令和 5 年度環境省請負業務

令和 5 年度廃棄物・資源循環分野における 2050 カーボンニュートラル実行計画等検討業務

報告書

令和 6 年 3 月

パシフィックコンサルタンツ株式会社

目次

第 1 章 資源循環を通じた素材ごとのライフサイクル全体の脱炭素化に向けた検討 1
1.1 プラスチックに関する調査 1
1.1.1 プラスチックの資源循環に関する論点の整理 1
1.1.2 新たなリサイクル手法等に関する調査 3
1.1.3 廃棄物・資源循環分野の脱炭素化への影響に関する検討 18
1.1.4 プラスチックに関する調査のまとめ 26
1.2 金属に関する調査 28
1.2.1 金属の資源循環に関する論点の整理 28
1.2.2 新たなリサイクル手法等に関する調査 29
1.2.3 廃棄物・資源循環分野の脱炭素化への影響に関する検討 37
1.2.4 金属に関する調査のまとめ 39
1.3 油など（自動車廃液） 40
1.3.1 調査の目的及び方法 40
1.3.2 調査結果 40
1.3.3 自動車廃液調査のまとめ 46
第 2 章 廃棄物処理等における脱炭素化技術の評価・検証 48
2.1 中長期シナリオ（案）の実現に求められる廃棄物・資源循環分野の脱炭素技術 48
2.1.1 調査対象とする対策の選定 48
2.1.2 廃プラスチック対策（高度選別や省エネ・低コストのリサイクル技術） 51
2.1.3 CCUS、バイオメタネーション、カーボンリサイクル技術等 53
2.2 既存技術の高度化及び新たな技術の評価・検証 56
2.2.1 廃プラスチック対策（高度選別や省エネ・低コストのリサイクル技術） 56
2.2.2 CCUS、バイオメタネーション、カーボンリサイクル技術等 60
2.2.3 資源循環分野の脱炭素技術に関するヒアリング調査 80
2.3 開発された技術の導入・普及のための検討 88
2.3.1 焼却施設の広域化・集約化 88
2.3.2 メタン発酵施設 132
2.3.3 分散型回収拠点等 161
2.4 脱炭素型の廃棄物処理技術・施設及び循環資源からの生成物の国内外市場における需要・供給及び技術開発等の動向調査 172
2.4.1 脱炭素型の廃棄物処理技術・施設 172
2.4.2 循環資源からの生成物 177
第 3 章 循環型社会形成推進基本計画見直し検討に伴う中長期シナリオへの影響評価 197
3.1 循環型社会形成推進基本計画見直し検討に伴う中長期シナリオへの影響評価 197
3.1.1 循環型社会形成推進基本計画見直し検討に係る情報収集 197
3.1.2 産業廃棄物の将来推計 199
3.1.3 一般廃棄物の将来推計 209
3.2 廃棄物処理施設の建設費に係る調査検討 215

3.2.1 民間活用により整備された焼却施設を対象とした費用縮減に関するアンケート調査 215
3.2.2 施設規模や処理方式等に応じた施設整備に係るごみ処理単価 225
3.2.3 循環型社会交付金による基幹改良等の延命化による費用縮減効果..... 228
3.2.4 施設規模当たりの交付対象事業経費（トン単価）に上限を設定した場合の施設整備費用縮減効果の検討 234
3.2.5 将来推計（マクロ・ミクロ、ミクロでは単価抑制時の検討を含む。） 250
3.2.6 発電効率・エネルギー回収率に関する整理 260
3.2.7 廃棄物処理施設の建設に係る費用縮減に資する方策検討のためのその他の情報整理 271
第 4 章静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会の開催等 301
4.1 静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会の開催概要 302
4.2 欧州連合、米国における循環経済及び重要原材料に関する取組 302
4.2.1 欧州連合（EU） 302
4.2.2 米国 305
第 5 章廃棄物・資源循環分野における 2050 カーボンニュートラル実行計画骨子案の改訂 309
5.1 改訂の概要 309
5.2 静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会における議論の反映 310
5.3 温室効果ガスインベントリの算定方法に基づく定量的な検討 312

第1章　資源循環を通じた素材ごとのライフサイクル全体の脱炭素化に向けた検討

1.1　プラスチックに関する調査

1.1.1　プラスチックの資源循環に関する論点の整理

今後のプラスチック資源循環の方向性について、「プラスチック資源循環戦略」（令和元年5月31日）において、基本原則としての「3R+Renewable」に則った重点戦略と、リデュース、リユース・リサイクル、再生利用・バイオマスプラスチックについては、それぞれ図1-1のようなマイルストーンが示された。

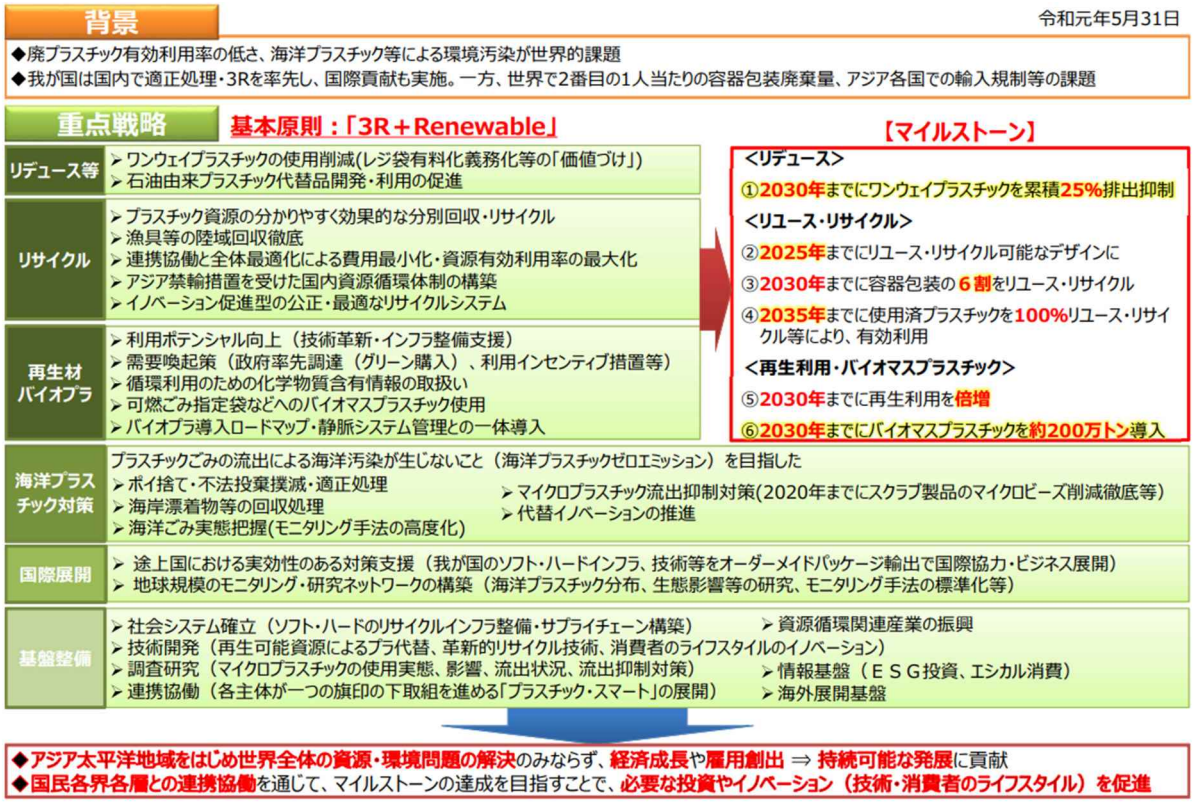


図 1-1　プラスチック資源循環戦略の概要

出典：環境省「プラスチック資源循環戦略の概要」

その後、「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）」（令和3年8月5日）（以下、「中長期シナリオ（案）」という。）において、廃棄物・資源循環分野での2050年カーボンニュートラル実現に向けて、非エネ起GHG排出量が大きい素材としてプラスチックは重点対策領域に位置づけられ、各種施策を講じた場合のプラスチックの処理に伴う温室効果ガス排出量のシナリオ分析が実施された。シナリオ分析における各種対策・技術（発生抑制、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、バイオマスプラスチック）の普及の想定は、地球温暖化対策計画や各関連団体が掲げる目標やマイルストーンを参考に設定された。

また、「循環経済工程表」（令和4年9月6日）において示された素材ごとの方向性の中で、プラスチックについては、「プラスチック資源循環戦略やプラスチック資源循環法に基づき、廃プラスチックの発生抑制・再使用・分別回収の推進を最大限に進めつつ、排出された廃プ

ラスチックについては、マテリアルリサイクル（MR）及び循環型ケミカルリサイクル（CR）で素材循環重視のリサイクルを行い、焼却・最終処分される廃プラスチックの量を大幅に削減する。」とされている。

技術開発の観点からは、グリーンイノベーション基金事業において、「CO_2 等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトとして「廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発」「アルコール類からの化学品製造技術の開発」等の技術開発が実施されている。さらには、「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル」プロジェクトでは、廃棄物処理施設をカーボンニュートラル（CN）型炭素循環プラントへと転換して、廃棄物中の炭素を原料として産業に供給していくための技術開発が実施される予定である。

日本学術会議の材料工学委員会・環境学委員会・総合工学委員会合同の「SDGs のための資源・材料の循環使用検討分科会」による報告「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和 5 年 9 月 15 日）では、プラスチックについて、以下のように記載されている。

- 日本のプラスチック資源循環に固有の特徴としては、特定の品目の高度なリサイクルがある。ペットボトルについては、2021 年度のリサイクル率は 86%で、欧州や米国と比較しても相当に高い水準にあり、ペットボトルの原料としての循環利用など国内循環がリサイクルの 75%を占めている。他にも、食品用トレーがスーパーなどの店頭で回収され、食品用トレーの原料として循環利用されている。これらに共通するのは、**単一種類のポリマーとして回収・選別しやすいように設計されていることと、消費者の分別によって他のプラスチックとは混合せずに回収されていること**である。
- さらに、廃プラスチックが様々な動脈産業において利用されてきたことも特徴である。政府によるカーボンニュートラル実現に向けた技術ロードマップにおいても、石油及び化学分野における廃プラスチックのケミカルリサイクルだけでなく、**鉄鋼、セメント、紙・パルプの各分野においても廃プラスチックの利活用が低炭素・脱炭素技術として位置づけられている。**
- 欧州におけるサーキュラーエコノミーでは、「より内側のループ」の循環利用が優先されるという中心的原理が示されており、プラスチックについてはマテリアルリサイクルがケミカルリサイクルよりも内側のループとみなされる。この原理は、単一種類のポリマーとして回収できる廃プラスチックについては脱炭素化とも整合する。一方で、混合プラスチックについては、製鉄プロセスにおけるケミカルリサイクルや、セメント生産や製紙プロセスにおけるエネルギー回収が、マテリアルリサイクルよりも CO_2 排出の削減効果が大きい場合もある。高分子重合体であるプラスチックは、同じ素材を永久には循環できないことも考慮すれば、あらゆるプラスチックに欧州サーキュラーエコノミーの原理を硬直的に当てはめることが、必ずしも脱炭素化にとって最善とは限らないことに注意が必要である。
- 日本におけるカーボンニュートラルの実現に貢献するプラスチック資源循環として、特に、**(1)適材適所の循環利用、(2)動脈産業の脱炭素化との調和、(3)混合プラスチックの循環利用の高度化、といった観点が重要**である。**あらゆる廃プラスチックが単一種類のポリマーとして回収・選別できるといった楽観的な想定ではなく、より現実的かつ社会全体を俯瞰した広い視野でプラスチック資源循環の役割を検討するべき**である。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

先述の中長期シナリオ（案）においては、プラスチックについて、ポリマー種類やその用途まで踏まえた想定がなされておらず、あくまでプラスチック総体としてのシナリオ分析にとどまっている。日本学術会議による報告において指摘されているように、**ポリマーの種類や各種技術との適材適所を踏まえた検討が重要**である。このことは、静脈側において、どのような分別・回収システムを構築すべきかに密接に関連し得る。

また、プラスチックのリサイクルについて、特に、化学産業で検討されている循環型ケミカルリサイクルについては、その社会実装のシナリオや規模に応じて、プラスチックの空間的な収集範囲などが変わり得る。例えば、既存の石油化学コンビナート（日本では 10 か所程度）を中心とした生産体制となるか、現状よりも小規模分散型の生産体制が構築し得るか、によって、静脈側で構築すべきシステムが変わる可能性もある。したがって、動脈産業（化学工業、プラスチック製品製造業等）における各種技術の導入シナリオ（技術と対象となる樹脂の種類、状態、規模、立地）と静脈側でのプラスチックの分別・回収システムとは、ある種一体的に検討される必要がある。

そこで、本業務では、上記の課題認識を踏まえて、検討されている対策技術、戦略及び計画等並びに技術の進展に応じて実施される、プラスチックに関する新たなリサイクル手法について調査を行い、廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響について検討した。

1.1.2　新たなリサイクル手法等に関する調査

(1)　調査対象範囲

プラスチックの MR 及び CR を調査対象とする。

プラスチック資源の循環を通じた廃棄物・資源循環分野のカーボンニュートラル化を図っていくためには、樹脂や用途別に要求される品質や量を満たす必要があり、使用済み製品を再度、同じ製品として循環的に利用できるリサイクル、すなわち、水平リサイクルを拡大していく必要がある。既に一部の素材や手法において、MR や CR が商用化されているが、水平リサイクルが実現しているのは、PET ボトルやポリスチレンの一部（食品トレー）のみである。

そこで、本業務では、MR・CR の中でも水平リサイクルを実現し得る技術であって、現在、技術開発段階にあり、これからの社会実装が期待される技術を中心に調査した。

(2)　各種リサイクル手法等に関する最新情報の収集・整理

1)　マテリアルリサイクル関連技術

マテリアルリサイクル（MR）について、水平リサイクルの促進に資する技術を中心に調査を行った。表 1-1～表 1-4 に国内における技術開発や実証の概要をまとめたものを示す。

表 1-1　容器包装プラスチックの MR 促進に資する技術の概要

（三菱ケミカルグループ、凸版印刷株式会社、共栄社化学株式会社）

企業名：三菱ケミカルグループ、凸版印刷株式会社、共栄社化学株式会社
技術名称：包装材料（プラスチック複合素材）のマテリアルリサイクル
対象となるプラスチック：包装材料の製造工場から排出される廃プラスチック
忌避物質：不明
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
規模（※社会実装時の想定）：不明
収率：不明
技術の概要：
・　三菱ケミカルグループ、凸版印刷、共栄社化学の 3 社は、包装材料の製造工場から排出される廃プラスチックの水平リサイクルを目的とするマテリアルリサイクル生産プロセスを共同開発する契約を 2023 年 3 月 15 日に締結。生産実証プロセスの原理検証機の導入を含む、マテリアルリサイクルの生産プロセスの実証試験を 6 月より開始した。 ・　開発するマテリアルリサイクル技術は、プラスチック複合素材の包装材料を剥離・脱墨・分離し、素材別の樹脂として取り出すことが可能である。具体的には、トイレタリー製品や食品などに使用されている複合プラスチックフィルムを粉砕し薬剤による処理などを行うことにより、リサイクルが可能なポリオレフィンやポリアミドなどの単一素材に分別する。 ・　単一素材化し再生された樹脂は、包装用途のプラスチックフィルムに利用される。分離後の樹脂は品質劣化が少なく、リサイクル樹脂として洗剤やシャンプーなどのトイレタリー製品や食品の包装材に使用するフィルムの原料としても再利用できる。 ・　3 社は、マテリアルリサイクルされたプラスチックフィルムの生産プロセスを開発し、2027 年度の社会実装を目指すとしている。

出典：凸版印刷株式会社WEBサイト「凸版印刷、三菱ケミカルグループ、共栄社化学と共同で包装材料のマテリアルリサイクル生産プロセスの実証試験を開始」＜https://www.holdings.toppan.com/ja/news/2023/06/newsrelease230622_1.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-2　容器包装プラスチックの MR 促進に資する技術の概要（三井化学株式会社）

企業名：三井化学株式会社
技術名称：軟包材マテリアルリサイクル（印刷インキ除去システム）
対象となるプラスチック：工場から排出される軟包装フィルム（印刷済み）
忌避物質：不明
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
規模（※社会実装時の想定）：不明
収率：不明
技術の概要：
・　三井化学は、2022 年 5 月に名古屋工場内に設置した印刷されたフィルムからインキを除去し、再び軟包装フィルムに再生する軟包材マテリアルリサイクル設備の稼働を開始したと発表した。 ・　コンバーターでの印刷前後の廃棄フィルムを回収し、インキを除去してペレット化し、もう一度軟包装フィルムに再生する。今回の設備稼働により、軟包装フィルムに適した再生材料の技術開発を加速し、2022 年度には、廃棄フィルムの回収を一層拡大し、再生材料のサンプル供試を本格化する計画である。

出典：三井化学プレスリリース「軟包材マテリアルリサイクル「RePLAYER® -Renewable Plastics Layer System-」設備稼働開始」＜https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2022/2022_0526/index.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-3　容器包装プラスチックの MR 促進に資する技術の概要
（住友化学株式会社、株式会社パイロットコーポレーション）

企業名：住友化学株式会社、株式会社パイロットコーポレーション
技術名称：プラスチック容器包装の印刷層の無色化技術
対象となるプラスチック：プラスチック製容器包装
忌避物質：不明
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
規模（※社会実装時の想定）：不明
収率：不明
技術の概要：
・　住友化学とパイロットコーポレーションは、2022 年 4 月、使用済みのプラスチック製品を同じ用途の製品に作り替える水平リサイクルの実現に向けて、プラスチック容器包装の印刷層を無色化する技術に関する共同開発を推進することを発表した。 ・　住友化学は、これまで培ってきた樹脂設計・加工技術をいかして、インキの無色化を行う溶融混練工程を中心としたマテリアルリサイクル・プロセスの開発を担う。パイロットコーポレーションはグループ内のパイロットインキ株式会社において、同社が開発・保有するインキ技術をいかして、同リサイクルプロセスに適した特殊インキの開発を担う。 ・　再資源化したプラスチックの用途展開の幅を広げ、限りある資源の循環を目指すとともに、両社は印刷が施された包装材料の分別・回収スキームの構築についても検討を進めるとしている。

出典：株式会社パイロットコーポレーションプレスリリース「住友化学とパイロット、特殊インキを用いてプラスチック製品の水平リサイクル実現に向けた共同開発を推進」＜https://www.pilot.co.jp/press_release/2022/04/12/post_8.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-4　使用済み自働車から得られる廃プラスチックの MR の概要
（住友化学株式会社、リバー株式会社）

企業名：住友化学株式会社、リバー株式会社
技術名称：使用済み自動車から得られる廃プラスチックのマテリアルリサイクル
対象となるプラスチック：ポリプロピレン等、使用済み自働車から得られる廃プラスチック
忌避物質：不明
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
規模（※社会実装時の想定）：不明
収率：不明
技術の概要：
・　住友化学とリバーは、2023 年 4 月、使用済み自動車から得られる廃プラスチックのマテリアルリサイクルに向けた業務提携契約を締結。 ・　リバーがこれまでに培った使用済み自動車の回収や解体、選別などの工程を通じて、プラスチック原料となる良質な素材を安定的に住友化学に提供し、住友化学は提供を受けた素材を活用し、自動車メーカーが求める高品質な再生プラスチックを効率的に商業生産するプロセスを確立する。早ければ 2025 年度にも自動車関連メーカーへの製品供給を目指すとしている。 ・　住友化学は、長年培ってきたプラスチックの製造技術をいかし、使用済み自動車から得られる廃プラスチックを用いてポリプロピレンコンパウンドを製造する新たなプロセスを構築する。住友化学が開発している再生ポリプロピレン材料は、市場回収した廃ポリプロピレンを原料の一部に使用する材料で、機械物性、外観特性、長期物性等がバージン材に比べ低下する廃プロピレンに対し、独自配合技術やコンパウンド技術等によるアップグレードを施している。

出典：住友化学株式会社WEBサイト「住友化学とリバー、マテリアルリサイクルの事業化で業務提携～「動脈×静脈企業」連携で使用済み自動車のプラスチック資源循環システムの確立へ～」＜https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20230426.html＞
住友化学株式会社WEBサイト「バージン材と同等の機械物性を持ちながら環境負荷を低減する。」＜https://www.sumitomo-chem.co.jp/hirameki-sumika/product/material_recycling/＞
（最終アクセス2024年3月4日）

2) ケミカルリサイクル関連技術

今後、技術開発を経て社会実装が期待される 3 つの循環型ケミカルリサイクル（CR）技術について、最新の動向を調査した。表 1-5 に 3 つの循環型 CR 技術の概要を示す。

表 1-5　循環型 CR 技術の各方式の概要

技術	技術の概要
モノマー化	廃プラスチックを無酸素条件下で熱分解してオレフィンを得る手法。 分別廃プラであれば、着色物や汚染物の影響を受けにくく、他のケミカルリサイクルより低コスト、低 CO_2 の可能性がある。 廃プラの分別が必要で、分解温度が高いポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）への適用が難しい。
油化	廃プラスチックを無酸素条件下で熱分解して油化する方法。 混合廃プラを原料として使用可能で、得られた熱分解油を既存のナフサ分解炉にて利用可能である。ナフサ収率が低く、分解炉で利用するための精製が必要である。 ポリ塩化ビニル（PVC）の前処理が必要になる。
ガス化	廃プラスチックを酸素存在下でガス化して合成ガスから基礎化学品を製造する方法。 ポリ塩化ビニル（PVC）の前処理が不要である。また、木質バイオマス等との混合原料が使用可能である。 ガス化に純酸素が必要で、高コストである。また、ガス化のエネルギー利用や副生 CO_2 の問題で CO_2 削減効果が小さい。

出典：第6回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野ワーキンググループ　資料5「カーボンリサイクル関連プロジェクト（化学品分野）の研究開発・社会実装の方向性」より作成

各種事例の調査に基づき、モノマー化、油化、ガス化の三つの技術と、対象となる樹脂の種類に対応して整理した内容を図 1-2 に示す。図中の樹脂の種類は、現在、技術開発や実証が進められているものを中心にピックアップして整理しており、それぞれ、PE：ポリエチレン、PP：ポリプロピレン、PS：ポリスチレン、PA66：ポリアミド、PMMA：ポリメチルメタクリレート、PC：ポリカーボネート、PU：ポリウレタン、PET：ポリエチレンテレフタレート、PVC：塩化ビニルを指す。

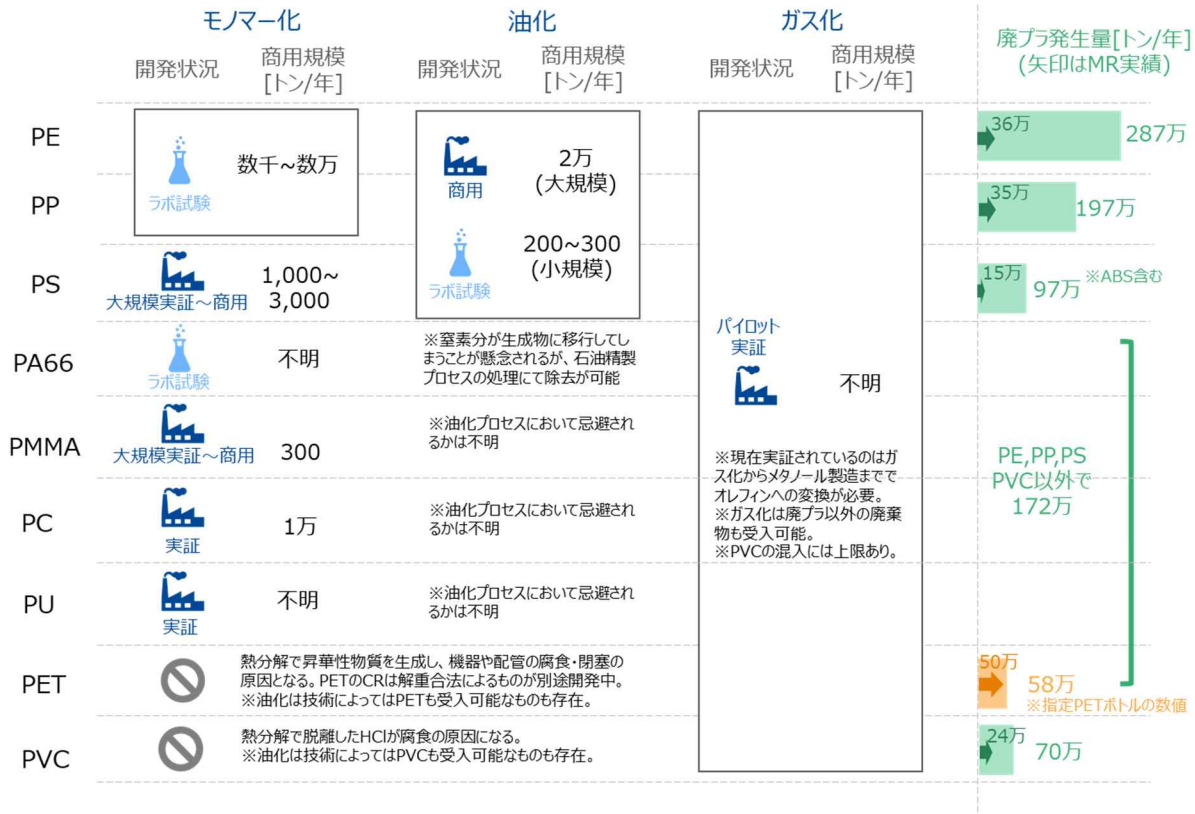


図 1-2　樹脂の種類と循環型 CR 技術の技術開発・実証等の概要

出典：以下の資料を基にパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成
■各技術の実証等の状況：各社のプレスリリース等の公開情報（詳細は前項での個別の調査に記載）
■各技術の忌避物質等に関する情報：
・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」
・斎藤ら「プラスチックリサイクルが直面する課題と将来展望――二次原料としての使用済みプラスチックの価値とハロゲン対策――」（廃棄物資源循環学会誌）
・塩ビ工業・環境協会WEBサイト「塩ビのFR事例紹介」＜https://www.vec.gr.jp/recycle/recycle3_2.html＞（最終アクセス2024年3月4日）
■廃プラ発生量：
・一般社団法人プラスチック循環利用協会「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況-2022年」
・PETボトルリサイクル推進協議会WEBサイト「PET樹脂のマテリアルフロー（2022年度）」＜https://www.petbottle-rec.gr.jp/data/materia_flow.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

