

発生抑制の概念整理と循環的な利用による効果の試算結果について

1. はじめに

循環型社会形成推進基本法（平成 12 年法律第 110 号）においては『「循環型社会」とは、製品等が廃棄物等となることが抑制され、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれについて適正に循環的な利用が行われることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適正な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会をいう。』とされている。

これまで環境省においては、循環型社会への取組の進捗状況を把握するための基礎的なデータとして、循環資源の循環利用量（再使用量、再生利用量）、自然還元量及び最終処分量等を推計し公表してきたところであるが、これらの取組の効果としての天然資源消費の削減量や環境への負荷の回避量については、部分的な検討はなされてきたものの、各種取組と削減効果との関係性を含めて、わが国全体の効果としての総合的な検討については不十分な状況にあった。しかしながら、3R の推進に当たっては、3R それぞれの取組とその効果について可能な限り実態を把握し、広く情報を提供することが重要である。

このため、このような 3R 活動の成果について、マクロ的・定量的に把握することを試みた。特に、「循環型社会形成推進基本法」で優先順位が最も高い取組とされている発生抑制については、これまでほとんど定量的な検討がなされていないため、さまざまな視点がある中で、まず議論の一つのたたき台として概念の整理を試みた。

一方、再使用、再生利用及び熱回収（以下「循環的な利用」という。）については、中央環境審議会循環型社会計画部会におけるこれまでの議論も踏まえ、天然資源消費抑制効果及び環境負荷低減効果の算定方法について総合的に検討を行い、現時点での知見とデータ整備状況から判断して試算可能と判断されたものについて、実際に効果量の算定を行った。

2. 検討の体制

独立行政法人国立環境研究所の研究者から構成される作業体制（「循環的な利用による温室効果ガス排出量・天然資源消費量・埋立処分量の削減効果評価手法検討会（座長：同研究所循環型社会・廃棄物研究センター循環技術システム研究室 大迫 政浩 室長）」）において、検討作業を行った。

3. 検討の対象

本検討で対象とする取組を表 1 に示す。

表 1 本検討で対象とした取組

取 組			取扱い
発生抑制			概念を整理
循環的な利用	再使用		定量化は今後の課題
	再生利用	マテリアルリサイクル(MR)	可能な限り対象
		ケミカルリサイクル(CR)	
熱回収 (TR)			
自然還元			本検討の対象外
適正処理			

（注）自然還元については、還元による影響・効果の定量化が困難であり対象外とした。

4. 発生抑制の概念整理

4.1. 基本的な考え方

発生抑制の活動については、物理的なものとしての製品や資源のフローを見るだけでは発生抑制の取組を評価することは困難と考え、以下のような点を考慮した概念整理を行うこととした。

- 物理的な製品量とは別に、生活上の活動水準を示す「生活活動量^{*1}」の概念を導入する。また、発生抑制の効果・効率を把握するために、「製品利用量^{*2}」「製品購入(生産)量^{*3}」という概念も導入する。
- これらの項目間の比率を取ることで、発生抑制の取組度合いを指標として評価し、その結果としての「天然資源投入量」の削減を図るという関係性を整理する。

(^{*1}) 生活活動量：「通勤での移動」「洗髪」「音楽鑑賞」など日常実施している活動を示す水準を発生抑制の概念として導入。これを導入することで、一定の生活活動量の状態での発生抑制効果を評価できるようにする。

(^{*2}) 製品利用量：生活活動量を維持するために利用・保有している製品のストック量。耐久消費財では、ストック量となるが、消耗品では利用量に相当する概念。

(^{*3}) 製品購入(生産)量：新規に購入する製品の量。作り手の立場からは製品生産量となる。

4.2. 発生抑制の概念整理と評価指標

(1) 概念整理

上記の考え方に基づき、具体的な発生抑制の取組内容と、導入する指標との関連性を整理した(図1)。

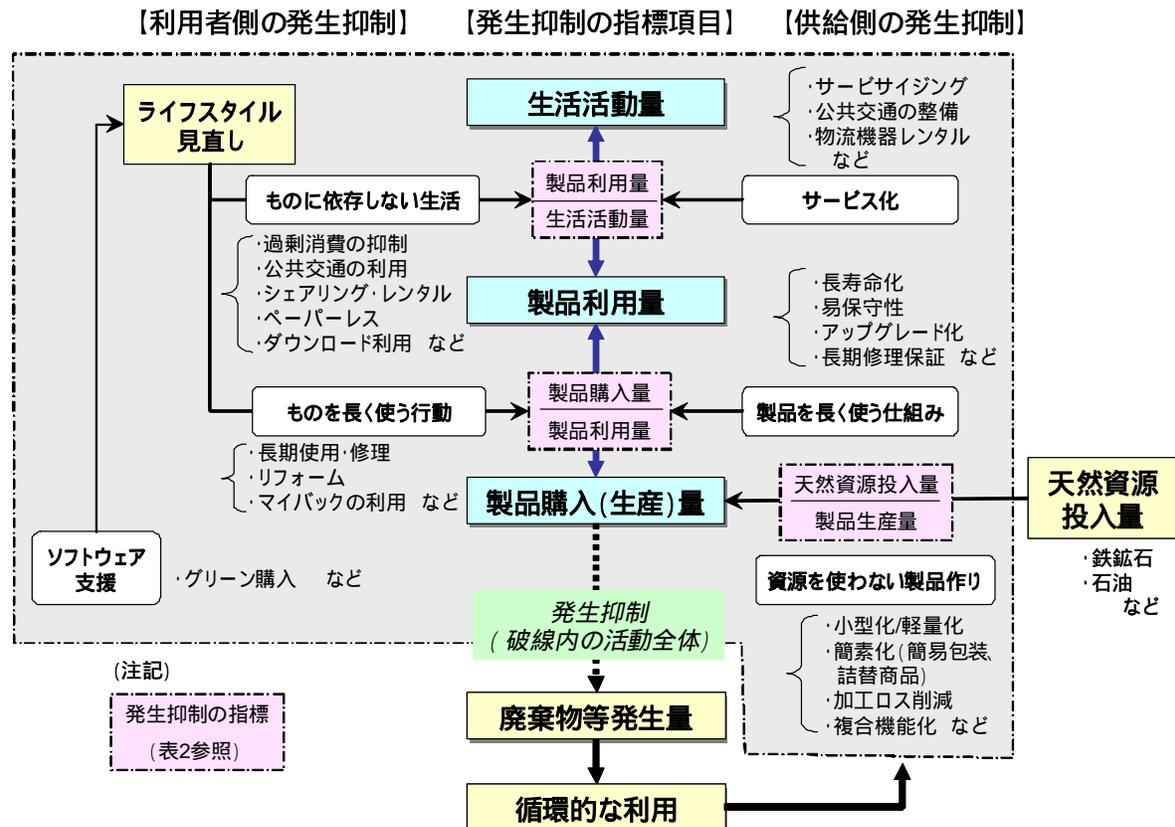


図1 発生抑制の概念整理図

(2) 発生抑制の評価指標について

図 1 に示した発生抑制の概念のベースとなる発生抑制活動の評価概念式を次式のとおり定式化した。

$$\text{天然資源投入量} = \text{生活活動量} \times \frac{\text{製品利用量}}{\text{生活活動量}} \times \frac{\text{製品購入(生産)量}}{\text{製品利用量}} \times \frac{\text{天然資源投入量}}{\text{製品購入(生産)量}}$$

((独) 国立環境研究所 作成)

ここでは、発生抑制の効果を示す指標として天然資源投入量を取り上げ、この天然資源投入量を削減するための取組を 3 つの項目に区分し、それぞれの取組を指標として評価できるよう考慮した。それぞれの指標の意味する概念や対応する取組事例について表 2 に示す。

なお、ここで示した発生抑制の指標は、発生抑制に係る活動が、どのような寄与により構成されているかを概念的に整理したものである。これらは発生抑制の評価を活動領域ごとに考えることを想定しており、異なる領域間の統合的な指標ではない。

表 2 発生抑制効果の指標の整理

NO	項目	指標	指標内容	具体的活動 (供給側)	具体的活動 (利用側)
	ものに依存しない生活	製品利用量 / 生活活動量	消耗品を無駄に消費しない、耐久製品を占有しない生活スタイルにすることで、天然資源投入量を削減する	・適量生産・販売 ・量り売り ・サービサイジング ・公共交通の整備 ・物流機器レンタル	・過剰消費の抑制 ・公共交通の利用 ・シェアリング・レンタル ・書類の両面印刷 ・ペーパーレス ・ダウンロード利用
	ものを長く使う行動	製品購入(生産)量 / 製品利用量	製品を利用する場合には、長く繰り返し利用することで、新たな製品の生産量を減らし、その製造に必要な天然資源投入量を削減する	・長寿命化 ・易保守性 ・アップグレード化 ・消耗部品のみ交換する製品 ・長期修理保証	・長期使用・修理 ・リフォーム ・マイバックの利用 ・容器の使い捨ての削減
	資源を使わない製品作り	天然資源投入量 / 製品購入(生産)量	生産する製品当たりの資源使用量を削減して、天然資源投入量を削減する	・小型化 ・軽量化・薄肉化 ・簡素化(簡易包装、詰替商品) ・加工ロス等削減 ・複合機能化 ・素材代替	・グリーン購入 ・環境配慮製品(企業)への関心 ・必要機能製品の購入

