令和３年度環境省請負業務

令和３年度廃棄物・資源循環分野における 2050 年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた 中長期シナリオ検討業務

報告書

令和４年３月

パシフィックコンサルタンツ株式会社

目 次

I. 廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の算定、将来推計モデルの構築、2050 年カーボンニュートラルを実現するシナリオ（案）の検討 I-1

1. 本検討における廃棄物・資源循環分野の範囲 I-1

1.1 インベントリ上の廃棄物分野の範囲 I-1

1.2 本検討（中長期シナリオ（案））の範囲 I-2

2. 廃棄物・資源循環分野におけるこれまでの温室効果ガス排出量の算定結果 I-4

2.1 廃棄物分野の温室効果ガス排出量算定結果 I-4

2.2 非エネルギー起源の温室効果ガス排出量の算定 I-7

2.3 エネルギー起源 CO2 排出量の算定 I-9

2.4 リーケージ排出、他分野での温室効果ガス排出削減効果の算定の考え方 I-41

3. 廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の将来推計モデル（案）の構築 I-54

3.1 廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の将来推計モデル（案） I-54

3.2 一般廃棄物処理のエネルギー起源 CO2 排出量の将来推計の詳細 I-60

3.3 産業廃棄物処理の温室効果ガス排出量の将来推計の詳細 I-91

4. 2050 年廃棄物・資源循環分野のカーボンニュートラルを実現するシナリオ（案）の検討 I-95

4.1 シナリオ（案）の考え方 I-95

4.2 シナリオ（案）の設定 I-95

4.3 各シナリオ（案）における温室効果ガス排出削減対策等の想定の概要 I-96

4.4 各シナリオ（案）の試算結果 I-98

4.5 中長期シナリオ（案）の実現に向けた方策の検討 I-104

5. 検討内容のとりまとめ資料作成 I-118

II. 廃棄物・資源循環分野における 2050 年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現に資する温室効果ガス排出削減対策の検討 II-1

1. 温室効果ガス排出削減の重点対策領域及び取組内容 II-1

1.1 重点対策領域の設定 II-1

1.2 重点対策領域I：資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素 II-5

1.3 重点対策領域II：地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システムの構築 II-21

1.4 重点対策領域III：廃棄物処理施設・車両等の脱炭素化（省エネ化・電化・バイオマスエネルギー利用） II-74

2. 海外主要機関の温室効果ガス排出削減構想のとりまとめ、比較論的整理 II-84

2.1 廃棄物処理の状況、廃棄物処理に伴う温室効果ガス排出量の比較（日本、英国、フランス、ドイツ） II-84

2.2 英国、フランス、ドイツ、EU の廃棄物・資源循環分野の温室効果ガス排出削減シナリオ II-85

3. 温室効果ガス排出削減対策等に関する学識経験者・業界団体・メーカー等ヒアリング実施概要 II-97

III. 持続可能な廃棄物処理システム構築の検討 III-1

1. 検討対象とする廃棄物処理方式 III-1

2. 廃棄物処理方式の処理技術等についての個別技術ごとの検討 III-2

2.1 焼却施設の CO2 分離回収技術 III-2

2.2 熱分解処理技術 III-7

2.3 バイオメタン転換技術 III-12
3. 廃棄物処理方式の選定に関する課題 III-18
Ⅳ. 廃棄物・資源循環分野の 2050 年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現に向けた検討会及び有識者ヒアリングの実施 IV-1
1. 検討会の設置・運営 IV-1
1.1 検討会委員 IV-1
1.2 検討会開催経過 IV-2
2. 有識者ヒアリング実施概要 IV-3

調査概要

業務の目的

地球温暖化問題は、その予想される影響の大きさや深刻さから見て、人類の生存基盤に関わる安全保障の問題と認識されており、最も重要な環境問題の一つである。既に世界的にも平均気温の上昇、雪氷の融解、海面水位の上昇が観測されているほか、我が国においても平均気温の上昇、暴風、台風等による被害、農作物や生態系への影響等が観測されている。地球温暖化対策推進法第 1 条において規定されているとおり、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準で大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させ、地球温暖化を防止することは人類共通の課題である。

政府として、地球温暖化対策の総合的かつ計画的な推進を図るため、平成 28 年 5 月 13 日、地球温暖化対策計画が閣議決定された。第 203 回国会（令和 2 年 10 月）における菅内閣総理大臣所信表明演説では「グリーン社会の実現」として、「2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。第 204 回国会では地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律が成立し、2050 年カーボンニュートラルを基本理念として法定化された。令和 3 年 10 月の地球温暖化対策計画の改定では、2030 年度に 2013 年度比で 46%削減するとの中期目標について、各主体が取り組むべき対策や国の施策を明らかにし、削減目標達成への道筋を付けるとともに、長期的目標として 2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことが位置付けられた。

このような背景のもと、各分野においても「2050 年温室効果ガス排出実質ゼロ」に向けた排出削減策の検討が求められている。本業務は、廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の将来推計モデルの構築、温室効果ガス排出削減に関する対策技術の検討、2050 年カーボンニュートラル実現に向けたシナリオの検討等を目的として実施された。

業務の結果

廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量として、一般廃棄物・産業廃棄物の処理・リサイクルに伴い廃棄物そのものから排出される非エネルギー起源の温室効果ガス排出量と、廃棄物処理・リサイクル施設や廃棄物収集運搬車両におけるエネルギーの使用に伴い排出される CO2 排出量について、1990～2019 年度を対象として算定した。

この結果も踏まえて、廃棄物・資源循環分野において 2050 年カーボンニュートラルを達成するために重点的に実施する対策の方向性や領域、ならびにシナリオ分析で対象とする温室効果ガス排出量の範囲を検討した。重点的に実施する 3 つの対策領域について、温室効果ガス排出削減技術等の文献・ヒアリング調査を実施した。また、温室効果ガス排出削減技術等を講じた場合の現況年度から 2050 年度までの温室効果ガス排出量を推計するモデル（案）を構築した。

将来の廃棄物発生量や現在の処理施設の廃止等の推計結果と、3 つの重点対策領域ごとに選定・調査した対策の導入量・効果に基づいて、廃棄物・資源循環分野における 2050 年 GHG 排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ（案）を検討した。将来排出量シナリオとして、BaU シナリオ、重点対策領域に沿った対策を強度に応じて積み上げた 4 シナリオ、実質排出ゼロを達成するために求められる CCUS 量を加味した 2 シナリオを設定・試算した。その結果、本分野における 2050 年実質ゼロ、さらには実質マイナスを実現できる可能性が示唆されるとともに、これまでの計画等の延長線上の対策では不十分なことが明らかとなった。

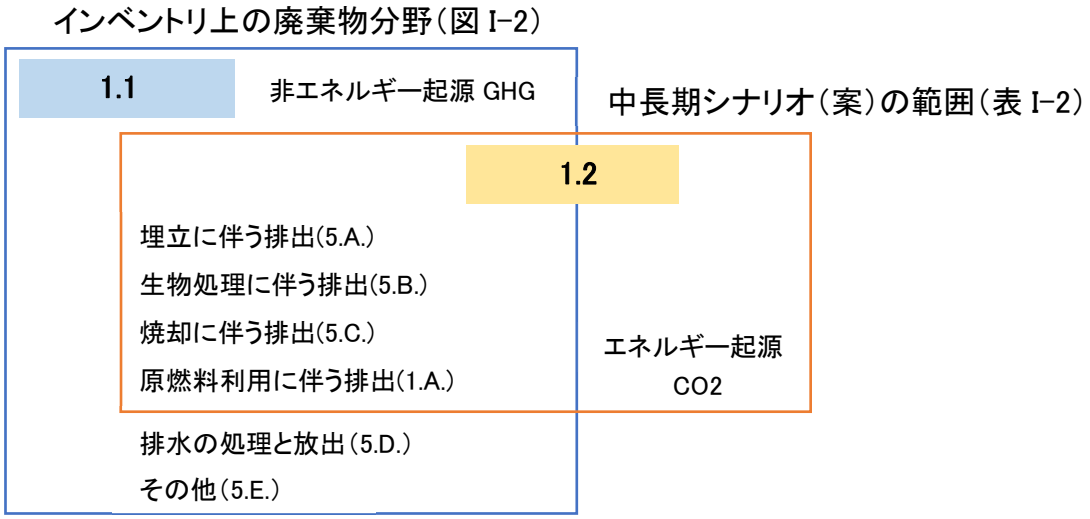
上記の検討結果について、中央環境審議会循環型社会部会で活用するための資料としてとりまとめを行った。また、検討結果や地域循環共生圏の考え方を踏まえつつ、地域の廃棄物処理システムの高度化に資するものとして、廃棄物処理方式の選定に関する課題や処理技術等について検討を行い、整理した。

検討に際しては、学識経験者及び資源循環分野関係専門家等 15 名の委員で構成する検討会を開催した。第 1 回（5 月）、第 2 回（6 月）、第 3 回（7 月）の計 3 回、オンラインで開催した。また、検討会を実施するうえで必要となる専門的な内容の検討のために、有識者へのヒアリングを実施した。

I. 廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の算定、将来推計モデルの構築、2050 年カーボンニュートラルを実現するシナリオ（案）の検討

1. 本検討における廃棄物・資源循環分野の範囲

温室効果ガスインベントリ（以降、「インベントリ」という。）上の廃棄物分野と本検討（中長期シナリオ）の範囲の関係を図 I-1 に示す（詳細は、後述の 1.1、1.2 を参照）。



注：図中「1.1」はインベントリにおける廃棄物分野の範囲、「1.2」は中長期シナリオ（案）の範囲の本章中での記載箇所を示す。

図 I-1　インベントリ上の廃棄物分野、本検討の GHG 排出量の関係

1.1 インベントリ上の廃棄物分野の範囲

インベントリの廃棄物分野の GHG 排出量は 2000～2003 年度をピークに、その後は 2009 年度まで減少傾向が続いたが、近年は横ばいで推移している。2019 年度の廃棄物分野全体の GHG 排出量は約 3,970 万トン CO2 であり、これは 1990 年度からは約 100 万トン CO2、2013 年度からは約 50 万トン CO2 の減少となっている。

2019 年度の内訳をみると、「廃棄物の焼却及び原燃料利用に伴う CO2・CH4・N2O 排出」が約 3,230 万トン CO2 と廃棄物分野全体の約 81%を占めており、「排水処理に伴う CH4・N2O 排出」が約 360 万トン CO2（約 9%）、「埋立に伴う CH4 排出」が約 280 万トン CO2（約 7%）と続いている。

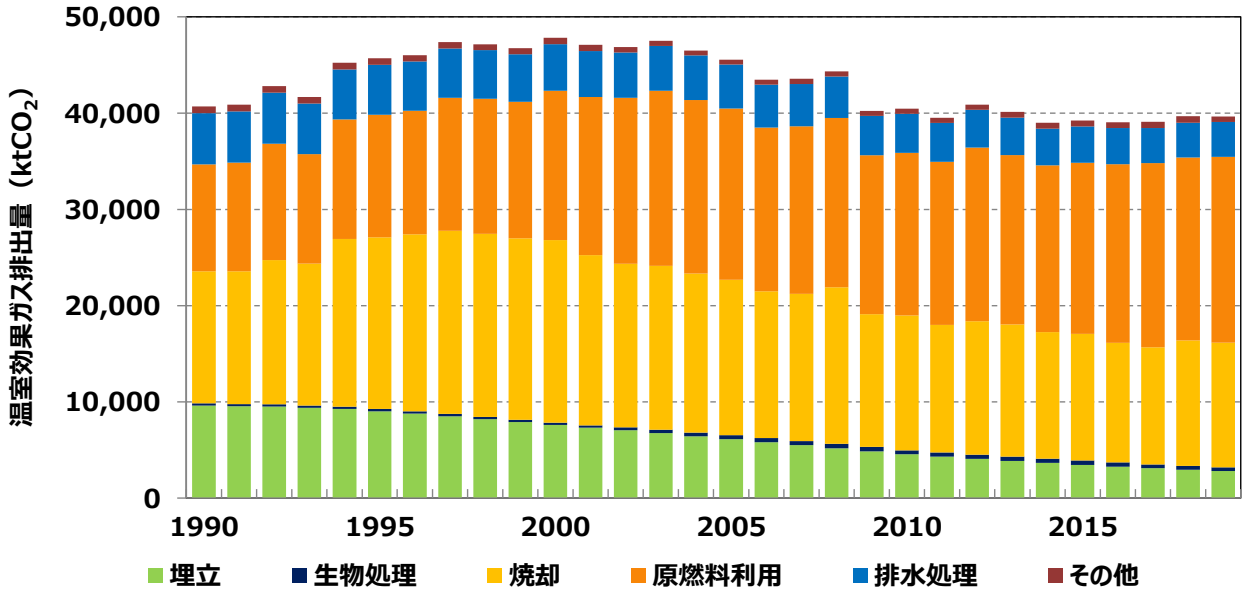


図 I-2　廃棄物分野の温室効果ガス排出量の推移

出典：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2019 年度）確報値（国立研究開発法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス）をもとに MURC 作図

1.2 本検討（中長期シナリオ（案））の範囲

本シナリオでは、2050 年実質排出ゼロ化に向けた検討及び今後の進捗管理を行う GHG 排出を、「廃棄物等の処理及び循環資源の利用に伴う GHG 排出」と定義した。具体的には、廃棄物の収集運搬・中間処理（リサイクルを含む）・最終処分及び循環資源の利用に伴い排出される非エネルギー起源の GHG（CO2・CH4・N2O）及びエネルギー起源の CO2 を、2050 年に実質ゼロ化すべき「廃棄物・資源循環分野の GHG 排出」とした。

表 I-1　本シナリオで把握対象とした廃棄物・資源循環分野の GHG 排出の定義

ＧＨＧ排出源	概要
非エネルギー起源 GHG 排出（2019 年度：約 3,500 万 tCO2）	我が国が毎年、国際連合気候変動枠組条約に基づき条約事務局に提出する温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）における「廃棄物分野」（Waste Sector）の GHG 排出のうち[1)]、廃棄物等を起源とする CO2・CH4・N2O 排出。具体的には、インベントリの「埋立に伴う CH4 排出（5A）」・「生物処理に伴う CH4・N2O 排出（5B）」・「焼却に伴う CO2・CH4・N2O 排出（5C）」・「原燃料利用に伴う CO2・CH4・N2O 排出（1A）」を対象[2) 3)]。
エネルギー起源 GHG 排出（2019 年度：約 900 万 tCO2）	廃棄物の収集運搬・中間処理（リサイクルを含む）・最終処分の各過程において使用される燃料・電気を由来とする CO2 排出。

1）インベントリ報告に関する国際的なガイドラインに基づき、条約事務局に提出するインベントリでは「廃棄物の原燃料利用に伴う CO2・CH4・N2O 排出（1A）」を「エネルギー分野」（Energy Sector）で報告しているが、国内向けに毎年の GHG 排出量を公表する際は廃棄物分野の GHG 排出として集計・報告していることから、実質排出ゼロに係る検討においても、廃棄物・資源循環分野の GHG 排出として取り扱うこととした。

2）インベントリの廃棄物分野には、上記に掲げた GHG 排出源以外に「排水処理に伴う CH4・N2O 排出（5D）」及び「その他の CO2 排出（界面活性剤由来の CO2 排出）（5E）」もある。本検討において GHG 排出量を整理する際は、廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量に併記・集計する場合がある。

3）回収・廃棄された冷蔵庫・空調機器からの HFCs 等の排出削減については、廃棄物・リサイクル事業者による回収率の向上等の対策を講じる必要があるが、代替フロン類からの GHG 削減対策は、改正フロン排出抑制法のもとでグリーン冷媒の開発や製造・使用段階の排出削減対策と合わせて推進されていることから、廃棄物・資源循環分野の GHG 排出には含めないこととした。

表 I-2　本検討で対象とした廃棄物・資源循環分野の GHG 排出源

活動分野	排出源	活動の種類	算定する GHG の種類※1				インベントリ計上分野
			CO2		CH4	N2O	
			エネ起	非エネ起			
収集運搬	収集運搬車両	収集運搬車両の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
中間処理（焼却等）	中間処理施設	廃棄物の焼却	－	○	○	○	廃棄物
		エネルギー回収を伴う廃棄物の焼却	－	○	○	○	廃棄物
		施設の電気・燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
	車両・重機	施設内車両・重機の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
		中間処理残渣輸送車両の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
リサイクル	中間処理施設	施設の電気・燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
		有機性廃棄物の堆肥化	－	－	○	○	廃棄物
	車両・重機	施設内車両・重機の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
		資源化施設での残渣輸送車両の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
		その他輸送車両の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
埋立	最終処分場	廃棄物の埋立	－	－	○	－	廃棄物
		場内施設の電気・燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
	車両・重機	場内車両・重機の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
排水処理	排水処理施設	し尿処理施設の電気・燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
		コミュニティ・プラントの電気・燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
	車両	処理残渣等の輸送車両の燃料使用	○	－	△	△	エネルギー
原燃料利用	工場等	廃棄物を原料として製造される燃料の使用	－	○	○	○	廃棄物
その他	その他	廃棄物の不適正処分※2	－	－	○	－	廃棄物

出典：日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2021 年 4 月、国立研究開発法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス）を参考に MURC 作成

※1：凡例　○：GHG 排出量を算定
　　△：活動量の把握や排出係数設定等の都合により，GHG 排出量の算定を見送り
　　－：GHG 排出量算定の対象外

※2：過去に不適正処分された廃棄物から発生する CH4 を算定対象としており、将来の発生は設定していない。

2. 廃棄物・資源循環分野におけるこれまでの温室効果ガス排出量の算定結果

本シナリオにおいて 2050 年に実質排出ゼロ化する温室効果ガス排出量に関し、1990～2019 年度の排出量を整理した。

2.1 廃棄物分野の温室効果ガス排出量算定結果

後述する GHG 排出量算定方法を用い、廃棄物・資源循環分野における 1990～2019 年度の排出源別の GHG 排出量を推計した結果を以下に示す。なお、インベントリに基づき、活動量の最新年度（現況年度）は 2019 年度としている。

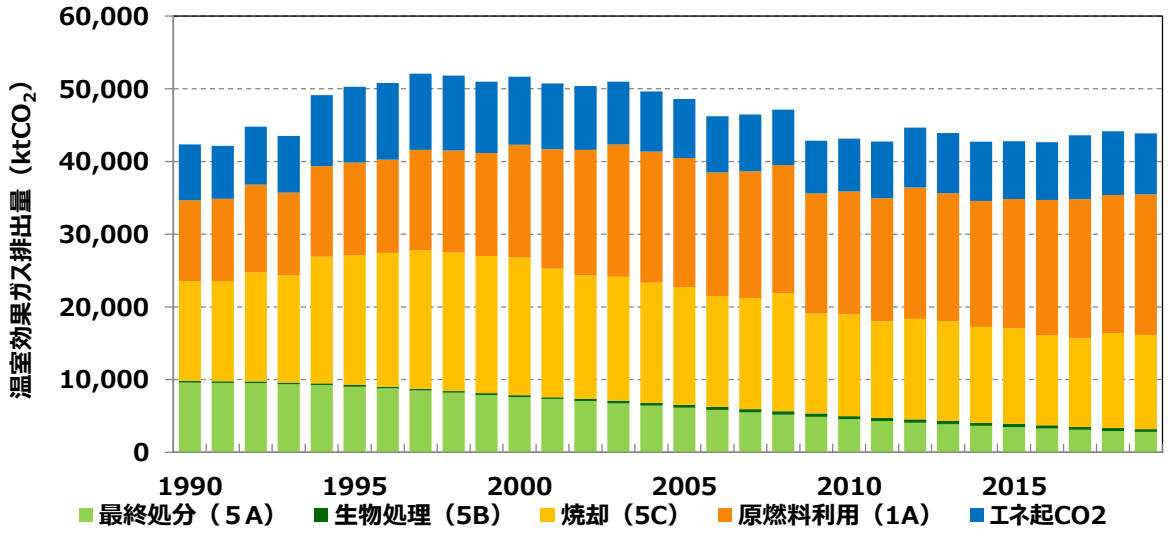
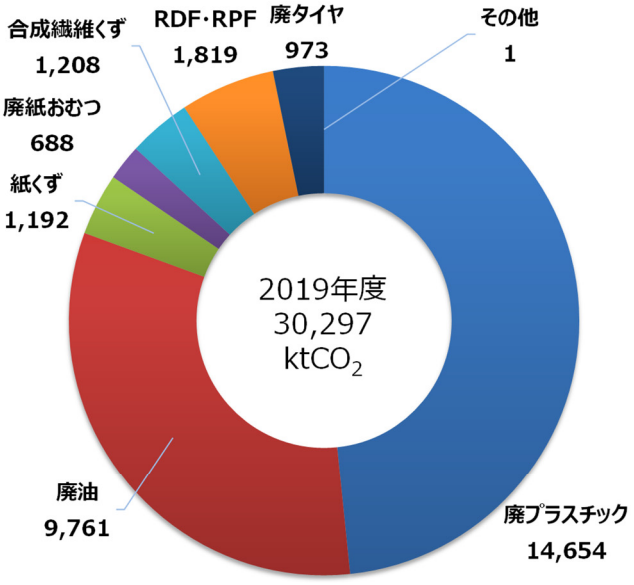


図 I-3　1990～2019 年度の廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量の推移

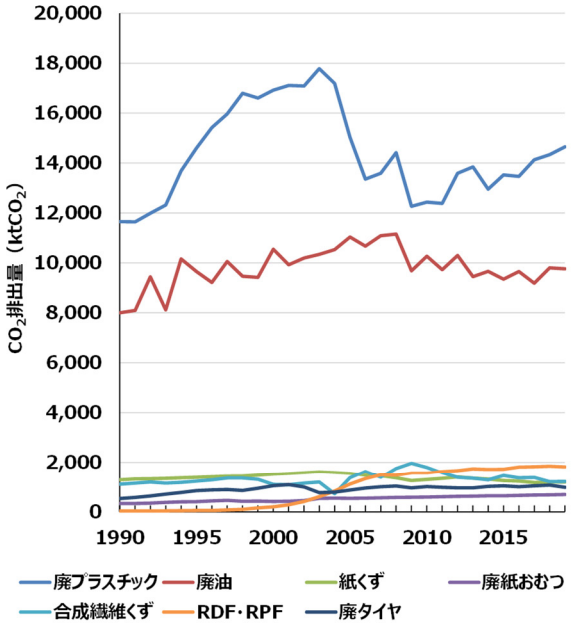
出典：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2019 年度）確報値（国立研究開発法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス）等をもとに MURC 作図

（1）廃棄物の焼却・原燃料利用に伴う CO2 排出

廃棄物・資源循環分野の GHG 排出のうち、廃棄物の焼却・原燃料利用に伴う CO2 排出量（2019 年度）とその 1990～2019 年度の経年変化を以下に示す。2019 年度の廃棄物分野の GHG 排出量の 80.6%を廃棄物の焼却・原燃料利用に伴う CO2 排出が占めており（約 3,030 万トン CO2）、うち、廃プラスチック（一般廃棄物・産業廃棄物）及び廃油（産業廃棄物）からの CO2 排出が約 5 分の 4 を占める。



廃棄物の焼却･原燃料利用に伴うCO_2排出量の内訳
（2019年度）（単位：$ktCO_2$）



廃棄物の焼却･原燃料利用に伴うCO_2排出量
の経年変化

図 I-4　廃棄物の焼却・原燃料利用に伴う CO2 排出量（2019 年度）とその経年変化

出典：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2019 年度）確報値（国立研究開発法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス）をもとに MURC 作図

（2）廃プラスチック・廃油からの CO2 排出

＜廃プラスチック＞

2019 年度の廃プラスチックの焼却・原燃料利用に伴う CO2 排出量は約 1,470 万トン CO2 であり、一般廃棄物由来は約 680 万トン CO2（約 46%）、産業廃棄物由来は約 730 万トン CO2（約 50%）とほぼ同程度となっている。一般廃棄物・産業廃棄物とも、焼却に伴う CO2 排出が最も多い。

＜廃油＞

廃油の焼却に伴う CO2 排出量は 2000 年代後半以降、1,000 万トン CO2 前後で推移している。2019 年度は約半分の排出を燃料利用（廃潤滑油の再生重油としての利用や廃溶剤の燃料利用等）が占めている。

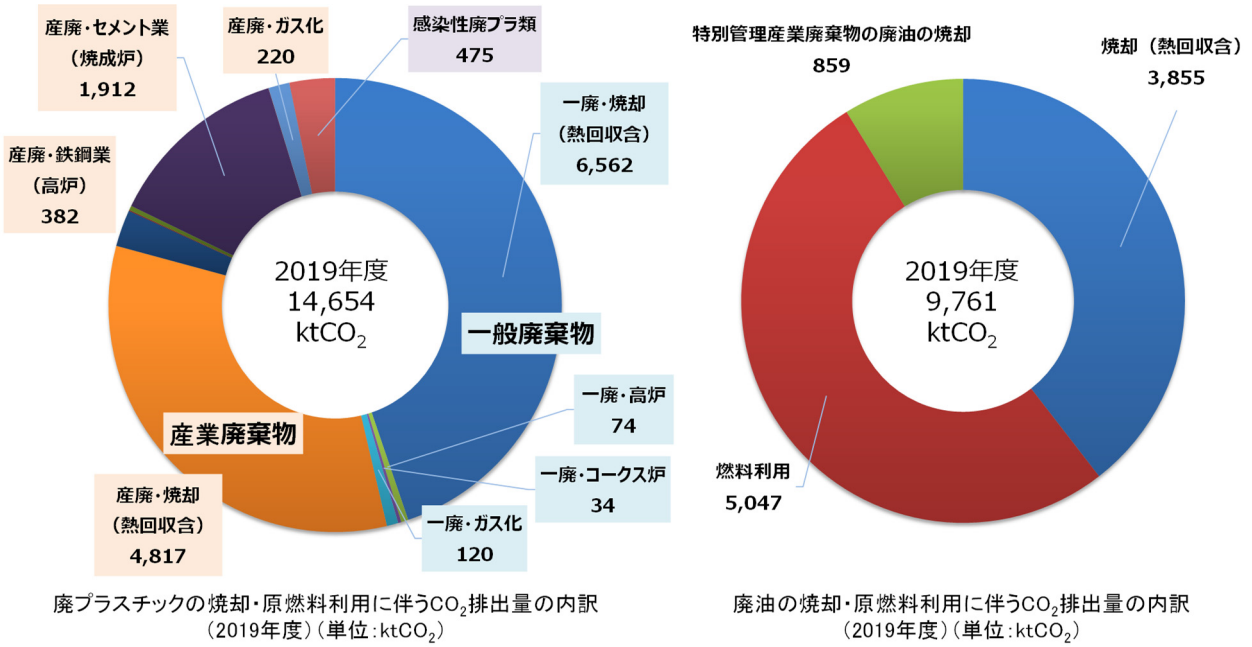


図 I-5　廃プラスチック及び廃油由来の CO2 排出の状況（2019 年度）

出典：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2019 年度）確報値（国立研究開発法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス）をもとに MURC 作図

2.2 非エネルギー起源の温室効果ガス排出量の算定

1990～2019 年度の非エネルギー起源の CO2・CH4・N2O 排出量は、本検討の着手時点（2021 年 4 月）で最新のインベントリ（2021 年 4 月 15 日に国際連合気候変動枠組条約事務局に提出された 1990～2019 年度の温室効果ガス排出・吸収目録）と同一の GHG 排出係数・活動量・排出量算定方法を用いて算定した[1]。算定の概要を以下に示す。なお、算定方法の詳細については環境省ホームページを参照のこと[2]。

（1）非エネルギー起源 GHG 排出量算定方法

1) 有機性廃棄物の埋立（CH4）

(a) 排出量算定方法

最終処分された有機性廃棄物のうち、算定対象年度内に最終処分場内で分解した有機性廃棄物量に、有機性廃棄物の種類別の排出係数及び最終処分場覆土によるメタンの分解係数（1-酸化係数）を乗じて算定した。CH4 排出係数は最終処分場の構造別（好気性構造/嫌気性構造別）に設定される値を使用した。

(b) 算定対象の廃棄物

中間処理後最終処分または直接最終処分された一般廃棄物及び産業廃棄物の食物くず、紙くず、天然繊維くず、木くず、下水汚泥、し尿処理汚泥、浄水汚泥、製造業有機性汚泥、動物のふん尿、津波堆積物を算定対象とした。

2) 有機性廃棄物の生物処理（CH4･N2O）

(a) 排出量算定方法

有機性廃棄物の種類別のコンポスト化量に、有機性廃棄物の種類別に設定される CH4・N2O 排出係数を乗じて算定した。

(b) 算定対象の廃棄物

コンポスト化された一般廃棄物及び産業廃棄物の食物くず･動植物性残渣、紙くず、天然繊維くず、その他の可燃ごみ、し尿処理・浄化槽汚泥、下水汚泥のほか、副資材として投入される木くずを算定対象とした。

3) 廃棄物の焼却（CO2･CH4･N2O）

(a) 排出量算定方法

a) CO2

廃棄物の種類別の焼却量に、廃棄物の種類別に設定される CO2 排出係数を乗じて算定した。

b) CH4･N2O

一般廃棄物については、燃焼方式別の焼却量に、燃焼方式別（全連続燃焼式焼却炉・准連続燃焼式焼却炉・バッチ燃焼式焼却炉・溶融炉）の CH4・N2O 排出係数を乗じて算定した。産業廃棄物については、廃棄物種類別にそれぞれの CH4・N2O 排出係数と焼却量を乗じて算定した。N2O 排出

[1] インベントリにおける GHG 排出量は毎年見直しが行われており、今後、廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量は変わり得る。本報告書における推計結果はあくまで 2021 年 4 月提出版のインベントリに基づくものであることに留意が必要である。

[2] 算定方法の詳細は環境省ホームページ「温室効果ガス排出・吸収量の算定方法」を参照。
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/methodology/

係数の値が大きな下水汚泥については、凝集剤別・炉種別に排出係数を設定し、さらに高分子系凝集剤・流動床炉については、燃焼温度別に排出係数を設定した。

(b) 算定対象の廃棄物

焼却された一般廃棄物及び産業廃棄物の紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残渣、廃プラスチック、廃油、汚泥を算定対象とした。

4) 廃棄物の原燃料利用（CO2･CH4･N2O）

(a) 排出量算定方法

エネルギー回収を伴う廃棄物焼却炉で焼却された廃棄物からの CO2・CH4・N2O 排出については、「廃棄物の焼却（CO2･CH4･N2O）」と同様の算定方法を用いた。原燃料利用された廃棄物からの CO2・CH4・N2O 排出については、廃棄物の種類別の原燃料利用量に、廃棄物の種類別の CO2・CH4・N2O 排出係数を乗じて算定した。

(b) 算定対象の廃棄物

エネルギー回収を伴う廃棄物焼却炉で焼却された廃棄物からの CO2・CH4・N2O 排出については、焼却された一般廃棄物及び産業廃棄物の紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残渣、廃プラスチック、廃油、汚泥を算定対象とした。原燃料利用された廃棄物からの CO2・CH4・N2O 排出については、一般廃棄物中のプラスチックの高炉還元剤利用量・ガス化利用量・コークス炉化学原料利用量・油化利用量及び産業廃棄物中の廃プラスチック類・廃油の原燃料利用量、廃タイヤの原燃料利用量、ごみ固形燃料の利用量を算定対象とした。

（2）過年度の非エネルギー起源 GHG 排出量推計結果

1990～2019 年度の非エネルギー起源 GHG 排出量の推計結果を以下に示す。

表 I-3　1990～2019 年度の非エネルギー起源 GHG 排出量推計結果

（単位：$ktCO_2$）

排出源	ガス	1990	2000	2010	2015	2019
廃棄物の焼却	CO2	12,248	16,789	12,486	11,655	11,485
廃棄物の原燃料利用		10,675	14,943	16,452	17,309	18,812
有機性廃棄物の埋立	CH4	9,605	7,612	4,553	3,467	2,811
有機性廃棄物の生物処理		54	54	93	102	89
廃棄物の焼却		28	21	12	10	11
廃棄物の原燃料利用		59	74	114	135	139
有機性廃棄物の生物処理	N2O	181	181	309	340	295
廃棄物の焼却		1,438	2,156	1,515	1,498	1,480
廃棄物の原燃料利用		381	494	337	323	347
合計		34,669	42,325	35,870	34,838	35,469

2.3 エネルギー起源 CO2 排出量の算定

1990～2019 年度のエネルギー起源の CO2 排出量の算定の概要を以下に示す。

（1）一般廃棄物処理

1) 2016 年度の算定

一般廃棄物処理によるエネルギー起源 CO2 排出量について、「一般廃棄物処理事業実態調査（平成 28 年度実績）」（以下、「実態調査（2016 年度実績）」という。）の調査結果を用いて、処理プロセスごとに算定・整理した。

実態調査（2016 年度実績）の施設整備状況調査の回答や処理状況調査の回答のうち、公共施設あるいは市町村における処理量が、正値である、回答状況と活動量の関係に矛盾がない、「全量把握」と回答した燃料では正の活動量があり「未使用」と回答した燃料では 0 の活動量がある等、回答に一定の一貫性があることから集計対象としてデータを採用した施設または市町村（以下、「有効施設又は有効市町村」という。）について、処理プロセスごとに電気（受電）、電気（送電）、燃料（使用）、熱供給におけるエネルギー使用量及び CO2 排出量を整理した。

そのうえで、「有効施設」又は「有効市町村」のデータを利用して、有効以外の公共施設又は市町村（以下、「無効施設」又は「無効市町村」という。）および民間施設（焼却施設を除く。）の電気（受電）、電気（送電）、燃料（使用）のエネルギー使用量を試算した。

一般廃棄物の処理プロセス別のエネルギー消費量・外部供給量の試算結果を表 I-4 に示す。電気（受電）、電気（送電）、燃料（使用）、熱供給について、比較しやすいよう、単位を GWh に統一した。詳細を(a)及び(b)に記載した。

表 I-4　処理プロセス別のエネルギー消費量・外部供給量の試算結果（2016 年度実績（一般廃棄物））

	処理量（kt、下段は割合） 公共		民間	電気（受電）	燃料（使用）	CO_2	電気（送電）	熱供給
	有効(%)	無効(%)	民間(%)	GWh	GWh	kt-CO_2	GWh	GWh
収集	37,245（1,762市区町村）			0	1,783	445	－	－
	28	43	28					
焼却施設	35,587（1,480施設）			2,766	3,581	2,486	5,174	998
	60	35	5					
粗大ごみ処理施設	1,825（772施設）			195	48	111	－	－
	30	59	12					
資源化等施設	9,609（3,097施設）			1,182	772	803	－	－
	9	13	78					
ごみ燃料化施設	823（223施設）			164	528	215	5	－
	47	31	22					
その他の施設	300（206施設）			98	11	53	－	－
	10	35	55					
最終処分場（浸出液処理）	4,311（1,840施設）			117	30	68	－	―
	35	35	30					
最終処分場（埋立作業）	4,311（1,840施設）			7	47	15	－	―
	30	40	30					
し尿処理施設・汚泥再生処理センター	20,009（996施設）			988	617	664	－	―
	68	31	1					
コミュニティプラント	19,567（290施設）			245	0.03	126	－	―
	61	39	－					
残渣輸送（上記各施設より）	－			4	219	57	－	－
合計				5,766	7,637	5,044	5,179	998

出典：平成 28 年度一般廃棄物処理事業実態調査結果より作成
※燃料（使用）と熱供給の活動量は 3.6MJ=1kWh で kWh に変換した。CO_2=受電×電気の排出係数：0.516kg-CO_2/kWh　＋燃料×燃料の排出係数：各処理プロセスの加重平均値kg-CO_2/MJ
有効：公共施設のうち、処理量が正値、回答状況と活動量の関係に矛盾がないことや、「全量把握」と回答した燃料では正の活動量があり、「未使用」と回答した燃料では 0 の活動量がある等の回答に一定の一貫性があると考えられ集計対象としてデータを採用した施設又は市町村
無効：有効以外の公共施設（エネルギー消費量等は「有効」施設のデータに基づき推定した。民間施設（焼却施設を除く。）も同様）

(a) 有効施設の整理及び集計

焼却施設、燃料化施設、資源化施設及びし尿処理施設について、施設種類や処理能力ごとに燃料・電気使用量原単位の傾向を確認した。集計対象は公共の有効施設のみである。

a) 焼却施設

【焼却施設における燃料・電気使用状況】

公共の焼却施設のうち、処理能力が「100t 以上 300t 未満」の施設数は 219 と全体の 42%を占める。次いで、「100t 未満」が 200 で全体の 39%を占める。燃料使用量（GJ）は処理能力「100t 未満」と「100t 以上 300t 未満」で全体の約 6 割を占める。燃料使用による発熱量原単位(MJ/t)で見ると、処理能力が小さくなるほど、燃料使用量原単位が大きくなる傾向が見られる。

公共の焼却施設のうち、施設種類が「ガス化溶融炉（シャフト式）」の施設数は 31 と全体の 6%と小さい。しかしこれら「ガス化溶融炉（シャフト式）」施設の燃料使用量（GJ）は、全体の 46%と施設種類の中で最も多い。燃料使用による発熱量原単位（MJ/t）で見た場合、最も大きいのは「その他」施設、次いで「炭化」施設、「ガス化溶融炉（シャフト式）」施設が多い結果になった。「その他」施設には 3 施設あり、灰溶融固形化施設及び RDF センター（RDF 専焼施設）である。

炉型別にみると、燃料使用による発熱量原単位（MJ/t）では、「バッチ運転」が大きい。一方、算術平均・加重平均では、全連続が准連続を上回っている。

表 I-5　処理能力別から見た焼却施設の燃料・電気使用状況（既存施設のエネルギー原単位）

処理能力	施設数		年間処理量 (t)	燃料使用量 (GJ)		燃料使用による発熱量原単位 (MJ/t)					電気使用量 (MWh)		電気使用量原単位（kWh/t）				
						算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値			算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
100t未満	200	39%	1,817,156	710,356	12%	773	391	28,148	0	202	309,673	-14%	219	170	1,485	-265	190
100t以上300t未満	219	42%	8,150,275	2,671,903	47%	336	328	3,552	2	69	-180,863	8%	31	-22	1,572	-825	94
300t以上500t未満	54	10%	4,701,746	1,781,391	31%	336	379	2,543	1	45	-766,630	35%	-151	-163	118	-392	-141
500t以上1000t未満	38	7%	5,072,000	496,972	9%	99	98	1,687	9	37	-1,220,562	56%	-236	-241	-13	-382	-232
1000t以上	5	1%	1,440,651	43,150	1%	30	30	43	16	31	-330,922	15%	-228	-230	-143	-278	-239
総計／全体	516	100%	21,181,827	5,703,772	100%	485	269	28,148	0	97	-2,189,304	100%	63	-103	1,572	-825	113

表 I-6　施設種類別から見た焼却施設の燃料・電気使用状況（既存施設のエネルギー原単位）

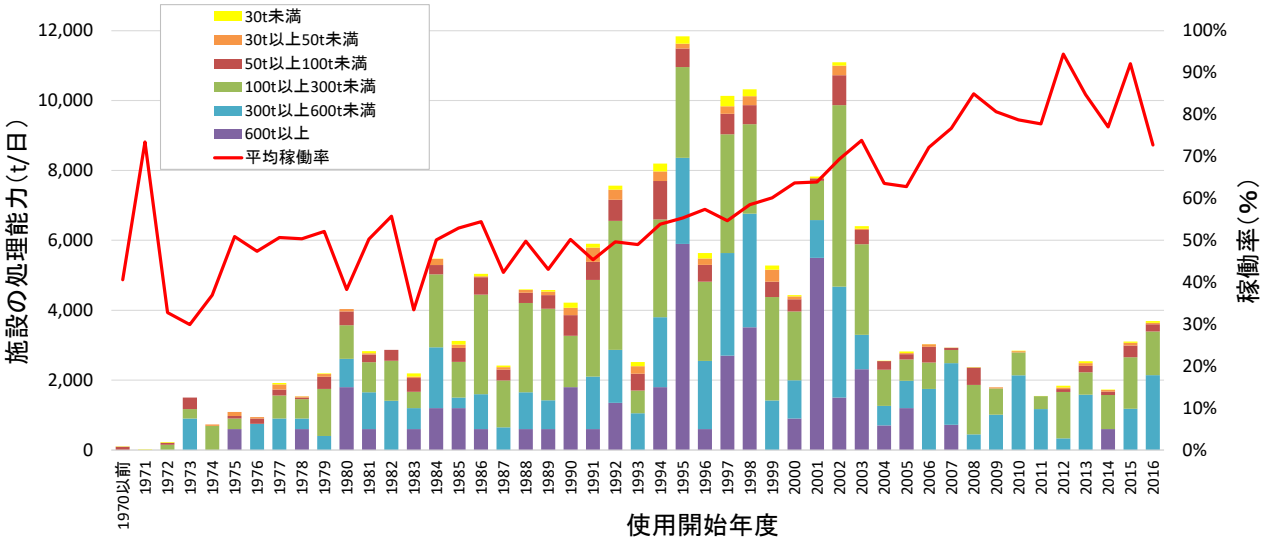
施設種類	施設数		年間処理量 (t)	燃料使用量 (GJ)		燃料使用による発熱量原単位 (MJ/t)					電気使用量 (MWh)		電気使用量原単位（kWh/t）				
						算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値			算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
焼却炉（灰溶融無）	413	80%	15,662,959	1,242,642	22%	300	79	28,148	0	73	-1,445,133	66%	75	-92	1,485	-825	124
焼却炉（灰溶融有）	38	7%	2,528,904	768,540	13%	495	304	2,543	22	102	-417,477	19%	-33	-165	424	-334	-117
ガス化溶融炉（シャフト式）	31	6%	1,532,275	2,631,996	46%	1,881	1,718	3,484	740	1,782	-255,278	12%	-39	-167	571	-454	-25
ガス化溶融炉（流動床式、回転式）	28	5%	1,383,897	966,100	17%	866	698	2,693	115	604	-70,701	3%	32	-51	485	-248	-34
炭化	3	1%	27,844	34,099	1%	2,599	1,225	6,454	151	1,193	10,166	0%	402	365	447	315	444
その他	3	1%	45,948	60,394	1%	5,685	1,314	13,316	187	3,552	-10,880	0%	545	-237	1,572	-670	733
総計／全体	516	100%	21,181,827	5,703,772	100%	485	269	28,148	0	97	-2,189,304	100%	63	-103	1,572	-825	113

表 I-7　炉型別から見た焼却施設の燃料・電気使用状況（既存施設のエネルギー原単位）

炉型	施設数		年間処理量 (t)	燃料使用量 (GJ)		燃料使用による発熱量原単位 (MJ/t)					電気使用量 (MWh)		電気使用量原単位（kWh/t）				
						算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値			算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
全連続運転	354	69%	19,694,090	5,351,042	94%	385	272	13,316	1	63	-2,427,317	111%	-6	-123	1,572	-825	5
バッチ運転	82	16%	346,657	136,531	2%	1,087	394	28,148	3	412	62,699	-3%	250	181	1,485	7	207
准連続運転	80	16%	1,141,080	216,198	4%	312	189	6,454	0	135	175,315	-8%	173	154	447	0	165
総計／全体	516	100%	21,181,827	5,703,772	100%	485	269	28,148	0	97	-2,189,304	100%	63	-103	1,572	-825	113

【焼却施設における使用開始年度の現状】

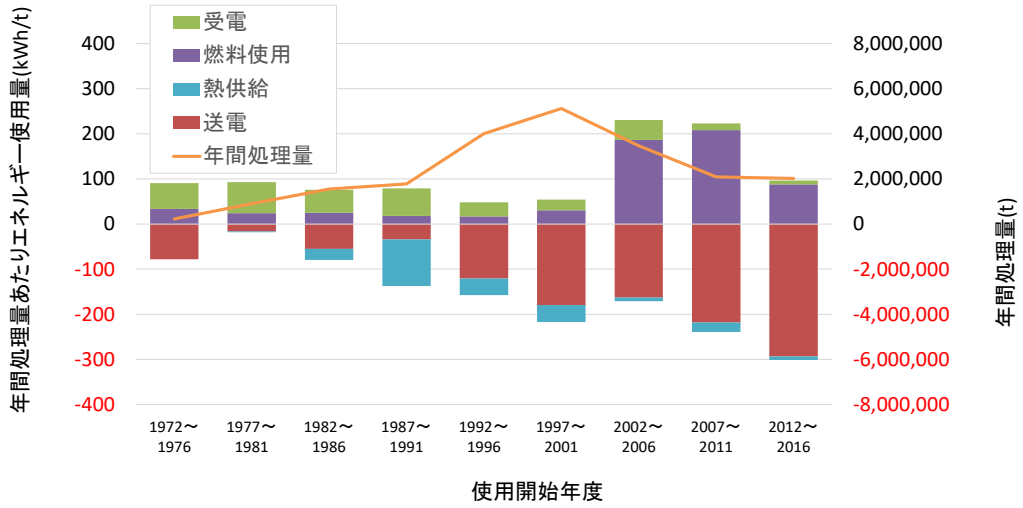
図 I-6 に示すように、2003 年度までに運転が開始された施設の処理能力が大きく、2004 年度以降は毎年 3000t/日程度が運転開始されている。なお、稼働率は例えば 1998 年度に比べて低下している。（10 年以上経過した施設の稼働率が低下している。）



平成 28 年度一般廃棄物処理実態調査結果より作成。処理能力の区分は、「日本の廃棄物処理」に合わせた。
平均稼働率は施設ごとの稼働率の算術平均として算出。施設ごとの稼働率＝年間処理量÷（処理能力×280）
公共施設のみ（休廃止施設また年間処理量が 0 の施設を含む）

図 I-6　焼却施設における使用開始年度別処理能力規模別の処理能力量の分布（既存ストック）

図 I-7 に示すように、年間処理量あたり送電量（原単位）は、新しい施設ほど増大傾向にあり、受電量原単位は近年の施設は小さい。外部熱供給量原単位は、最近（2002 年以降）よりも、過去の施設（1982 年以降）の方が大きい。燃料使用量原単位は 2002 年以降の施設が大きくなっている。基幹改良の効果も含まれている可能性がある。



公共施設の有効施設のみ（年間処理量が 0 ではない 7 廃止施設を含む）

図 I-7　焼却施設における使用開始年度別エネルギー使用量・供給量原単位の状況（既存施設のエネルギー原単位）

b) 燃料化施設

公共のごみ燃料化施設について、固形燃料化（RDF）施設以外は、エネルギー使用量の計算に適用したデータ（施設）件数が少なく、傾向は不明であった（表 I-8）。今後、固形燃料化（RDF）施設が減少する場合、燃料化施設における燃料使用量は減少する可能性がある。

表 I-8　焼却施設の施設種類別燃料・電気使用状況（既存施設のエネルギー原単位）

施設種類	施設数	年間処理量 (t)	燃料使用量 (GJ)	電気 (受電) (MWh)	電気 (送電) (MWh)	燃料使用量原単位 (MJ/t)					電気（受電）原単位 (kWh/t)					電気（送電）原単位 (kWh/t)				
						算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
固形燃料化 (RDF)	32	360,160	881,902	75,754	0	2,862	2,449	6,345	0	2,679	223	210	400	0	228	0	0	0	0	0
メタン化	4	30,025	1,414	2,232	2,361	159	47	559	0	38	127	74	300	30	88	41	79	166	0	0
BDF 化	1	6	6	11	0	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026	1,869	1,869	1,869	1,869	1,869	0	0	0	0	0
その他	1	422	26	25	0	61	61	61	61	61	59	59	59	59	59	0	0	0	0	0
計/全体	38	390,613	883,348	78,023	2,361	2,455	2,261	6,345	0	2,501	252	200	1,869	0	227	4	6	166	0	0

公共施設の有効施設のみ（休廃止施設また年間処理量が 0 の施設を含む）
出典：平成 28 年度一般廃棄物処理実態調査結果より作成

c) 資源化施設

公共の資源化施設のうち、292 の有効施設の結果を表 I-9 に示す。「その他」の燃料使用量が多いが、「その他」にはエコセメント化施設が含まれる。公共施設の範囲でいえば、今後の燃料使用量の動向はエコセメント化施設の動向による影響が大きい。

表 I-9　施設種類別の施設数と燃料・電気使用状況

施設種類	施設数	年間処理量（t）	燃料使用量 (GJ)	電気 (受電) (MWh)	燃料使用量原単位 (MJ/t)					電気（受電）原単位 (kWh/t)				
					算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
ごみ堆肥化施設	34	49,808	6,379	4,641	292	128	6,172	0	46	195	93	2,450	1	92
ごみ飼料化施設	1	5,394	2,898	2,038	537	537	537	537	537	378	378	378	378	378
ストックヤード	35	59,677	8,597	2,780	151	144	1,312	0	81	87	47	726	4	33
リサイクルプラザ (センター)	161	526,864	67,759	43,534	157	129	9,570	0	53	119	83	1,581	1	78
容器包装リサイクル推進施設	44	115,197	14,296	5,781	344	124	4,084	0	68	69	50	260	3	55
その他	17	113,517	632,181	34,064	533	5,569	7,923	0	84	78	300	414	0.2	18
計/全体	292	870,458	732,110	92,839	223	841	9,570	0	55	115	107	2,450	0.2	64

d) し尿処理施設

【し尿処理施設における燃料・電気使用状況】

公共の有効施設 590 施設について、汚水処理方式別、汚泥処理方式別、資源化処理方式別に集計した結果を表 I-10、表 I-11、表 I-12 に示す。

汚水処理方式別に電気の使用量原単位が顕著に異なるわけではないが、膜分離方式がやや大きく、嫌気性方式がやや少ない。燃料使用量原単位も処理方式による顕著な違いはないが、標脱及び好気がやや小さい。一方、近年増加している「その他」（複数の処理方式を選択している場合が含まれる。）の該当施設数が多いこともあり、明確な傾向は不明であった。[3]

表 I-10　汚水処理方式別のし尿処理施設の燃料・電気使用状況

汚水処理方式(集計用)	施設数	年間処理量					処理能力合計				燃料･電気使用量の合計		燃料使用量原単位(MJ/kl)					電気使用量原単位(kWh/kl)				
		し尿合計(kl)	浄化槽汚泥合計(kl)	有機性廃棄物合計(t)	その他合計(kl)	合計(kl)	し尿・浄化槽汚泥(kl/日)	有機性廃棄物(t/日)	資源化能力(t/日)	計画メタンガス(バイオガス)量(m³/日)	燃料使用(GJ)	電気使用量(MWh)	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
標脱	157	1,139,258	2,928,809	2,866	70,184	4,141,117	17,064	524	158	776	464,720	215,484	120	112	653	0	68	69	52	757	2	56
高負荷	102	858,582	1,492,126	5,971	7,778	2,364,456	9,483	20	52	0	343,586	123,322	232	145	2,573	0	120	78	52	975	24	57
好気	39	243,059	513,848	3,623	0	760,530	3,040	22	112	452	59,706	34,580	125	79	467	0	44	84	45	294	19	62
膜分離	25	132,120	342,331	216	4,943	479,610	1,727	38	14	0	71,365	28,601	207	149	892	0	176	69	60	166	36	65
嫌気	19	150,209	141,125	0	184	291,518	1,466	2	10	2,654	39,705	8,307	161	136	480	0	130	39	28	204	1	32
その他	248	1,636,502	3,897,157	15,132	12,598	5,561,390	23,321	343	353	7,262	681,825	267,299	158	123	4,267	0	36	83	48	2,702	2	55
計/全体	590	4,159,729	9,315,396	27,809	95,687	13,598,620	56,101	948	700	11,144	1,660,908	677,592	160	122	4,267	0	61	76	50	2,702	1	56

公共施設の有効施設のみ（休廃止施設また年間処理量が 0 の施設を含む）
有機性廃棄物の年間処理量 t を kl とみなした。加重平均＝Σ燃料÷Σ処理量
処理方式が複数選択の施設について、「その他」に分類されている

[3] 別途に複数方式を前提に回帰分析を実施した結果、規模（処理量）増大により電気使用量は逓減するほか、汚水処理方式のうち「嫌気」・ 「下水投入（一次処理含む）」 は電気使用量が少なく、「標脱」・「高負荷」の脱窒素及び「膜分離」で電気使用量が増加する傾向があると考えられた。