モノマー化は、樹脂の種類ごとに技術開発・実証が進んでおり、単一素材を対象とするために、その社会実装規模は、大規模を想定した油化と比較すると小規模な傾向がある。PS と PMMA の技術開発が先行しており、既に大規模実証や商用化の段階に至っている。PS については、食品トレーのうち、MR での水平リサイクルが難しい着色トレーに焦点を当てて、水平リサイクルで再度食品トレーに戻すことを目的とするような、MR との住み分けを意識した技術開発も見られた。PE や PP などのいわゆるポリオレフィンについては、廃プラとしての発生量は大きいものの、技術開発途上にあり、現時点では実証までは至っていない状況が確認された。

油化は、複合素材も扱うことが可能で、PE、PP、PS を対象にしていると想定される商用機の稼働が国内の複数箇所で計画されている。また、小規模（200～300t/年）な分散型の油化プロセスも検討・技術開発されている。油化によって生成された再生油は既存のナフサクラッカーや石油精製装置に投入されることが想定されている。再生油をナフサクラッカーで処理する場合には、酸素を含まないものが対象であるとされている。また、硫黄、窒素、酸

素を含んでいても、石油精製装置で処理する場合には除去可能であるとされている。ここで、PET 及び PVC については熱分解では、機器や配管への腐食の原因となる物質を生成することから忌避されるが、油化技術によっては、これらも一定程度受入れ可能な技術も存在する。

ガス化は、モノマー化や油化で対象とできない樹脂や汚れたプラスチックまで処理できることが特徴である。既に商用化されているものでは、ガス化後に得られる水素をアンモニアとして利用している事例がある。本業務で調査対象とした、プラスチックでの循環的利用を目的としたものとしては、ガス化後にメタノール化する実証が実施されていた。

以降に、上記の整理のために調査した国内を中心としたケミカルリサイクル技術の技術開発や実証等の概要を示す。

(a) モノマー化

モノマー化による CR の技術開発及び実証等の動向を表 1-6～表 1-15 に示す。

表 1-6 廃プラスチックの直接分解によるオレフィン製造の概要

企業名：住友化学株式会社、丸善石油化学株式会社
技術名称：廃プラスチックの直接分解によるオレフィン製造
対象となるプラスチック：ポリオレフィン（PE、PP）系
忌避物質：不明
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
規模（※社会実装時の想定）：数千～数万 t/年
収率：60～80%（Input：廃プラ、Output：オレフィン（C2'～C5'））
技術の概要：
・ GI 基金に「廃プラスチックを原料とするケミカルリサイクル技術の開発」として採択。技術の特徴として、合成ガス化や油化を経ることなく、ポリオレフィン系プラスチックを直接オレフィンに戻すシンプルなプロセスであり、**プロセス全体でのエネルギー消費が少ない**効率的なケミカルリサイクルプロセスである。**油化によるクラッカー原料化よりも高いオレフィン収率が期待**される。 ・ 新規性として、オレフィン収率が極めて高い基本触媒プロセス、夾雑物やプロセス条件に強い改良触媒プロセスを挙げている。一定の夾雑物を想定した前処理設備を持つ事業者との連携を、技術課題以外への対応として挙げている。 ・ 技術開発目標は、基礎化学品収率 60~80%を得る触媒・プロセスの開発・実証であり、本技術開発においては、粗選別（現状技術で入手可能な）廃プラ組成での成績として、**C2'-C5'の収率を 60%以上とすること**が KPI として設定されている。 ・ 丸善石油化学と協力して**既存クラッカーへの接続の課題の抽出を実施**しており、大型実証設備設置場所をリストアップしている段階である。（2023 年 1 月時点）

出典：NEDO・グリーンイノベーション基金特設WEBサイト、事業戦略ビジョン「廃プラスチックを原料とするケミカルリサイクル技術の開発」より作成＜https://green-innovation.nedo.go.jp/pdf/development-plastic-raw-material-manufacturing/item-002/vision-sumitomo-chem-002.pdf ＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-7　マイクロ波による使用済みプラスチックのケミカルリサイクルの概要

企業名：株式会社レゾナック、マイクロ波化学株式会社
技術名称：マイクロ波による新たなケミカルリサイクル
対象となるプラスチック：使用済みプラスチック
忌避物質：不明
技術開発段階：(ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用)
規模（※社会実装時の想定）：1 万 t/年
収率：80%（※モデルサンプルの実験）
技術の概要：
・　レゾナック（旧：昭和電工）とマイクロ波化学は、2022 年 6 月にマイクロ波を用いて使用済みプラスチックから基礎化学原料を直接製造するケミカルリサイクル技術の共同開発を開始したと発表。 ・　容器包装などに用いられた使用済みプラスチックにマイクロ波を照射して分解し、エチレンやプロピレンなどの基礎科学原料を製造する技術の開発に取り組む。 ・　共同開発では、電気加熱技術の一つであるマイクロ波加熱を利用する。マイクロ波による加熱では他の加熱法と比較して、エネルギーを使用済みプラスチックに集中的に与えることができ、それによって使用済みプラスチックを基礎化学原料へ効率よく分解できる。また、従来の分解法と比較して分解時のエネルギー消費を抑えることが可能である。当共同開発では、従来法では難しかった使用済みプラスチックの直接基礎化学原料化を低エネルギー消費かつ高効率に実現することを目指す。 ・　使用済みプラスチックのモデルサンプルを用いた実験では、約 80%の収率でエチレンやプロピレンなどの原料成分を取り出すことに成功したと発表。

出典：「使用済みプラスチックから基礎化学原料を直接製造するマイクロ波による新たなケミカルリサイクル技術の共同開発を開始」（株式会社レゾナックプレスリリース）より作成
＜https://www.resonac.com/jp/news/2022/06/28/2234.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-8　ポリスチレンのモノマー化の概要（株式会社エフピコ、DIC 株式会社）

企業名：株式会社エフピコ、DIC 株式会社
技術名称：溶解分離リサイクル技術（Dic 法:Deinking chemical process）
対象となるプラスチック：ポリスチレン
技術開発段階：(ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用)
社会実装規模：数千～1 万 t
収率：不明
技術の概要：
・　食品トレーは用途に応じて白色と色柄付きのものがあり、白色発泡トレーは再び食品トレーにリサイクルされている。一方、色柄付き発泡トレーはリサイクルした際に再生ペレットが黒色になってしまうため、食品トレーへ再利用する際の使途が限られるという課題があり、ハンガーなど別の日用品雑貨に再生利用されてきた。 ・　DIC 株式会社の開発した、色柄付き発泡トレーをリサイクルした黒色の再生ペレットから着色成分を除去してポリスチレン生産プラントに投入する方法（Dic 法）を用いて、株式会社エフピコと協業して「トレーto トレー」の水平リサイクルの拡大を目指す。 ・　DIC 株式会社は溶解分離リサイクル技術を活用した再生ポリスチレンの量産を計画中で、四日市工場で 2024 年中に処理設備を稼働させる計画がある。

出典：DIC株式会社WEBサイト「DICとエフピコ、プラスチック製食品トレーの完全循環型リサイクルに向け世界初の溶解分離リサイクル技術を用いた協業を開始」より作成
＜https://www.dic-global.com/ja/news/2022/ir/20220802165225.html＞
（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-9　ポリスチレンのモノマー化の概要（PS ジャパン株式会社）

企業名：PS ジャパン株式会社
技術名称：スチレンモノマー還元装置（東芝プラントシステム）
対象となるプラスチック：ポリスチレン
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：1,000t/年（使用済み PS 処理能力）
収率：60wt%以上（Input：投入原料、Output：スチレンモノマー）
技術の概要：
・　PS ジャパン株式会社は、**2023 年 9 月に、同社の水島工場（岡山県倉敷市）にポリスチレン樹脂のケミカルリサイクル実証設備を新設**したことを発表。 ・　ポリスチレン樹脂を熱分解し、原料となるスチレンモノマーに再生する東芝プラントシステム株式会社のスチレンモノマー還元装置による実証設備を建設する。 ・　当技術により**再生された PS は食品接触用途にも使用が可能で、投入原料の重量に対して 60wt%以上のスチレンモノマーを回収可能**である。 ・　当技術の特長として、JIS・ASTM の品質規格に適合していること、副生成の燃料油のみで運転可能で外部燃料が不要であること、単純焼却に比べて 56%の CO_2 削減効果があること、が挙げられる。

出典：PSジャパン株式会社WEBサイト「ポリスチレン樹脂のケミカルリサイクル実証設備の運転開始について」＜https://www.psjp.com/news/pdf/20230907.pdf＞
＜https://www.psjp.com/technology/pdf/202310chemical.pdf＞
東芝プラントシステム株式会社WEBサイト「廃プラスチック問題の解決に向けて」＜https://www.toshiba-tpsc.co.jp/pdf/topics/202003/wasteplastic.pdf＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-10　ポリスチレンのモノマー化の概要（デンカ株式会社、東洋スチレン株式会社）

企業名：デンカ株式会社、東洋スチレン株式会社
技術名称：ポリスチレンのケミカルリサイクル（Agilyx（アジリックス）社）
対象となるプラスチック：ポリスチレン
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：3,000t/年（使用済み PS 処理能力）
収率：不明
技術の概要：
・　東洋スチレン株式会社は、2020 年 4 月に使用済み PS のケミカルリサイクルの事業実施に向け Agilix 社（米オレゴン州ポートランド）と技術ライセンス契約を締結し、**2021 年 1 月にデンカ株式会社千葉工場敷地内に使用済みポリスチレン樹脂のケミカルリサイクルプラントの建設を決定**した。 ・　また、市原市の「市原発サーキュラーエコノミーの創造」プロジェクトにおける公民連携を進め、**2023 年 5 月 26 日に「市原市ポリスチレンケミカルリサイクルシステム推進協議会」を設立し、同年 7 月から市内の 2 地区で使用済みポリスチレン製品（食品トレー等）の試験回収を開始**している。 ・　2024 年前半にはポリスチレンケミカルリサイクルプラントの完工・試運転が開始、さらに 2024 年秋ごろから市内全域における回収が開始される予定である。 ・　Agilix 社の TruStyrenyx™ はポリスチレンのポリマーからモノマーへの高度なリサイクルソリューションで、同社の熱分解技術と Technip Enegies 社の精製技術とが一体となったプロセスである。リサイクル後のスチレンモノマーは 99.8%以上の純度で回収することができるとされている。

出典：東洋スチレン株式会社「使用済みポリスチレン樹脂のケミカルリサイクルプラント建設を決定」
＜http://www.toyo-st.co.jp/cgi-bin/toyo-st_.cgi?name=ts_220111&type=pdf＞
市原市プレスリリース＜https://prdurbanosichapp1.blob.core.windows.net/common-article/646c2749b0bc1e69456ee139/release_230524_4.pdf＞
agilyx.com「Production of Circular Styrene Monomer」＜https://www.agilyx.com/wp-content/uploads/2023/05/Brochure_TruStyrenx_online.pdf＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-11　アクリル樹脂のケミカルリサイクルの概要（住友化学株式会社）

企業名：住友化学株式会社
技術名称：アクリル樹脂のケミカルリサイクル
対象となるプラスチック：アクリル樹脂（PMMA）
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：300t/年
収率：不明
技術の概要：
・　アクリル樹脂を熱分解し、原料となる MMA（メチルメタクリレート）モノマーに高効率で再生する技術を株式会社日本製鋼所（本社：東京都品川区）と共同開発。 ・　2022 年 12 月にアクリル樹脂のケミカルリサイクル実証設備を愛媛工場（愛媛県新居浜市）に新設。23 年春から再生樹脂のサンプル提供を始め、実証レベルから生産量を増やしていき、25 年に事業化する計画。 ・　再生した MMA モノマーは、化石資源を原料とした材料と同等の品質で、従来品と比べて製品ライフサイクル全体の GHG 排出量を 60%以上削減できる見込み。 ・　日プラ株式会社（本社：香川県三木町）や大手家電メーカーなどから廃材や使用済みアクリル樹脂を回収するとともに、再資源化した樹脂の顧客開拓も進める。 ・　再生された MMA モノマー、及びそれを原料とするアクリル樹脂は、環境規制の強化が進む自動車のほか、公共施設である高速道路の遮音板など、リサイクル材料としての付加価値が認められる分野・製品での採用を想定。

出典：住友化学株式会社プレスリリース「アクリル樹脂の再資源化に向けてケミカルリサイクル実証設備が完成～異業種との連携で資源循環システムの構築本格化～」等より作成
＜https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20221223.html＞
日経ESGニュース「住友化学、再生アクリル樹脂25年事業化へ」
＜https://project.nikkeibp.co.jp/ESG/atcl/column/00005/122700303/＞
（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-12　アクリル樹脂のケミカルリサイクルの概要
（三菱ケミカル株式会社、三菱ケミカルメタクリレーツ株式会社、マイクロ波化学株式会社）

企業名： 三菱ケミカル株式会社、三菱ケミカルメタクリレーツ株式会社、マイクロ波化学株式会社
技術名称：マイクロ波を用いたアクリル樹脂のケミカルリサイクル
対象となるプラスチック：アクリル樹脂（PMMA）
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：不明
収率：不明
技術の概要：
・　アクリル樹脂のリサイクル技術検討のパートナーであるマイクロ波化学株式会社と協力し、2021 年 6 月完成をめどに同社大阪事業所内に新たに実証設備を建設する。また、欧州で現行のリサイクル技術を導入したアクリル樹脂リサイクル設備建設の検討も進めており、2024 年の稼働を視野にアクリル樹脂のリサイクルプラントの建設に向けた検討を本格化させている。 ・　マイクロ波を用いたケミカルリサイクルでは、アクリル樹脂の分解に必要なエネルギーを化石資源ではなく電気由来のマイクロ波に代替したプロセスにすることで、従来法に比べて設備の小型化や安全性向上、省エネ化などを実現させることが可能。 ・　このアクリル樹脂リサイクル技術により製造された MMA（メチルメタクリレート）及びそれを原料として製造されたアクリル樹脂は、透明性を始め通常品と同水準の性能を保つとともに、製造工程での二酸化炭素の排出量が従来よりも 70%以上削減できるとされている。 ・　さらに、2023 年 3 月には、三菱ケミカルグループと、東京海上日動火災保険株式会社、株式会社 ABT が共同で、使用済み自動車からのアクリル樹脂回収スキームについての実

証実験を開始している。対象は、テールランプ等のアクリル樹脂で、関東地区において1000 台程の使用済み自動車からアクリル樹脂を回収する。2024 年度にも全国ネットワークでの取組に拡大する予定である。

出典：マイクロ波化学株式会社プレスリリース「マイクロ波を用いたアクリル樹脂ケミカルリサイクルの事業化に向けた三菱ケミカル株式会社との共同実証設備の建設について」
＜https://mwcc.jp/news/644/＞
三菱ケミカルグループプレスリリース「東京海上日動およびABTと連携し、国内初のアクリル樹脂回収スキームを構築～ケミカルリサイクルの事業化に向けた実証実験を開始～」
＜https://www.mcgc.com/news_release/01500.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-13　ポリカーボネート樹脂のケミカルリサイクルの概要
（三菱ケミカルグループ株式会社）

企業名：三菱ケミカルグループ株式会社
技術名称：ポリカーボネート樹脂ケミカルリサイクル
対象となるプラスチック：ポリカーボネート樹脂（PC）
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：1 万 t/年
収率：不明
技術の概要：
・　環境省の「令和 4 年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」の補助事業として採択され、世界初の PC 樹脂の事業化に向けて、年間 1 万 t 規模の処理能力の実現を目指す検討を開始した。実証設備は同社の福岡事業所に建設されている。 ・　使用済み PC 樹脂は粉砕・溶融後に成形し直すマテリアルリサイクルによる再資源化が一般的であるが、劣化したものや異なる樹脂が混入していると、十分な品質のリサイクル樹脂を得られないという課題がある。**使用済み PC 樹脂を解重合して原料モノマーに戻し、再び重合するケミカルリサイクルを行うことで、より広い範囲の使用済み PC 樹脂を高品質なリサイクル PC 樹脂に再生することが可能**となる。 ・　2024 年 1 月には、東京海上日動火災保険株式会社、株式会社 ABT と共同で行ってきたテールランプ等のアクリル樹脂回収に加えて、より回収が困難なヘッドランプについても回収の実証実験を開始している。

出典：三菱ケミカルグループプレスリリース「ポリカーボネート樹脂ケミカルリサイクルの世界初の事業化に向けた検討開始について」＜https://www.mcgc.com/news_release/01527.html＞
（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-14　軟質ポリウレタンフォームのケミカルリサイクルの概要
（三井化学株式会社、マイクロ波化学株式会社）

企業名：三井化学株式会社、マイクロ波化学株式会社
技術名称：マイクロ波を用いた軟質ポリウレタンフォームのケミカルリサイクル
対象となるプラスチック：軟質ポリウレタンフォーム
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：不明
収率：不明
技術の概要：
・　三井化学とマイクロ波化学は 2017 年に次世代化学プロセス技術の共同開発を推進するため戦略的提携を締結し、様々な化学プロセスへのマイクロ波技術の活用について検討を進めている。 ・　2021 年 11 月には、**難リサイクルの廃プラである ASR（自動車シュレッダーダスト）や SMC（熱硬化性シートモールディングコンパウンド）などの廃プラスチックを直接原料モノマーにケミカルリサイクルする技術の実用化を目指した取組を開始**した。

・ 2022 年 5 月には、マットレスなどに使用される**軟質ポリウレタンフォームの廃材を分解し、直接原料にケミカルリサイクルする技術の実用化を目指した取組を開始**した。 ・ 初期検討で良好な結果を得たため、22 年度内にマイクロ波化学のベンチ設備での小型実証検証を行い、実用化に向けた本格検討を進め、23 年度に実証試験を開始、**2025 年度までの事業化を目指す**としている。 ・ また、パラマウントベッド、三井化学、リバーによるベッドマットレスのポリウレタンケミカルリサイクルの実証が環境省「脱炭素型循環経済システム構築促進事業」に採択され、パラマウントベッドはケミカルリサイクル原料の製品化や使用済みウレタン製品の回収スキームの構築に、リバーは解体、選別、粉砕の手法確立等に取り組む。

出典：三井化学株式会社ニュースリリース「マイクロ波を用いた廃プラスチックのダイレクト・モノマー化の取り組み開始について」＜https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2021/2021_1118/index.htm＞
三井化学株式会社ニュースリリース「マイクロ波を用いた軟質ポリウレタンフォームのケミカルリサイクル」＜https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2022/2022_0531/index.htm＞
三井化学株式会社ニュースリリース「パラマウントベッド、三井化学、リバーによるベッドマットレスのポリウレタンケミカルリサイクルの実証開始」＜https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2023/2023_0904/index.htm＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-15　ポリアミドのケミカルリサイクルの概要
（旭化成株式会社、マイクロ波化学株式会社）

企業名：旭化成株式会社、マイクロ波化学株式会社
技術名称：マイクロ波によるポリアミド 66 分解
対象となるプラスチック：ポリアミド 66（通称 PA66、又はナイロン 66）
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：不明
収率：不明
技術の概要：
・ 旭化成とマイクロ波化学は、自動車向けエアバッグや自動車部品等に使用される**ポリアミド 66（エンジニアリングプラスチック）の製造過程で発生する端材や使用済み廃材をマイクロ波で解重合して直接モノマーに戻すケミカルリサイクル技術の実用化**に向けた共同実証試験を 2023 年 4 月に開始した。 ・ 2021 年度から開始した実験室レベルでの検討では、マイクロ波によるポリアミド 66 の高収率での解重合を確認し、解重合後の分離・精製プロセスの原理確認ができたとしており、**2023 年度内にマイクロ波化学の大阪事業所内にベンチ設備の作製を開始し、2024 年度にベンチ設備を用いた小型実証試験を行い、実用化に向けてプロセスの基礎データを収集**する。 ・ マイクロ波化学の有すマイクロ波プラスチック分解技術によって、**低エネルギーでの解重合によってポリアミド 66 の原料であるヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を高収率で生成でき、マイクロ波を再生可能エネルギー由来電気を利用することでプロセスでの GHG 発生も削減できる**としている。 ・ 小型実証試験の結果を基に詳細検討を進め、2025 年度までに事業化の可能性を判断するとしている。

出典：旭化成株式会社、マイクロ波化学株式会社プレスリリース「旭化成とマイクロ波化学、マイクロ波を用いたポリアミド66のケミカルリサイクルの共同実証試験を開始」より作成
＜https://www.asahi-kasei.com/jp/news/2023/ze230427.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

(b)　油化

油化による CR の技術開発及び実証等の動向を表 1-16～表 1-19 に示す。

表 1-16　油化による廃プラの CR の概要（Mura Technology Limited 社）

企業名：Mura Technology Limited 社
技術名称：超臨界水技術
対象となるプラスチック：廃プラスチック類一般
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：2 万 t/年
収率：不明
技術・実証の概要：
・　同社が保有する **HYDROPRS™プロセス**では、前処理を経て投入されるプラスチックが超臨界蒸気と混合され、反応器内で炭化水素（液体）とガスに分解される。生成したガスは回収されて、超臨界上記を生成するプロセスで使用され、炭化水素油は製品別に分離される。**生成される製品は、ナフサ、蒸留ガソリン油（Distillate Gas Oil）、重質軽油(Heavy Gas Oil)、ワックス残留物で、前者 2 つがプラスチック原料として利用**される。 ・　紙や食品残渣などの有機性廃棄物の影響も受けにくいほか、熱分解とは異なり、超臨界水(高圧高温の水)を利用して、フィルム、ポット、浴槽、トレーなどの使用済みの多層の柔軟で硬いプラスチックを変換できるため、幅広い廃プラスチック原料が受入れ可能であるとしている。また、水熱反応のプロセスでは、炭化物や不要な副産物が生成されず、反応条件を制御できる機能と組み合わせることで、高い収率で化石代替炭化水素製品を得ることができるとしている。同社は 2025 年までに、100 万 t のリサイクル能力を運用又は開発することを目標としている。 ・　同社の子会社である「RENEW ELP」が、**ティーズサイド（英国）のサイトにおいて、当プロセスの運用を 2024 年から開始するとしている。2 段階の計画が予定されており、1 段階目では、年間 2 万トンの生産規模になるとしており、当初の 3 倍以上の規模に拡大する計画**である。 ・　ティーズサイドの最初のサイトにおけるライフサイクル評価（LCA）では、HydroPRS™プロセスが「リサイクル不可能な」プラスチックを焼却から転用することで炭素排出量を 80%節約できることが示された。 ・　同社は、2021 年に米エンジニアリング会社の KBR と提携し、HydroPRS™のライセンス販売を拡大している。また、大手化学メーカーの DOW が「RENEW ELP」で生産されるリサイクル炭化水素製品を引き取る。さらに、LG 化学も KBR から上記プロセスのライセンスを受け、2023 年 3 月に韓国でのリサイクルプラントが着工した。また、2021 年 6 月には、三菱ケミカル株式会社と初のライセンス契約を発表している。

出典：Mura Technology Limited社のWebサイトより作成
＜https://muratechnology.com/＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-17　油化による廃プラの CR の概要（三菱ケミカル株式会社、ENEOS 株式会社）

企業名：三菱ケミカル株式会社、ENEOS 株式会社
技術名称：Mura Technology 社の超臨界水技術
対象となるプラスチック：廃プラスチック類一般
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：2 万 t/年
収率：不明
技術・実証の概要：
・ 三菱ケミカルの茨城事業所において、年間 2 万トンの処理能力を備えたケミカルリサイクル設備を建設し、2023 年度に廃プラスチックの油化を開始する。 ・ 油化処理には、英国の Mura Technology Limited の超臨界水技術を導入する。 ・ 製造されるリサイクル生成油は、ENEOS 及び三菱ケミカルの既存設備（石油精製装置、ナフサクラッカー）において原料として使用され、石油製品や化学品、各種プラに再商品化される。 ・ 廃プラスチックの調達はリファインバース株式会社が行い、産業廃棄物や建設廃棄物等の幅広い対象から、ポリプロピレンやポリエチレンを始め、ポリスチレン、PET 樹脂等の様々な種類の原料プラスチックを収集することが検討されている。 ・ 商用ベースでは国内最大規模である。2023 年開始を目指す。

出典：ENEOS株式会社、三菱ケミカル株式会社プレスリリース「ENEOSと三菱ケミカル共同のプラスチック油化事業実施について～国内最大規模のプラスチックケミカルリサイクル設備を建設～」
＜https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20210720_01_01_2006437.pdf＞
三菱ケミカル株式会社プレスリリース「ケミカルリサイクル原料プラスチックの調達について」
＜https://www.mcgc.com/news_mcc/2021/__icsFiles/afieldfile/2021/07/20/mccriv_1.pdf ＞
（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-18　油化による廃プラの CR の概要（ケミカルリサイクル・ジャパン株式会社）

企業名：「ケミカルリサイクル・ジャパン株式会社」 （出光興産株式会社、環境エネルギー株式会社の合弁会社）
技術名称：油化
対象となるプラスチック：使用済みプラスチック一般
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：2 万 t/年
収率：80%（Input：廃プラスチック、Output：炭化水素油（ナフサ分 50%、軽油分 50%））
技術の概要：
・ 出光興産株式会社の千葉事業所の隣接エリアにおける使用済みプラスチックを原料とした油化ケミカルリサイクル商業生産設備（使用済みプラスチック処理能力：2 万 t/年）への投資を決定し、2025 年度の商業運転開始を目指す。 ・ また、共同で油化装置の技術確立に取り組んできた環境エネルギー株式会社と使用済みプラスチックを原料として生成油の生産を行う合弁会社「ケミカルリサイクル・ジャパン株式会社」を 2023 年 4 月に設立。 ・ 新たに設立するケミカルリサイクル・ジャパンが独自技術を用いて生成油を生産し、原油に替わる原料として、既存設備である石油精製装置及び石油化学装置にて精製・分解・重合してリニューアブル化学品を生産予定。 ・ 環境エネルギー株式会社の有する廃プラスチック油化装置（HiCOP 方式）（※当プロジェクトでの当該装置の使用有無は不明）の特長としては、ワックス分の全くない炭化水素油が高収率（80%）で得ることができること、油化と脱塩素処理を同時に行うため、若干の PVC が混入しても、生成油中の残留塩素が極めて少ないこと、等が挙げられる。生成油は、約 50%のガソリン分（ナフサ分）と約 50%のディーゼル分（軽油分）の混合油になり、これらを分留することによって用途が拡大する。 ・ 原料となる使用済みプラスチックの調達は、テラレムグループ株式会社（旧：市川環境ホールディングス）、前田産業株式会社と共同で調査を行っており、具体的な調達体制の構