4.3. 発生抑制効果の評価事例

個別の発生抑制効果に関して実施した研究事例を紹介する。図 2 は、ヘアシャンプー、ヘアリンスの詰替容器の利用が増えた場合の発生抑制効果を評価した事例である。試算は、POS データから詰替容器の販売量を集計し、詰替容器の利用が容器消費量の削減にどのくらい効いているか評価したものである。詰替品の利用増加に伴い、詰替品未使用時の容器消費量の削減率が、ヘアシャンプーの場合で H11 年度の 23.2% から H15 年度に 39.5% に、ヘアリンスの場合で H13 年度の 23.6% から H15 年度の 41.9% に削減率が増加していることが試算される。これは、表 2 の削減により図 2 の発生抑制効果が得られたことを試算したものである。

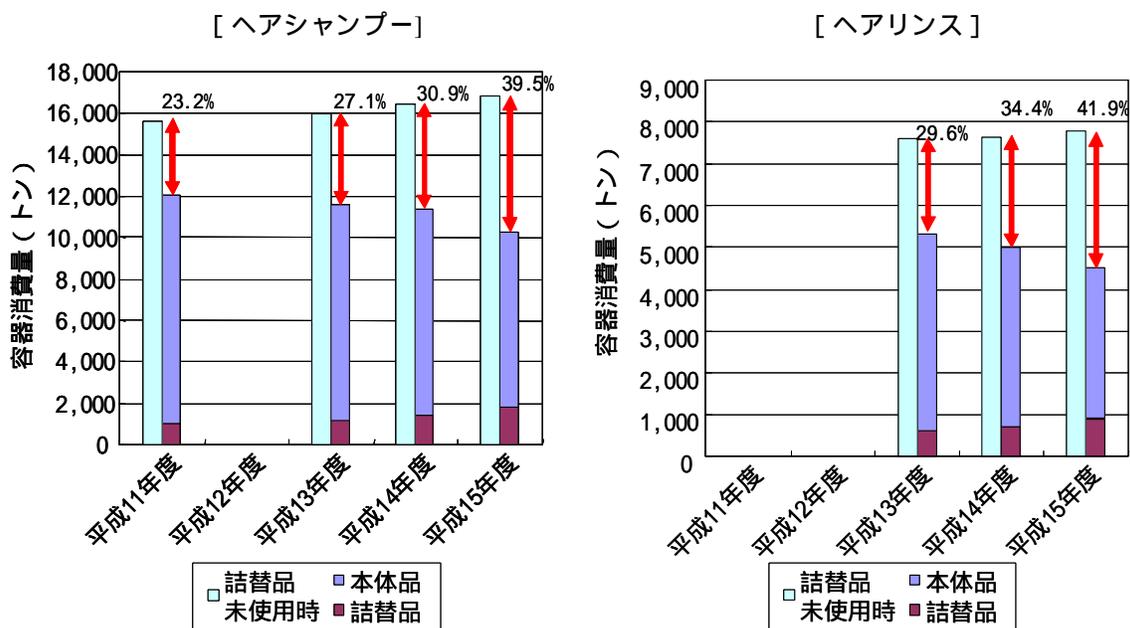


図 2 詰替容器利用による発生抑制効果 (容器消費量)

(出典) 環境省 (2001) 容器包装廃棄物排出実態調査報告書、大塚他 (2002) 第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.119-121 ならびに伊芸 (2004) 環、インテージ環境レター、p.3 より国立環境研究所作成

5. 循環的な利用による効果の試算

本検討では循環的な利用のうち再生利用及び熱回収を対象とした。適正処理及び自然還元は本検討の対象外とした。また再使用については、定量化のためのデータが不足しており今回の試算では対象外とした。

(1) 検討対象の項目

以下の4つの項目を算定の対象とした。

- ・温室効果ガスの排出削減量（二酸化炭素換算トン）
- ・エネルギーの消費削減量（ジュール）
- ・天然資源の消費削減量（トン）
- ・埋立処分の削減量（トン）

温室効果ガスは、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素を対象とした。天然資源については、化石燃料（石炭、石油、天然ガス）、木材、金属鉱物、石灰石、粘土・珪石、岩石・砂利など使用されている重量が比較的大きなものを対象とした（レアメタルなど使用量は少ないが重要な金属資源については関与物質総量（TMR）等の指標を用いた評価も含めて今後の課題とした。）[別紙 参照]。

(2) 算定対象の期間

2000年（いわゆる循環型社会元年）から2005年（最新年）までを対象とした。

(3) 削減量評価の基本的な考え方

削減量の算定方法

循環的な利用による、負荷（温室効果ガス（Green House Gas。以下「GHG」という。）排出、天然資源消費、エネルギー消費、埋立処分）の削減量は、循環資源を投入して各種の再生製品を製造するシステム（循環的な利用システム）における負荷の合計と、これにより代替されるシステム（オリジナルシステム）における負荷の合計との差分として算定する（図3）。

オリジナルシステムの想定

循環的な利用システムには「循環資源の処理」と「製品の製造」という二つの機能があるため、代替されるオリジナルシステムにも「循環資源の適正処理システム」と「新製品の製造システム」の2つのシステムが含まれている。

循環資源の適正処理システムは、「仮に循環的な利用がなされなければ、替わりに行われていたと考えられる適正処理」に相当するシステムであるが、これを一意に特定することが困難であり、また、処理方法の設定によって削減量の評価結果が大きく異なる場合があること（廃プラスチックを例にとり、循環資源の適正処理システムを焼却処理と設定した場合と、埋立処分と設定した場合を比較すると、前者の方がGHG削減の効果は大きくなり、後者では埋立削減の効果が大きくなる。）を踏まえ、循環資源の現状の処理処分実態や性状に応じて、全量単純焼却あるいは全量直接埋立のどちらかのケースを想定し、2ケース両方ともに極端なケースとして想定して評価することとした（表3）。2000～2005年における実態に即して全量単純焼却と全量直接埋立の割合を循環資源ごとに想定する考え方もあるが、今後の課題としたい。一方、「新製品の製造システム」については平均的なシステムを一つ設定することとした。

なお、再使用の場合には、図 3 における循環資源の取組量として「当該期間に再利用された総数」つまり、延べの再使用量を取組量として用いることで、再生利用と同様に循環利用の効果が推計できると考える。

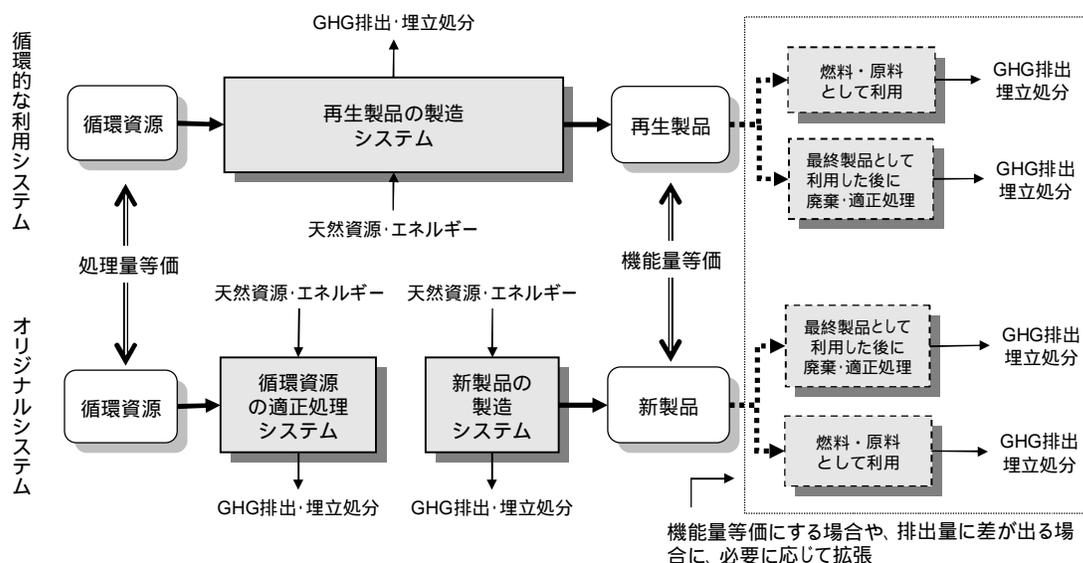


図 3 循環的な利用による削減効果評価の基本的な考え方

表 3 循環的な利用システムに対する適正処理システムの想定

循環的な利用システム			適正処理システム	
			ケース 1	ケース 2
バイオマス系及び化石系の循環資源の利用	一般廃棄物	一般廃棄物発電	単純焼却	
		焼却施設における余熱利用		
	廃油	すべての循環的な利用	消化処理 + 消化ガスのフレア燃焼	
	下水汚泥	消化処理 + 消化ガスの利用		
上記以外の利用		単純焼却	直接埋立 ^{注)}	
非金属鉱物系の循環資源の利用			直接埋立 ^{注)}	
金属系の循環資源の利用				

- ・可燃性の循環資源であるバイオマス系循環資源と化石系循環資源については、原則として単純焼却と直接埋立の 2 つのケースを想定する。
- ・一般廃棄物発電及び一般廃棄物の焼却施設における余熱利用については、循環的な利用がなくとも焼却処理自体は行われると想定し、単純焼却のみを想定する。
- ・汚泥など含水率が高い循環資源については個別に含水率を想定する。

システム境界の設定

システム境界の終点は、再生製品の種類や利用方法に対応して、削減量の評価において妥当と考えられるところまで必要に応じて拡張することとした。システム境界の始点は、循環資源が発生したところとなるが、この際、発生した循環資源を「再生製品の製造システム」及び「循環資源の適正処理システム」へ投入するためのプロセスは、輸送手段・輸送距離とも同じであるとみなし、考慮しないこととした。そのため、実際には循環資源が何らかのプラントに投入されたところがシステム境界の始点となる。天然資源とエネルギーの投入については、国内で何らかのプラントに投入されたところまでを基本的なシステム境界として設定した。