汚泥の焼却や乾燥を行っている施設で燃料使用量の原単位が大きい傾向にある。電気使用量の原単位は、汚泥処理方式によって顕著な違いは見られない。

表 I-11　汚泥処理方式別のし尿処理施設の燃料・電気使用状況

汚泥処理方式の組み合わせ種類	施設数	年間処理量					処理能力合計				燃料・電気使用量の合計		燃料使用量原単位（MJ/kl）					電気使用量原単位（kWh/kl）				
		し尿合計 (kl)	浄化槽汚泥合計 (kl)	有機性廃棄物合計 (t)	その他合計 (kl)	合計 (kl)	し尿・浄化槽汚泥 (kl/日)	有機性廃棄物 (t/日)	資源化能力 (t/日)	計画メタンガス(バイオガス)量 (m3/日)	燃料使用 (GJ)	電気使用量 (MWh)	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
脱水	243	1,804,013	3,972,019	17,219	22,490	5,815,741	519	24,268	303	6,239	162,604	266,954	42	28	608	0	0	74	46	2,702	1	50
脱水、乾燥、焼却	133	953,258	2,323,332	3,444	3,071	3,283,106	162	13,105	93	1,506	778,695	184,401	276	237	2,573	0	228	77	56	1,249	22	59
脱水、焼却	60	389,576	1,129,041	0	66,287	1,584,904	37	6,150	49	269	170,998	66,861	171	108	1,421	0	117	58	42	166	2	54
脱水、乾燥	57	498,841	812,387	3,933	1,364	1,316,526	126	5,282	147	2,501	219,449	73,628	261	167	2,533	0	207	94	56	757	31	60
焼却	39	139,691	467,304	59	1,396	608,449	2	2,834	27	0	239,591	39,249	369	394	4,267	0	265	85	65	337	20	74
その他	31	184,018	191,515	3,021	177	378,731	21	2,385	53	3	4,343	14,377	117	11	2,470	0	0	91	38	1,160	7	28
乾燥	9	72,375	116,580	0	154	189,109	78	651	15	0	35,218	11,178	256	186	716	48	183	64	59	84	36	65
脱水、乾燥、焼却、その他	5	43,555	110,168	0	0	153,723	0	395	4	0	26,562	6,151	188	173	372	7	143	61	40	117	31	40
乾燥、焼却	4	19,434	77,868	14	748	98,064	0	328	1	0	14,556	4,705	231	148	405	107	207	88	48	196	32	61
脱水、その他	4	27,963	50,887	0	0	78,850	0	245	1	0	0	4,133	0	0	0	0	0	56	52	74	44	53
脱水、乾燥、その他	3	17,264	34,663	118	0	52,045	3	227	7	626	4,014	3,894	71	77	92	44	76	81	75	106	53	85
乾燥、その他	1	8,820	22,967	0	0	31,787	0	110	1	0	4,878	1,595	153	153	153	153	153	50	50	50	50	50
脱水、焼却、その他	1	922	6,664	0	0	7,586	0	120	0	0	0	465	0	0	0	0	0	61	61	61	61	61
合計	590	4,159,729	9,315,396	27,809	95,687	13,598,620	948	56,101	700	11,144	1,660,908	677,592	160	122	4,267	0	61	76	50	2,702	1	56

公共施設の有効施設のみ（休廃止施設また年間処理量が 0 の施設を含む）
有機性廃棄物の年間処理量 t を kl とみなした。加重平均＝Σ 燃料÷ Σ 処理量

資源化を実施していないし尿処理施設（「空白」（資源化なし））に比べ、資源化を実施している施設での燃料・電気使用量原単位が特に大きいようには見えない。「助燃剤製造」では、燃料使用量原単位が顕著に小さく、電気使用量原単位も比較的小さいようである。「炭化」で燃料使用量原単位が大きい可能性が示唆される。

表 I-12　資源化処理方式別のし尿処理施設の燃料・電気使用状況（有効施設のみ）

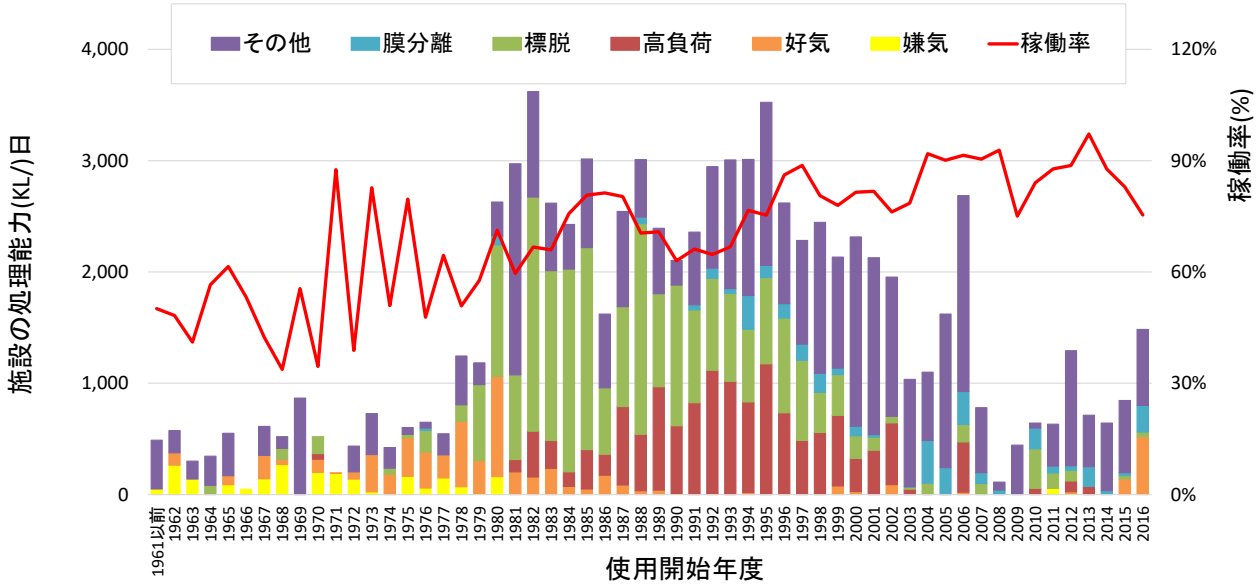
資源化処理方式の組み合わせ種類	施設数	年間処理量					処理能力				燃料･電気使用量の合計		燃料使用量原単位 (MJ/kl)					電気使用量原単位 (kWh/kl)				
		し尿合計 (kl)	浄化槽汚泥合計 (kl)	有機性廃棄物合計 (t)	その他合計 (kl)	合計 (kl)	し尿・浄化槽汚泥 (kl/日)	有機性廃棄物 (t/日)	資源化能力 (t/日)	計画メタンガス (バイオガス)量 (m3/日)	燃料使用 (GJ)	電気使用量 (MWh)	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値	算術平均	加重平均	最大値	最小値	中央値
空白（資源化なし）	291	1,712,828	4,565,498	2,393	20,606	6,301,325	27,352	60	23	0	760,589	320,491	159	121	4,267	0	61	80	51	2,702	1	57
堆肥化	130	1,049,523	2,008,293	6,645	4,257	3,068,719	12,079	649	305	680	377,064	162,582	155	123	2,573	0	79	74	53	757	2	59
その他	99	749,489	1,568,065	100	63,232	2,380,886	10,197	151	160	192	333,954	114,240	184	140	2,470	0	51	81	48	1,160	2	54
助燃剤製造	18	287,458	452,861	4,965	2,078	747,362	2,301	7	78	0	5,554	25,706	8	7	87	0	0	37	34	74	10	37
メタン発酵	13	87,470	106,159	3,529	184	197,342	816	27	19	4,696	21,894	6,599	133	111	480	0	75	50	33	243	10	37
メタン発、堆肥化	11	85,124	137,408	2,929	1,335	226,796	925	25	24	4,930	42,177	14,764	285	186	1,285	12	125	74	65	208	10	66
炭化	9	76,416	229,919	1,626	0	307,961	1,046	21	57	0	73,010	14,427	251	237	447	4	265	52	47	69	36	50
リン回収	4	17,459	24,544	4	0	42,007	189	0	1	0	4,164	1,955	71	99	191	0	46	63	47	107	24	60
堆肥化、その他	4	19,955	42,663	0	0	62,618	232	3	21	0	8,816	4,479	135	141	271	0	135	79	72	98	43	88
堆肥化、炭化	4	23,541	85,952	0	0	109,493	381	1	4	0	18,880	5,114	161	172	332	0	156	63	47	104	35	56
堆肥化、助燃剤製造	3	9,975	43,782	5,459	3,995	63,211	201	3	4	0	585	2,953	5	9	12	0	4	74	47	134	42	46
メタン発酵、その他	2	34,304	20,397	158	0	54,859	262	1	3	646	14,219	2,817	528	259	845	212	528	129	51	221	38	129
炭化、その他	2	6,187	29,855	0	0	36,042	120	0	0	0	3	1,466	0	0	0	0	0	67	41	108	27	67
計/全体	590	4,159,729	9,315,396	27,809	95,687	13,598,620	56,101	948	700	11,144	1,660,908	677,592	160	122	4,267	0	61	76	50	2,702	1	56

公共施設の有効施設のみ（休廃止施設また年間処理量が 0 の施設を含む）
有機性廃棄物の年間処理量 t を kl とみなした。加重平均＝Σ燃料÷Σ処理量

【し尿処理施設における使用開始年度別の現状】

し尿処理施設は、焼却施設に比べ、長期間使われている施設も少なくない。し尿処理施設の置かれた状況として、下水道普及に伴う搬入量の減少及び浄化槽汚泥割合の増加（くみ取り・下水道など集合処理計画区域から転換）があり、それに伴う低負荷への対応や施設の高経年化（財政状況）が指摘されている（都市清掃 No.344(2018)）。

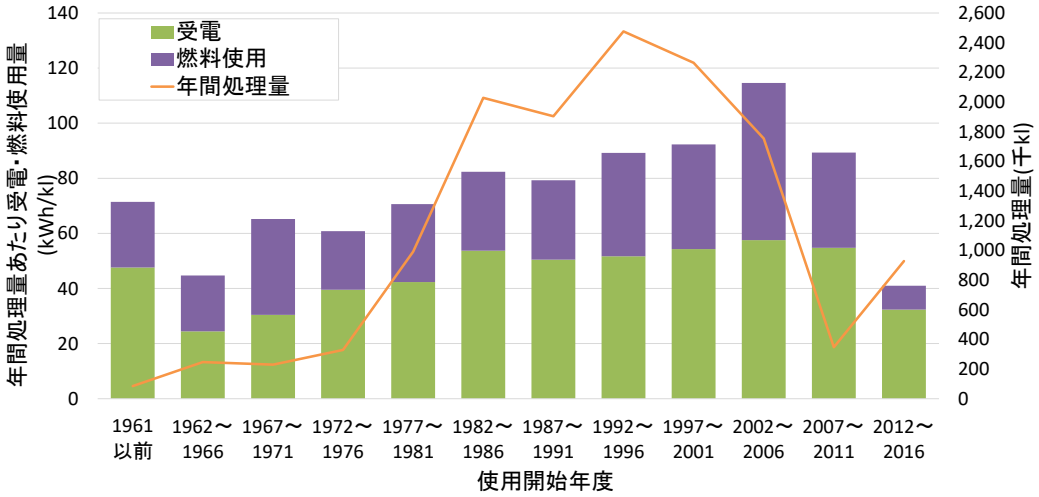
2007 年度以降も以前より少ないが整備は継続している。現在継続している施設の範囲では、30 年前の施設でも、稼働率が必ずしも低いとも限らない。処理方式は、1980 年以降は標準脱窒素処理方式、続いて、高負荷脱窒素処理方式、その後は複数の処理方式の組合せ（その他）に移り変わってきた。



平均稼働率は施設ごとの稼働率の算術平均として算出。
施設ごとの稼働率＝年間処理量÷（(日処理能力 kL/日÷月最大変動係数 1.15）×365 日）
公共施設のみ（休廃止施設また年間処理量が 0 の施設を含む）

図 I-8　し尿処理施設における使用開始年度別処理能力規模別の処理能力の分布

エネルギー使用量原単位を使用開始年度別（ただし現存施設）にみると、2006 年までは電気・燃料ともに増加傾向にあったが、それ以降は減少している。



有効施設のみ（年間処理量が 0 ではない 6 休廃止施設を含む）

図 I-9　し尿処理施設における使用開始年度別エネルギー使用量原単位と年間処理量の分担状況

e) 施設種類別の燃料使用量の構成比率

施設種類ごとの燃料消費量（MJ 換算値）の構成比率を下表に示す。

表 I-13　燃料消費量の構成比率（施設種類別）

処理プロセス／燃料構成	灯油	ガソリン	軽油	A 重油	B 重油又はC 重油	LPG	LNG	都市ガス	コークス
収集	0.0%	3.5%	93.9%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%
焼却施設	26.5%	0.0%	0.1%	9.3%	0.1%	3.6%	2.7%	17.3%	40.4%
粗大ごみ処理施設	26.6%	1.5%	37.4%	29.9%	0.0%	4.6%	0.0%	0.0%	0.0%
ごみ堆肥化施設	2.4%	0.7%	79.9%	16.6%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
ごみ飼料化施設	0.2%	0.0%	0.0%	85.1%	0.0%	0.0%	0.0%	14.8%	0.0%
その他の資源化施設	11.2%	3.0%	51.8%	4.2%	0.0%	19.6%	0.0%	10.2%	0.0%
焼却処理後マテリアルリサイクル	1.4%	0.0%	0.0%	98.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ごみ燃料化施設	98.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%
その他の施設	61.0%	16.8%	21.9%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
最終処分場	64.4%	0.4%	1.0%	22.7%	0.0%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%
し尿処理施設・汚泥再生処理センター	25.4%	0.0%	0.4%	67.1%	0.6%	2.7%	0.0%	2.1%	1.5%
コミュニティプラント	0.0%	1.3%	19.1%	0.0%	0.0%	79.7%	0.0%	0.0%	0.0%

(b) 無効施設及び民間施設も含めた算定

2016 年度実態調査データよりエネルギー使用量を得られなかった無効施設又は無効市町村及び民間施設について、有効施設又は有効市町村のデータを用いて、処理プロセスごとにエネルギー使用量原単位を推計した。そのうえでエネルギー使用量を試算した。

表 I-14　処理プロセスごとのエネルギー使用量原単位の推計方法

処理プロセス	無効施設（収集は無効市町村）の推計	民間施設（収集は許可事業者）の推計
収集	以下の回帰モデルにより、係数aとbを決定した。 積載移動と往復移動の和： ・積載移動＝ａ×√計画収集人口×√可住地面積÷収集量 ・往復移動＝ｂ×√面積	Σ直営及び委託の収集に伴う燃料使用量÷Σ直営及び委託の収集量 （Σは有効市区町村の合計）
焼却施設	処理方式ごと処理量（ｔ）あたり燃料・電気使用量の推計式（回帰式）	
粗大ごみ処理施設 資源化等施設 ごみ燃料化施設 その他の施設	処理量や処理能力とエネルギー使用量の相関が不明確なため、以下を有効施設ごとに算出し、算術平均値を用いた。 燃料・電気使用量×一般廃棄物処理量の割合÷（年間処理量×一般廃棄物処理量の割合） ※資源化等施設については、「ごみ堆肥化」、「ごみ飼料化」、「ストックヤード」、「リサイクルプラザ」、「容器包装」、「（その他のうち焼却残渣の）焼成」、「その他」７つの施設区分の算術平均値を用いた。ただし、民間の資源化等施設については、「施設区分」の調査項目が存在しないため、「処理内容ごとの処理能力」を参考に施設区分を設定した。	
最終処分場（浸出液処理） 最終処分場（埋立作業）	埋立量（ｔ）あたり燃料・電気使用量の推計式（回帰式）または算術平均値 ※回帰式の決定係数が低い（0.1程度以下）場合は、算術平均値を用いた。	
し尿処理施設・ 汚泥再生処理センター	年間処理量や汚水・汚泥処理方式から燃料・電気使用量を算出するための推計式（回帰式）	
コミュニティプラント	一般廃棄物処理量（ｔ）あたり燃料・電気使用量の算術平均値	―

a) 収集運搬

実態調査（2016 年度実績）の処理状況調査結果によると、いずれの市町村でも収集に伴う電力消費はなかった。そのため、燃料使用について無効と判定された市町村（無効市町村）及び民間事業者を対象としてエネルギー使用量及び CO2 排出量を推計した。

【無効市町村】

無効市町村の収集運搬に係るエネルギー使用量原単位の推計には、「平成 30 年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査委託業務報告書」（環境省）で作成された次の推計式を用いた。

$$y_1 = a\frac{\sqrt{P} \times \sqrt{S}}{w_1} + b\sqrt{S'}$$

y_1: エネルギー使用量原単位[MJ/t]
P: 計画収集人口[人]
S: 面積[m^2]
S': 可住地面積[m^2]
w_1: 収集量[t]

燃料使用量は、次の式より推計した。

$$Y'_1 = \sum y'_1 \times w_1$$

Y'_1: 無効市町村の燃料使用量[MJ]

無効市町村の CO_2 排出量は、以下の式より推計した。

$$Z'_1 = \frac{\sum z'_1}{\sum v'_1} \times Y'_1$$

Z'_1: 無効市町村の CO2 排出量[kg − CO2]
z'_1: 有効市町村の CO2 排出量[kg − CO2]
v'_1:有効市町村の燃料使用量[MJ]

【許可事業者】

許可事業者の燃料使用量の推計にあたっては、市町村と異なり、面積や人口のデータがないので、収集量を基にした次の式を適用した。

$$Y'_2 = \frac{\sum y_2}{\sum w_2} \times W$$

Y'_2: 許可事業者の燃料使用量[MJ]
y_2: 有効施設の燃料使用量[MJ]
W: 許可事業者の収集量[t]
w_2: 許可事業者の収集量[t]

CO_2 排出量に対しては、次の式を適用した。

$$Z'_2 = \frac{\sum z'_2}{\sum w} \times W$$

Z'_2: 許可事業者の CO2 排出量[kg − CO2]
z'_2: 許可事業者の CO2 排出量[kg − CO2]

b) 焼却施設

【電力量に関するデータが無効と判定された施設】

焼却施設における電力（受電）と電力（送電）について、以下①～④に示すように算出した。

①「発電効率→発電電力量原単位」の回帰式より、発電電力量を算出する。

公共の有効施設データを用いて、発電効率と一般廃棄物焼却量あたりの発電電力量の関係を検証した。図 I-10 に示したように、データが異常と思われる 2 施設に対して回答データを確認した。図中の楕円の赤枠のうち、「その他」施設（緑色プロット）に含まれる RDF 専焼発電施設は、RDF は発熱量がごみの 2 倍とのことから、回帰分析に使用するデータから除外した。焼却炉（赤色プロット）に関しては、回答データに誤りがあったため、修正したうえで回帰分析に使用するデータに含めた。

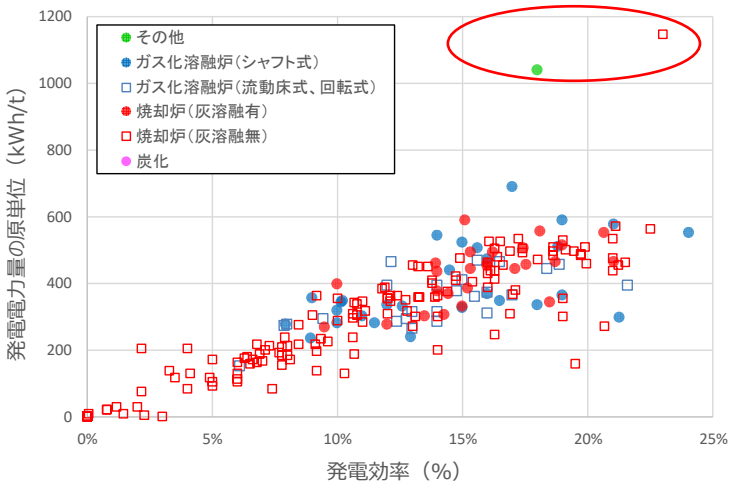


図 I-10　発電効率と発電電力量原単位の関係

データに異常が認められた上記 2 施設を処理した後の発電効率と発電電力量原単位の関係を以下に示す。「発電効率→発電電力量原単位」の回帰式より、発電電力量を算出した。発電効率の回答が空欄の施設は 0%とみなした。

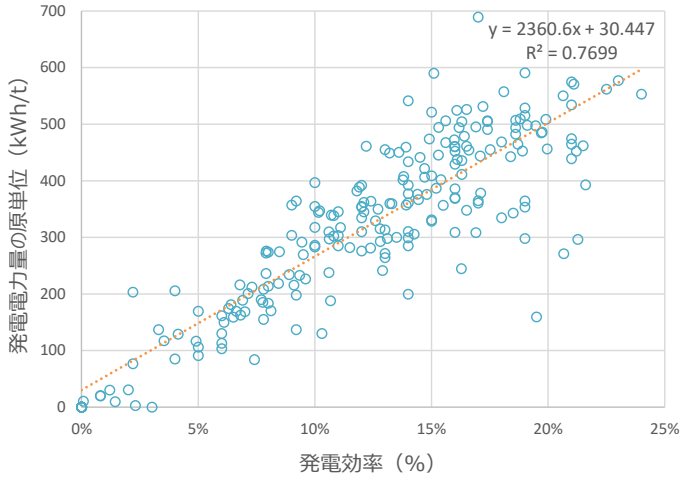
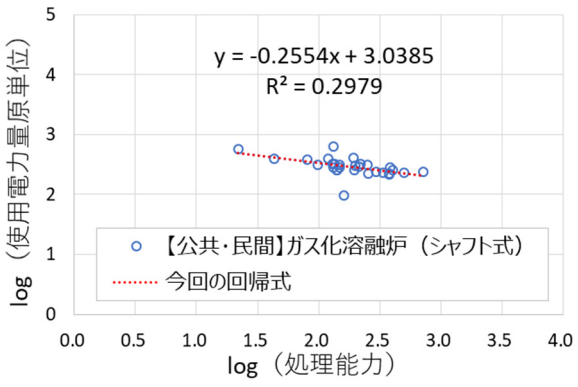


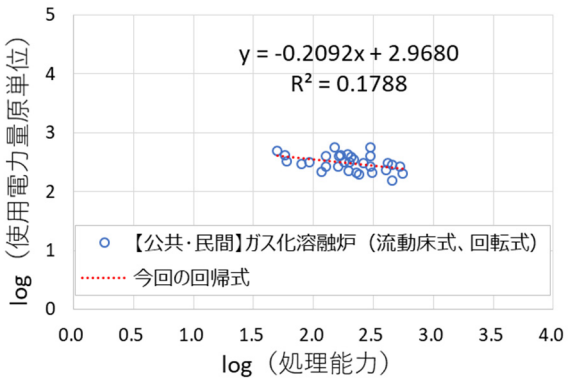
図 I-11　発電効率より発電電力量原単位を算出するための推計式

② 処理方式別の施設処理規模（ｔ/日）に基づく使用電力量原単位から、使用電力量を求める

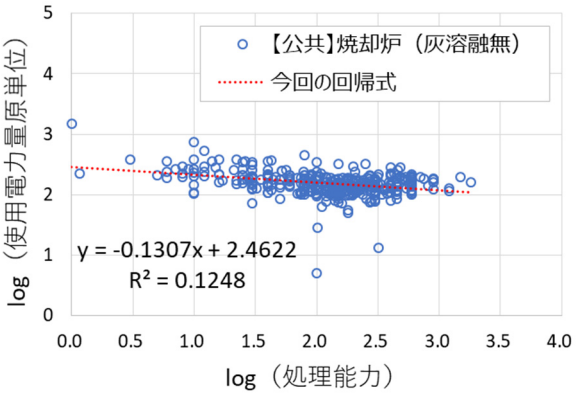
公共の有効施設と民間の有効施設のそれぞれについて処理能力と使用電力量原単位の関係を処理方式別に検証した。処理能力に対して使用電力量原単位の相違が大きい処理方式については、公共施設と民間施設を分けて推計式を作成した。分析対象とした民間施設数が少ない、あるいは公共施設と民間施設の間の相違や傾向の違いが不明であった処理方式については、公共施設と民間施設を合わせて使用電力量原単位を求める回帰式を作成した。



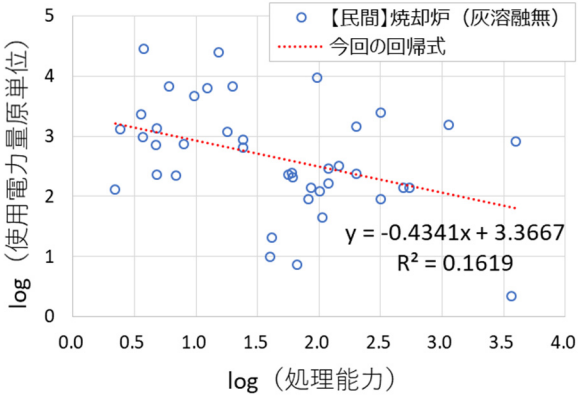
【公共･民間】ガス化溶融炉（シャフト式）
y = -0.2554x + 3.0385



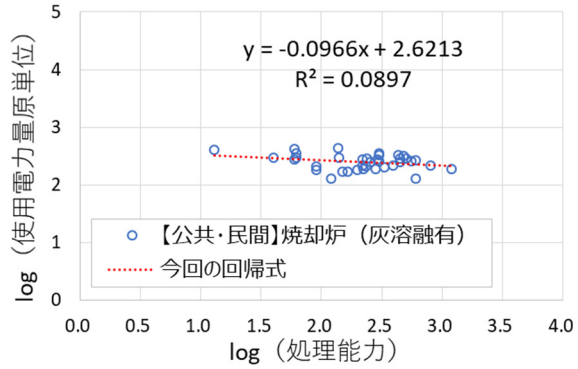
【公共･民間】ガス化溶融炉（流動床式、回転式）
y = -0.2092x + 2.9680



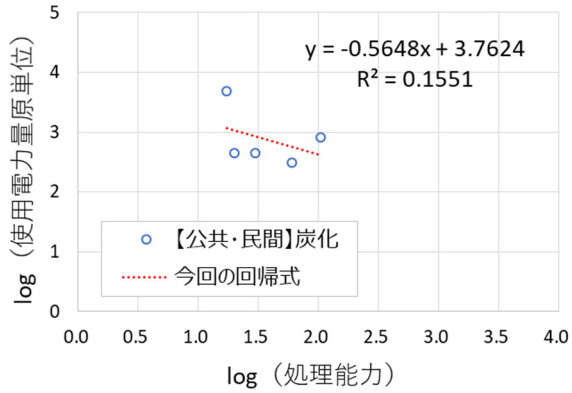
【公共】焼却炉（灰溶融無）
y = -0.1307x + 2.4622



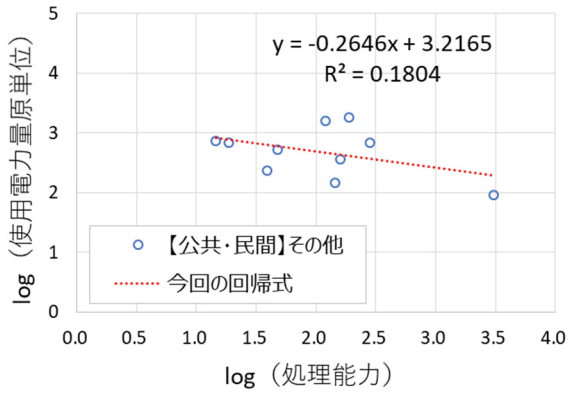
【民間】焼却炉（灰溶融無）
y = -0.4341x + 3.3667



【公共･民間】焼却炉（灰溶融有）
y = -0.0966x + 2.6213



【公共･民間】炭化
y = -0.5648x +3.7624



【公共･民間】その他
y = -0.2646x + 3.2165

※x:処理能力（t/日）の常用対数　y :使用電力量原単位（kWh /t）の常用対数　使用電力量の原単位＝10^y

図 I-12　使用電力量原単位を算出するための推計式

③「発電電力量÷使用電力量」の比率から、受電電力量を求める。

「平成 30 年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査」と「令和元年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査調査」では、公共施設と民間施設における「発電電力量÷使用電力量」と「受電電力量÷使用電力量」の関係を検証した。それらの結果と①で求めた発電電力量を用い、受電電力量を求める。

＜「発電および使用」の「受電および送電」への換算方法＞

＜公共施設＞平成30年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省CO2対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査報告書より

整理対象データのうち「受電および送電」、「発電および使用」に関する電力量の回答が有効である施設の数値について、両者の数値の関係を確認し、「発電および使用」に関する電力量についてのみ回答が有効である施設の「発電および使用」の電力量を「受電および送電」の電力量に換算する。

なお、整理対象データのうち「受電および送電」、「発電および使用」に関する電力量の回答が有効である施設における、発電電力量／使用電力量および受電電力量／使用電力量の関係は以下のとおりである。X=1あたりでプロットの傾向が異なるように確認できたため、0≦X＜1の範囲と１≦Xの範囲で直線※を引き、それらの式より、「発電および使用」の電力量を「受電および送電」の電力量に換算した。（送電電力量は「受電電力量－使用電力量＋発電電力量」により求められる。）

※0≦X＜1の範囲のプロットに対して近似直線を引き、当該近似直線のX≒１でのYの値が一致するよう、１≦Xのプロットに対する近似直線の切片を調整することとした。

※修正済データによる最新算式は以下のとおりです。<公共施設分＞

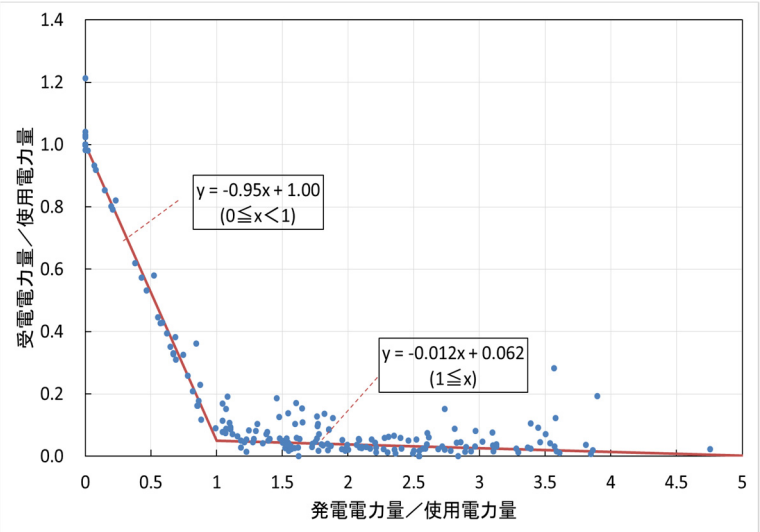


図 I-13　発電電力量／使用電力量および受電電力量／使用電力量の関係

<民間施設＞令和元年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省CO2対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査年報告書より

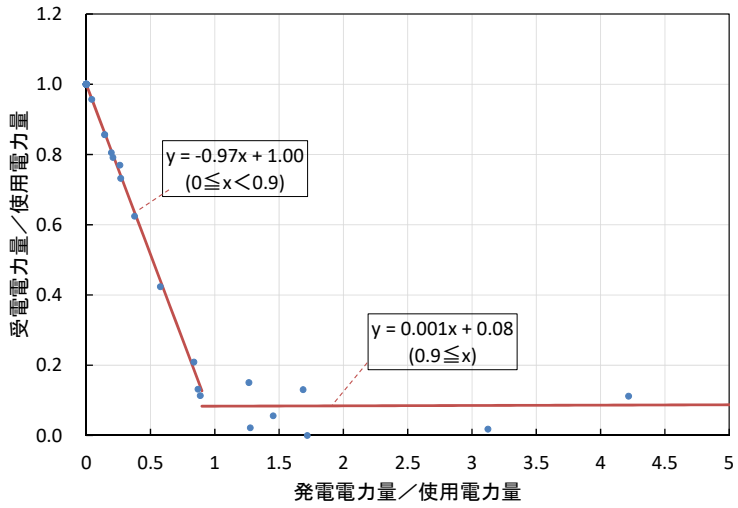


図 I-14　発電電力量／使用電力量および受電電力量／使用電力量の関係

④ 送電電力量を求める。

最後に、以下の算式を用いて送電電力量を求めた。

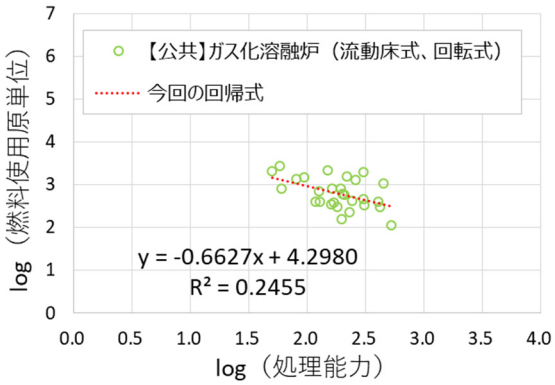
送電電力量＝受電電力量（③で算出）―使用電力量（②で算出）＋発電電力量（①で算出）

【燃料に関するデータが無効と判定された施設】

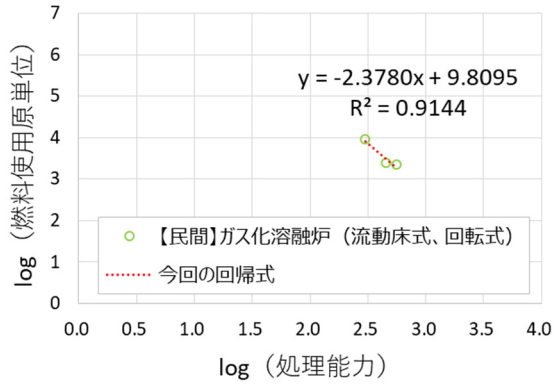
公共施設のうち、各種燃料の使用状況及び活動量において、合理性の判定を行い、一つの燃料種でも合理性がなければ、無効施設と判定した。無効と判定された施設及び民間施設の燃料使用量について、「処理方式別の施設処理能力（t/日）に基づく燃料使用量原単位」から推計した。公共施設と民間施設のそれぞれについて処理方式別処理能力と燃料使用量原単位の関係を検証した。処理能力に対して燃料使用量原単位の相違が大きい処理方式について、公共施設と民間施設を分けて推計式を作成した。分析対象とした民間施設数が少ない、あるいは公共施設と民間施設の間の相違や傾向の違いが不明であった処理方式については、公共施設と民間施設を合わせて燃料使用量原単位を求める回帰式を作成した。

具体的には、以下の方針とした。

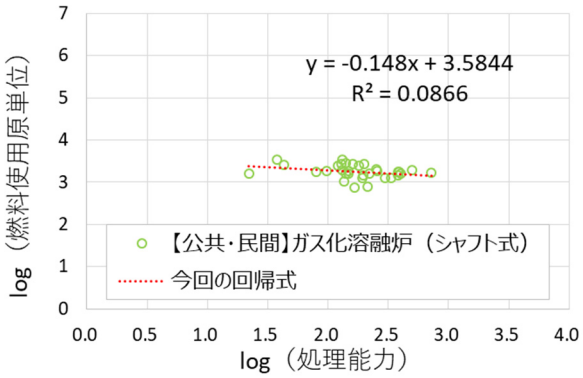
- ガス化（シャフト）：民間施設のうち 1 施設の燃料使用量原単位がそれ以外の民間施設及び他の公共施設の 1/10 程度と著しく小さかったため、原因は調査していないが、分析の対象とするデータから除外した。それ以外の民間施設（燃料使用量原単位が公共施設の分布範囲に含まれていた。）と公共施設を合わせたデータを使用して回帰分析を行い、燃料使用量原単位の推計式を作成した。
- ガス化（流動床、回転式）：民間施設は少ないが、公共施設よりも処理能力に対する燃料使用量原単位が大きいため、公共施設と民間施設を分けて推計式を作成した。
- その他：施設間による燃料消費原単位の相違が大きく、公共施設と民間施設の傾向の違いも不明であったため、公共施設と民間施設を合わせて燃料使用量原単位の回帰式を作成した。
- 焼却炉（灰溶融無）：処理能力を横軸に見た場合の縦軸の燃料消費原単位は民間施設でばらつきが大きく、公共施設よりも大きい施設が多いため、公共施設と民間施設を分けて燃料消費量原単位の回帰式を作成した。
- 焼却炉（灰溶融有）：民間施設は 1 施設のみであり、その燃料消費原単位は公共施設のそれの分布範囲の中にあったため、公共施設と民間施設を合わせたデータを使用して回帰分析を行い、燃料使用量原単位の推計式を作成した。
- 炭化：民間施設は公共施設よりも処理能力に対して燃料使用量原単位が大きいようにもみえるが、いずれも標本数が少ないため、公共施設と民間施設を合わせたデータを使用して回帰分析を行い、燃料使用量原単位の回帰式を作成した。



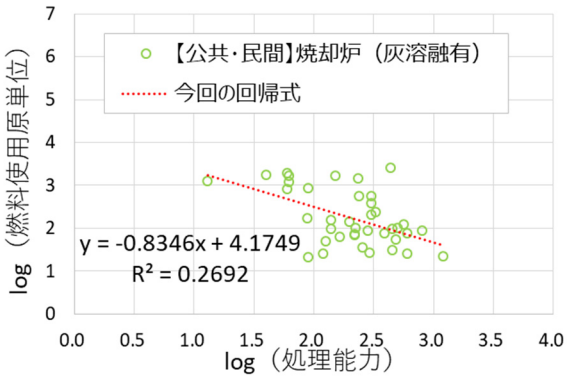
【公共】ガス化溶融炉（流動床式、回転式）
y=-0.6627x+4.2980



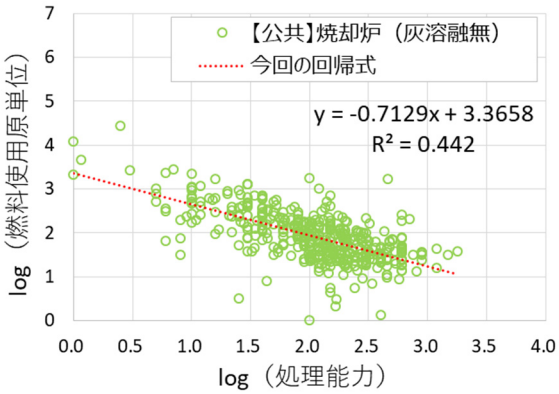
【民間】ガス化溶融炉（流動床式、回転式）
y=-2.3780x+9.8095



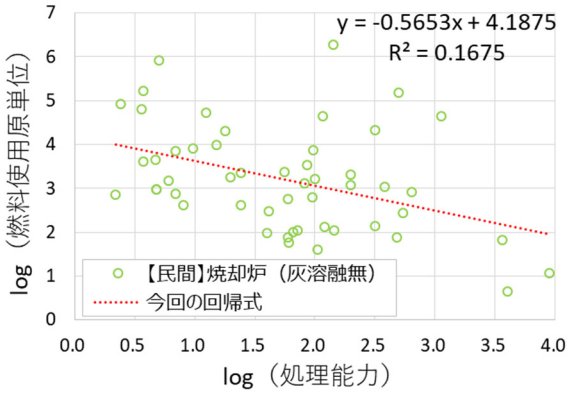
【公共・民間】ガス化溶融炉（シャフト式）
y =-0.148x +3.5844



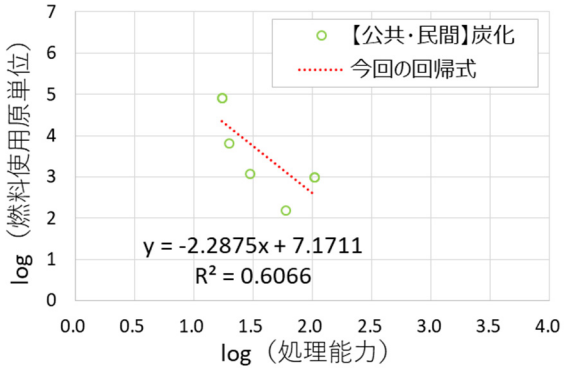
【公共・民間】焼却炉（灰溶融有）
y =-0.8346x +4.1749



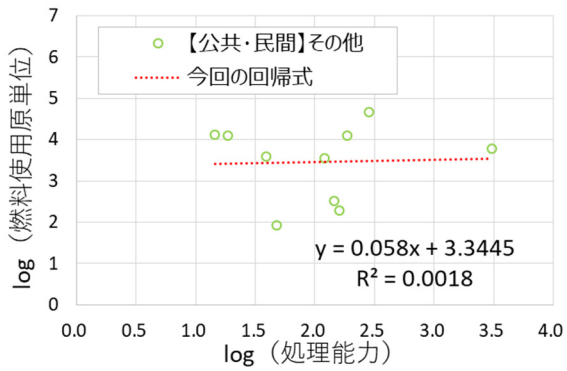
【公共】焼却炉（灰溶融無）
y=-0.7129x+3.3658



【民間】焼却炉（灰溶融無）
y=-0.5653x+4.1875



【公共・民間】炭化
y = -2.2875x + 7.1711



【公共・民間】その他
y =0.058x +3.3445

※x:処理能力（t/日）の常用対数　y :燃料使用量原単位（MJ/t）の常用対数　燃料使用量の原単位＝10^y

図 I-15　燃料使用量原単位を算出するための推計式

c) 資源化施設

公共施設のうち、無効と判定された資源化施設の推計原単位は、「ごみ堆肥化」、「ごみ飼料化」、「ストックヤード」、「リサイクルプラザ」、「容器包装リサイクル」、「エコセメント（焼成）」、「その他」ごとに「燃料・電気使用量×一般廃棄物処理量の割合÷（年間処理量×一般廃棄物処理量の割合）」を有効施設ごとに算出し、算術平均値（MJ/t または kWh/t）を用いた。「エコセメント（焼成）」施設のエネルギー使用量が大きいため、「その他」の無効施設の推計にはエコセメントを除いて算定した。

民間の資源化等施設については「施設区分」の調査項目が存在しないため、「処理内容ごとの処理能力」より施設区分を設定した。すなわち、以下の通りに当てはめ、「ごみ堆肥化」、「ごみ飼料化」、「リサイクルプラザ」、「エコセメント（焼成）」4 種類のエネルギー消費原単位を適用した。

- 以下のいずれにも該当しない施設（すなわち、選別及び/又は圧縮・梱包のみが 0 t/日より大きい施設）：便宜的に公共施設で数の多い「リサイクルプラザ」とした。
- 「ごみ堆肥化（t/日）」が 0 より大きい施設：他の処理を行っている民間施設は数が限られたため、全て「ごみ堆肥化施設」とした。なお、ごみ飼料化と両方が 0 より大きい施設（5 施設）は、「ごみ堆肥化施設」とした（合計 117 施設）。
- 「ごみ飼料化（t/日）」が 0 より大きい施設：他の処理を行っている民間施設は数が限られたため、全て「ごみ飼料化施設」とした（28 施設）。
- 「その他（t/日）」が 0 より大きい施設：「その他（具体的）」に書かれてある処理内容は様々であるが、全般的にみて「破砕」が非常に多く（これは民間施設の傾向であるが、公共施設でも「破砕」をその他に回答している施設は少なくない。）、「破砕」を「処理内容ごとの処理能力」に加えるべきである（それによって「その他」を大幅に減らせる。）と考えられた。
- 「その他」の処理内容が 0 より大きく、なおかつ、処理対象廃棄物で「その他」の具体的回答が「溶融スラグ、燃え殻、ばいじん、貝殻、ＲＤＦ、焼却灰、紙くず、動植物性残渣、焼却主灰、飛灰」であった施設：抽出した結果、処理内容の「その他」としては、破砕、固化、混錬、造粒、溶融、焙焼、セメント原料化、溶解、製錬などが存在した。本試算では、このうち、「溶融、焙焼、焼成、製錬」について、エネルギー使用量原単位が大きい可能性が高いと考え、公共施設での焼成施設のエネルギー使用量原単位を適用した。その他の“その他の処理を行う施設”については、公共施設での「リサイクルプラザ」のエネルギー使用量原単位を便宜的に適用することとした。

d) 最終処分場

燃料使用または電気使用について無効と判定された公共施設（無効施設）及び民間施設を対象として、浸出液処理施設（用役）と埋立作業の燃料・電気使用量を推計した。有効と判定された公共施設（有効施設）のデータを用いて埋立量当たり埋立地面積と燃料・電気使用量原単位の関係、埋立量と燃料・電気使用量原単位の関係を確認した。その結果、埋立量のほうが埋立量当たり埋立地面積よりも燃料・電気使用量原単位との回帰式の決定係数が大きくなった。そのため、埋立量から燃料・電気使用量を推計する回帰式を適用した。[4]

[4] 最終処分場の埋立作業に伴う電気使用に関する活動量の有効判定条件について、「購入電力量及び他施設から供給さ

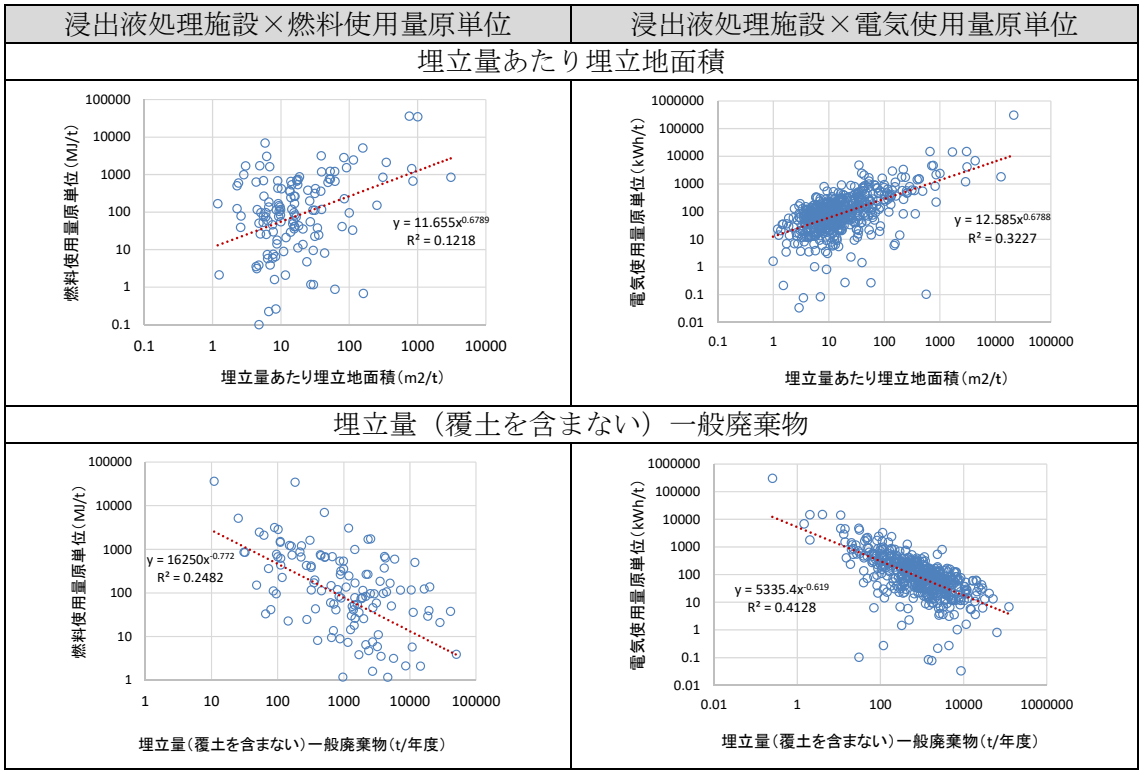


図 I-16　浸出液処理施設（用役）の燃料・電気使用量原単位と埋立量当たり埋立地面積、埋立量の関係

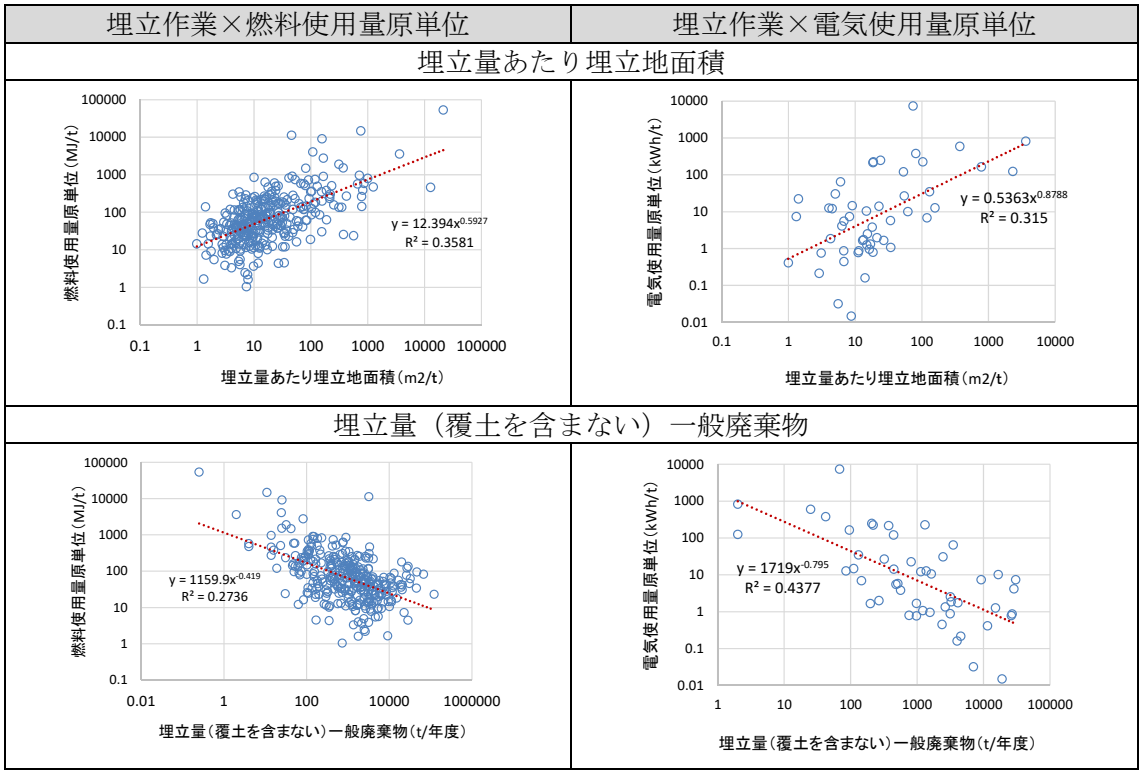


図 I-17　埋立作業の燃料・電気使用量原単位と埋立量当たり埋立地面積、埋立量の関係

れた電力量の合計が 0 以上であること等」を「全量把握」と回答した電気では正の活動量と「未使用」と回答した電気では 0 の活動量である等に修正した。

e) し尿処理施設・汚泥再生処理センター

令和２年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査では、実態調査（2016 年度実績）におけるし尿処理施設・汚泥再生処理センターでの電力・燃料使用量から GHG 排出量が算出可能な施設（有効と判定された施設）のデータを用いて、用役による CO2 排出量の推計式について、説明変数の処理量を種類別（し尿と浄化槽汚泥）に分けた場合、汚水処理方式と汚泥処理方式の両方を考慮した場合の 2 つの形を検討した。しかし、いずれの推計式も汚泥処理に伴う燃料使用について、処理量の小さい施設は十分に再現することができなかった。

本業務では、施設内での焼却処理の有無を考慮することにより、推計式の再現性を高める試みを行った。実態調査（2016 年度実績、し尿処理施設・汚泥再生処理センター）では「脱水汚泥の焼却の有無」の回答欄がある。この項目で「施設内焼却」以外を選択した施設は汚泥の焼却処理をしていないとみなした。また、「施設内焼却」と回答しているものの、燃料使用量の少ない施設について、問い合わせを実施した。さらに、年間処理量を「生し尿量と有機性廃棄物量（t を kl にみなす）の合計」と「浄化槽汚泥量とその他の合計」の 2 つに分けて、パラメータを設定した。

【燃料使用による GHG 排出量の算出手順】

まず、公共施設のうち、回答が十分ではなく、GHG 排出量を算出できない施設（無効施設）について、燃料使用量から GHG 排出量が算出可能な公共施設（有効施設）のデータを用いて、年間処理量や汚水・汚泥処理方式から燃料使用の発熱量（MJ）を算出するための推計式（線形とべき乗の 2 種類）を作成した。次に、発熱量（MJ）に CO2 排出量の換算係数（kg-CO2/MJ）をかけ、GHG 排出量を算出した。

令和２年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査調査報告書では、赤池の情報量基準（AIC）と決定係数（R^2）より、モデル④し尿処理量のべき乗×浄化槽汚泥処理量のべき乗（F(x,w)=(aiwi+b)* ($d_1x_1+x_2$)^c）があてはまりの良いモデルと考えられた。今年度業務では、「有機性廃棄物」及び「その他」の処理量も含めて検証することから、以下の推計式を作成した。

表 I-15　年間処理量、汚泥処理方式と汚水処理方式の「焼却」を説明変数とした汚泥処理過程における燃料使用による発熱量（MJ）の推計式

モデル①線形：$f(x,v,w)=100*(\Sigma e_i v_i+ a_{10}w_{10}+b)*(d_1x_5+x_6)$

f(x,v,w)=燃料使用による発熱量（MJ）
x_5=生し尿量と有機性廃棄物量の合計（kl）※tをklとみなす
x_6=浄化槽汚泥量とその他の合計（kl）
v_i=汚泥処理方式iの有無（1又は0）
e_i=汚泥処理方式iに対応したパラメータ（0.01MJ/kl）
w10=汚水処理方式の「焼却」の有無（1又は0）
a10=汚水処理方式の「焼却」に対応したパラメータ（0.01MJ/kl）
b=切片
d1=汚泥換算（係数）

