純焼却・埋立	3.47E+01	2.66E+00
系統電力	1.17E+01	7.06E-01
合計	4.65E+01	3.37E+00

● 環境負荷削減効果

表 7-23 発電焼却（発電効率 12.81%、収率 45%ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（発電焼却）	1.18E+01	7.13E-01

b) 環境負荷削減効果（収率 60%ケース）

● リサイクルシステムの環境負荷

表 7-24 発電焼却（発電効率 12.81%、収率 60%ケース）のリサイクルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
発電焼却	3.72E+01	2.79E+00
合計	3.73E+01	2.79E+00

- オリジナルシステムの環境負荷

表 7-25 発電焼却（発電効率 12.81%、収率 60%ケース）のオリジナルシステムの環境負荷

プロセス	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
収集・運搬	8.40E-02	6.00E-03
単純焼却・埋立	3.73E+01	2.79E+00
系統電力	1.25E+01	7.59E-01
合計	4.99E+01	3.56E+00

- 環境負荷削減効果

表 7-26 発電焼却（発電効率 12.81%、収率 60%ケース）の環境負荷削減効果

	エネルギー資源消費 (MJ)	CO2排出量 (kg-CO2)
削減効果（発電焼却）	1.26E+01	7.66E-01

(5) ベール組成の変動による環境負荷削減効果の分析まとめ

(3) ~ (4) の結果をグラフにして整理する。

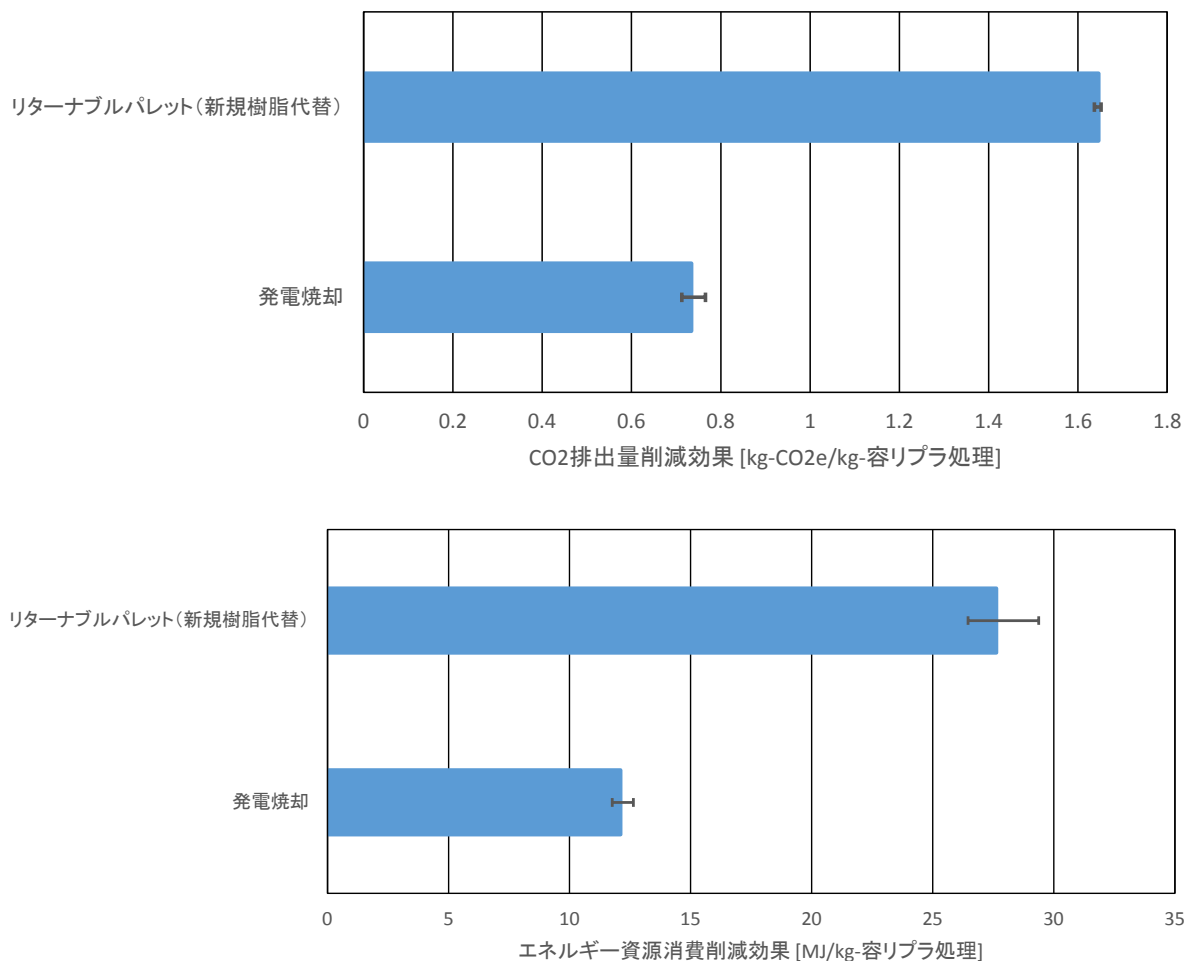


図 7-1 ベール組成を変動させたときの CO2 排出量削減効果およびエネルギー資源消費削減効果

収率を変動させたが、リターナブルパレット（新規樹脂代替）では、CO2 排出量削減効果にほとんど影響を与えなかった。これは、収率向上によるパレットの代替効果の向上と、残渣減少による残渣のエネルギーリカバリーによる代替効果の低下が打消しあったためであると考えられる。