(4) 循環的な利用による効果の試算結果

マテリアルリサイクル(MR)の試算に当たっては、別紙 のとおり循環資源の取組量の多いもの(年間30万トン以上)を候補とし、リサイクル実態が定量的に把握されており典型的なリサイクル事例として重要な項目について評価対象を選定した。

農林水産業での再生利用については再生利用の評価(機能等価)が容易でないため対象から除外している。また、再生利用量が多くても「その他」という形で具体的に評価できない再生利用項目についても除外した。これらを除くと、年間30万トン以上の取組(別紙 再生利用規模区分「B」以上)のものはカバーされている。

具体的な、循環的な利用による効果の試算対象については、マテリアルリサイクル(MR)、ケミカルリサイクル(CR)、熱回収(TR)を合わせて別紙 に整理した。なお、試算に際しての留意事項については、別紙 のとおり設定している。

MRの各項目別の試算結果の詳細については、別紙 に示す。なお、ここで示したMRの効果としてはCR/TRの効果重複しないように、CR/TR効果を除外した結果を算出した。

MRに加えてCR/TRを合わせた循環的な利用の効果の総合的な結果を以下に示す。全体的な傾向としては、効果の絶対量としてはMRが大きいが、近年はほぼ横ばい状態となっている。一方、最近の傾向としてはCR/TRが伸びている点が特徴として挙げられる。今後はこうしたマクロの動向も見ていきたい。

GHG 削減量

- MR による削減効果が多いが横ばい傾向となっている。一方、CR/TR は近年増加傾向を示している。

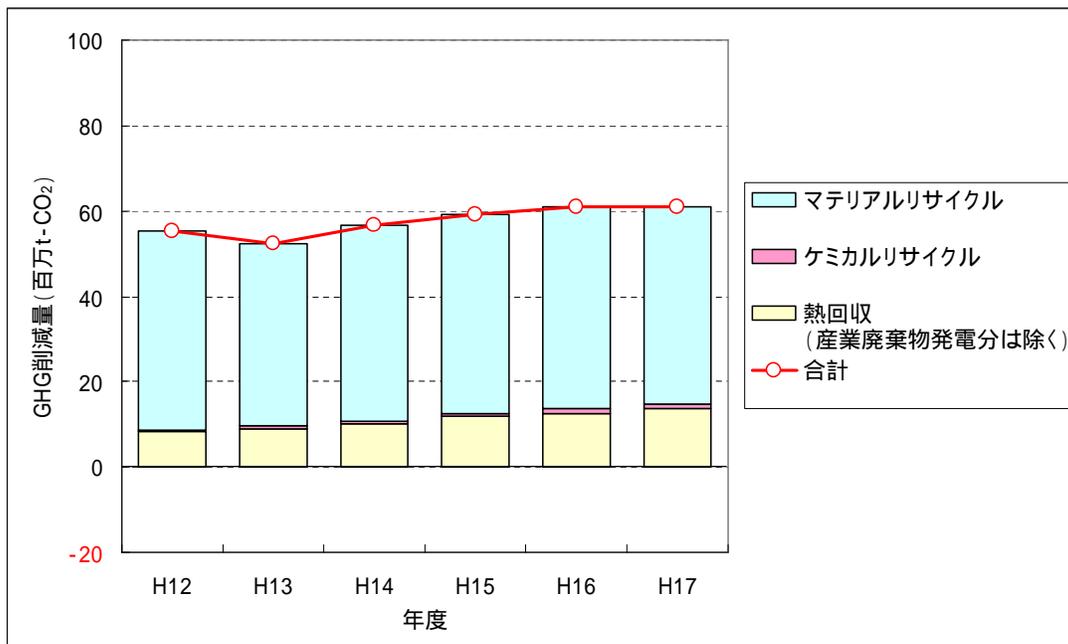


図 4 循環的な利用による GHG 削減量 (適正処理：ケース 1)

- ケース 1 と比較して効果の合計は大きくなっているが、これは MR の効果がケース 1 よりも大きいためである。

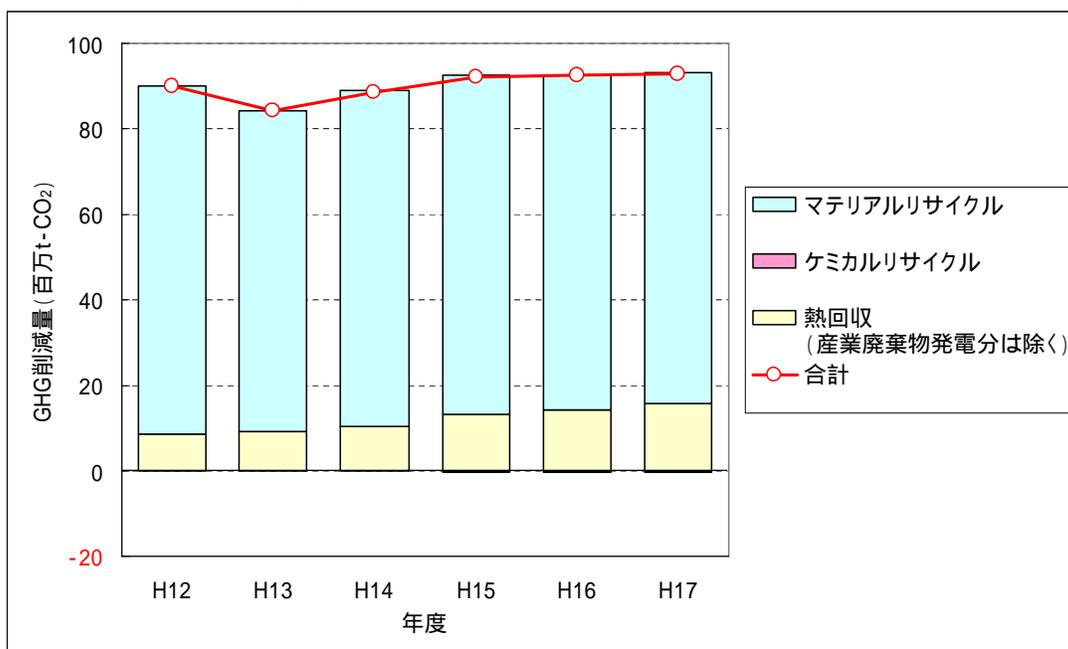


図 5 循環的な利用による GHG 削減量 (適正処理：ケース 2)

エネルギー削減量

- エネルギー削減量は、オリジナルシステムはいずれもエネルギー回収を行っていないため、適正処理方法によらず共通の効果となる。
- エネルギー削減量の全体的な傾向は GHG 削減量と同様となっている。

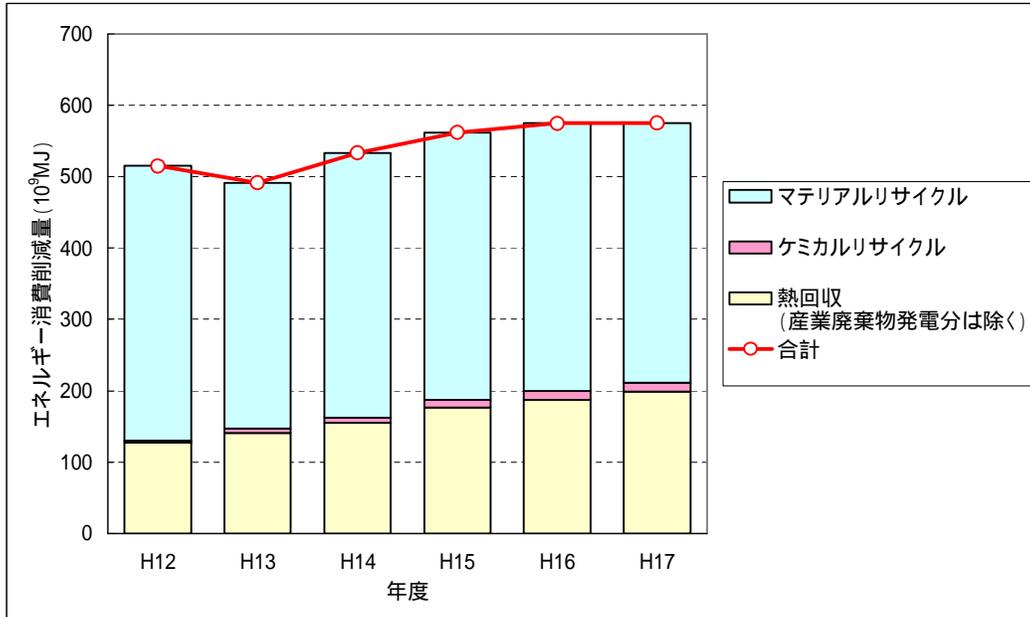


図 6 循環的な利用によるエネルギー削減量 (各ケース共通)

(注) 電力は一次換算値。

天然資源の消費削減量

- 天然資源の消費削減量は、削減される資源別に効果を推計した。
- 天然資源の消費削減量は、ここ数年ほぼ横ばい傾向を示している。
- 削減量としては、MR 量の多い岩石・砂利や古紙等で代替される原木・木材チップの消費削減量が大きく、石炭、石灰石、非鉄金属鉱物の消費削減効果も大きい。