表 I-16　モデル①の解析結果

		Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)		サンプルサイズ
e1	脱水	-1.1361	0.3529	-3.22	0.001354	**	401
e2	乾燥	0.9389	0.2242	4.187	3.26E-05	***	205
e3	焼却	0.9665	0.214	4.516	7.63E-06	***	225
e4	その他	-0.4525	0.4642	-0.975	0.33005		25
a10	汚水焼却	2.6242	0.6651	3.946	8.93E-05	***	
b	切片	1.39	0.3601	3.86	0.000126	***	
d1	汚泥換算（係数）	0.7344	0.2458	2.988	0.00293	**	
Adjusted R-squared:			0.35				
AIC：			14564.34				

注：統計ソフトウェア R を用いて解析した。

モデル②べき乗：$f(x,v,w)=100*(\Sigma e_i v_i + a_{10}w_{10}+b)*(d_1x_5+x_6)^c$

f(x,v,w)=燃料使用による発熱量（MJ）

x_5=生し尿量と有機性廃棄物量の合計（kl）※tをklにみなす

x_6=浄化槽汚泥量とその他の合計（kl）

v_i=汚泥処理方式iの有無（1又は0）

e_i=汚泥処理方式iに対応したパラメータ（0.01MJ/kl）

w10=汚水処理方式の「焼却」の有無（1又は0）

a10=汚水処理方式の「焼却」に対応したパラメータ（0.01MJ/kl）

b=切片

c=べき指数

d1=汚泥換算（係数）

回帰結果を以下に示す。燃料使用が多い施設と少ない施設のデータを合わせて推計式を作ったため、脱水を行っている規模の小さい施設の推定値が高めに出ている。図 I-18 において、有効施設について推計式で算出された推計値の合計値（1,393,200,558MJ）と実績値（1,660,908,466MJ）を比較すると、規模が小さい施設でズレがあるものの、全体的には影響は小さいと考えられる。

表 I-17　モデル②の解析結果

		Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)		サンプルサイズ
e1	脱水	-92.82792	82.8223	-1.121	0.2628		401
e2	乾燥	86.20857	78.99115	1.091	0.2756		205
e3	焼却	71.47766	64.79282	1.103	0.2704		225
e4	その他	-58.61716	62.13418	-0.943	0.3459		25
a10	汚水焼却	221.17756	196.61546	1.125	0.2611		
b	切片	119.49214	105.47513	1.133	0.2577		
c	べき指数	0.57898	0.08447	6.855	1.83E-11	***	
d1	汚泥換算（係数）	0.66375	0.36799	1.804	0.0718	.	
Adjusted R-squared:			0.37				
AIC：			14542.02				

注：統計ソフトウェア R を用いて解析した。

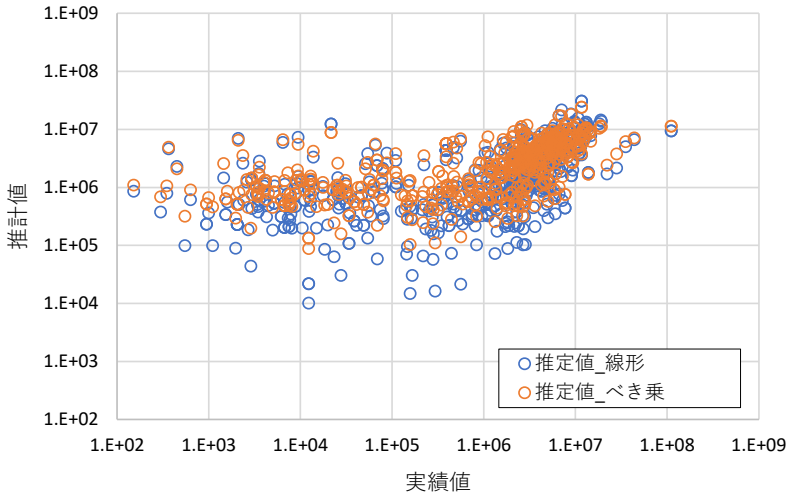


図 I-18　汚泥処理における燃料使用量（MJ）の実績値と推定値の関係

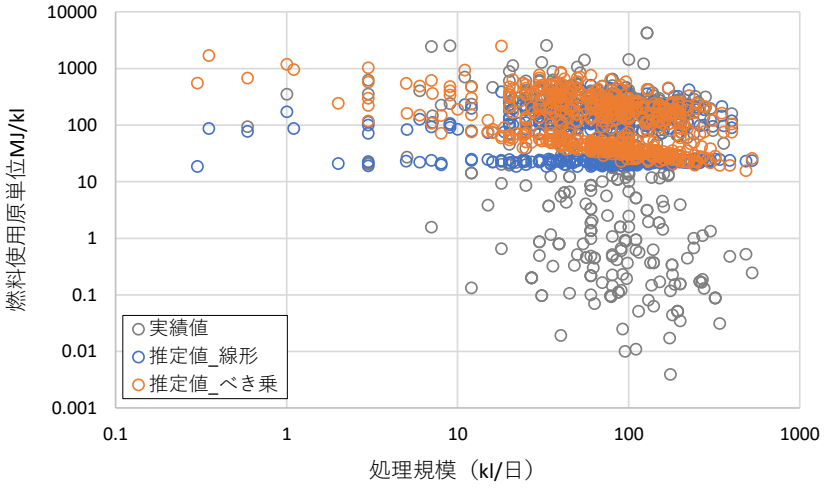


図 I-19　処理能力と燃料使用量原単位（MJ/kl）の関係

【電気使用による GHG 排出量の算出手順】

実態調査（2016 年度実績）におけるし尿処理施設・汚泥再生処理センターの電気使用量（活動量）に CO2 排出量の換算係数（kg-CO2/kWh）をかけ、GHG 排出量を算出した。

まず、公共施設のうち、回答が十分ではなく、GHG 排出量を算出できない施設（無効施設）について、電気使用量から GHG 排出量が算出可能な施設（有効施設）のデータを用いて、年間処理量や汚水処理方式から電気使用量（kWh）を算出するための推計式（非線形）を作成した。次に、CO2 排出量の換算係数（kg-CO2/kWh）をかけ、GHG 排出量を算出した。

令和２年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査の検討結果を踏まえて、以下の推計式を作成した。

表 I-18　年間処理量、汚水処理方式を説明変数とした汚水処理過程における電気使用量（kWh）の推計式

$$F(x,w)=(\Sigma aiwi+b)*x^{c}$$

f(x,w)=電気使用量（kWh）
x=年間処理量（kl）
wi=汚水の処理方式i（「処理なし」を除く）の有無（1又は0）
ai=汚水処理方式iに対応したパラメータ（kWh/kl）
c=指数

R 統計ツールでの解析結果は、表 I-19 のとおりである。

表 I-19　電気使用量の推定式（非線形）の解析結果

		Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)		サンプルサイズ
a1	嫌気	-447.2518	196.0446	-2.2810	0.0229	*	44
a2	好気	338.6397	169.8075	1.9940	0.0466	*	55
a3	好希釈	-204.6968	295.6936	-0.6920	0.4891		13
a4	好一段	411.4830	1006.2205	0.4090	0.6827		3
a5	好二段	303.0911	370.5599	0.8180	0.4137		15
a6	標脱	731.9576	213.0962	3.4350	0.0006	***	178
a7	湿式酸化	1650.1351	922.4072	1.7890	0.0742	.	2
a8	高負荷	692.7897	203.8365	3.3990	0.0007	***	239
a9	膜分離	423.4199	132.8324	3.1880	0.0015	**	151
a10	焼却	-86.2446	234.5032	-0.3680	0.7132		18
a11	下水投入	-487.8885	180.5421	-2.7020	0.0071	**	70
a12	浄化槽専用	-174.2487	209.2714	-0.8330	0.4054		11
a13	一次処理	-712.7808	256.8965	-2.7750	0.0057	**	25
a14	その他	-165.3443	189.4581	-0.8730	0.3832		24
b	切片	1731.7569	412.0217	4.2030	0.0000	***	
c	指数	0.6260	0.0223	28.0830	< 2e-16	***	
Adjusted R-squared:			0.76				
AIC：			17247.624				

注：統計ソフトウェア R を用いて解析した。

(c) 今後の課題解決のためのデータ確認

実態調査（2016 年度実績）の焼却施設の熱供給量、使用電力量およびし尿施設の汚泥焼却の状況について、データ一致性等の確認を実施した。本業務ではデータの修正は行わなかったが、今後のデータ解析の精度向上のためには、以下のデータについて精査する必要があると思われる。

a) 焼却施設の外部熱供給量の確認

外部熱供給量については、実態調査（2016 年度実績）の「余熱利用量（実績値）うち外部熱供給量」の回答値を採用した。これらの回答値について、以下の 3 つの側面から異常値を確認した。

- 年間処理量 t あたり熱供給量 MJ の分布を確認した。その結果、年間処理量に対して外部熱供給量が著しく大きな施設が 1 施設あった。この施設の年間処理量の回答値は 0.09t となっており、回答ミスが考えられるため、問い合わせて確認すべきである。

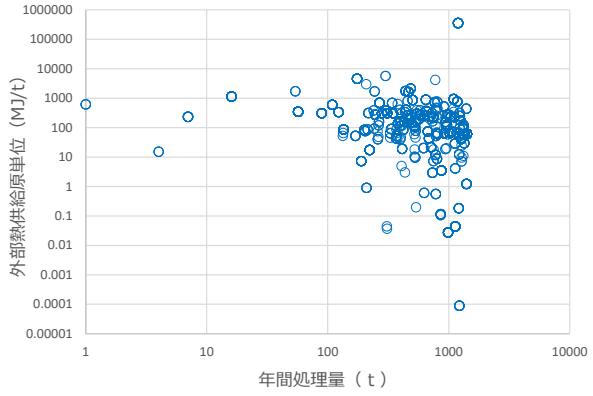


図 I-20　焼却施設における年間処理量 t あたり熱供給量 MJ の分布

➢ 外部熱供給量と全体余熱利用量を比較した。余熱利用量よりも外部熱供給量のほうが大きい施設は異常と考えられるため、問い合わせて確認すべきである。

表 I-20　余熱利用量よりも外部熱供給量のほうが大きい施設一覧

NO.	年間処理量（t）	余熱利用量（MJ）	外部熱供給量（MJ）
1	14,273	471,804	749,275
2	90,427	0	34,528,820
3	68,754	277,900	14,400,000
4	100,872	35,236	56,249
5	33,277	61,058	15,601,682

➢ 総発熱量に占める外部熱供給量と発電電力量の割合（下記計算式より算出）が 100%より大きい施設について、データの確認が必要と考えられる。

総発熱量に占める外部熱供給量と発電電力量の割合＝（外部熱供給量 MJ+発電量 kWh×3.6MJ/kWh）÷（年間処理量(t)×ごみ発熱量(6,300MJ/t※)）

※発熱量は 1,500kcal/kg とする。単位換算：1,500,000kcal/t*4.2kJ/kcal＝6,300MJ/t

4.2.4　発熱量

分析機関より送られてきた、サンプルごみ A～E の発熱量は高位発熱量であると推定されるため、水分などの凝縮熱を差し引き、湿ベースのごみ（生ごみ）に換算した低位発熱量を次表に示す。

表 4-11 低位発熱量

ごみサンプルグループ	低位発熱量(kcal/Kg)
A	3,605
B	1,621
C	1,505
D	1,230
E	1,543

出典：分析機関の速報値より換算

出典：環境省資料

表 I-21　総発熱量に占める外部熱供給量と発電電力量の割合が 100%より大きい施設一覧

施設 NO.	年間処理量 (t)	余熱利用量 (MJ)	外部熱供給量 (MJ)	発電電力量(kWh)	総発熱量に占める外部熱供給量と発電電力量の割合(%)
1	16,514	0	0	4,920,956	5.3
2	155,263	把握していない	2,898,015	955,344,320	3.6

b) 焼却施設の使用電力量についての確認

年間処理量 t あたり使用電力量の小さい施設について、問い合わせ確認を実施した。その結果は以下に示したように、誤記入があった施設がほとんどで、より正しい分析を得るために、実態調査の回答データの精査が必要と考えられる。

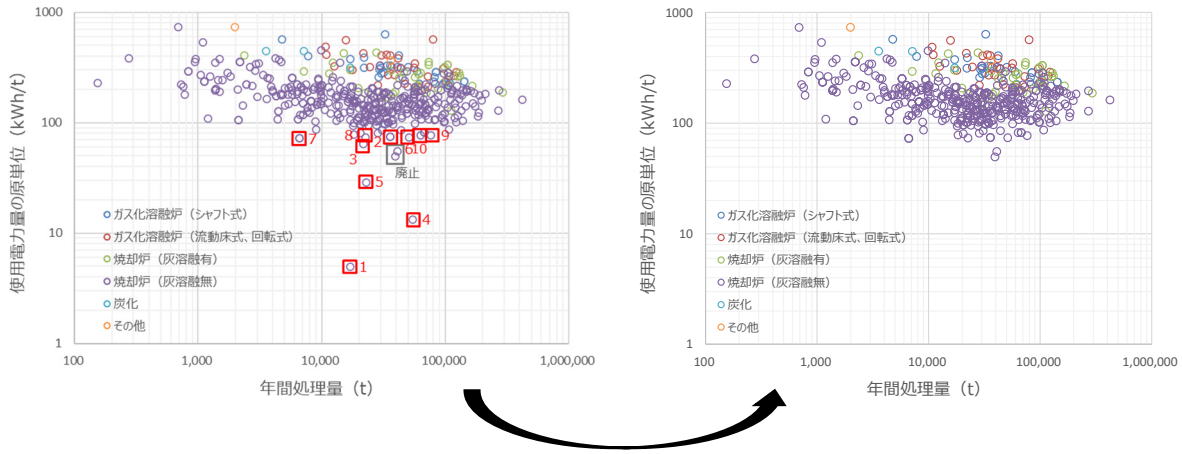


図 I-21　問い合わせ結果を反映した場合の散布図の変化

表 I-22　「焼却施設」の情報確認結果及び修正方針等について

No.	使用電力量原単位kWh/t及び活動量	確認結果	修正方針
1	使用電力量原単位5 kWh/ｔ 年間処理量16,973 t 購入電力量84,300 kWh/年 当該施設で使用した電力量84,300 kWh/年 （修正後） 使用電力量原単位180kWh/ｔ 購入電力量3,051,940kWh/年 当該施設で使用した電力量3,051,940 kWh/年	データの誤記入があった。	データ修正すべき
2	原単位74 kWh/ｔ 電気使用量2,643,100 kWh/年 年間処理量35,747 t	・当組合の焼却施設は他の施設と比べて、シンプルな（複合的な設備を有していない等）施設だと思われる。 ・基本的な稼働時間が、1日16時間（土、日曜日は休止、年間250日稼働）の準連続稼働となるため、連続稼働の施設と比べて電気使用量が少なくなるものと思われる。	データ修正なし
3	使用電力量原単位64 kWh/ｔ 年間処理量21,587 t 発電電力量4,313,265kWh/年 当該施設で使用した電力1,383,020kWh/年 （修正後） 使用電力量原単位157kWh/ｔ 年間処理量8,819 t 発電電力量4,304,510kWh/年当該施設で使用した電力1,383,020kWh/年	データの誤記入があった。	データ修正すべき
4	使用電力量原単位13 kWh/ｔ 電気使用量727,092 kWh/年 年間処理量54,626 t 他施設へ供給した電力量0 kWh/年 当該施設で使用した電力量727,092 kWh/年 （修正後） 使用電力量原単位117kWh/ｔ 他施設へ供給した電力量1,171,820 kWh/年 当該施設で使用した電力量6,409,869 kWh/年	データの誤記入があった。	データ修正すべき
5	使用電力量原単位29 kWh/ｔ 年間処理量22,838 t 発電電力量2,666,385kWh/年 購入電力量1,266,768kWh/年 売却電力量55,303 kWh/年 他施設へ供給した電力量269,402 kWh/年	データの誤記入があった。	データ修正すべき

No.	使用電力量原単位kWh/t及び活動量	確認結果	修正方針
	当該施設で使用した電力量654,723 kWh/年 （修正後） 使用電力量原単位168kWh/ｔ 発電電力量2,836,580kWh/年 購入電力量1,347,626kWh/年 売却電力量58,833 kWh/年 他施設へ供給した電力量286,598 kWh/年 当該施設で使用した電力量3,838,775 kWh/年		
6	原単位74 kWh/ｔ 電気使用量3,772,296 kWh/年 年間処理量51,151 t	ボイラー式の空調を使用・焼却量の減少	データ修正なし
7	原単位73 kWh/ｔ 電気使用量482,249 kWh/年 年間処理量6,628 t	煙道の飛灰をバグフィルターでなく、電気集塵機で集めており、誘引機の消費電力が少ない上、結露対策として、ヒーターを用いず、ラッキングで対策を講じている。また、焼却炉への送風用コンプレッサーがモーターコンプレッサーではなく、エンジンコンプレッサーであるため、電力を消費していない。なお、令和元年度に送風用コンプレッサーとして、モーターコンプレッサーを導入している。	データ修正なし
8	原単位73 kWh/ｔ 電気使用量1,645,700 kWh/年 年間処理量22,503 t	（データに誤り等なし）	データ修正なし
9	原単位77 kWh/ｔ 電気使用量5,876,431 kWh/年 年間処理量76,375 t	破砕施設を有していないためと思われる。	データ修正なし
10	使用電力量原単位77 kWh/ｔ 年間処理量63,420 t 発電電力量8,687,457kWh/年 購入電力量83,964kWh/年 売却電力量3,797,709kWh/年 当該施設で使用した電力量4,889,748 kWh/年 （修正後） 使用量原単位82kWh/ｔ 発電電力量9,087,298kWh/年 購入電力量87,828kWh/年 売却電力量3,972,499kWh/年 当該施設で使用した電力量5,202,627 kWh/年	データの誤記入があった。	データ修正すべき

c) し尿処理施設・汚泥再生処理センターの汚泥焼却状況についての確認

し尿処理施設・汚泥再生処理センターの汚泥焼却状況について、以下の 2 つ視点から処理状況とエネルギー使用量の確認を実施した。確認した 10 施設のうち、誤記入があったのは 5 施設であった。

・し尿処理汚泥の焼却または乾燥を実施されていないが、燃料使用量（具体的には、処理量あたりの燃料使用量）が他の施設に比べて多い施設

・し尿処理汚泥の焼却または乾燥を実施されているが、燃料使用量（具体的には、処理量あたりの燃料使用量）が他の施設に比べて少ない施設

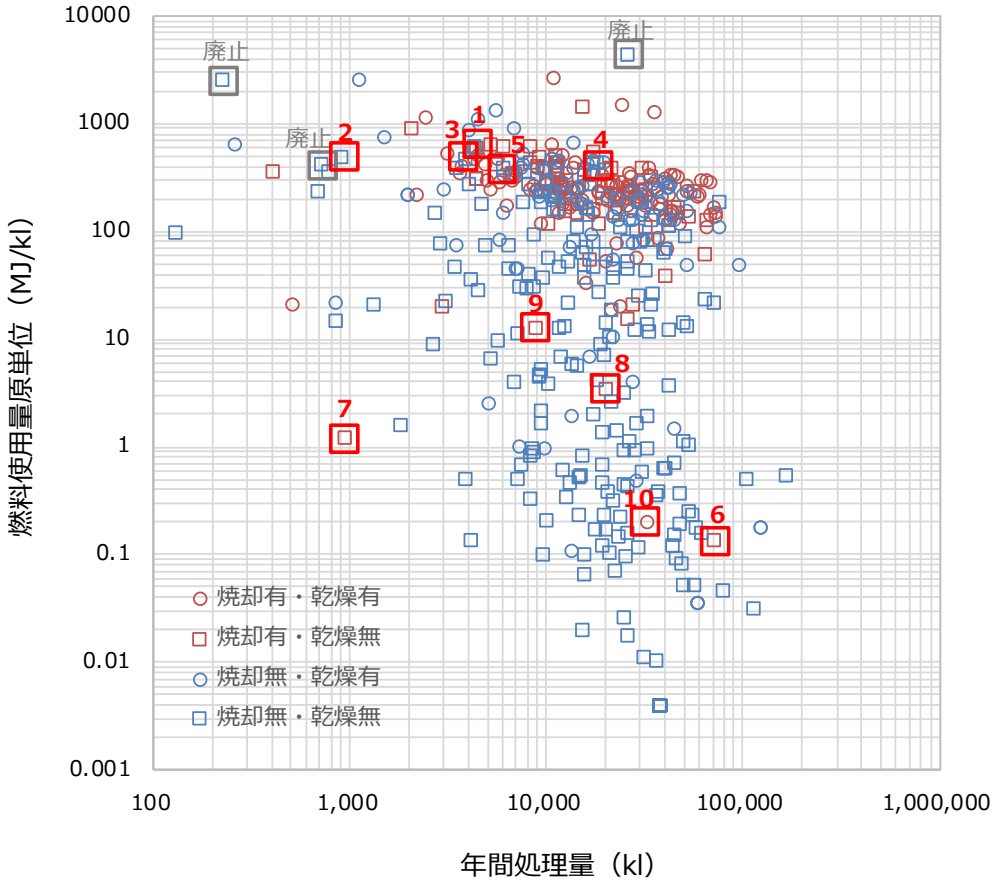


図 I-22　問い合わせ先を抽出するための散布図

表 I-23　「し尿処理施設・汚泥再生処理センター」の情報確認結果及び修正方針等について

No.	脱水汚泥焼却の有無	汚泥処理方法	燃料使用量原単位MJ/kl及び活動量	確認結果	修正方針
1	焼却無し	脱水	原単位608 MJ/kl 燃料使用量2,677,328 MJ 年間処理量4,401 kl	A重油は、し尿の加温用ボイラー及びし渣焼却炉にて使用、ボイラーはし尿の消化槽の加温以外に当該施設全体の暖房にも利用しており、外気温が常にマイナス温度の冬季は、格段に使用量は増える傾向にあるが、例年と比較し平成28年度のみが突出して多いという事ではない。 また、昭和54年度の利用開始と設計的に古く、最新の設計や省エネ機器を利用した現代的な施設と比較し、その差が大きいことは致し方ない。 LPGは、加温用ボイラーとし渣焼却炉の着火用パイロットバーナーと、施設の給湯に利用しており、数量、金額面において常識的な使用量と考える。	データ修正なし
2	施設外焼却	その他	原単位486 MJ/kl 燃料使用量446,682 MJ 年間処理量919 kl	A重油は暖房用として使用しており、処理量との因果関係はない。	データ修正なし
11	焼却無し	脱水	原単位467 MJ/kl 燃料使用量1,831,278 MJ	冬季の凍結防止を目的として、施設の24時間暖房にも使用してい	データ修正なし

No.	脱水汚泥焼却の有無	汚泥処理方法	燃料使用量原単位MJ/kl及び活動量	確認結果	修正方針
			年間処理量3,919 kl	るため。	
12	焼却無し	脱水	原単位424 MJ/kl 燃料使用量7,710,972 MJ 年間処理量18,191 kl し尿2,818kl 浄化槽汚泥15,180kl 有機性廃棄物193kl A重油198,215 ℓ （修正後） 原単位424MJ/kl 燃料使用量2,309,935MJ し尿2,811.95kl 浄化槽汚泥15,179.97kl 有機性廃棄物193.14kl A重油199,462 ℓ	データの誤記入があった。	データ修正すべき
13	施設外焼却	脱水	原単位379 MJ/kl 燃料使用量2,295,494 MJ 年間処理量6,060kl し尿6,060 kl A重油59,007 ℓ	処理方式が嫌気性消化であり、ボイラーにて加温する必要があることから、燃料を使用している。搬入量及び処理量の変動や外気温の影響等により、燃料の使用量が大幅に増減することがある。	データ修正なし
14	施設内焼却 （修正後） 施設外焼却	脱水	原単位0.1 MJ/kl 燃料使用量9,434 MJ 年間処理量72,293kl	脱水汚泥の焼却処分は、胆江地区衛生センターに搬入される一般ごみを焼却する「ごみ焼却施設」にて行っているため、し尿処理施設としての燃料使用量が少ない要因と考える。灯油は、冬季の暖房用、LPGは、水質検査機器で使用している。平成28年度実績値が異常値ではないことの証明として、確認対象年度である「平成28年度」の前後1年分の処理量及び燃料使用量を比較した。結果、平成29年度の灯油使用量だけが突出しているが、これは基幹改良工事に着手した関係で、し尿処理施設の暖房装置が使用出来なくなり（熱交換機能の停止）、代わりにストーブを使用したことにより灯油使用量が増加したもの。それ以外は、毎年度ほぼ同じ値であることから、平成28年度の値については、正しいと言える。	汚泥焼却有無のフラグを修正すべき
15	施設内焼却 （修正後） 施設外焼却	脱水，焼却	原単位1.2MJ/kl 燃料使用量1,103 MJ 年間処理量946kl	園内のし尿処理施設からクリーンポート（焼却施設）にし尿処理汚泥を搬入している。月7回ぐらい搬送（約2km/回）している。他の施設と比べても搬送する回数が少ないため。	汚泥焼却有無のフラグを修正すべき
16	施設内焼却	脱水	原単位3MJ/kl 燃料使用量68,497 MJ 年間処理量20,446kl	回答データの相違なし	データ修正なし
17	施設内焼却 （修正後） 施設外焼却	脱水	原単位12MJ/kl 燃料使用量109,523 MJ 年間処理量8,865kl	当該センターは前処理→脱水→希釈放流の処理工程である。発生するし渣等は隣接する施設で焼却処理をしているため当センターでの焼却処理に伴う化石燃料の使用はない。 近年の下水道普及により処理量	汚泥焼却有無のフラグを修正すべき

No.	脱水汚泥焼却の有無	汚泥処理方法	燃料使用量原単位MJ/kl及び活動量	確認結果	修正方針
				が減少してきたため、平成23年度に改造工事を実施し施設の効率化を図った。 処理能力） 当　初：230kl/日(115kl/日×2系列) 工事後：45kl/日×1系列	
18	施設内焼却	脱水，乾燥，焼却	原単位0.2MJ/kl 燃料使用量6,442 MJ 年間処理量32,985kl A重油136ℓ LPG 23kg （修正後） 原単位200MJ/t 燃料使用量 6,442,000 MJ A重油136,000ℓ LPG 23,000kg	データの誤記入があった。	データ修正すべき

(d) 今後の課題

a) ガス化改質について

ガス化改質は、ガス化溶融とは異なる面もあるが、現在の方式では、シャフト、回転、流動床と炉形式になっているので、判別できない。資源化量の中に「発生ガス回収」があるが、H28 実績調査票には説明がない。すなわち、発生ガス回収後に所内で発電など燃料使用しており、外部供給していない場合もあるが、その場合でも記入すべきかどうかがわかりにくい。ガス化改質においては、発生ガス量を把握することには意義があり、なおかつ、別途に発電電力量なども調査されていることを踏まえると、物質・エネルギー収支を把握して効率などを評価するためには、所内使用量と所外供給量を区分する必要がある。非エネ起 CO2 排出量の計算上は、所外供給量は含まれないと考えられる。燃料化施設では、「外部に供給した生成物量と性状」があるが、焼却施設では、発生ガスの性状（発熱量）が不明であるため、合わせて把握することが望まれる（焼却施設において発生ガスの外部供給の実態があれば特に）。

b) 外部熱供給について

外部熱供給について、実態調査の「余熱利用量（実績値）うち外部熱供給量」の回答値を採用したが、本当は「余熱利用の状況」で「場外温水」「場外蒸気」などを回答した施設に限り、それぞれの平均値（原単位）を与えるべきかもしれない。ただし、場外熱供給の過小評価となる課題もある。

c) 燃料使用量等の実態調査票の項目設計

焼却残渣等の処理を焼成や溶融で行っている場合は、エネルギー使用量が大きいと考えられるため、これらについて把握することが必要である。そのためには、「処理対象廃棄物」に焼却残渣（焼却主灰、焼却飛灰）を加え、処理方式に「溶融」「焼成」を加えるべきであると考えられる。なお、「溶融」は、一般廃棄物処理実態調査においては「ごみ焼却施設」の区分で回答することが求められていると思われるが、民間の資源化等施設の中には、「その他」の処理内容の具体として「溶融」を含む施設が 22 件確認されたことを付記しておく。なお、その他の処理内容の中には「メタンガス化、メタン化、メタン発酵」「固形燃料化」など、本来は「燃料化施設」で回答対象となる可能性の高いものも見られた。

外部から供給された電力量の質問項目について、最終処分場では「その他施設から供給された電力量」、それ以外の処理施設では「関連施設から供給された電力量」となっており、入力上の注意にもその違いは明らかになっていない。こういった項目を統一すべきではないかと考えられる。

d) 焼却施設の無効推計について

焼却施設の使用電力量の無効推計について、ステップ①の発電の原単位の回帰式は、発電効率と一般焼却量あたりの発電電力量の関係から求めたため、発電効率 0 の場合、発電していないとのことで、切片 0 で求めるのは合理性があると考えられる。

2) 1990～2015 年度の算定

(a) 過年度の CO2 排出量推計の考え方

上述の「1）2016 年度の算定」において 2016 年度を対象に実施した一般廃棄物処理施設・車両におけるエネルギー消費量の詳細推計結果を用い、以下の手順により、過年度の一般廃棄物処理施設・車両における CO2 排出量を推計した。なお、電力 CO2 排出係数は経年的に変動していることから、推計作業は燃料と電気に分けて行った。

＜燃料消費に伴う CO2 排出量＞

1990～2015 年度の一般廃棄物処理施設・車両におけるエネルギー消費量を、2016 年度における施設区分ごとの活動指標量あたりのエネルギー消費原単位に過年度の施設区分ごとの活動指標量を乗じて推計し、2016 年度の施設区分 A の平均 CO2 排出係数（燃料）を乗じて X 年度（過年度）の CO2 排出量を推計した。

$$\text{X年度の施設区分Aの燃料由来}CO_2\text{排出量} = \frac{\text{2016年度の施設区分Aのエネルギー消費量}}{\text{2016年度の活動指標量}} \times \text{X年度の活動指標量} \times \text{2016年度の施設区分Aの平均}CO_2\text{排出係数（燃料）}$$

＜電力消費に伴う CO2 排出量＞

1990～2015 年度の一般廃棄物処理施設・車両における電力消費量を、2016 年度における施設区分ごとの活動指標量あたりの電力消費原単位に過年度の施設区分ごとの活動指標量を乗じて推計し、X 年度の電力 CO2 排出係数を乗じて X 年度の CO2 排出量を推計した。

$$\text{X年度の施設区分Aの電力由来}CO_2\text{排出量} = \frac{\text{2016年度の施設区分Aの電力消費量}}{\text{2016年度の活動指標量}} \times \text{X年度の活動指標量} \times \text{X年度の電力}CO_2\text{排出係数}$$

(b) 施設区分と活動指標量の想定

「1）2016 年度の算定」でエネルギー消費量を推計した施設区分ごとに、エネルギー消費量と比較的相関性があると考えられる活動指標を以下のとおり想定した。

表 I-24　施設区分と活動指標の想定

施設区分	過年度の CO2 排出量の推計に用いる活動指標
収集	一般廃棄物発生量
焼却施設	一般廃棄物焼却量
粗大ごみ処理施設	一般廃棄物中間処理量（粗大ごみ処理施設）
資源化等施設	一般廃棄物中間処理量（ごみたい肥化施設＋ごみ飼料化施設 ＋メタン化施設＋その他資源化を伴う施設）
ごみ燃料化施設	一般廃棄物中間処理量（ごみ燃料化施設）
その他の施設	一般廃棄物中間処理量（その他施設）
最終処分場（浸出液処理）	最終処分量（中間処理後+最終処分）
最終処分場（埋立作業）	最終処分量（中間処理後+最終処分）
し尿処理施設・汚泥再生処理センター	し尿処理施設・汚泥再生処理センターし尿処理量
コミュニティ・プラント	コミュニティ・プラント人口

(2) 産業廃棄物処理

1) 産業廃棄物処理施設･収集運搬車両からのエネルギー起源 CO2 排出量算定の考え方

一般廃棄物と同様、産業廃棄物処理施設及び収集運搬車両におけるエネルギー（電気・燃料）の使用量に CO2 排出係数を乗じて CO2 排出量を算定した。

表 I-25　エネルギー起源 CO2 排出係数（産業廃棄物・収集運搬）

燃料種	単位	排出係数
ガソリン	kgCO2/L	2.32
軽油	kgCO2/L	2.61
LPG	kgCO2/L	3.07
天然ガス	kgCO2/m3	2.15
A重油	kgCO2/L	2.78
混合軽油B5	kgCO2/L	2.48
BDF-B100	kgCO2/L	0.00

表 I-26　エネルギーCO2 排出係数（産業廃棄物・処理施設）

燃料種	単位	1990
電気	MWh	0.46
都市ガス	kgCO2/m3	2.30
天然ガス	kgCO2/m3	2.15
軽油	kgCO2/L	2.61
灯油	kgCO2/L	2.49
A重油	kgCO2/L	2.78
C重油	kgCO2/L	2.88
LPG	kgCO2/kg	3.07
石炭	kgCO2/kg	2.24
廃油･再生油	kgCO2/kg	0.00
木くず	kgCO2/kg	0.00
BDF	kgCO2/L	0.00
RPF	kgCO2/kg	0.00
ガソリン	kgCO2/L	2.32
B重油	kgCO2/L	2.78
RDF	kgCO2/kg	0.00
コークス	kgCO2/kg	3.17
コークス炉ガス	kgCO2/m3	0.87
原油	kgCO2/L	2.68

2) 産業廃棄物処理施設･収集運搬車両におけるエネルギー消費量の把握方法

産業廃棄物処理施設・収集運搬車両におけるエネルギー消費量は、「地球温暖化対策・低炭素社会実行計画，公益社団法人全国産業資源循環連合会」より把握した。

表 I-27　産業廃棄物処理施設・収集運搬車両におけるエネルギー消費量

収集運搬

燃料種	単位	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019
ガソリン	kl	11,501	16,789	11,505	10,657	9,773	7,620	7,161
軽油	kl	626,902	915,131	649,130	754,727	751,637	792,878	743,997
LPG	kl	1,400	2,044	1,464	1,322	1,269	1,261	1,188
天然ガス	千m3	1,045	1,526	1,087	1,087	1,087	1,131	1,079
A重油	kl	1,306	1,907	1,480	973	921	2,814	462
混合軽油B5	kl	308	450	320	320	742	888	669
BDF-B100	kl	2,090	3,051	2,088	957	908	795	718

処理施設･構内車両

燃料種	単位	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019
電気	MWh	2,137,388	3,120,091	2,328,930	2,350,189	2,306,775	2,247,756	2,266,561
都市ガス	千m3	59,556	86,938	66,378	62,971	62,997	62,953	61,945
天然ガス	千m3	5,232	7,637	5,961	5,377	5,392	5,322	5,451
軽油	kl	147,014	214,606	154,704	166,278	165,721	164,510	165,901
灯油	kl	82,027	119,741	76,837	81,506	78,845	59,122	38,808
A重油	kl	141,711	206,865	106,883	101,177	99,003	92,552	91,223
C重油	kl	15,124	22,078	11,330	10,854	11,002	10,932	8,839
LPG	t	11,979	17,487	12,235	14,254	12,154	12,216	4,802
石炭	t	27,416	40,021	27,758	27,939	27,260	27,134	27,621
廃油･再生油	t	233,535	340,907	24,905	272,345	263,476	237,044	269,352
木くず	t	114,675	167,399	116,811	131,294	135,652	153,918	186,684
BDF	kl	1,022	1,492	1,163	1,192	1,192	694	476
RPF	t	21,463	31,332	28,895	34,951	34,951	32,334	36,228
ガソリン	kl	18,901	27,591	19,225	19,125	19,107	16,461	14,645
B重油	kl	664	969	782	841	827	856	882
RDF	t	351	513	365	365	365	413	369
コークス	t	41,582	60,700	22,266	17,391	17,416	17,845	19,107
コークス炉ガス	千m3	177	259	185	185	185	185	181
原油	kl	884	1,290	1,683	3,266	3,115	292	812

(3) 過年度の CO2 排出量推計結果

1990～2019 年度のエネルギー起源 GHG 排出量の推計結果を以下に示す。

表 I-28　1990～2019 年度のエネルギー起源 GHG 排出量推計結果（単位：ktCO2）

排出源	1990	2000	2010	2015	2019
一般廃棄物	3,576	3,548	3,215	3,449	4,233
産業廃棄物	4,106	5,807	4,070	4,511	4,169
合計	7,683	9,355	7,284	7,960	8,402

2.4 リーケージ排出、他分野での温室効果ガス排出削減効果の算定の考え方

（1）温室効果ガス排出削減対策を講じた場合に生じるリーケージ排出の考え方

中長期シナリオ（案）は製品の製造プロセスを考慮していないため、リサイクルが他分野の温室効果ガス排出に及ぼす影響を把握することができない。中長期シナリオ（案）で取り上げたリサイクルの取組を促進することで他分野での温室効果ガス排出量が減少する場合、中長期シナリオ（案）は他分野の温室効果ガスの削減に貢献する。しかし、逆に増加する場合、中長期シナリオ（案）はその検討範囲外で温室効果ガス排出量を増加させる（リーケージが生じる）。

リサイクルが他分野に及ぼす影響を分析・評価している研究事例を調査したうえで、中長期シナリオ（案）においても同様の分析・評価を行うための初期の試算を後述の（2）で実施した。なお、廃棄物の原燃料利用は中長期シナリオ（案）で算定している（原燃料利用による化石燃料代替効果は計上していない）。

1) 米国、欧州のライフサイクルアセスメント（LCA）におけるリサイクルの分析・評価

Anshassi ら (2021) [5]は、廃棄物分野のライフサイクルアセスメント（LCA）モデルである米国の WARM（Waste Reduction Model）、MSW-DST（Municipal Solid Waste Management Decision Support Tool）、SWOLF（Solid Waste Optimization Life-cycle Framework）、デンマークの EASETECH（Environmental Assessment System for Environmental Technologies）、英国の WRATE（Waste and Resource Assessment Tool for the Environment）を対象として、モデルの前提の違いが計算結果に及ぼす影響を分析している。モデルの境界の比較より、焼却灰に含まれる金属類の回収（例：鉄鋼、アルミニウム）やマテリアルリサイクルによる金属類の消費の回避、紙のリサイクルによる森林での CO2 貯留量の増加が全てあるいは一部のモデルの算定範囲に含まれていることが示されている。リサイクルに関するプロセスについてモデル境界の比較を下表に示す。

表 I-29　LCA モデルの境界の比較（リサイクルに関するプロセス）

プロセス	共通	一部 LCA モデルのみ
焼却	・ 焼却灰に含まれる鉄の回収 ・ 回収した鉄の輸送・製品化 ・ 代替による天然資源から製造した鉄の消費の回避	・ 焼却灰に含まれる非鉄金属の回収 ・ 回収した非鉄金属の輸送・製品化（アルミニウム製品） ・ 代替による天然資源から製造したアルミニウムの消費の回避
リサイクル	・ 資源化施設での選別・処理 ・ 再製造工場への輸送、再製品化 ・ リサイクルによる素材の消費の回避	・ 紙のリサイクルによる森林での CO2 貯留量の増加

出典：Anshassi ら（2021）Fig.1.より作成

[5] M. Anshassi and T.G. Townsend (2021) Reviewing the underlying assumptions in waste LCA models to identify impacts on waste management decision making, Journal of Cleaner Production, 313, 127913

2) ゼロウェイスト＆炭素中立計画のための温室効果ガス排出量の分析・評価におけるリサイクルの分析・評価

Castigliego ら (2021) [6]は、ボストン市の「ゼロウェイスト[7]&炭素中立計画[8]」に関して、廃棄物管理やリサイクルに伴う温室効果ガス排出の直接排出と、エネルギー回収や物質回収、炭素貯留による温室効果ガス排出回避を系統電力の脱炭素化も踏まえて分析している。温室効果ガスの排出回避には、焼却灰からの物質回収、マテリアルリサイクルによる物質回収、堆肥化及び嫌気性消化による栄養素回収が含まれている。

表 I-30　直接排出量と排出回避量の算定結果（ボストン市）

単位：ktCO2-e

		直接排出	排出回避	エネルギー回収	マテリアル回収	炭素貯留※
2017 年	焼却	387.4	228.8	174.5	54.3	-
	リサイクル	-	420.7	-	116.4	304.3
	コンポスト	5.4	20.7	-	-	20.7
	合計	**392.8**	**670.2**	**174.5**	**170.7**	**324.9**
2050 年ベースライン	焼却	440.8	107.8	46.1	61.7	-
	リサイクル	-	476.6	-	131.6	345.0
	コンポスト	6.1	23.5	-	-	23.5
	合計	**446.9**	**608.0**	**46.1**	**193.3**	**386.5**
2050 ゼロウェイストシナリオ	焼却	63.4	23.4	6.1	17.3	-
	リサイクル	-	1206.2	-	328.8	877.4
	コンポスト	18.8	93.6	-	-	93.6
	合計	**82.2**	**1323.3**	**6.1**	**346.1**	**971.0**

※有機物のコンポスト化、嫌気性消化を行うことによる貯留効果とみられる。
出典：Castigliego ら（2021）Table 1 より作成

3) その他のリーケージの可能性

中長期シナリオ（案）で検討された取組を実施することで新たなサービス・消費が生まれ、温室効果ガスが増加する「リバウンド効果」や、リユース等の取組による GHG 排出量の増加（「バックファイア効果」[9]）もリーケージとなり得る。

[6] J.R. Castigliego, A. Pollack, C.J. Cleveland et al. (2021) Evaluating emissions reductions from zero waste strategies under dynamic conditions: A case study from Boston, Waste Management, 126, 170-179

[7] ゼロウェイスト（Zero Waste Boston, 2019 年）：廃棄物ゼロ都市に向けて、2050 年には 90%以上の廃棄物を埋立やエネルギー回収からリサイクル等に転換することをベンチマークとしている。

[8] 炭素中立（Carbon Free Boston）：気候アクションプラン（2019 年改訂）において、2050 年 CN に向けた 5 年間の計画を提示。建築・交通・エネルギー・廃棄物分野等で取組が開始されている

[9] 意図しない要因によって温室効果ガス排出量が増加すること。

（2）他分野での温室効果ガス排出削減効果の算定の考え方

資源循環分野の取組による他分野での温室効果ガス排出削減効果を検討する前段階として、他分野でのエネルギー消費削減効果を試算した。

1) 廃棄物部門以外のエネルギー消費削減効果の推計（試算）

(a) 推計方法の概要

循環的な利用の取組を実施するシステムの比較対象としてオリジナルシステム（廃棄物の適正処理及びバージン材を利用した新製品の製造・利用）を仮想的に設定した（図 I-23）。両システムの環境負荷の差分を推計することで、循環的な利用の取組によるエネルギー消費削減効果の推計を行った（図 I-24）。試算年度は 2015 年とした。

なお、今回推計した他部門由来のエネルギー消費量は、製品製造プロセスや発電・熱の供給・利用プロセスでの消費分が対象となる。また、推計の範囲を国内としており、例えばバージン材によるアルミ地金の生産、日本から海外へ輸出される循環資源など、海外におけるプロセスの削減効果は対象としていない。

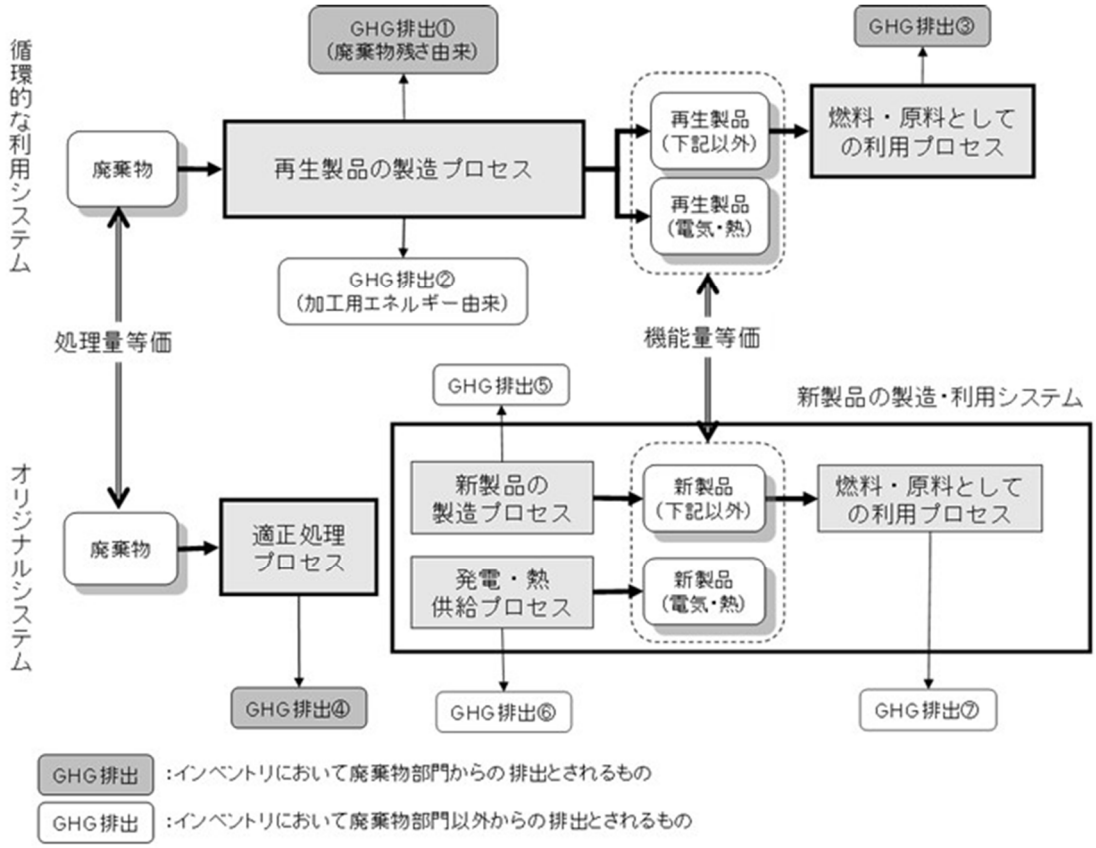


図 I-23　循環的な利用の取組を実施するシステムの比較

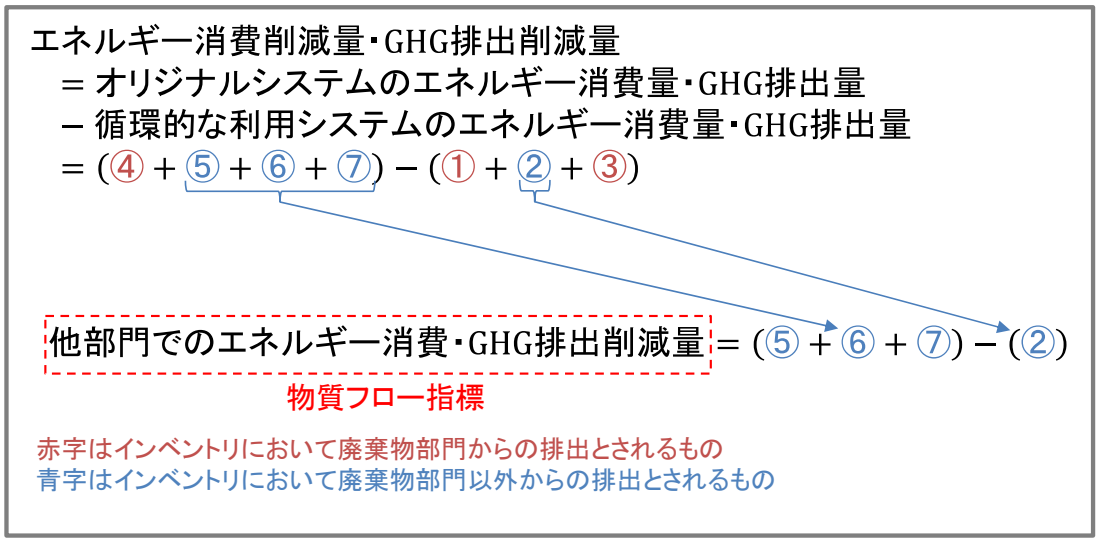


図 I-24　指標の推計式

(b) 他部門でのエネルギー消費削減量

他部門でのエネルギー消費削減量について、燃種別及び取組別に整理を行った。

a) 燃種別

エネルギー消費量／消費削減量を燃種別に見た場合、バイオマス分（「製紙原料利用（古紙）」由来）を除くと、特に削減量が大きいものは石炭であり、約 300PJ 削減されている。

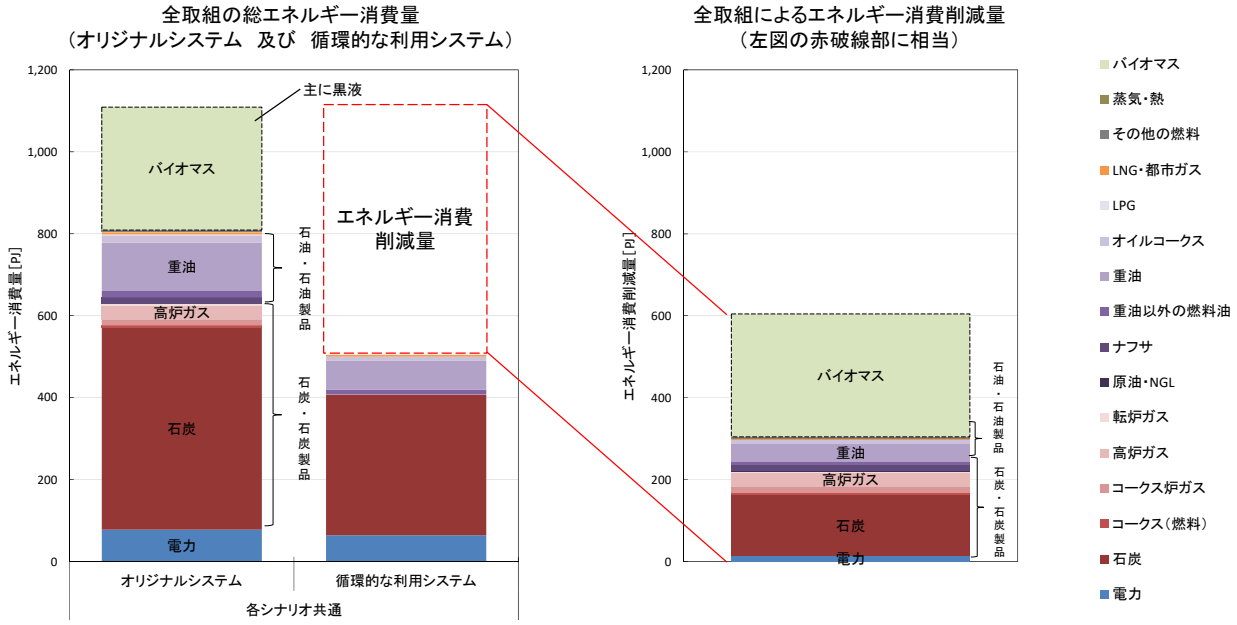


図 I-25　他部門でのエネルギー消費削減量（燃種別）

b) 取組別（廃棄物投入量当たりのエネルギー消費量・エネルギー消費削減量）

廃棄物投入量当たりのエネルギー消費量及びエネルギー消費削減量を図 I-26、図 I-27 に示す。

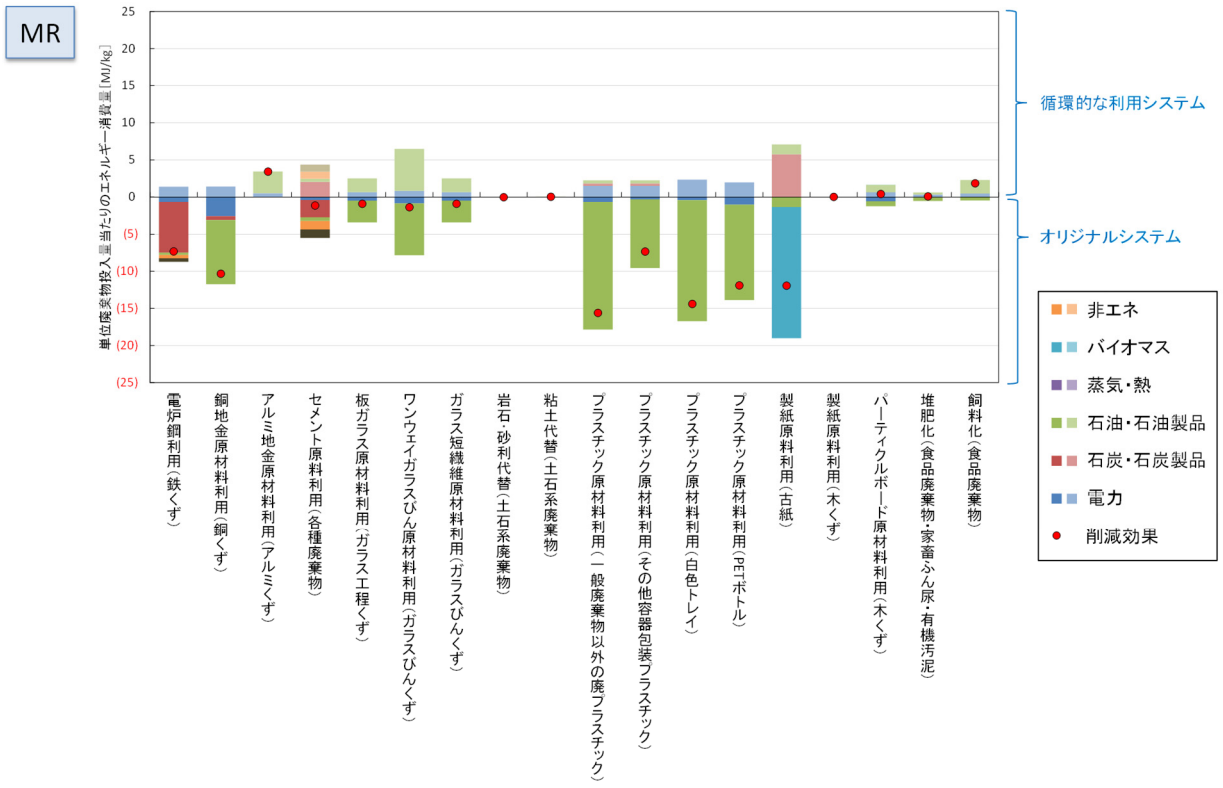


図 I-26　各取組における廃棄物投入量当たりのエネルギー消費量(MR)