築に向け検討を開始することを合意。 ・ 2023 年 10 月には株式会社竹中工務店と共同で、建設現場で発生する使用済みプラスチックを竹中工務店が徹底的に分別することで、同油化ケミカルリサイクル技術を用いて生成油を生産する。同様に、日本通運株式会社とは、使用済みの物流資材プラスチックを原料として、東洋製罐グループとは各事業会社の工場のプラスチック製品製造工程で発生するプラスチック端材を原料として、それぞれ、同油化ケミカルリサイクル技術を用いて生成油を生産する。

出典：出光興産株式会社プレスリリース
「使用済みプラスチックを原料とした油化ケミカルリサイクル商業生産設備への投資決定について－環境エネルギー株式会社と合弁会社「ケミカルリサイクル・ジャパン株式会社」を設立－」等
＜https://www.idemitsu.com/jp/news/2023/230420.html＞
＜https://www.idemitsu.com/jp/news/2023/231220_2.html＞
＜https://www.idemitsu.com/jp/news/2023/231130.html＞
＜https://www.idemitsu.com/jp/news/2023/231031_2.html＞（最終アクセス2024年3月4日）
環境エネルギー株式会社WEBサイト
＜https://www.kankyo-energy.jp/products/＞（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-19　マイクロ波による油化プロセスの技術開発・実証の概要

企業名：マイクロ波化学株式会社
技術名称：マイクロ波を用いた熱分解
対象となるプラスチック：使用済みプラスチック一般
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：200～300 t/年
収率：不明
技術の概要：
・ マイクロ波化学は、これまで蓄積した基盤技術を基に油化プロセスを洗練し、2024年度に小型装置の初号機完成を目指す。また、同時並行で事業開発を行い、2025年度から小型分散型事業を本格的にスタートさせるとしている。 ・ 同社と株式会社セブン-イレブン・ジャパンは、大阪府の「令和4年度カーボンニュートラル技術開発・実証事業費補助金」に「マイクロ波加熱技術を適用した小型分散型ケミカルリサイクルシステム構築の開発・実証」事業を申請し、採択されている。2025年大阪・関西万博開催時期には、大阪府内のセブン-イレブンの一部店舗から廃プラを回収し、リサイクルする工程を実証する予定である。 ・ また、同社は、横河ソリューションサービス株式会社と小型分散型ケミカルリサイクルシステム構築のための共同開発契約を締結しており、マイクロ波化学の持つ高効率なプラスチック分解技術と、横河ソリューションサービスの持つ熱分解プロセスの連続制御による自動化技術や再エネの有効利用のためのエネルギー管理システムや電力トラッキングシステムを組み合わせ、小規模で高効率なリサイクルシステムを構築することを目指す。 ・ 廃プラの輸送は比重が小さく、重量当たりの輸送効率が悪いが、分散型で油化してオイルで輸送することで廃プラと比較して2倍以上の比重になり、輸送コストやCO_2削減が期待される。マイクロ波化学は、2025年までに年間最大1万tまで処理能力を向上させることを目標にしており、2030年までに年間処理量200～300t規模の小型のケミカルリサイクル設備を全国に1000台配置するとの報道もある。

出典：マイクロ波化学株式会社プレスリリース「マイクロ波加熱技術を適用した小型分散型ケミカルリサイクルシステム構築の開発・実証」事業が大阪府の「令和4年度　カーボンニュートラル技術開発・実証事業費補助金」に採択　<https://mwcc.jp/news/1607/>
横河電機株式会社プレスリリース「マイクロ波化学と、マイクロ波加熱を利用した小型分散型ケミカルリサイクルシステム構築のための共同開発契約を締結」<https://www.yokogawa.co.jp/news/press-releases/2023/2023-10-31-ja/>
化学工業日報「マイクロ波化学、廃プラCR小型設備を全国1000カ所に配置」
<https://chemicaldaily.com/archives/364687>（最終アクセス2024年3月4日）

(c) ガス化

ガス化による CR の技術開発及び実証等の動向を表 1-20、表 1-21 に示す。

表 1-20 廃プラスチックのガス化及びメタノール化に関する技術開発・実証の概要

企業名：株式会社神鋼環境ソリューション、DINS 関西株式会社、大栄環境株式会社、三菱ガス化学株式会社、三菱化工機株式会社
技術名称：廃プラスチックのガス化及びメタノール化
対象となるプラスチック：廃プラスチック類
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：不明
収率：75%（※公表資料からの推定値：=4 万 5 千 t（メタノール）/6 万 t（廃プラ））
技術の概要：
・ 神鋼環境ソリューション、DINS 関西、大栄環境、三菱ガス化学、三菱化工機の 5 社による「廃プラスチックのガス化及びメタノール実証事業」が、環境省「令和 4 年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」に採択されている。事業期間は 2022 年 7 月から 2024 年 3 月で、大阪府エコタウンが実証フィールド。 ・ 本技術は、**ガス化・ガス洗浄・ガス改質・成分調整・メタノール製造の 5 つの要素から構成されており、実証では、一般廃棄物系プラ、産業廃棄物系プラ、海洋プラ等の雑多な廃プラスチックを供試体としたガス化・ガス洗浄・ガス改質の実証試験、この実証試験結果から想定される合成ガスによるメタノール製造の評価**が実施される。 ・ 本実証におけるガス化には神鋼環境ソリューションの流動床式ガス化炉が採用され、雑多なプラを効率よく分子レベルまで分解できること、簡易な前処理だけで雑多なプラを受け入れられること、炉下部に設けた不燃物の排出機構による異物の安定的排出、安定的な運転が特長である。 ・ 当技術による廃プラスチックを原料として「環境循環型メタノール」（回収 CO_2、再エネ由来水素あるいはリサイクル品を原料に用いたメタノール）を製造すると、例えば。**廃プラスチック 6 万 t を処理する場合、約 4 万 5 千 t のメタノールが製造できる**としている。

出典：株式会社神戸製鋼所、株式会社神鋼環境ソリューション、大栄環境株式会社、DINS関西株式会社、三菱ガス化学株式会社、三菱化工機株式会社プレスリリース
「国内初となる廃プラスチックのガス化及びメタノール化実証事業を開始 ～環境省「二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」に採択～」＜https://www.mgc.co.jp/corporate/news/files/220823.pdf＞
（最終アクセス2024年3月4日）

表 1-21　アルコール類からのオレフィン製造の技術開発・実証の概要

企業名：住友化学株式会社
技術名称：CO_2 等を原料とする、アルコール類及びオレフィン類へのケミカルリサイクル技術の開発
対象となるプラスチック：廃プラスチックのガス化＋アルコール類製造後のプロセス
技術開発段階：（ラボ試験、パイロット実証、大型実証、商用）
社会実装規模：数千～数万 t/年（※GI 基金における目標）
収率：80～90%（Input：アルコール、Output：オレフィン類）
技術の概要： ・ GI 基金に「CO_2 等を原料とする、アルコール類及びオレフィン類へのケミカルリサイクル技術の開発」として採択。**エタノールからのプロピレン製造、エタノールとメタノールからのプロパノールとイソブタノール製造、エタノールからのイソブテン製造のプロセスについて技術開発**を実施。 ・ 当研究開発において、CO_2 由来又は廃プラ由来のエタノールを想定して、**エタノールを原料としたオレフィン類を収率 80～90%で製造することを目指す。** ・ ラボ条件における現状のプロピレン収率は 50%程度で、これからパイロット設備の基本設計に着手する。

出典：NEDO・グリーンイノベーション基金特設WEBサイト、事業戦略ビジョン「CO_2等を原料とする、アルコール類及びオレフィン類へのケミカルリサイクル技術の開発」＜https://green-innovation.nedo.go.jp/pdf/development-plastic-raw-material-manufacturing/item-004/vision-sumitomo-chem-002.pdf＞（最終アクセス2024年3月4日）

1.1.3　廃棄物・資源循環分野の脱炭素化への影響に関する検討

(1)　各種リサイクル手法の社会実装シナリオの検討

前項における整理のとおり、循環型 CR 技術について、各種手法（モノマー化、油化、ガス化）によって対象とできる樹脂や生成物の状態が異なることから、これらの技術が廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響は、各種技術の導入シナリオに依存するといった側面がある。そこで、リサイクルプラントの立地や廃プラスチックの収集運搬や選別等の整理も見据えて、簡易的なマテリアルフローを各技術に対して検討した。

原油からのプラスチック製品製造のフローを図 1-3 に示す。現在は原油を石油精製工場において原油を蒸留することで得られるナフサを、ナフサクラッカーにおいて熱分解して、エチレン、プロピレン、ブタジエン、ベンゼン、トルエン、キシレンなどの石油化学基礎製品を製造し、これらを石油化学誘導品工場で、石油化学基礎製品（例えばエチレンの重合によってポリエチレンといった誘導品）を製造している。これらの工場は一つの工場にまとまって石油化学コンビナートの一部を形成しており、パイプラインにより様々な物質をやり取りしている。

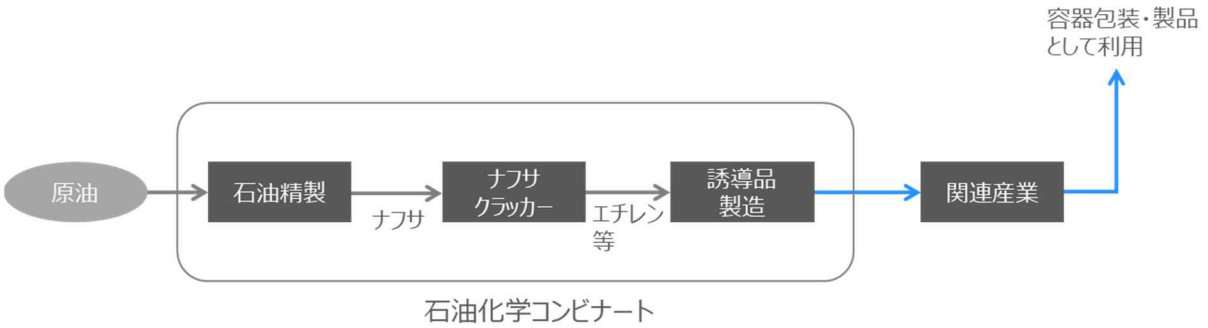


図 1-3　原油からのプラスチック製造フロー

1)　モノマー化

モノマー化は、廃プラの熱分解によってモノマー（エチレンやプロピレンなど）を得ることができる。これはナフサクラッカーにおける熱分解から得られる石油化学基礎製品に該当するため、得られたモノマーを原料として、石油化学誘導品製造工場において、誘導品を製造するプロセスが必要である。エチレンやプロピレンなどのモノマーは気体のものも存在する。気体状態での輸送は非効率と考えられるため、モノマー化によるケミカルリサイクルプラントは、石油化学誘導品製造工場の近隣に立地することが望ましいと考えられる。既存の誘導体品製造工場へのモノマーの供給を考えるのであれば、石油化学コンビナートにリサイクルプラントも立地する蓋然性が高い。前節におけるポリスチレンのケミカルリサイクルを行う国内実証事例（デンカ、PS ジャパン）についてもコンビナート内の工場内でケミカルリサイクルプラントを建設している。誘導体品製造工場も含めて新設される場合は、ナフサクラッカーを介する必要がないため、石油化学コンビナート内に立地する必然性はない。

モノマー化は投入される廃プラが、単一素材でその割合が高い必要がある。プラスチック製品製造業などでの生産・加工ロスなどは排出段階で単一素材が得られる可能性が高く、モノマー化向きの排出源ではないかと考えられる。一方で、容器包装や製品として利用された後に排出される廃プラスチックは、樹脂別に分別回収されるか、大規模選別施設等で樹脂別に選別される必要がある。

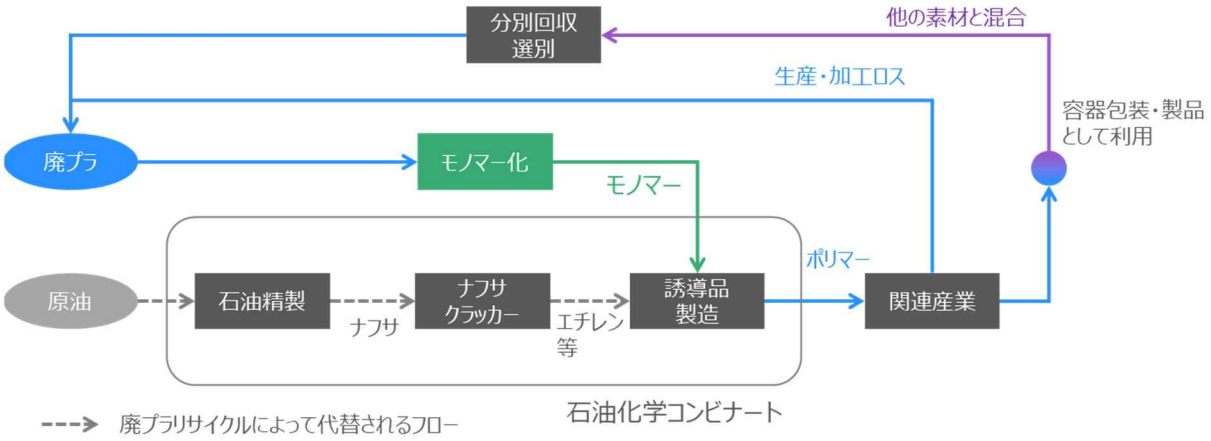


図 1-4　モノマー化による循環型 CR の簡易マテリアルフロー

2)　油化

油化は、廃プラの熱分解によって再生油を得ることができる。この再生油は、ナフサ分以外の成分を含んでおり、ナフサクラッカーに投入するためには、ナフサ分だけを分離するか、ナフサ分以外を精製する必要がある。前者の場合は、ナフサ分以外は燃料等での利用が考えられる。後者であれば、投入したプラスチックの炭素が高い割合でプラスチック等にリサイクルされる。再生油を石油精製装置にそのまま投入することも考えられる。この場合、原油の蒸留と同様に、ナフサ以外の成分も生成されるため、プラスチックへのリサイクルは一部にとどまる可能性がある。

油化によるケミカルリサイクルでは、生成物は石油化学コンビナート内にある、ナフサク

ラッカーや石油精製装置への投入が想定される。輸送を一回で済ませるという観点では、油化によるリサイクルプラントもコンビナート内に立地することが合理的であると考えられる。前節における油化によるケミカルリサイクルを行う国内実証事例（ENEOS/三菱ケミカル、出光興産）は、コンビナート内の工場内でケミカルリサイクルプラントを建設している。一方で、油はプラスチックよりも比重が大きく、輸送効率を高めることができるため、コンビナートから離れた地域では、小規模分散型のリサイクルプラントで油化を行い、コンビナートまで輸送することも想定される。前節における油化の技術開発では、小規模分散を志向した開発も実施されている。一般的には、化学プラントが大規模になるほど、スケールメリットが働くため、収集運搬とプラントの規模も含めたトータルでの効率化を考える必要がある。

油化は投入される廃プラが、複合素材であっても処理が可能であるため、モノマー化ほど分別される必要はない。ただし、プロセスによっては、塩素を含む PVC や PET など忌避される物質もあることから、こうした素材を除去する方向での選別が必要になる可能性がある。

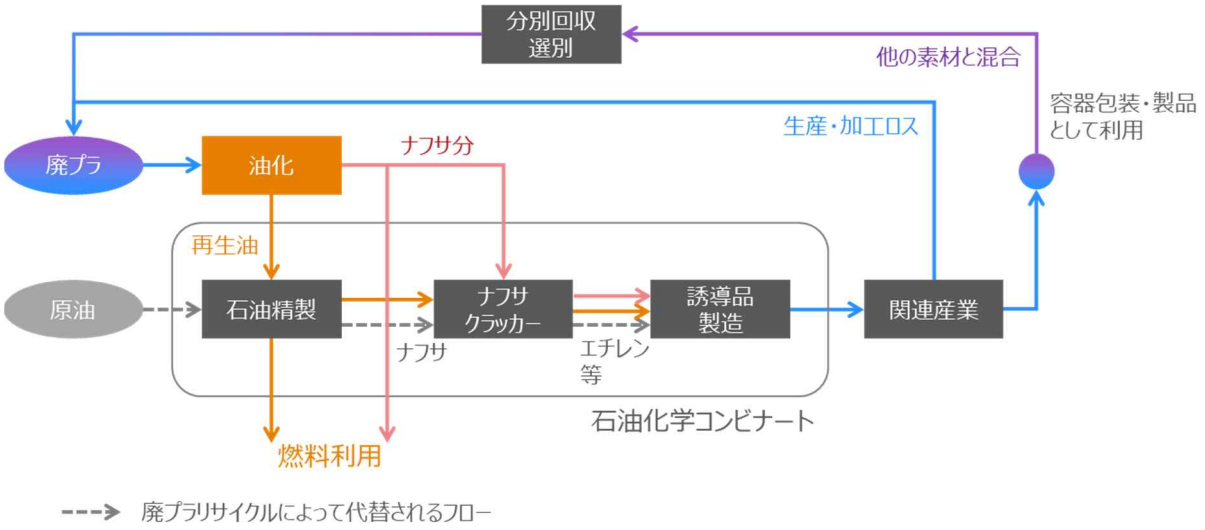


図 1-5　油化による循環型 CR の簡易マテリアルフロー

3)　ガス化

ガス化による CR では合成ガス（CO、CO_2、H2 を主成分とするガス）を得ることができる。この合成ガスをアルコール（メタノールやエタノール）化して、さらに、このアルコールをオレフィン（エチレン、プロピレン、ブタジエン）に変換する（MTO/ETO）。生成されたオレフィンを原料として、石油化学誘導品工場において、ポリマーなどの誘導品を製造する。ガス化の過程では、CO に加えて CO_2 も副生され、生成ガスの CO：CO_2 比率は体積比で 1：1 程度との報告（株式会社旭リサーチセンター,2020[1]）もあり、モノマー化と比較すると収率が低くなることが想定される。この CO_2 が大気放出された場合は、バイオマス由来でない限りは CO_2 排出量としてカウントされることになる。一方、合成ガス中の CO_2 濃度は一般的な焼却排ガスなどと比較すると高濃度である可能性が高く、CO_2 の効率的な分

[1] プラスチックのケミカルリサイクルとその技術開発（上）

離・回収が実現できるのであれば、CO_2 と（外部から調達した）水素を反応させて CO としてアルコール化に供給することも可能であると考えられる。この場合は、外部からの追加のエネルギー投入を前提として、高い収率を実現できる可能性がある。

石油精製やナフサクラッカーを経由する必要がないため、ガス化によるリサイクルプラントやアルコール化のプラント自体は、コンビナートに立地する必要性はないが、アルコールから得られたオレフィン類は、モノマー化と同様に石油化学誘導品製造工場の近隣に立地することが望ましいと考えられる。ガス化とアルコール化は、油化と同様、コンビナートから離れた地域などにおいてアルコールにしたものをコンビナートまで輸送するような方式も考えられる。

ガス化は投入される廃プラが、複合素材であっても処理が可能であり、油化では忌避される物質（PVC、PET 等）や汚れたプラスチックも受け入れられるため、分別や高度な選別が不要である。また、プラスチックに加えて、バイオマス資源も受け入れることができるため、原料の調達規模を確保しやすいと思われる。プラスチック以外の受入まで考えると、一般廃棄物の処理としてのガス化改質技術と共通する点も多く、経済性を確保するための規模や原料となる廃棄物全般の収集運搬の地理的範囲、技術的な実現可能性等を踏まえて、廃プラスチックに限ったガス化と一般廃棄物処理としてのガス化改質のどちらがより効率的・効果的になり得るかを、今後、見極めていく必要があると考えられる。

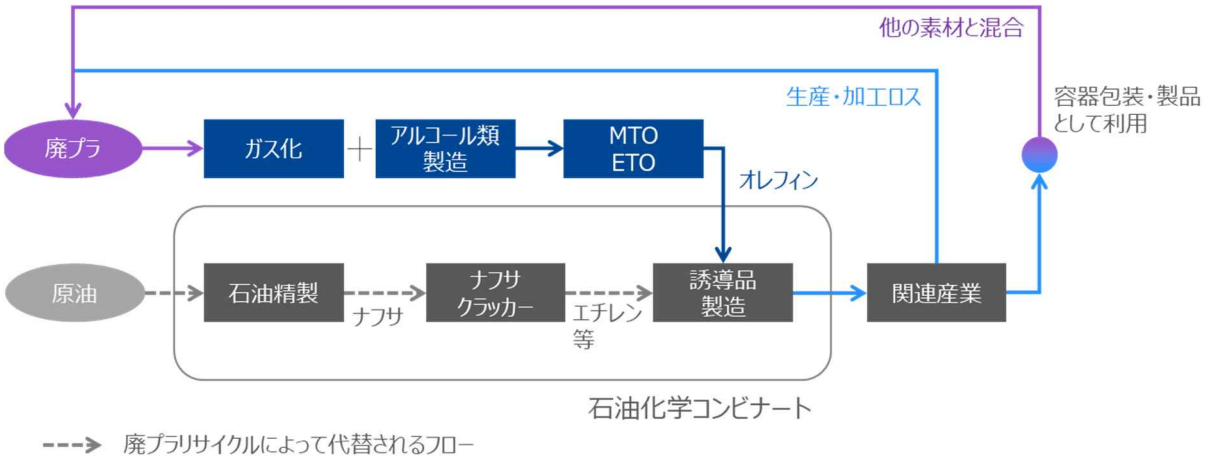


図 1-6　ガス化による循環型 CR の簡易マテリアルフロー

また、環境研究総合推進費の研究課題「プラスチック等脱炭素広域循環経済と食品廃棄物地域循環による環境・経済効果の最大化」（2022 年度～2024 年度）においては、廃棄物を原料とする循環燃料を、石油化学コンビナートに新設する大型焼却施設に集積して燃焼し、製造プロセスへの蒸気を行いつつ、一部回収する CO_2 をプラスチック用原料としてコンビナートで炭素循環することも視野に入れた研究がなされている。本業務において調査した循環型 CR 以外の可能性についても、今後の研究等の進展に応じ、具現化に向けた検討が望まれる。

(2)　各種リサイクル手法が廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響の検討

前項の各リサイクル手法の社会実装シナリオの整理を踏まえて、モノマー化、油化、ガス化の各手法の社会実装が廃棄物・資源循環分野に与える影響を考察する。

循環型 CR によって、プラスチック中の炭素が継続的に循環されるようになれば、プラスチックに含まれる炭素の燃焼による CO_2 への大気放出が回避されることとなり、化石資源由来のプラスチックであった場合には、廃棄物分野での非エネルギー起源の CO_2 排出量が削減されることになる。したがって、各種リサイクル手法が、プラスチックのうち、どれだけの量を対象に処理できるか（処理量）、プラスチックをどれだけ継続的に循環利用できるか（収率）の二つの観点で整理した。

整理した結果を表 1-22 に示す。処理量の観点では、複合素材や汚れの付着したプラスチックまで対象にできるという点でガス化が優れている。収率の観点では、油化・ガス化は、CR 技術単体では、プラスチックにリサイクルされる割合が低くなる可能性が示唆されたが、後処理や副生 CO_2 の CCU 等の技術を通じて改善し得る。

表 1-22　各循環型 CR 技術が廃棄物・資源循環分野に与える影響の考察

	処理量	収率	廃棄物・資源循環分野に与える影響についての考察
モノマー化	△	高い	• 流通量の多いPE・PPのモノマー収率が低く、実用化に至っていない。また、それ以外に実用化が進む樹脂（PS・PMMAなど）も、単一素材でなければならないため、細かな分別が必須となり、入手難易度が高い。 • 収率は他の手法と比較して高い傾向にあるため、継続的な循環利用を考えた場合には、ライフサイクルで大気中へのCO_2排出を抑制する効果が大きい。 ➢ 廃プラスチックの排出側で細かな分別が実現できている場合には、特定の樹脂において高収率でのリサイクルが期待でき、高い脱炭素効果を有する。
油化	○	ナフサ分に依存	• 流通量の多いPEやPP、複合素材も処理することが可能であるが、一部の物質（PVC・PET）は腐食等の問題で忌避される。 • 収率はナフサクラッカーに供給できる量に依存する。油化単体では、ナフサ収率が低く、ナフサ以外が燃料などに回った場合は、継続的に循環利用できる量が小さくなる。ナフサ収率を上げるためには後処理による精製が必要になる。 • 石油精製装置に投入された場合は、蒸留時にナフサ以外の石油製品となるため、化学品としての需要を確保するためにはバージンナフサの投入が必要になる。また、燃料燃焼時にCO_2が排出される。 ➢ 資源循環を通じた廃棄物・資源循環分野での脱炭素化を実現していくためには、ナフサ収率を高く維持する必要がある。また、燃料利用なども想定される場合には、ナフサに戻せない分だけのバイオマスナフサを調達する必要がある。
ガス化	◎	低い	• 油化では処理できない樹脂や汚れたプラスチックも処理可能である。 • ガス化時の副生CO_2とプロセスの段階が多いことから収率は低くなる。副生されるCO_2（投入したプラスチック中の半分の炭素量）は、バイオマス由来でなければCO_2排出量として計上される。 ➢ 外部からの追加的なエネルギーの投入が必要になる可能性が高いが、副生CO_2のCCUも含めた場合には、収率向上も期待され、処理できる樹脂も多いことから高い脱炭素効果が期待できる。

