

低炭素社会への取組との連携の進捗状況を計るための補助指標について

1. はじめに

「第2次循環型社会形成推進基本計画（平成20年3月閣議決定。以下「循環基本計画」という。）において要請されている「低炭素社会への取組との連携」の進捗状況を計るための補助指標について、指標の定義や算定の考え方を整理した上で、実際に算定を行った。

循環基本計画では、低炭素社会への取組との連携の進捗状況を計るための補助指標として、以下の2つの指標が記述されている。

① 廃棄物部門由来の温室効果ガス排出量

② 廃棄物として排出されたものの原燃料への再資源化や廃棄物発電等により代替される化石燃料由来の温室効果ガス排出量

このうち、①の「廃棄物部門由来の温室効果ガス排出量」は、温室効果ガス排出・吸収目録（以下、「インベントリ」という。）において「廃棄物分野」からの排出量として毎年算定・公表されており¹、そのまま引用できる。京都議定書目標達成計画における進捗管理のための基本となる指標である。一方、②の「廃棄物として排出されたものの原燃料への再資源化や廃棄物発電等により代替される化石燃料由来の温室効果ガス排出量」はこれまで検討がなされていないため、この部分を検討対象とした。

なお、この算定結果は今年度の循環基本計画の点検報告書に記載する予定である。

第3章 循環型社会形成のための指標及び数値目標

第1節 物質フロー指標

2 目標を設定する補助指標

(2) 低炭素社会への取組との連携

低炭素社会に向けた取組と循環型社会に向けた取組との統合的な展開の進捗状況を測るため、改定京都議定書目標達成計画に則り、廃棄物分野の排出削減対策の目標を設定することとし、平成22年度において、約780万t-CO₂の削減を目標にします。また、廃棄物部門由来の温室効果ガス排出量及び廃棄物として排出されたものの原燃料への再資源化や廃棄物発電等により代替される化石燃料由来の温室効果ガス排出量について計測し、状況を的確に把握することとします。

平成22年（平成20年度から24年度の5年間の平均）の廃棄物部門由来の温室効果ガス排出量は、改定京都議定書目標達成計画における対策を踏まえれば、約43百万トン以下となります。

（出典）循環基本計画より抜粋

2. 検討の体制

¹ なお、わが国のインベントリでは、廃棄物の単純焼却以外に、エネルギー回収やケミカルリサイクルに利用されたものからのGHG排出量についても、その全量が「廃棄物分野」からの排出として計上されている。

本検討については、再使用、再生利用及び熱回収（以下「循環的な利用」という。）を対象として天然資源消費抑制効果・環境負荷低減効果の算定方法について総合的な検討を行うために設置された「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：独立行政法人国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター循環技術システム研究室 大迫 政浩 室長）（以下「検討会」という。）」における検討課題の一つと位置付け、そこでの議論を踏まえて検討を実施した。

3. 算定する指標の内容の整理

算定を行うにあたり「廃棄物として排出されたものの原燃料への再資源化や廃棄物発電等により代替される化石燃料由来の温室効果ガス排出量」の内容を明確にする必要がある。

(1) 対象とする取組と計上する削減効果の範囲

原文の「原燃料への再資源化や廃棄物発電等」について対象とする取組及び「代替される化石燃料由来の温室効果ガス排出量」についての代替の範囲を明確にする。

循環的な利用には大きく再使用、マテリアルリサイクル（再生利用）、ケミカルリサイクル（再生利用）、熱回収の4つがあり、これらの取組により温室効果ガス（Green House Gas。以下「GHG」という。）排出が削減される効果には大きく以下の2つがある。

A)再使用やマテリアルリサイクルにより廃棄物の焼却が回避されることで、GHG 排出が削減される効果

B)再使用、再生利用及び熱回収により燃料・原料として利用される化石燃料が何らかの形で削減されることで、GHG 排出が削減される効果

本指標は「代替される化石燃料由来」としており、原則として B)の効果を対象とするものと捉える。なお、A) の効果は、廃棄物の発生量や焼却量を減少させる効果として「廃棄物部門由来の温室効果ガス排出量」の変化分に結果的に含まれている。