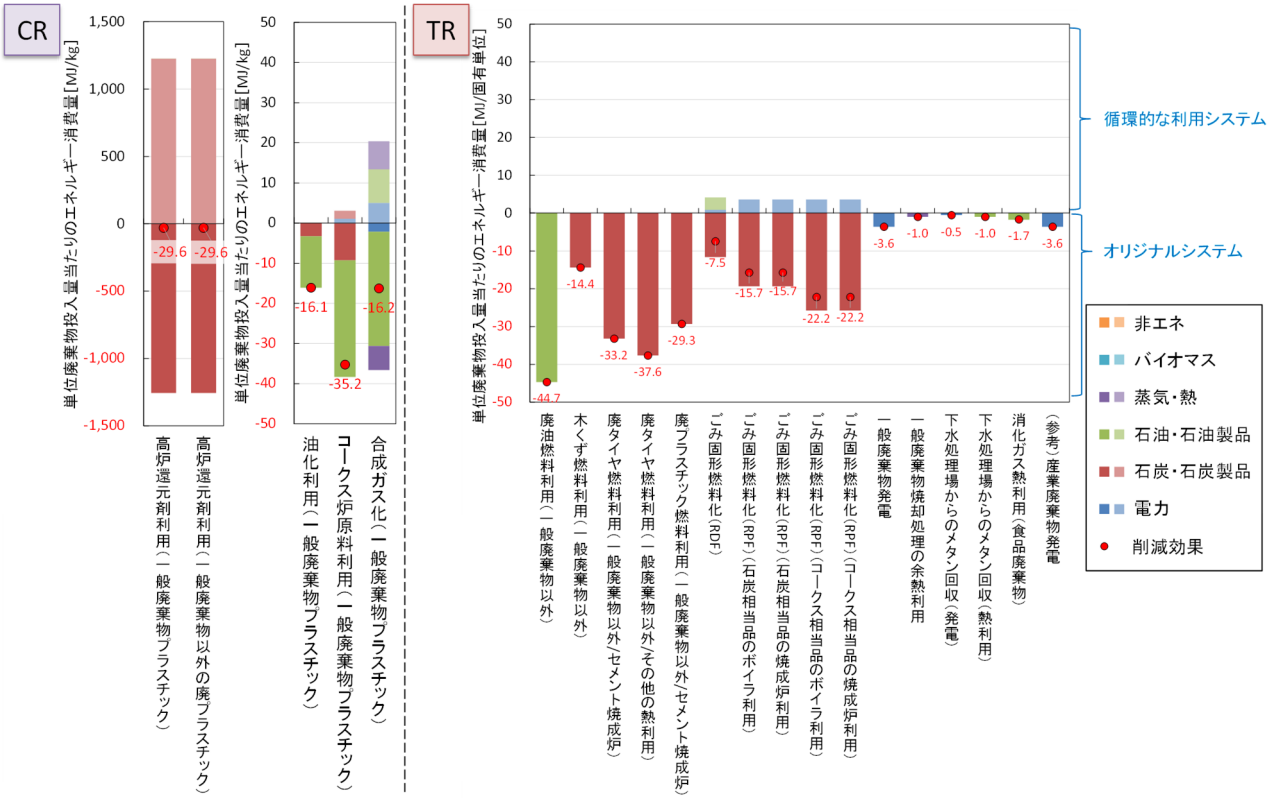


図 I-27　各取組における廃棄物投入量当たりのエネルギー消費量(CR、TR)

2) 参考：他部門での温室効果ガス排出量の推計に係る文献調査

海外における主要産業の排出量推計状況について、「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA））」を対象に調査を行った。調査結果を以下に示す。

(a) 各製品の生産量の将来推計における 3R の扱いについて

化学製品、鉄鋼、セメントの生産量の将来推計における 3R の扱いは下表のとおりである。

表 I-31　各製品の生産量の将来推計における 3R の扱いについて

	生産量の範囲	3Rの扱い
化学製品	• メタノール、アンモニア、HVCs（high-value chemicals）のみ ※ HVCsはエチレン、プロピレン、ベンゼン、トルエン、混合キシレンの5製品	• 生産量としては一次製品のみが計上。再生プラスチックなど二次製品は生産量の範囲外。 • したがって、材料効率の効果としてはリデュース、リユース、***リサイクル***の効果が含まれる。
鉄鋼	• 粗鋼（鉄鉱石由来、スクラップ由来の両方を含む）	• 生産量としてスクラップ由来の粗鋼についても計上されている。 • したがって、材料効率の効果としてはリデュース、リユースの効果が含まれる。
セメント	• セメント生産量	• 使用済みコンクリートからのセメント再製造は研究中だが困難と記述あり。 • したがって、材料効率の効果としてはリデュース、リユース、リサイクルが含まれるが、主にリデュース・リユースによるものと考えられる。

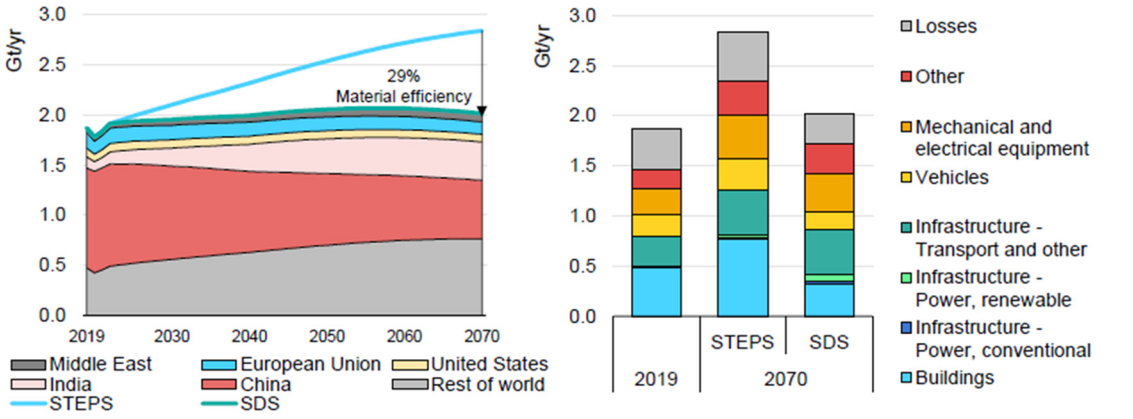
出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」より作成

【参考】鉄鋼（Steel）と銑鉄（iron）の生産量の関係について

図 I-28 の鉄鋼生産量が年間約２Gt に対し、図 I-29 右図の銑鉄生産量は 1,000Mt 強（1Gt 強）であり、図 I-29 左図にあるように鉄鋼生産の鉄源はスクラップと鉄鉱石がそれぞれ 1:1 程度となる。

したがって、図 I-28 の鉄鋼生産量には鉄鉱石由来、スクラップ由来の両方を含むことが分かる。

Figure 4.9 Global steel production by region and end use, 2019-70



IEA 2020. All rights reserved.

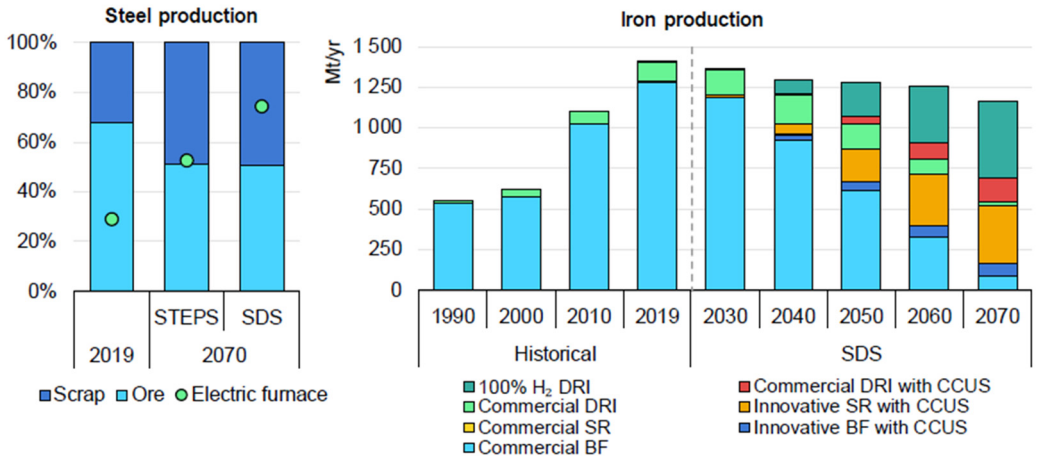
Notes: STEPS = Stated Policies Scenario. SDS = Sustainable Development Scenario. *Other* includes metal goods, domestic appliances and food packaging. Losses is equivalent to scrap generated in the semi-manufacturing and manufacturing stages.

The contraction of steel production in China is expected to be offset by rapid growth in India. In the Sustainable Development Scenario, material efficiency strategies help reduce global demand for steel by 29% by 2070.

図 I-28 地域別および最終用途別の世界の鉄鋼生産量

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」p.202
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.）

Figure 4.12 Global steel production by route and iron production by technology in the Sustainable Development Scenario, 1990-2070



IEA 2020. All rights reserved.

Notes: STEPS = Stated Policies Scenario. SDS = Sustainable Development Scenario. CCUS = carbon capture, utilisation and storage. DRI = direct reduced iron. SR = smelting reduction. BF = blast furnace. **Commercial BF** includes traditional coal, gas and charcoal-based blast furnaces, with and without top pressure recovery turbines, without CCUS. **Innovative BF with CCUS** includes blast furnaces with process gas hydrogen enrichment and CO_2 removal for use and storage (for example, as being developed by the COURSE50, IGAR and 3D projects), including CCUS retrofits to existing blast furnaces and those newly installed over the coming decade. **Commercial SR** refers to smelting reduction without CCUS (COREX and FINEX). **Innovative SR with CCUS** includes application of CCUS to existing smelting reduction concepts (for example COREX and FINEX) and novel smelting reduction concepts with CCUS (for example, as being developed by the HIsarna project). **Commercial DRI** includes gas and coal-based DRI without CCUS, including that which has a portion of blended electrolytic hydrogen. **Commercial DRI with CCUS** includes gas and coal-based DRI with CCUS. **100% H_2 DRI** comprises fully electrolytic hydrogen-based DRI (for example, as being developed by the HYBRIT project and ArcelorMittal in Hamburg). For further details on examples of projects developing these technologies, see Table 4.2.

While incremental gains in energy and material efficiency contribute the most to lowering iron and steel sector CO_2 emissions in the short to medium term, innovative technologies are the main drivers in the long term.

図 I-29　持続可能な開発シナリオにおけるルート別鉄鋼生産比率と生産技術別銑鉄生産量

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」p.207 より作成
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.）

【参考】建築物に含まれる鉄鋼の再利用について

建築物に含まれる鉄鋼の再利用について、IEA(2021)で記述があるのは以下のパラグラフ（表 I-32 参照）のみである。やや抽象的な記述ではあるが、「構造材、冷間成形鋼のフレーム材などの鉄鋼材料については材料特性、安全性、全体的な持続可能性を損なうことなくリユースが可能」とされている。

表 I-32　建築物に含まれる鉄鋼の再利用についての IEA(2021)の記述

The reuse and recycling of cement and steel components can also reduce material needs. *Steel-based elements, including structural elements and cold-formed steel framing, may be reused without harming their material properties, safety and overall sustainability. When steel elements cannot be reused, collection for recycling and use in secondary steel production can help achieve lower production emissions for new steel elements than production from iron ore (see the iron and steel section above).* Opportunities for cement reuse and recycling are more limited, partly because of the costs of transporting heavy blocks over long distances. There may be potential for recovery and reuse of unhydrated cement from used concrete, but technologies for this have yet to reach the commercial stage. Recycling concrete aggregates is possible, though the potential emissions savings are small due to transport needs, the non-carbon-intensive nature of aggregates and the potential need to add cement to facilitate recycling (Zhang et al., 2017). **原文まま**（P.237）

要約:

- **構造材、冷間成形鋼のフレーム材を含む鉄鋼材料については材料特性、安全性、全体的な持続可能性を損なうことなくリユースが可能であろう。**
- **鉄鋼材料がリユースできない場合には、スクラップとして回収し、鉄鋼材として再生することで、鉄鉱石から鉄鋼を生産する場合と比べて、GHG排出量の低減に寄与する。**

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.）

(b) 各製品の材料効率改善効果

a) 各製品の材料効率改善による生産量削減効果

持続可能な開発シナリオ（SDS）[10]の 2070 年時点では、材料効率の改善により、化学製品、鉄鋼、セメントの各部門において、それぞれ 25%、29%、26%の生産量削減が見込まれる。（従来の政策シナリオ（STEPS）[11]比）

化学製品の主な材料効率改善要因はプラスチックのリユース及びリサイクルで、2070 年には廃プラスチックの回収率が現在の 3 倍以上になるほか、リサイクルの際にダウンサイクルされずに新品の代替品として利用される割合が 2 倍以上に増加する。

鉄鋼の主な材料効率改善要因は、製品の軽量化、生産工程でのスクラップとしてのロス削減、耐用年数を迎えた製品や建築物に含まれる鉄鋼の再利用、及び製品や建築物の長寿命化である。

セメントの主な材料効率改善要因は、既存建築物の改修による長寿命化、建設現場での廃棄物削減、材料削減のための建物設計の最適化である。

[10] 持続可能な開発シナリオ(Sustainable Development Scenario:SDS)：国際的な気候変動・エネルギー目標を達成するための IEA のロードマップであり、2070 年までに世界のエネルギーシステムの排出量をネットゼロにするために、エネルギーシステム技術やインフラの大幅な変革に加えて、行動変容の側面を組み込んだシナリオ。

[11] 従来の政策シナリオ（Stated Policies Scenario:STEPS）：現在の環境・エネルギーに関する政府の政策や公約が実施されたと仮定して、世界のエネルギーシステムの変化を評価したシナリオ。政策の将来的な変更は想定していないが、長期的な技術の進歩による影響は考慮している。

【参考】建築部門の材料効率改善の鉄鋼、セメントへの影響

鉄鋼部門、セメント部門における材料効率改善については、建設部門の材料効率改善（3R、デジタル技術活用等）効果を内包した効果が計上されている。

表 I-33　建設部門の材料効率改善の鉄鋼、セメントへの影響について

部門	記述
鉄鋼	Material efficiency plays an important role by reducing the overall amount of steel that needs to be produced, accounting for a further 42% of the emissions reductions relative to the Stated Policies Scenario in 2040, and 25% in 2070. The lower share of emissions reductions attributable to material efficiency in 2070 is a result of other strategies such as innovative process routes playing a much larger role in the latter half of the scenario, even as savings from material efficiency also continue to grow. The key material efficiency strategies that are adopted in the buildings and construction sectors are explored in more detail in the final section of this chapter.(P.205) 要約：材料効率改善はGHG排出削減に重要。材料効率改善戦略の鍵である建設部門における戦略については本章最終節を参照のこと。
セメント	As with other industrial sectors, there is considerable potential for material efficiency gains to curb the demand for cement and the need for energy to make it, while providing the same level of services from buildings and infrastructure. In the Sustainable Development Scenario, material efficiency measures cut global cement demand in 2070 by one-quarter compared with the Stated Policies Scenario (Figure 4.15). The main measures that yield these gains are higher renovation rates to extend the lifetime of existing buildings, lower levels of waste on construction sites and the optimization of building designs to reduce the materials needed to construct the same floor area. In the Sustainable Development Scenario, global demand progressively falls to around 3.5 Gt by 2070 – about 15% lower than in 2019 – with a sizeable contraction in China and advanced economies more than offsetting growth in India and other developing economies. A more detailed discussion of material efficiency measures that could curb cement (and steel) demand in the buildings construction sector can be found below in the section “Bulk materials for construction”. (P.218) 要約：材料効率改善のなかで重要な対策は改修率の上昇による既存建築の長寿命化、建設現場での廃棄物排出抑制、単位床面積当たり建材需要量を抑制する建築設計の最適化などである。より詳細な対策の説明については本章最終節を参照のこと。

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」より作成
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.）

b) 各製品の材料効率改善による CO2 削減効果

持続可能な開発シナリオ（SDS）の 2070 年時点では、材料効率の改善により、化学製品で 15%、鉄鋼及びセメントで 25%CO2 排出量削減が見込まれる（従来の政策シナリオ（STEPS）比）。

(c) 建築部門におけるセメント・鉄鋼の使用状況と将来予測

a) セメント・鉄鋼の使用量と CO2 排出量の現状

建築部門におけるセメントおよび鉄鋼の使用量はそれぞれの需要量の約 50%、30%を占めており、建築資材に関連する CO2 排出の主要因となっている（その他にはガラスがある）。

地域によって排出量の傾向に大きな違いがあり、ほとんどの先進国ではここ数十年、建築資材に関連する CO2 排出量は緩やかな増加にとどまっているが、発展途上国や新興国では排出量が大きく増加している。

2000 年から 2020 年における、建築物に使用されるセメントおよび鉄鋼の CO2 排出量の主な増加要因は床面積の増加である。特にアジアでは、耐震化に伴い単位床面積あたりのセメント・鉄鋼使用量が増加している。床面積の増加等による直接・間接的な CO2 排出量の増加が、セメントや鉄鋼の炭素集約度の低下による排出削減効果を上回っている。

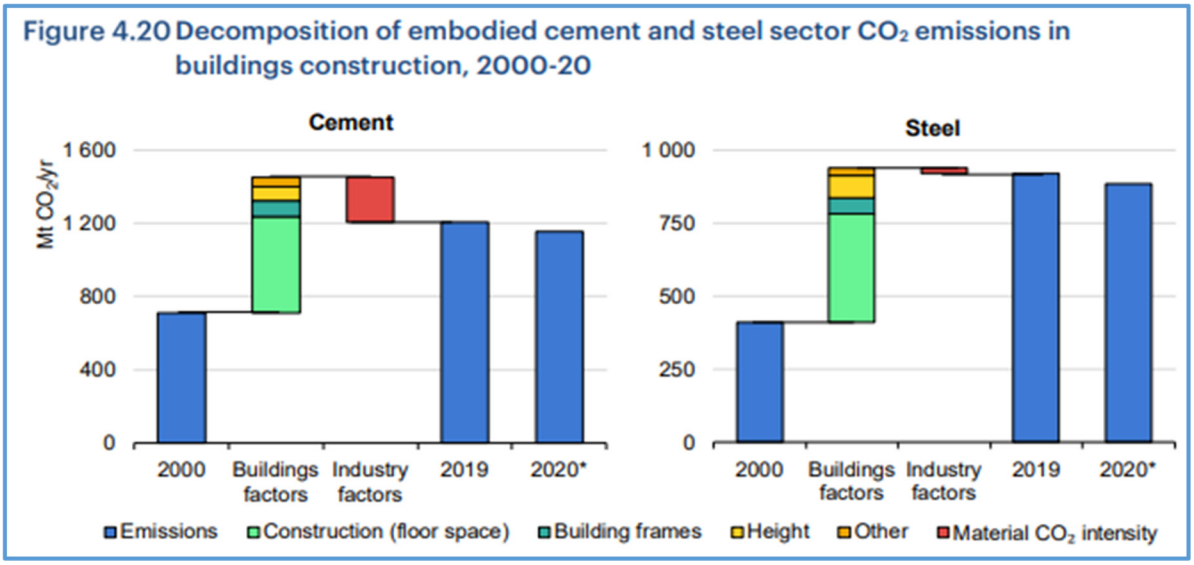


図 I-30　建築部門におけるセメントおよび鉄鋼使用による直接・間接的な CO2 排出量(2000-20)

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料)」p.231
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.)
※　embodied CO_2 emissions:建築資材の製造・輸送・使用にかかわる直接・間接的な CO2 排出量が含まれる。

b) CO2 排出量の将来予測

持続可能な開発シナリオ（SDS）において、建物のバリューチェーン全体の総排出量に占めるセメント・鉄鋼関連の割合は、2019 年の 20%以下から 2040 年には約 30%に上昇し、2070 年まで増加し続ける。これは、セメントや鉄鋼の生産に関連する排出量が 2040 年までに 40%減少する一方で、電力や再生可能エネルギーへの転換などにより、建築物の使用における化石燃料の消費による排出量の減少が 55%程度と、より急速であるためである。電力部門の完全な脱炭素化に加え、建物やその他の最終消費部門における効率化や柔軟性向上により、電力や熱に関連する排出量はゼロになる。

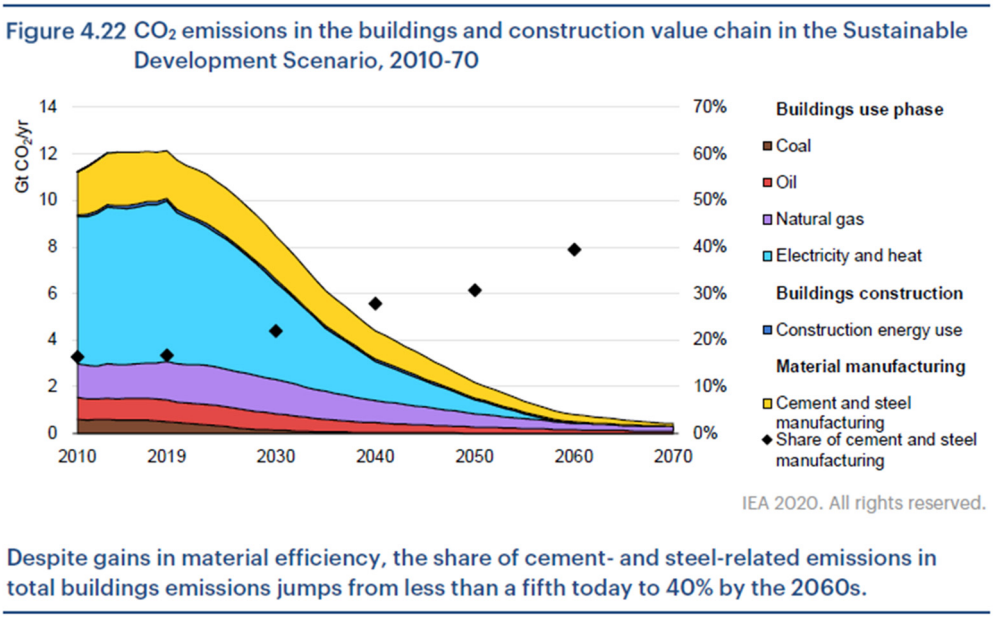


図 I-31　持続可能な開発シナリオ（SDS）における建築部門の CO2 排出量推移（2010-70）

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料)」p.233
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.)

続いて、製品別・シナリオ別の CO2 排出量の推移を下図に示す。持続可能な開発シナリオ（SDS）では、2070 年において現在の 95%減の CO2 排出量を実現する。SDS において、セメント及び鉄鋼の材料効率の向上による CO2 削減量は、従来の政策シナリオ（STEPS）の CO2 排出量との差のうち、約 3 分の 1 を占める。残りの約 3 分の 2 は、生産における炭素集約度の低下によるものである（図中の灰色部分）。

セメントと鉄鋼の材料効率化により、2070 年には建築分野の排出量が約 900Mt 削減する。

2050 年までは、建築物の長寿命化等による建築資材の需要低下など、材料効率化の効果が大きい。しかし、2050 年以降は材料効率化による効果は限定的となる（既存建物がほとんど改修済みとなり、他の取組が大きな影響を与えるようになる）。

2050 年以降は CCUS を含む低炭素なセメント・鉄鋼生産技術が大規模に導入され、排出量の追加削減のほとんどが材料生産に由来するようになる。

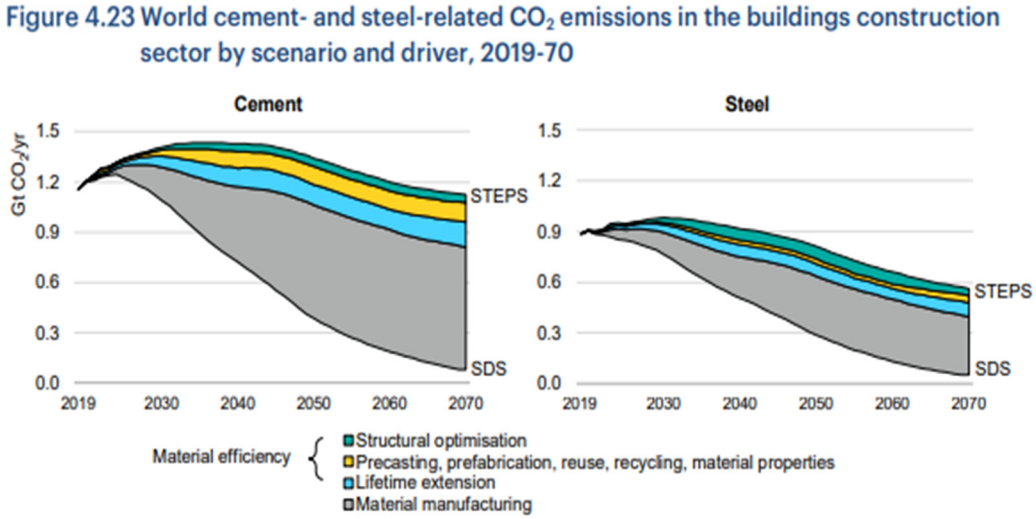


図 I-32　建築部門における世界のセメント・鉄鋼のシナリオ別 CO2 排出量推移（2019-70）

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」p.234
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.）

c) セメント・鉄鋼部門の需要量の将来予測

持続可能な開発シナリオ（SDS）では、建築に必要なセメントと鉄鋼の総需要は、2025 年から 2030 年の間にピークを迎え、2070 年には 2010 年の水準を下回る。2070 年までの累積材料需要は、従来の政策シナリオ（STEPS）と比較して、セメントで約 30Gt、鉄鋼で約 7Gt 減少する（50 年間で 20%の削減に相当）。

主な材料効率化策は、以下のとおりである。

①建物寿命の延長（改修、建築手法を含む）

②材料特性の向上（材料使用量を低減することのできる、入手可能で最適なセメント・鉄鋼の使用）

③構造の最適化（材料使用量を抑える設計・構造）

Figure 4.24 Contribution of material efficiency to reducing cumulative cement and steel demand for buildings construction in the Sustainable Development Scenario, 2019-70

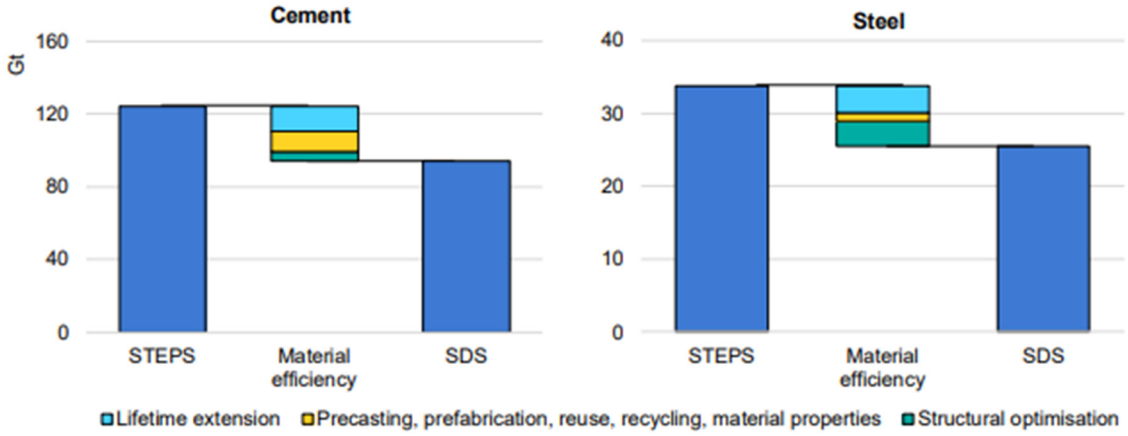


図 I-33　材料効率が建築部門の累積のセメント・鉄鋼需要量に与える影響

出典：「Energy Technology Perspectives 2020（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）資料）」p.235
（Source: IEA (2021), Energy Technology Perspectives 2020, All rights reserved.)

3. 廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の将来推計モデル（案）の構築

今後の温室効果ガス排出削減技術等を講じた場合の現況年度～2050 年度の温室効果ガス排出量を推計する将来温室効果ガス排出量推計モデル（案）を構築した。

3.1 廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の将来推計モデル（案）

（1）一般廃棄物

1) 非エネルギー起源の温室効果ガス排出量

一般廃棄物の非エネルギー起源の温室効果ガス排出量の将来推計モデルの概要を以下に示す。

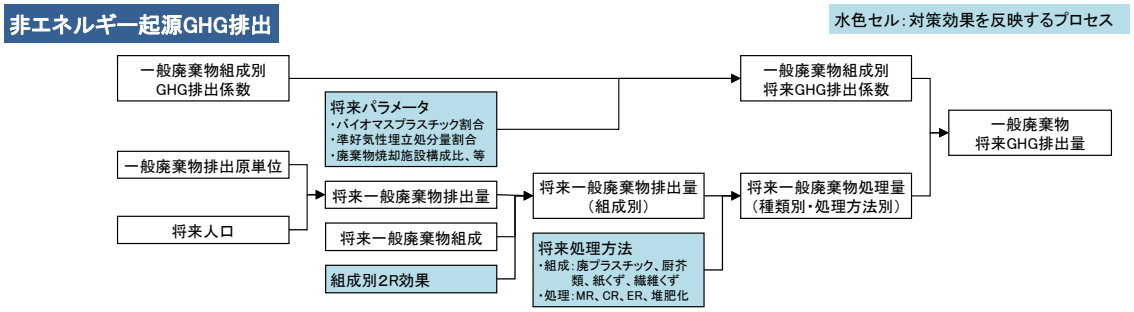


図 I-34　一般廃棄物の非エネルギー起源の温室効果ガス排出量の将来推計モデル概要

将来一般廃棄物排出量については、「国立社会保障・人口問題研究所，日本の将来推計人口（平成 29 年推計）、出生中位・死亡中位」から引用した将来人口に、一人一日あたりの一般廃棄物排出原単位を乗じて算定した。将来の一般廃棄物組成別排出量については、一般廃棄物将来排出量に将来一般廃棄物組成を乗じて算定した。組成別・処理方法別の将来一般廃棄物処理量は、将来の一般廃棄物組成別排出量に将来の組成別処理方法別処理割合を乗じて算定した。一般廃棄物の将来温室効果ガス排出量は、一般廃棄物組成別将来温室効果ガス排出係数に将来一般廃棄物処理量（種類別・処理方法別）を乗じて算定した。

2) エネルギー起源 CO2 排出量

一般廃棄物のエネルギー起源の CO2 排出量の将来推計モデルの概要を以下に示す。

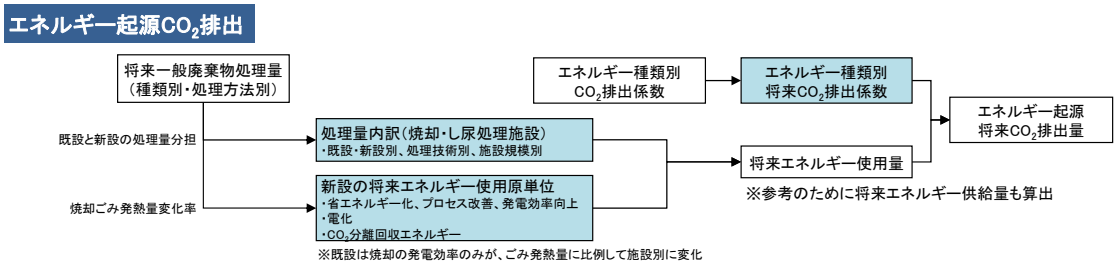


図 I-35　一般廃棄物のエネルギー起源の CO2 排出量の将来推計モデル概要

一般廃棄物のエネルギー起源の CO2 排出量については、上述の将来一般廃棄物処理量（種類別・処理方法別）をもとに焼却・し尿処理施設の既設/新設別、処理技術別、施設規模別に処理量内訳を想定し、また、施設別に将来エネルギー使用原単位を想定し、将来 CO2 排出係数を乗じて算定した。

（2）産業廃棄物

1) 非エネルギー起源の温室効果ガス排出量

産業廃棄物の非エネルギー起源の温室効果ガス排出量の将来推計モデルの概要を以下に示す。

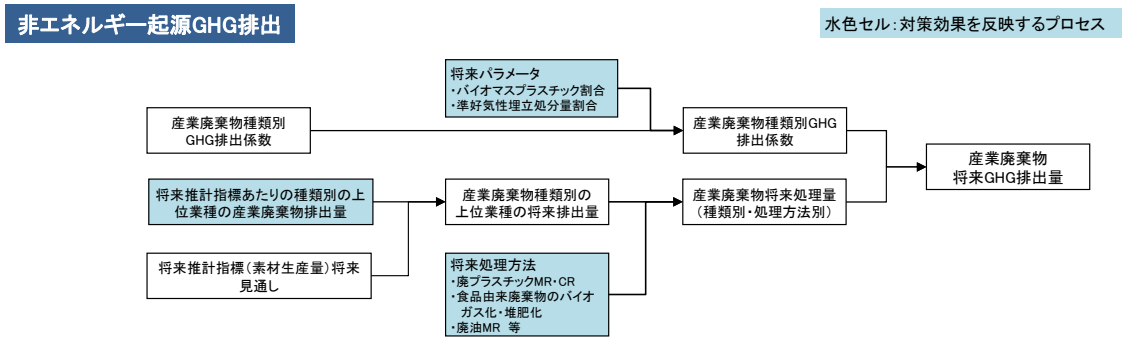


図 I-36　産業廃棄物の非エネルギー起源の温室効果ガス排出量の将来推計モデル概要

種類別・処理方法別の産業廃棄物将来処理量については、産業廃棄物種類別の上位業種排出量に、将来推計指標（素材生産量等）の 2020 年度以降の伸び率を乗じて、産業廃棄物種類別の将来排出量を算定し、将来の組成別の処理方法（埋立・コンポスト化・焼却）別処理割合を乗じて算定した。

産業廃棄物の将来温室効果ガス排出量については、将来パラメータを踏まえた産業廃棄物種類別温室効果ガス排出係数に、産業廃棄物将来処理量（種類別・処理方法別）を乗じて算定した。

2) エネルギー起源 CO2 排出量

産業廃棄物のエネルギー起源の CO2 排出量の将来推計モデルの概要を以下に示す。

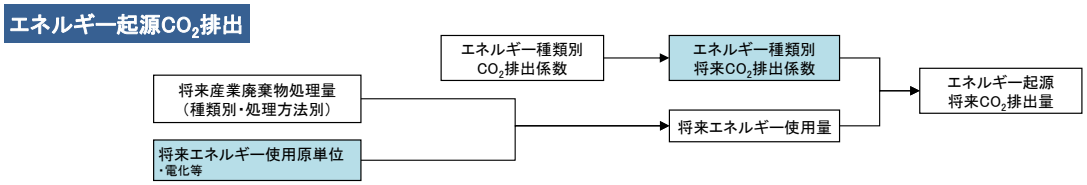


図 I-37　産業廃棄物のエネルギー起源の CO2 排出量の将来推計モデル概要

産業廃棄物のエネルギー起源の CO2 排出量については、上述の将来産業廃棄物処理量に将来エネルギー使用原単位を加味して将来エネルギー使用量を推計し、将来 CO2 排出係数を乗じて算定した。

（3）マクロフレームの想定

一般廃棄物の将来推計に用いる将来人口については、「国立社会保障・人口問題研究所，日本の将来推計人口（平成 29 年推計），出生中位・死亡中位」を使用した。

産業廃棄物種類別の将来推計指標（素材生産量等）の 2020 年度以降の伸び率については、「2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析，2021 年 6 月 30 日，AIM プロジェクトチーム」における主要業種素材生産量（粗鋼、セメント、エチレン、紙板紙、機械製品）及び運輸旅客 km を使用した。

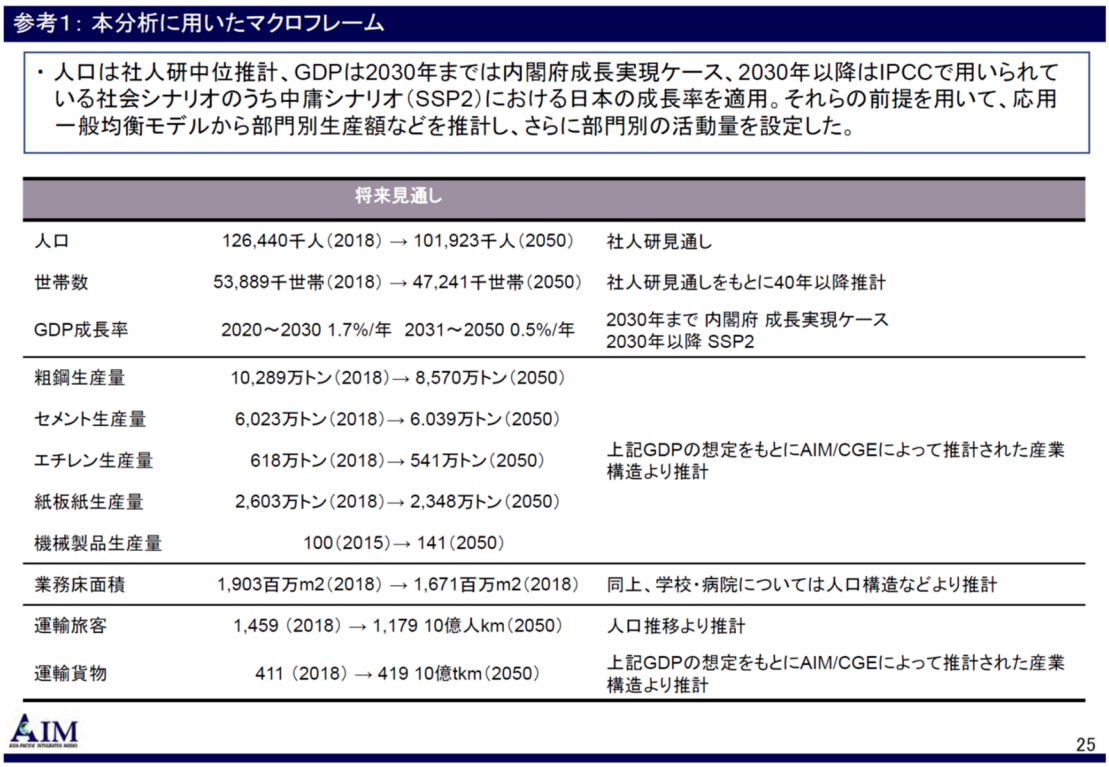


図 I-38　検討に用いたマクロフレーム（AIM プロジェクトチーム，2021/6/30 設定）

出典：2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析，第４４回総合資源エネルギー調査会基本政策分科会，2021 年 6 月 30 日，AIM プロジェクトチーム
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/044/044_005.pdf（2021 年 7 月 30 日閲覧）

(4) 将来パラメータの設定

1) 将来 GHG 排出係数（非エネルギー起源）

GHG 排出係数は、温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）に基づき設定した。基本的には 2019 年度値を将来年度に用いた。

表 I-34　将来 GHG 排出係数（非エネルギー起源）（BAU シナリオの例）

埋立

区分1	区分2	区分3	単位	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
一般廃棄物	嫌気性埋立	食物くず	kg CH4/t-dry	145	145	145	145	145	145	145
		紙くず	kg CH4/t-dry	136	136	136	136	136	136	136
		繊維くず	kg CH4/t-dry	150	150	150	150	150	150	150
		木くず	kg CH4/t-dry	151	151	151	151	151	151	151
		し尿汚泥	kg CH4/t-dry	133	133	133	133	133	133	133
	準好気性埋立	食物くず	kg CH4/t-dry	98	98	95	94	94	94	94
		紙くず	kg CH4/t-dry	92	92	89	88	88	88	88
		繊維くず	kg CH4/t-dry	101	101	98	97	97	97	97
		木くず	kg CH4/t-dry	102	102	99	97	97	97	97
		し尿汚泥	kg CH4/t-dry	90	90	87	86	86	86	86
産業廃棄物	嫌気性埋立	食物くず	kg CH4/t-dry	145	145	145	145	145	145	145
		紙くず	kg CH4/t-dry	153	153	153	153	153	153	153
		繊維くず	kg CH4/t-dry	150	150	150	150	150	150	150
		木くず	kg CH4/t-dry	151	151	151	151	151	151	151
		消化汚泥由来の汚泥	kg CH4/t-dry	100	100	100	100	100	100	100
		その他下水汚泥	kg CH4/t-dry	133	133	133	133	133	133	133
		浄水汚泥	kg CH4/t-dry	20	20	20	20	20	20	20
		製造業有機性汚泥	kg CH4/t-dry	150	150	150	150	150	150	150
		家畜ふん尿	kg CH4/t-dry	133	133	133	133	133	133	133
	準好気性埋立	食物くず	kg CH4/t-dry	84	84	81	83	83	83	83
		紙くず	kg CH4/t-dry	89	89	86	88	88	88	88
		繊維くず	kg CH4/t-dry	87	87	84	86	86	86	86
		木くず	kg CH4/t-dry	87	87	84	86	86	86	86
		消化汚泥由来の汚泥	kg CH4/t-dry	58	58	56	57	57	57	57
		その他下水汚泥	kg CH4/t-dry	77	77	75	76	76	76	76
		浄水汚泥	kg CH4/t-dry	12	12	11	11	11	11	11
		製造業有機性汚泥	kg CH4/t-dry	87	87	84	86	86	86	86
		家畜ふん尿	kg CH4/t-dry	77	77	75	76	76	76	76

生物処理

区分1	区分2	区分3	単位	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
一般廃棄物・産業廃棄物共通		堆肥化されやすい有機物（厨芥類、し尿・浄化槽汚泥、鶏糞、下水汚泥）	kgCH4/t-wet	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
		堆肥化されにくい有機物（剪定枝）	kgCH4/t-wet	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
		堆肥化されやすい有機物（厨芥類、し尿・浄化槽汚泥、鶏糞、下水汚泥）	kgN2O/t-wet	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
		堆肥化されにくい有機物（剪定枝）	kgN2O/t-wet	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015

焼却（CO2）

区分1	区分2	区分3	単位	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
一般廃棄物		プラスチック類	kg CO2/t-dry	2,816	2,816	2,816	2,816	2,816	2,816	2,816
		ペットボトル	kg CO2/t-dry	2,277	2,277	2,277	2,277	2,277	2,277	2,277
		紙くず(化石燃料起源成分)	kg CO2/t-dry	144	144	144	144	144	144	144
		紙おむつ	kg CO2/t-dry	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
		合成繊維くず	kg CO2/t-dry	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310
産業廃棄物		廃油	kg CO2/t(wet)	2,933	2,933	2,933	2,933	2,933	2,933	2,933
		廃プラスチック類	kg CO2/t(wet)	2,567	2,567	2,567	2,567	2,567	2,567	2,567
		紙くず(化石燃料起源成分)	kg CO2/t(dry)	17	17	17	17	17	17	17

焼却（CH4、N2O）

区分1	区分2	区分3	単位	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
一般廃棄物		全連続燃焼式	gCH4/t-wet	8	8	3	3	3	3	3
		准連続燃焼式	gCH4/t-wet	70	75	21	21	21	21	21
		バッチ燃焼式	gCH4/t-wet	81	84	12	11	11	11	11
		ガス化溶融炉	gCH4/t-wet	0	6	7	7	7	7	7
		全連続燃焼式	gN2O/t-wet	59	59	38	38	38	38	38
		准連続燃焼式	gN2O/t-wet	57	57	73	73	73	73	73
		バッチ燃焼式	gN2O/t-wet	71	75	76	76	76	76	76
		ガス化溶融炉	gN2O/t-wet	0	17	11	12	12	12	12
産業廃棄物		紙くず又は木くず	gCH4/t-wet	22	22	225	225	225	225	225
		廃油	gCH4/t-wet	5	5	4	4	4	4	4
		廃プラスチック類	gCH4/t-wet	30	30	8	8	8	8	8
		汚泥	gCH4/t-wet	14	14	2	2	2	2	2
		繊維くず	gCH4/t-wet	22	22	225	225	225	225	225
		動植物性残渣・家畜の死体	gCH4/t-wet	22	22	225	225	225	225	225
		紙くず又は木くず	gN2O/t-wet	21	21	77	77	77	77	77
		廃油	gN2O/t-wet	12	12	62	62	62	62	62
		廃プラスチック類	gN2O/t-wet	180	180	15	15	15	15	15
		汚泥	gN2O/t-wet	457	457	99	99	99	99	99
		繊維くず	gN2O/t-wet	21	21	77	77	77	77	77
		動植物性残渣・家畜の死体	gN2O/t-wet	21	21	77	77	77	77	77
		下水汚泥　高分子凝集剤　流動床炉　通常燃焼	gN2O/t-wet	1,508	1,508	1,508	1,508	1,508	1,508	1,508
		下水汚泥　高分子凝集剤　流動床炉（その他炉）　高温燃	gN2O/t-wet	645	645	645	645	645	645	645
		下水汚泥　高分子凝集剤　多段炉、その他	gN2O/t-wet	882	882	882	882	882	882	882
		下水汚泥　石灰系	gN2O/t-wet	294	294	294	294	294	294	294
		下水汚泥　多段吹込燃焼式流動床炉・二段燃焼式循環流動床炉・ストーカ炉　高温燃焼	gN2O/t-wet	263	263	263	263	263	263	263
		下水汚泥　炭化固形燃料化炉	gN2O/t-wet	31	31	31	31	31	31	31

原燃料利用

区分1	区分2	区分3	単位	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
一般廃棄物		プラスチック（コークス炉）	kg CO2/t-dry	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467
		廃タイヤ	kg CO2/t-dry	1,867	1,799	1,759	1,645	1,645	1,645	1,645
		RDF	kg CO2/t-dry	1,081	1,081	1,080	1,073	1,073	1,072	1,072
		RPF	kg CO2/t-dry	1,636	1,636	1,634	1,634	1,633	1,633	1,633

2) 将来 GHG 排出係数（エネルギー起源）

(a) 一般廃棄物

表 I-35　一般廃棄物（エネルギー起源）GHG 排出係数（全シナリオ共通）

燃料種	単位	2020	2030	2040	2050
灯油	kgCO2/GJ	68.6	68.6	68.6	68.6
ガソリン	kgCO2/GJ	68.6	68.6	68.6	68.6
軽油	kgCO2/GJ	68.9	68.9	68.9	68.9
A重油	kgCO2/GJ	70.9	70.9	70.9	70.9
B重油又はC重油	kgCO2/GJ	70.9	70.9	70.9	70.9
プロパンガス	kgCO2/GJ	51.2	51.2	51.2	51.2
LNG	kgCO2/GJ	51.2	51.2	51.2	51.2
都市ガス	kgCO2/GJ	51.2	51.2	51.2	51.2
コークス	kgCO2/GJ	109.6	109.6	109.6	109.6

(b) 産業廃棄物

表 I-36　産業廃棄物（エネルギー起源）GHG 排出係数（全シナリオ共通）

収集運搬

燃料種	単位	2020	2030	2040	2050
ガソリン	kgCO2/L	2.29	2.29	2.29	2.29
軽油	kgCO2/L	2.62	2.62	2.62	2.62
LPG	kgCO2/L	3.00	3.00	3.00	3.00
天然ガス	kgCO2/m3	1.96	1.96	1.96	1.96
A重油	kgCO2/L	2.76	2.76	2.76	2.76
混合軽油B5	kgCO2/L	2.49	2.49	2.49	2.49
BDF-B100	kgCO2/L	0.00	0.00	0.00	0.00

処理施設・構内車両

燃料種	単位	2020	2030	2040	2050
都市ガス	kgCO2/m3	2.05	2.05	2.05	2.05
天然ガス	kgCO2/m3	1.96	1.96	1.96	1.96
軽油	kgCO2/L	2.62	2.62	2.62	2.62
灯油	kgCO2/L	2.50	2.50	2.50	2.50
A重油	kgCO2/L	2.76	2.76	2.76	2.76
C重油	kgCO2/L	3.04	3.04	3.04	3.04
LPG	kgCO2/kg	3.00	3.00	3.00	3.00
石炭	kgCO2/kg	2.16	2.16	2.16	2.16
廃油・再生油	kgCO2/kg	0.00	0.00	0.00	0.00
木くず	kgCO2/kg	0.00	0.00	0.00	0.00
BDF	kgCO2/L	0.00	0.00	0.00	0.00
RPF	kgCO2/kg	0.00	0.00	0.00	0.00
ガソリン	kgCO2/L	2.29	2.29	2.29	2.29
B重油	kgCO2/L	2.76	2.76	2.76	2.76
RDF	kgCO2/kg	0.00	0.00	0.00	0.00
コークス	kgCO2/kg	3.20	3.20	3.20	3.20
コークス炉ガス	kgCO2/m3	0.73	0.73	0.73	0.73
原油	kgCO2/L	2.65	2.65	2.65	2.65

(c) 電気の使用

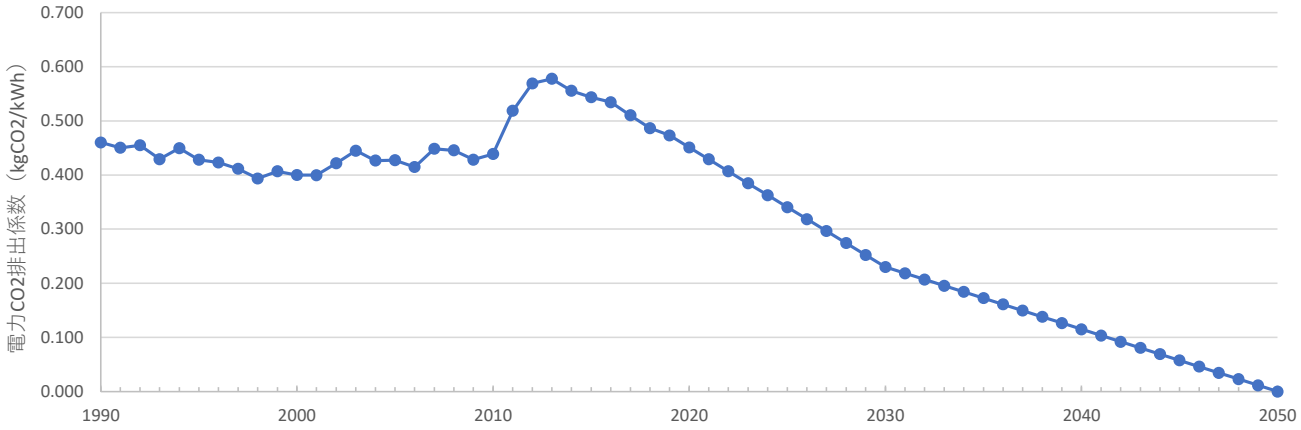


図 I-39　電力 CO2 排出係数の設定（使用端）（全シナリオ共通）

(d) その他のパラメータ

表 I-37　その他のパラメータの設定状況（BAU の例）

プラスチックの石油由来割合

区分1	区分2	区分3	単位	2020	2030	2040	2050
プラスチックの石油由来割合	一般廃棄物	プラスチック	%	99.0%	99.0%	98.9%	98.8%
		PETボトル	%	99.7%	99.6%	99.6%	99.6%
	産業廃棄物	廃プラスチック類	%	99.9%	99.8%	99.8%	99.8%

準好気性埋立処分量割合

区分1	区分2	区分3	単位	2020	2030	2040	2050
一般廃棄物			%	69.5%	69.5%	69.5%	69.5%
産業廃棄物			%	75.7%	75.7%	75.7%	75.7%