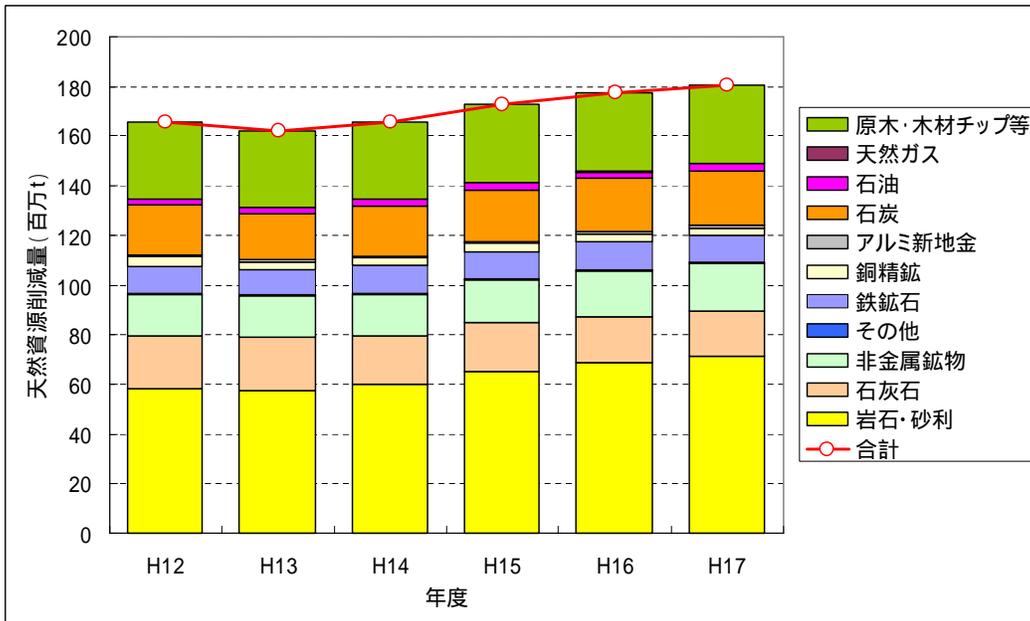


図 7 循環的な利用による天然資源の消費削減量 (エネルギー、原料別、各ケース共通)

埋立処分の削減量

- 埋立処分の削減量も、削減される対象物別に推計を行った。
- 埋立処分の削減量の傾向としては、セメント・土木・建材利用による削減量の増加傾向が見られる。

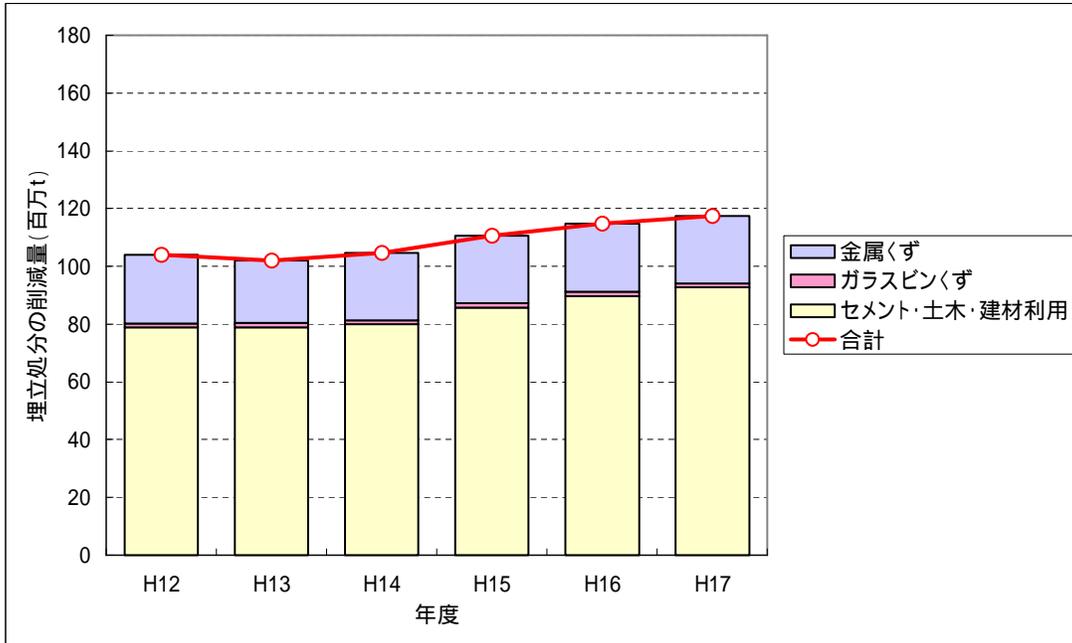


図 8 循環的な利用による埋立処分の削減量 (適正処理：ケース 1)

- ケース 2 では焼却処理可能な木くずや古紙なども埋立処分を行うという想定であり、ケース 1 に加えて、これらの分の埋立処分の削減効果があり、合計の削減効果がケース 1 よりも大きくなる。

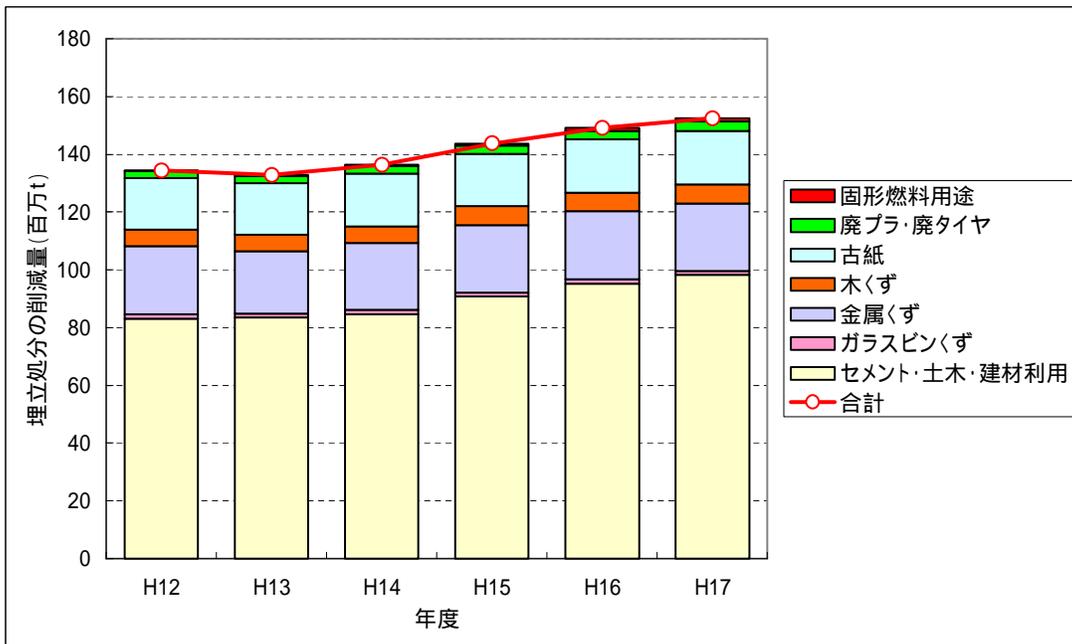


図 9 循環的な利用による埋立処分の削減量 (適正処理：ケース 2)

6. 今後の課題

「循環的な利用による温室効果ガス排出量・天然資源消費量・埋立処分量の削減効果評価手法検討会」では、「1. はじめに」で示したとおり、「循環的な利用の取組効果としての天然資源の消費の削減量や環境への負荷の回避量については、部分的な検討はなされてきたものの、各種取組と削減効果との関係性を含めて、わが国全体の効果としての総合的な検討については不十分な状況にあった」という認識のもと、循環的な利用の効果についての定量化方法の検討および効果の試算を行った。

また、発生抑制については優先的な取組事項とされるものの、どのような取組を発生抑制と捉えればよいか明確となっていなかったため、その概念整理と定量化すべき指標について提案を行った。今回の発生抑制の概念整理の中で、発生抑制の取組の範囲が広範にわたることや、リユース、リサイクルといった循環的な利用とは別の段階の活動として発生抑制の取組を表現できることを示した。このように全体的な構図として、循環的な利用の前段階に発生抑制を位置づけることによって、発生抑制が優先的に取り組むべき事項であることが明確になったものと考えられる。

このように循環型社会への取組の効果、特に発生抑制を含めた 3R 活動の取組による効果を総合的に見ることは、それぞれが関連しあう 3R 活動をバランスよく実施する上での有用な情報となるものである。

今後、第 2 次循環基本計画を推進していく観点からは、

- 発生抑制の取組について、何が発生抑制なのかという共通認識を高め、かつ、発生抑制のために何を行っていくべきかについて具体化を行うこと
- 発生抑制の取組について支援を行う場合に、これまでのリサイクル対策などを含めて、どのような優先度で 3R 活動の推進を行っていくか整理すること

などの課題が上げられる。

一方、上記の課題を検討する上では、今回の検討会での議論等を踏まえて、

- 概念整理を行った発生抑制の効果の評価方法についても定量化のための具体的な検討が必要（特に以下の 3 つの論点が重要な課題と想定）

発生抑制の取組と得られる効果の関係の整理

- 今回は様々な発生抑制の取組を抽出し、評価すべき指標との関連性を整理した。しかし、公共交通の利用の例では、自家用車利用がバス利用に変わることを効果としてみるか、自家用車の台数の削減とバスの台数の増加の変化を効果と見るべきかなど、何を効果とみるべきか取組ごとに検討が必要である。また、公共交通の利用の効果とペーパーレスの取組の効果を合算して評価すべきかどうかなど、定量化に向けての検討課題がある。