B)の効果はさらに以下の3つの効果に分けられる。

①ケミカルリサイクルや熱回収により化石燃料が直接代替されて、その化石燃料自身の燃焼に伴う GHG 排出量が直接削減される効果

②上記で代替された化石燃料が二次エネルギー（重油などの石油製品やコークスなどの石炭製品）である場合において、その二次エネルギーを製造するために消費される化石燃料が削減されることで、GHG 排出量が間接的に削減される効果（例えば、重油の消費を削減すると、重油を製造するために石油精製プラントから排出される GHG も削減される。また、廃プラからの再生製品がコークスを代替する場合には、コークスの製造時に排出される GHG も削減されることになる）

③再使用やマテリアルリサイクルより天然資源などから製造される製品が代替され、その製品の製造に使用される化石燃料が削減されることで、GHG 排出量が間接的に削減される効果

上記の3つの効果のうち、本指標は化石燃料を直接代替する効果として①を対象とする。結果的に、ケミカルリサイクル及び熱回収による化石燃料の直接代替効果量を計測することになる。

(2) 対象とする温室効果ガスの種類と由来

原文は「化石燃料由来の温室効果ガス排出量」としているが、後述する理由により、「廃棄物の埋立処分に伴うメタンの排出」及び「廃棄物の焼却処理に伴うメタンと亜酸化窒素の排出」に

についても算定の対象とすることとした。

(3) 正味 GHG 排出量

以上の整理を踏まえて、「廃棄物として排出されたものの原燃料への再資源化や廃棄物発電等により代替される化石燃料由来の温室効果ガス排出量」に対応する量を、ここでは「廃棄物の循環的な利用による GHG の直接削減量」（特に混乱がないと考えられる場合には単に「GHG 直接削減量」と呼ぶこととする）。

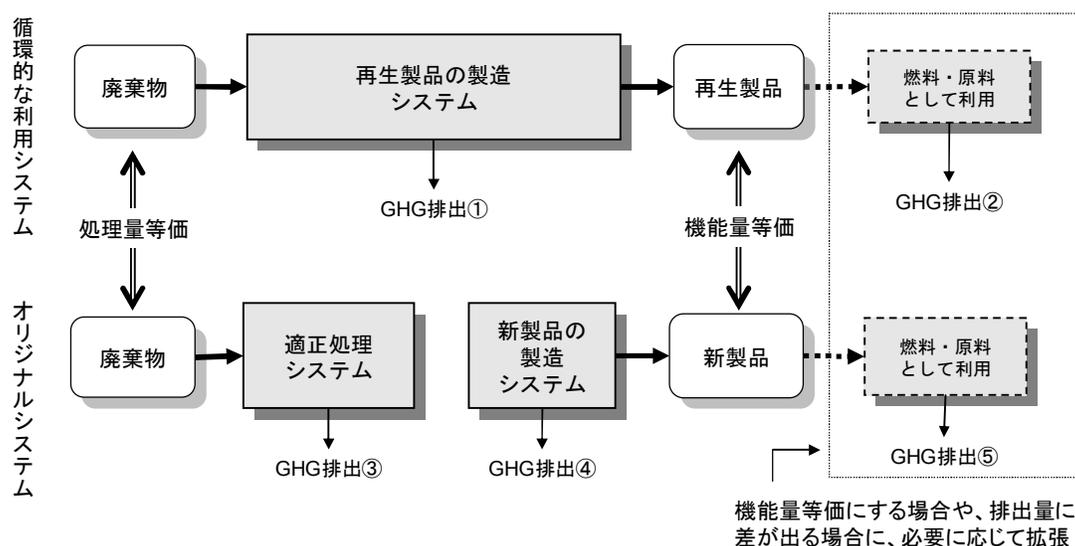
また、廃棄物部門における GHG 削減努力を考慮した排出量の指標として、廃棄物部門由来の GHG 排出量から GHG 直接削減量を差し引いたものとして「正味 GHG 排出量」を定義する。

$$\begin{aligned} & \text{廃棄物部門の正味 GHG 排出量} \\ & = \text{廃棄物部門由来の GHG 排出量} - \text{GHG 直接削減量} \end{aligned}$$

4. GHG 直接削減量の考え方

(1) 削減量の算定方法

GHG 直接削減量は、検討会における考え方に従い、廃棄物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 GHG 排出量の合計と、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 GHG 排出量の合計との差分として算定する。