廃棄物焼却施設構成比

区分1	区分2	区分3	単位	2020	2030	2040	2050
全連続燃焼式焼却施設			%	91.3%	91.3%	91.3%	91.3%
准連続燃焼式焼却施設			%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%
バッチ燃焼式焼却施設			%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%

3.2 一般廃棄物処理のエネルギー起源 CO2 排出量の将来推計の詳細

（1）一般廃棄物処理のエネルギー起源 CO2 排出推計に用いたパラメータ

以下に、一般廃棄物処理のエネルギー起源 CO2 排出推計に用いたパラメータを示す。なお、これらは非エネルギー起源温室効果ガス排出推計にも用いた。

1) 将来人口

将来人口は、「国立社会保障・人口問題研究所，日本の将来推計人口（平成 29 年推計），表 1-1　総数，年齢 3 区分(0～14 歳,15～64 歳,65 歳以上)別総人口及び年齢構造係数:出生中位(死亡中位)推計　表 1-1」より引用した。

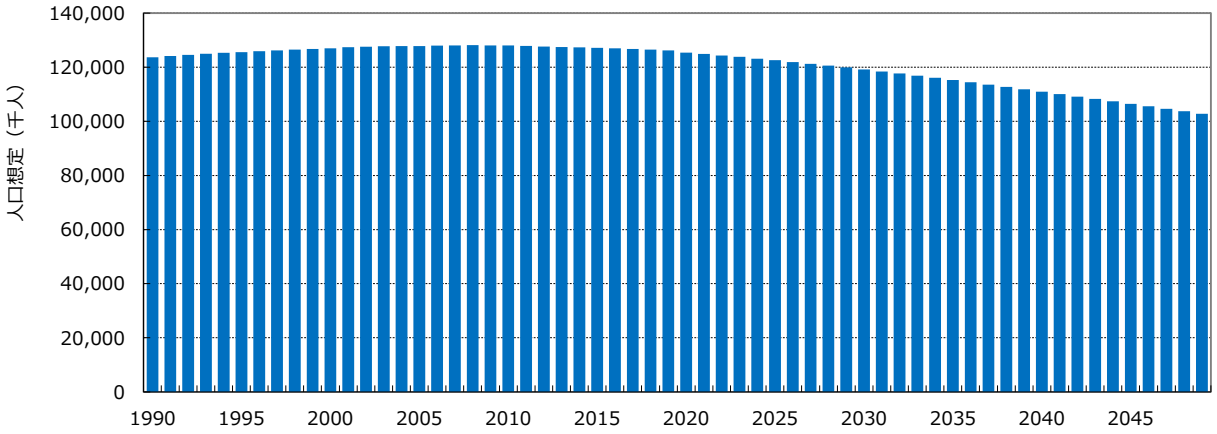


図 I-40　将来人口の設定

2) 一般廃棄物排出原単位

現況年度までの一般廃棄物排出原単位は「日本の廃棄物処理，環境省」より引用した。将来年度の原単位は現況年度で固定とした。

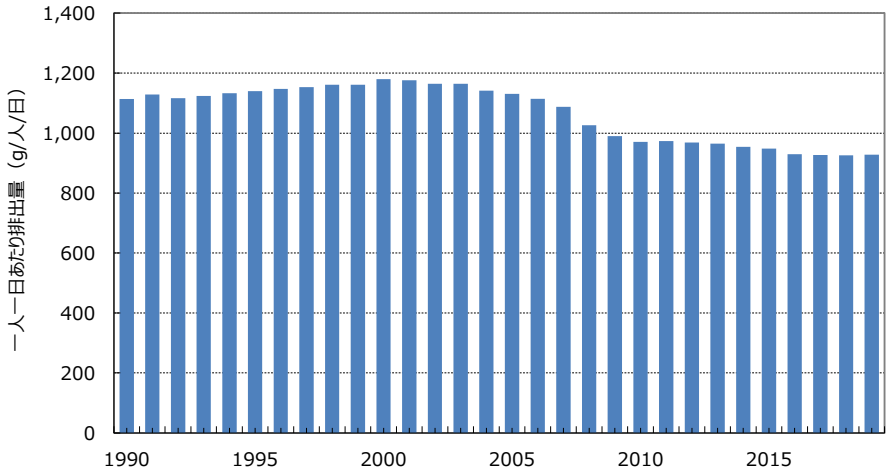


図 I-41　一般廃棄物排出原単位（将来年度は 2019 年度の原単位を適用）

3) 将来一般廃棄物組成

将来年度の一般廃棄物組成は現況年度と同割合とした。

(2) 焼却処理施設の将来推計

1) 計算手順の全体像

まず初めに、焼却処理施設のシナリオ別のエネルギー起源 CO2 排出量の将来推計手順の概略を図 I-42 に示す。基準年度としている 2016 年度の既存施設ストック及び既存施設のエネルギー原単位をベースとして、将来の年度別廃止量や稼働率、処理方式の比率、処理能力の比率を設定することで新設設備の量や処理方式等を決定し、将来の施設ストックにおける処理量構成の推計を行った。さらに、シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックを想定することで、将来における年度別・エネルギー収支の計算を行った。

既存施設ストック及び既存施設のエネルギー原単位については、2.3 (1) 1) (a)の推計結果を使用した。2017 年度以降の年度別施設廃止量、稼働率、処理方式の比率、処理能力の比率、新設設備のスペックの想定については、以下で詳述する。

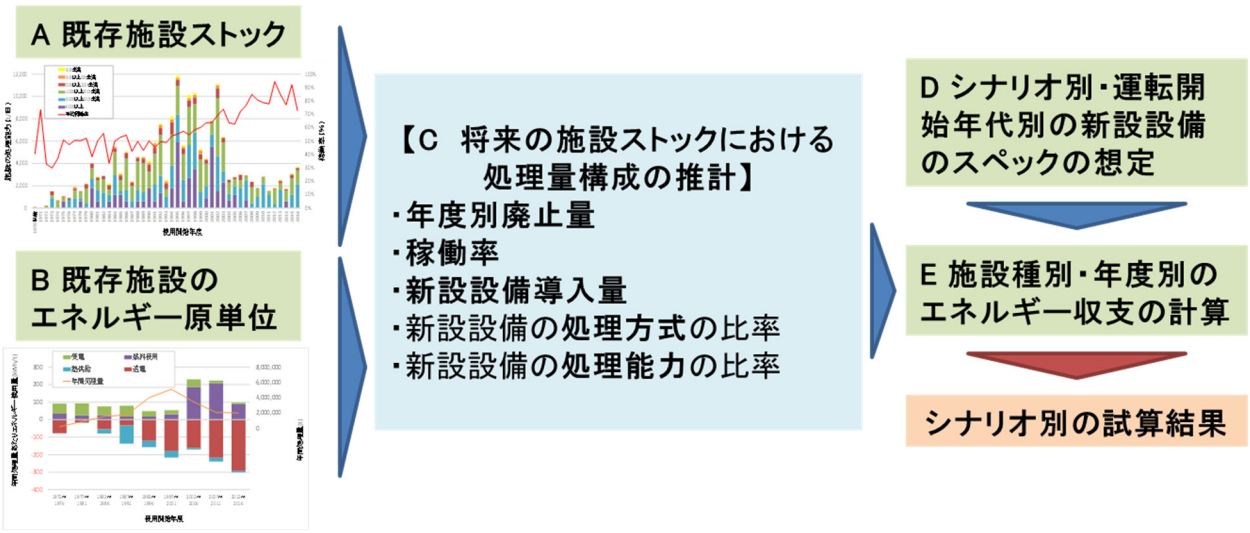


図 I-42 焼却処理施設のシナリオ別エネルギー起源 CO2 排出量の将来推計手順の概略

2) 将来の施設ストックにおける処理量構成の推計

(a) 年度別廃止量

施設の稼働年数は、劣化や故障など様々な要因によって変動すると考えられる。そこで、本推計では、「一般廃棄物処理実態調査結果」の実績データを用いて、実際の施設の使用年数を調査し、2017 年度以降の年度別施設廃止量については、焼却施設の稼働年数別残存率を適用して推計した。

具体的には、1998 年度から 2019 年度の実績データにおいて、調査年度時点での各施設の稼働年数別処理能力を集計したあと、すべての調査年度の数値を合計し、稼働年数別の合計処理能力を算出した。その後、各稼働年数の処理能力合計値を前年の稼働年数の処理能力合計値で除した値を、各稼働年数における残存率とし、施設の将来ストックについてはこの方法で算出した残存率に従って減少していくとした（表 I-38 は計算方法のイメージ）。焼却施設の集計結果を表 I-39 に示す。なお、算出した残存率が 100%を超える年もあるが、本推計では修正等は行わず、表のとおりの数値を適用した。

ただし、外部へのエネルギー供給を実施していない既存施設については、2035 年度ですべて強制的に廃止とし、その不足分は同年度に新設すると仮定した。

表 I-38　残存率計算方法のイメージ

処理能力(t/日)		調査年度				合計	残存率
		1998年度	1999年度	…	2019年度		
稼働年数	1年	2000	1500	…	2500	50000	
	2年	2100	1900	…	2800	48000	96%
	3年	1800	2100	…	1800	48000	100%
	4年	2400	1600	…	2000	47000	98%
	（以下略）	…	…	…	…	…	…

※本表はイメージであり、表中の数値は実際の数値とは異なる。

表 I-39　焼却施設の稼働年数別残存率

稼働年数	残存率
1年	
2年	101%
3年	103%
4年	100%
5年	97%
6年	102%
7年	100%
8年	100%
9年	102%
10年	99%
11年	102%
12年	99%
13年	99%
14年	102%
15年	98%
16年	100%
17年	99%
18年	100%
19年	98%
20年	99%
21年	98%
22年	98%
23年	98%
24年	97%
25年	96%
26年	97%
27年	95%
28年	96%
29年	94%
30年	96%
31年	91%
32年	92%
33年	93%
34年	90%
35年	92%
36年	90%
37年	97%
38年	92%
39年	95%
40年	89%
41年	100%

42年	83%
43年	78%
44年	91%
45年	92%
46年	66%
47年	69%
48年	100%
49年	100%
50年	100%
51年	100%
52年	0%

出典：「一般廃棄物処理実態調査結果」（各年度）より作成

(b) 稼働率

施設の稼働率については、可能な限り高い値を維持することがコスト面からは望ましいが、現実的には地域のごみ処理量や施設の稼働年数に大きく影響を受けると考えられる。そこで、「平成 28 年度一般廃棄物処理実態調査結果」の実績データを用いて実際の施設稼働率を集計し、将来ストックに適用することで、稼働年数による稼働率の違いを簡易的に考慮した。なお、稼働率は稼働年数ごとの変動が非常に大きいため、その変動をある程度平準化させるために、5 年ごとの平均値を算出し、その 5 年間においては一定値とした。集計の結果は表 I-40 のとおりである。

表 I-40　焼却施設の稼働年数区分ごとの施設稼働率

稼働年数	焼却処理施設
1-5年	63%
6-10年	35%
11-15年	41%
16-20年	38%
21-25年	50%
26-30年	46%
31-35年	19%
36-40年	32%
41-45年	34%
46-50年	10%

出典：「平成 28 年度一般廃棄物処理実態調査結果」より作成

(c) 新設設備導入量

以上の計算結果より算出される各年度の焼却処理可能量とシナリオで推計した焼却処理量を比較し、不足する処理量分を毎年度の新設施設として導入すると仮定した。

(d) 新設設備の処理方式の比率

新設設備の処理方式の比率については、2021 年 7 月時点で情報のある 2017 年~2023 年運転開始予定施設（計画中・建設中含む）（以下、「最近の施設」という）の処理方式の構成比率（表 I-41、図 I-43）から変化しないと仮定し、2050 年度まで一律で設定した。

表 I-41 「最近の施設」における処理方式別規模別の整備動向（焼却施設）

（現時点で情報のある 2017 年～2023 年運転開始予定施設）

	焼却炉（灰溶融無）			焼却炉（灰溶融有）			ガス化溶融炉（流動床式、回転式）			ガス化溶融炉（シャフト式）		
	合計規模①(t/日)②(件数)	平均規模(t/日)①÷②	算術平均発電効率	合計規模①(t/日)②(件数)	平均規模(t/日)①÷②	算術平均発電効率	合計規模①(t/日)②(件数)	平均規模(t/日)①÷②	算術平均発電効率	合計規模①(t/日)②(件数)	平均規模(t/日)①÷②	算術平均発電効率
30 t/日以下	93 (9)	10	-									
30-50 t/日	425 (11)	39	-									
50-100 t/日	1700 (23)	74	12%									
100-300 t/日	7474 (46)	162	19%	100 (1)	100	19%	618 (4)	155	15%	683 (3)	228	17%
300-600 t/日	5515 (14)	394	21%	405 (1)	405	20%				984 (2)	492	情報無し
600 t/日以上	2400 (4)	600	22%							660 (1)	660	23%

出典：「令和元年度一般廃棄物処理実態調査結果」及び「都市と廃棄物」より作成

※処理方式毎の発電効率は処理方式間の技術的優劣を意味しない。

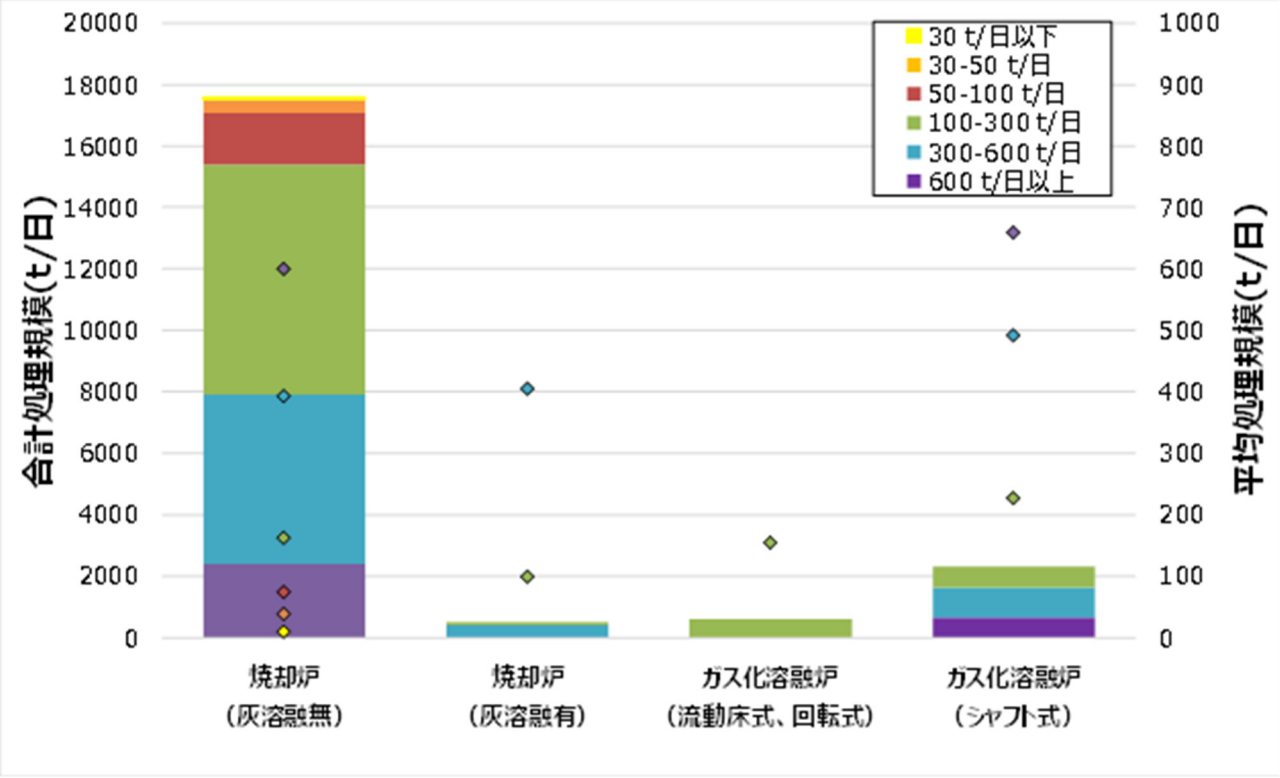


図 I-43 「最近の施設」における処理方式別規模別の整備動向（焼却施設）

出典：「令和元年度一般廃棄物処理実態調査結果」及び「都市と廃棄物」より作成

(e) 新設設備の処理能力の比率

新設施設の処理能力の比率については、2017~2030 年度では全シナリオにおいて集約化等は想定せず、「最近の施設」（図 I-43）の構成比率とした。2031 年度以降については、シナリオごとに集約化の有無やその強度が異なると仮定した。BAU シナリオ・計画シナリオでは集約化は実施されず、2030 年

度以前と同様の想定が続くとした（図 I-44 上段）。拡大計画シナリオでは 100t/日以下の焼却処理施設の新設を廃止し、代わりにメタン発酵（小規模分散）への転換及び 100~300t/日規模の焼却施設への集約化を図るものと仮定した（図 I-44 中段）。メタン発酵に利用される廃棄物は、集約化及びメタン発酵の対象となった廃棄物中の厨芥のうち、50kg/人・年分（対象となる厨芥の 52%）とした。イノベーション実現シナリオ以上の 4 シナリオでは、300t/日以下の施設を 100~300t/日の規模に、300~600t/日の施設を 600t/日以上の規模に集約化し、すべての焼却処理施設の新設のタイミングでメタン発酵施設も同時に新設すると仮定した（図 I-44 下段）。メタン発酵に利用される廃棄物の割合の設定は拡大計画シナリオと同様とした。

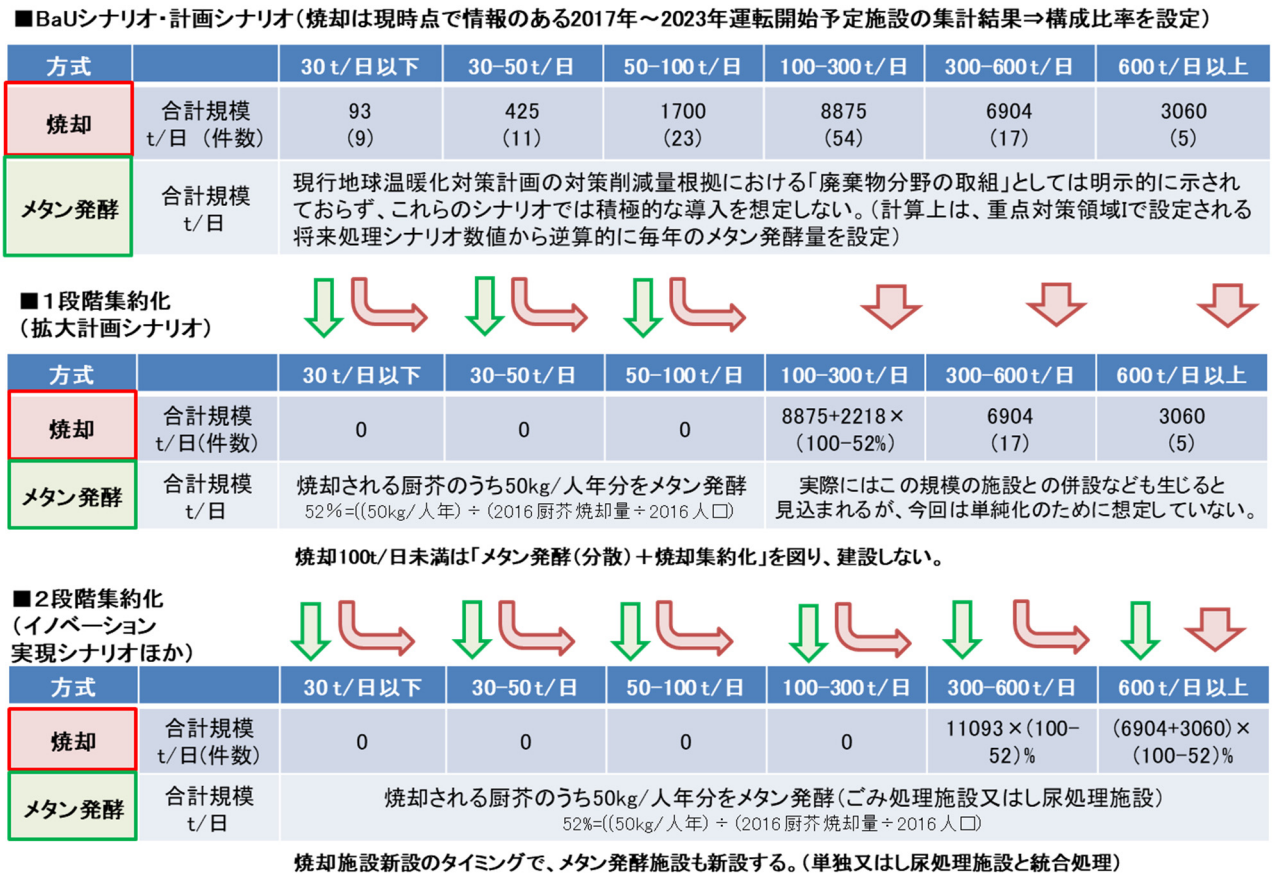


図 I-44　新規整備焼却施設の広域化・集約化とメタン発酵導入の想定

※集約化の際の件数は目安（イメージ）

3) シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックの想定

シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックの想定は表 I-42 の通りである。2017~2030 年度では、現行施設のスペック等を参考にパラメータを設定した。なお、2.3 (1) 1) (b)で実施した使用電力量及び燃料使用量の算出において、公共施設と民間施設で推計式が異なっている処理方式については、公共施設の推計式を用いた。

2031 年度以降では、シナリオに応じて各種パラメータの向上や CO2 分離回収設備の導入等を想定した。拡大計画シナリオからの変更点としては、2031 年度以降において、現行の循環交付金水準以上の発電効率からの改善（詳細はⅡ1.3 (2) 1) (a)を参照）のほか、灰溶融無しの焼却施設における使用電力量の低減や施設の集約化（前述）を想定した。イノベーション実現シナリオからの変更点としては、

2031 年度以降において、灰溶融無しの焼却施設における燃料使用量が現状の 2/3（立上時半減）になると想定したほか、全量蒸気供給を行う焼却施設を毎年度 1 施設（600t/日）導入する（後述）ことや、施設集約化の強化を想定した。なお、蒸気供給を行う焼却施設の施設当たり蒸気供給量は、おおよそ 0.9 PJ/年（3 万 kWth）程度であり、潜在的需要総量（製造業におけるボイラ用の燃料使用実績）よりは十分小さいが、1 か所あたりの規模としては国外事例と同程度と考えられる（詳細は II 1.3(2) 1) (b)を参照）。需要の空間的分布等を踏まえたポテンシャルの精査等は今後の課題である。

イノベーション発展シナリオからの変更点としては、2041 年度以降において、バイオ燃料への転換（もしくは電化）を想定した。ただし、この変更は将来の CO2 排出量にのみ影響を与えるものであり、焼却施設の新設設備量や処理方式の構成比率、性能などには影響を与えないと仮定した。

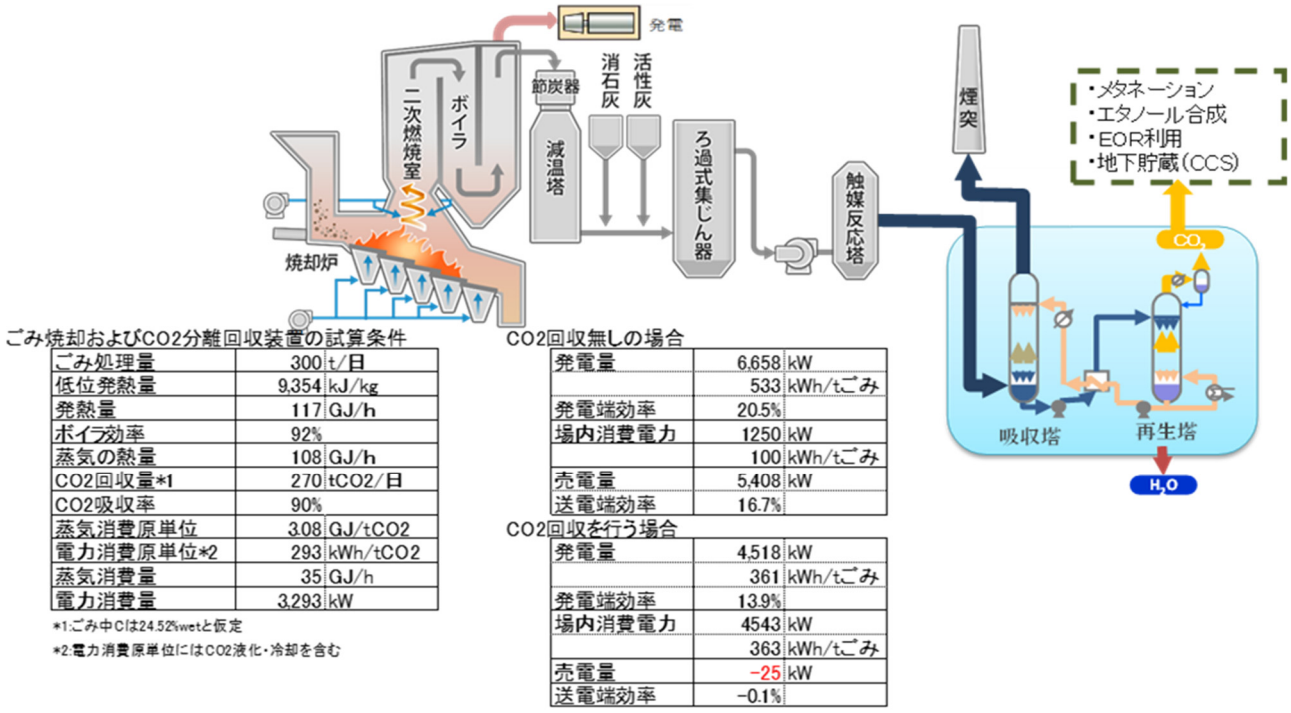
表 I-42　シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックの想定（焼却施設）

運転開始年度	BAU／計画シナリオ	拡大計画シナリオ	イノベーション実現シナリオ	イノベーション発展シナリオ	実質排出ゼロシナリオ	最大対策シナリオ
2017-2030	■発電効率：現行の循環交付金の水準（足元では現行水準より低い施設もある一方、今後は上回る施設もあると想定） ■使用電力量：既存施設の処理方式別データより設定（2.3 (1) 1） (b)に推計方法を記載） ■燃料使用量：既存施設の処理方式別データより設定（2.3 (1) 1）(b)に推計方法を記載） ■外部熱供給：比較的最近の(2017-2019 年度)施設の状況より設定 ■処理方式・規模：「最近の施設」の構成比率を設定（処理方式の構成比率は以降の年次も全て同一とした。）					
2031-2040	同上	■発電効率 6MPa, 450℃相当 ■使用電力量： 100kWh/t （焼却、灰溶融無） ■燃料使用量：同左 ■外部熱供給：同左 ■処理規模： ・集約化(100t/日以上)	■発電効率：同左 ■使用電力量：同左 ■燃料使用量 現状の２／３ （焼却、灰溶融無） ■外部熱供給 +毎年１施設導入※ ■処理規模： ・集約化(300t/日以上)	同左	同左	同左
2041-2050	同上	同上	同上	同左 ＋バイオ燃料 （又は電化） 既存施設を含めバイオマス由来燃料に転換等	同左 ＋CCUS 導入 (排出ゼロ相当になるように相殺するまで) CCUS 導入施設は、エネルギー収支悪化	同左 ＋CCUS 導入 （2050 年時点では稼働中の全施設） CCUS 導入施設は、エネルギー収支悪化

※ 参考イメージ：
600 (t/日) × 7 (GJ/t) × 280 (日/年) ≒ 1.2 PJ / 年、600 (t/日) ÷ 24 (時/日) × 7 (GJ/t) × 0.9 ≒ 44 MW(熱)
計算の単純化のため、発電はせず、全量受電（全量熱供給）と想定する。

実質排出ゼロシナリオ及び最大対策シナリオでは、2041 年度以降に焼却処理施設における CO2 分離回収を行うと想定した。実質排出ゼロシナリオでは、焼却施設から発生する 2050 年度の CO2 排出量をゼロ相当にするために必要な CO2 回収量を推計したうえで、その結果に応じた量の CO2 分離回収設備を 2050 年度新設分からさかのぼって導入するとし、最大対策シナリオでは、2016 年度以前に建設された施設を含めて、2050 年度に稼働しているすべての施設で CO2 分離回収設備を導入するとした。焼却処理施設への CO2 分離回収設備の導入について、2016 年度以前の既設分については 2041 年度から 2050 年度にかけて段階的に、2017~2020 年度新設分については一律 2041 年度に、2021~2030 年度新設分については新設から 20 年経過時点に、2031~2040 年度新設分については新設から 10 年経過時点に、2041 年度以降新設分については新設と同時に実施されると想定した。

また、CO2 の分離回収を行うことによるエネルギー収支の変化を将来推計に反映させるために、送電効率の低下に関する試算を行った。具体的には、300t/日（150t/日×2 炉）規模の焼却処理施設にて現状の性能の CO2 分離回収施設を単純に追加した場合の試算を行った結果（図 I-45）、蒸気消費に伴う発電量の低下（発電端効率が 20.5%→13.9%）、および消費電力の上昇（100kWh/t-ごみ→363kWh/t-ごみ）により、売電量がゼロを下回った。ただし、CO2 の輸送方法は立地や需要にも依存し、液化を含めなければ本条件でも売電が可能である。



ごみ焼却およびCO2分離回収装置の試算条件

ごみ処理量	300	t/日
低位発熱量	9,354	kJ/kg
発熱量	117	GJ/h
ボイラ効率	92%	
蒸気の熱量	108	GJ/h
CO2回収量*1	270	tCO2/日
CO2吸収率	90%	
蒸気消費原単位	3.08	GJ/tCO2
電力消費原単位*2	293	kWh/tCO2
蒸気消費量	35	GJ/h
電力消費量	3,293	kW

*1:ごみ中Cは24.5%wetと仮定
*2:電力消費原単位にはCO2液化・冷却を含む

CO2回収無しの場合

発電量	6,658	kW
	533	kWh/tごみ
発電端効率	20.5%	
場内消費電力	1250	kW
	100	kWh/tごみ
売電量	5,408	kW
送電端効率	16.7%	

CO2回収を行う場合

発電量	4,518	kW
	361	kWh/tごみ
発電端効率	13.9%	
場内消費電力	4543	kW
	363	kWh/tごみ
売電量	-25	kW
送電端効率	-0.1%	

図 I-45　焼却処理施設に CO2 分離回収施設を追加した場合の試算結果（300t/日）

出典：小野委員御提供資料
※液化した CO2 の輸送や、廃棄物処理施設内での CO2 有効利用（例：廃棄物発電で水電解した水素でメタネーションするなど）は、試算範囲に含まれない。

図 I-45 を踏まえ、将来を想定してボイラ蒸気の高温・高圧化を見込んだ試算を 300t/日、600t/日、1800t/日の各規模で行った結果、表 I-43 のとおりとなった。廃棄物処理施設は地域の重要なエネルギー供給施設としても期待されており、CO2 分離回収を行ってもなお、外部にエネルギー供給できることが望ましい。よって、廃棄物処理プロセスと CO2 分離回収を一体として考えて、エネルギーバランス・燃焼方法・排ガス処理方法等の研究開発が必要と考えられる。分離回収の本格的導入は現時点でなく将来であることも踏まえ、2017 年度以降新設分の発電を行うケースでは、ボイラ蒸気の高温高圧化等も含めて、将来は一定程度の外部送電が可能として、今回は次表のとおり想定して将来シナリオの推計に反映させた。分離回収技術自体も革新的な技術開発が進めば、さらなる改善の可能性もあると考えられる。本試算では、必要な電力はできるだけ自家発電で賄うとし（既設を除く）、低温排熱の供給は引き続き可能とした。

次に、全量蒸気供給を行うケースでは、リボイラ分を供給蒸気量から単純に差し引くとともに、必要電力量を受電電力量に加算した。その結果、ボイラ効率 92%の条件下でリボイラ分を差し引くと、外部へ供給可能な蒸気保有熱量原単位は 6,895 MJ/t-ごみから 4,804 MJ/t-ごみに減少した。外部から百数十℃の熱供給を受けるなどにより改善の可能性は考えられるが、本推計では 4,804 MJ/t-ごみを CO2

分離回収後の蒸気供給量とした。

表 I-43　焼却処理施設に CO2 分離回収施設を追加した場合の規模別試算結果

300t/日の場合

CO2回収無しの場合

発電量	6,963	kW
	557	kWh/tごみ
発電端効率	21.4%	
場内消費電力	1250	kW
	100	kWh/tごみ
売電量	5,713	kW
送電端効率	17.6%	

CO2回収を行う場合

発電量	5,523	kW
	442	kWh/tごみ
発電端効率	17.0%	
場内消費電力	4543	kW
	363	kWh/tごみ
売電量	980	kW
送電端効率	3.0%	

600t/日の場合

CO2回収無しの場合

発電量	15,625	kW
	625	kWh/tごみ
発電端効率	24.1%	
場内消費電力	2500	kW
	100	kWh/tごみ
売電量	13,125	kW
送電端効率	20.2%	

CO2回収を行う場合

発電量	12,393	kW
	496	kWh/tごみ
発電端効率	19.1%	
場内消費電力	9086	kW
	363	kWh/tごみ
売電量	3,307	kW
送電端効率	5.1%	

1800t/日の場合

CO2回収無しの場合

発電量	55,026	kW
	734	kWh/tごみ
発電端効率	28.2%	
場内消費電力	7500	kW
	100	kWh/tごみ
売電量	47,526	kW
送電端効率	24.4%	

CO2回収を行う場合

発電量	43,644	kW
	582	kWh/tごみ
発電端効率	22.4%	
場内消費電力	27257	kW
	363	kWh/tごみ
売電量	16,387	kW
送電端効率	8.4%	

※高温高圧化した効果等を含めて発電効率を試算した。CO2 の分離回収に関するパラメータは小野委員御提供資料（図 I-45）を参考に設定させていただいたが、規模による補正は施すことができていない。

また、最大対策シナリオで想定した2016年度以前の既設分へのCO2分離回収設備導入についても、新設設備と同様にエネルギー収支の変化を考慮する必要がある。

600t/日規模の焼却炉を想定したエネルギーバランスの試算結果（表 I-44）より、2.77 GJ/t-ごみ の蒸気が CO2 分離回収設備で消費され、この分が施設の送受電量や外部熱供給量に影響を与える。そこで、本推計では 2050 年度において一般廃棄物の低位発熱量が 2.77 GJ/t-ごみだけ減少すると仮定し、2016 年度以前の既設分の 2041 年度以降における受電量、送電量、外部熱供給量の値を補正することで推計結果に反映させた。また、CO2 分離回収設備での使用電力量（263 kWh/t-ごみ）を受電量に上乗せした。なお、2016 年度以前の既存施設における CO2 分離回収施設の導入率は、2050 年度に 100%となるように 2041 年度から線形的に増加すると仮定した。

表 I-44　600t/日炉におけるエネルギーバランス試算結果（一部抜粋）

項目	試算結果
ごみ処理量 (t-ごみ/日)	600
CO2回収量 (t-CO2/日)	539
蒸気消費原単位 (GJ/t-CO2)	3.08
CO2回収設備による消費電力量 (kWh/t-ごみ)	263

4) 施設種別・年度別のエネルギー収支の計算

上述のように将来の処理量構成や新設設備のスペックを想定したうえで、年度別・施設種別にエネルギー収支（燃料使用量、受電量、送電量、外部熱供給量）を計算し、集計することでシナリオ別の試算結果とした。

（3）し尿処理施設の将来推計

将来推計の方法に関する基本的な考え方は焼却施設と同様である。し尿処理施設の既存ストックの推移は図 I-46、「最近の施設」における処理方式別規模別の整備動向は表 I-45 のとおりである。また、既存施設データより推計した残存率及び稼働率はそれぞれ表 I-46、表 I-47 のとおりである。

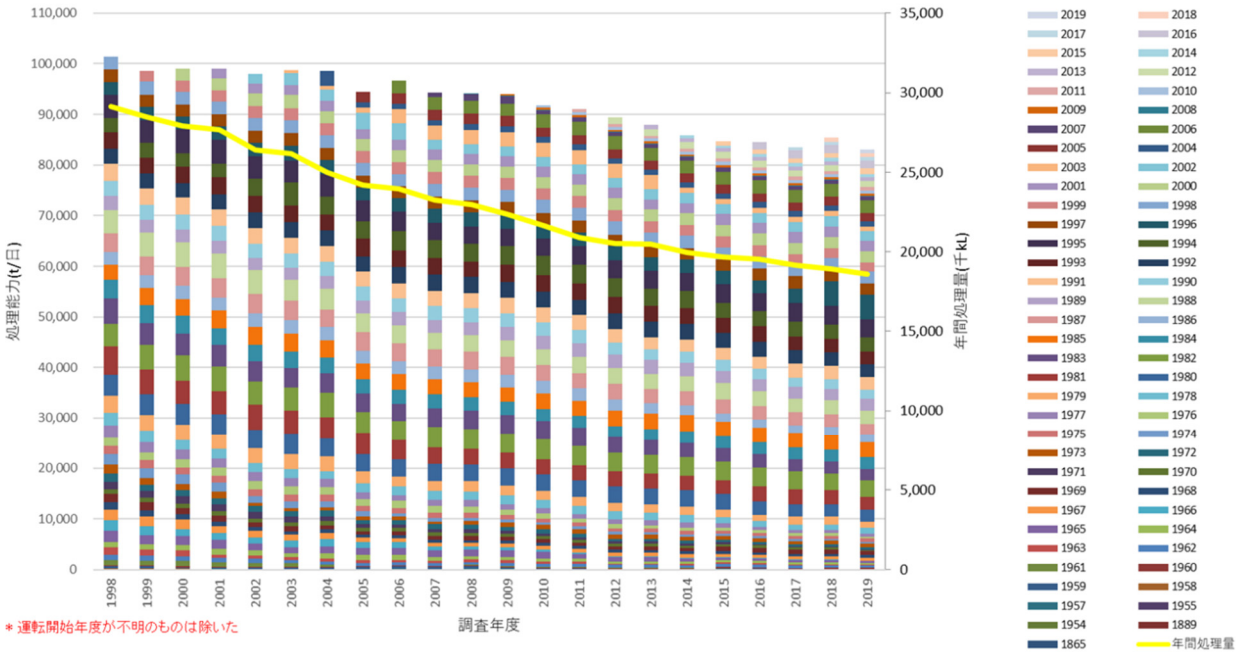


図 I-46　し尿処理施設の処理能力の推移

出典：「一般廃棄物処理実態調査結果」（各年度）より作成（公共施設が対象）

表 I-45 「最近の施設」（現時点で情報のある 2017 年～2022 年運転開始予定施設）における処理方式別規模別の整備動向（し尿処理施設）

	嫌気		好気		標脱		高負荷		膜分離		その他	
	合計規模(kl/日)(件数)	平均規模kl/日）	合計規模(kl/日)(件数)	平均規模（kl/日）	合計規模(kl/日)(件数)	平均規模（kl/日）	合計規模(kl/日)(件数)	平均規模（kl/日）	合計規模(kl/日)(件数)	平均規模（kl/日）	合計規模(kl/日)(件数)	平均規模（kl/日）
30 kl/日以下			5 (2)		10 (1)						162 (9)	
30-50 kl/日			46 (1)								481 (12)	
50-100 kl/日			98 (1)		213 (3)		98 (1)				1521 (21)	
100-300 kl/日	120 (1)				152 (1)		382 (2)		170 (1)		2241 (13)	
300-500 kl/日					673 (2)						1068 (3)	
500 kl/日以上											500 (1)	

出典：「令和元年度一般廃棄物処理実態調査結果」及び「都市と廃棄物」より作成

表 I-46 し尿処理施設の稼働年数別残存率

稼働年数	残存率
1年	
2年	98%
3年	100%
4年	109%
5年	100%
6年	97%
7年	99%
8年	100%
9年	101%
10年	102%
11年	97%
12年	95%
13年	101%
14年	99%
15年	101%
16年	99%
17年	99%
18年	99%
19年	99%
20年	96%
21年	98%
22年	99%
23年	100%
24年	97%
25年	97%
26年	97%
27年	95%
28年	97%

29年	98%
30年	94%
31年	98%
32年	96%
33年	96%
34年	94%
35年	94%
36年	98%
37年	94%
38年	94%
39年	95%
40年	94%
41年	96%
42年	92%
43年	96%
44年	91%
45年	93%
46年	95%
47年	98%
48年	97%
49年	97%
50年	86%
51年	90%
52年	106%
53年	92%
54年	90%
55年	82%
56年	108%
57年	99%
58年	95%
59年	107%
60年	85%
61年	100%
62年	0%

出典：「一般廃棄物処理実態調査結果」（各年度）より作成

表 I-47　し尿処理施設の稼働年数区分ごとの施設稼働率

稼働年数	稼働率
1-5年	78%
6-10年	72%
11-15年	56%
16-20年	71%
21-25年	66%
26-30年	63%
31-35年	63%
36-40年	61%
41-45年	57%
46-50年	45%
51-55年	57%
56年以上	53%

出典：「平成 28 年度一般廃棄物処理実態調査結果」より作成

シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックの想定は表 I-48 の通りである。焼却処理施設と同様に、2017~2030 年度では現行施設のスペック等を参考にパラメータを設定した。

2031 年度以降において、拡大計画シナリオからの変更点としては、し尿・浄化槽汚泥を脱水後に搬出して焼却を行う等による燃料使用の回避を想定した。イノベーション実現シナリオからの変更点としては、生ごみとし尿の統合処理（メタン発酵）による使用電力量の大幅削減と燃料使用の回避を想定した。

イノベーション発展シナリオからの変更点としては、2041 年度以降において、バイオ燃料への転換（もしくは電化）を想定した。ただし、焼却施設の場合と同様に、この変更は将来の CO2 排出量にのみ影響を与えるものであり、焼却施設の新設設備量や処理方式の構成比率、性能などには影響を与えないと仮定した。

表 I-48　シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックの想定（し尿処理施設）

運転開始年度	BAU／計画シナリオ	拡大計画シナリオ	イノベーション実現シナリオ	イノベーション発展シナリオ	実質排出ゼロシナリオ	最大対策シナリオ
2017-2030	■使用電力量・燃料使用量：既存施設の方式別データより設定（2.3 (1) 1） (b) e)に推計方法を記載） ■処理方式・規模：「最近の施設」の構成比率を設定（処理方式の構成比率は以降の年次も全て同一とした。）					
2031-2040	同上	■燃料使用量 →ゼロ（脱水後に搬出して焼却等） ■使用電力量 同左（簡単のため）	■処理方式 ・生ごみ・し尿の統合処理（メタン発酵） →使用電力量大幅削減 →燃料使用量ゼロ	同左	同左	同左
2041-2050	同上	同上	同上	同左＋バイオ燃料（又は電化）	同左	同左

（4）メタン発酵施設・その他の燃料化施設・資源化施設・最終処分場・収集運搬等の将来推計

メタン発酵施設の将来推計の方法に関する基本的な考え方は焼却施設及びし尿処理施設と同様である。ただし、メタン発酵施設は既存施設数が 30 未満と焼却施設やし尿処理施設に比べて圧倒的に少ないため、実績データに基づく残存率及び稼働率の集計は実施しなかった。既存施設の稼働率については 2016 年度実績値のまま一定、新設施設についても導入時の稼働率のまま一定とし、耐用年数は一律で 30 年とした。表 I-49 のとおり、2017~2030 年度の新設施設のスペックについては既存施設中で「有効施設」と判定された 3 施設のデータの平均値を使用し、2031 年度以降では、拡大計画シナリオ以上のシナリオにおいて、3 施設のうちエネルギー収支の最も良好な施設の原単位を適用した。

ごみ焼却施設・し尿処理施設・メタン発酵施設以外については、今回の推計では施設の運転開始年別ストックやそれに応じたスペックの変化は基本的には想定せず、「処理量」×「エネルギー消費量原単位」による推計を実施した（表 I-50）。

表 I-49　シナリオ別・運転開始年代別の新設設備のスペックの想定（メタン発酵施設施設）

運転開始年度	BAU／計画シナリオ	拡大計画シナリオ	イノベーション実現シナリオ	イノベーション発展シナリオ	実質排出ゼロシナリオ	最大対策シナリオ
2017-2030	■使用電力量・送電電力量・燃料使用量：既存施設データ（発酵残渣＝水処理）より設定　※1					
2031-2040	同上	■エネルギー収支 →良好な施設の原単位 ※1、※2 ■発酵残渣　※3	同左	同左	同左	同左
2041-2050	同上	同上	同上	同左＋バイオ燃料（又は電化）	同左	同左

※1　既存施設データより設定したが、活動量データを採用している施設（“有効施設”）は 3 件しかない点で信頼性が十分ではない。また、メタン発酵施設についても規模によりエネルギー収支は変化すると考えられるところ、本試算ではその設定ができていない。「良好な施設」として 3 件のうち外部エネルギー供給量が多い施設のデータを採用したが、当該施設は 3 件の中で最大規模である。

※2　シナリオによっては発電でなくガス供給を志向することも考えられるが、今回の計算では設定できていない。

※3　液肥利用とすることでエネルギー収支はさらに向上するが、今回の計算ではいずれも想定できていない。

表 I-50　施設別の将来推計の設定条件（焼却処理施設、し尿処理施設、メタン発酵施設以外）

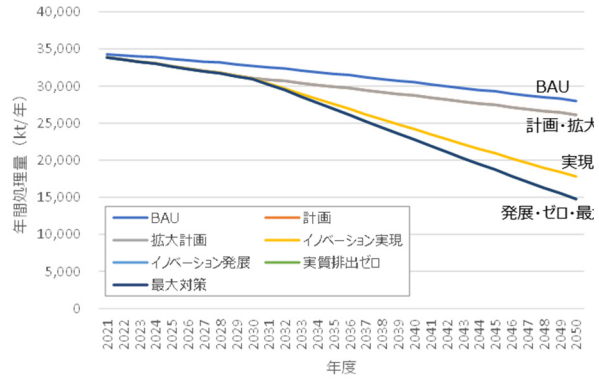
施設種類	設定条件
その他（メタン発酵以外）の燃料化施設	・将来の RDF 生産量に、現状のごみ固形燃料化施設の平均的なエネルギー消費量原単位を乗じた。他の固形燃料製造方式（例：炭化、生物乾燥）の導入も考えられるが、計算上は省略した。
資源化等施設、粗大ごみ処理施設、その他施設	・処理方式別の処理量比例でエネルギー使用量を計算した。（資源化等施設は、堆肥化、飼料化、その他の資源化と焼却残渣の焼成等とに 4 区分した。）
最終処分場	・最終処分量が減っても直ちに最終処分場が減るとはいえず、稼働年数が延びる側面もありうるが、他方で新設が増えない可能性も考えられる。現時点では焼却やし尿処理、収集と比べてエネ起 CO2 が多いわけではなく、最終処分量に比例してエネルギー使用量を計算した。なお、ブルドーザーなどは電化が困難な部類に属すると考えられ、イノベーション発展シナリオで炭素排出係数「ゼロ」とした。
収集車両・処理残渣等の輸送	・収集：2050 年に全 EV 化を想定し、現状から線形で転換されるとして、燃料⇒電気に変更した。（燃費⇒電費も変更） ※計画シナリオから導入を想定 ・処理残渣等の輸送（10t 車等が想定される）：収集と同一とした。 ※イノベーション実現シナリオから導入を想定
コミュニティプラント	・全国の総人口に比例してエネルギー消費量が減少すると仮定した。

(5) 一般廃棄物処理施設の将来推計結果

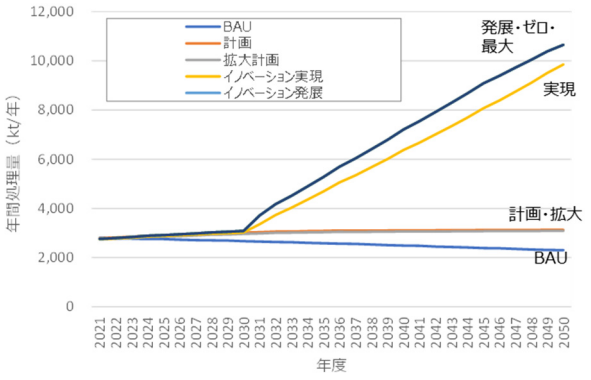
以上の手法による将来推計の結果を示す。

1) シナリオ別の一般廃棄物処理量

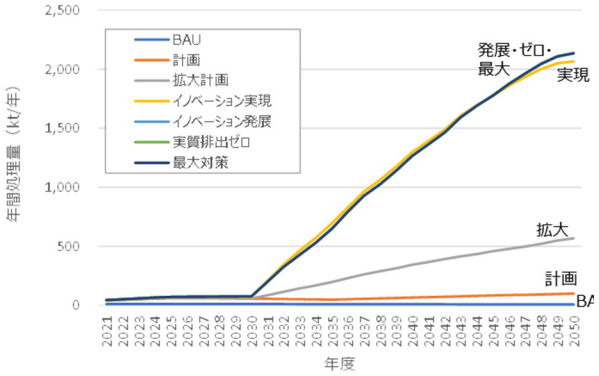
まず初めに、処理方法別・シナリオ別の一般廃棄物処理量を図 I-47 に示す。年間焼却処理量や最終処分量は、温室効果ガス排出に対する対策強度が大きいシナリオになるにつれて減少した一方で、資源化やメタン発酵による処理量は増加した。特にメタン発酵処理量については、前述のとおり焼却施設の集約化と同時にメタン発酵施設を導入すると想定したため、対策強度の大きいシナリオで 2030 年以降の処理量が急激に増加する結果となった。



年間焼却処理量（シナリオ別）

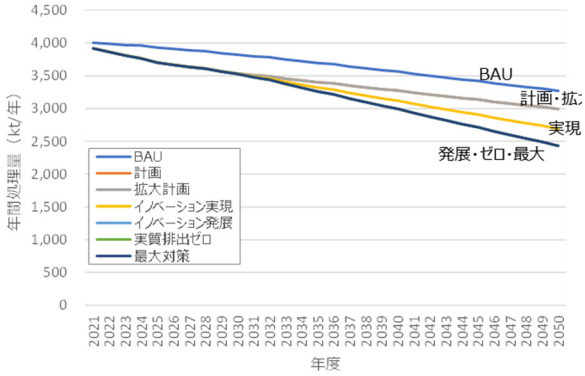


年間資源化施設処理量（シナリオ別）



※し尿処理施設での生ごみ処理量は含まれない

メタン発酵処理量（シナリオ別）



※処理後残渣（焼却灰等）を含む

最終処分量（シナリオ別）

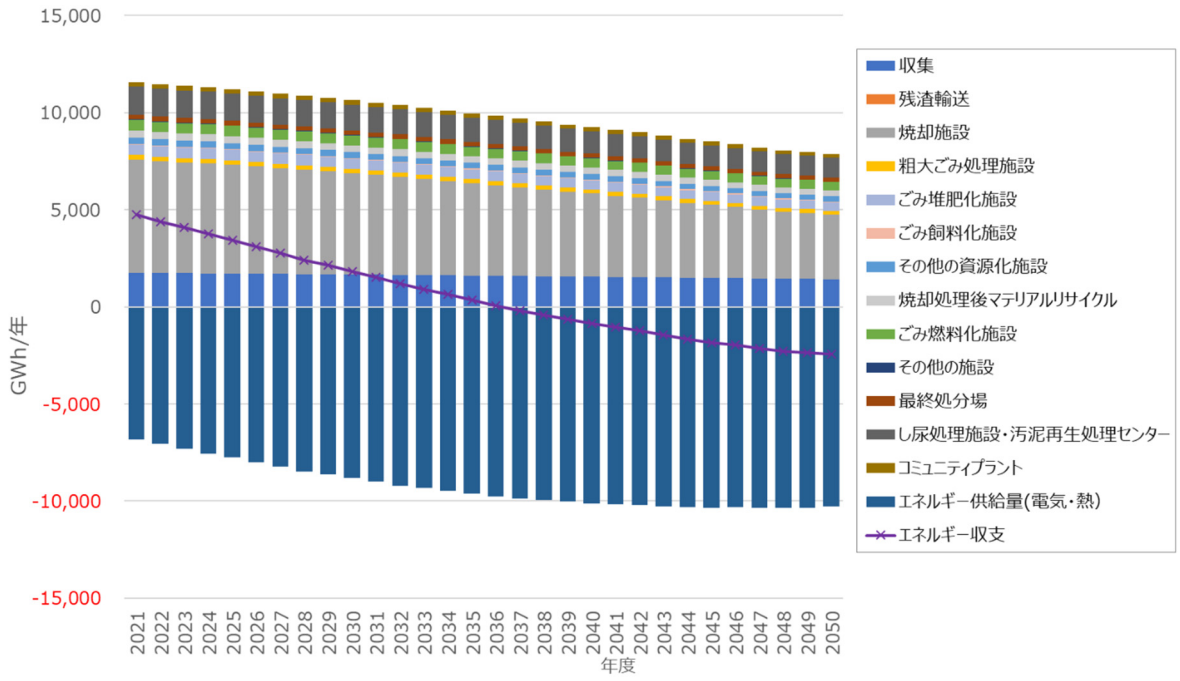
図 I-47　処理方法別・シナリオ別の一般廃棄物処理量

2) シナリオ別のエネルギー収支

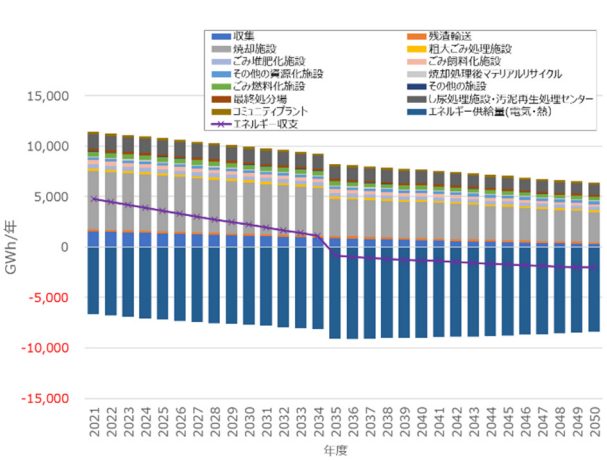
次に、一般廃棄物処理に関するシナリオ別のエネルギー収支を図 I-48 に示す。各処理施設における受電量及び燃料使用量をエネルギー使用量とし、焼却施設における送電量・外部熱供給量及びメタン発酵施設における送電量をエネルギー供給量とした。BAU 以外のシナリオにおいて、2035 年度にエネルギー収支の不連続な変化が確認できるが、これは外部エネルギー供給を行っていない既存施設を一斉に廃止し、不足分を同年度に新設すると仮定したためである。