発電焼却については、収率に応じたベール中の PE,PP の割合の増減に伴い、発電量が増減したことの影響により、環境負荷削減効果が多少は増減したが、大きな影響ではなかった。

以上より、ベール組成の変動はマテリアルリサイクルや発電焼却における環境負荷削減効果に大きな影響を与えないことが分かった。今回、最新のベール組成の 1 ケースだけで評価を実施しているが、組成の影響は小さいため特段の問題はないと言える。

また、5.1 の結果や 5.3.3 の結果も踏まえると、マテリアルリサイクルにおいては代替率や代替する素材が、発電焼却については発電効率が、環境負荷削減効果に影響を与えていると言える。将来的に処理手法の環境負荷削減効果を高めていくことためには、これらの影響の大きいパ

ラメータの改善を目指すことが重要であろう。

8. まとめ

(1) 実施内容まとめ

本評価では、混合プラスチックの代表的存在であるプラスチック製容器包装を投入原料として統一し、再商品化手法（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル）およびエネルギーリカバリーの環境負荷削減効果（①CO₂ 排出量削減効果、②エネルギー資源消費削減効果）について、LCAによる評価を実施した。なお、評価の方針、結果の分析等は、WGにて検討した。

本評価においては、日本容器包装リサイクル協会の平成19年6月の「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」におけるシステム境界や代替物、インベントリデータを引用した。ただし、下記の点については見直しを実施した。

- ① システム境界の始点を家庭からの容リプラの排出まで拡大。
- ② 対象とする処理手法に発電焼却（ごみ発電）を追加、発電効率を更新、将来展望を追加。
- ③ マテリアルリサイクルのリターナブルパレット（新規樹脂代替）について、パレット重量、代替率を更新。
- ④ 容リプラ組成を最近のデータ（伊勢崎市）データに更新。
- ⑤ マテリアルリサイクルおよびケミカルリサイクルの高炉還元について、最新の残渣利用方法を実態に合わせて更新。
- ⑥ 原単位データベースについて IDEA V2.2 を使用。