前項での各循環型 CR 技術の立地に関する考察において、どの技術でもコンビナートへ立地する蓋然性が高いことを整理したが、各コンビナートにおいて、カーボンニュートラルに向けた検討が開始されている。それぞれのコンビナートでの、廃プラスチックのリサイクルの位置づけを調査した結果を表 1-23 に示す。

表 1-23　コンビナートのカーボンニュートラルに向けた検討における
プラスチックのリサイクルに関連する記載の抜粋

コンビナート	廃プラスチックのリサイクルに関する記述（抜粋）
水島コンビナート	廃棄プラスチックを炭素源としてガス化、油化の上、改めてリサイクルナフサや化学原料への再利用をする。廃棄プラスチックは、CO_2原料同様に多様な業種での利用が可能となるが、こうした用途においても、多くの産業が活用する共有機能や合成製品の生産を集積することでスケールメリットを実現する。 周辺地域からの廃棄物を回収・処理プラントを共有することで、コンビナート外も含めた炭素を循環させるカーボンサーキュレーションを形成する。例えば、廃棄プラスチックを活用したエタノールやメタノール、エチレン、合成燃料の製造のために、コンビナート外の地域から廃棄プラスチック・廃食油・CO_2等を受け入れ、コンビナート内で廃棄物回収場所を確保することでケミカルリサイクルハブとなり、周辺住環境の改善や地域のカーボンニュートラル化にも貢献する。
四日市コンビナート	次世代リサイクル技術の確立と運営：ケミカルリサイクルの推進（ポリスチレン、PET他プラスチック樹脂の再利用、等） 企業と行政の連携：廃プラスチックの回収ルート、リサイクルスキームの構築市内・県内のみならず中部圏エリアにおける廃プラスチック・廃食油等を活用
川崎コンビナート	首都圏の廃プラスチックや臨海部内外のCO_2などの再資源化可能な炭素資源から、素材・製品等を製造する、炭素循環型コンビナートが形成されている。 廃プラスチックのリサイクルの拡大に向けては、中間処理業者における高度な分別機能の導入や、コンビナート機能を利用した油化リサイクル、化学企業によるガス化リサイクルなどの高度な技術・機能の導入により、これまでリサイクルが困難とされていたものを再資源化する手法を確立するとともに、排出する市民や事業者の一層の分別、リサイクルの環境価値の見える化が必要となります。 リサイクル製品の出口について、化学企業等の製造事業者と連携しながら、様々な素材・製品に再製品化しながら高付加価値化する必要があります。 これまで再資源化されていなかった廃プラスチックの有効活用に向け、市民・事業者による一層の分別の推進や、コンビナート内の機能や新たな分別・回収機能・処理技術等の導入により、廃プラスチックのリサイクル拡大に向けた取組を進めます。

出典：「水島コンビナートの2050年カーボンニュートラル実現に向けた取組方針（案）」
（水島コンビナート発展推進協議会カーボンニュートラルネットワーク会議）
「四日市コンビナート2050年カーボンニュートラル化に向けた検討報告書」
（四日市コンビナートのカーボンニュートラル化に向けた検討委員会）
「川崎カーボンニュートラルコンビナート構想」（川崎市）

(3)　ケミカルリサイクル技術による脱炭素化に向けた今後の論点整理

CR 技術が脱炭素化に与える影響について、今後、その効果の定量化を見据えると、より精緻な社会実装導入シナリオを検討していく必要がある。そのためにも、以下の論点についての深堀りが重要になると考えられる。

論点①：樹脂の種類を踏まえた適材適所な収集システムとリサイクル技術の組合せ

本業務で調査したように、循環型 CR 技術の実現の前提となるプラスチックの分別については、モノマー化は MR とほとんど同程度の水準で単一素材まで分別する必要がある。油化・ガス化はモノマー化ほどの水準での分別は要求されない。収集される廃プラの種類や状態（単一、複合、汚れの付着等）が各技術の技術導入に大きく影響すると想定されるため、資源の分別や回収方式と一体的となった検討が重要になる。どの素材をどの段階でどこまで分別して収集・運搬してどのリサイクル方式（MR、CR）でリサイクルしていくのか、多く

の選択肢の中から適材適所な技術を組み合わせることによる、発生からリサイクルまでの効率的なシステムの具現化が求められる。

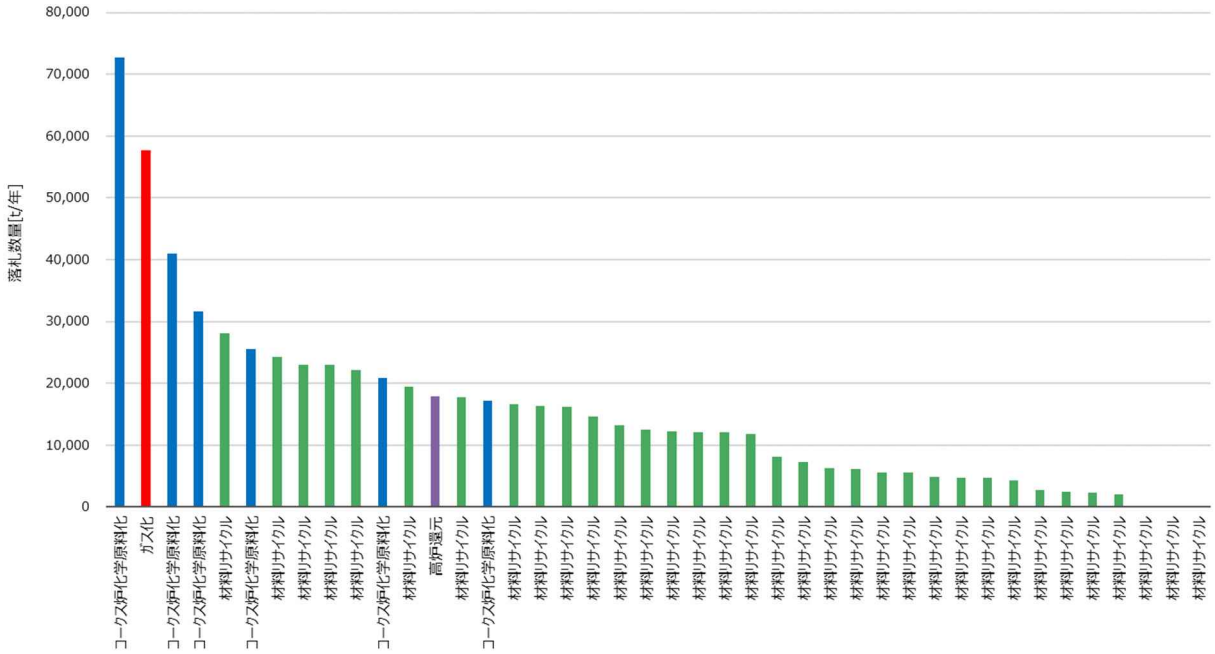
例えば、PS のうち食品トレーの事例では、カスケードリサイクルに回っている着色トレーを CR で水平リサイクルしていくといった技術開発がなされており、単一素材で回収したものの中でも、MR と循環型 CR の役割分担が明確なものも存在する。モノマー化は特に MR との役割分担を考える必要があり、「MR で水平リサイクルできない部分に CR を導入していく」という役割分担は他の樹脂でも参考になる可能性がある。

論点②：経済合理性のある処理システムの構築

化学プラントでは、規模の経済の効果によって、大規模なプラントほど単位量当たりの建設コストや運転維持コストが低減することから、CR プラントも大規模にすることがプラント単体では合理的である。他方、プラントを大規模化するためには、その分、廃プラを大量に収集することが必要になり、収集範囲を地理的にも広げていく必要がある。収集運搬コストは距離に比例するため、収集範囲の地理的拡大は輸送コストの増加に繋がる。本調査において検討したように、CR プラントがコンビナート周辺に立地する蓋然性が高いことも踏まえつつ、規模の拡大に伴うプラントの建設コストや運転維持コストの低減効果と収集範囲の拡大による輸送費の増加といったトレードオフを総合的に考慮して、地域に応じたシステムの構築が求められる。

ここで、現状のプラスチックリサイクルのプラントの処理規模や地理的な輸送状況を確認するため、日本容器包装リサイクル協会の、プラスチック製容器包装の市町村指定保管施設ごとの落札結果及び再商品化事業者ごとの落札数量を分析した。

まず、再商品化事業者の事業所ごとの落札数量を図 1-7 に示す。コークス炉化学原料化法やガス化といった CR において処理されている量が大きい傾向にあることがわかる。最大で 1 事業所当たり 7 万トンを受け入れている。現在、本業務で対象とした循環型 CR のプラントのうち建設中のもので最大のものは年間 2 万トンの処理能力を有しており、この処理能力は現在のプラスチックリサイクルの規模からして小さくはないが、決して大きいわけでもないという水準である。


80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
落札数量[t/年]
コークス炉化学原料化
ガス化
コークス炉化学原料化
コークス炉化学原料化
材料リサイクル
コークス炉化学原料化
材料リサイクル
材料リサイクル
材料リサイクル
材料リサイクル
コークス炉化学原料化
材料リサイクル
高炉還元
材料リサイクル
コークス炉化学原料化
材料リサイクル
材料リサイクル
材料リサイクル
材料リサイクル

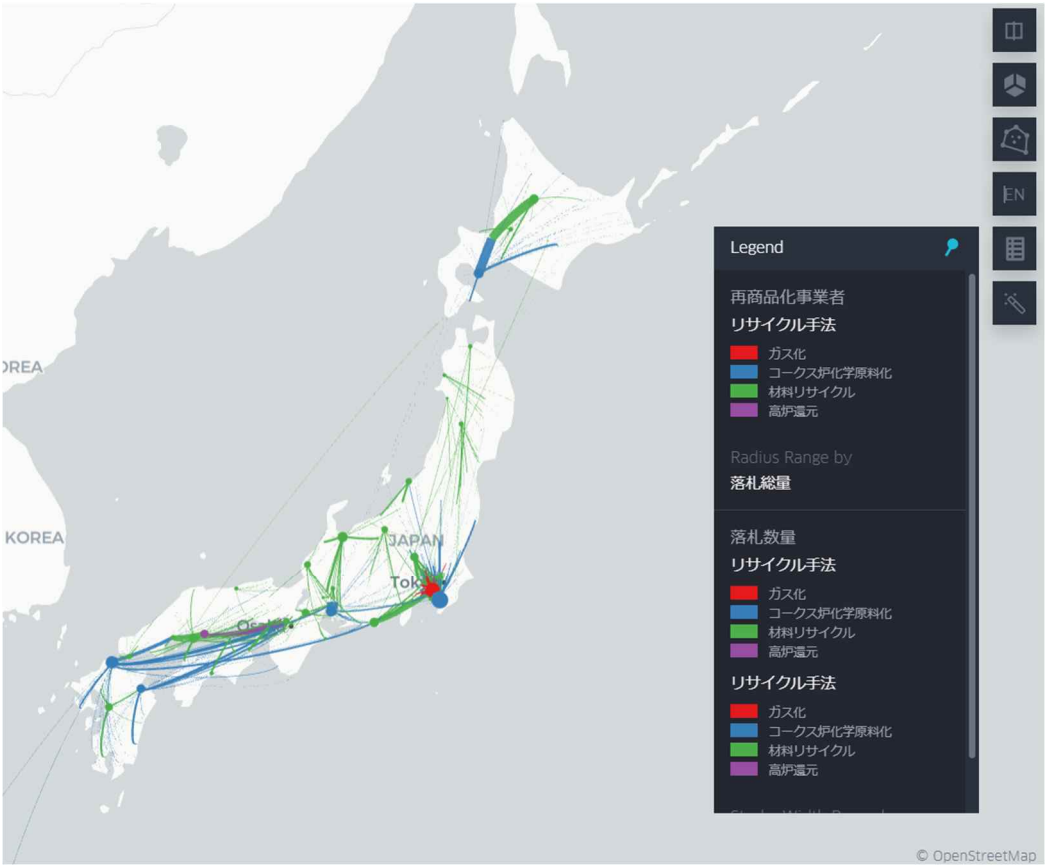


図 1-8　容器包装プラスチックの輸送状況

出典：「市町村指定保管施設ごとの落札結果一覧（令和5年度）」（公益財団法人日本容器包装リサイクル協会WEBサイト）よりダウンロードしたデータを加工・集計しkepler.glを用いて作成
＜https://www.jcpra.or.jp/recycle/related_data/tabid/1192/index.php＞
（最終アクセス2024年3月4日）

1.1.4　プラスチックに関する調査のまとめ

本業務では、プラスチックのリサイクル技術のうち、水平リサイクルを可能とする技術に着目して調査・整理を行い、そのうち、今後技術開発を経て社会実装が加速化すると考えられる循環型 CR 技術について、その普及が廃棄物・資源循環分野に与える影響について検討を行った。調査結果のまとめを以下に示す。

【循環型 CR 技術の技術開発・社会実装の動向】

- ✓ モノマー化は、廃プラスチック（ポリマー）をモノマーに戻す技術である。単一樹脂しか処理できないため、樹脂ごとに技術開発がなされている。現在、PS や PMMA を中心に実証や社会実装が進んでいる。廃プラスチックの多くの割合を占める PE や PP のモノマー化も技術開発されているが、実証が進んでいる PS や PMMA と比較すると難易度が高く、まだ実証には至っていない。
- ✓ 油化は、廃プラスチックを熱分解して再生油を製造する技術である。複合素材でも処理可能であるが、PVC や PET の混入はリサイクルプラントの機器や配管への腐食の影響があるため前処理が必要である。国内のコンビナートにおいて 2 万 t の規模の油化プラントが稼働予定である。また、小規模分散型を志向する技術開発も実施されている。
- ✓ ガス化（水平リサイクルを想定したもの）は、廃プラスチックを分子レベルまで分解して合成ガスを得る技術である。複合素材に加え、PET や PVC が混入していても処理可

能である。合成ガスからのプラスチック製造は、合成ガスをアルコール化（メタノール、エタノール）して、さらにそのアルコールを原料にオレフィンを製造するというプロセスが必要である。現在、国内で廃プラのガス化からメタノールを製造するプロセスが実証中である。

✓

【循環型 CR 技術が廃棄物・資源循環分野に与える影響】

- ✓ 複合材を含めて幅広い樹脂を対象とできるガス化が処理量の観点では優れているが、ガス化プロセスにおいて CO_2 が副生され、合成ガス中の一酸化炭素の利用だけでは収率が低くなるため、CO_2 削減効果も小さくなる。モノマー化はプロセス自体の収率は他の方式よりも高効率を実現できるが、対象とすることができる樹脂が限られる。油化は再生油中のナフサ成分の比率によってプラスチックに再生できる量が限定的になる可能性がある。ナフサ成分以外は燃料等として利用されることになり、他分野での燃料使用量を代替することで他分野の脱炭素化に貢献することができる。
- ✓ ガス化や油化の収率については、ガス化であれば副生 CO_2 の CCU、油化であれば後処理などを通じて技術側での改善が見込めるが、投入できる廃プラの分別については廃プラの排出側での回収システムと併せて一体的に検討していくことが重要となる。この際、分別区分を細かくすることが求められるモノマー化と MR との役割分担や経済合理的な収集運搬・処理システムの構築（リサイクルプラントの規模、廃プラの地理的収集範囲等）についても検討を深めていく必要があると考えられる。
- ✓ また、上記の検討の基礎となるデータとして、樹脂の種類や用途に応じたマテリアルフローデータの整備が重要である。

1.2　金属に関する調査

1.2.1　金属の資源循環に関する論点の整理

「中長期シナリオ（案）」では、廃棄物処理に伴い発生する①非エネルギー起源の GHG 排出量（2019 年度約 3,500 万 t-CO_2）と②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 CO_2 排出（2019 年度約 900 万 t-CO_2）を 2050 年に実質ゼロ化する排出量と定義している。金属の循環利用や廃棄の状態に応じて、非エネルギー起源の GHG 排出量は変わらないため、中長期シナリオ（案）の実質ゼロの範囲の定義では、金属の資源循環が寄与し得るのは、収集運搬・中間処理・最終処分におけるエネルギー起源 CO_2 排出量となる。

収集運搬過程については、収集運搬される重量に比例してエネルギーが必要になるため、収集運搬の車両での対策（電化、バイオマス燃料利用等）を除けば、基本的には発生抑制によりその工程での CO_2 排出量を抑制し得る。中間処理過程については、金属が多く含まれる不燃ごみは、破砕・選別等が主な処理でエネルギーを使用することになるが、燃料の燃焼は必要なく、動力がメインであると考えられる。また、最終処分については、埋立時の重機の稼働にエネルギーを使用することになり、収集運搬と同様に、その使用量は埋立量に比例すると考えられる。金属を循環利用することを考えると、中長期シナリオ（案）の実質ゼロの定義では、循環利用量が増加することで、中間処理工程でのエネルギー（電気）の使用量が増加する可能性があるが、最終処分量が減少して、最終処分時のエネルギー（燃料）の使用量は減少する。中間処理工程で電気の使用量が増えたとしても、再生可能エネルギー等による電力を供給できればカーボンニュートラルに貢献できる。加えて、最終処分量が減少すれば、その分の最終処分場の残余容量に余裕ができる。以上から、中長期シナリオ（案）での廃棄物・資源循環分野の GHG 排出量の範囲内では、金属の循環利用が脱炭素化に与える影響はかなり限定的ではないかと考えられる。

一方、金属製品は、製造時に多くのエネルギーを利用しており、それに伴って多くの GHG を排出している。したがって、金属製品のライフサイクル全体での脱炭素化においては、製造段階を脱炭素化することが重要である。製造段階の脱炭素化に向けては、プロセスに必要な原料やエネルギーを石炭等の化石燃料から水素等のカーボンフリーなものに切り替えていく方法（鉱物資源は採掘したものを利用）と、利用する鉱物資源自体を循環的なものに切り替えた結果としてプロセスに必要となる原料やエネルギーを変える方法がある。中長期シナリオ（案）の GHG 排出量の範囲内ではその影響が限定的であったが、金属の循環利用は、金属製品の製造段階での GHG 排出削減に大きな役割を果たし得ると考えられる。

さらに、金属の循環利用については、2050 年カーボンニュートラルを見据え、再エネ機器や EV 等の製造に必要となる重要鉱物の需要増加が想定され、国内での資源循環により、経済安全保障にも貢献できる。

1.2.2　新たなリサイクル手法等に関する調査

(1)　調査対象範囲

日本学術会議の材料工学委員会・環境学委員会・総合工学委員会合同の「SDGs のための資源・材料の循環使用検討分科会」による報告「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和 5 年 9 月 15 日）では、鉄、アルミニウム、銅、亜鉛、鉛、クリティカルメタル、貴金属の各元素についての動向についてまとめられている。本業務では、これらの元素を対象に、同報告書におけるサーキュラーエコノミーに向けた技術動向の記載等も踏まえ、各元素の循環利用に資する技術を調査した。

(2)　各種リサイクル手法等に関する最新情報の収集・整理

1)　「鉄」のリサイクル技術の開発や実装に関する動向

鉄のリサイクルについて、「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（日本学術会議、令和 5 年 9 月 15 日）では以下のとおり、現状と課題が整理されている。

- その**約３割を占める電気炉鋼**においても清浄な鋼の製造技術は進歩しているものの**主たる原料である鉄スクラップの品質、特に鉄に混入すると通常の精錬技術では除去できない不純物元素（トランプエレメント）の蓄積が深刻**である。それらの上限濃度は JIS 規格で定められていないものの、トランプエレメントの代表である銅の建設用電気炉棒鋼中の平均濃度は、実質的上限と想定される 0.4 重量%に近づきつつある。
- 一方、**転炉鋼においても鉄スクラップは鉄源の１～２割**を占めており、鉄の循環利用促進という観点では**同トランプエレメントの濃化抑制は重要な課題**である。
- ガス成分や硫黄以外の**鉄中不純物の多くは、酸素ガスの吹錬や酸化鉄の添加により精錬スラグ中に酸化除去**されるが、**鉄よりも酸化されにくい元素は同原理により除去することはできない。**硫黄との親和力が鉄よりも大きい銅については、硫化反応によりスラグ中に除去する研究や試験も実施が重ねられ、原理的・技術的な脱銅精錬の可能性は実証されているものの、増大する脱硫プロセスの負荷により経済合理性が伴わず、実機化には至っていない。
- 現時点では**製品寿命を終え、鉄スクラップとして回収される段階で他金属の混入抑制を徹底することが肝要**である。
- 鉄スクラップとして循環利用される鉄鋼材料の鋼種によって、必要成分元素として添加される場合など、鋼材中のトランプエレメント含有量も様々であり、特に**スクラップによる高級鋼製造ニーズが本格化すれば、高級鋼に適した品質のスクラップが市場に供給される必要性が高まる。**これは、市場における鉄スクラップの取り扱いを大きく変えるパラダイムシフトであり、鉄スクラップ母材の品質管理によるトランプエレメントの濃化抑制が極めて重要な視点となりつつある。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

表 1-24 に鉄のリサイクルに関連する技術開発や社会実装の動向について調査した概要を示す。

表 1-24　鉄のリサイクル技術の開発や実装等の状況の整理

企業等	技術開発等の動向
日本製鉄	・瀬戸内製鉄所に新設した電炉による商業運転を開始。（2022.10） 同社のNSCarbolex®Neutral（マスバランス方式を活用してCO_2排出量を削減した鉄鋼製品）の販売開始（2023年度上期）へつながる取組として位置づけ。 ・また、技術開発本部波崎研究開発センター（茨城県神栖市）に、大型化を見据えた小型電気炉（10t）を設置し、2024年度から試験を開始する予定。同じく技術開発本部波崎研究開発センターに小型シャフト炉を設置し、水素で低品位鉄鉱石を還元する試験を2025年度より開始予定。 ・これらの技術を組み合わせ、低品位鉄鉱石を水素直接還元した還元鉄とスクラップを原料とした大型電炉一貫プロセス（処理量約300t／1チャージ規模）を実機化し、不純物の濃度の制御など、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造する技術の確立を2030年度までに目指す。
JFEスチール	・2024年に既存電気炉能力を増強するほか、高効率・大型電気炉の新設を計画し、合わせて、年間310万t/年のCO_2削減を図る。また、CO_2排出削減技術により創出した削減量を、マスバランス方式を適用して特定の鋼材に割り当てることで、鉄鋼製造プロセスにおけるCO_2排出量を大幅に削減した鉄鋼製品「JGreeX™」の供給を2023年度上期より開始。新規建造予定の貨物船への採択が発表（2023.6）

出典：日本製鉄株式会社プレスリリース「瀬戸内製鉄所広畑地区電炉での商業運転開始～カーボンニュートラル技術である大型電炉での高級鋼製造技術の開発を着実に推進～」＜https://www.nipponsteel.com/news/20221101_040.html#:~:text=%E6%97%A5%E6%9C%AC%E8%A3%BD%E9%89%84%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BE%EF%BC%88%E4%BB%A5%E4%B8%8B,%E7%9D%80%E5%AE%9F%E3%81%AB%E6%8E%A8%E9%80%B2%E3%81%97%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82＞
「JFEスチール　カーボンニュートラル戦略説明会（2022年9月1日）　資料」＜https://www.jfe-steel.co.jp/company/pdf/carbon-neutral-strategy_220901_1.pdf＞（最終アクセス2024年3月4日）
JFEスチール株式会社プレスリリース「グリーン鋼材「JGreeX™」のドライバルク船への一斉採用決定について～国内海運8社とCO_2削減価値の社会分配モデルを構築～」＜https://www.jfe-steel.co.jp/release/2023/06/230620-2.html＞
（最終アクセス2024年3月4日）

鉄のリサイクルについて、既に粗鋼生産のうち約 3 割は鉄スクラップを原料に電炉で生産されているが、カーボンニュートラルに向けて大手鉄鋼メーカーが電炉の新設や高炉から電炉への転換を進めており、今後、電炉による生産が更に増加することが想定される。その一方、鉄スクラップ中の不純物元素の除去に技術的課題があり、現在、技術開発が実施されている。また、鉄スクラップによる高級鋼製造ニーズの高まりによって、スクラップの量に加え、必要成分元素としての添加も含め、スクラップの質も重視されることが示唆されている。こうした今後の動向を踏まえ、廃棄物・資源循環分野としては、回収段階でのトランプエレメントの混入の抑制や、トランプエレメント等の“含有される元素での分別”等による、鉄スクラップの質の最適化を実現し得る回収システムの構築が求められるものと考えられる。

2)　「アルミニウム」のリサイクル技術の開発や実装に関する動向

アルミニウムのリサイクルについて、「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（日本学術会議、令和 5 年 9 月 15 日）では次のとおり、現状と課題が整理されている。

- 現状のアルミニウムのリサイクル率は各種データから推定すると 70～80%程度だが、そのリサイクルの多くは、多種の使用済み展伸材スクラップが混合された状態で鋳造材として利用するカスケードリサイクルである。将来的に展伸材の需要は漸増傾向、鋳造材の主たる利用先であるガソリン自動車エンジンの需要は減少傾向と予想され、現状のカスケードリサイクルの持続性には大いなる懸念があり、アルミニウム資源の水平リサイクルが求められている。
- 日本ではアルミニウム新地金（展伸材）供給は全て輸入に頼っており、使用後は各種のアルミニウム合金（展伸材）が混合された状態で熔解され鋳造材となる。この混合アルミニウム合金類を元の種類別に相互分離することができれば、「展伸材 to 展伸材」の水平リサイクルを実現することができる。しかし、各種アルミニウム合金類の特性は互いに類似しており、従来の物理選別技術ではそれらを分離することが困難である。
- 一般的に、アルミニウムのリサイクルに要するエネルギーは、ボーキサイトからのアルミニウム製造のそれに比べて約３％といわれており、こうした高度センサー選別技術の開発による水平リサイクルプロセス開発による省エネルギー効果は、新地金生産量の削減効果を含めて考えると絶大である。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

また、一般社団法人日本アルミニウム協会による「アルミニウム VISION 2050」では、展伸材の原料における循環アルミの比率（循環使用率）について、現状（2019 年）で 10%程度のところ、2030 年に 30%、2050 年に 50%まで拡大することを目標にしている。展伸材における循環使用率の目標を達成する上での課題を以下のように整理している。