拡大計画シナリオまでは、焼却施設において、廃止される既存施設に比べてスペックの高い新設施設の導入により 2050 年に向かってエネルギー収支が改善していくが、イノベーション実現シナリオ以降では、推計対象年度後半でエネルギー収支が悪化していた。これは、想定した廃プラスチック対策などにより一般廃棄物の発熱量が大幅に減少し、この影響が焼却施設のスペックの向上による影響を上回ったためであると考えられる（後述）。

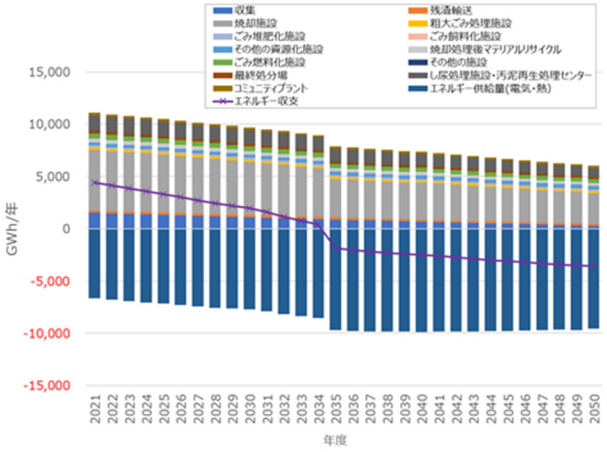
さらに、実質排出ゼロシナリオ及び最大対策シナリオでは、焼却施設における 2041 年度以降の CO2 分離回収設備の導入により、エネルギー収支がさらに悪化していた。ただし、本推計では CO2 分離回収後の液化までを考慮しており、施設内エネルギー消費量増加の大きな要因の一つとなっていることに留意されたい。



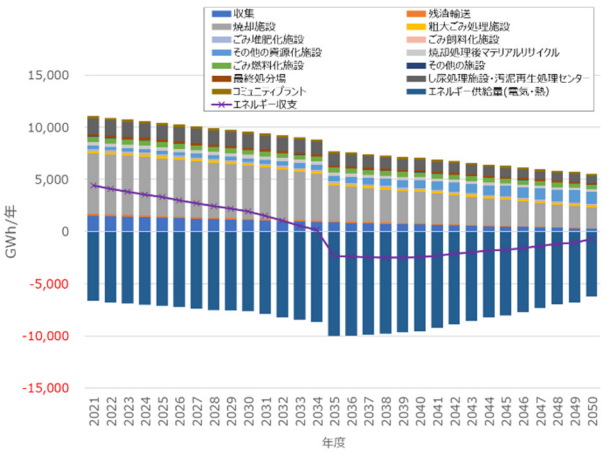
BAUシナリオ



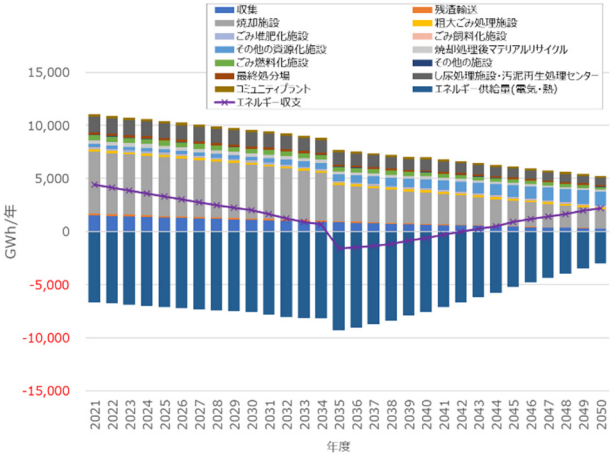
計画シナリオ



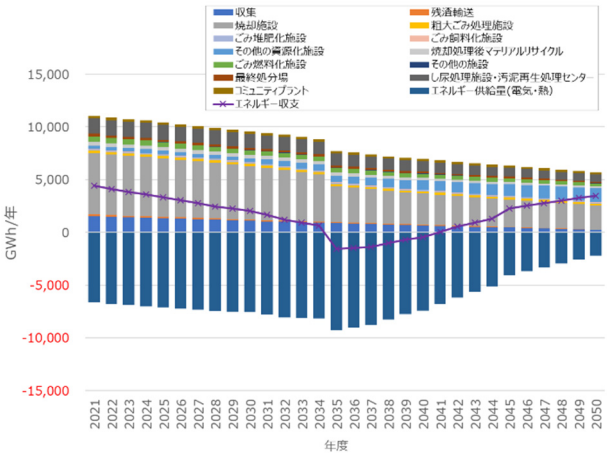
拡大計画シナリオ

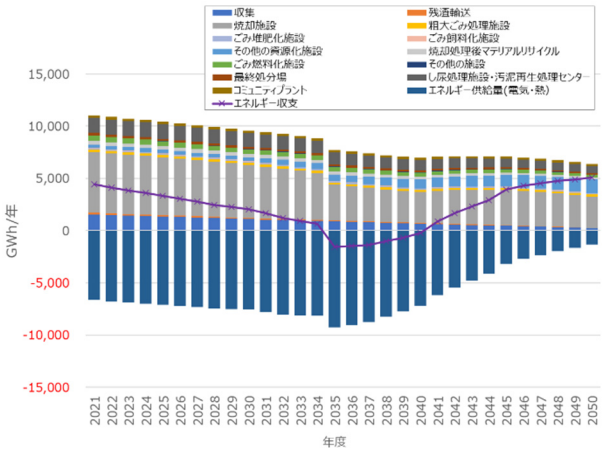


イノベーション実現シナリオ



イノベーション発展シナリオ



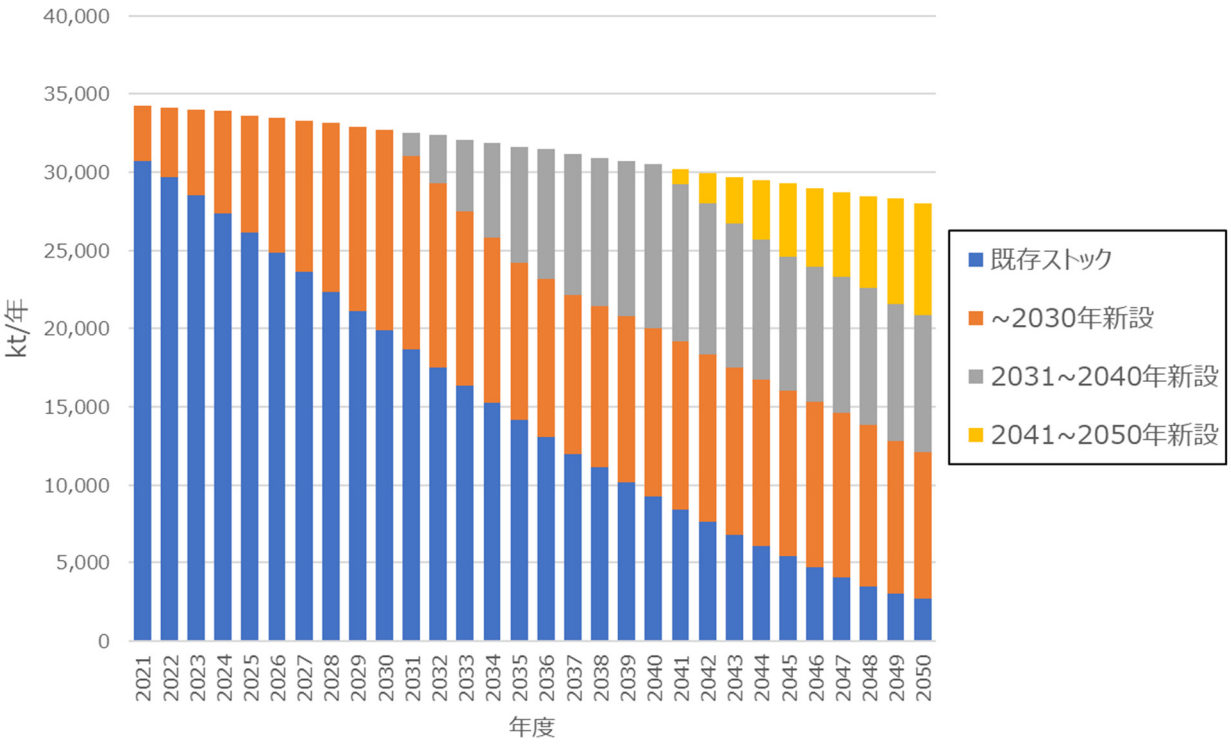


実質排出ゼロシナリオ　　最大対策シナリオ

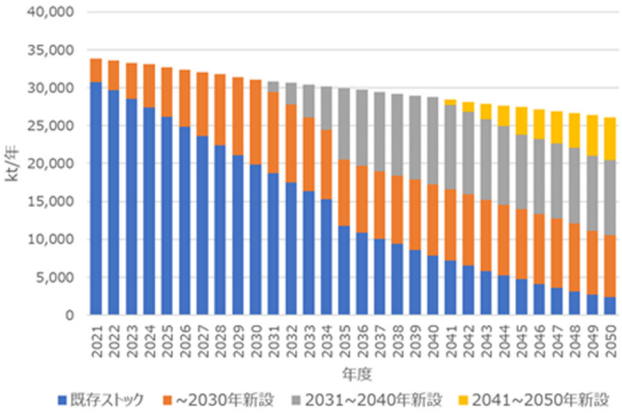
図 I-48　シナリオ別のエネルギー収支（一般廃棄物処理）

3) 焼却処理施設のシナリオ別の将来推計結果

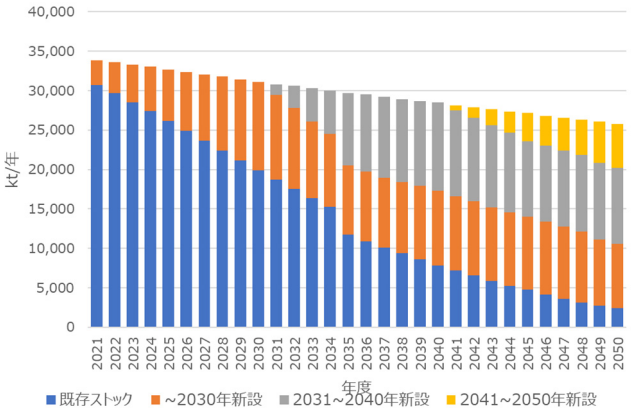
初めに、焼却処理量の新設年代別内訳の推移を図 I-49 に示す。イノベーション実現シナリオ以降では、焼却処理量の大幅な減少に伴って 2041 年度以降の新設設備の整備量も大きく減少し、イノベーション発展シナリオ以降では整備量はゼロとなった。したがって、CO2 の分離回収を実施するためには、2040 年度以前の早期から、分離回収施設の追設等を想定した整備が求められる。



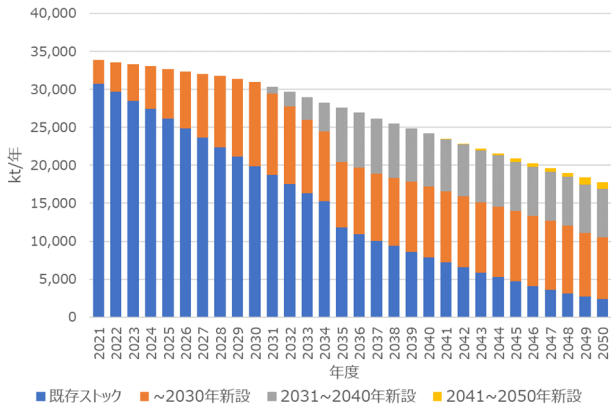
BAUシナリオ



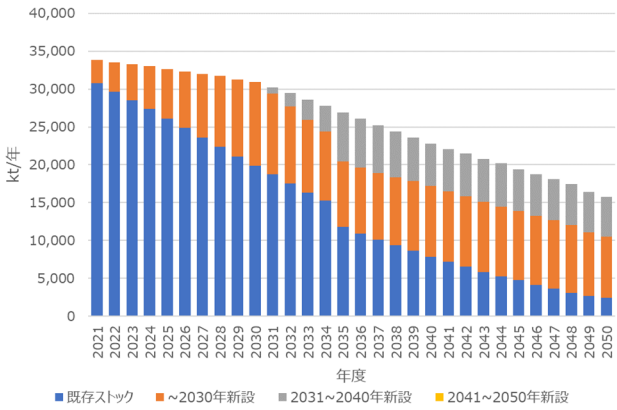
計画シナリオ



拡大計画シナリオ



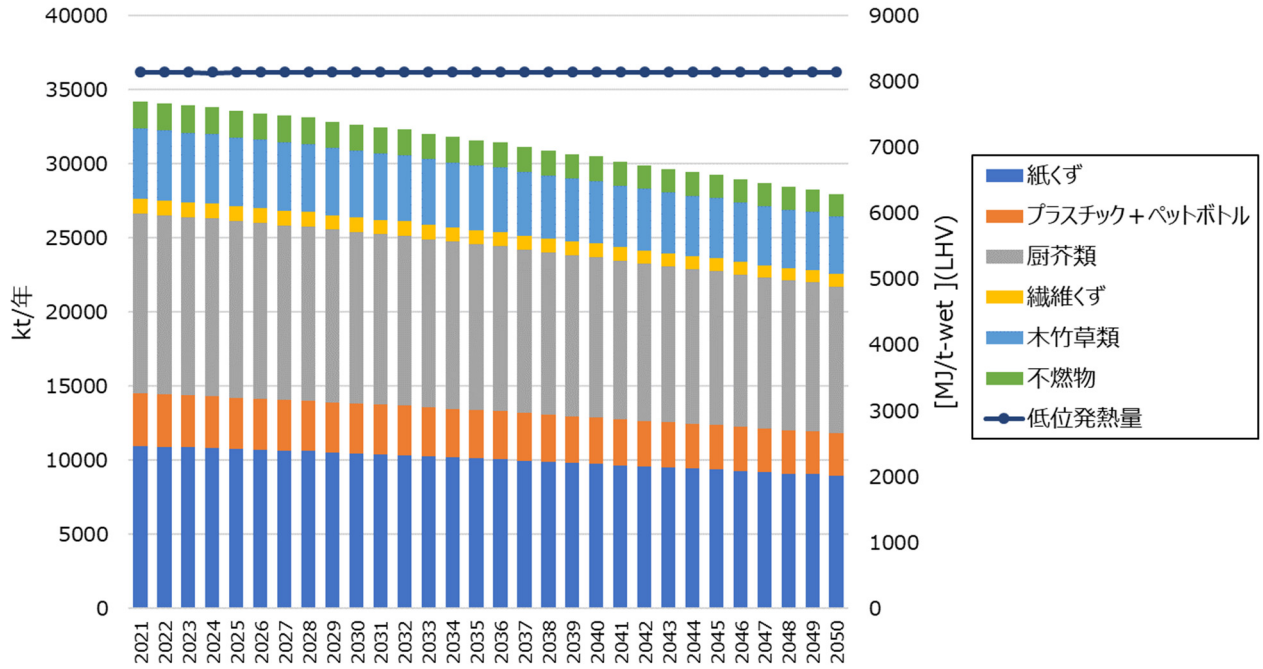
イノベーション実現シナリオ



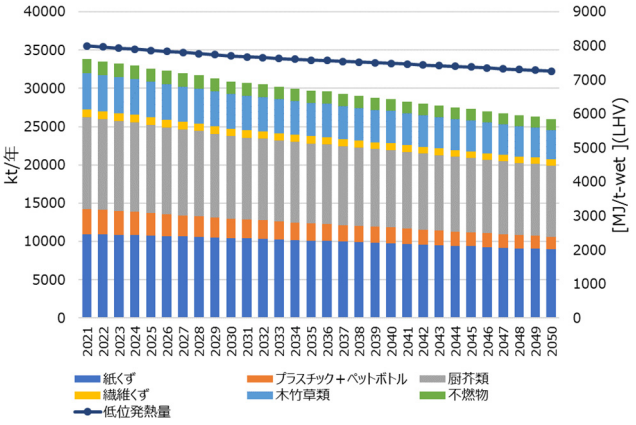
イノベーション発展シナリオ
実質排出ゼロシナリオ
最大対策シナリオ

図 I-49　シナリオ別の年間焼却処理量（一般廃棄物）

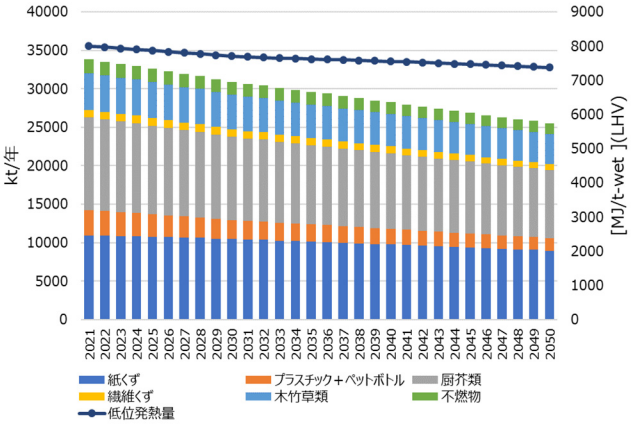
次に、シナリオ別の組成別焼却量及び一般廃棄物の低位発熱量の推移を図 I-50 示す。イノベーション実現シナリオ以降では、単位重量（湿重量ベース）当たり発熱量の小さい厨芥のメタン発酵施設への搬出を進めるものの、発熱量の大きい紙くず及びプラスチックの焼却処理量が大幅に減少することにより、廃棄物全体の発熱量も大幅に低下した。



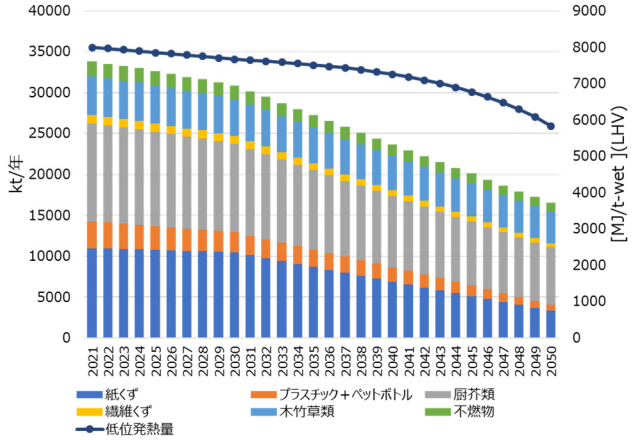
BAUシナリオ



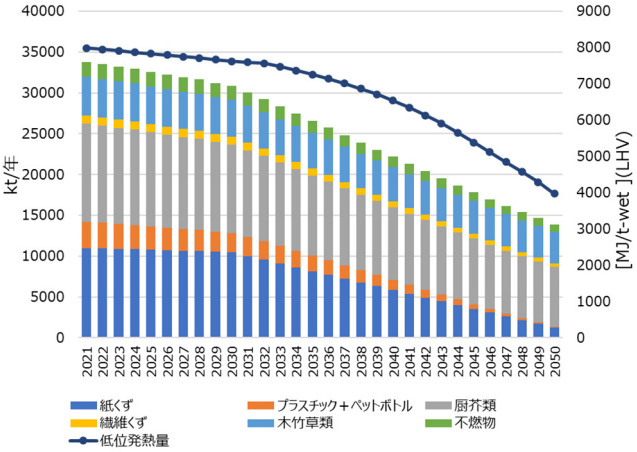
計画シナリオ



拡大計画シナリオ



イノベーション実現シナリオ

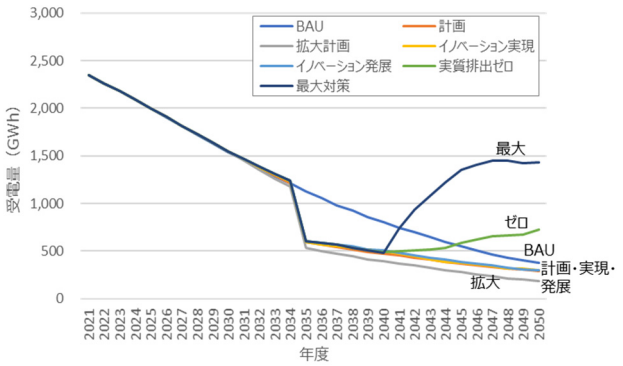


イノベーション発展シナリオ
実質排出ゼロシナリオ
最大対策シナリオ

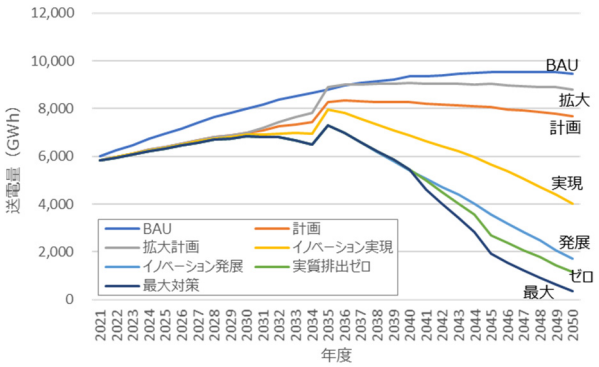
図 I-50　組成別焼却量及び低位発熱量

続いて、シナリオ別の受電量・送電量・燃料消費量・外部熱供給量の推計結果を図 I-51 示す。ここでも、2035 年度における不連続な変化は外部エネルギー供給を実施していない既存施設の廃止による影響である。受電量については、CO2 分離回収後の液化まで行うとして使用電力量を計算したため、実質排出ゼロシナリオ及び最大対策シナリオにおいて受電量が増加した。特に、最大対策シナリオでは既存施設も含めて CO2 分離回収を実施すると想定したことから、受電量の増加が大きかった。送電量については、イノベーション実現シナリオ以降において、全量蒸気供給を行う施設の新設を想定したこと及びごみ質の低下による発熱量の減少により、大きく減少した。拡大計画シナリオとイノベーション実現シナリオの差は主に発熱量の低下と全量蒸気供給施設の新設に、イノベーション実現シナリオとイノベーション拡大シナリオの差は主に発熱量の低下に、イノベーション実現シナリオ、実質排出ゼロシナリオ、及び最大対策シナリオの差は主に CO2 分離回収による所内電力量の増加に起因すると考えられる。燃料消費量については、イノベーション実現シナリオ以降において助燃時の燃料使用量が 2/3 に低減すると仮定したため、大きく減少していた。ただし、本推計では、ごみ質の低下による発熱量低下時においても、助燃の燃料使用量は増加しないと仮定して計算していることに留意が必要である。外部熱供給量については、イノベーション実現シナリオ以降において毎年 1 施設の蒸

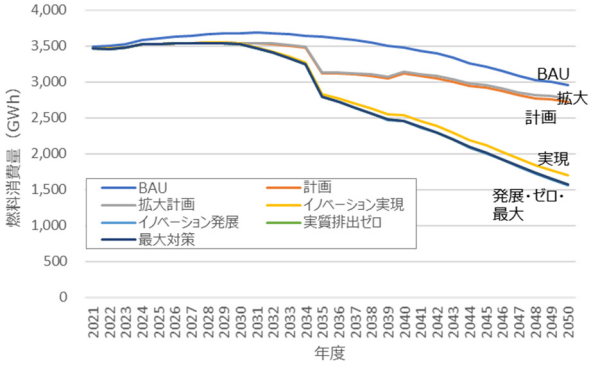
気供給施設の新設を想定したため、2031 年度から急激に大きくなっていた。しかし、将来の廃棄物焼却量の減少に伴って 2040 年代の新設が不要となるため、外部熱供給量は頭打ちとなり、イノベーション発展シナリオ以降では、2050 年度時点で BAU シナリオと同水準まで戻ってしまう可能性が示唆された。



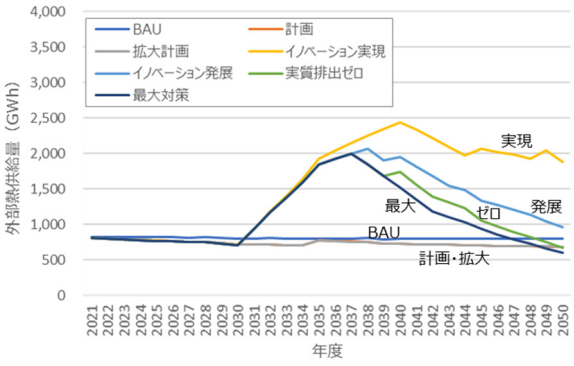
受電量



送電量



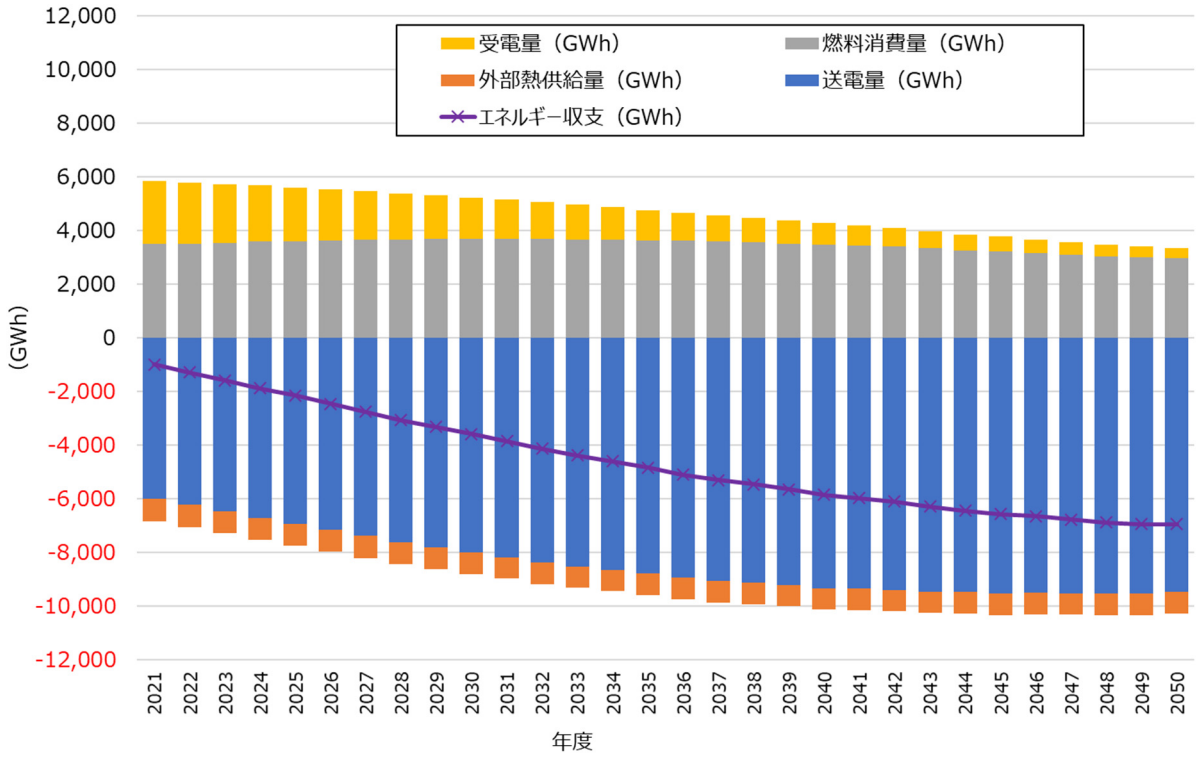
燃料消費量



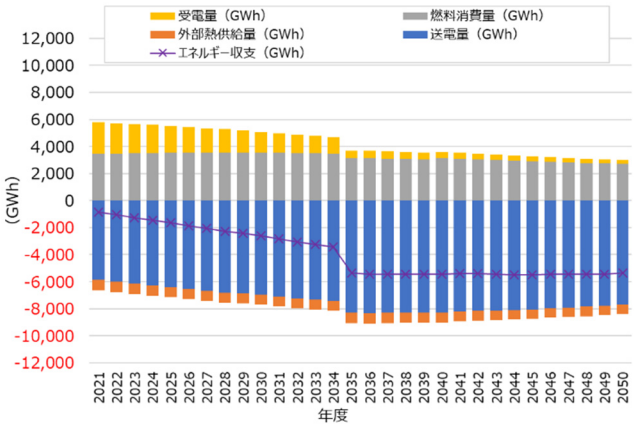
外部熱供給量

図 I-51　焼却処理施設の将来推計結果（シナリオ間比較）

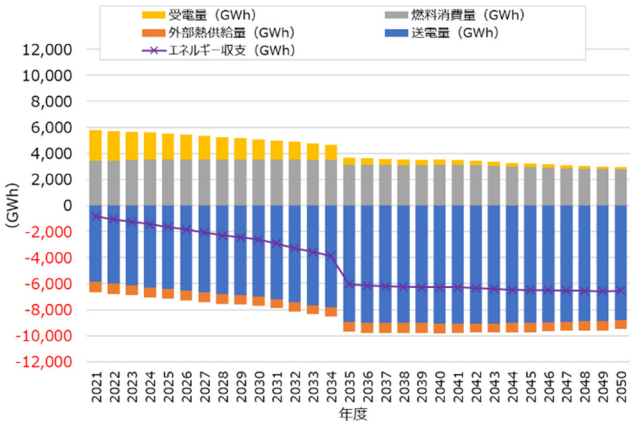
続いて、焼却施設のエネルギー収支を図 I-52 に示す。図 I-48「シナリオ別のエネルギー収支（一般廃棄物処理）」から焼却施設のエネルギー収支のみを抜粋したものに相当するため、傾向は概ね同様である。イノベーション実現シナリオ以降の発熱量の大幅な低下及び実質排出ゼロシナリオ以降の CO2 分離回収施設の導入に伴ってエネルギー収支も悪化し、実質排出ゼロでは 2049 年度以降、最大対策シナリオでは 2045 年度以降のエネルギー収支が正（エネルギーを消費する立場）となった。



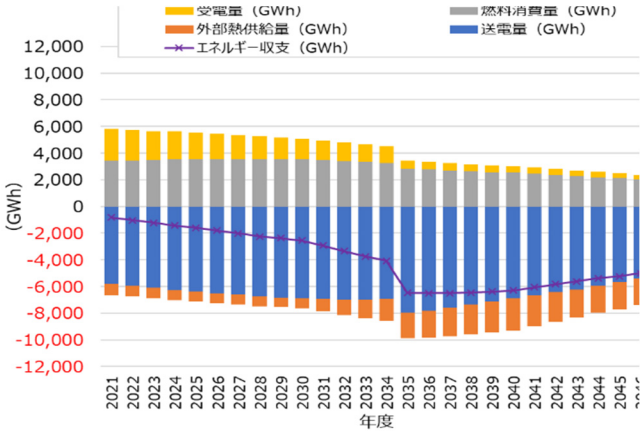
BAUシナリオ



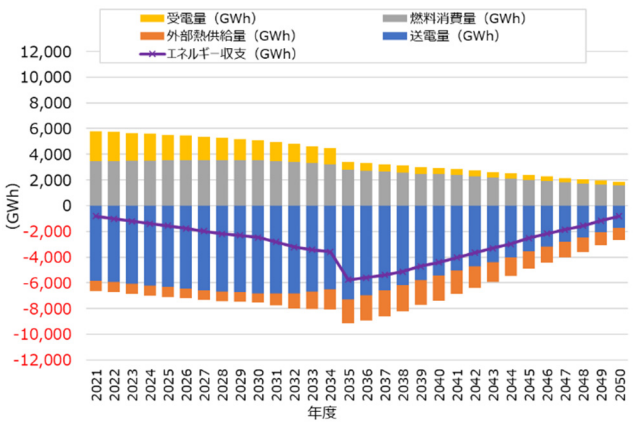
計画シナリオ



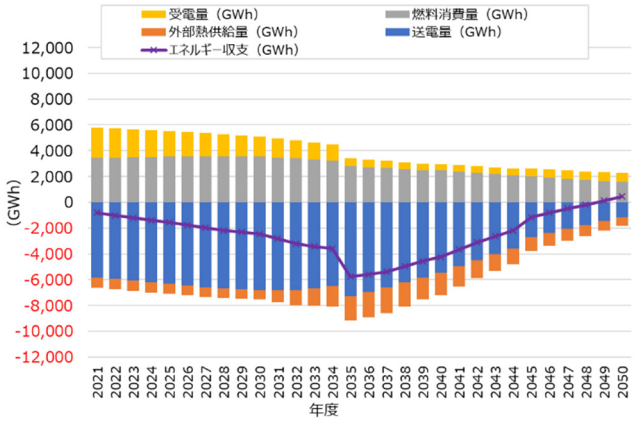
拡大計画シナリオ



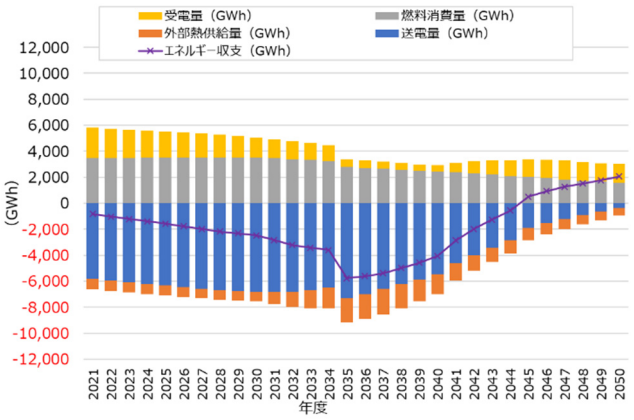
イノベーション実現シナリオ



イノベーション発展シナリオ



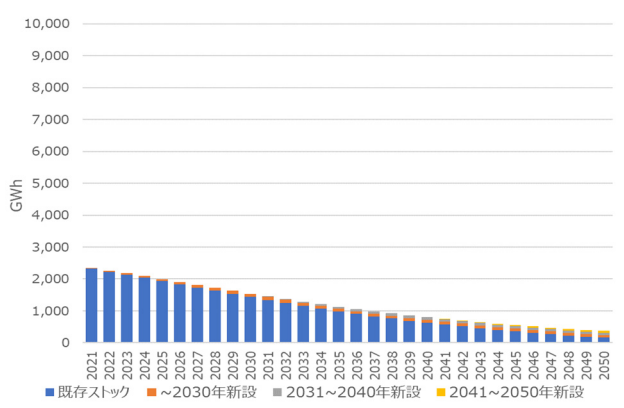
実質排出ゼロシナリオ



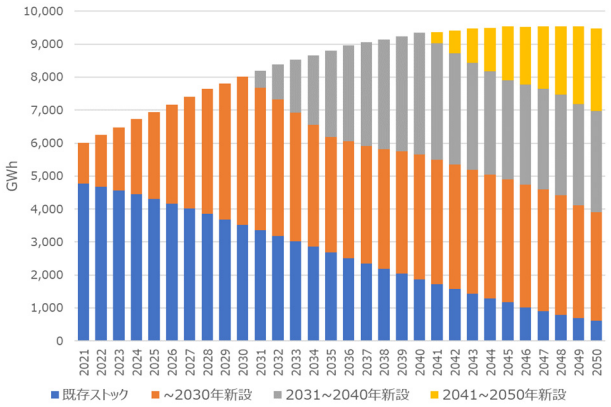
最大対策シナリオ

図 I-52　焼却施設のシナリオ別エネルギー収支

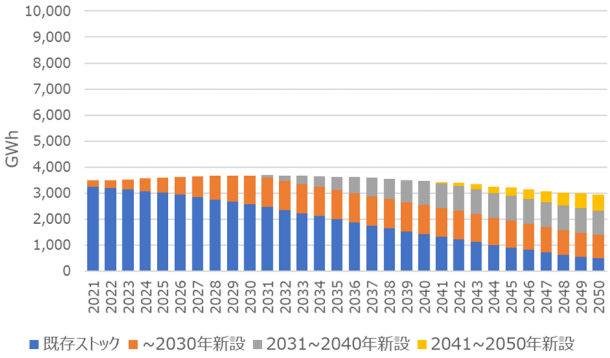
最後に、受電量・送電量・燃料消費量・外部熱供給量の新設年代別の内訳を、シナリオごとに図 I-53～図 I-59 に示す。



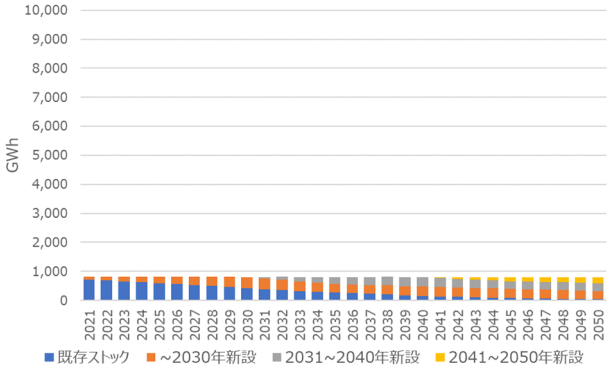
受電量



送電量

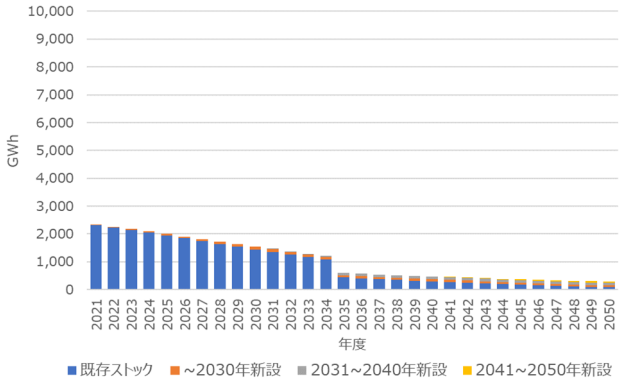


燃料消費量

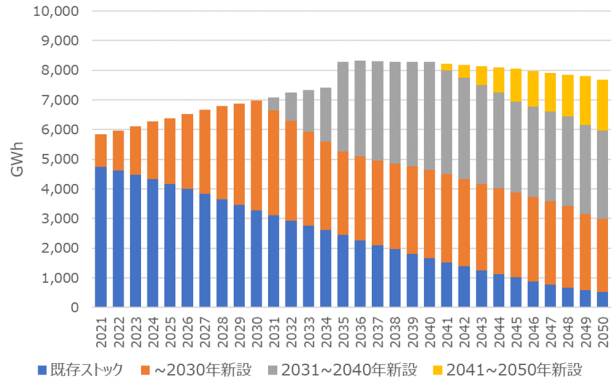


外部熱供給量

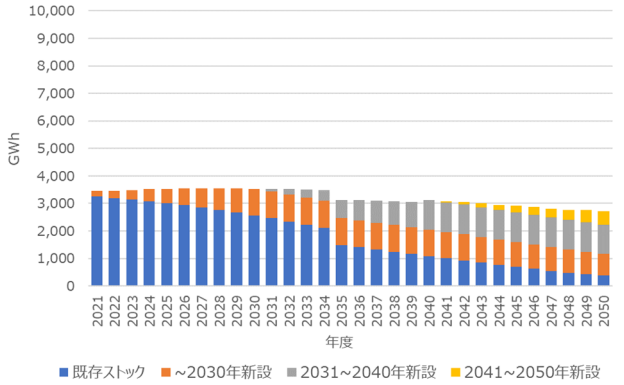
図 I-53　焼却処理施設の将来推計結果：BAU シナリオ



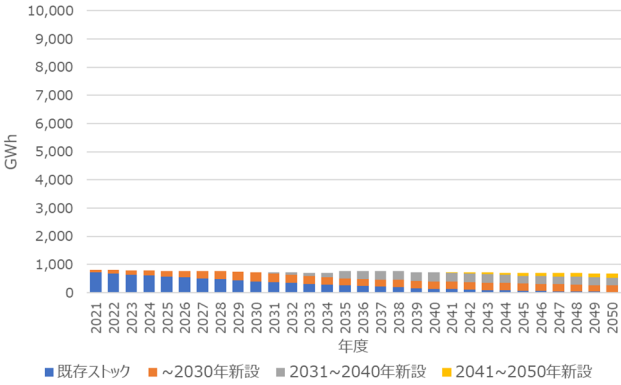
受電量



送電量

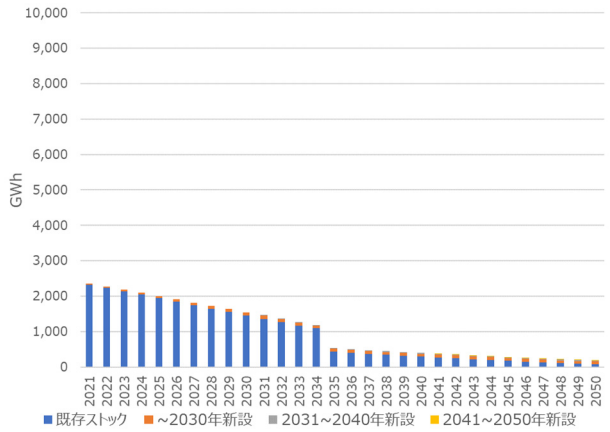


燃料消費量

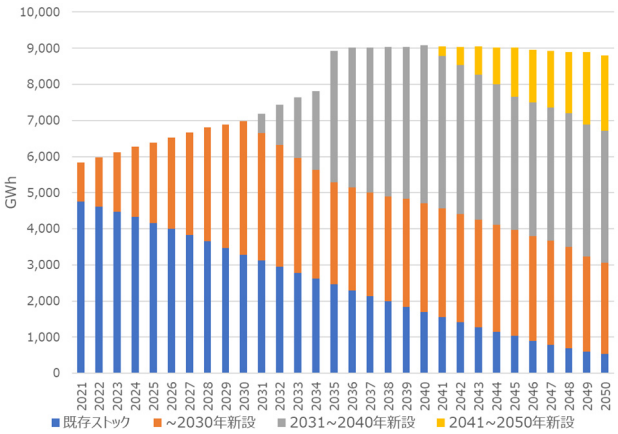


外部熱供給量

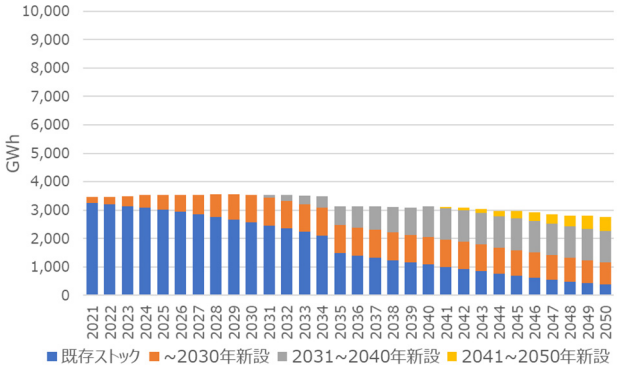
図 I-54　焼却処理施設の将来推計結果：計画シナリオ



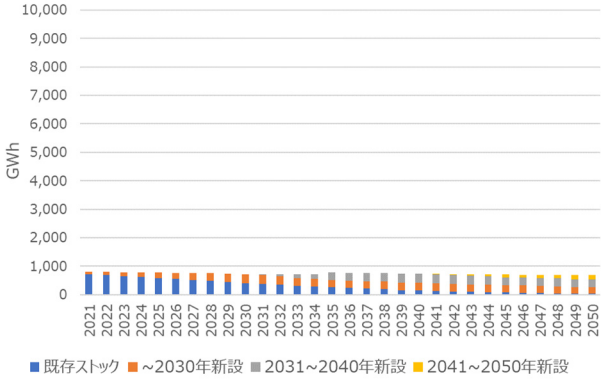
受電量



送電量

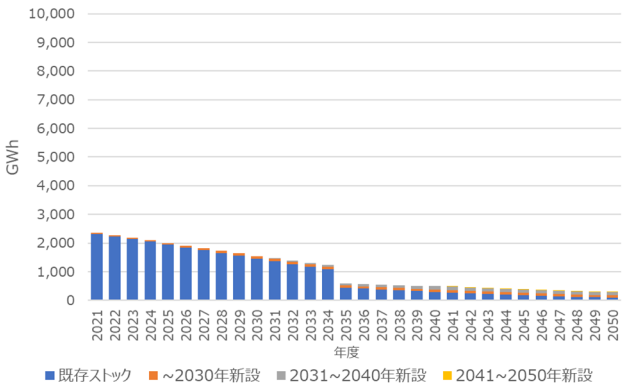


燃料消費量

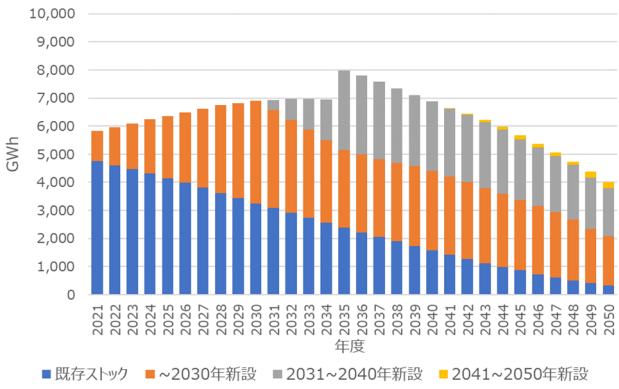


外部熱供給量

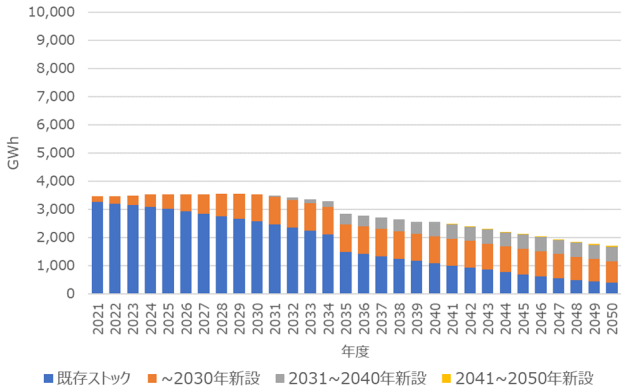
図 I-55　焼却処理施設の将来推計結果：拡大計画シナリオ



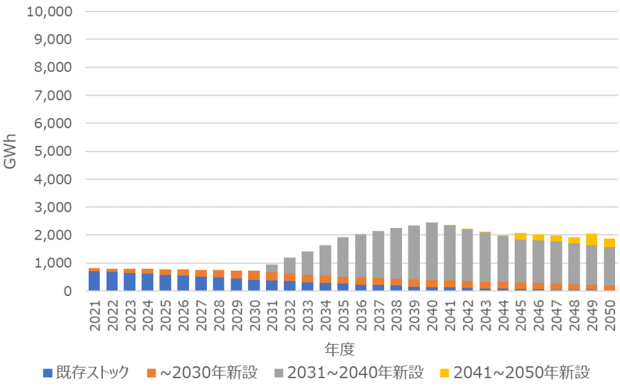
受電量



送電量

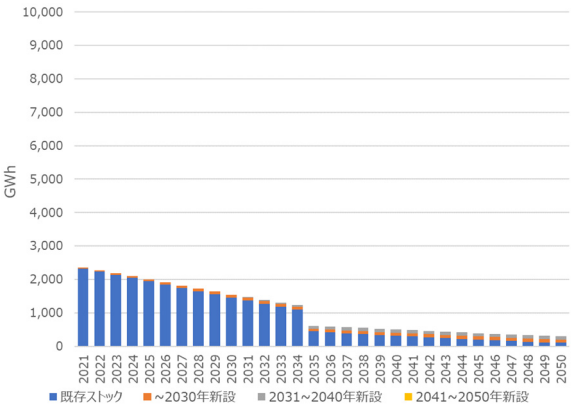


燃料消費量

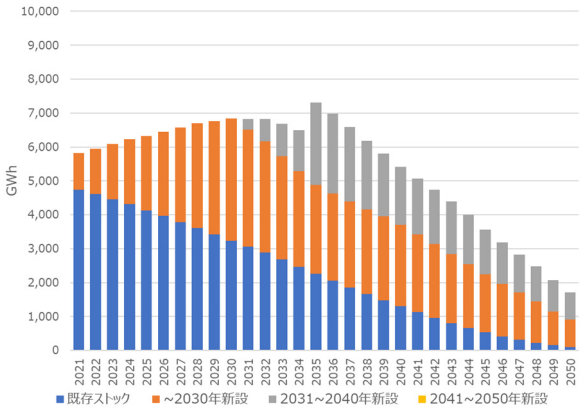


外部熱供給量

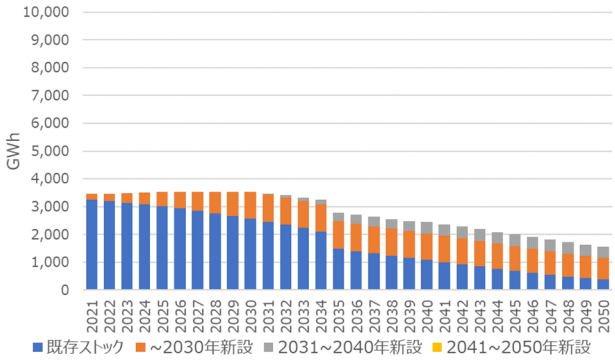
図 I-56　焼却処理施設の将来推計結果：イノベーション実現シナリオ



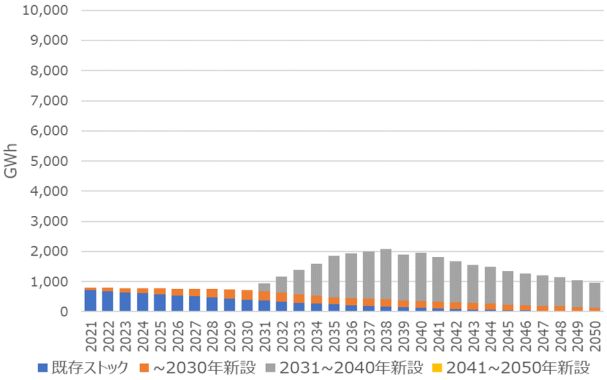
受電量



送電量

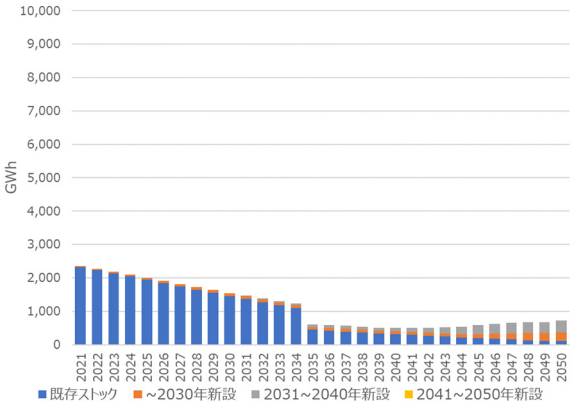


燃料消費量

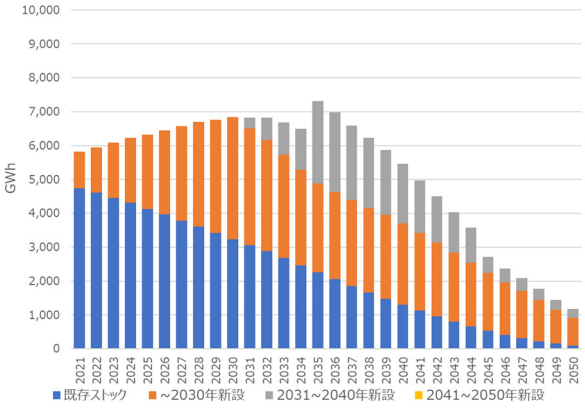


外部熱供給量

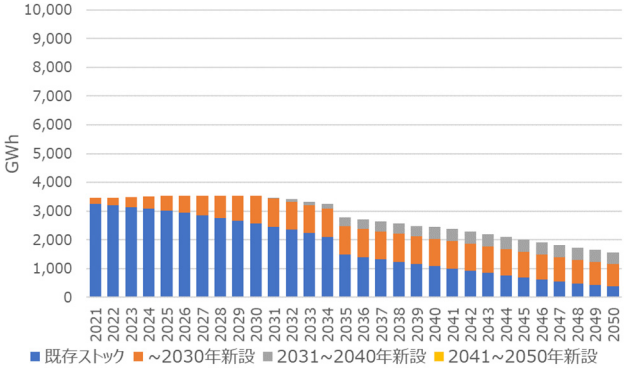
図 I-57　焼却処理施設の将来推計結果：イノベーション発展シナリオ



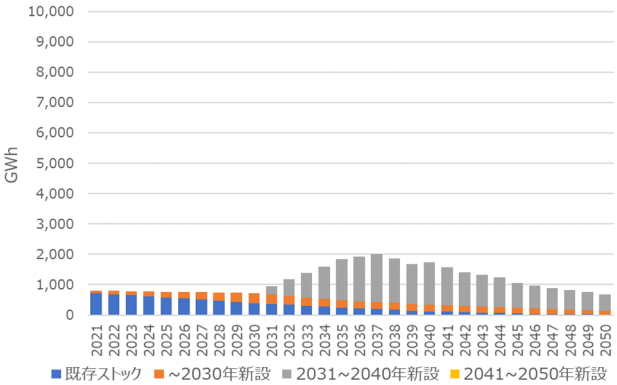
受電量



送電量



燃料消費量



外部熱供給量

図 I-58　焼却処理施設の将来推計結果：実質排出ゼロシナリオ

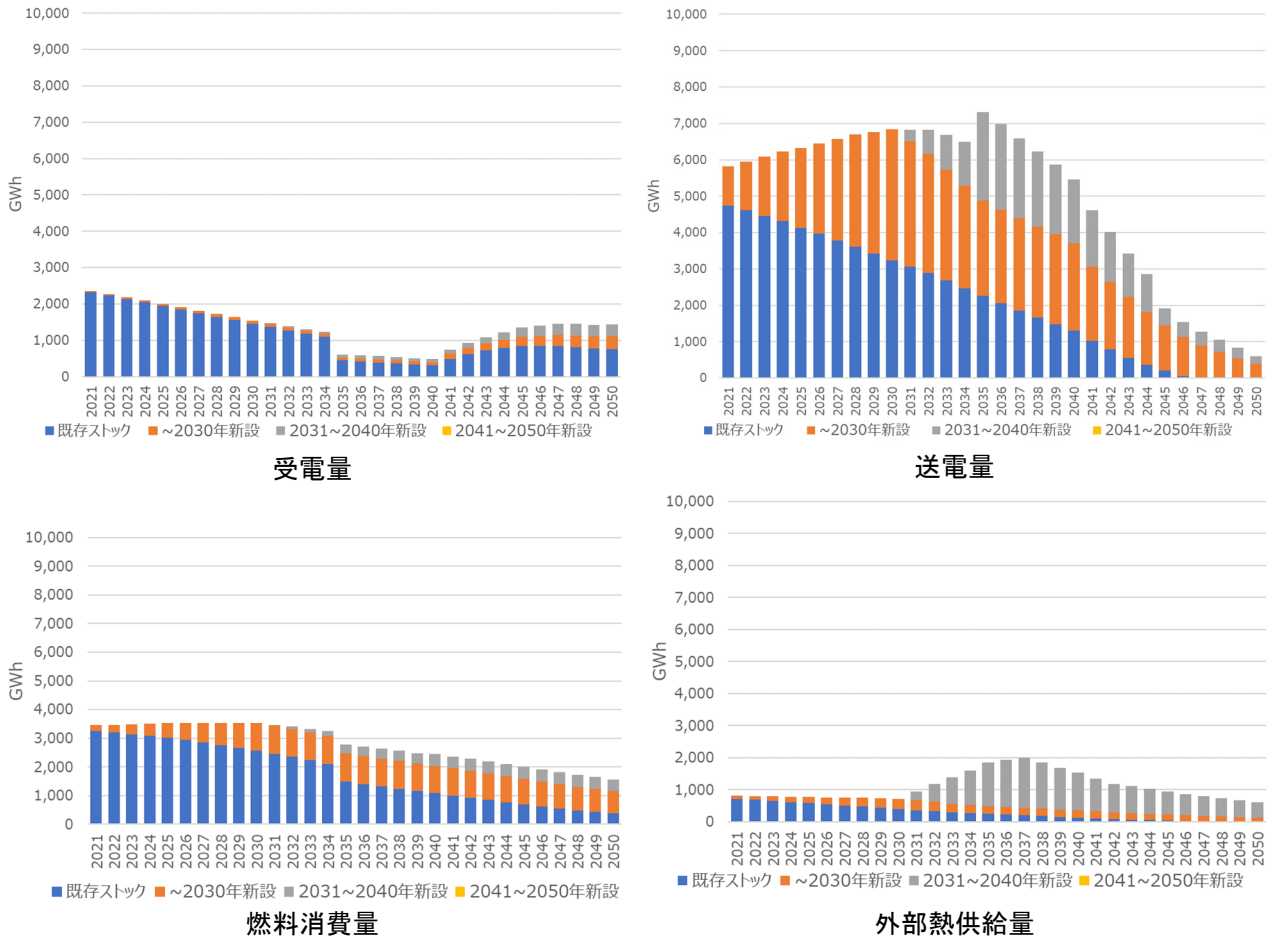


図 I-59　焼却処理施設の将来推計結果：最大対策シナリオ

4) 焼却処理施設における CO2 分離回収量

2041 年度以降の CO2 分離回収を想定した実質排出ゼロシナリオ及び最大対策シナリオにおいて推計された、CO2 分離回収量及び焼却処理される一般廃棄物のうち分離回収の対象となる割合を表 I-51 に示す。