(2) LCA 評価結果まとめ

容リプラ 1kg を投入した場合の各処理手法の CO₂ 排出量削減効果およびエネルギー資源消費削減効果は次のとおり。

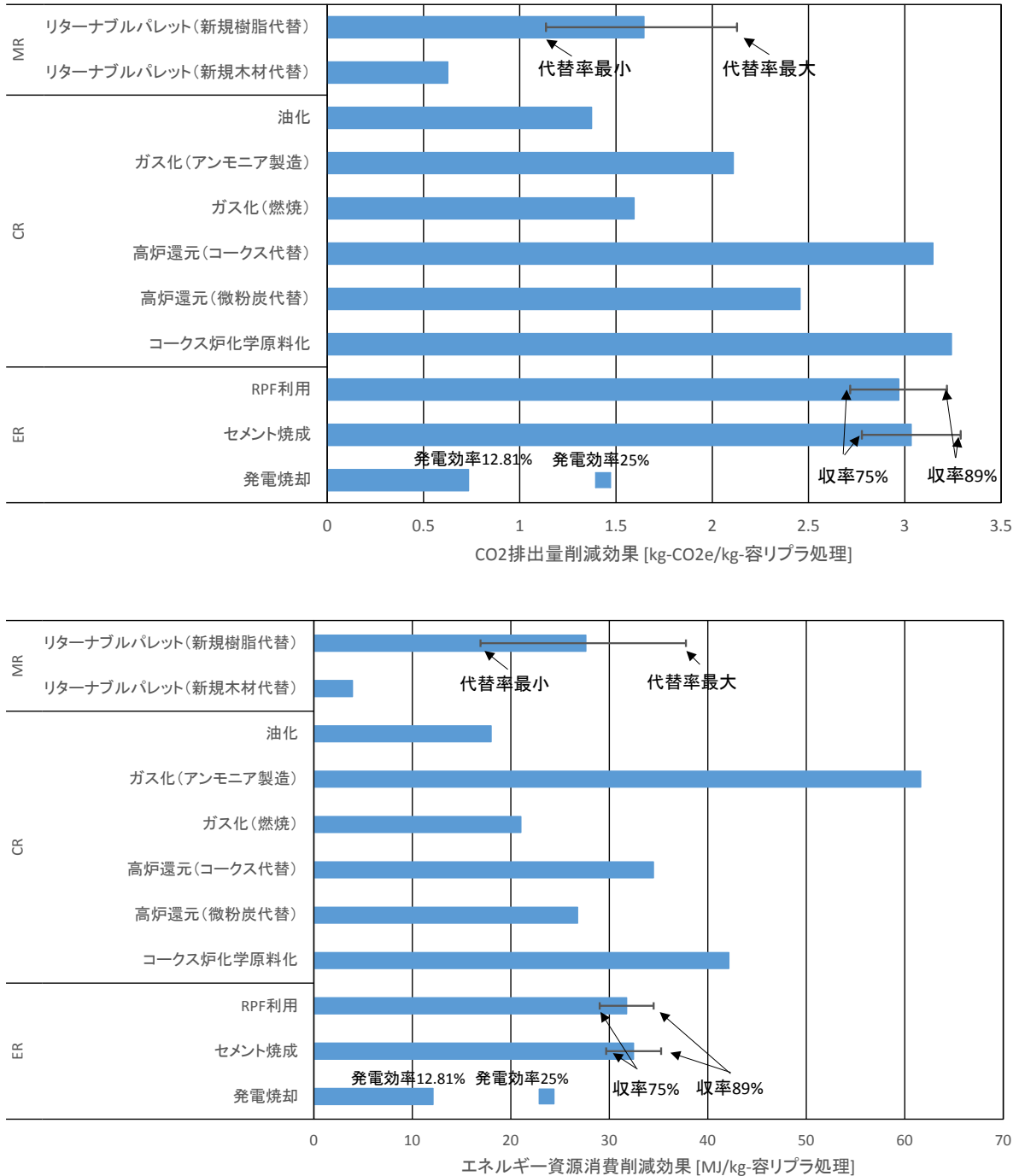


図 8-1 各処理手法の CO₂ 排出量削減効果およびエネルギー資源消費削減効果
(※MR : マテリアルリサイクル、CR : ケミカルリサイクル、ER : エネルギーリカバリー)

一部の処理手法については、これまでの算定結果に基づき下記のようにパラメータを変動させた。

- リターナブルパレット（新規樹脂代替）：代替率を最小～最大まで変動。ベースは代替率単純平均値。
- RPF 利用：収率を 75%から 89%まで変動。ベースは収率 75%と 89%の平均。
- セメント焼成：収率を 75%から 89%まで変動。ベースは収率 75%と 89%の平均。
- 発電焼却：発電効率 12.81%ケースをベースとして、発電効率 25%ケースもプロット。

（3） 考察

- 家庭から排出されるプラスチック製容器包装の各処理方法の環境負荷を LCA 手法にて評価した結果、エネルギーリカバリー、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの各手法の環境負荷削減効果を算定できた。