(1) スクラップ処理技術の技術革新
- 展伸材に循環アルミを使用可能とする技術体系を確立する。（①固体での選別、②溶融状態での不純物除去、③不純物前提の鋳造圧延、④加工での不純物起因の晶出物粒子の微細分散）

(2) 需要分野ごとの水平アルミ循環システムの構築（例：新幹線 to 新幹線）
- 関係者間のガイドラインによる規範化、協調のための意見調整の場の設定
- 解体時の材料識別方法、易解体技術の検討

(3) 循環（リサイクル）特性の社会への訴求
- アルミニウムの循環特性を訴求し、消費者側の選択に当たっての考慮要因となるため、環境ラベル制度を積極的に活用する。

(4) 発生するスクラップの量及び質に関する予見可能性の向上
- 精度が高く信頼されるスクラップ発生見通しを策定し、アルミ循環ビジネスの予見可能性の向上を図る。

(5) アルミ循環の効率化を促すように、規格基準の改善、慣行の是正

出典：一般社団法人日本アルミニウム協会「アルミニウム VISION 2050」（令和2年）

表 1-25 にアルミニウムのリサイクルに関連する技術開発や社会実装の動向について調査した概要を示す。

表 1-25　アルミニウムのリサイクル技術の開発や実装等の状況の整理

企業等	技術開発等の動向
日産自動車	・日産自動車は、車両製造時に発生するアルミニウム端材スクラップを自動車用アルミ板にリサイクルするリサイクルプロセスを採用（アルミメーカー等と協業）。
UACJ、トヨタ自動車	・これまで鋳物材にカスケードリサイクルされていた異種合金を積層した製品のスクラップ等を活用し、新地金使用量を約50%削減した「低CO_2リサイクルアルミ材」を共同開発し、2020年上市車種フードインナに適用。
本田技研工業	・2023年6月より二輪車向けに車体用アルミ鋳造材にリサイクル材の適用を開始。
ハリタ金属、東海旅客鉄道、日本車輌製造、日立製作所、三協立山	・経済産業省実証事業（「LIBS PROJECT」）及びNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の実証事業（「動静脈一体車輌リサイクルシステムの実現による省エネ実証事業」）において、研究開発を行い、新幹線に使用されるアルミ部材の水平リサイクルを実現。 ・車両の部位により使用されるアルミ合金系列が異なるために、合金系別の選別が難しく、廃アルミ材料はアルミ屑として売却され、鋳物やダイカストなどへカスケードリサイクルされていたところ、LIBSソーティングによって、アルミ合金系別に固体選別して一次溶解することで、従来よりも省エネを実現。 ・2020年7月より営業運転開始予定の東海道新幹線新形式車両N700Sの普通車客室荷棚及び荷棚下パネルに採用。
日軽金アクト、東海旅客鉄道、日本車輌製造、日立製作所等	・廃棄される新幹線車両の車両構体を新規に製造される車両の車両構体の一部に循環利用する「車両構体から車両構体へのアルミ水平リサイクル」を実現。 ・JR東海の東海道新幹線N700Sには、廃車となる新幹線車両の車体に使用されているアルミスクラップが水平リサイクルされ、これまでは内装部品の一部のみに循環利用されていたが、より一層の信頼性・品質の確保が求められる強度部材の『車両構体材』への循環利用を技術的に可能にした。 ・JR東海において、2023年度より順次追加投入される新幹線 N700S 2 次車の車両構体（屋根）の一部から採用される予定。
コカ・コーラ ボトラーズジャパン	・同社が管理・運営する自動販売機横のリサイクルボックスから回収した使用済みアルミ缶を、アルテミラ株式会社とMAアルミニウム株式会社と協働で、アルミ缶の水平リサイクル「CAN to CAN」に取り組み、ボトル缶胴の原材料として、「CAN to CAN」などによるリサイクルアルミ素材を100%使用した3製品の製造を2022年12月より開始。

出典：日産自動車株式会社プレスリリース「日産自動車、新型「ローグ」でアルミ部品のクローズドループ・リサイクルを適用」＜https://global.nissannews.com/ja-JP/releases/release-47bd1d4c8b3256fcee533e433e0ad50a-210122-01-j＞
山崎ら,軽金属 第73巻 第4号（2023）.低CO_2リサイクルアルミ材の開発＜https://www.jstage.jst.go.jp/article/jilm/73/4/73_730406/_pdf＞
本田技研工業株式会社「Honda ESG Data Book 2023」
＜https://global.honda/jp/sustainability/report/?from=newslink_text＞
ハリタ金属株式会社WEBサイト「新幹線から新幹線へのアルミ水平リサイクル実現」
＜https://www.harita.co.jp/technology/advanced-recycling/shinkansen/＞
日本軽金属ホールディングス株式会社プレスリリース「新幹線 から 新幹線へ「車両構体から車両構体へのアルミ水平リサイクル」について」＜https://www.nikkeikinholdings.co.jp/news/news/common/pdf/p2022052701hd.pdf＞
コカ･コーラ ボトラーズジャパン株式会社プレスリリース「アルミ缶の水平リサイクル「CAN to CAN」を開始」＜https://www.ccbji.co.jp/news/detail.php?id=1346＞
（最終アクセス2024年3月4日）

アルミニウムのリサイクルは、自動車や鉄道車両などでの水平リサイクルが実用化しつつある。今後、アルミニウムの水平リサイクル（展伸材 to 展伸材）を拡大していくためには、市中で種々のアルミ合金が混在された状態で回収されているものを別々に回収することが求

められる。この点は、鉄スクラップにおけるトランプエレメントに類似しており、廃棄物・資源循環分野として、異なる種類のアルミ合金を分別して回収する、あるいは、回収したアルミ合金を高度選別技術を利用し、合金の種類ごとに選別できるシステムの導入などが求められると考えられる。

3) 「銅」のリサイクル技術の開発や実装に関する動向

銅のリサイクルについて、「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（日本学術会議、令和 5 年 9 月 15 日）では以下のとおり、現状と課題が整理されている。

- 国内の状況を見ると、2020 年に国内に輸入された銅精鉱は 1,342 千 t、電解精製により生産された電気銅生産量は 1,583 千 t である。電気銅生産量のうち、スクラップ由来の生産量は 192 千 t となっている。
- 二次原料の中でも故銅と呼ばれる銅線などの比較的純度が高くかさ張るものは、銅製錬工程の転炉で処理されて再生されるが、昨今、**世界的に処理量が増している二次原料として E-scrap が挙げられる。代表的な E-scrap であるプリント基板は銅箔とともに集積回路などに金が多く使用されておることから、銅原料というよりは貴金属原料として重要視**されている。
- 国内では、年間 16 万 t から 20 万 t の E-scrap が銅精鉱とともに銅製錬原料として仕様（原文まま）されている。また、E-scrap や製錬残渣などの二次原料のみで銅製錬を行っている例もある。
- 基本的に国内での E-scrap の処理は、破砕とサンプリング分析を経た後、自溶炉－転炉法の製錬所では、前処理として焼却処理により樹脂成分が除去されて、基本的に転炉に焼却灰が装入されて銅や貴金属が回収される。バススメルティング方式で撹拌力の高い S 炉と呼ばれる炉では、塊状のスクラップも銅精鉱とともに処理が可能となるように工夫されている。また、溶体に浸漬ランスを通して化石燃料を燃やした火炎を吹き込む形式の TSL（Top Submerged Lance）炉と呼ばれる炉では、攪拌力が強く塊状の二次原料を直接挿入することが可能である。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

表 1-26 に銅のリサイクルに関連する技術開発や社会実装の動向について調査した概要を示す。

表 1-26　銅のリサイクル技術の開発や実装等の状況の整理

企業等	技術開発等の動向
JX 金属	・JX金属グループは2022年8月、「サステナブルカッパー・ビジョン」を策定し、サステナブルな銅の供給とその進化に向けた施策を示している。 ・同社は、銅精鉱とスクラップの両方を原料として活用でき、銅精鉱自らが発する熱を使いリサイクル原料を溶解させることで化石燃料をほぼ不要とする「グリーンハイブリッド精錬」により銅製品を供給し、2040年にリサイクル原料比率50%以上を目指す。
三菱マテリアルグループ	・三菱マテリアルグループのE-Scrapの処理能力は年間約16万tで、全世界の発生量80万tの約20%を占める。同グループは、この処理能力を2030年度末までに年間約24万トンまで拡大することを目指す。 ・同グループのE-scrapの集荷実績は、2021年度で、日本が約37%、欧州・アフリカが約34%、米州が約16%、アジア・オセアニアが約13%となっており、国内だけではなく、世界中の廃基板を回収している。

	・三菱マテリアルは、2023年3月、E-scrapを始めとする金属リサイクル材に特化した、世界初の廃棄物ゼロのリサイクルプラントの実現に取り組む英国のExurban社へ出資して、戦略的提携関係の構築を進めている。

出典：JX金属株式会社WEBサイト「Sustainable CopperVision JX金属が目指すサステナブルな銅の姿」＜https://www.jx-nmm.com/sustainabilityreport/2023/strategy/feature/sustainable-copper.html＞
三菱マテリアル株式会社WEBサイト「三菱マテリアルのE-Scrapリサイクル事業」＜https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/company/e-scrap.html＞
三菱マテリアル株式会社プレスリリース「英国Exurban社への出資について～E-Scrapビジネスの拡大を目指して～」＜https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2023/23-0329.html＞
（最終アクセス2024年3月4日）

銅のリサイクルについては、原料のリサイクル比率を将来的に高めていく方向での技術開発がなされており、銅精鉱とリサイクル原料の両方を原料とすることができる精錬技術が開発されている。また、リサイクル原料の調達としての E-scrap の収集に関する取組も活発化しており、国内だけではなく、国外も含めた循環が期待される。さらに、後述するが、リチウムイオン電池（LIB）に含有する銅をニッケルやコバルト、リチウムとともに取り出して水平リサイクルする技術なども実証されている。銅はその高い導電率や熱伝導率から、電気自動車や太陽光パネル、電線など、カーボンニュートラルに向けてその需要が更に高まっていくものと考えられ、多様な排出源から効率的に回収することが求められる。

4) 「亜鉛」のリサイクル技術の開発や実装に関する動向

亜鉛のリサイクルについて、「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（日本学術会議、令和 5 年 9 月 15 日）では以下のとおり、現状と課題が整理されている。

- 2021年の亜鉛の鉱石生産量は12,797千t，金属生産量は13,853千t，使用量は14,948千tである。**その用途は約60%が鉄鋼材料の防食用メッキであるため、リサイクルは鉄鋼材料と一緒に行われることが多い。**メッキに使用した亜鉛も徐々に汚染されてくるので、メッキ浴に使用された亜鉛のリサイクルも行われる。
- 亜鉛のリサイクルの中心は、亜鉛メッキ鋼板を電炉でリサイクル際に発生する電気炉ダストの処理によって粗 ZnO を作り、それを乾式製錬法である ISF 若しくは湿式製錬法である亜鉛電解採取の原料として、リサイクルされている。ダストからの粗 ZnO の精製法は多くのプロセスがあり、日本でも異なった５つのプロセスが実用化されている。
- 最も多いのはウェルツキルン法で、粗 ZnO とコークス、フラックスを添加し、ZnO を還元揮発させ、再度酸化しながら回収し、高濃度の ZnO を得るプロセスである。**亜鉛濃縮のために高温での炭素還元を行うために現在のようにカーボンニュートラルを目指していく社会では課題が多い。**そのために湿式で処理する方法も種々検討されており、一部実用化されている。
- **電炉ダストをリサイクルすれば残渣は鉄若しくは酸化鉄となる場合が多く、その利用も含め、鉄の循環と同時に考える必要がある**と考えられる。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

表 1-27 に亜鉛のリサイクルに関連する技術開発や社会実装の動向について調査した概要を示す。

表 1-27　亜鉛のリサイクル技術の開発や実装等の状況の整理

企業等	技術開発等の動向
東邦亜鉛	・小名浜精錬所において、電炉ダスト等を主原料にして直接法（アメリカ法）による酸化亜鉛の生産を行う。 ・製造された酸化亜鉛は、タイヤを主体とするゴム用に使用されている。

出典：東邦亜鉛株式会社WEBサイト＜https://www.toho-zinc.co.jp/business/recycle/sulphuric.html＞（最終アクセス2024年3月4日）

亜鉛は、その用途の約 60%が鉄鋼材料の防食用メッキであることから、鉄の循環と密接な関係にあることが指摘されている。現在、既に導入されているリサイクル手法も鉄スクラップの電炉ダスト（市中から回収された際にスクラップに亜鉛がメッキとして付着している）から回収を行うものが主流である。

5)　「鉛」のリサイクル技術の開発や実装に関する動向

鉛のリサイクルについて、「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（日本学術会議、令和 5 年 9 月 15 日）では以下のとおり、現状と課題が整理されている。

- 鉛はベースメタルの中でも珍しく鉱石から製造されるよりもリサイクルされている量の方が多い金属である。**約６割弱がリサイクルでカバー**されている。
- **使用先は車載用のバッテリーが主体**で、その他に化成品がある。鉛蓄電池は再生使用が可能であるが、永久に再生使用が可能なわけではなく、いずれ蓄電池としての働きが低下する。車載用蓄電池は使用条件が厳しいので、**車載用蓄電池として再利用できなくても、別用途のリユースも存在する。**したがって、車載用鉛蓄電池は、フォークリフトや定置用として再利用されることがある。その場合、重要となるのは、残存価値を速やかに正確に把握する診断技術である。
- 最終的にはリサイクルすることになるが、この場合も**大型の非鉄製錬設備で粗鉛を製造し、電解で精製する場合と、乾式製錬で車載用蓄電池として使用できる程度に精製する技術**が存在する。
- 鉛はその中毒性を指摘され使用禁止の方向に進んでいる。しかし注意して使用すれば大変使い勝手のいい金属である。車載用鉛蓄電池の回収率は非常に高く、そのために使用しても環境汚染が広がることは少ない。さらに**鉛製錬プロセスは、他の貴金属やクリティカルメタルの回収にも大きく貢献している。したがって、鉛の循環を維持しながら、その技術を有効に利用することが重要**である。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

表 1-28 に鉛のリサイクルに関連する技術開発や社会実装の動向について調査した概要を示す。

表 1-28　鉛のリサイクル技術の開発や実装等の状況の整理

企業等	技術開発等の動向
三菱マテリアル	・同社は、非鉄金属製品におけるリサイクル材料の含有率を明示した、国内初となるリサイクル金属ブランド「REMINE」を立ち上げ、第一弾として、「電気錫」及び「電気鉛」を販売開始した。 ・電気鉛は、同社の子会社（細倉金属工業）において従来の鉛製錬技術・設備を利用した使用済バッテリー当鉛含有物から鉛地金を再生する環境調和型のリサイクルシステムを構築。
東邦亜鉛	・年間12万tの鉛地金の生産能力を誇る東邦契島製錬(株)において、使用済み鉛バッテリーを鉛地金の原料として再利用（リサイクル）している。 ・鉛バッテリーは自動車用バッテリーと産業用バッテリーの二つに大きく大別される。使用済み自動車用バッテリーは、電池メーカーが販売店等から無償回収しているものと、有価で流通しているものに二分され、同社はどちらも原料として使用し鉛をリサイクル生産している。

出典：三菱マテリアル株式会社プレスリリース「国内初、リサイクル金属ブランド「REMINE」誕生 第一弾の錫と鉛を販売開始～リサイクル材料含有率を国際規格ISO14021に準拠し算出～」
＜https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2024/24-0116.html＞
三菱マテリアル株式会社WEBサイト
＜https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/product/metals/lead_battery_recycle3.html＞
東邦亜鉛株式会社WEBサイト
＜https://www.toho-zinc.co.jp/business/metallurgy/lead/recycle.html＞
（最終アクセス2024年3月4日）

鉛は、車載用蓄電池に主に利用されており、約 6 割弱がリサイクルでカバーされている。既に、使用済みのバッテリーを回収してリサイクルする手法が実用化されている。

6) 「クリティカルメタル」のリサイクル技術の開発や実装に関する動向

クリティカルメタルのリサイクルについて、「資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（日本学術会議、令和 5 年 9 月 15 日）では以下のとおり、現状と課題が整理されている。

- 我が国ではレアメタルと表現されることが多いが、米国、EU においてはクリティカルメタル、ミネラルと称し、各国や地域の産業構造によって指定し、それぞれの事情に応じた安定供給について種々の方策を取っている。特に EU は、サーキュラーエコノミーの提案とリンクして、循環使用の重要性を打ち出している。
- 資源的に希少な金属は、レアメタルに分類され、白金、パラジウム、ロジウムなどの貴金属もその代表例である。これらの元素は、自動車の排ガスを浄化する触媒として利用され、自動車産業にとっては不可欠なレアメタルである。
- 資源的には豊富に存在するにもかかわらず、鉱石から金属を抽出するのが困難な金属もレアメタルに分類される。希土類金属、リチウム、チタンなどがその代表例である。ネオジムやジスプロシウムなどの希土類金属は、高性能モータの製造に必要な超高性能永久磁石の主原料である。また、リチウムはリチウムイオン電池の製造に欠かせない。さらにチタンは航空機産業の需要が大きい。
- カーボンニュートラルの実現に必要な元素として、リチウムイオン電池に使用されるリチウム、ニッケル、コバルトや、高効率モータで使用される希土類元素、特に高温使用下での性能保持力維持に効果的なジスプロシウム、テルビウムの重要性が世界共通に認識されている。そのほかレアメタルではないが、再生可能エネルギーは電気で供給されることが多いので、電気の良導体である銅についても注目されている。

出典：日本学術会議「報告　資源循環とカーボンニュートラルの両立に向けた課題と日本が取り組むべきサーキュラーエコノミー対策」（令和5年9月15日）

表 1-29 にクリティカルメタルのうち、リチウムイオンバッテリー（LIB）のリサイクルに関連する技術開発や社会実装の動向について調査した概要を示す。

表 1-29　クリティカルメタル（リチウム等）のリサイクル技術の開発や実装等の状況の整理

企業等	技術開発等の動向
住友金属鉱山	・LIBに含有される銅及びニッケルについて、東予工場の銅製錬工程とニッケル工場のニッケル製錬工程を組み合わせたプロセスによる再資源化を2017年から実施。特に、回収されたニッケルは磯浦工場で二次電池の正極材に加工され、日本で初めて使用済みLIBからの“Battery to Battery”の水平リサイクルを実現。 ・コバルトについても回収・高純度化して正極材の原料として再利用できることを2021年に実証。リチウムについても、関東電化工業（株）との共同開発により、乾式スラグから高純度リチウム化合物として再資源化する技術を2022年に確立し、銅、ニッケル、コバルト、リチウムを水平リサイクルする新プロセス開発に成功。 ・2025～2027年度に1万t/年の処理体制確立を目指す。
三菱マテリアル	・事業化を前提とした、リチウムイオン電池のリサイクル工程で製造されるブラックマス（※LIBを放電・乾燥・破砕・選別したリチウム、コバルト、ニッケルの濃縮滓）に含まれるリチウム、コバルト、ニッケルを回収・精製する湿式製錬技術の開発に着手したと発表（2022年12月）。 ・技術開発において、一定の成果が得られたことから、福島県いわき市の小名浜製錬株式会社小名浜製錬所の敷地内にパイロットプラントを建設し、ブラックマスからのレアメタルの高効率回収の事業化に向けた、更なる技術開発に取り組む（2023年12月）。
パナソニックエナジー	・2025年操業開始予定の米国工場における電気自動車用バッテリーセル生産のため、バッテリーのリサイクルなどを行う米国レッドウッド・マテリアルズとの間で、リチウムイオン電池の正極材と銅箔の調達契約に合意したと発表（2022年11月）。

出典：住友金属鉱山株式会社WEBサイト「循環型社会への貢献（資源の有効活用）」
＜https://www.smm.co.jp/sustainability/management/resource/resource_3.html＞
三菱マテリアル株式会社プレスリリース「三菱マテリアルとエンビプロ、リチウムイオン電池リサイクル技術を共同開発～ブラックマスからのレアメタル精製技術を確立し事業化へ～」
＜https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2022/22-1202.html＞
三菱マテリアル株式会社プレスリリース「リチウムイオン電池リサイクル技術の確立に向けたパイロットプラントの建設～ブラックマスからのレアメタル精製事業化への次のステップへ～」
＜https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2023/23-1206.html＞
パナソニックエナジー株式会社プレスリリース「車載用リチウムイオン電池の正極材及び銅箔調達について米国レッドウッド社と売買契約を締結」
＜https://news.panasonic.com/jp/press/jn221115-3＞
（最終アクセス2024年3月4日）

リチウムイオン電池（LIB）は、銅やニッケルの回収が先行していたが、コバルトやリチウムも含めた回収技術が実用化されつつある。

1.2.3　廃棄物・資源循環分野の脱炭素化への影響に関する検討

(1)　他分野の脱炭素化への貢献向けて廃棄物・資源循環分野が果たし得る役割の整理

金属のリサイクル（資源循環）による脱炭素への貢献は、 1.2.1 でも述べたとおり、循環利用により、他分野の製造時のプロセスにおける化石燃料の使用を低減し得るという点が大きく、廃棄物・資源循環分野としては、いかに循環利用に適した状態の原料を多く供給し得るか、という、量と質の両方の観点での役割が期待される。

まず、量の観点で、循環利用量実態調査における金属くずの処理フローを図 1-9、図 1-10 に示す。図 1-9、図 1-10 のフローから分かるとおり、廃棄物側での金属資源の循環利用は、産業廃棄物において発生量もリサイクルしている比率が高いことが分かる。産業廃棄物については発生量のうち約 97%がリサイクルされており、リサイクル量の観点での向上余地は小さい。一方、一般廃棄物は、産業廃棄物ほど発生量自体が多くないが、発生量のうちリサイクルしている比率は約 50%で、残り約 50%は最終処分されており、量的には向上が見込めることになる。ただし、金属全般の処理フローであり、このままでは、前項まで調査した金属の種類ごとの議論が困難である。したがって、廃棄物・資源循環分野からの貢献を考える前提として、まずは金属の種類ごとの質の議論も含めた廃棄・循環過程におけるより詳細なマテリアルフローに関する実態把握が望まれる。

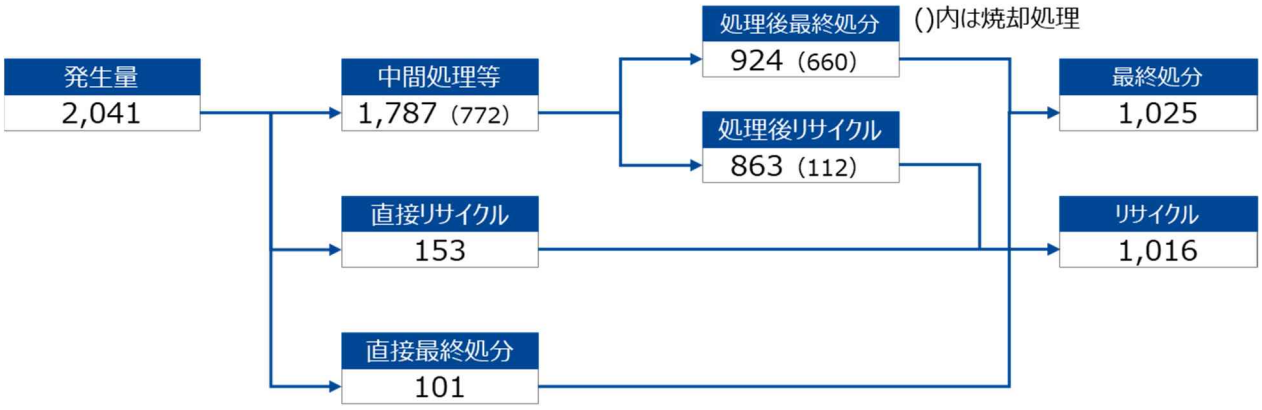


図 1-9　一般廃棄物の「金属」の処理フロー

出典：「令和４年度廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書」より作成

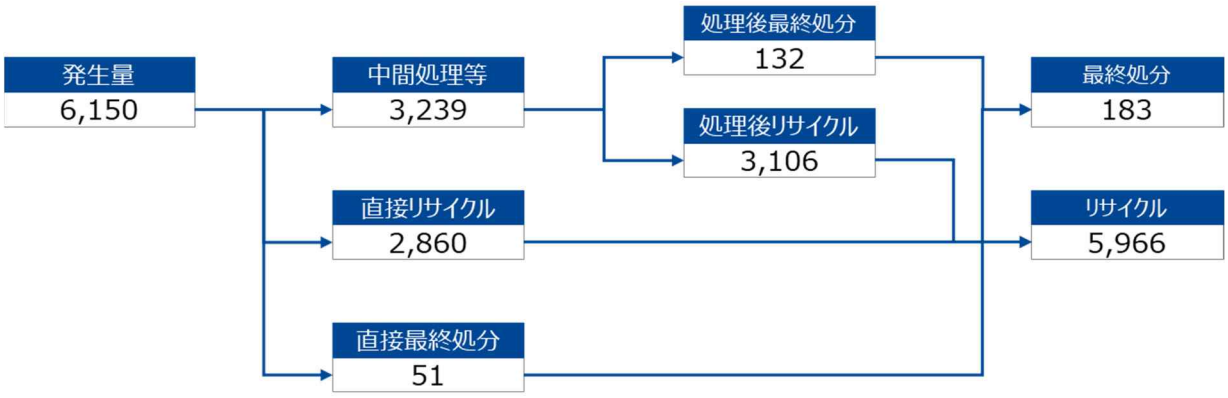


図 1-10　産業廃棄物の「金属くず」の処理フロー

出典：環境省　環境省環境再生・資源循環局「令和4年度廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書」（令和5年3月）より作成

次に、質という観点では、不純物等の関係で水平リサイクルできずにカスケードリサイクルせざるを得ないものについて、精錬技術の開発に加えて、廃棄物・資源循環分野側での分別排出や高度選別等も組み合わせて、水平リサイクルを実現していくことが求められる。鉄やアルミニウムに関する調査で触れたとおり、鉄であればトランプエレメント等の含有される元素別の分別や、アルミであればアルミ合金の高度選別などが重要になってくる可能性がある。