削減量 = (③+④+⑤) - (①+②)。なお、適正処理システムを単純焼却と想定し、再生製品の製造システムにおいて処理のためのエネルギー消費がない場合にはCO2については①+②=③となり、削減量 = ④+⑤となる。

図1 GHG 直接削減量の基本的な考え方

(2) オリジナルシステムの想定

オリジナルシステムの想定は、検討会における考え方に従い、適正処理システムは原則として全量単純焼却と全量直接埋立の極端な2ケースを想定した。「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想定した。

なお、循環的な利用システムが代替する適正処理システムについては、

- ・バイオマス系廃棄物の焼却時に排出する二酸化炭素はバイオマス由来であることから排出量として計上されないこと（ただし、焼却に伴ってメタンと亜酸化窒素が排出される）
- ・バイオマス系廃棄物を直接埋立すると、有機物の分解に伴い埋立地からメタンが発生すること
- ・化石系廃棄物を焼却すると二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素が排出されるが、直接埋立すると GHG は排出されないこと

から、バイオマス系廃棄物について直接埋立を代替すると想定した方が、化石燃料系廃棄物については単純焼却を代替すると想定した方が、GHG 直接削減量が大きくなる。このような違いが生じることから、GHG 排出として「廃棄物の埋立処分に伴うメタンの排出」及び「廃棄物の焼却処理に伴うメタンと亜酸化窒素の排出」を算定対象とした。

(3) システム境界

システム境界については、3.(2)の基本方針を踏まえ、再生製品によって代替される二次エネルギーのうち、石油製品、石炭製品、都市ガスなどを製造するプロセスからの GHG 排出は対象外とし、電気と熱についてはそれらを製造するプロセス（発電所やボイラ）からの GHG 排出までを対象に含めることとした。また、ケミカルリサイクルにおいてエネルギー以外の共製品が発生した場合、その共製品により代替される「新製品」の製造に係る GHG 排出の削減効果は算定に含めないものとした。

(4) 再生製品及び新製品の燃料・原料利用に伴って排出されるメタンと亜酸化窒素の扱い

再生製品及び新製品が燃料・原料利用に伴って排出されるメタンと亜酸化窒素の排出は、他の排出に比べて影響が小さいために、これらは相殺されるものと考えて（実際には再生製品と新製品で排出係数が多少異なる）、考慮しないこととした。

5. 算定方法

評価対象の循環的な利用システムのリスト及びオリジナルシステムの設定を表 1 に示す。オリジナルシステムのうち「適正処理システム」については、4 (2)で述べたとおり、単純焼却（ケース 1）と直接埋立（ケース 2）の 2 つのケースを設定した。

試算方法の詳細は、最終的に取りまとめる検討会報告書において整理する予定である。なお、算定に関する留意事項は別紙「算定に関する留意事項」に示した。

6. 試算結果

試算結果を図 2 から図 5 に示す。

ケミカルリサイクル及び熱回収による GHG 直接削減量は、ケース 1（代替する適正処理を「単純焼却」と想定した場合）においては、2000 年の 850 万 tCO₂ から 2005 年の 1,490 万 tCO₂ まで年々増加している。その効果の内訳をみると一般廃棄物発電と廃油の直接熱利用が多く、この 2 つの取組で 2005 年度の削減量の 48% を占めている。削減量が量的に大きく、かつここ数年で伸びも大きい取組として、木くずや廃プラスチックの直接熱利用と R P F 製造・利用が挙げられる。これらの増加要因としては、木くずの場合には建設リサイクル法の効果が考えられるほか、原油価格の高騰による影響も大きいと考えられる。

一方、ケース 2（代替する適正処理を「直接埋立」と想定した場合）でみると、循環的な利用

がなされなければ埋立処分されていたと想定しているため、化石系廃棄物（廃プラスチックや廃タイヤ）については循環的に利用したことの効果があまり現れず、削減の絶対量も伸びもケース 1 に比べて小さなものとなっている。

廃棄物分野からの GHG 排出量については、2000 年以降は 4,500 万 tCO₂ 前後で推移している。一見すると廃棄物分野では温暖化対策が進展していないように見受けられるが、上記の努力を考慮した正味 GHG 排出量でみると、排出量は着実に減少している。