定量指標化における 3R 効果の区分

- 天然資源投入量の削減では、「発生抑制」に加えて「リユース」「リサイクル」によっても実現されるため、3R それぞれの効果をどのように区分すべきか。

具体的な「発生抑制」のアクションを基準とするか、把握可能なデータを元にした「指標」を基準に整理するか

- 「発生抑制」は、大きく分けて事業者（供給側）の取組と消費者（需要側）の取組に区分されるが、その効果は一つの指標として定量化されるため、それぞれの取組を区分した指標化が必要か。

- マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、熱回収の効果評価では、評価対象のバウンダリの設定など評価方法の精査や、効果評価のための基礎的なデータの信頼性の向上
 - オリジナルシステムで実態に即した条件の設定（焼却、埋立割合等）
 - 分析区分と統計等との整合性の確保（一廃/産廃等の区分との対応） CR/TR は対応済
 - 循環資源が天然資源の代替を行うものと想定とした内容の妥当性についての精査
- 循環的な利用の取組量など継続的に効果の評価ができるデータの整備
- 今後のマテリアルリサイクルで期待できる削減量の推定
- リユースの効果の試算
- 海外での研究状況の把握と国際的な取組の方向性の把握
- 指標の多様化（稀少資源の扱い、TMR など）

といった点が研究開発上の課題となっている。

このような短期的な検討課題に加えて、中長期的な視点では、循環型社会に加えて低炭素社会、自然共生社会などに向けた取組との統合的な展開や国際資源循環のあり方などについても、こうした観点から議論を進めていくことが求められ、それぞれの社会像の目指すもののトレードオフの関係性の把握といった要素まで考慮した研究課題を設定することが必要となる。

なお、今回の報告は結果の要点のみを記述しており、推算過程の詳細は別にまとめる報告を参考とされたい。

別紙 マテリアルリサイクルされている循環資源と今回の評価対象

NO	循環的な利用システム				再生利用規模区分 (2005年)	MR 評価	理由
	廃棄物等	廃棄物(詳細)	再生製品の製造	再生製品			
01+16	燃え殻 + ばいじん	副産石こう	セメント原料	セメント混合物	A		
		石炭灰	セメント原料	セメント	A		
		石炭灰	建設資材製造	建設資材	B		
		石炭灰	土木資材製造	土木資材	A		
		石炭灰	非鉄金属回収	非鉄金属	D		少量/利用金属種不明
		燃え殻	非鉄金属回収	非鉄金属	D		少量/利用金属種不明
		ばいじん	非鉄金属回収	非鉄金属	D		少量/利用金属種不明
		電炉ダスト	非鉄金属回収	非鉄金属	C		少量/利用金属種不明
		石炭灰	農林水産関連資材	堆肥・肥料・飼料	C		評価条件設定困難
		石炭灰	その他	その他	A		利用先不明
02	汚泥	下水汚泥・上水汚泥	セメント原料	セメント	A		
		下水汚泥	建設資材製造	建設資材	C		
		下水汚泥	土木資材製造	土木資材	B		
		下水汚泥	農林水産関連資材	堆肥・肥料・飼料	B		利用基準未定
		下水汚泥	非鉄金属回収	非鉄金属	C		少量/利用金属種不明
		下水汚泥	その他	その他	D		少量/利用先不明
		無機性汚泥	セメント原料	セメント	A		
		有機性汚泥	セメント原料	セメント	A		評価条件設定困難
		有機性汚泥	農林水産関連資材	堆肥・肥料・飼料	A		評価条件設定困難
		建設汚泥	土木資材製造	土木資材	A		
03	廃油	廃油/再生油	セメント原料	セメント	B		
		廃油	非鉄金属回収	非鉄金属	C		少量/利用金属種不明
04	廃酸	廃酸	セメント原料	セメント	D		少量
		廃酸/感光剤	非鉄金属回収	非鉄金属	C		少量/利用金属種不明
		廃酸	中和剤製造	中和剤	B		利用先不明
05	廃アルカリ	廃アルカリ	セメント原料	セメント	C		少量
		廃アルカリ	非鉄金属回収	非鉄金属	C		少量/利用金属種不明
		廃アルカリ	中和剤製造	中和剤	C		利用先不明
06	廃プラスチック	プラ(容リ・ルート)	プラスチックペレット化	プラスチック製品等	B		混合プラで評価
		トレイ(容リ・ルート)	プラスチックペレット化	樹脂原料など	D		
		PET(容リ・ルート)	プラスチックペレット化	シート/ボトル/繊維等	C		
		産廃プラ	プラスチックペレット化	樹脂原料など	B		混合プラで評価
		産廃プラ	セメント原料	セメント	B		
		産廃プラ	土木資材製造	土木資材	E		少量
		シュレッダーダスト	非鉄金属回収	非鉄金属	C		少量/利用金属種不明
		廃タイヤ等	ゴム原料	再生ゴム・ゴム粉	C		更生タイヤが主
07	紙くず	紙くず	製紙 + 加工	製紙原料	A		
		紙くず	加工	その他	D		少量/利用先不明
		紙くず	セメント原料	セメント	D		少量
		紙くず	農林水産関連資材	堆肥・肥料・飼料	E		評価条件設定困難
08	木くず	木くず	製紙 + 加工	製紙原料	B		
		木くず	破砕 + 加工	パーティクルボード	B		
		木くず	セメント原料	セメント	B		
		木くず	農林水産関連資材	堆肥・肥料・飼料	A		評価条件設定困難
09	繊維くず	繊維くず	繊維原料製造	素材原料	C		少量
		繊維くず	セメント原料	セメント	D		少量
10	動植物性残さ	厨芥	飼料化・堆肥化	飼料・堆肥	C		評価条件設定困難
		動植物性残さ	飼料化・堆肥化	飼料・堆肥	A		評価条件設定困難
		動植物性残さ	セメント原料	セメント	C		
11	ゴムくず	ゴム原料	ゴム製品	D		少量/利用先不明	
12	金属くず (含むスクラップ)	鉄くず	粗鋼製造	粗鋼	A		
		銅くず	銅精錬	粗銅	A		
		アルミくず	アルミ精錬	アルミインゴット	A		
		その他金属くず	その他金属	その他金属	B		利用金属種不明
		ガラス陶磁器くず	ガラスビンカレット	ガラスビン	A		
13	ガラス陶磁器くず	石膏ボード	石膏ボードの石膏原料	石膏ボード	C		評価用データ不足
		一廃・産廃(ガラス陶磁器)	セメント原料	セメント	C		
		一廃・産廃(ガラス陶磁器)	建設・土木資材	建設・土木資材	A		
		一廃・産廃(ガラス陶磁器)	非鉄精錬	非鉄金属(地金)	D		少量/利用金属種不明
		スラグ(高炉/転炉/電炉)	セメント原料	セメント	A		
14	鉱さい	鑄物砂	セメント原料	セメント	B		
		スラグ(高炉/転炉/電炉)	建設資材製造	建設資材	A		
		スラグ(高炉/転炉/電炉)	土木資材製造	土木資材	A		
		スラグ(高炉/転炉/電炉)	農林水産関連資材	堆肥・肥料・飼料	B		評価条件設定困難
		スラグ(全般)	その他	その他	A		利用先不明
15	がれき類	がれき類	土木資材製造	土木資材	A		
18	家畜ふん尿	家畜ふん尿	肥料化	肥料	A		評価条件設定困難
19	家畜死体	家畜死体	肥料化	肥料	C		評価条件設定困難
22	し尿	し尿	肥料化	肥料	B		評価条件設定困難

- 注1) 再生利用規模区分は、A:100万トン以上、B:30~100万トン未満、C:10~30万トン未満、D:1~10万トン未満、E:1万トン未満で設定(年間の循環利用量)
- 注2) 農林水産業での再生利用については再生利用の評価(機能等価)が容易でないため対象から除外している(表では「評価条件設定困難」と記載)。
- 注3) 再生利用量が多くても「その他」という形で具体的に評価できない再生利用項目についても除外した。注2、注3のものを除くと、再生利用規模区分「B」以上のものはカバーされている。