なお、分離回収の対象にはバイオマス由来の CO2 も含まれており、化石由来とバイオマス由来を明示的に区別することはしていない。

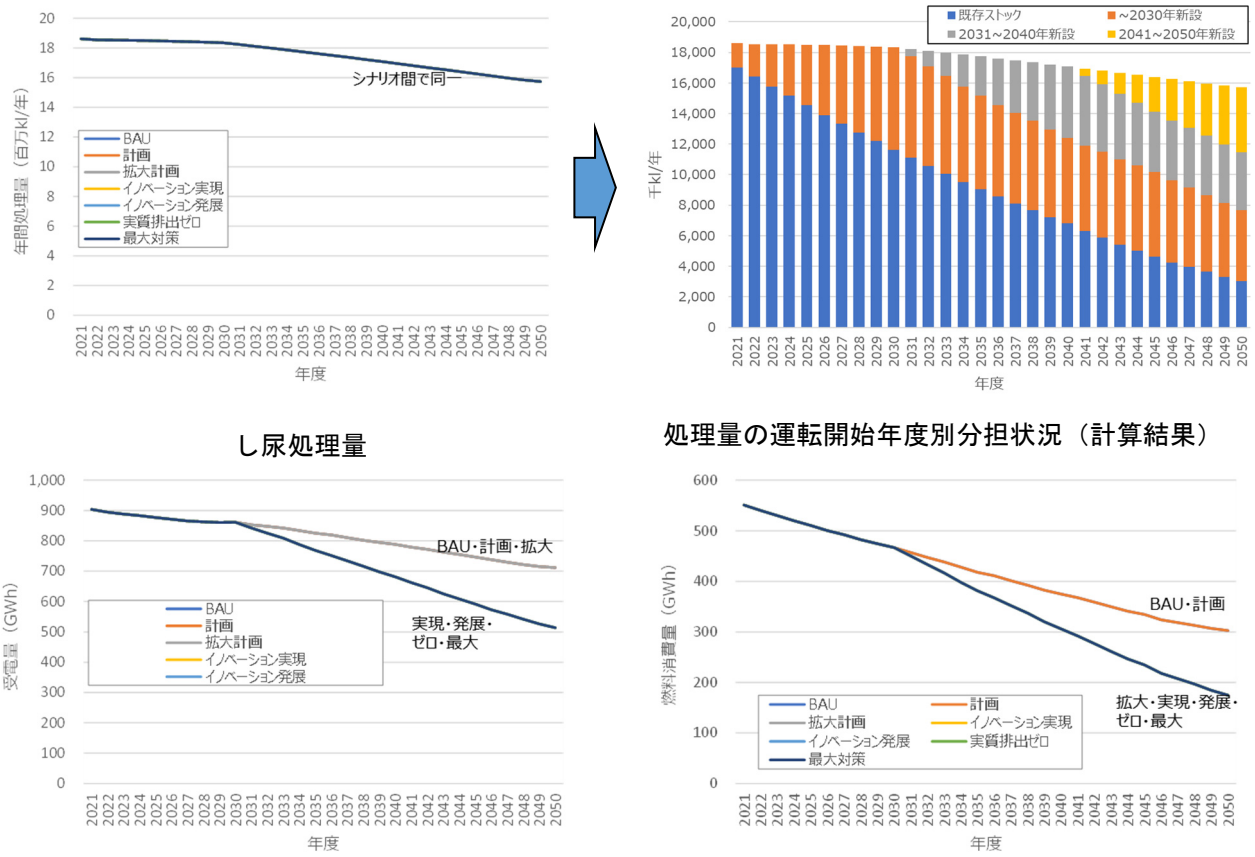
表 I-51　年度別の CO2 分離回収量及び分離回収対象比率

		年度									
		2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
実質ゼロシナリオ	分離回収量 (kt-CO2)	585	1170	1755	2341	2926	3511	4096	4681	5266	5851
	分離回収対象比率	4%	8%	12%	18%	23%	30%	37%	46%	55%	67%
最大対策シナリオ	分離回収量 (kt-CO2)	2482	3614	4688	5768	7658	8069	8323	8513	8548	8753
	分離回収対象比率	16%	24%	33%	43%	61%	68%	75%	83%	90%	100%

5) し尿処理施設のシナリオ別の将来推計結果

し尿処理施設における処理量・受電量・燃料消費量は図 I-60 のとおりである。し尿処理量はすべて

のシナリオ間で同一であり、2050 年度時点では、2030 年度までに使用を開始した施設での処理割合が半分程度を占めていた。受電量及び燃料消費量については、表 I-48（スペックの想定一覧）で想定したとおりに低減が確認された。

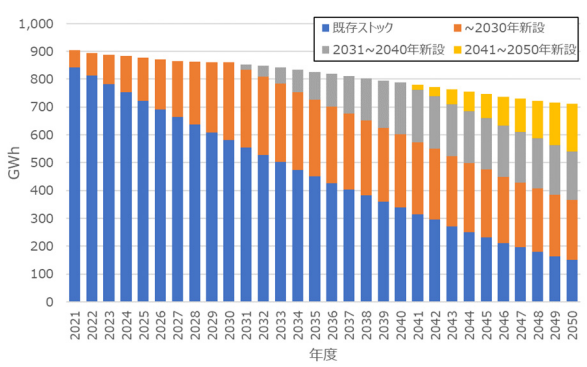


受電量　　燃料消費量

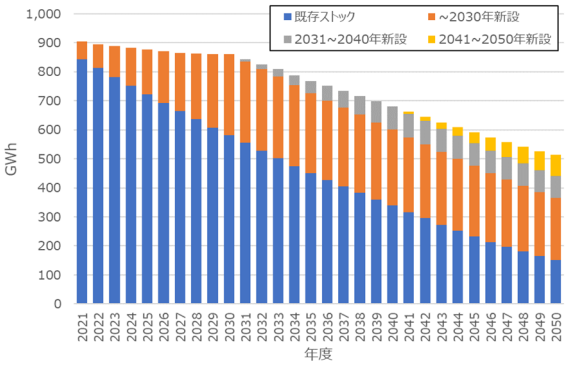
図 I-60　し尿処理施設の将来推計結果（シナリオ比較）

次に、受電量及び燃料使用量の新設年代別の内訳を図 I-61 に示す。2031 年度以降のスペック向上に伴う大幅なエネルギー消費量削減を考慮したケースでは、受電量、燃料使用量ともに低減が見られるものの、使用開始年度が 2030 年度以前の施設での処理量が 2050 年度においても約半数を占めるために、シナリオ間の削減量は受電量、燃料使用量でそれぞれ約 30%減、40%減にとどまっていた。

受電量

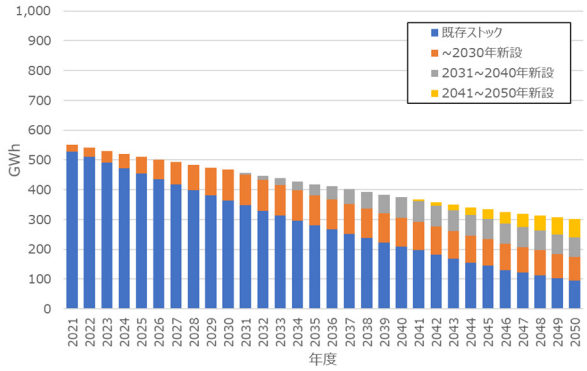


BAUシナリオ
計画シナリオ
拡大計画シナリオ

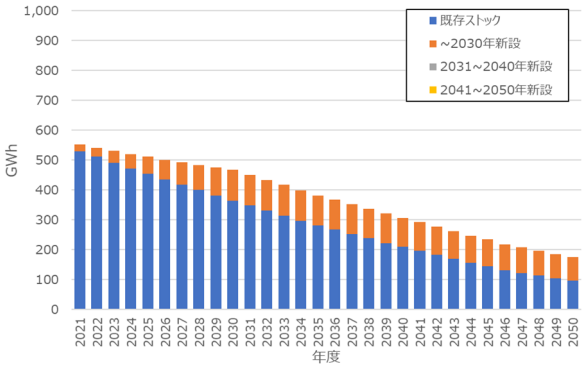


イノベーション実現シナリオ
イノベーション発展シナリオ
実質排出ゼロシナリオ
最大対策シナリオ

燃料使用量



BAUシナリオ
計画シナリオ



拡大計画シナリオ
イノベーション実現シナリオ
イノベーション発展シナリオ
実質排出ゼロシナリオ
最大対策シナリオ

図 I-61　し尿処理施設の将来推計結果（新設年代別内訳）

6) メタン発酵施設のシナリオ別の将来推計結果

メタン発酵施設におけるメタン発酵量・受電量・燃料使用量・送電量は図 I-62 のとおりである。図 I-44 に示した新規整備焼却施設の広域化・集約化とメタン発酵導入の想定により、特にイノベーション実現シナリオ以降で 2030 年度以降のメタン発酵量が大幅に増加していた。それに伴い、受電量及び送電量も大幅に増加していた。燃料使用量については、拡大計画シナリオ以降では 2030 年度以降の新設施設においてゼロと設定されているため、推計期間後半では燃料の消費はなかった。計画シナリオでは 2037 年度から燃料消費量が増加しているものの、処理量自体が拡大計画シナリオ以降に比べて大幅に小さいため、これらシナリオの受電量及び送電量に比べればわずかな量である。また、特に燃料使用量のグラフにおいて不規則な変化を示している部分があるが、これは、残存率を考慮せず既存施設においても耐用年数を一律 30 年と設定していることや、厨芥の処理量自体が年度によって変動していることが原因である。

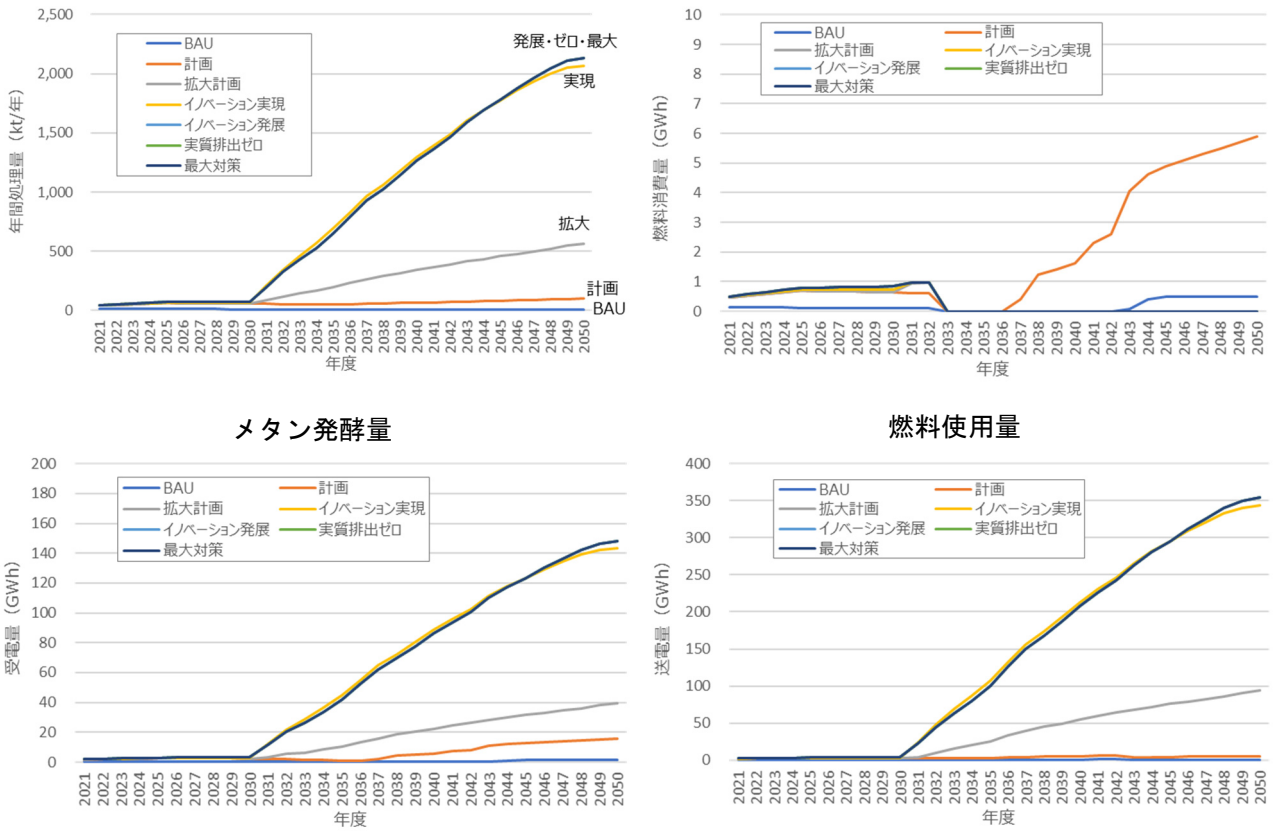


図 I-62　メタン発酵施設の将来推計結果（シナリオ比較）

(6) シナリオ試算における計算上・データ面の課題や留意点

1) 将来推計の基礎となる現状データ

廃棄物処理施設の現状データについて、基本的には一般廃棄物処理実態調査結果に基づいているが、活動量（電気・燃料・熱）やその他のデータについて、報告の網羅性や信頼性には課題があることは、既往業務でも確認・報告されている。また、本推計では一定の確認・修正が行われていた平成 28 年度実績データを基準として用いたが、いずれにせよ報告値ではエネルギー起源 CO2 排出量が計算できず、原単位（平均値）・回帰式からの推計を行っている部分も少なくない。よって、推計方法見直し等により数値は変化しうる。民間施設については、焼却処理施設以外は全て推計によるが、民間施設は公共施設に比べ多様な類型（焼却、資源化、燃料化等）や異なる実態があると考えられ、公共施設データに基づく推計では限界があると考えられる。焼却処理施設についても、例えば燃料使用量が著しく大きい施設は異常値として集計に含めなかったものがあるが、本来は個別の確認が望ましく、その結果によっても数値は変化する。

2) 将来推計方法

施設数が多く、エネルギー使用・供給も多い焼却処理施設、し尿処理施設は年代別の施設存在量を計算に含めており、また、既存施設は現状の、将来施設は方式・規模別のエネルギー関連の原単位等を設定したが、施設個別に改廃や発熱量変化は想定していない。すなわち、発電量等については全国平均としての同一（単一）のパラメータを適用しており、施設別の違い（分布）を確認しているわけではない。このため、焼却ごみの発熱量低下時には、日本全体の平均値では自燃可能であっても、施設によっては助燃が必要となる場合も当然ありうるが、そのような考慮はできていない。また、本推

計では発熱量変化に比例して発電電力量が変化するという計算にとどまっており、それによる受電量や送電量の変化は考慮しているが、自燃不可（燃料消費量の増加）となる可能性の考慮はできていない。また、広域化・集約化との関連について、空間的な検討は実施できていない。し尿処理・浄化槽汚泥処理量の将来推計方法に関しては、中長期シナリオをアップデートする際に処理量の将来変化の妥当性について確認し、必要に応じて見直すことが考えられる。

メタン発酵については、現状施設のデータが不足しており、将来施設についても焼却処理施設やし尿処理施設のように規模別の想定はできておらず、発酵残渣の対応方式（液肥利用／水処理）による違いも含めて、将来推計に用いたデータは不十分であるのが今回の試算の状況である。また、既存施設を含め、残存率や稼働率の変動を考慮することができていない。既存施設は施設によってエネルギー消費原単位が大きく異なるため、それらの廃止時期がメタン発酵施設のエネルギー消費量の不規則な変化の一因となっている。

一方、焼却処理における含水率増加による発電効率低下の考慮は不十分である。従って、本推計において、高効率発電による焼却とバイオガス化をエネルギー収支面で比較評価できるレベルにはない。

他の施設種類は、エネルギー起源 CO2 に及ぼす影響が小さいものが多いと考えられることから、以上の 3 施設種類とは異なり、施設の運転開始年次別の推計は実施していない。ただし、燃料化・資源化の方式によっても、エネルギー原単位が相違するところ、本試算では、それらを十分に区分できていない可能性がある。現状データの制約・課題ともなるが、特に資源化施設については、資源ごみの選別等の一次搬入施設以外に、焼却残渣の焼成等の相当異なる施設が含まれている一方で、灰溶融施設は現状では焼却施設に区分されている。このため、民間施設も含め焼却残渣の処理・資源化のフローやエネルギー消費量の推計が十分ではない。これらの処理方式における区分化等は、今後の課題である。なお、その際には、資源化であれば、直接資源化、排出後の施設での資源化、処理残渣資源化の数量を区別して整理していく必要もあるのではないかと考えられる。

3) その他の課題

熱需要のポテンシャルについては、全国集計ではなく、有力地点別の精査の積み上げが必要ではないかと考えられる。また、本試算は、現状の稼働率や残存率が前提であり、稼働率や残存率が変化すれば、今後の新設施設の導入時期・規模は変わり得ることに留意が必要である。

今後、同様な計算を実施していくとすれば、そのデータ基盤としては 5 年単位として 2020 年度（令和 2 年度）が有望と考えられる。このため、現在実施中の一般廃棄物処理実態調査の結果精度を高めていくことが期待される。

3.3 産業廃棄物処理の温室効果ガス排出量の将来推計の詳細

（1）将来産業廃棄物発生量

産業廃棄物種類別の上位業種排出量に、将来推計指標（素材生産量等）の 2020 年度以降の伸び率を乗じて、産業廃棄物種類別の将来排出量を算定した。

1) 廃プラスチック類

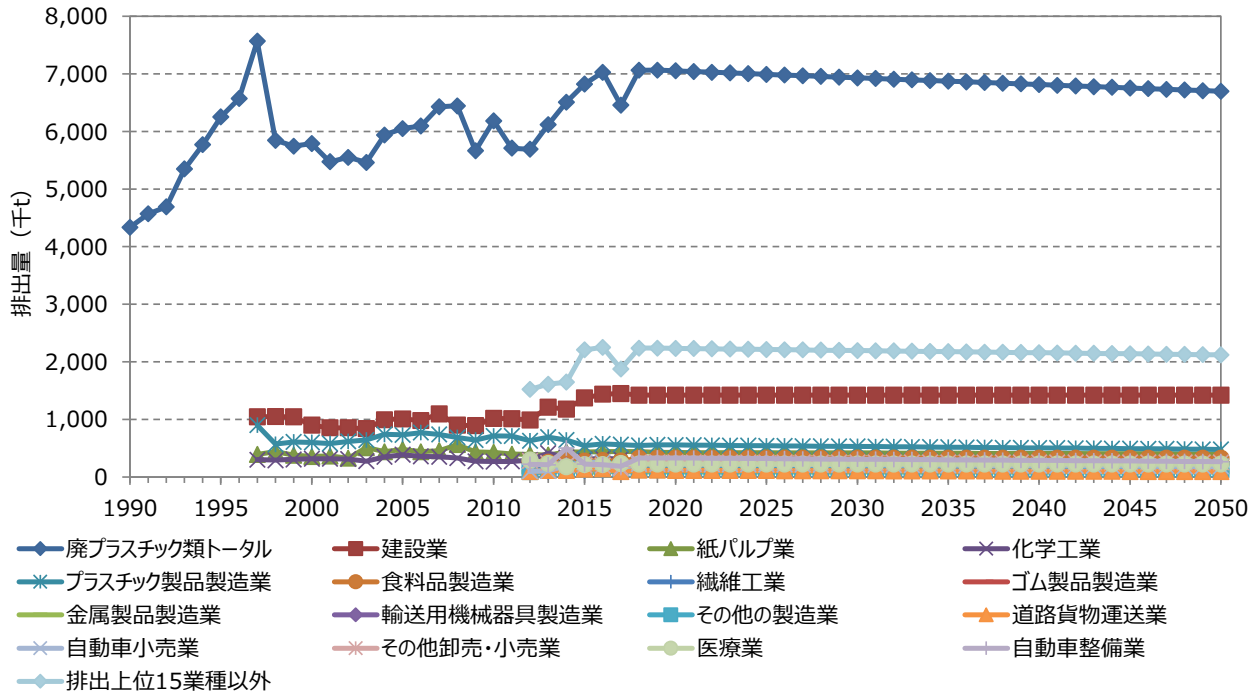


図 I-63　廃プラスチック類の将来排出量推計結果

2) 廃油

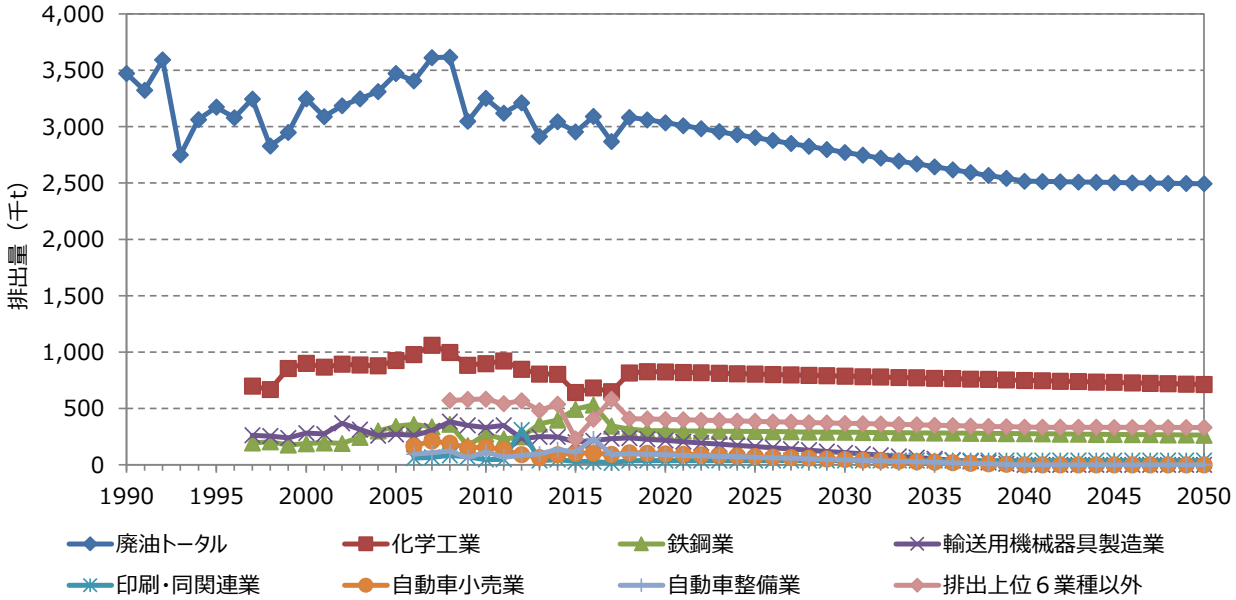


図 I-64　廃油の将来排出量推計結果

3) 木くず

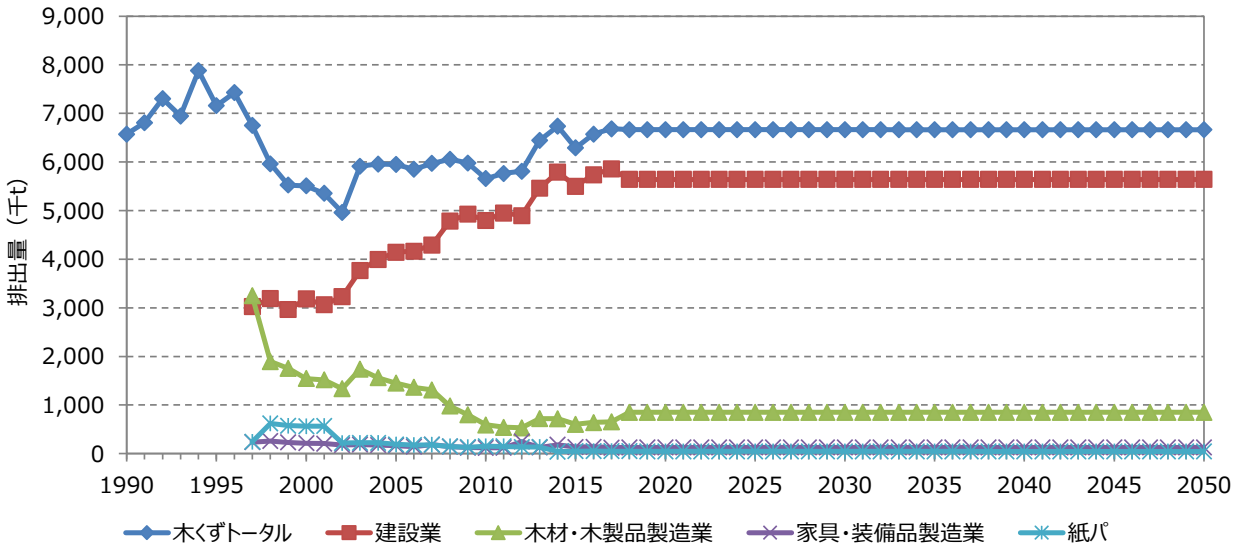


図 I-65　木くず排出量の将来推計結果

4) 動植物性残渣

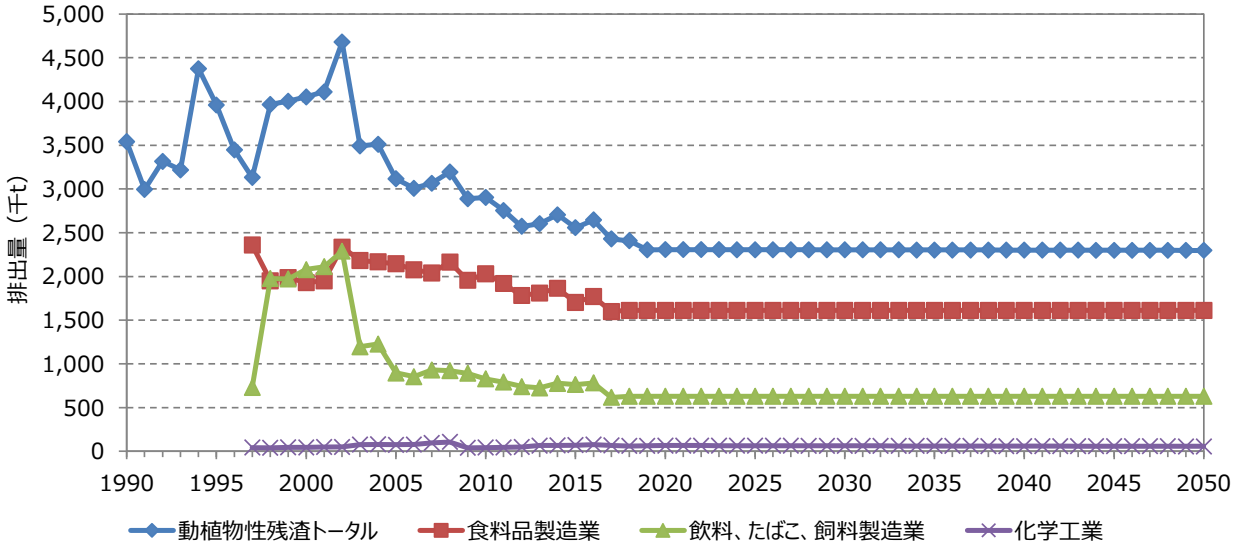


図 I-66　動植物性残渣の将来排出量推計結果

5) 紙くず

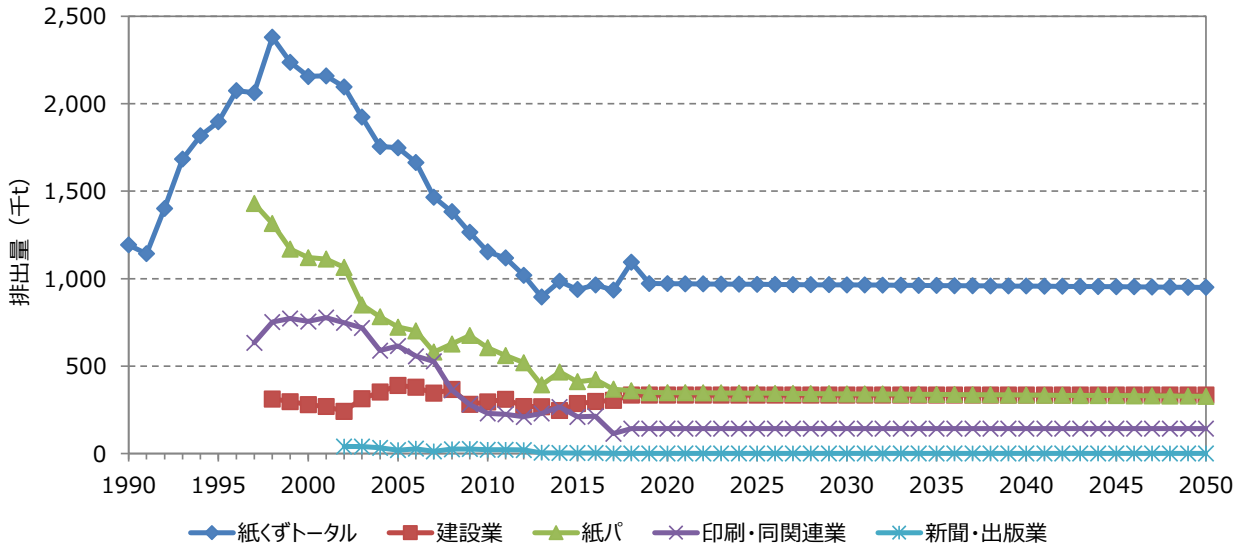


図 I-67　紙くずの将来排出量推計結果

6) 繊維くず

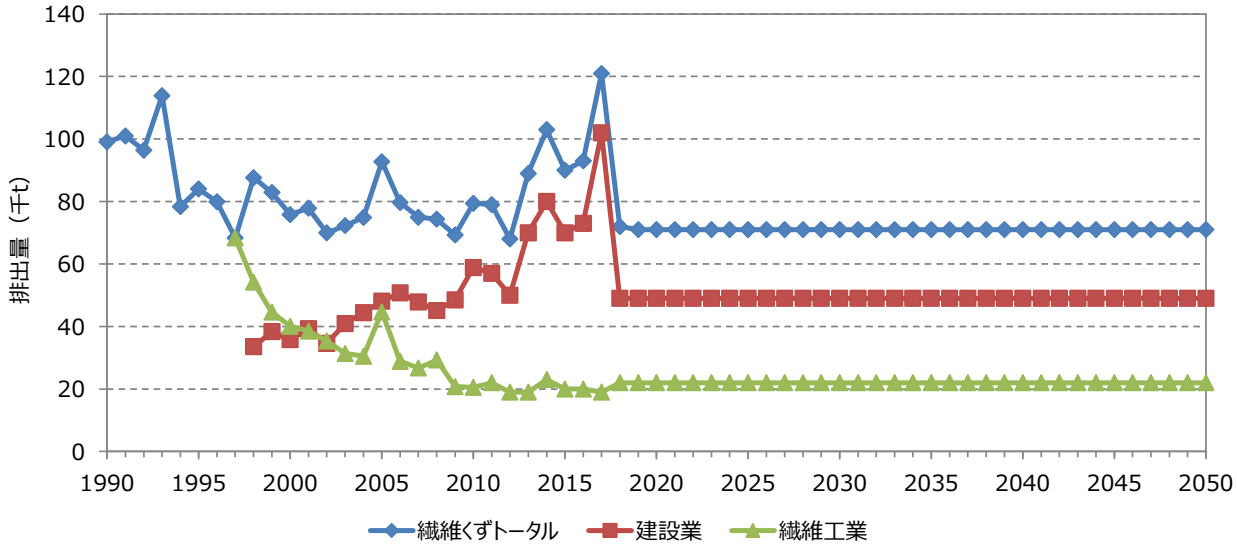


図 I-68　繊維くずの将来排出量推計結果

7) 製造業有機性汚泥

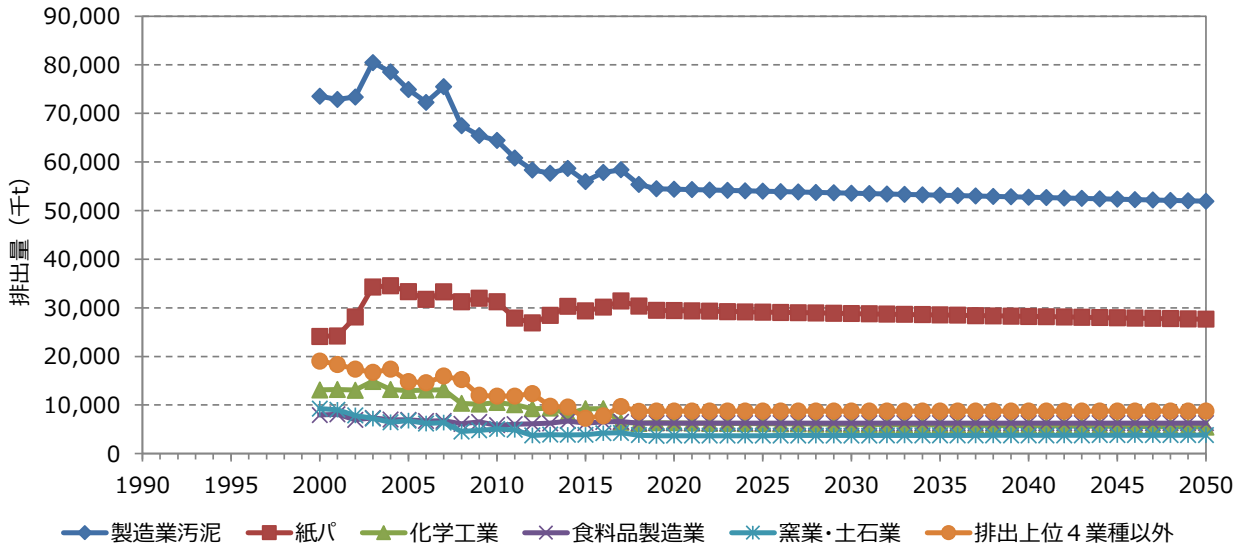


図 I-69　製造業有機性汚泥の将来排出量推計結果

4. 2050 年廃棄物・資源循環分野のカーボンニュートラルを実現するシナリオ（案）の検討

構築したモデルを用いて、温室効果ガス排出削減技術等を踏まえ、2050 年において廃棄物・資源循環分野のカーボンニュートラルを実現する中長期シナリオ（案）の検討を行った。

4.1 シナリオ（案）の考え方

廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量を推計するため、重点対策領域に沿った対策を、強度に応じて積み上げた「計画シナリオ」、「拡大計画シナリオ」、「イノベーション実現シナリオ」、「イノベーション発展シナリオ」の 4 シナリオと、実質排出ゼロを達成するために求められる CCUS 量を加味した「実質排出ゼロシナリオ」及び「最大対策シナリオ」の 2 シナリオを設定して試算した。なお、シナリオ設定及び試算にあたり、以下の点を考慮した。

- 2R 対策が GHG 削減に効果的かつ重要であることは言うまでもないが、2R の進展見込みには相当の幅があり、現時点でその見込みを見通すことは困難であるため、本試算では、２R の進展を保守的に想定し、技術のイノベーションによって実質排出ゼロの達成がどの程度見込まれるか検討する。
- そのうえで、廃棄物処理施設（焼却施設・バイオガス化施設等）における CCUS としては、バイオマスを起源として発生した CO2 を対象とした CCS によるネガティブエミッション技術を活用すると設定した。ただし、CCS については、貯留先の見込みまでは検討対象としていないこと、また、CCUS については、今後、CCUS に関する技術開発やコスト低減、CCUS の取扱いルールに関する議論等が必要であり、これらの進捗に応じて本想定は適宜見直しを行う。

廃棄物発電・熱利用は当面拡充していくと想定しているが、他分野における脱炭素化の進展に伴い GHG 削減効果は減少していくと想定し、本検討では効果を見込まないこととした。

4.2 シナリオ（案）の設定

廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオを想定するにあたり、現況年度（2019 年度）付近の対策のままで 2050 年まで推移することを想定した BAU シナリオを設定した。以下の各シナリオにおける GHG 削減効果は、BAU シナリオの GHG 排出量と各シナリオの GHG 排出量の差分で示すこととした。

（1）計画シナリオ

地球温暖化対策計画、プラスチック資源循環戦略、バイオプラスチック導入ロードマップ、プラスチック資源循環促進法等の GHG 削減・資源循環に資する既存の計画・法制度や、業界団体等の目標値に基づき対策導入量を想定するシナリオ。

（2）拡大計画シナリオ

計画シナリオに加え、廃棄物処理施設や収集運搬車両等におけるエネルギー起源 CO2 対策を計画シナリオの対策導入強度に準じて導入するシナリオ。

（3）イノベーション実現シナリオ

拡大計画シナリオをベースに、現状の技術開発動向等を踏まえ、各重点対策領域における GHG 削

減技術のイノベーションによる削減量の深掘りを見込むシナリオ。

（4）イノベーション発展シナリオ

イノベーション実現シナリオをベースに、現状の技術水準や技術開発動向では必ずしも十分に担保されない水準まで対策導入量の深掘りを見込むシナリオ。

（5）実質排出ゼロシナリオ

イノベーション発展シナリオをベースに、廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量を相殺する量の CCUS（本シナリオでは CCS として想定）導入を廃棄物処理施設で見込むシナリオ。

（6）最大対策シナリオ

実質排出ゼロシナリオをベースに、廃棄物処理施設における CCUS 量を最大限まで見込むシナリオ。

4.3 各シナリオ（案）における温室効果ガス排出削減対策等の想定の概要

各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要を以下に示す。詳細については Ⅱ 章を参照のこと。

表 I-52　各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（重点対策領域 I）

シナリオ	重点対策領域 I（資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化）					
	廃プラスチック	廃油	紙くず	廃紙おむつ	合成繊維くず	廃タイヤ
計画シナリオ 拡大計画シナリオ	・プラスチック製買物袋有料化 ・3R推進団体連絡会「容器包装3Rのための自主行動計画2025」に基づく発生抑制 ・バイオマスプラスチック類導入（2030年約200万トン※） ・日本化学工業協会「廃プラスチックのケミカルリサイクルに対する化学産業のあるべき姿」に基づくMR・循環型CR推進（循環型CR収率2050年70%）	・焼却されている廃溶剤のMR（2030年30%）				
イノベーション実現シナリオ	・循環型CR収率向上（2050年80%） ・2050年バイオマスプラスチック250万トン導入※	・燃料化されている廃油のMR（2050年80%） ・焼却されている廃油のMR（2050年30%）	・MR（2050年60%）	・MR（2050年10%） ・バイオ素材化（2050年100%）	・MR（2050年30%） ・循環型CR（2050年10%）	・リトレッド（2050年10%） ・循環型CR（2050年18%） ・石油成分のバイオマス化（2050年34%）
イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロシナリオ 最大対策シナリオ	・循環型CR収率向上（2050年90%） ・2050年バイオマスプラスチック250万トン導入※（2045年バイオマス割合100%達成） ・発生抑制25%	・焼却されている廃油のMR（2050年50%） ・焼却せざるを得ない用途の油のバイオマス化（2050年10万トン）	・発生抑制（2050年20%、一般廃棄物） ・MR（2050年75%）	・MR（2050年20%）	・循環型CR（2050年20%）	・リトレッド（2050年20%） ・循環型CR（2050年20%） ・石油成分のバイオマス化（2050年44%）

※：2030年のバイオマスプラスチック類の導入目標（約200万トン）は、地球温暖化対策計画で想定されるCO_2削減量（209万トンCO_2）から、バイオマス割合が3～4割と想定されるところ、2050年のバイオマスプラスチック導入目標（250万トン）は、全量をバイオマスプラチックと見込んだ。

表 I-53　各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（重点対策領域Ⅱ）

<table>
<tr><th rowspan="3">シナリオ</th><th colspan="4">重点対策領域Ⅱ（地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システム構築）</th></tr>
<tr><th colspan="3">有機性廃棄物対策</th><th rowspan="2">廃棄物エネルギー利活用高度化とCCUS</th></tr>
<tr><th>（食品ロス削減）</th><th>（埋立の回避）</th><th>（メタン発酵等）</th></tr>
<tr><td>BAUシナリオ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>計画シナリオ</td><td rowspan="5">食品ロス発生量（一般廃棄物及び産業廃棄物）について、2030年度までに2000年度比で半減すると想定。</td><td rowspan="2">有機性の一般廃棄物（厨芥類、紙くず、天然繊維くず、木竹草類、し尿・浄化槽汚泥）及び有機性の産業廃棄物のうちの動植物性残渣、紙くず、天然繊維くず、木くず、家畜糞尿の焼却を経ない埋立（生埋立）を2035年度までにゼロにすると想定。
一般廃棄物最終処分場の準好気性埋立処分量割合が2030年度に77%に達すると想定。産業廃棄物最終処分場については同76%と想定。</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>拡大計画シナリオ</td><td colspan="2">2030年代以降は、焼却の新規整備は100t/日以上に集約化した施設のみとし、それ未満となる場合はメタン発酵等を導入＋集約化施設への搬出</td></tr>
<tr><td>イノベーション実現シナリオ</td><td>有機性の産業廃棄物の製造業有機性汚泥、下水汚泥の生埋立を2035年度までにゼロにすると想定。</td><td colspan="2">2030年代以降は、焼却の新規整備は300t/日以上に集約化した施設のみとする。また、焼却施設の整備（更新）時は、メタン発酵導入とセットとする。
合わせて、毎年1施設程度、産業熱需要へ蒸気を外部供給する施設を整備。</td></tr>
<tr><td>イノベーション発展シナリオ</td><td rowspan="3">有機性の産業廃棄物の浄水汚泥の生埋立を2035年度までにゼロにすると想定。</td><td colspan="2">〃</td></tr>
<tr><td>実質排出ゼロシナリオ</td><td colspan="2">実質排出ゼロ化のために必要量のCCUSを導入（2040年代に開始を想定）（回収率9割想定）
※その他はイノベーション発展シナリオと同様</td></tr>
<tr><td>最大対策シナリオ</td><td colspan="2">全施設（既存施設も含む全施設）で排ガス全量を対象とするCCUSを導入（2040年代に開始を想定）（回収率9割想定）
※その他はイノベーション発展シナリオと同様</td></tr>
</table>

※上表においては、基本的に一般廃棄物処理システムについて記述した。産業廃棄物処理については、メタン発酵・エネルギー利用高度化・CCUSとも想定は行わなかった。

表 I-54　各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（重点対策領域Ⅲ）

<table>
<tr><th rowspan="3">シナリオ</th><th colspan="4">重点対策領域Ⅲ（廃棄物施設・車両等の脱炭素化）</th></tr>
<tr><th colspan="3">一般廃棄物処理施設・車両等　※1</th><th>産業廃棄物処理施設・車両等</th></tr>
<tr><th>焼却施設の脱炭素化</th><th>し尿処理施設の脱炭素化</th><th>その他の施設・車両の脱炭素化</th><th></th></tr>
<tr><td>BAUシナリオ</td><td rowspan="2">（新設施設は、発電効率は今の循環交付金の水準、電気・燃料使用原単位は既存施設と同程度）

2035年度までに全ての一般廃棄物焼却施設においてエネルギー回収が行われると想定。※2</td><td rowspan="2">（新設施設は、電気・燃料使用原単位は既存施設と同程度）</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>計画シナリオ</td><td>収集車の全EV化
（仮に2050年時点まで線形の導入想定）</td><td>2035年度までに廃プラスチック類を焼却する全ての施設においてエネルギー回収が行われると想定。
下水汚泥焼却施設における高温焼却割合が2030年度に100%に到達すると想定。
下水汚泥焼却施設について、2030年度まで新型炉及び固形燃料化炉が毎年2基導入されると想定。</td></tr>
<tr><td>拡大計画シナリオ</td><td>新設施設は、ボイラ蒸気の高温高圧化（6MPa, 450℃）による発電効率向上
所内省エネ</td><td>新設施設は、燃料使用量ゼロ化（脱水後に搬出して焼却施設で処理等）</td><td>メタン発酵：新設施設は、規模の大型化等を含むエネルギー収支の改善</td><td>2040年度までに全ての産業廃棄物収集運搬車両がEVに置き換わると想定。電力CO_2排出係数は2050度年までにゼロになると想定。</td></tr>
<tr><td>イノベーション実現シナリオ</td><td>新設施設は、立ち上げ時の助燃使用量の大幅削減
（上欄に加えて）</td><td>新設施設は、生ごみと統合処理し、燃料ゼロ化に加え電気も大幅削減</td><td>上記に加え、残渣輸送（10t車等が想定される）のEV化</td><td>〃</td></tr>
<tr><td>イノベーション発展シナリオ</td><td colspan="3">2050年度までに一般廃棄物処理施設（最終処分場の重機を含む。）で使用する燃料が全てバイオマス由来燃料に置き換わると想定。
（その他はイノベーション実現シナリオと同様）</td><td>2050年度までに産業廃棄物処理施設（最終処分場の重機等を含む。）で使用する燃料が全てバイオマス由来燃料に置き換わると想定。</td></tr>
<tr><td>実質排出ゼロシナリオ</td><td colspan="3">〃</td><td>〃</td></tr>
<tr><td>最大対策シナリオ</td><td colspan="3">〃</td><td>〃</td></tr>
</table>

※1　2030年までは全シナリオで新設施設の性能設定は、BAU・計画シナリオと同一であり、2031年の運転開始施設以降、シナリオに応じた性能の施設が導入される計算。
※2　拡大計画シナリオも含め、それ以下のシナリオも同様。

4.4 各シナリオ（案）の試算結果

（1）試算結果の概要

各シナリオによる将来温室効果ガス排出量の試算結果を以下に示す。

各シナリオによる試算結果は現時点での推計値であり、今後の想定等の見直しにより変更する可能性がある点に留意する必要がある。

表 I-55　各シナリオによる将来温室効果ガス排出量の将来推計結果概要

廃棄物・資源循環分野で想定するシナリオ	2050年GHG排出量（千トンCO_2）試算結果※			
	非エネ起	エネ起	CCUS	合計
【BAUシナリオ】 ・現況年度（2019年度）付近の対策のままで2050年まで推移することを想定したシナリオ。 ・以下で試算する各シナリオによる削減効果はBAUシナリオのGHG排出量との差分で示す。	29,602	4,367	－	33,968
【計画シナリオ】 ・地球温暖化対策計画、プラスチック資源循環戦略、バイオプラスチック導入ロードマップ、プラスチック資源循環促進法等のGHG削減・資源循環に資する既存の計画・法制度や、業界団体等の目標値に基づき対策導入量を想定するシナリオ。	20,270	1,933	－	22,203
【拡大計画シナリオ】 ・計画シナリオに加え、廃棄物処理施設や収集運搬車両等におけるエネルギー起源CO_2対策を計画シナリオの対策導入強度に準じて導入するシナリオ。	20,270	1,911	－	22,180
【イノベーション実現シナリオ】 ・拡大計画シナリオをベースに、現状の技術開発動向等を踏まえ、各重点対策領域におけるGHG削減技術のイノベーションによる削減量の深掘りを見込むシナリオ。	9,031	1,468	－	10,499
【イノベーション発展シナリオ】 ・イノベーション実現シナリオをベースに、現状の技術水準や技術開発動向では必ずしも十分に担保されない水準まで対策導入量の深掘りを見込むシナリオ。	6,164	0	－	6,164
【実質排出ゼロシナリオ】 ・イノベーション発展シナリオをベースに、廃棄物・資源循環分野のGHG排出量を相殺する量のCCUS（本シナリオではCCSとして想定）導入を廃棄物処理施設で見込むシナリオ。	6,164	0	−6,164	0
【最大対策シナリオ】 ・実質排出ゼロシナリオをベースに、廃棄物処理施設におけるCCUS量を最大限まで見込むシナリオ。	6,164	0	−16,138	−9,975