なお、本試算結果は現在精査中であり、次回の部会において数値が変更される可能性がある。

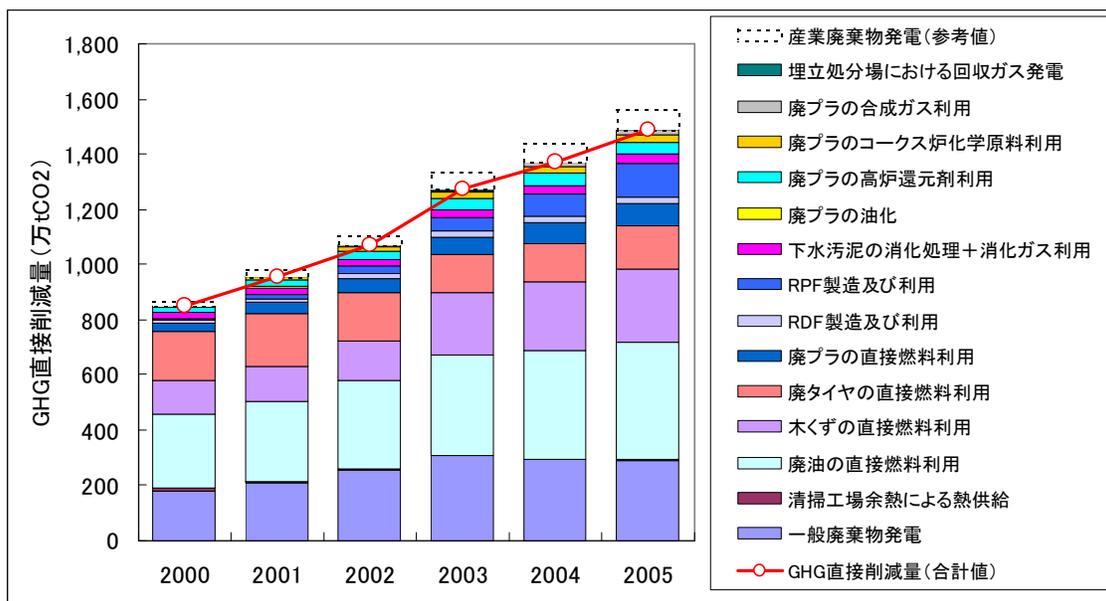


図 2 廃棄物の循環的な利用による GHG 直接削減量 (適正処理：ケース 1)

注) 産業廃棄物発電は各種産廃熱利用と重複しているが、その重複分の排除が困難であることから、産業廃棄物発電による削減量は参考値として扱うこととし、GHG 直接削減量 (合計値) には含めていない。