別紙 評価対象の循環的な利用システムおよびオリジナルシステムの設定

取組	循環的な利用システム			機能等価の基準	オリジナルシステム		適正処理システム	
	廃棄物	再生製品の製造	再生製品		新製品	ケース1	ケース2	
マテリアルリサイクル(素材)	産廃プラ	プラスチックペレット化+成型加工	樹脂原料など	素材重量(品質劣化考慮せず)	樹脂原料	プラスチック製品	単純焼却	直接埋立
	プラ(容リ・ルート)	プラスチックペレット化+成型加工	プラスチック製品 その他	素材重量(品質劣化考慮せず)	樹脂原料	プラスチック製品	単純焼却	直接埋立
	トレイ(容リ・ルート)	プラスチックペレット化+成型加工	樹脂原料など	素材重量(品質劣化考慮せず)	樹脂原料	プラスチック製品	単純焼却	直接埋立
	PET(容リ・ルート)	プラスチックペレット化+成型加工	シート	素材重量(品質劣化考慮せず)	樹脂原料	PET樹脂製品	単純焼却	直接埋立
			ボトル					
			成型品					
			繊維					
			その他					
	紙(くず)	製紙+加工	製紙原料	素材重量(品質差考慮せず)	化学パルプ製造	紙製品	単純焼却	直接埋立
	木くず	製紙+加工	製紙原料	素材重量(品質差考慮せず)	製紙用チップ	化学パルプ	単純焼却	直接埋立
	木くず	破砕+加工	パーティクルボード	素材重量(品質差考慮せず)	パーティクルボード		単純焼却	直接埋立
	金属類	粗鋼製造	粗鋼	素材重量(品質差考慮せず)	粗鋼			直接埋立
		銅精錬	粗銅	素材重量(品質差考慮せず)	粗銅			直接埋立
		アルミ精錬	アルミインゴット	素材重量(品質差考慮せず)	アルミインゴット			直接埋立
	ガラス陶(ガラスびん)	ガラスピカレット	ガラスビン	素材重量(品質差考慮せず)	ガラスカレット	ガラスビン		直接埋立
	セメント用廃棄物(内訳は別紙)	セメント原料	セメント	素材重量(クリンカ換算)	セメント原料	クリンカ	単純焼却	直接埋立
	高炉スラグ	建設資材製造	建設資材	素材重量(岩石・砂利換算)	岩石・砂利	建設資材		直接埋立
転炉スラグ								
電気炉スラグ								
石炭灰								
高炉スラグ	土木資材製造	土木資材	素材重量(岩石・砂利換算)	岩石・砂利	土木資材		直接埋立	
転炉スラグ								
電気炉スラグ								
石炭灰								
下水汚泥								
がれき類								
下水汚泥(焼却灰)	土木資材製造	土木資材	素材重量(粘土換算)	岩石・砂利	土木資材		直接埋立	
建設汚泥								
熱回収	各種の一般廃棄物	一般廃棄物発電	電気	電力量	電力(系統)		単純焼却	
		清掃工場余熱による熱供給	熱	熱量	熱(都市ガスボイラ)			
	各種の産業廃棄物	産業廃棄物発電	電気	電力量	電力(系統)		単純焼却	直接埋立
	廃油	直接燃料利用	廃油	熱量	燃料	C重油		単純焼却
	木くず	直接燃料利用	木くず		燃料	一般炭	単純焼却	直接埋立
	廃タイヤ	直接燃料利用	廃タイヤ		燃料	一般炭		
	産廃プラ	直接燃料利用	産廃プラ		燃料	一般炭		
	各種循環資源	RDF製造及び利用	RDF		燃料	一般炭		
	各種循環資源	RPF製造及び利用	RPF		燃料	一般炭		
	下水汚泥	消化処理+消化ガス利用(発電)	電気	電力量	電力(系統)			消化処理+
	消化処理+消化ガス利用(熱利用)	熱	熱量	燃料	下水処理場の使用燃料平均		消化ガスの燃焼	
ケミカルリサイクル	産廃プラ	油化	軽質油	熱量	化学原料	ナフサ	単純焼却	直接埋立
			中質油	熱量		A重油		
			重質油	熱量		C重油		
		高炉還元剤利用	プラ造粒物	銑鉄量	化学原料	コークス		
		コークス炉化学原料利用	プラ造粒物	コークス量	化学原料	原料炭		
		合成ガス利用	合成ガス	アンモニア量	化学原料	都市ガス		
	その他	埋立処分場における回収ガス発電	電気	電力量	電力(系統)			大気放出

(注)「産業廃棄物発電」は別途試算しているが、木くずの直接燃料利用等との重複があるため、上記の評価からは除外。

(1) マテリアルリサイクル

【廃プラスチック（産業廃棄物）】

産廃プラについては、「混合プラ」として PE および PP の混合樹脂と同等と見なして機能等価の設定を行った。

混合プラの樹脂原料としての性能の劣化については、本試算では考慮していない（バージン素材と同等の性能を持つと想定）。同様に、成型・加工工程についてもオリジナルシステムと変わらないものと想定。

循環的利用のケースで発生する残さは単純焼却処理と設定。

【容器包装プラスチック（その他容器包装プラスチック）】

容器包装のその他プラスチック（その他容器包装プラスチック）についても、産廃プラと同様の設定として、PE および PP の混合樹脂と同等と見なして機能等価の設定を行った。

容リ（その他プラ）の樹脂原料としての性能の劣化については、本試算では考慮していない（バージン素材と同等の性能を持つと想定）。同様に、成型・加工工程についてもオリジナルシステムと変わらないものと想定。

【容器包装プラスチック（白色トレイ）】

容器包装のその他プラスチック（白色トレイ）については、すべて PS 素材が利用されているものと仮定し、PS 樹脂と同等と見なして機能等価の設定を行った。

容リ（白色トレイ）の樹脂原料としての性能の劣化については、本試算では考慮していない（バージン素材と同等の性能を持つと想定）。同様に、成型・加工工程についてもオリジナルシステムと変わらないものと想定。

循環的利用のケースで発生する残さは単純焼却処理と設定。

【容器包装プラスチック（PET ボトル）】

容器包装の PET ボトルについては、すべて PS 素材が利用されているものと仮定し、PET 樹脂と同等と見なして機能等価の設定を行った。

容リ（PET ボトル）の樹脂原料としての性能の劣化については、本試算では考慮していない（バージン素材と同等の性能を持つと想定）。同様に、成型・加工工程についてもオリジナルシステムと変わらないものと想定。

循環的利用のケースで発生する残さは単純焼却処理と設定。

【古紙（製紙原料）】

一般的に、古紙から製造されるパルプは古紙パルプであり、オリジナルシステムで想定している木材チップから製造されるパルプは化学パルプとなる。本試算では、古紙パルプと化学パルプが同等の機能を持つものと仮定し計算を実施。

オリジナルシステムの古紙の適正処理としては、単純焼却のみを想定（古紙の埋立処理は想定せず）。

スラッジ焼却時の CH_4 、 N_2O は、紙くず焼却時の原単位を用いて推計。

【木くず（製紙原料）】

木くずの製紙原料利用では、バージン材の木材チップと機能が同等であるという想定で、試算条件を設定した。

このため、木材チップから製紙工程においては、黒液の発生やエネルギー消費などの条件は、循環利用とオリジナルシステムで変わらないものとしている。

循環的利用のケースで発生する残さは単純焼却処理と設定。

【木くず（パーティクルボード）】

一般的に、パーティクルボードは木くずからのみ製造される。このためオリジナルシステムとしては、合板の製造を想定し、機能等価の基準は面積が同一であることを試算条件とした。

【鉄くず（粗鋼）】

鉄くずの循環利用では、粗鋼を機能等価として、鉄くずを電炉に投入し粗鋼を製造するプロセスを循環利用として設定し、オリジナルシステムは高炉からの粗鋼製造を想定した。

循環利用システムでの選別工程における残さ発生率は、データが不明のためゼロと設定。

なお、オリジナルシステムの適正処理としては、埋立のみを設定（鉄くずの焼却処理は考慮せず）。

高炉、転炉、電炉で発生したスラグ等は別途循環利用されるとして、適正処理工程は考慮せず。

【銅くず（銅地金）】

銅くずの循環利用では、再度、電気精錬を行い精製した電気銅を機能等価とした。オリジナルシステムとしては、銅鉱石からの電気銅製造を想定した。

循環利用システムでの選別工程における残さ発生率は、データが不明のためゼロと設定。

なお、オリジナルシステムの適正処理としては、埋立のみを設定（銅くずの焼却処理は考慮せず）。

発生したスラグ等は別途循環利用されるとして、適正処理工程は考慮せず。

【アルミくず（アルミ地金）】

アルミくずの循環利用では、溶解・精錬後のアルミインゴット（アルミ地金）を機能等価とした。オリジナルシステムとしては、国内での循環利用効果を評価するために、アルミ新地金の輸入からのプロセス（実質的な製造工程無し）を設定した。

このため、海外でのアルミ地金製造工程については、別途「海外考慮」の条件として、国内のみ、海外考慮の2ケースの推計を行っている。

「海外考慮」時のエネルギー投入データは、「アルミ協会」の LCA データを用いており、海外でのエネルギー実態に合わせた値を使用。

循環利用システムでの選別工程における残さ発生率は、データが不明のためゼロと設定。

なお、オリジナルシステムの適正処理としては、埋立のみを設定（アルミくずの焼却処理は考慮せず）。

発生したドロス等については LCI データ（アルミ協）が無い場合、適正処理工程は考慮せず。

【ガラスピン（ワンウェイピン）】

試算条件としては、ワンウェイピンでの循環資源利用を想定した条件を設定した。

リターナブルピンの効果については、リユースの評価として取り扱うことが適切と考え、今回の試算では含めていない。

【廃棄物等のセメント利用（セメント）】

セメント原料として使用する廃棄物等については、セメントの成分である石灰分（CaO）で石灰石代替を、珪素分（SiO₂）で粘土・珪石の代替を想定した。

粘土・珪石については珪素比率で按分し、それぞれの代替率を推計。

高炉スラグについては、仕上工程で投入され、クリンカの使用量を減らす効果があるものと想定し、クリンカ代替物としての評価を行った。

オリジナルシステムとしては、セメント原料代替時には、通常のポルトランドセメントの製造工程としたが、高炉スラグのクリンカ代替効果の計算には、全て天然資源から製造するバージンポルトランドセメント（VPC）をオリジナルシステムとして用いた。

【廃棄物等の土木・建材利用（土木・建材）】

土木・建設資材の循環利用は、「岩石・砂利」と「粘土」の2つの物質の代替を行うものとして想定し、土木・建設資材として利用される循環資源の組成を考慮して、「岩石・砂利」と「粘土」への代替率を設定。

「岩石・砂利」の循環利用時には残さが発生すると想定し、残さ率を用いて推計。循環利用時の残さは埋立処分として計算した。

【考慮していない取組】

清掃工場内余熱利用や温水プール等の付属施設における熱利用量については実績値を把握できない。

(2) ケミカルリサイクル・サーマルリサイクル

【一般廃棄物発電、産業廃棄物発電】

一般廃棄物発電の評価においては、オリジナルシステムを単純焼却としており、循環的利用システムに投入される助燃剤は、オリジナルシステムに投入されるものと相殺すると想定している。しかし、ガス化溶融炉やスーパーごみ発電では、単純焼却よりも助燃剤の投入量が多いため、本来であればその投入分は削減量から控除すべきであるが、データの不足や正確な評価が困難であるため、排除は行っていない。