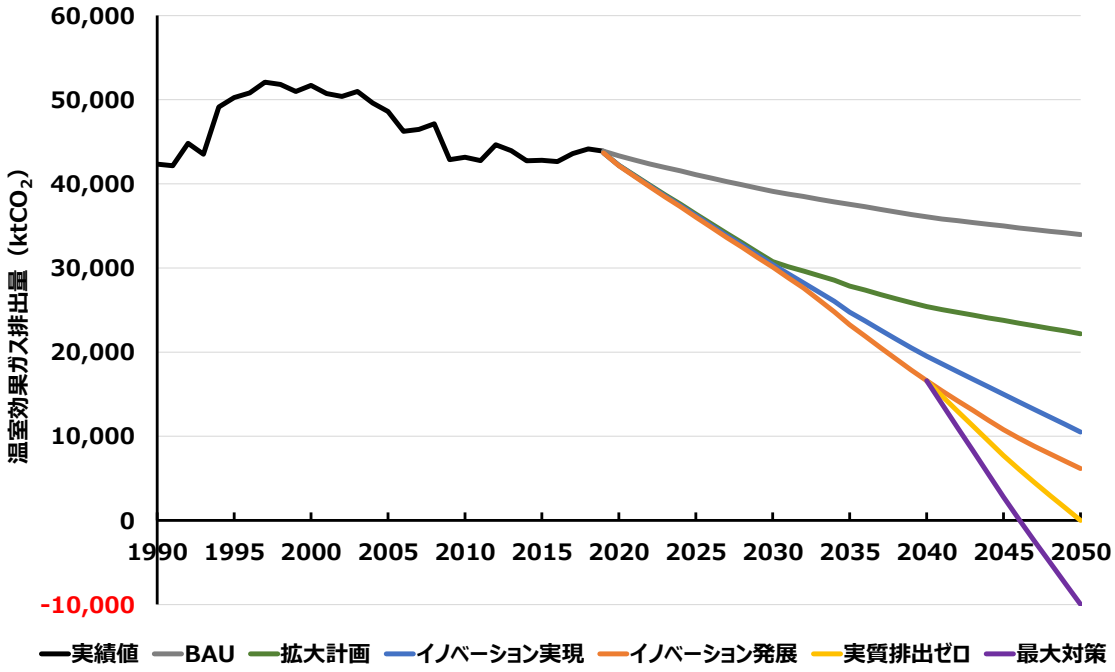


図 I-70　シナリオ別の廃棄物・資源循環分野の実質排出ゼロ化に向けた経路の試算結果

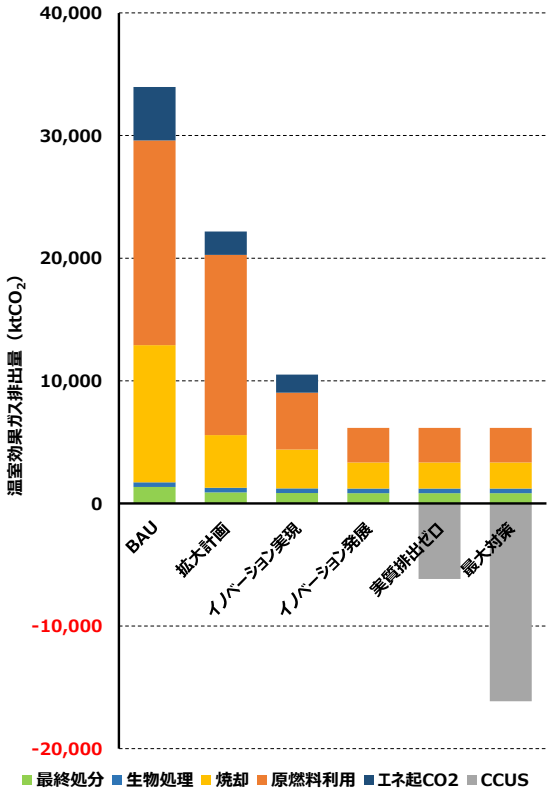


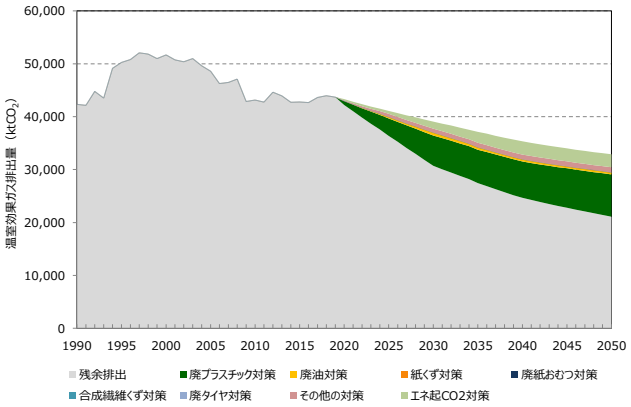
図 I-71　2050 年のシナリオ別の廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量試算結果

表 I-56　2050 年のシナリオ別・排出源別の GHG 排出量試算結果

($ktCO_2$)		シナリオ					
		BAU	拡大計画	イノベーション実現	イノベーション発展	実質排出ゼロ	最大対策
排出源	埋立	1,350	898	851	834	834	834
	生物処理	377	377	377	377	377	377
	焼却	11,172	4,299	3,167	2,126	2,126	2,126
	原燃料利用	16,703	14,696	4,636	2,827	2,827	2,827
	エネ起CO_2	4,367	1,911	1,468	0	0	0
	CCUS※	0	0	0	0	−6,164	−16,138
	合計	33,968	22,180	10,499	6,164	0	−9,975

（2）各シナリオの試算結果（拡大計画シナリオ）

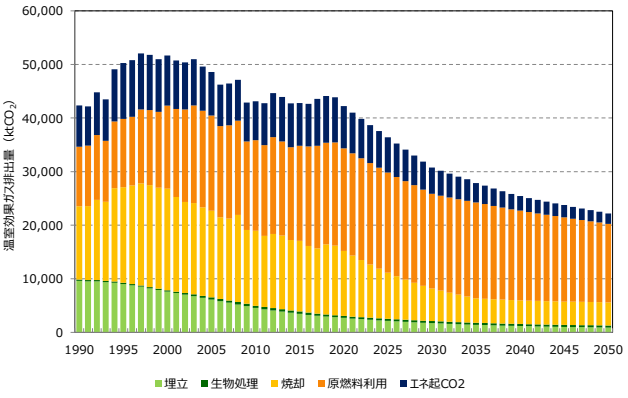
拡大計画シナリオにおける対策別のGHG削減効果試算結果（対BAUシナリオ）



単位：千トンCO_2

GHG削減対策	2030	2050
廃プラスチック対策	5,724	7,983
廃油対策	563	408
紙くず対策	0	0
廃紙おむつ対策	0	0
合成繊維くず対策	0	0
廃タイヤ対策	0	0
その他の対策	724	941
エネ起CO_2対策	1,332	2,456
合計	8,343	11,788

拡大計画シナリオにおける排出源別のGHG排出量試算結果



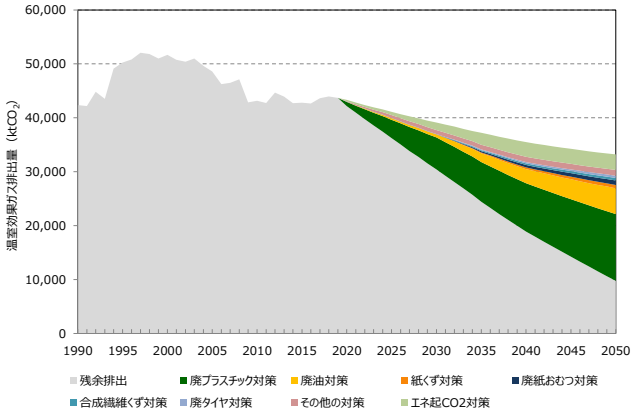
単位：千トンCO_2

GHG排出源	2013	2030	2050
埋立	3,881	1,718	898
生物処理	435	381	377
焼却	13,739	6,065	4,299
原燃料利用	17,581	17,700	14,696
エネ起CO_2	8,292	4,892	1,911
合計	43,929	30,757	22,180
2013年度比	100.0%	70.0%	50.5%

図 I-72　拡大計画シナリオの試算結果

（3）各シナリオの試算結果（イノベーション実現シナリオ）

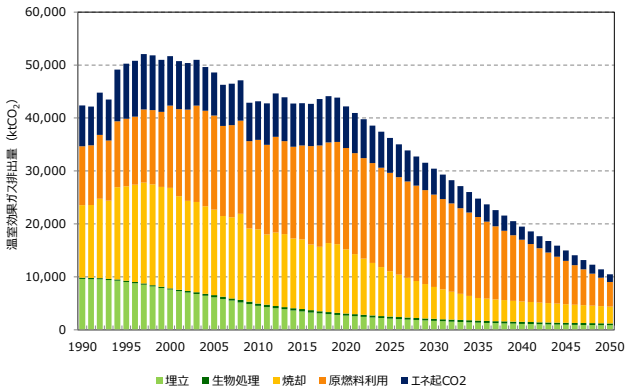
イノベーション実現シナリオにおける対策別のGHG削減効果試算結果（対BAUシナリオ）



単位：千トンCO_2

GHG削減対策	2030	2050
廃プラスチック対策	5,949	12,406
廃油対策	563	4,777
紙くず対策	0	638
廃紙おむつ対策	0	820
合成繊維くず対策	64	458
廃タイヤ対策	0	403
その他の対策	737	1,068
エネ起CO_2対策	1,371	2,898
合計	8,685	23,469

イノベーション実現シナリオにおける排出源別のGHG排出量試算結果



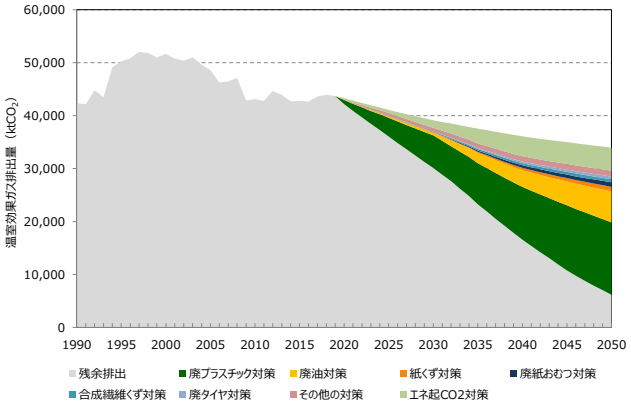
単位：千トンCO_2

GHG排出源	2013	2030	2050
埋立	3,881	1,700	851
生物処理	435	381	377
焼却	13,739	6,031	3,167
原燃料利用	17,581	17,450	4,636
エネ起CO_2	8,292	4,853	1,468
合計	43,929	30,416	10,499
2013年度比	100.0%	69.2%	23.9%

図 I-73　イノベーション実現シナリオの試算結果

（4）各シナリオの試算結果（イノベーション発展シナリオ）

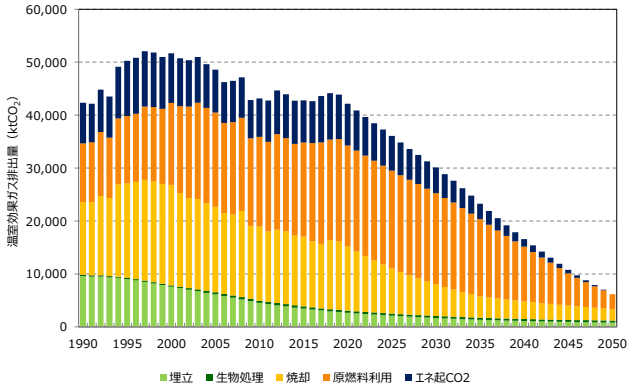
イノベーション発展シナリオにおける対策別のGHG削減効果試算結果（対BAUシナリオ）



単位：千トンCO_2

GHG削減対策	2030	2050
廃プラスチック対策	6,174	13,690
廃油対策	563	5,838
紙くず対策	0	865
廃紙おむつ対策	0	820
合成繊維くず対策	127	601
廃タイヤ対策	0	504
その他の対策	745	1,119
エネ起CO_2対策	1,391	4,367
合計	9,001	27,805

イノベーション発展シナリオにおける排出源別のGHG排出量試算結果



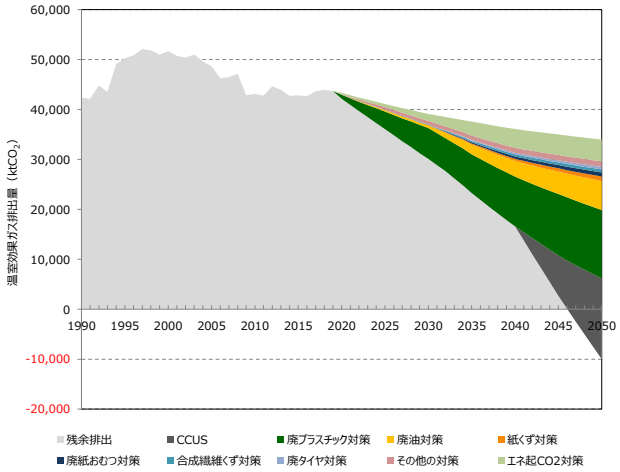
単位：千トンCO_2

GHG排出源	2013	2030	2050
埋立	3,881	1,693	834
生物処理	435	381	377
焼却	13,739	5,991	2,126
原燃料利用	17,581	17,201	2,827
エネ起CO_2	8,292	4,833	0
合計	43,929	30,099	6,164
2013年度比	100.0%	68.5%	14.0%

図 I-74　イノベーション発展シナリオの試算結果

（5）各シナリオの試算結果（最大対策シナリオ）

最大対策シナリオにおける対策別のGHG削減効果試算結果（対BAUシナリオ）



単位：千トンCO_2

GHG削減対策	2030	2050
廃プラスチック対策	6,174	13,690
廃油対策	563	5,838
紙くず対策	0	865
廃紙おむつ対策	0	820
合成繊維くず対策	127	601
廃タイヤ対策	0	504
その他の対策	745	1,119
エネ起CO_2対策	1,391	4,367
CCUS	0	16,138
合計	9,001	43,943

【CCUSによる削減効果の試算方法】

・焼却炉から発生する石油起源CO_2及びバイオマス起源CO_2の90%を回収して貯留（CCS）した場合のCO_2量を計上。
・2040年からCCSを開始すると想定。

焼却施設から排出されるCO_2排出量試算値（単位：千トンCO_2）

CO_2の起源	2019	2030	2050
石油起源	18,322	12,492	1,920
バイオマス起源	25,097	24,429	16,011
合計	43,419	36,921	17,931

最大対策シナリオにおける排出源別のGHG排出量試算結果

単位：千トンCO_2

GHG排出源	2013	2030	2050
埋立	3,881	1,693	834
生物処理	435	381	377
焼却	13,739	5,991	2,126
原燃料利用	17,581	17,201	2,827
エネ起CO_2	8,292	4,833	0
CCUS（吸収分）	0	0	−16,138
合計	43,929	30,099	−9,975
2013年度比	100.0%	68.5%	−22.7%

図 I-75　最大対策シナリオの試算結果

4.5 中長期シナリオ（案）の実現に向けた方策の検討

中長期シナリオ（案）の検討結果から得られた示唆、及び中長期シナリオ（案）の具体的な実現に向けて必要となる方策について整理・検討を行った。

（1）廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオ（案）からの示唆

中長期シナリオ（案）の検討結果から得られた示唆を以下に示す。

1) 全体

2050 年において、廃棄物処理施設（焼却施設・バイオガス化施設等）からの排ガス等の中の炭素の大半がバイオマス起源となり、廃棄物処理施設で CCUS を最大限実装できれば、ネガティブエミッションにより廃棄物・資源循環分野の実質ゼロ、さらには実質マイナスを実現できる可能性があることが示唆された。

同時に、これまでの計画等の延長線上の対策では不十分なことが明らかとなった。技術、制度面での対策のみならず、関係者が一丸となり、相当な野心を持って取り組む必要がある。

また、本分野の GHG 排出量を可能な限り削減するという基本原則のもと、2R 対策を可能な限り強化しつつ、重点対策領域における GHG 削減に向けた取組を可能な限り進める必要がある。

今後、素材産業や製造業等における将来見通しに変化があれば、それらを取り込んで試算の更新を行っていく必要がある。また、本分野の実質排出ゼロの達成に向け、これらの産業と連携した対策を講じていくことも必要である。

2) 重点対策領域について

(a) 重点対策領域Ⅰ：資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化

本分野の最大の GHG 排出を占める廃プラスチック対策については、MR・循環型 CR の進展や原料への収率の向上、バイオマスプラスチックへの転換に注力する必要がある。また、廃油については、先行する諸外国に倣った廃潤滑油・廃溶剤等の MR の実施に向け、新たに取組を進めていく必要がある。紙おむつ・合成繊維くずについては、MR の可能性を模索しつつ、素材のバイオマス化も主眼に置いた対策を進めていく必要がある。

いずれも現状の技術水準に加えて、GHG 削減技術の野心的なイノベーションが求められる。また、これらの新たな技術に対応した廃棄物回収・処理システムの対応も求められる。

(b) 重点対策領域Ⅱ：地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システムの構築

長期間使用される廃棄物処理施設は、2050 年時点のエネルギー使用量を削減し、特に燃料の燃焼をできるだけ回避するためにも、早期から脱炭素型の施設整備（更新）を進めていくことが有効である。廃棄物・資源循環分野からの GHG 排出量の大幅な削減を目指すシナリオでは、廃プラスチック等の３R の大幅進展により処理される廃棄物の単位発熱量低下が見込まれることからも、し尿処理施設との統合処理も含めメタン発酵等の導入必要性が高まると同時に、処理施設の集約化を進めることなどによりエネルギー収支を向上させることが期待できる。なお、これらの取組は、例えば 2040 年以降の新たな焼却施設の整備量にも関係することに留意が必要である。

(c) 重点対策領域Ⅲ：廃棄物処理施設･車両等の脱炭素化

廃棄物処理施設や収集運搬車両（EV）で使用する電気については、再生可能エネルギーの導入が進み、CO2 排出係数がゼロになると仮定しており、本分野でも GHG 削減に大きく貢献しているが、廃棄物処理施設から回収されたエネルギーの削減効果にも影響するため、実質排出ゼロに向けた状況等を注視していく必要がある。また、バイオマス燃料の調達可能性等についても十分に留意していく必要がある。

（2）中長期シナリオ（案）に基づく 2050 年 GHG 排出実質ゼロに向けた方策

中長期シナリオ（案）の実現に向けて必要となる方策について、以下に示す検討会等における委員等からの御指摘・御意見を基に整理・検討を行った。

- 中央環境審議会循環型社会部会（第 37 回）（以降、「第 37 回循環型社会部会」という。）
- 中央環境審議会地球環境部会中長期の気候変動対策検討小委員会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会地球温暖化対策検討 WG 合同会合（第 4 回）（以降、「第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会」という。）
- 廃棄物・資源循環分野の 2050 年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現に向けた検討会（第 1 回～第 3 回）（以降、「第 1 回検討会」、「第 2 回検討会」、「第 3 回検討会」という。）
- 本業務における有識者ヒアリング
- 「令和 2 年度廃棄物分野における 2050 年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた廃棄物処理施設整備等対策検討業務」における有識者ヒアリング（以降、「有識者ヒアリング」という。）

1) 2050 年 CN･脱炭素社会の実現に向けて廃棄物･資源循環分野が果たす役割

各分野における CN に向けた対策の中でも、循環経済アプローチの推進などにより資源循環を進めることを踏まえたものとなるよう、まずは、「2050 年 CN に向けた廃棄物・資源循環分野の基本的考え方」を整理した本中長期シナリオを出発点に、製造、流通、販売、消費・使用、廃棄等のライフサイクル全般での資源循環に基づく脱炭素化の可能性について、各分野と意見交換を進めることが重要となる。

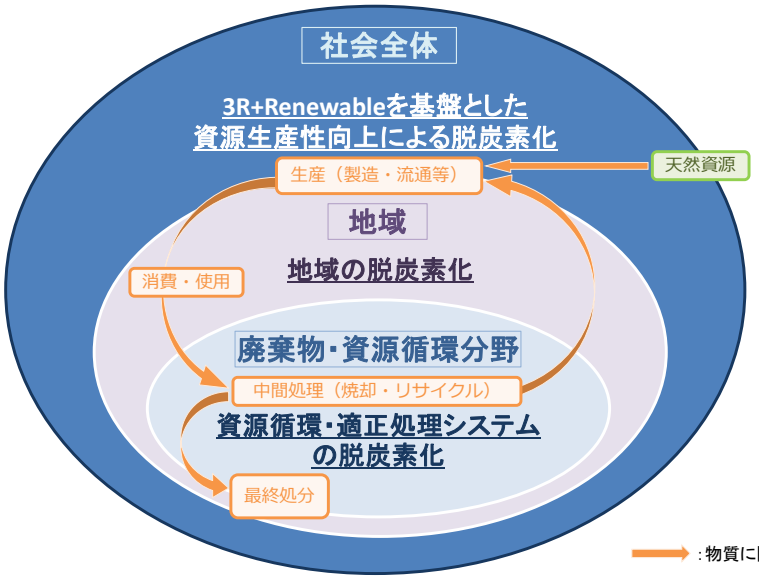


図 I-76　2050 年 CN・脱炭素社会の実現に向けた廃棄物・資源循環分野の位置付けイメージ

2) 全体的な考え方

中長期シナリオ（案）に基づく 2050 年 GHG 排出実質ゼロに向けた具体的な方策について、全体的な考え方を図 I-77 に示すとおり整理した。

「各対策の実現に向けた具体的な検討、深度化・精緻化」及び「各種制度面の整備・推進の仕組みづくり」を進めつつ、「3R+Renewable を基盤とした資源生産性向上による脱炭素化」及び「中長期シナリオのアップデート」を行う。

次項以降に、各方策の詳細について示す。

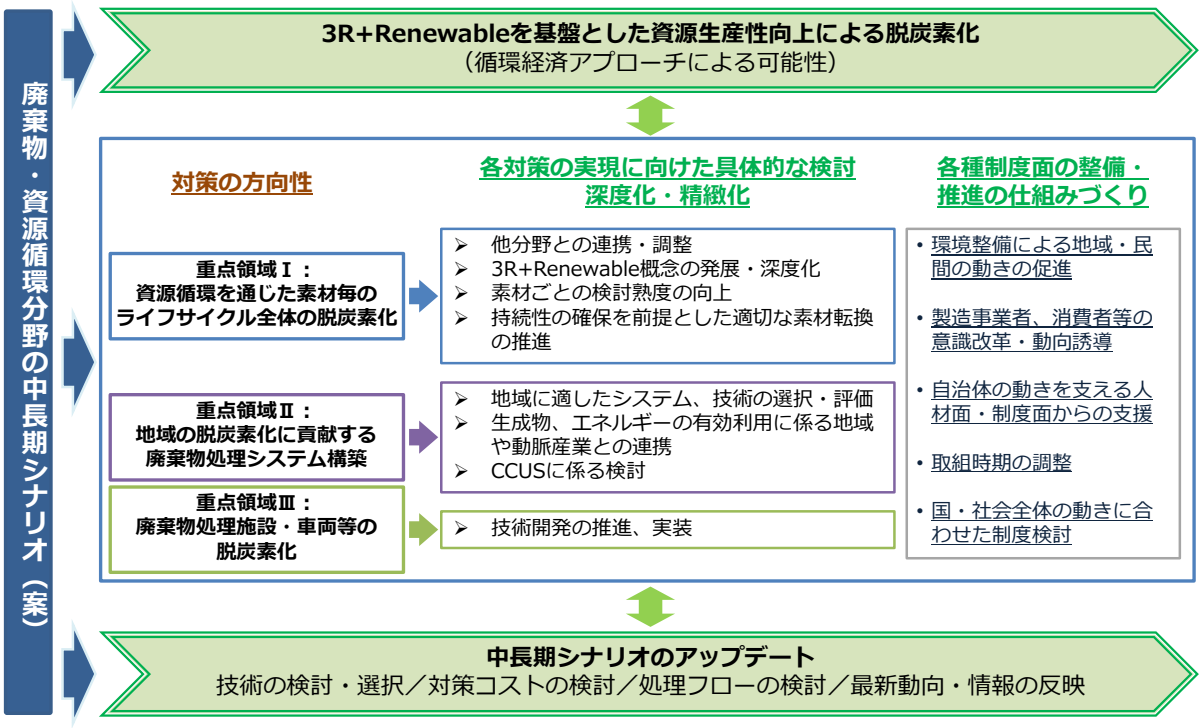


図 I-77　中長期シナリオ（案）に基づく 2050 年 GHG 排出実質ゼロに向けた具体的な方策

3) 3R+Renewable を基盤とした資源生産性向上による脱炭素化

表 I-57 に示す委員等からの御意見・御指摘事項を踏まえ、以下の 4 点を必要な方策として整理した。

- 他分野における CN に向けた方針・計画との整合性を図りつつ、各分野においても資源循環・循環経済を組み込んだ計画となるよう働きかけを実施。
- 環境配慮設計や素材の転換、シェアリングエコノミーへの転換等、上流の取組との整合・貢献。
- 資源（･エネルギー）効率の抜本的向上（資源消費の削減）に向けた取組を推進し、循環経済アプローチにより、経済成長を遂げつつ、長期的な CN 目標をも達成する（デカップリング）社会システムやビジネスモデルの設計。
- 循環経済アプローチが社会経済全体の脱炭素化にもたらす効果の調査研究。

表 I-57　委員等からの御意見・御指摘事項

御意見・御指摘事項	該当会議等
「廃棄物の資源循環・適正処理システムの脱炭素化」を基本に、「3R+Renewable を基盤とした資源生産性向上による脱炭素化」についてもどう進めていくか議論するということで理解した。他分野のカーボンニュートラルの計画とも整合性をとっていくということなので、この 2 つのギャップを今回は計算しないが、将来的にどう埋めるかという説明資料があった方が、中長期の計画を立てるうえではよいのでは。	第 2 回検討会
日本全体でカーボンニュートラルを目指す方針が示され、省庁、産業界等で検討・取組が進んでいく中で、資源循環やリサイクルに関しては、他の業種との意見交換を進めなければならない状況である。その際に、まずは廃棄物のインベントリがどのようになっていて、将来をどう考えるかを用意しておかなければ意見交換も難しいため、それを早急に固めたいというのが第一である。それを踏まえ、各分野でも資源循環や循環経済のことを考えていただき、それらを組み込んだ計画にしていただくことも重要であると考えている。	第 2 回検討会
廃棄物分野の技術等に加えて、環境配慮設計等の使用の合理化などの上流の取組も踏まえた中長期シナリオの在り方を検討することが重要。	第 37 回循環型社会部会
DfE、リペア、シェアリング、素材転換など廃棄物処理のみならず、資源利用、サービス、社会経済のあり方を含めたシナリオとなることを望む。	第 37 回循環型社会部会
環境配慮設計、素材の転換、社会そのものをシェアリングエコノミーに転換していく意味で、廃棄物分野は非常に重要である。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会
循環経済がビジネスとしても成り立ち、長期的な CN 目標達成にも資するシステムやビジネスモデルを設計・確立することが重要で、その仕組みを消費者・事業者が利用できるように社会を変換するよう自治体を含めて社会で支える必要がある。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会
循環経済とはリデュースであり、再生可能資源による代替などの技術開発への支援とともに、抑制政策を前倒しした加速化や、マイルストーン設定なども重視すべき。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会
循環経済や資源効率という話がある中で環境の視点があるため、資源デカップリングや環境デカップリングというような要素も入っていることが見えるとよい。	第 3 回検討会
資源効率向上という方向性が重要。「資源（エネルギー）効率の抜本的向上（資源消費の削減）」という面を前面に出していくことが必要。循環させることに焦点があたり、循環することで資源消費を減らすという目的が見えにくくなってしまっている。	有識者ヒアリング

4) 中長期シナリオのアップデート

表 I-58 に示す委員等からの御意見・御指摘事項を踏まえ、以下のとおり必要な方策を整理した。

(a) 技術の検討・選択

- 技術イノベーションのみに頼ることのない対策技術の検討・選択。（今回のシナリオには含まれていない対策技術の引き続きの検討、技術の実装・普及のための課題の整理と合わせた検討等）

(b) 対策コストの検討

- コストパフォーマンスに重点を置いた試算など、対策コストに係る検討。

(c) 処理システム・フローの検討

- 3R+Renewable が一定程度進んだ後に必要となる廃棄物処理施設等、廃棄物処理システム全体

の検討。

- 削減しきれず残余排出として残るものや排出源の特定、中でも有害物質の制御など量的には多くはないが廃棄物の適正処分の観点で重要なものの位置付けの整理。また、不燃ごみや処理残渣の埋立等のフローについての対策を含めた検討。

(d) 最新動向･情報の反映

- 想定する社会経済の状況や他分野における検討状況、技術開発の進展、自治体の政策動向など、最新動向・情報を適宜反映。
- 国外の動向の継続的な把握と国外への情報発信。

表 I-58　委員等からの御意見・御指摘事項

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
技術の検討・選択	技術革新に頼り過ぎることなく、技術の検討、選択も重要。	第37回循環型社会部会
対策コストの検討	対策の検討にあたってはコストの視点も重要。	第37回循環型社会部会
	対策コストは重要であり、コストパフォーマンスに重点を置いて試算していただきたい。バイオマスプラスチックに関して、大量に輸入するというようなことになると、国民の理解が得られないと思うので注意していただきたい。地球温暖化対策計画にも関連してくる。	第2回検討会
処理システム･フローの検討	プラ等の資源循環とかが進んでいった後に、どの程度の焼却施設や埋立処分場が必要なのか等、全体のフローを抑えることは必要であると思う。	第37回循環型社会部会
	どうしても削減できずに残余排出として残るものは何か、その中でも有害物質の制御など重要な視点も明示する中で、量的には多くはないにしても、資源循環分野と脱炭素化の政策とのトレードオフに係わる部分の顕示すべき部分については、議論しておいた方がよいのではないか。負の遺産対策などもあるのではないか。	第1回検討会
	限界シナリオでも残る部分、排出源は何かという点は重要であり、より明確にする必要がある。	第3回検討会
最新動向･情報の反映	循環型CRの効果を算定するための歩留りについて、CRの種類によって歩留まりは異なる。ガス化の場合はプラの受け入れ幅が大きいので歩留まりは高いが、逆に収率は小さいということになる。そういった観点から、今後、もう少し詳しく確認する必要があるだろう。	有識者ヒアリング
	シナリオづくりは、想定する社会経済の状況や技術の進展等により更新していかないといけない。	第3回検討会

5)「資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化」に向けた具体的な検討

表 I-59 に示す委員等からの御意見・御指摘事項を踏まえ、以下のとおり必要な方策を整理した。

(a) 他分野との連携・調整

- 産業・運輸・業務部門などで検討されている対策技術の戦略との整合、各分野の計画等の実行性確保や、資源効率向上（長寿命化・シェアリング・行動変容等）の議論を踏まえ想定される物量（生産量や消費量）や資源需要との整合。
- 循環型社会やライフスタイル、社会変容など国・社会全体の動きに対する、資源循環分野からの有用な情報提供（素材生産やストック等の観点・数値等）。とりわけ耐久財などに対する廃棄物・資源循環分野としての考え方の検討。
- 他分野との連携による廃棄物・資源循環分野からの残余排出量の更なる削減可能性の追及。
- 再生プラスチック等再生材の出口となる再生品の確保、製造事業者等による３Ｒの一層の推進。
- CN に資する対策に伴い生じる製品（太陽光パネル、リチウムイオン電池等）のリサイクルや適正処理の推進。

(b) 3R+Renewable 概念の発展・深度化

- 完全循環型の素材生産を支えるという意味で、熱が生産の方に戻る・生産側の熱がケミカルリサイクルに入ってくるなど、他分野との間での熱融通の促進。
- 技術の進展に応じて実施される新たなリサイクル手法等の処理について、廃棄物・資源循環における位置付けの不断のアップデート。

(c) 素材ごとの検討熟度の向上

- 対策の対象となる素材ごと（プラスチック以外）の検討熟度の向上及び中長期ロードマップなどの作成。

(d) 持続性の確保を前提とした適切な素材転換の推進

- バイオマス原料など素材転換に必要な供給元の確保、適切な素材転換の促進。

表 I-59　委員等からの御意見・御指摘事項

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
他分野との連携・調整	動脈側での対策技術の戦略との整合も考える必要がある。	第1回検討会
	他分野とこの分野で整理しているデータの整合性は重要である。特に、素材産業で想定されている物量と、廃棄物・資源循環分野で想定しているリサイクルの物量との整合を取る必要がある。	第1回検討会
	紙くず対策について、産業部門で検討される紙の生産量や消費量との整合性も考える必要がある。同様に、プラスチック生産量についても、産業部門での検討と整合を取る必要がある。生産工程での資源効率化や長寿命化、住宅の大きさ等の資源効率の向上に関連することは、最終的には産業部門でどのぐらいの資源需要を見込むかということになる。運輸部門ではカーシェアリング、業務部門ではオフィスのシェアリングも検討される中で、資源効率について各分野で検討する必要がある。	第2回検討会
	資源需要の関係で、例えば耐久財に関連して、建物の長寿命化	第2回検討会

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
	とか、物を買わずにシェアをするとか、そのような需要の変化による影響については、シナリオの中で必ずしも考慮しないということでよいか。	
	耐久財や長寿命の物に対して、廃棄物・資源循環分野でどう考えるかといった検討が必要。	第1回検討会
	循環型社会やライフスタイル、社会変容などを考えたときに、動脈側にどのようなことが言えるか。例えば、素材生産やストックの観点からこれだけ下がるというようなことを言えると、社会全体・国全体の脱炭素シナリオという観点からは、非常に有効・有用な情報示唆が与えられるのではないか。	第3回検討会
	省エネや再エネの導入だけではなく、シェアリングや循環経済等の社会変革を通じてサービス需要量を抑え、少ない資源でサービス需要量を満たすことも重要。	有識者ヒアリング
	他分野との連携によって削減できるポテンシャルについても、シナリオとりまとめにあたり、メッセージということも留意して発信できるとよい。	第3回検討会
	リサイクルをするために、現状のように廃棄物に関して必ずしも厳しい制度をとるのみではなく、廃棄物から卒業させていくようなことも必要になってくる。	第3回検討会
	再生プラスチックの出口となる再生品の確保が課題である。動脈と静脈が連携し、再生材を使いやすいスキームを作るため、法律上の縛りも必要になるだろう。	有識者ヒアリング
	原料側の課題について、廃プラスチック収集に関しては、業界の枠を超えた協働体制、廃プラスチック収集関係者とのイコールパートナーシップの構築が重要であり、法整備など国の支援も必要。	有識者ヒアリング
	太陽光パネル、リチウムイオン電池など CN に資する対策に伴い生じる製品のリサイクルや適正処理についても目配せが必要。	第37回循環型社会部会
3R+Renewable 概念の発展・深度化	生産側の熱がケミカルリサイクルに入ってくるというような矢印まで含まれた方が、拡張性があって良いのでは。	第2回検討会
	「熱回収」とあるが、熱を素材生産のために使えると良い。完全循環型の素材生産を支えるという意味でも、熱回収した熱を上手く使用することが重要である。熱回収自体は減らしていく方向になるかと思うが、熱が生産の方に戻るような熱回収の仕組みも考えていくというような図になるとよい。	第2回検討会
	マテリアルリサイクルと循環型ケミカルリサイクルについて、従来の廃棄物・資源循環の発想・観点と、脱炭素の発想・観点で検討したうえで、最終的に優先するものを決定するとよい。また、政策の進め方にも影響が生じる可能性があるので、時間をかけて検討する必要がある。	第1回検討会、第2回検討会
	循環型社会のループを閉じるためには、循環型ケミカルリサイクルの果たす役割は大きいと考える。	第2回検討会
素材ごとの検討熟度	重点領域Iについては、プラスチック以外の素材の検討熟度が浅	有識者ヒアリング

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
の向上	く、ここもしっかりした中長期ロードマップが必要である。素材の濃淡が相当あるため、どう考えるかはまとめの時に注意しなければいけない。	
持続性の確保を前提とした適切な素材転換の推進	電子化により紙の生産に余力が生じることが想定され、プラスチック製容器包装を紙へ転換するといった様な、他の手段で代替可能な機能への素材使用のリデュースと、不可欠な機能における素材転換を適切に進めることが重要。	第1回検討会
	2050年のバイオマスプラスチックについて、バイオマス原料を国内で供給することは不可能に近く、世界的なバイオマス原料の供給と需要の関係を将来にわたって見ていく必要があるが、どのような考えなのか。	第2回検討会
	バイオマスの関係で持続性の確保は非常に重要であり、適切な素材転換については強調していただくとよい。	第3回検討会

6)「地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システム構築」に向けた具体的な検討

表 I-60 に示す委員等からの御意見・御指摘事項を踏まえ、以下のとおり必要な方策を整理した。

(a) 地域に適したシステム、技術の選択・評価

- 個々のプロセス以外に、地域システムとしての効率性評価の検討や、先進的な地域システムの評価及び活用。
- 地域循環共生圏・ローカル SDGs やスケール感を踏まえた地域に適した技術の選択。

(b) 生成物、エネルギーの有効利用に係る地域や動脈産業との連携

- 廃棄物処理施設から発生する熱（蒸気含む）や CCU の有効利用に向けた、立地検討を含む動脈産業など供給・使用先等との調整、ポテンシャル検討や需給マッチングの実施。
- 熱利用や災害時の自立的なエネルギー供給など地域への多面的価値の創出 、施設の長寿命化等、現在検討が進められている政策の方向性を考慮したエネルギー回収施設の在り方や整備方針に係る検討。

(c) CCUS に係る検討

- CCUS 導入にあたり有利となり得る廃棄物処理施設の特性や立地を、回収した CO2 の貯蔵・利用先などと合わせて検討。

表 I-60　委員等からの御意見・御指摘事項

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
地域に適したシステム、技術の選択・評価	地域循環共生圏の中で、どういう地域資源があるところが、どういう技術を活用して、どういう地域システムをつくっていくと、どの程度の規模になれば採算が合うのかという、そういうような先進事例をできるだけ定量的にも評価しながら、社会が活用できるように準備を進めていけるとよい。	第37回循環型社会部会
	CCUS について、例えば「焼却施設における二酸化炭素の分離回収に関する試算結果発電量と CO2 排出量」では、発電端での効率を見ているが、地域で考える場合には、個々のプロセス以外に、地域システムとしての効率を評価することも考えられる。日本国内の場合は難しいかもしれないが、システムとして見た場合の効率性を入れ込むのか、あるいはそれを見据えたうえでまずはこの評価を行うのか。	第2回検討会
	地域循環共生圏との統合を考えると地域分散も重要で、その場合は適用できる技術も異なるため、地域循環共生圏の型やスケール感を踏まえた検討も重要。	第1回検討会
生成物、エネルギーの有効利用に係る地域や動脈産業との連携	蒸気利用やCCUS こそ実現するためには動脈との連携が必須との認識が必要。	第1回検討会
	熱の供給先とのマッチングや地域におけるポテンシャルの検討はどのぐらい進んでいるのか。	第2回検討会
	熱は廃棄物の処理に伴う熱だけではなく、化学産業のような異分野の熱を活用することまで含めて議論することが必要であり、異分野融合を考えなくてはいけない。他分野への展開も含めて、提言にはまとめるという理解でよいか。	第2回検討会
	エネルギー回収の意義として、熱利用であるとか、災害時の自立的なエネルギー供給のような強靭化等、現在検討が進められている政策の方向性も含めて議論をしたり、施設の長寿命化政策との関連や動静脈連携など、今後深掘りが必要な部分もある。	第1回検討会
	例えば高温熱の活用には動脈連携が必要であり、そのための立地論も必要になる。立地論は、長年課題としてあるが、そういったところまで踏み込んでいかなければいけないということも、より明示していくべき。	第3回検討会
	サーマルリカバリーの目標明確化と規模拡大等による高効率化等の推進策を含むインセンティブの検討。	有識者ヒアリング
CCUS に係る検討	国内では CCS で隔離できる CO2 のキャパシティは十分ではないようであり、また CCU を行う場合でも、回収した炭素の真に意義のある用途は無限に存在する訳ではない。焼却施設における CCUS について、どのような施設であれば相対的に有利であるか、施設の特性や立地特性（周辺のカーボン需要）から整理しておく必要があると思う。	第1回検討会
	CO2 の分離回収までは民間で技術的な対応は努力可能だが、回収した CO2 の貯蔵・利用で対応できることは非常に限られる。	第1回検討会

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
	仕組みづくりを国に進めていただきたい。	
	立地については、CCU と CCS で大きく異なる。CCS は海底貯留となるため近くにある必要はなく、おそらく費用負担に関する制度等を検討する可能性があるのではないか。	第3回検討会
	回収した CO2 の利用について、カーボンリサイクルのメリット・価値が定まらない間はかなりの支援が必要。	有識者ヒアリング

7)「廃棄物処理施設・車両等の脱炭素化」に向けた具体的な検討

表 I-61 に示す委員等からの御意見・御指摘事項を踏まえ、以下のとおり必要な方策を整理した。

(a) 技術開発の推進、実装

- 高度選別や省エネ・低コストのリサイクル技術、CCUS、素材転換等、重点対策分野における技術イノベーションを促進する研究開発・実証の推進。
- 再生材市場構築に向けた、異物除去技術等の開発、選別装置等の設備投資、事業拡大の推進。
- 廃プラスチック等の３R の大幅進展による焼却される廃棄物の質の変化への対応(燃焼技術等)。
- 浄化槽分野における技術革新の推進。
- 意欲ある中小企業の協力・参画促進のための設備投資や技術開発の推進。
- また、国外においても我が国の脱炭素化技術導入を進めることで世界規模での GHG 削減に貢献。

表 I-61　委員等からの御意見・御指摘事項

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
技術開発の推進、実装	CCUS を国家方針に据える場合、CCUS をやりやすい方式の処理システムの研究開発・実証が必要。エネルギー・コンバージョン・システムなど研究開発も必要。	有識者ヒアリング
	環境インパクトを抑えつつフローを変えていくためには、技術的ハードルをクリアするイノベーションが必要であり、例えば、廃プラスチックの高度選別、省エネ・低コストのリサイクル技術、効率的な CO2 原料化技術、安定安価な水素の製造技術などがポイントとなろう。	有識者ヒアリング
	再生材市場を構築するため、異物除去技術等の開発への支援、選別装置等の設備投資への支援、樹脂リサイクル事業の事業拡大支援、ユーザーの再生材に対する意識の徹底変革を期待。	有識者ヒアリング
	ごみ質低下による自燃への影響や、自燃できたとしても、これまで通りの低空気比燃焼ができるかどうかというところも懸念される。一方で、地域のドライ系のバイオマス混焼によって、熱量、あるいはごみ量自体を補うというような考え方も当然出てくるかと思うので、法制度上の対応をお願いしたい。	第3回検討会
	排出量をゼロに限りなく近づけるためには、浄化槽法・建築基準法・法令の解釈の見直し等の行政上の変革が必要。明確に脱炭素を打ち出すことで浄化槽分野においても社会変化に対応した技術革新が誘導されるのではないか。	有識者ヒアリング

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
	意欲ある中小企業の協力・参画促進のためにも設備投資や技術開発への支援を行うべきで、今後の経済社会やビジネス環境の変化を中小企業にも理解しやすいよう具体的な全体像と道筋を提示すること。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会

8) 各種制度面の整備・推進の仕組みづくり

表 I-62 に示す委員等からの御意見・御指摘事項を踏まえ、以下のとおり必要な方策を整理した。

(a) 国・社会全体の動きに合わせた制度検討

- 今後必要となる制度検討や国全体の動きに向けた本シナリオのインプット。
- 一層のデジタル化等の社会変化に合わせた制度の構築。
- 脱炭素化のための取組状況把握・指標の検討。また、社会全体で脱炭素化が進む中での資源循環の環境貢献を評価できる指標設定の検討。

(b) 環境整備による地域・民間の動きの促進

- 製造事業者による環境配慮設計やリサイクル体制構築等の取組について、各種制度の検討（プラスチック資源循環促進法に基づくプラチック製品製造における環境配慮設計の認証や再生材の認証等）や、リサイクルを総合的に評価する基準（LCC、LCA 等）の明確化等、民間主導の自主的取組を前向きに評価し、消費者の支持も含め民間活力を最大限発揮できる環境を整備。
- 素材や製品に着目した新たなリサイクル制度の検討や既存枠組みの進化によるリサイクルの円滑化、グリーン購入等におけるバイオマスの再生利用の促進、税・クレジット制度や再生材使用・回収 CO2 利用に対するインセンティブ、CCUS 導入時に必要となる制度面での対応等、各種制度整備による脱炭素・資源循環に向けた動きの誘導。
- 技術評価やシステム設計における LCA や MFA（Material Flow Analysis）などのデータ公開・共有への信頼性、比較・検証の可能性の確保を通じた取組の促進への環境整備や化学物質管理等の GHG 削減以外を目的とした仕組みとの連携。
- CN に資する持続可能な廃棄物処理システム構築を行う際に、企業の負担増の見通しの提示。

(c) 製造事業者、消費者等の意識変革・動向誘導

- 産業構造や社会構造の変化に合わせた教育やマーケティングによる、製造事業者による再生材の率先利用や消費者の再生材使用製品の率先購入等を含め、製造事業者や消費者等の意識変革・動向誘導。

(d) 自治体、廃棄物処理業者を支える人材面・制度面からの支援

- 自治体や廃棄物処理業者のニーズを踏まえたきめ細やかな支援や、様々な主体との連携を後押しする仕組みの構築。
- 広域処理・集約処理のための廃棄物の収集運搬、中間処理の効率化・高度化に向けた、国・自治体一体となった取組の推進。

(e) 取組時期の調整

- 廃棄物処理施設等のインフラ整備について、更新時期や広域化・集約化を見込んだ長期的視点での計画立案。
- 発生抑制政策の加速化や、マイルストーンなどの設定。

表 I-62　委員等からの御意見・御指摘事項

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
国･社会全体の動きに合わせた制度検討	制度面の変化をシナリオにどのように反映させるのか。シナリオに基づき 2050 年までの制度を設計するのか、2050 年までの制度の見込みのうえで削減量を計算するのか。	第 1 回検討会
	今回作成するシナリオは、今後必要となる制度の検討や国全体の動きにインプットしていくことが想定されている。	第 1 回検討会
	より一層のデジタル化、変化に合わせた制度構築が重要。	第37回循環型社会部会
	脱炭素と資源循環が両立しないケースもでてくる可能性もある。資源循環の環境貢献を評価できる指標設定も必要。	第37回循環型社会部会
	取り組み状況の把握･指標の検討、廃棄物・資源循環分野のエネルギー消費の低炭素化･脱炭素化の状況を把握することが重要。	有識者ヒアリング
環境整備による地域･民間の動きの促進	廃棄物の利用・リサイクルにより、当該企業の CO2 排出は増えるが社会全体としては大きな削減ができる場合もあり、このような社会全体への企業の貢献を、どのように個社の削減成果に反映するかの評価方法の整備をきめ細やかにルール化して、民間の取組を促進することが必要。	第37回循環型社会部会
	政府は規制や炭素税等の手法ではなく、民主導の自主的取組を前向きに評価し民間活力を最大限発揮できる環境整備をすべき。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会
	経済的手法（天然資源課税・カーボンプライシング、再生資源プレミアム価格等）、使い捨て製品に対する規制、革新的な循環ビジネスの支援（補助金、民間投資）が必要。	有識者ヒアリング
	再生可能資源の持続的利用についての認証制度等の活用がさらに重要。優良認定制度の基準の１つとすることや、再生可能エネルギーにより製造された再生材の認証なども一案。	有識者ヒアリング
	日本国内におけるマスバランス認証制度・マークの構築など、具体的な検討の早期開始が強く求められる。カーボンニュートラルに向けての世の中の動きを加速できる可能性を秘めたキーとなる概念である。	有識者ヒアリング
	リサイクルの総合的評価基準（LCC、LCA 等）を明確化し、再生材を使用するインセンティブとして推進すべき。	有識者ヒアリング
	廃棄物処理施設への CCU の導入について、技術的な検討の一方で、法制度面については、装置自体の位置付けも今後考えていただきたい。また、CO2 を回収した後のオフガスの位置付けも大気汚染防止法における排ガスなのかどうかというあたりも含めて対応をお願いしたい。	第 3 回検討会

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
	複合素材は、リサイクル性・分別性について「素材アセスメント」の展開、また費用徴収についても Modulated Fee として、個別リサイクル法の中で考えていく必要がある。複合素材はリサイクルにしくいため、きちんと費用徴収して差別化するべき。	有識者ヒアリング
	廃棄物由来 CO2 に対する排出者責任の明確化とカーボンプライシング制度設計への反映、フロン類（GHG）破壊等の貢献の可視化と、クレジット制度等の検討、技術開発（低炭素廃棄物処理方式・CCUS 等）への支援や、回収 CO2 の利用インセンティブの検討を期待。	有識者ヒアリング
	再生材市場を構築するため、異物除去技術等の開発への支援、選別装置等の設備投資への支援、樹脂リサイクル事業の事業拡大支援、ユーザーの再生材に対する意識の徹底変革を期待。	有識者ヒアリング
	再生プラスチックの出口となる再生品の確保が課題である。動脈と静脈が連携し、再生材を使いやすいスキームを作るため、法律上の縛りも必要になるだろう。	有識者ヒアリング
	リサイクルにかかる制度としては、有価物・事業用も含む使用済み機器全般を対象とする制度への改正、FIT・グリーン購入等におけるバイオマスの再生利用優先の徹底等の見直しが必要。	有識者ヒアリング
	廃プラスチックの難燃剤関係など、データを蓄積するシステムをつくる議論は化学業界等でもされていて、すぐには無理かもしれないが課題としてはある。	第 3 回検討会
	技術評価やシステム設計において、LCA や MFA のデータがちゃんと公開されていないものもあり、これらを公開・共有し、議論できるようにする必要もある。	有識者ヒアリング
	CN に資する持続可能な廃棄物処理システムを構築するには追加的な費用が発生することとなると思うが、中小企業にとって事業継続不安にも直結するものであり、新たなシステム構築の際に企業の負担増となりうる部分は、政府が予めシミュレーションによる見通しを示すことで予見可能性を確保することが重要。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会
製造事業者、消費者等の意識変革・動向誘導	教育、マーケティングでの生活者の動向の誘導というのがこの前段として十分語られていなければいけないと思う。	第37回循環型社会部会
	これから大きく産業構造や社会構造が変わっていく中で、消費者の動向以上に、パブリックアクセプタンスやリテラシー教育が大事になってくる。広い意味での教育という書き方をしてもよいのではないか。	第 3 回検討会
自治体、廃棄物処理業者を支える人材面・制度面からの支援	人材、様々な主体の連携の仕組み、あるいはそれを後押ししていく法制度面の改革やイノベーションが必要だと思われるため、より具体的な戦略づくりが今後必要ではないか。	第37回循環型社会部会
	自治体との連携に関して、自治体のニーズを踏まえた人的、財政的なきめ細かい対応が必要。	第37回循環型社会部会
	廃棄物収集の効率化は非常に重要であり、広域処理・集約処理のため、自治体のみではなく、国と自治体が一体となって進めていくべきである。	有識者ヒアリング

項目	御意見・御指摘事項	該当会議等
取組時期の調整	廃棄物処理施設などのインフラ設備の更新には時間がかかるので、2050 年 CN に向けて取り組みの前倒しが重要。	第37回循環型社会部会
	循環経済とはリデュースであり、再生可能資源による代替などの技術開発への支援とともに、抑制政策を前倒しした加速化や、マイルストーン設定なども重視すべき。	第 4 回中長期の気候変動対策検討小委員会
	次の施設更新の時期には必ず集約化する、限界シナリオ等進めていくためには広域化もより必須になる、一層の強化が必要になってくるということも含めて明示していくべき。	第3回検討会

5. 検討内容のとりまとめ資料作成

中央環境審議会循環型社会部会(第 38 回)において本業務の内容をまとめた資料が必要となったため、表 I-63 に示すとおり資料作成を行った。

表 I-63　とりまとめ資料の作成概要

会議名	日時	概要
中央環境審議会循環型社会部会(第 38 回)	令和 3 年 8 月 5 日（木）15 時 00 分～17 時 00 分	第 3 回検討会までの議論を踏まえ、「廃棄物・資源循環分野における 2050 年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ（案)」を作成し、パワーポイント資料としてとりまとめを行った。