- エネルギーリカバリー

エネルギーリカバリーは、RPF 利用、セメント焼成、発電焼却の 3 種類を対象とした。

➤ RPF 利用

RPF 利用は、廃プラスチックをペレット状に加工し、主に石炭代替としてボイラ等を使用する手法であり、汎用性は高い。RPF 利用の CO₂ 排出量削減効果は、2.7～3.2kg-CO₂ であり、高い CO₂ 削減効果を示すケミカルリサイクルの高炉還元と同等、コークス炉化学原料化に迫る高い削減効果を示した。

➤ セメント焼成

セメント焼成は、セメント製造プロセスのセメントキルンに、燃料として投入される石炭代替として、廃プラスチックを投入する手法である。セメント焼成の CO₂ 排出量削減効果は、2.8～3.3kg-CO₂ であり、RPF と同等の高い削減効果を示した。

➤ 発電焼却

今回評価した発電焼却は、家庭から可燃ごみとして排出された廃棄物の中に含有される廃プラスチックを対象とした。発電焼却の CO₂ 排出量削減効果は、日本の平均レベルの発電効率 12.81%では、0.7kg-CO₂ であり、今回評価を行った処理方法の中では最も低いレベルの 1 つではあるものの、CO₂ 排出量削減効果が出ることを示した。日本で稼働している可燃ごみの発電焼却施設で発電効率が高い施設は、発電効率 25%程度であるが、この発電効率の場合、CO₂ 排出量削減効果は、1.4kg-CO₂ となる。これは、ケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルの CO₂ 削減効果が高くない手法と同じレベルになる。RPF 利用やセメント焼成が、エネルギー利用効率が高いことに比較して、(可燃ごみの) 発電焼却は発電効率が低い (エネルギー利用効率が低い) こと、および、RPF 利用やセメント焼成では石炭を代替するが、(可燃ごみの) 発電焼却では系統電力を代替することが、CO₂ 削減効果を低くしている。一方で、食品残渣から分離することが困難なプラスチックの処理方法としては、焼却は必須であることも事実である (日本では、埋立は、土地確保が困難、衛生上の問題があるなどの理由で難しい)。今回、発電焼却の処理手法を用いることで一定の CO₂ 削減効果が得られることがわかった。

また、可燃ごみの発電焼却は、日々発電効率の向上努力がなされており、海外の発電焼却

施設は、発電効率が日本より高く、コージェネレーションを取り入れているとの情報もある。今後、他の処理方法と同等の削減効果を得られるよう、日本の可燃ごみの発電焼却施設の発電効率のさらなる向上につながる取り組みを期待したい。

● マテリアルリサイクル

マテリアルリサイクルは、容リプラの処理実績が最も大きいリターナブルパレットを取り上げて評価した。

- マテリアルリサイクルにおいては、代替する製品の素材や、容リプラに対するバージン樹脂の代替率が、環境負荷削減において重要な要因であることが分かった
- マテリアルリサイクルは、投入原料の約半分は残渣となり、これがエネルギーリカバリーにより処理される。今回の環境負荷削減効果には、約半分の原料からなるパレット製造による削減効果と、約半分の残渣のエネルギーリカバリーによる削減効果が含まれている。

約半分の原料からなるパレット製造による環境負荷削減効果と、約半分の残渣のエネルギーリカバリーによる環境負荷削減効果を比較すると、残渣のエネルギーリカバリーの方が、環境負荷削減効果が大きかった。

● ケミカルリサイクル

ケミカルリサイクルは、コークス炉化学原料化、高炉還元、ガス化、油化の4種類を対象とした。

➤ コークス炉化学原料化

コークス炉化学原料化は、製鉄プロセスのコークス炉に投入する石炭代替として廃プラスチックを投入する手法である。コークス炉化学原料化は、CO₂ 排出量削減効果が、3.2kg-CO₂ であり、処理手法の中で最も高いCO₂ 負荷削減効果を示した。

削減効果が大きくなった理由は、コークス炉に投入する石炭の代わりに廃プラスチックを投入するため、本来、投入された石炭がCO₂ となって排出されるどころ、排出されなくなったこと、炭化水素油が副製品として生成し、重油を代替するため重油がCO₂ となって排出されるどころ排出されなくなったこと、および製品収率が89%と高いことである。