廃棄物発電の評価において、当該廃棄物発電設備を稼働させるために利用している電気は削減効果から排除する必要がある。しかし、廃棄物発電設備に利用している電力量を統計等で把握することは困難なため、本試算では廃棄物発電設備に利用している電気の削減効果の排除は行っていない。

産業廃棄物の発電利用量と熱利用量の実態に関するデータが不足しており、両者の重複の排除が困難であるため、産業廃棄物発電の削減効果は参考値として示すこととした。

産業廃棄物発電へ投入した廃棄物の種類別投入量を把握することが困難なため、産業廃棄物発電における適正処理システムとしては「単純焼却」のみの評価を行い、「直接埋立」の評価は行

っていない。

【一般廃棄物焼却施設の排熱利用】

清掃工場内余熱利用や温水プール等の付属施設における熱利用量については実績値を把握できない。

【産業廃棄物等の各種燃料利用】

これらの利用には発電用燃料としての利用も含まれている。その場合には電力量ベースで評価を行う必要がある。

【固形燃料化（RDF、RPF）】

これらの利用には発電用燃料としての利用も含まれている。その場合には電力量ベースで評価を行う必要がある。

RDFについては製造量ベースで削減効果を算出しているが、本来は利用量（エネルギー資源の代替量）ベースで算出することが望ましい。

【考慮していない取組】

下水汚泥の燃料利用には、消化ガス利用以外にも汚泥の固形燃料利用等も存在するが、現時点では量が少ないことから対象外としている。

し尿及び浄化槽汚泥のメタン発酵処理（汚泥再生処理センター）及び家庭系・事業系生ごみのメタン発酵処理におけるバイオガスの発電等への燃料利用については、現時点では量が極めて少ないことから対象外としている。

(3) 全体的事項

【ユーティリティ】

電力の計算は、電力量（kWh）ベースで実施し、GHG 排出削減量、天然資源消費削減量の計算時は、それぞれ kWh からの換算を実施した。

電力のエネルギー削減量の算出に当たっては、kWh からの一次換算値として算出した。

エネルギー利用時（プロセスユーティリティ）からの CH₄、N₂O 排出量は、燃焼条件が不明なため推計対象外とした。

別紙 マテリアルリサイクル (MR) の循環利用区別試算結果

(1)GHG 排出量削減効果

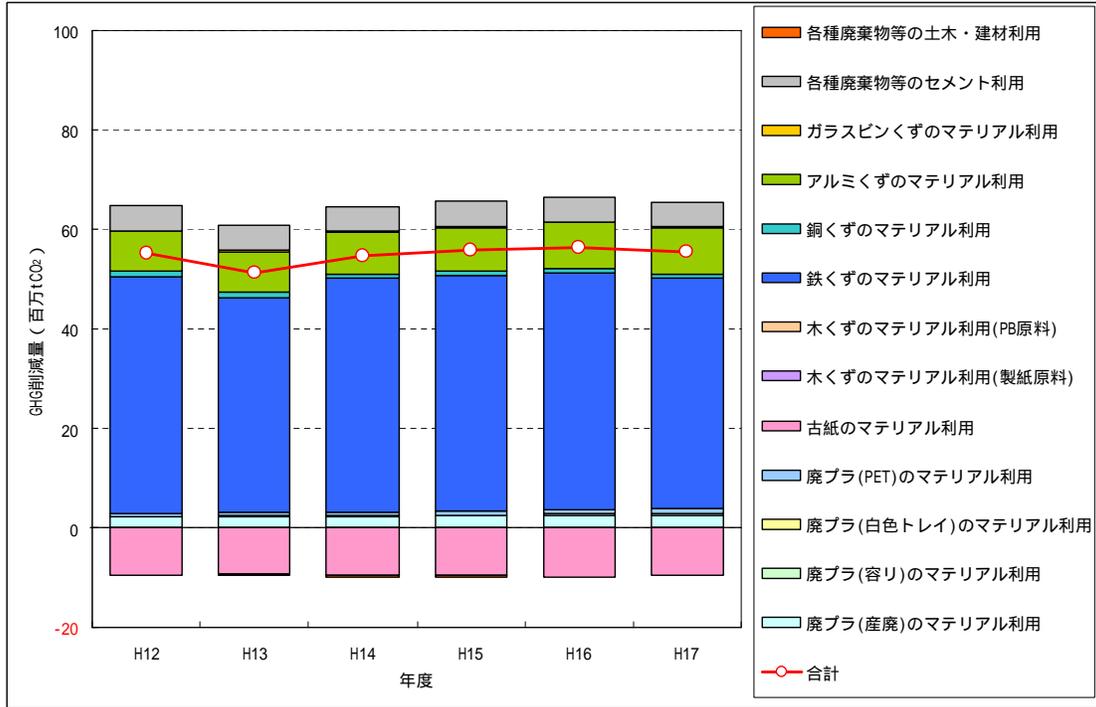


図 -1 マテリアル利用による GHG 削減量 (適正処理: ケース 1)

(注) 古紙の MR ではオリジナルシステムで黒液の利用を考慮しており、ネットの GHG 削減効果は負の値となる。環境への負荷を考える際は、伐採後植林が行われる等適切に管理された森林から生産された木材等が使用されているかといった観点なども重要である。

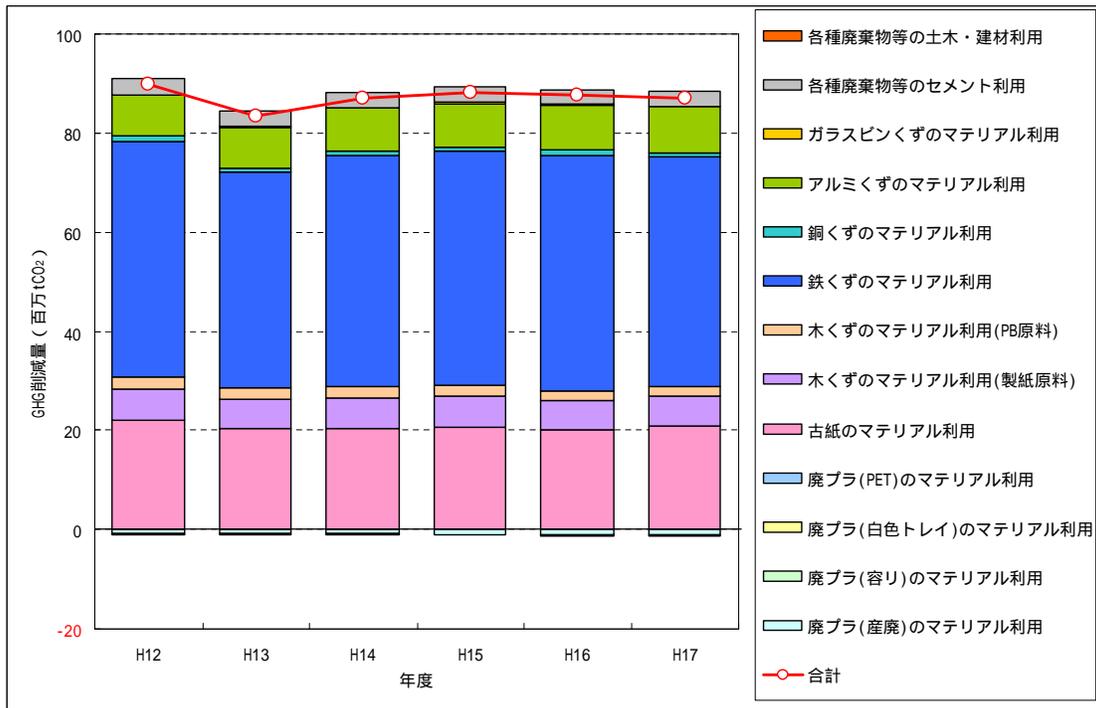


図 -2 マテリアル利用による GHG 削減量 (適正処理: ケース 2)