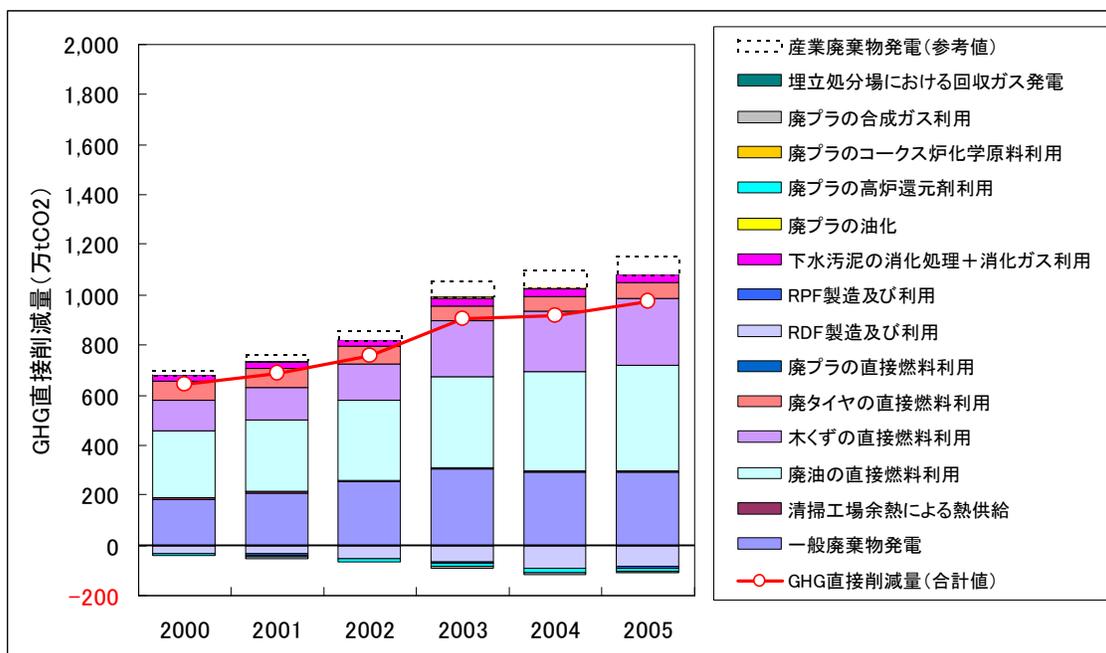


図 3 廃棄物の循環的な利用による GHG 直接削減量 (適正処理：ケース 2)

注) 産業廃棄物発電は各種産廃熱利用と重複しているが、その重複分の排除が困難であることから、産業廃棄物発電による削減量は参考値として扱うこととし、GHG 直接削減量 (合計値) には含めていない。