➤ 高炉還元

◆ 高炉還元（コークス代替）

高炉還元（コークス代替）は、CO₂ 排出量削減効果 3.2kg-CO₂ であり、コークス炉化学原料化と同等の、高い削減効果を示した。

削減効果が大きかった理由は、銑鉄製造工程において使用されることに起因する。これは本来、還元剤にコークスを使用する際、他の化石燃料などと比較して多くのCO₂ が排出されるどころ、排出されなくなることによる。

◆ 高炉還元（微粉炭代替）

高炉還元（微粉炭代替）は、製鉄プロセスの高炉に投入する微粉炭代替として廃プラスチックを投入する手法である。高炉還元（微粉炭代替）のCO₂ 排出量削減効果は2.5kg-CO₂ で、やや小さいものの、各処理手法の中では、比較的高い削減効果を示した。

微粉炭は、コークスと比較して発熱量が小さいこと、副製品を生成しないことから、コークス代替より、削減効果が小さかった。

➤ ガス化

ガス化とは、廃プラスチックを高温で熱分解し、ガス状の製品（水素、一酸化炭素）を得る手法である。製品であるガスの使用方法によって、ガス化（アンモニア製造）とガス化（燃焼）に分かれる。

◆ ガス化（アンモニア製造）

ガス化（アンモニア製造）のCO₂排出量削減効果は、2.1kg-CO₂であり、各手法との比較では、中間レベルのCO₂排出量削減効果であった。ガス化（アンモニア製造）では、アンモニア製造の原料である精製ガス（天然ガス由来）の代わりに廃プラスチックの熱分解ガスを使用する。本来、精製ガス（天然ガス由来）からアンモニアを生成する際の副製品である炭酸ガスが大気中に排出される場所、排出されなくなったことが削減効果となっている。

天然ガス由来の精製ガスを代替していることが、石炭を代替しているコークス炉還元、高炉還元と比較して、削減効果が小さい理由の一つである。

◆ ガス化（燃焼）

ガス化（燃焼）の削減効果は、1.6kg-CO₂であり、各手法との比較では、中位に位置する。

燃料としての重油の代替であり、化学プロセスを経て製造されるアンモニアなどの製品を代替するのと比較すると、削減効果は小さい。

➤ 油化

油化とは、廃プラスチックを高温で熱分解し、油状の製品（軽質油、中質油、重質油）を得る手法である。ガス化法が1000℃以上の高温で熱分解するのに対し、油化は400～500℃程度の温度で熱分解する。製品の用途としては、燃料として使用されるほか、ナフサ代替化学原料としての使用も検討されてきた。ここでは、燃料としての使用について評価した。

CO₂削減効果は、1.4kg-CO₂であり、各手法の比較では、中位に位置した。

ただし、今回の評価に使用したデータは、北海道の工場のもを使用しており、寒冷地であることから、エネルギーロスが大きく、小さめの値となっている可能性がある。

以上をまとめると、一定程度の効率を持ったエネルギーリカバリーは、マテリアルリサイクルおよびケミカルリサイクルと環境負荷削減効果において、劣るものではないことが分かった。

なお、環境負荷の内、エネルギー資源消費の結果については、CO₂削減効果の結果と比較すると、同じ傾向がみられた。ただし、代替しているものが、石炭、石油などの、燃焼時の発熱量のわりに炭素含有率が高いもの場合は、エネルギー資源消費に対して、CO₂削減効果が相対的に大きくなり、天然ガスのような燃焼時の発熱量のわりに炭素含有率が小さいものの場合では、エネルギー資源消費に対して、CO₂削減効果が相対的に小さくなる傾向が見られた。

9. 今後の課題

- 今後、プラスチック資源循環が推進されていく中で、随時、廃プラスチックの有効利用方法ごとに、環境負荷を LCA 手法で比較評価し、指針とする。
- プラスチック関連のインベントリデータを継続的に更新し、LCA 評価の精度を向上させる。
- 海外に情報発信し、意見交換することで、LCA 評価の技術的側面や日本のプラスチック資源循環のレベルの向上を図る。