(2) エネルギー削減量

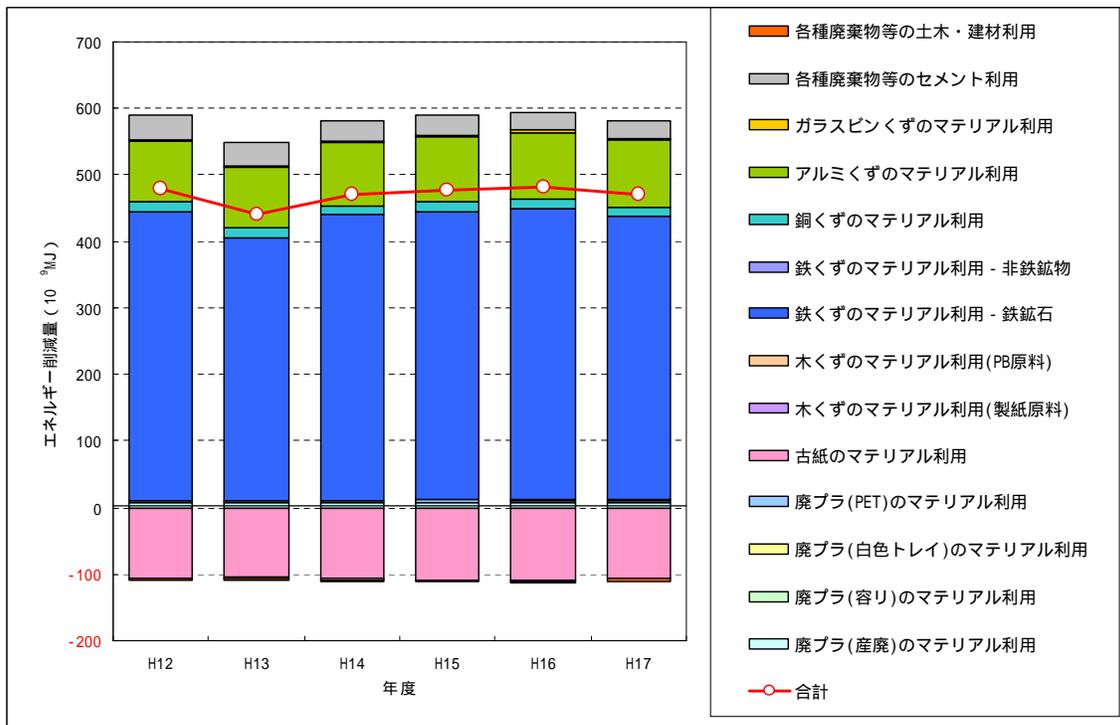


図 -3 マテリアル利用によるエネルギー削減量

(注1) 電力は一次換算値。

(注2) 古紙 MR ではオリジナルシステムで黒液の利用を考慮しており、ネットのエネルギー削減効果は負の値となる。

(3) 天然資源消費削減量

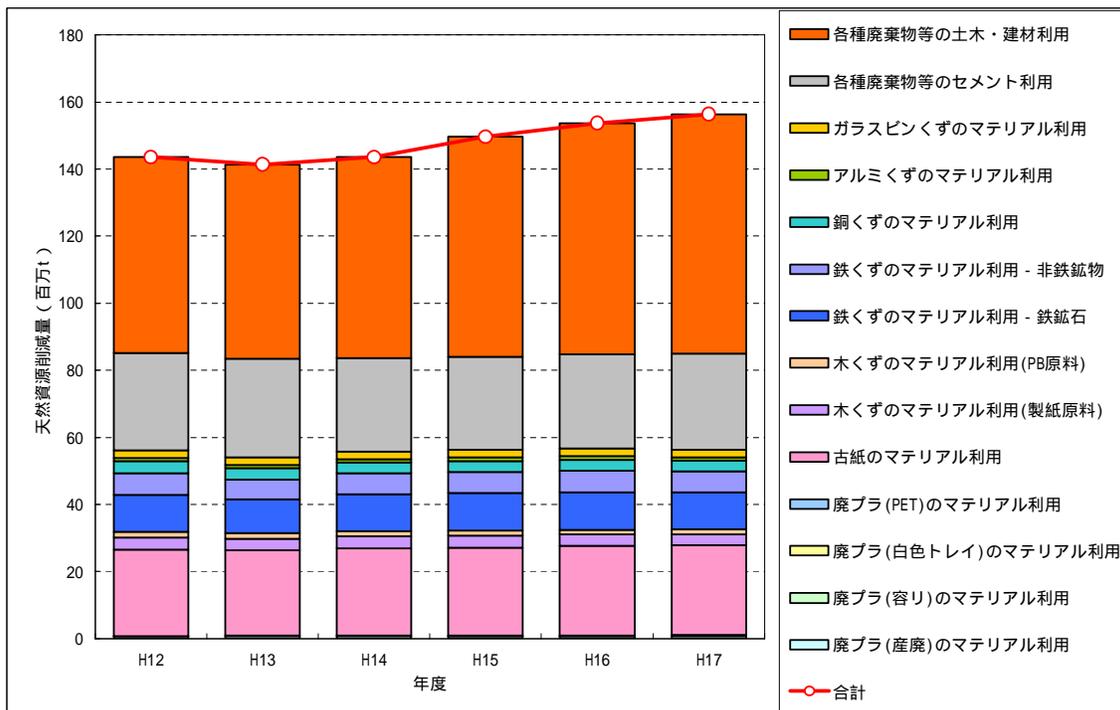


図 -4 マテリアル利用による天然資源消費削減量

(4) 埋立処分削減量

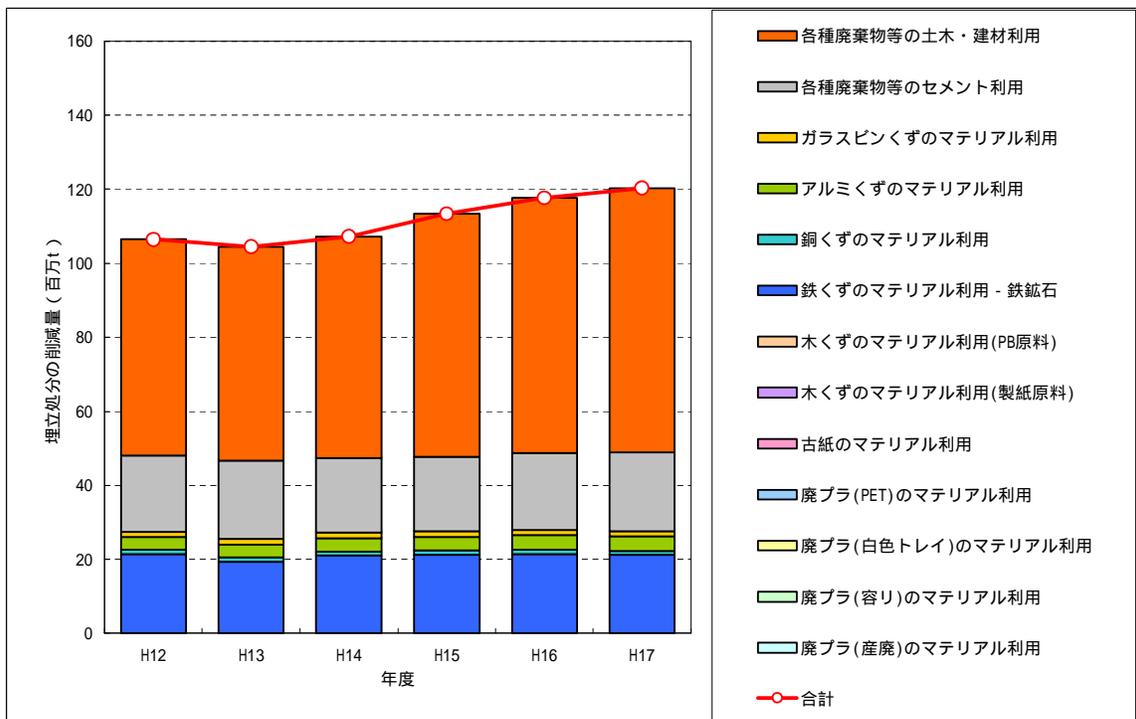


図 -5 マテリアル利用による埋立処分削減量（適正処理：ケース1）

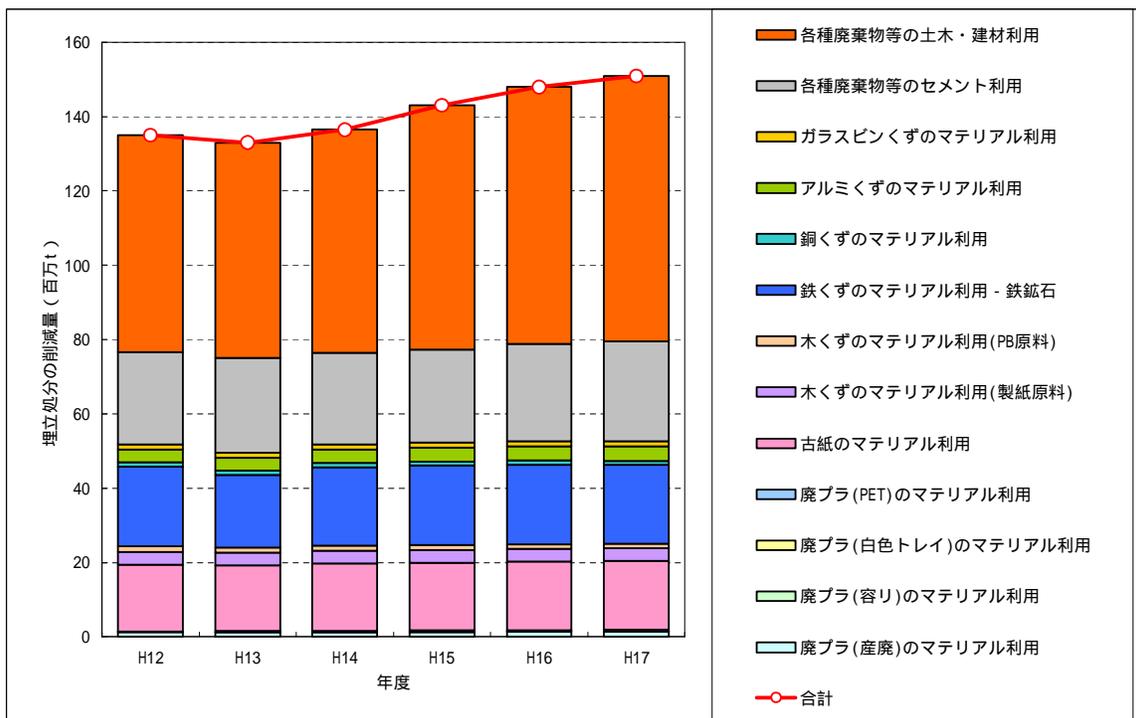


図 -6 マテリアル利用による埋立処分削減量（適正処理：ケース2）