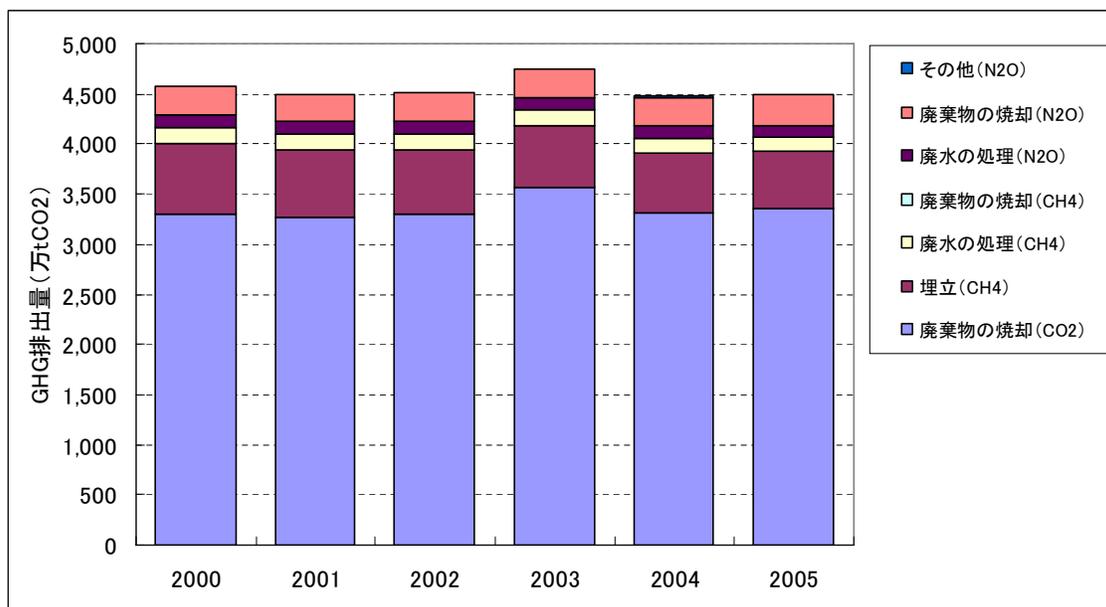


図 4 廃棄物分野の GHG 排出量

注) インベントリの公表値

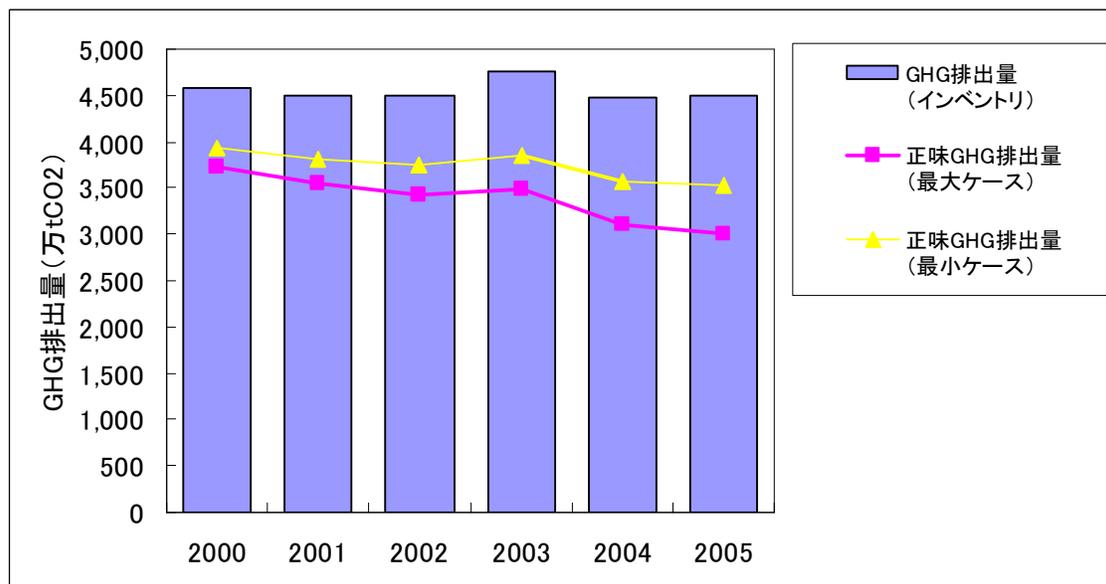


図 5 廃棄物分野の正味 GHG 排出量

注 1) 循環的な利用の項目ごとにケース 1 とケース 2 の削減量を比較して、削減量が多いケースを集計したものが「最大ケース」、削減量が少ない方を集計したものが「最小ケース」。

注 2) 正味 GHG 排出量=GHG 排出量-GHG 直接削減量である。ただし、正味 GHG 排出量の算定において「産業廃棄物発電」による削減量は GHG 直接削減量に含めていない。また、「埋立処分場からの回収ガス発電」の削減量のうち「メタン回収」による効果は GHG 直接削減量に含めていない(インベントリにおける GHG 排出量の算定にその効果が既に織り込まれているため)。

表1 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

NO	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			
		廃棄物	再生製品の製造	再生製品*1		新製品		適正処理システム	
								ケース1	ケース2
1	熱回収	各種の一般廃棄物	一般廃棄物発電	電気	電力量	一般電気事業用の電気（需要端）		単純焼却*3	
2			焼却施設の排熱利用*2	熱	熱量	熱供給事業用の熱			
3		各種の産業廃棄物	産業廃棄物発電	電気	電力量	一般電気事業用の電気（需要端）		単純焼却*4	直接埋立
4		廃油	直接燃料利用	廃油	熱量	燃料	C重油	単純焼却	
5		木くず	直接燃料利用	木くず	熱量	燃料	一般炭	単純焼却	直接埋立
6		廃タイヤ	直接燃料利用	廃タイヤ	熱量	燃料	一般炭		
7		廃プラ	直接燃料利用	廃プラ	熱量	燃料	一般炭		
8		各種廃棄物	RDF製造及び利用	RDF	熱量	燃料	一般炭		
9		各種廃棄物	RPF製造及び利用	RPF	熱量	燃料	一般炭		
10		下水汚泥	消化処理+消化ガス利用(発電)	電気	電力量	一般電気事業用の電気（需要端）		消化処理+消化ガスの燃焼	
	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			
11	ケミカルリサイクル	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		
12		高炉還元剤利用	プラ造粒物	銑鉄量	化学原料	コークス			
13	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				
14	合成ガス利用	合成ガス	アンモニア量	化学原料	都市ガス				
15	その他	埋立処分場における回収ガス発電	電気	電力量	一般電気事業用の電気（需要端）		大気放出		

*1) ケミカルリサイクルの再生製品については主産物のみを記載している。

*2) 熱供給事業用に用いられたごみ焼却排熱分を対象とした。

*3) 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た。

*4) 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であるため、適正処理システムとしては「単純焼却」のみ評価を行い「直接埋立」の評価は行っていない。

別紙 算定に関する留意事項

【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、ガス化熔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附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。
- これらは製造量ベースで削減効果を算出している。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。

【下水汚泥の消化処理＋消化ガス利用】

- 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。