1.2.4　金属に関する調査のまとめ

本業務では、金属のリサイクルの現状や技術開発、社会実装状況についての調査を通じて、金属の新たなリサイクル手法が廃棄物・資源循環分野に与える影響について検討を行った。調査結果のまとめを以下に示す。

【リサイクル技術の技術開発・社会実装の動向】

- ✓ 鉄、アルミニウム、銅、亜鉛、鉛については、既に実用化されているリサイクル手法があり、リサイクルは一定進んでいる状況にある。一方、鉄やアルミなどはスクラップ中の他の元素（不純物）によって、高品質な再生材が製造できないことや水平リサイクルが実現できないことが課題となっており、精錬技術の開発に加えて、質による選別が重要になる可能性が高い。
- ✓ リチウムイオン電池（LIB）においては、銅やニッケルの回収が先行していたが、コバルトやリチウムも含めた回収技術が実用化されつつある。
- ✓ 鉄と鉛、LIB 中の銅やニッケル、コバルト等、複数の元素が製品に含まれている場合には、これらの元素の回収を同時に実現し得るという点で、元素のみに着目するのではなく、回収の観点も念頭に、金属製品という分類でのリサイクルを深堀りすることも考えられる。

【金属のリサイクル技術が廃棄物・資源循環分野に与える影響】

- ✓ 中長期シナリオ（案）における廃棄物・資源循環分野の実質排出ゼロの定義では、金属のリサイクルが廃棄物・資源循環分野に与える影響は限定的であると考えられる。
- ✓ 金属のリサイクルは、他分野の製造プロセスにおける化石燃料の使用を低減し得るという点が大きく、廃棄物・資源循環分野としては、いかに循環利用に適した状態の原料を多く供給し得るかという観点が重要になる。
- ✓ 量の観点では、金属全般といった解像度では、現在の環境省における廃棄物等の全般を対象とした整理結果だけで見れば、一般廃棄物において回収量を増加させる余地が示唆される。質という観点では、不純物等の関係で水平リサイクルできずにカスケードリサイクルせざるを得ないものについて、精錬技術の開発に加えて、廃棄物・資源循環分野側での高度選別等も組み合わせて、水平リサイクルを実現していくことが求められる。
- ✓ また、上記の検討の基礎となるデータとして、金属の種類別に発生場所や他の元素の含有状況等に応じたマテリアルフローデータの整備が重要であると考えられ、まずは廃棄・循環過程における実態の把握が必要とみられる。

1.3　油など（自動車廃液）

1.3.1　調査の目的及び方法

自動車の使用・廃棄段階で発生する液体類のうちクーラントに関し、生産・使用及び処理の現状と今後の見通しを調査し、廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響について検討することを目的としてヒアリング調査を実施した。調査概要を表 1-30 に示す。

表 1-30　調査概要（調査の方法、対象、内容）

調査方法	調査対象	調査内容
ヒアリング調査	A社（日本オートケミカル工業会会員、クーラント等の製造等）（2024年2月8日実施）	自動車のメンテナンスや解体時に廃油・廃液として発生し得る自動車用化学品について クーラントの生産・販売及び使用・廃棄の概況と今後の見通し クーラントの回収・処理方法 クーラントの生産と廃棄に伴う温室効果ガス（二酸化炭素）の排出について
	B社（日本オートケミカル工業会会員、クーラント等の製造等）（2024年2月14日実施）	
	C社（産業廃棄物の収集運搬及び中間処理、再生燃料等の製造・販売等）（2024年2月16日書面回答）	廃クーラントの回収先、量、方法 廃クーラントの処理方法

1.3.2　調査結果

(1)　クーラントの生産、使用、処理に関する現状と今後の見通し

調査結果の概要を表 1-31 に示す。

表 1-31　調査結果の概要

調査項目	調査結果の概要
自動車のメンテナンスや解体時に廃油・廃液として発生し得る自動車用化学品について	・自動車のメンテナンスや解体時に廃油・廃液として発生し得る自動車用化学品：クーラント、エンジンオイル、ブレーキ液、変速機に用いられる油類（ATF, CVTF)、エンジンマウント液、ウィンドウォッシャー液 ・1台当たりクーラント保有量：軽など小型自動車が3L程度、大型車が数十L、普通車が5～8L程度（エンジンが大きいほど多い。エンジンが車体の後方にある場合、前方にあるラジエーターを冷却するためにホースを経由し多くなる。） ・1台当たりブレーキ液保有量：一般車が500ml～1L程度[※1Lから1.5L未満] ・1台当たりウィンドウォッシャー液保有量：数L程度
クーラントの生産・販売及び使用・廃棄の概況と今後の見通し	［クーラント国内生産・販売量］ ・クーラント生産量の統計：日本オートケミカル工業会は所有していない（代理店が加盟する団体、補充交換用であれば補修部品の業界団体が所有している可能性)。 ・新車向けクーラントの国内生産量：自動車メーカーの新車販売台数［※国内生産台数］と1台当たりクーラント使用量から想定可能と思われる。 ・自動車完成品を経由する以外にも製品（液体そのもの）を輸出している。 ・一般的に国内自動車メーカーのクーラントは日本国内製、輸入車のディーラーで販売されている純正クーラントの一部は外国製。 ［クーラントの成分及び種類］ ・エチレングリコール（モノエチレングリコール）が一般的な主成分、そのほか金属部分を守るための防錆剤、沈殿や析出を抑制するための添加剤（メーカーによって異なる)。

調査項目	調査結果の概要
	・プロピレングリコールが主成分のクーラントもある（人への有害性が比較的低い、エチレングリコールが主成分の製品より高価であることなどから国内では普及に至らなかった)。 ・クーラントの希釈率は地域の凍結温度で決まり、一般的に30-50%程度。 ・従来の長寿命クーラント（LLC）と、LLCと同じカテゴリでさらに長寿命の超長寿命クーラント（超長寿命LLC）がある。自動車メーカーは使用期間の長い製品を選択する傾向（メーカー側がクーラントの仕様をクーラントメーカーに提示)。使用段階の交換で使用するクーラントの種類は整備工場等による。 ・ディーラーで扱っているカーメーカーの純正クーラントであれば、新車用と補充交換用で中身は同じ（銘柄が異なる場合を除く)。 ・クーラントの着色は、リザーバタンクでの視認性（リザーバタンクの水位確認を含む）と誤飲防止のため。各メーカーが色を選択しているだけで性能が異なるわけではない。 ・自動車メーカーに納めている製品は、メーカーのOEM品であり自社ブランド品ではない。OEM品と自社ブランド品では、同じものもあるが、メーカーの仕様に合わせているものもある。 ・ガソリン車とディーゼル車用で中身として大きく異なることはない。 ［クーラントの交換時期・頻度・方法］ ・クーラントの交換頻度は新車で7年以上（10年程度のものもある)。推奨交換頻度は自動車メーカーごとに設定。 ・多くの使用者はディーラー・整備工場等のアドバイスで交換しているのではないか。以前は車検ごとに交換していたが、最近は交換頻度が少なくなっている［※一般的なLLCは車検ごとの交換を推奨、超長寿命LLCは車検で確認し問題がなければ継続使用と思われる］。 ・ディーラー等で交換しない場合、例えばある製品は5年10万kmが交換目安 ・使用頻度が多いと交換頻度は多くなる（クーラントに熱がかかることによって劣化が進むため)。 ・交換できるクーラント量はディーラーや整備工場の方法次第だが、ラジエーター、エンジン、ヒーターコアがあり複雑な経路となっていて、ドレインボルトを開けて全部を出し切ることは難しい。全交換が理想だが、一番前のラジエーター部分から排出して補充する場合も多いのが実情ではないか（その場合は多くて2L程度ではないか)。 ・整備工場によってはクーラントチェンジャーという機器を導入し、機械的に効率的に交換している。その場合の交換量は多いかもしれない。 ・防錆剤が含まれている強化剤を添加し交換時期を延ばす製品もある。 ・使用者自身で交換するケースは少ない。 ［PHEV, 電気自動車におけるクーラント使用］ ・1台当たりクーラント使用量は車によって異なり、交換頻度も使用状況による。一般的な話として減る方向になるともいわれているが、クーラント製造者としては不明と言わざるを得ない。 ・電気自動車ではクーラントとして使われるよりもヒーターとして使われるトレンドもある（温めるためにクーラントを使用)。
クーラントの回収・処理方法	［自動車から発生する廃クーラントの管理・回収］ ・廃クーラント回収先・運搬方法：自動車ディーラー、ガソリンスタンド、一般自動車整備工場で回収、ドラム缶ごと又はローリー車にて抜取り ・回収時の管理方法：基本的に分別されたものを回収 ・廃棄物の種別：産業廃棄物の廃アルカリとして回収・処理 ・同時に回収するもの：廃油（廃クーラントと分けて運搬）

調査項目	調査結果の概要
	［自動車から発生する廃クーラントの処理］ ・C社は焼却処理を行っているが、混合燃料の原料として活用している企業やリサイクル処理を行っている企業もある。 ［クーラント製造者において発生する廃液の処理］ ・回収業者に委託し、中間処理業者を経由してセメント工場で燃料利用［※廃棄物処理事業者が回収し、燃焼処理］ ［再資源化の課題］ ① クーラント製造者 ・分離精製が困難（水とエチレングリコールを加熱して分ける必要がありコストが掛かる）。防錆剤なども入っているので蒸気として一緒に出てくると管理が難しく、それなりの設備が必要になる。 ・ブレーキ液が混ざっている場合、エチレングリコールだけを取り出すことができないため、クーラントを分別回収する必要があり、ハードルが高い。 ② 産業廃棄物処理事業者 ・例えばクーラントが再生重油に不適であるとされる理由として、再生重油の原料となる潤滑系油と混合できないことや、再生重油JIS規格基準のカロリーに適合しないことが挙げられる。
クーラントの生産と廃棄に伴う温室効果ガス（二酸化炭素）の排出について	・クーラントの原材料の生産過程や、販売されたクーラントの廃棄後の処分過程なども含めて、クーラントのライフサイクルでのCO_2排出量が計算されている事例を聞いたことはない。 ・クーラント生産時は原材料の混合が主であり、クーラント等製造者がその過程で使用するエネルギー使用量自体は多くない。しかし、原料の運搬やクーラントを充填する際に燃料や電気は消費する。

※ヒアリング対象によって回答が異なる場合、［※］で他の回答内容を記載している。

(2) 資源循環分野の脱炭素化に与える影響に関する検討

- クーラント液の生産量の既存統計等は確認されなかったので、以下に非常に大まかな試算により推計を行う。（図 1-11 の“A”の部分）
  - 仮に 1 台当たり 10L として、自動車の年間生産台数を簡単のため 800 万台[2]とすると、新車生産用に 8000 万 L（8 万 kL）が新規に投入されている。
  - 同様に、使用段階の自動車への補充・交換量は、1 台当たり使用量（封入量）に加えて、1 台・1 年間当たりの補充・交換回数と補充・交換率（封入量に対する比）を想定することで、非常に大まかな推計は可能である。仮に保有台数 8300 万台[3]において 5 年に 1 回[4]（すなわち 1 年当たり 5 台に 1 台）補充・交換されているとし、補充・交換時には初期投入量（10L/台）の仮に半分を投入しているとすると、補充・

[2] 一般社団法人日本自動車工業会によれば、2022 年の四輪車生産台数は 783 万 5 千台である。うちトラック（普通車）約 50 万台やバス約 8.5 万台については、1 台当たりクーラント使用量はより多い可能性が高い。（一般社団法人日本自動車工業会「四輪車」<https://www.jama.or.jp/statistics/facts/four_wheeled/>（最終アクセス 2024 年 3 月 10 日））

[3] 自動車保有台数は令和 5 年 11 月末現在 83,045,358 台（一般財団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有台数」<https://www.airia.or.jp/publish/statistics/number.html>（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日））

[4] いわゆる車検の間隔は 1 年～3 年（通常の旅客や貨物の運送用は 1 年、自家用乗用車の場合は新車の場合は 3 年など、道路運送車両法（昭和 26 年法律第 185 号）第 61 条による。）と考えられる。一方で、長寿命なクーラントも製造されており、クーラントの交換頻度は車検の頻度よりも少なくなりつつある可能性がヒアリング結果からうかがわれた。

交換用に年間 8300 万 L（8.3 万 kL）が使用されていることになる。（8300(万台)÷5(台/台)×10(L/台)÷2(初期投入量の半分)＝8300 万 L)。

- 両者を合算すると、年間 16 万 kL 程度のクーラントが必要であり、加えて輸出用の生産も必要である。

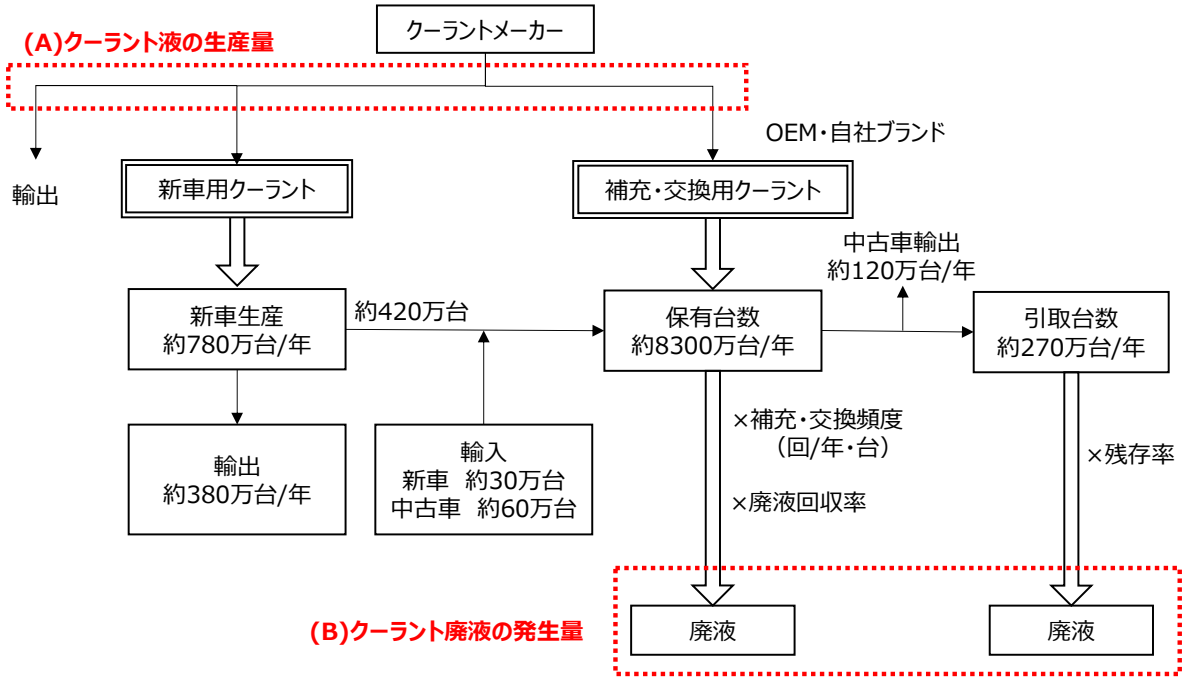


図 1-11　クーラントの生産から廃棄の流れの模式

注１）新車生産台数及び輸出台数並びに自動車輸入台数及び輸入中古車販売台数については、一般社団法人日本自動車工業会「四輪車」<https://www.jama.or.jp/statistics/facts/four_wheeled/>（最終アクセス 2024年3月6日）の2022年の値を参照した。
注２）中古車の輸出台数は、一般社団法人日本自動車リサイクル機構「ニュースレター（vol.171）」<https://www.elv.or.jp/media/Rakude/20230601101044-jname.pdf>（最終アクセス 2024年3月6日)の2022年の値を参照した。
注３）引取台数は、経済産業大臣・環境大臣「令和4年度使用済自動車、解体自動車及び特定再資源化等物品の引取り及び引渡し状況の公表について」<https://www.env.go.jp/content/000146671.pdf>（最終アクセス 2024年3月6日）の2022年度の値を参照した。
出典：本業務におけるヒアリング結果及び各種統計等よりパシフィックコンサルタンツ作成

- 同様の要領で、クーラント廃液の発生量（図 1-11 の“B”の部分）を大まかに見積もった。生産量の見積もりとは異なり、自動車生産台数ではなく解体される台数を対象とし、補充・交換時には封入量に対する比としては廃液発生率を設定することになると考えられる。
  - 引取台数約 270 万台とし、投入全量が廃液になっているとすれば、年間 2700 万 L（2.7 万 kL）が発生していることになる。
  - 保有台数約 8300 万台について、上記と同じく仮に 5 年に 1 回補充・交換されているとし、補充・交換時には投入半量が廃液として発生しているとすると、補充・交換時に年間 8300 万 L（8.3 万 kL）の廃液が発生していることになる。
  - 以上を合算すると、非常に大まかな試算としてのクーラント廃液発生量は年間 11 万 kL となる。この値は根拠が弱く不確実な数値であり、おおよその規模感の一つの目

安程度として捉えられるべき数値である。

- 今後、クーラント廃液の発生量が増加するか否かは、廃車台数及び使用中台数の増減や補充・交換頻度等に加えて、電気自動車の普及及び電気自動車 1 台当たりに用いられるクーラント液の増減が影響する可能性がある。
- 電気自動車 1 台当たりに用いられるクーラント液の増減については、自動車メーカーの設計によるところ、本調査の範囲では増減の方向性についての情報は得ていない。

- クーラント液は、エチレングリコールの水溶液（30%から JIS K2234 としては最大 60%）であり、防錆剤などの各種添加剤が含まれている。廃棄処分実態を広く調査することはできなかったが、このような特性から主に焼却又は燃料化により処理されていることが想定される。したがって、クーラント廃液の処理に伴い、エチレングリコール中の炭素が CO_2 として大気に排出されていると考えられる。ただし、我が国の温室効果ガス排出インベントリでは「廃油」は算定対象であるが、クーラント廃液がマニフェスト上は「廃アルカリ」として処分されている場合もあると考えられるため、インベントリ上の算定対象である廃油の処理量（GHG 排出量計算上の活動量）に含まれている割合は不明である。上述の 11 万 kL で濃度が仮に 40%（体積分率）とすると、エチレングリコール量は 4.4 万 kL であり[5]、$C_2H_6O_2$ の分子式から計算すると、7 万 t-CO_2 程度である。
- 焼却・燃料化ではなく、水処理（好気性分解あるいは嫌気性分解）されているケースもあることを否定する情報はないが、その場合も最終的には CO_2 などにまで分解・酸化されていると考えられる。（日本国温室効果ガスインベントリでの我が国の GHG 排出量に含めて計上されているかはやはり別である。）。

- 水溶液であることから、再生利用のためには水からアルコール（エチレングリコール）を分離させる必要がある。そのための技術開発も行われてきていると考えられる[6]が、いずれにせよ加熱により脱水する場合は、そのためのエネルギーが必要となる[7]。また、各種添加剤も含まれていることを考えると、それらを必要な精度で分離できるかという課題もある。よって、水平的な再生利用は費用的、技術的に容易ではない可能性がある。実際、今回のインタビュー結果からも国内のクーラント生産分野においてクーラントとしてのリサイクルへの取組みが行われている事例があるとの情報は得られなかった。

- 以上より廃クーラントの処理に伴う当面の GHG 排出削減対策としては、単純焼却や水

[5] 密度は、環境省環境保健部環境リスク評価室「化学物質の環境リスク評価　第 3 巻」<https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap01/02_2_4.pdf>（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日)より、1.1135g/cm^3 とした。

[6] 例えば、以下の特許のあることを確認した：「不凍液の廃液を加熱蒸発させてエチレングリコールを分離生成する方法及び装置」公開番号（公開出願番号）：特開 2002-001002

[7] エチレングリコールの沸点は 200℃近く（環境省環境保健部環境リスク評価室「化学物質の環境リスク評価　第 3 巻」<https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap01/02_2_4.pdf>（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日)）であり、水より高い。簡単に試算すると、エチレングリコール 45%水溶液について、エチレングリコールの生成熱に対する水溶液の蒸発潜熱の割合は 5 割弱と考えられるため、潜熱回収できない場合でも熱回収に意味はある。30%水溶液の場合は、蒸発潜熱の割合が 8 割近くを占める。逆にいえば、30%水溶液の場合は潜熱回収しなければエチレングリコールを加熱により分離回収するのに生成熱の 8 割近くのエネルギーが必要になる。

処理ではなく、今回の調査結果より事例もあるとみられる補助燃料化（セメント利用など）の推進が有効ではないかと考えられる。

- 一方、今後の GHG 排出削減可能性としては原料となるエチレングリコールのバイオ化が挙げられる。
  - 国外（ドイツ）においては、バイオ由来のエチレングリコールの開発企業とクーラント企業の連携のプレスリリース事例[8]があることが確認された。これは、電気自動車用にカーボンニュートラルの観点からの訴求としてもクーラントも脱化石化を図る趣旨のようである。
  - エチレングリコールは PET の原料ともなるところ、我が国の企業でもバイオ化についての取り組む動きが見られる（今回インタビューさせていただいたクーラント生産企業からも御指摘をいただいた。）。以前から PET ボトル用に国外において国外企業が生産したバイオエチレングリコールを用いた PET を使用する取組みが存在しているが、最近では日本企業によるバイオ原料を使用したエチレン誘導品の製造・販売の調査・検討が始められている（表 1-32）。
- クーラント液の原料のバイオ化の量的実現可能性の観点から、バイオ由来エチレングリコール供給可能量[9]について、いくつかの関連する情報をまとめた（上記では、国内でのクーラントの生産量を非常に大まかな目安として年間 16 万 kL 程度と試算しており、エチレングリコール体積分率を 40%とすると約 6 万 t となる。）。
  - India Glycols 社のバイオ由来のグリコールの年間の生産量あるいは生産能力は、モノエチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコールを合わせて 17.5 万 t である[10]。
  - UPM 社は、ドイツ Leuna に硬材（hardwood）を原料としたバイオリファイナリー工場を建設中であり（技術的稼働の目途は 2024 年末）、生産能力は年間 22 万トンで、そのうち糖系統からバイオ・モノエチレングリコールとバイオ・モノプロピレングリコールが、リグニン系統から「再生可能な機能フィルタ」（Renewable Functional Filters；ゴム製品で使用されるカーボンブラック及びシリカの代替用途）が生産される[11]。生産比率は不明であるが、エチレングリコールも数万 t 生産されるとすれば、同工場 1 か所で日本のクーラント液の生産必要と大まかに推測される規模と同程度の可能性があるということになる。

---

[8] UPM, “UPM Biochemicals and HAERTOL Chemie GmbH announce strategic partnership to develop new sustainable coolants”, PRESS RELEASE, 9.2.2023 10:00 EET <https://www.upm.com/about-us/for-media/releases/2023/02/upm-biochemicals-and-haertol-chemie-gmbh-announce-strategic-partnership-to-develop-new-sustainable-coolants/>（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

[9] なお、バイオプラスチック導入ロードマップ検討会（第 4 回、令和 3 年 1 月 19 日）配付資料の参考資料 3「バイオプラスチックを取り巻く国内外の状況」によれば、バイオ PET の世界の製造能力は 2019 年（実績）21 万 t、2024 年（予測）15 万 t とされている。同資料よりエチレングリコールが 30%とすれば、約 6 万 t（2019 年実績）に相当する。ただし、この数値は PET 用途の数量であって、バイオ・モノエチレングリコール全体の生産能力ではなく、なおかつ PET はバイオ・モノエチレングリコールの一用途である。

[10] India Glycols Limited, “Bio-Glycols” <https://www.indiaglycols.com/bio-glycols-2/>（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

[11] UPM, “Building a state-of-the-art biorefinery in Leuna” <https://www.upmbiochemicals.com/about-upm-biochemicals/biorefinery-leuna/>（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

表 1-32　バイオ由来のエチレングリコール等に関連する国内企業の取組例

企業	概要
A）岩谷産業 （2010 年開発、取扱い開始）	・ モノエチレングリコールをさとうきびの搾りかすであるモラセスから精製した植物性原料を用いて製造した PET 樹脂を 2010 年より販売開始。国内 No.1 のシェア（自社調べ、2021 年 12 月現在(2021 年取り扱い実績 3 万 t)） ・ India Glycols 社がサトウキビ廃糖蜜を原料にバイオマス・エチレングリコールを製造し、岩谷産業が調達、Indorama 社（同社 Web サイトでは日本国内の PET 製造工場は見当たらない。）がバイオマス PET を製造する役割分担とのことなので、日本にはエチレングリコールではなくバイオマス PET として輸入していることが推察される。
B）ENEOS、日本触媒、三菱商事 （2021.8.19）	・ 国内初のバイオ原料を使用したエチレン誘導品の製造・販売を 2024 年度に開始することを目指し、共同調査を行うことに合意 ・ 日本触媒は、エチレンを主原料としたエチレン誘導品である酸化エチレン（日用品や化粧品などの原料）や酸化エチレン誘導品、エチレングリコール（ペットボトルやポリエステル繊維などの原料）の製造・販売を行う企業
C）三菱ケミカル、豊田通商 （2022.3.14）	・ バイオエタノールを原料とするエチレン、プロピレン及びその誘導品の製造・販売を 2025 年度に開始することを目指し、事業化に向けた検討を開始
D）双日 （2022.3.25）	・ バイオマス由来のモノエチレングリコール（MEG）生産技術の開発に参画（100%バイオマス由来のペットボトル原料生産を目指す。）。 ・ 2022 年 3 月 16 日に、ブラジルの Braskem S.A.との間で、バイオマス由来のモノエチレングリコール及びモノプロピレングリコールの生産技術の共同開発を目的とした合弁会社を設立する契約を締結。

出典：各社Webサイト等よりパシフィックコンサルタンツ作成。具体的な出典は以下のとおり。

A） 循環経済パートナーシップ（J4CE）「バイオマス PET サプライチェーン構築：岩谷産業株式会社 INDIA GLYCOLS　Indorama」<https://j4ce.env.go.jp/casestudy/122>
（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

A）岩谷産業株式会社「バイオマス PET 樹脂」
<https://www.iwatani.co.jp/jpn/business/material/functional-plastics/products/biomass-pet/>
（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

B）株式会社日本触媒「バイオ原料を使用したエチレン誘導品の供給に向けた共同調査開始について」2021 年 8 月 19 日<https://www.shokubai.co.jp/ja/news/202108195580/>
（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

C）豊田通商株式会社「植物由来原料を用いたエチレン、プロピレンなどの事業化検討開始について」2022 年 3 月 14 日<https://www.toyota-tsusho.com/press/detail/220314_005847.html>
（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

D）双日株式会社「双日、バイオマス由来のモノエチレングリコール（MEG）生産技術の開発に参画」2022 年 3 月 25 日<https://www.sojitz.com/jp/news/2022/03/20220325.php>
（最終アクセス 2024 年 3 月 6 日）

1.3.3　自動車廃液調査のまとめ

自動車クーラントは、石油由来のエチレングリコールを主成分として、地域の凍結温度に応じて水で 30～50%に希釈されている。自動車 1 台当たりのクーラント保有量は、新車（普通車）で 5～8 リットル程度である。使用段階でのクーラントの交換頻度は自動車の使用状況によるが、主に車検の際の整備工場等のアドバイスで行われていると思われ、現在は車検ごとよりも交換は少なくなっている模様である。

クーラントの国内生産量・販売量の統計情報の有無は不明（異なる販売用途を総合した全体像としてまとまったものはおそらく無く、少なくとも公表されているものはない）が、新

車に充填されるクーラントと補充交換用のクーラントの生産があるほか、クーラント液そのものが海外に輸出されている。一般的には国内自動車メーカーの純正クーラントは国内製、輸入車のディーラーで販売されている純正クーラントの一部は外国製である。

自動車の使用段階と廃棄時に発生する廃クーラントは、自動車ディーラー、ガソリンスタンド、整備工場等より排出され、分別されたものが産業廃棄物の廃アルカリとして回収されているようである。処理方法の全ては把握できていないが、焼却と燃料利用がある。

上記の情報等より新車用と使用段階の補充・交換用のクーラント年間生産量は合計 16 万 kL 程度（輸出分を除く）、使用済み自動車（廃車）と使用段階の補充・交換用から発生する廃クーラントの年間発生量は 11 万 kL 程度と大まかに推定される。

この廃クーラント年間発生量（11 万 kL）より、処理（焼却、燃料利用）に伴う GHG 排出量を非常に大まかに推定すると 7 万 tCO_2 程度である。廃クーラントはカロリーが低く再生重油の原料となる廃油と混合できないため（補助）燃料化されていないケースもあると考えられるほか、分離精製が困難であるという問題から水平的な再利用は少なくとも費用対効果面からも難しい。

電気自動車 1 台当たりクーラント保有量はエンジン車に比べると少なくなるといわれているため、電気自動車の普及が進めばクーラント消費量は減少すると思われる。しかし、電気自動車ではこれまでとは異なる利用方法（例：ヒーターとして使われる）もあり得る。廃クーラント処理に伴う GHG 排出抑制としては、（補助）燃料化と将来的には原料のバイオマス化が有効と考えられる。

第2章　廃棄物処理等における脱炭素化技術の評価・検証

2.1　中長期シナリオ（案）の実現に求められる廃棄物・資源循環分野の脱炭素技術

2.1.1　調査対象とする対策の選定

環境省は令和 3 年 8 月 5 日の中央環境審議会循環型社会部会（第 38 回）にて公表された「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）」（以下「中長期シナリオ（案）」という。）において、廃棄物・資源循環分野での温室効果ガス（以下「GHG」という。）実質排出ゼロを達成するシナリオ（実質排出ゼロシナリオ）や CCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage：二酸化炭素回収・有効利用・貯留）を最大まで導入し、ネガティブエミッションを達成するシナリオ（最大対策シナリオ）を提示した（計算上は全量を CCS と仮定）。最大対策シナリオにおける対策別の GHG 削減効果は図 2-1、表 2-1 のようになっており、CCUS を除くと、対策別の排出削減量は「廃プラスチック」が最も多く、CCUS 以外の対策のうちの 50%近くを占めている。このことから、廃プラスチック対策は、中長期シナリオ（案）の実現に向けて、GHG 削減対策の中でも極めて重要であると考えられる。

また、GHG 削減対策を進めてもなお発生する残余排出については、CO_2 を除去することにより実質排出ゼロやネガティブエミッションを達成している。2050 年の CCUS 導入量は、実質排出ゼロシナリオで 6,161 kt-CO_2、最大対策シナリオでは 16,138 kt-CO_2 と試算されており、当該分野の脱炭素化のためには欠かせない技術であることが示唆されている。

以上より、本業務では、中長期シナリオ（案）の実現に向けて特に重要と考えられる、廃プラスチック対策及び CCUS の二分野を中心に、廃棄物・資源循環分野における脱炭素技術について評価・検証を実施することとした。なお、本章における技術の整理に当たっては、表 2-2 に示す文献等の調査を実施した。

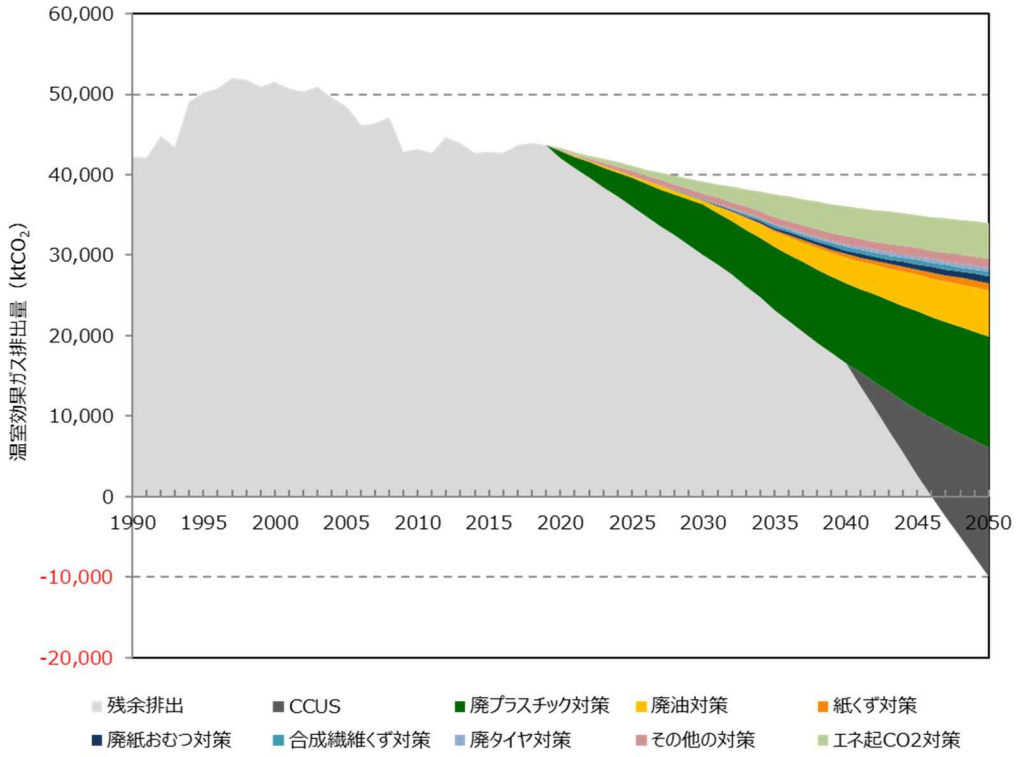


図 2-1　最大対策シナリオにおける対策別の GHG 削減効果試算結果（対 BAU シナリオ）

出典：環境省 環境再生・資源循環局「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）」（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）

表 2-1　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

出典：環境省 環境再生・資源循環局「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）」（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）

表 2-2　調査文献一覧

文献名	著者・発行年
令和４年度廃棄物・資源循環分野における2050カーボンニュートラル実行計画等検討業務報告書	パシフィックコンサルタンツ株式会社（2023年3月）
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）	環境省（2021年8月）
GX実現に向けた基本方針 参考資料	経済産業省（2023年2月）
「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性	環境省（2023年9月）
グリーンイノベーション基金事業「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」研究開発・社会実装計画	環境省（2023年10月）
プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図	一般社団法人 プラスチック循環利用協会（2023年12月）
産業廃棄物処理におけるAI・IoT等の導入事例集	環境省（2021年3月）
自動車リサイクルの現状	経済産業省、環境省（2020年8月）
自動車リサイクル法の施行状況	経済産業省、環境省（2024年1月）
「CO_2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画（改定案）の概要	経済産業省（2023年11月）
グリーンイノベーション基金事業／廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現 （別紙2）事業概要資料	NEDO（2024年2月）
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	パシフィックコンサルタンツ株式会社（2022年3月）
カーボンリサイクルロードマップ	経済産業省（2023年6月）
「CO_2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画	経済産業省（2021年10月）

文献名	著者・発行年
「CO_2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画	経済産業省（2022年1月）
「CO_2を用いたコンクリート等製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画	経済産業省（2021年10月）
「バイオものづくり技術によるCO_2を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画	経済産業省（2022年10月）
分野別投資戦略 参考資料（持続可能な航空燃料（SAF）	GX実行会議（2023年12月）
2022年度NEDO新エネルギー部成果報告会「バイオジェット燃料生産技術開発事業」の概要」	矢野貴久（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（2023年3月）
我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策	一般財団法人 運輸総合研究所（2022年3月）
2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略	内閣官房他（2021年6月）
合成燃料に関する海外の技術動向について	みずほリサーチ＆テクノロジーズ株式会社（2022年12月）
合成燃料研究会　中間とりまとめ	経済産業省（2021年4月）
都市ガスのカーボンニュートラル化について中間整理	総合資源エネルギー調査会　電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 ガス事業制度検討ワーキンググループ（2023年6月）
都市ガスのカーボンニュートラル化について中間整理参考資料	総合資源エネルギー調査会　電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 ガス事業制度検討ワーキンググループ（2023年6月）
第6次エネルギー基本計画	2021年10月閣議決定
資源循環分野におけるバイオメタンおよびバイオメタネーション技術	小林他, 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 33, No. 1, pp. 25-34, 2022
Methods and Techniques for CO_2 Capture: Review of Potential Solutions and Applications in Modern Energy Technologies	Paweł Madejski et al. (2022)
What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050	The World Bank（2018）
Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems	Gómez-Sanabria et al.(2022)
Global Plastics Outlook Policy Scenarios to 2060	OECD（2022）
POLICY HIGHLIGHTS　Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060	OECD（2022）
Report on the feasibility of a long-term aspirational goal (LTAG) for international civil aviation CO_2 emission reductions	ICAO（2022）
Report on the Feasibility of a Long-Term Aspirational Goal (LTAG) for international civil aviation CO_2 emission reductions Appendix M5	ICAO（2022）
Net zero 2050 Fact sheet	IATA（2023）
Waypoint 2050 Second Edition	ATAG（2021）
Outlook for biogas and biomethane	IEA（2020）
World Energy Outlook 2023	IEA（2023）
Gas Market Report, Q2-2023	IEA（2023）
Medium-Term Gas Report 2023	IEA（2023）

2.1.2　廃プラスチック対策（高度選別や省エネ・低コストのリサイクル技術）

中長期シナリオ（案）における廃プラスチック対策の基本的な考え方を図 2-2 に示す。このうち、技術的な対応として、大幅に 3R が進展するシナリオ（イノベーション発展シナリオ）では、2050 年においてマテリアルリサイクル（以下、「MR」という。）への仕向量 200 万 t 程度、循環型ケミカルリサイクル（以下、「CR」という。）への仕向量 100 万 t 程度、バイオマスプラスチック導入量 250 万 t 程度（図 2-3 参照）を見込んでいるほか、リサイクルへの仕向量を増加させるための高度選別技術の普及も重要であると考えられる。このことから、「令和 4 年度廃棄物・資源循環分野における 2050 カーボンニュートラル実行計画等検討業務」（以下、「R 4 年度業務」という。）では、高度選別、MR、循環型 CR、バイオプラスチック（バイオマスプラスチックと生分解性プラスチックを含む）について調査を実施した。その後、高度選別については国内でも先進的な事例が一定の稼働実績を有してきたこと、循環型 CR を始めとするリサイクル技術については、プラスチックリサイクル量倍増が目標として掲げられる中（図 2-4）で、グリーンイノベーション基金事業（以下、「GI 基金」という。）でも追加の公募が実施されていること等も踏まえ、これらの技術について本業務で追加の調査を実施した。

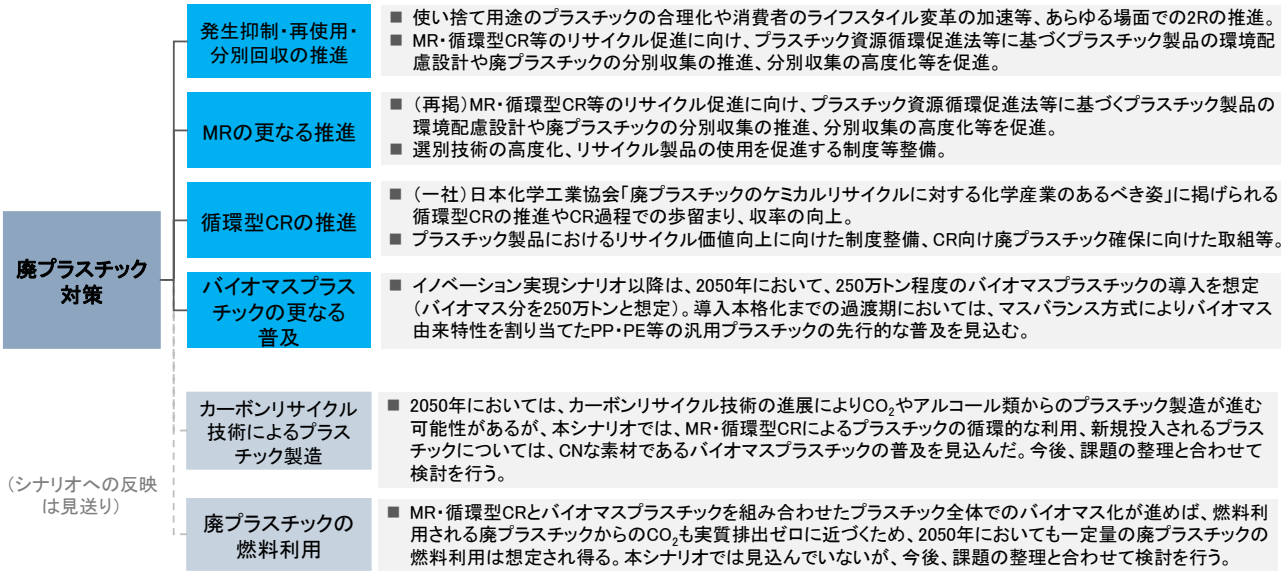
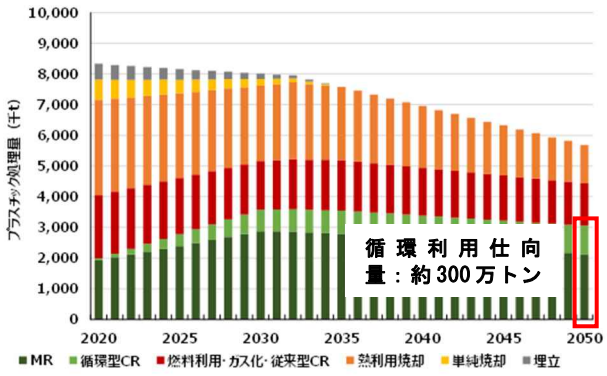


図 2-2　廃プラスチック対策の基本的な考え方

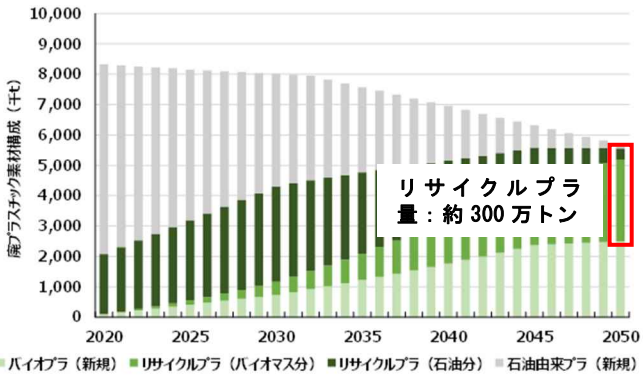
出典：環境省 環境再生・資源循環局「廃棄物・資源循環分野における 2050 年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ（案）」（中央環境審議会 循環型社会部会（第 38 回）、令和 3 年 8 月 5 日）

（1）廃プラスチック対策の基本的な考え方

・MR及び循環型CRにより廃プラスチックの循環的な利用を進めるとともに、新規投入されるプラスチック製品については、バイオプラスチック導入ロードマップに基づき、2030年までに約200万トンのバイオマスプラスチック導入（バイオマス割合は3～4割）を想定。
・2050年に向けては、やむを得ず焼却せざるを得ない廃プラスチックからの排出されるCO_2をMR・循環型CRの促進とバイオマスプラスチック化の組み合わせにより大幅に削減すると想定。



廃棄されたプラスチックの処理方法別の処理量の試算結果（イノベーション発展シナリオ）



廃棄されたプラスチックの素材構成の試算結果（イノベーション発展シナリオ）

【試算にあたっての想定内容】
- プラスチックの廃棄量は、将来人口（一般廃棄物）及び将来エチレン生産量等（産業廃棄物）をドライバーに用い、プラスチック製買物袋の有料化等の発生抑制対策の効果を加味して推計した。特にイノベーション発展シナリオにおいては、カトラリーや食品向けのフィルム・容器・ボトルについてプラスチック資源循環促進法に基づく重点的なリデュース等を想定し、プラスチック製品種類毎のプラスチックの廃棄量データをもとにプラスチック全体として25%程度のリデュースの深堀りを見込んだ。
- MR・循環型CRについては、廃プラスチック対策の中心的な役割を担う技術として位置付け、「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，一般社団法人 日本化学工業協会」を参考に、本推計で見込む発生抑制対策の深堀りによる影響も加味して導入量を想定した。
- 埋立及び単純焼却については、「プラスチック資源循環戦略」に基づき、2035年までに全て他の処理に代替されると想定した。

32

図 2-3　廃プラスチック対策の基本的な考え方

出典：環境省 環境再生・資源循環局「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）」（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）に加筆

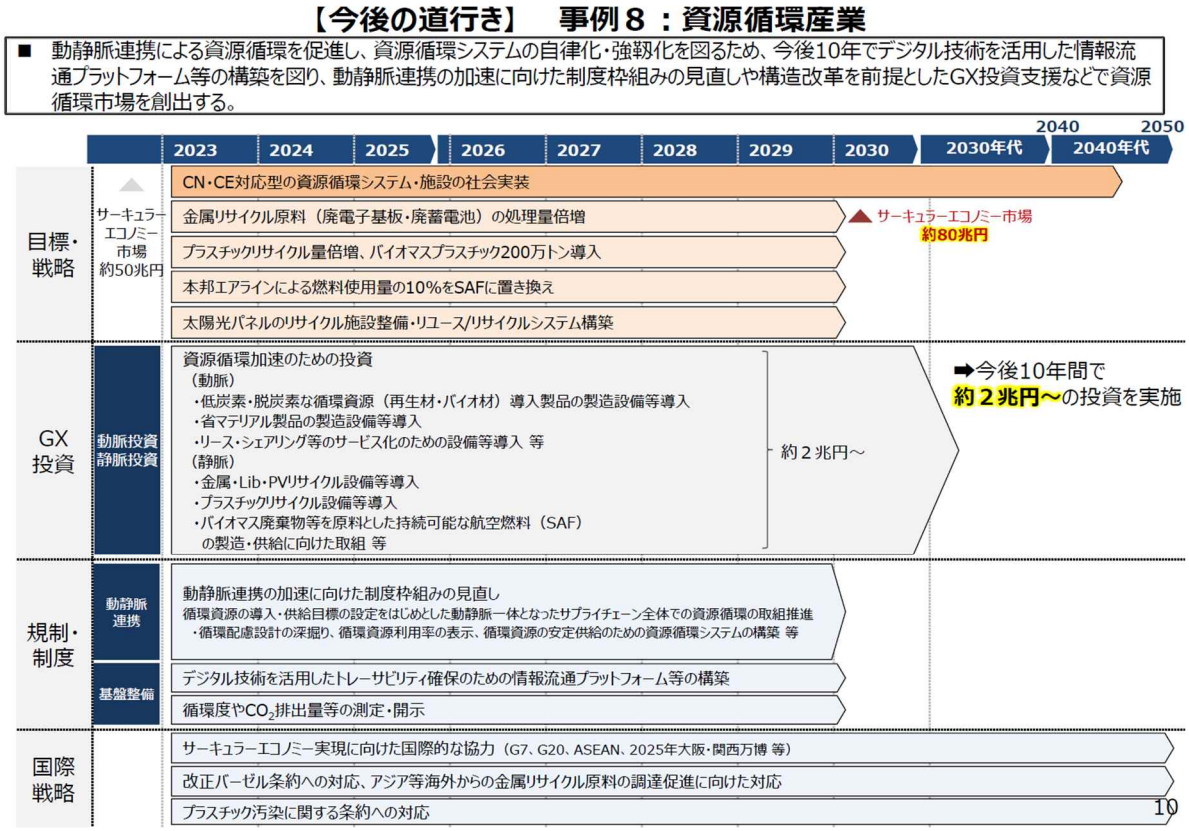


図 2-4　【今後の道行き】資源循環産業

出典：「GX 実現に向けた基本方針 参考資料」（令和 5 年 2 月 10 日閣議決定）

2.1.3　CCUS、バイオメタネーション、カーボンリサイクル技術等

中長期シナリオ（案）では、「地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システムの構築」に係る対策の中で、焼却施設の集約化（300t/日以上）と併せた CCUS の実施が想定されている。CCUS による炭素除去量は実質排出ゼロシナリオで約 6,000kt-CO_2/年、最大対策シナリオでは約 16,000kt-CO_2/年（いずれも 2050 年時点）と試算されており、GHG 実質排出ゼロ、及びカーボンネガティブ実現のために非常に重要な技術であると考えられる。一方、CCUS に関する条件設定の課題として、全量が焼却施設から発生する CO_2 の貯留（CCS）を想定した試算となっており、焼却以外の処理（熱分解等）や、回収した炭素の有効利用（CCU）、中長期シナリオ（案）でも導入拡大を想定しているメタン発酵施設（一般廃棄物の焼却施設新設のタイミングでの併設を想定）から発生するバイオガスのメタネーションなど、今後、廃棄物・資源循環分野の CCUS 技術として普及の可能性がある各種技術（図 2-5 参照）が考慮されていないことが挙げられる（熱分解については、中長期シナリオ（案）の試算上は焼却に内包されていると考えることができる。）。そのため、R４年度業務では、主に廃棄物処理施設の脱炭素化技術に着目し、焼却処理施設での CO_2 分離回収技術、熱分解技術、バイオメタネーション技術の調査が実施された。その後、GI 基金「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトにおいてもこれら三技術の技術開発プロジェクト（図 2-6）が進行している（2024 年 2 月 15 日に採択結果公表）ことや、R４年度業務では CO_2 等を有用物に変換するカーボンリサイクル技術の調査は主たる対象ではなかったことを踏まえ、本業務では、廃棄物処理施設の脱炭素化技術（CO_2 分離

回収付帯の焼却、熱分解、バイオメタネーション）やカーボンリサイクル技術について、新規又は追加の調査を実施することとした。

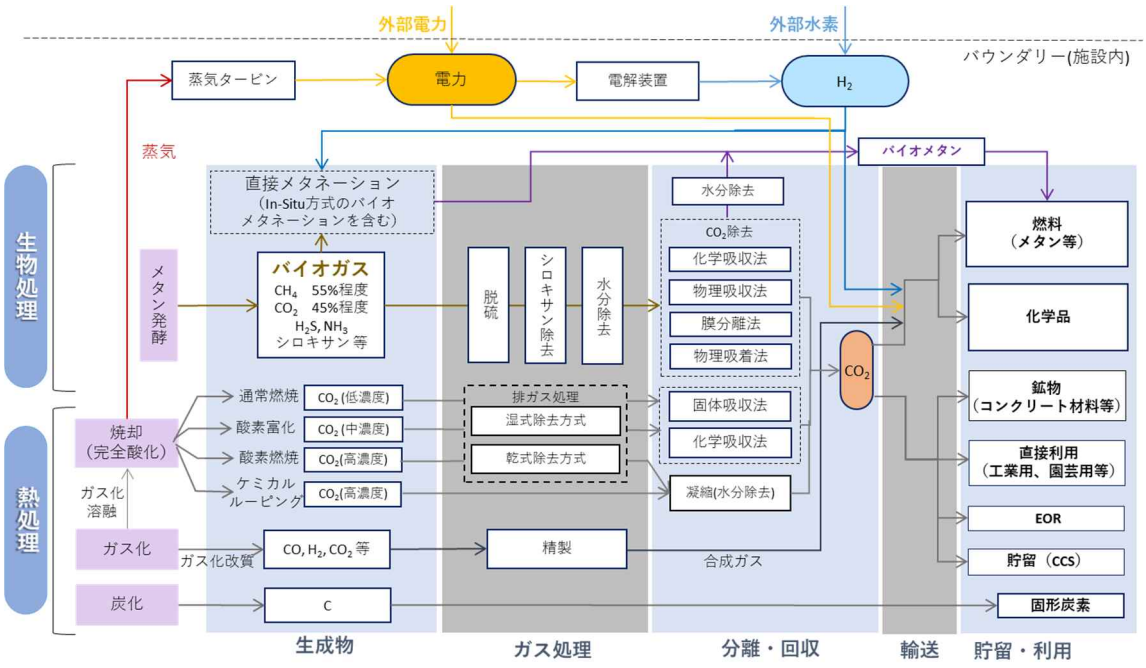


図 2-5　廃棄物・資源循環分野における CCUS の技術要素

出典：環境省 環境再生・資源循環局「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）」（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）

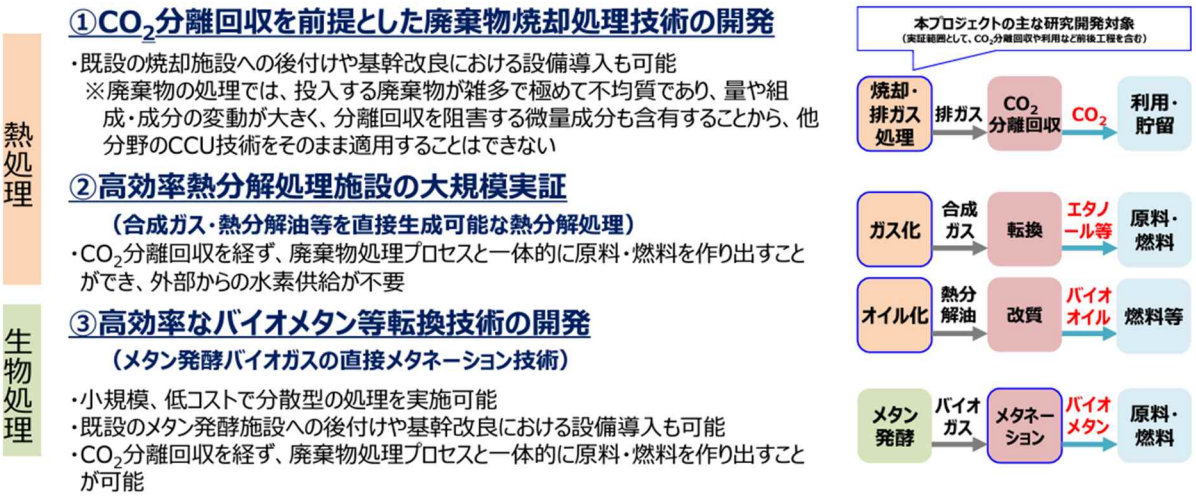


図 2-6　グリーンイノベーション基金事業「廃棄物・資源循環分野における
カーボンニュートラル実現」プロジェクトにおける研究開発項目

出典：環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課「「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」（第 7 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ、2023 年 9 月）

2.1.2 及び 2.1.3 を踏まえて、本項で調査対象とする廃棄物・資源循環分野の脱炭素技術が普及した場合の廃棄物の中間処理フローの変化イメージは図 2-7 のとおりである。資源循環分野の脱炭素化に貢献する処理フローが複数存在する場合には、導入時における技術レベルや経済性、立地条件等を考慮して適切な技術が選択されることが望ましいと考えられる。

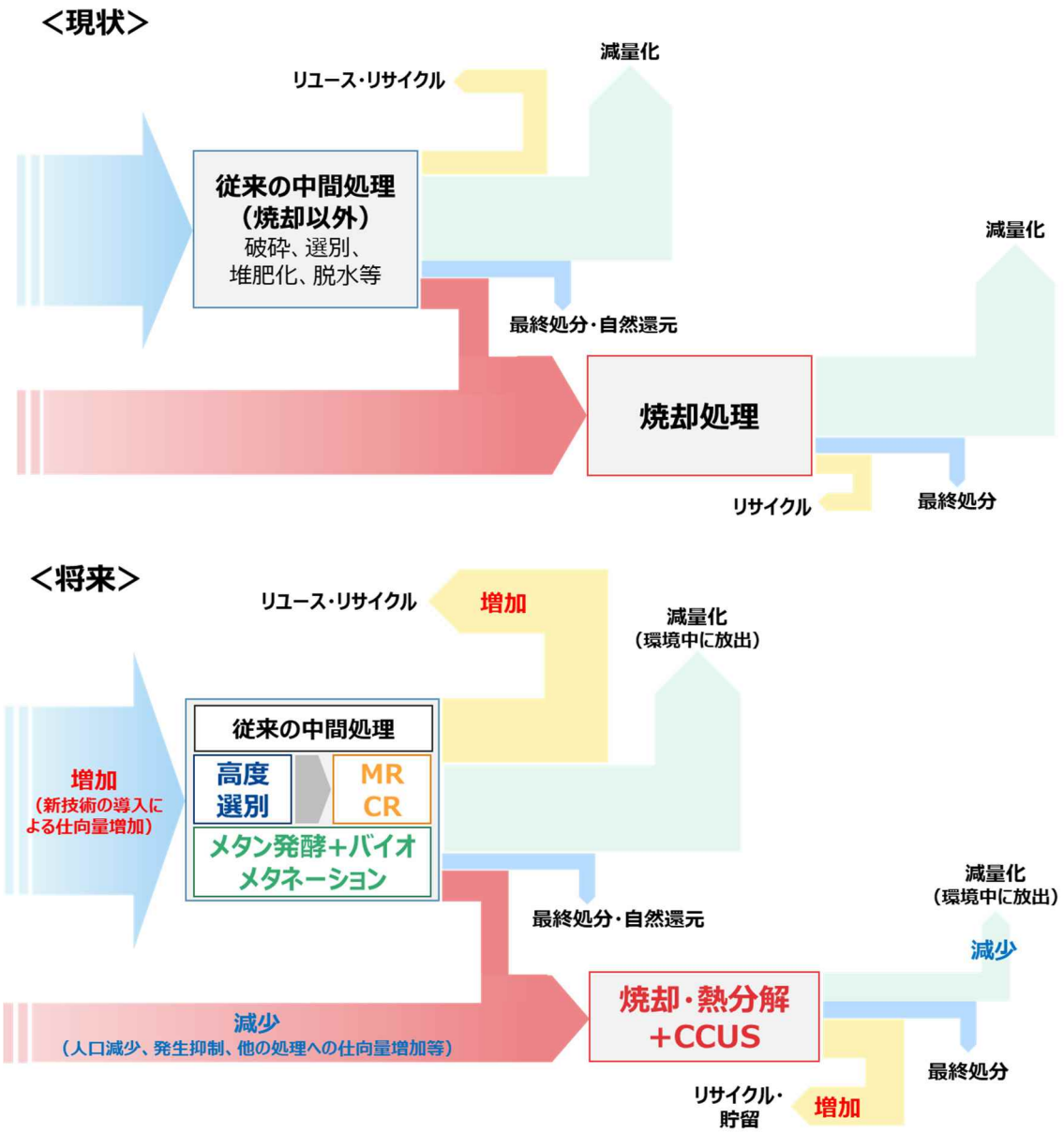


図 2-7　中間処理フローのイメージ（上：現状、下：将来）

2.2　既存技術の高度化及び新たな技術の評価・検証

2.2.1　廃プラスチック対策（高度選別や省エネ・低コストのリサイクル技術）

(1)　高度選別

「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図」（一般社団法人 プラスチック循環利用協会、2023 年 12 月）によると、2022 年のプラスチックの MR 量は 180 万 t となっているものの、その多くがプラ屑や再生材料として輸出されている。また、現状で国内循環利用されている廃プラスチックについては、原料が単一素材で比較的リサイクルしやすいものであることや、ダウンサイクルでの再生利用であることが多い。今後、廃プラスチックの発生抑制と国内循環量の増加を同時に実現していくためには、リサイクル原料の間口を広げるとともに、再生材の質を向上させることにより利用先の拡大を図ることが重要になると考えられる。廃プラスチックの高度選別技術は、これまで積極的に MR の対象になっていなかった混合廃棄物等の発生源から質の高い再生材を製造するために重要な技術であると考えられる。

廃プラスチックの選別技術については、R4 年度業務において代表的な選別手法や国内外における高度選別機の開発・実証・導入事例について調査した上で、基盤技術の開発を実施している研究者（大木達也氏（国立研究開発法人産業技術総合研究所））にヒアリングが実施された。本業務では、国内を中心に、既に実証・販売が開始されているメーカーによる技術開発事例や、リサイクル事業者による社会実装の事例を調査し、最新の動向や今後の展開の可能性について整理する。

国内メーカーが技術開発、又は国外メーカーが技術開発し国内代理店で販売されている選別機のうち、混合プラスチック等から、更に樹脂を細かく分けることが可能と思われる高度選別機の事例を表 2-3 に示す。株式会社リョ―シン、ウエノテックス株式会社、株式会社御池鐵工所ではカメラやセンサーと AI を組み合わせた選別ロボットを開発している。各社の技術とも、カメラやセンサーにより素材等の識別が可能であるほか、建設系廃棄物等を念頭に、重量物を対象とするピッキングアームを搭載可能である。また、日本シーム株式会社は水を利用した比重選別機を複数開発しており、水流を発生させることで重液を使用せずに重比重選別等が可能であることが特徴である。

表 2-3　廃プラスチックの高度選別機の開発事例（国内メーカー及び代理店販売）

事業者	製品名	手法	概要
(株)リョ―シン	AI選別ロボット AIBenkei& AIMusashi	カメラ・センサー＋AI	・米国AMPロボティックス社との共同開発 ・建築系廃棄物・飲料容器　50品目以上を選別可能 ・カメラで読み取った画像を瞬時に解析し、材料の組成・形状を識別し、効率的に材料を選別 ・選別精度：98%
ウエノテックス(株)	URANOS	カメラ・センサー＋AI	・完全自社開発 ・センシングユニット中の近赤外線センサーではPETやPVC等の素材識別が可能なほか、可視光画像カメラでは色や汚れ、ラベルの識別が可能 ・センシングユニット1台につき4台までロボットを追加可能
(株)御池鐵工所	Robosen Ace	カメラ・センサー＋AI	・安川電機グループとの共同開発 ・ハイパースペクトルカメラ、2Dカメラ及び3Dセンサーで撮影し、材質判定AIにより廃棄物の材質を判定

事業者	製品名	手法	概要
			・プラ（PP・PE・PS・PET）やPVCなど品目ごとに選別可能
日本シーム(株)	水槽式比重選別機	比重選別	・軽量プラ（PP、PE等）と重量プラ（ペット、PVC等）を、すすぎ洗浄効果を加え、比重選別 ・処理物の形状、材質、処理量等に応じ、最適な仕様にて設計
	PS発泡分離装置 なるとハリケーン型	比重選別	・丸ポッパー型の本体に、渦巻き水流を発生させる、洗浄効果も兼ね備えた湿式比重選別 ・容器包装プラスチックやその他のプラスチック、農業用廃棄ビニール、食品用包装フィルム・袋類等が選別対象・重比重・中比重（水より若干軽い）・軽比重の三分類が可能
	水流式重比重選別機 なるとオーシャン型	比重選別	・（公財）自動車リサイクル高度化財団「自動車リサイクルの高度化等に資する調査・研究・実証等に係る助成事業」にて、ハリタ金属、日本シームらが開発 ・水流を利用した重比重選別機（重液を使わずに、比重1.05(調整可)の分離点でタルク入PP,PE（比重1.04程度）を浮かすなど、歩留まりの高いMRを実現）
TOMRA (ノルウェー)	AUTOSORT	光学式選別 (＋AI)	・日本では（株）アーステクニカ、（株）リョ―シン、日本シーム（株）等が販売 ・材質、色、形状を同時に識別し、対象物をエアで飛ばす ・容リプラ、家電等の各素材の選別やPETの分別、混合廃棄物からのPVC・金属等の異物除去、木くず中の異物除去等に活用可能 ・AIの搭載やロボット（AUTOSORT CYBOT）との組合せが可能 ・近赤外線以外にも、色選別、X線透過、X線蛍光、可視光線センサー、金属センサーなどのセンサー技術を保有
ZenRobotics (フィンランド)	ZenRobotics Recycler	カメラ・センサー＋AI	・日本では（株）アクシア等が販売 ・可視光カメラ、近赤外線カメラ、金属センサー、3Dレーザースキャナーを搭載 ・金属、石、コンクリート、レンガ、磁器、木くず、未加工木材、塩ビ管、廃プラスチックを選別可能
Sesotec (ドイツ)	FLAKE PURIFIER +	光学式選別	・日本では（株）モリタ環境テック等が販売 ・最大で3.8t/hの原料（廃プラスチック等の破砕物）投入が可能 ・カラーセンサー、近赤外線センサー、メタルセンサーを搭載可能 ・透過式のカラーセンサーにより青や緑に着色されたプラスチックボトルの選別などの高度選別が可能

出典：各社 HP、パンフレット及び環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物規制課「産業廃棄物処理における AI・IoT 等の導入事例集」（令和 3 年 3 月）より作成

国内で開発・販売されている選別機や、その他国外メーカーの選別機を導入しているリサイクル事業者の事例を表 2-4 に示す。表 2-3 に例示した選別機の実装事例も複数確認できたが、必ずしも廃プラスチックを樹脂別に選別するために導入されているとは限らず、例えば混合廃棄物を廃プラスチックや紙くず、木くず、繊維くず等といった素材ごとに選別する用途や、ビン類を中心に色別にピックアップする用途等に用いられている事例もある。国外メーカーの選別機を導入している事例では、例えば、株式会社富山環境整備では、近赤外線アナライザーにより、リアルタイムに素材組成を把握し、合計 9 機の光学式選別機により不純

物の除去及びリサイクル方法に合った素材選別を実施している。また、株式会社プラニックでは、水よりも重い液体と軽い液体を用いた比重選別機や静電選別機を組み合わせることで、混合プラスチックから PP、PE、ABS、PS を取り出す高度な選別を実現している。

表 2-4　高度選別機の国内導入事例

事業者	工場 所在地	導入されている 主な選別機等	処理量	概要 （高度選別機の用途等）
株式会社スエヒロ	福岡県 北九州市	・AIロボット選別機（(株)リョーシン） ・振動ふるい機 ・磁力選別機・風力選別機	廃プラ類、紙くず、木くず、繊維くず、ゴムくず、金属くず、ガラスくず、がれき類の8種類で合計243.2㎥/日　（8時間）	・廃プラ類は原料向けにペレット工場、燃料として製紙会社、セメント会社に出荷
彩源株式会社	埼玉県 熊谷市	・AIロボット選別機（ウエノテックス(株)） ・光学式選別機（PELLENC ST社） ・揺動式選別機 ・磁力選別機 ・風力選別機	月間20,000t以上の飲料空容器のリサイクルが可能	・AIロボット選別機は主にビン類の色選別に利用 ・光学式選別機ではPETボトルからゴミ等を選別・除去
有限会社光田商店	山口県 山口市	・AIロボット選別機（(株)御池鐵工所） ・バリオセパレーター ・磁力選別機 ・振動ふるい機	選別処理能力は約404t/日	・建設系混合廃棄物リサイクルプラントに導入されたAI選別機でガラス、金属、陶器、石等の重量物を選別 ・廃プラ、木くずはRPF原料として利用
株式会社富山環境整備	富山県 富山市	・近赤外線アナライザー（PELLENC ST社） ・光学式選別機 ・比重選別機 ・磁力選別機 ・振動ふるい機	産業廃棄物の総処理量は268,710t/年（2020年度実績）	・光学式選別等によってペレット、RPF、圧縮ベール等を製造 ・ペレットは樹脂別に製造可能
株式会社プラニック	静岡県 御前崎市	・比重選別機（重・軽液選別機）（Galloo Plastics社） ・静電選別機 ・磁力選別機 ・風力選別機	選別可能量は約4万t/年	・ASR由来プラ、家電由来プラ、製品プラから、比重選別等によって、樹脂別（PP、PE、ABS、PS）に選別しコンパウンド

出典：各社 HP 等より作成

表 2-4 のとおり、主に光学式選別や比重選別、更には AI ロボットとの組合せを、風力選別や磁力選別等の前処理と併せて導入することで、廃プラスチックを選別している先進的な事例が複数確認できた。導入に当たっては、対象とする廃プラスチックの形状や汚れの程度、色等に応じて光学式選別と比重選別、又はそれ以外の選別手法を選択することが重要であると考えられる。

一方、事例の多くは廃プラスチックを他の素材と分けて RPF（Refuse derived paper and plastics densified Fuel）等の燃料やパレット等の原料を製造するものであり、樹脂ごとに選別して質の高い MR（水平リサイクル等）を実現、又は計画している事例は限られている。

例えば、株式会社プラニックの事例では、ASR（Automobile Shredder Residue：自動車破砕残渣）由来プラスチックや家庭から排出される製品プラスチック等を原料としており、重液・軽液の比重選別に加えて静電選別を組み合わせることで、樹脂別に高純度のペレットを製造し、”Car to Car”の水平リサイクル実現を目指している点で、先進的な事例といえる。

上記施設が MR の原料としている ASR や製品プラスチックについて、その発生量から今後の選別施設の普及展開の規模について簡単に考察する。ASR については、その 30～40%程度がプラスチックであり、令和 4 年度実績で約 46 万 t がリサイクル業者に引き取られ、金属類については一定量がリサイクルされているものの、プラスチック等の MR 量はごく僅かであり、大部分が熱回収に回っている[12]。また、製品プラスチックについては、2022 年の一般廃棄物からの廃プラスチック排出量 424 万 t のうち、13.8%に当たる 58 万 t が「家庭用品／衣類履物／家具／玩具等」である[13]。したがって、ASR や製品プラスチック等の合計排出量は年間 100 万 t 程度となり、仮にこれらを原料とした高度な選別・MR 推進施設を展開することを想定した場合、年間処理量 4 万 t 規模の施設の場合、25 施設程度が必要となる。

(2) 省エネ・低コストのリサイクル技術

廃プラスチックのリサイクル技術については、水平リサイクルを実現するための MR の開発や、樹脂や純度に応じたモノマー化、油化、ガス化等のケミカルリサイクル技術の開発が実施されている（詳細については第 1 章を参照）。単一素材の廃プラスチックは資源価値が高く、経済性の高いリサイクルが比較的容易であると考えられる一方で、プラスチックは多様な製品に複数のプラスチックを複合した材料（複合材）として使用されることが多いほか、多様な樹脂が混合された状態（混合プラスチック）で廃棄されることが多く、一般家庭廃棄物や複合・接着製品の選別は困難な状況であるため、現状ではその多くがサーマルリサイクルによって処理されている[14]。

上記のような混合プラスチックや複合材に係る課題を踏まえ、GI 基金では、「CO_2 等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトにて、追加公募として、資源価値が低い混合プラスチックや複合プラスチックから経済価値の高い単一のプラスチック原料（オレフィン等の基礎化学品）を製造する技術の開発を実施する予定であり、開発対象技術の例としては、マイクロ波照射が挙げられている。マイクロ波照射は、フィラーをダイレクトに発熱させ、エネルギーを反応場に直接伝達できるため、エネルギー効率が高いほか、マイクロ波発振器の大型・高出力化により、容器包装プラスチック等の多量な混合プラスチックに適用することが可能である。一方、分解収率向上や、塩素や硫黄などの不純物耐性のあるプロセス設計、マイクロ波発生器の大型・高出力化が主な技術課題となっている。

---

[12] 経済産業省、環境省「自動車リサイクルの現状」（産業構造審議会 産業技術環境分科会 廃棄物・リサイクル小委員会 自動車リサイクル WG 中央環境審議会 循環型社会部会 自動車リサイクル専門委員会 第 48 回合同会議、令和 2 年 8 月 19 日）及び経済産業省 自動車課、環境省 リサイクル推進室「自動車リサイクル法の施行状況」（同第 58 回合同会議、令和 6 年 1 月 26 日）より

[13] 一般社団法人プラスチック循環利用協会「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況マテリアルフロー図」（2023 年 12 月）より

[14] 経済産業省 製造産業局 素材産業課「「CO_2 等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画（改定案）の概要」（2023 年 11 月）より

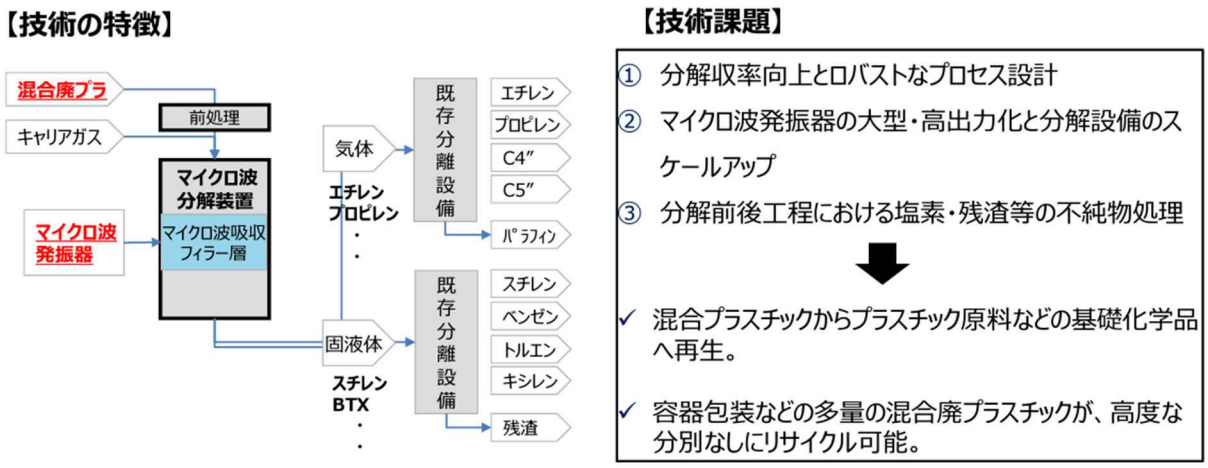


図 2-8　GI 基金における混合プラスチックからの基礎化学品製造技術開発例
（マイクロ波照射）

出典：経済産業省 製造産業局 素材産業課「「CO_2 等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画（改定案）の概要」（2023 年 11 月）

2.2.2　CCUS、バイオメタネーション、カーボンリサイクル技術等

(1)　CCUS 及びバイオメタネーション

1)　技術の概要と国内事例

廃棄物・資源循環分野における CCUS の技術要素は図 2-5 のように表される。CCUS 技術としての廃棄物の中間処理は大きく熱処理と生物処理に分類され、熱処理には焼却、ガス化（熱分解）、炭化が含まれ、生物処理にはメタン発酵が含まれる。

焼却では、発生する排ガスを処理し、そこから CO_2 を分離回収し、回収した CO_2 を貯留、もしくは必要に応じて転換し有効利用する。CO_2 の分離回収技術は大きく燃焼前方式と燃焼後方式に大別され、燃焼前方式には酸素燃焼やケミカルルーピング等、燃焼後方式には化学吸収法や物理吸着法、膜分離法等の技術が存在する（図 2-9）。国内においては計 5 箇所の計画・稼働が確認されているが、いずれも発生する排ガスの一部（少量）を分離回収装置に通ガスしている小規模実証である。佐賀市では 2016 年から最大 10t-CO_2/日の CO_2 分離回収装置が稼働しているほか、2021 年にはふじみ衛生組合（三鷹市、調布市）と JFE エンジニアリング株式会社が、2022 年には小田原市、日立造船株式会社、株式会社エックス都市研究所が実証を開始した（小田原市の実証は既に終了）。また、郡山市と川崎重工業株式会社が固体吸収法を利用した CO_2 分離回収実証に向けた合意を 2023 年 2 月に発表、2024 年 1 月には協定書締結式を実施したほか、2023 年 7 月には横浜市、三菱重工グループ、東京ガス株式会社による CO_2 分離回収及びメタネーションの実証開始を発表した。さらに、GI 基金「バイオものづくり技術による CO_2 を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」プロジェクトの中で採択された、「バイオものづくり技術による CO_2 を原料とした高付加価値化学品の製品化」（積水化学工業株式会社及び公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE））では、茨城県のひたちなか・東海クリーンセンターの排ガスから CO_2 を回収し、バイオものづくりによって高機能接着剤を製造するための技術開発を実施している。

青字：燃焼後方式 赤字：燃焼前方式	技術の概要	技術開発段階	分離回収率※	純度※	清掃工場での事例
化学吸収法	アミン溶液等を用いて化学的にCO_2を吸収剤に吸収させ分離する方法	商用 （高濃度）	85~ 95%	99.9% 以上	佐賀市 三鷹市・調布市 横浜市 郡山市 （固体吸収）
物理吸収法	高圧化でCO_2を物理吸収液に吸収させて分離させる方法	商用 （高濃度）	90% 以上	98% 以上	–
化学吸着法	共有結合によりCO_2を吸着し、分離回収する方法	商用 （高濃度）	N.A.	N.A.	–
物理吸着法	多孔性固体を用いて分子間力によりCO_2を吸着し、分離回収する方法	商用 （高濃度）	50%	80% 以上	小田原市
膜分離法	CO_2が選択的に透過する膜を用いて分離する方法	商用～実証 （高濃度）	90%	95%	–
深冷分離法	極低温化で液化し沸点の違いを用いて分離する方法	実証 （高濃度）	85%	99% 以上	–
酸素燃焼法	空気分離により酸素を製造し、CO_2リッチの排ガスをボイラーへ再循環させながら、燃焼温度を下げて燃焼させる方法	実証 （高濃度）	ほぼ100%	約95%	–
ケミカルルーピング	空気中の酸素を用いず、金属酸化物や酸化カルシウム中の酸素を使って燃焼させる方法	実証 （高濃度）	ほぼ100%	95% 以上	–

※「分離回収率」及び「純度」については、CO_2分離回収技術に関するレビュー論文（Paweł Madejski et al. (2022)）や研究開発、実証事例の実績値等を参考に記載した目安であり、廃棄物処理を対象としていない数値も含まれていることに留意が必要。

※環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20223001）の成果より

図 2-9　CO_2 分離回収の原理・各種方式

出典：Paweł Madejski, Karolina Chmiel, Navaneethan Subramanian and Tomasz Kuś (2022) Methods and Techniques for CO2 Capture: Review of Potential Solutions and Applications in Modern Energy Technologies. Energies, 15, 887. や研究開発、実証事例の実績値等を参考に作成

GI 基金事業においては、廃棄物の焼却排ガスの性状変動に対応した CO_2 の分離・回収技術が確立されていないという課題を踏まえ、処理コストの増加をできる限り抑制（具体的には、施設規模 300t/日程度で従来型の焼却処理（＋廃棄物発電）からの正味処理コスト増加が約 1 万円/t-廃棄物以内）しつつ、安定的な回収率（炭素回収率 90%以上）を達成するための技術開発（従来の焼却処理における排ガス処理の高度化や酸素富化等による CO_2 の高濃度化）が想定されている（図 2-10）。研究開発・社会実装計画によると、現在は TRL4（試験環境下での初期プロトタイプ実証）程度であるが、本事業での研究開発・実証を通じて 2030 年までに TRL6（想定使用環境下での統合プロトタイプ実証）～7（商用前実証によるソリューション検証）とすることが想定されている。

参考：研究開発項目１で想定される要素技術の技術開発要素（例）

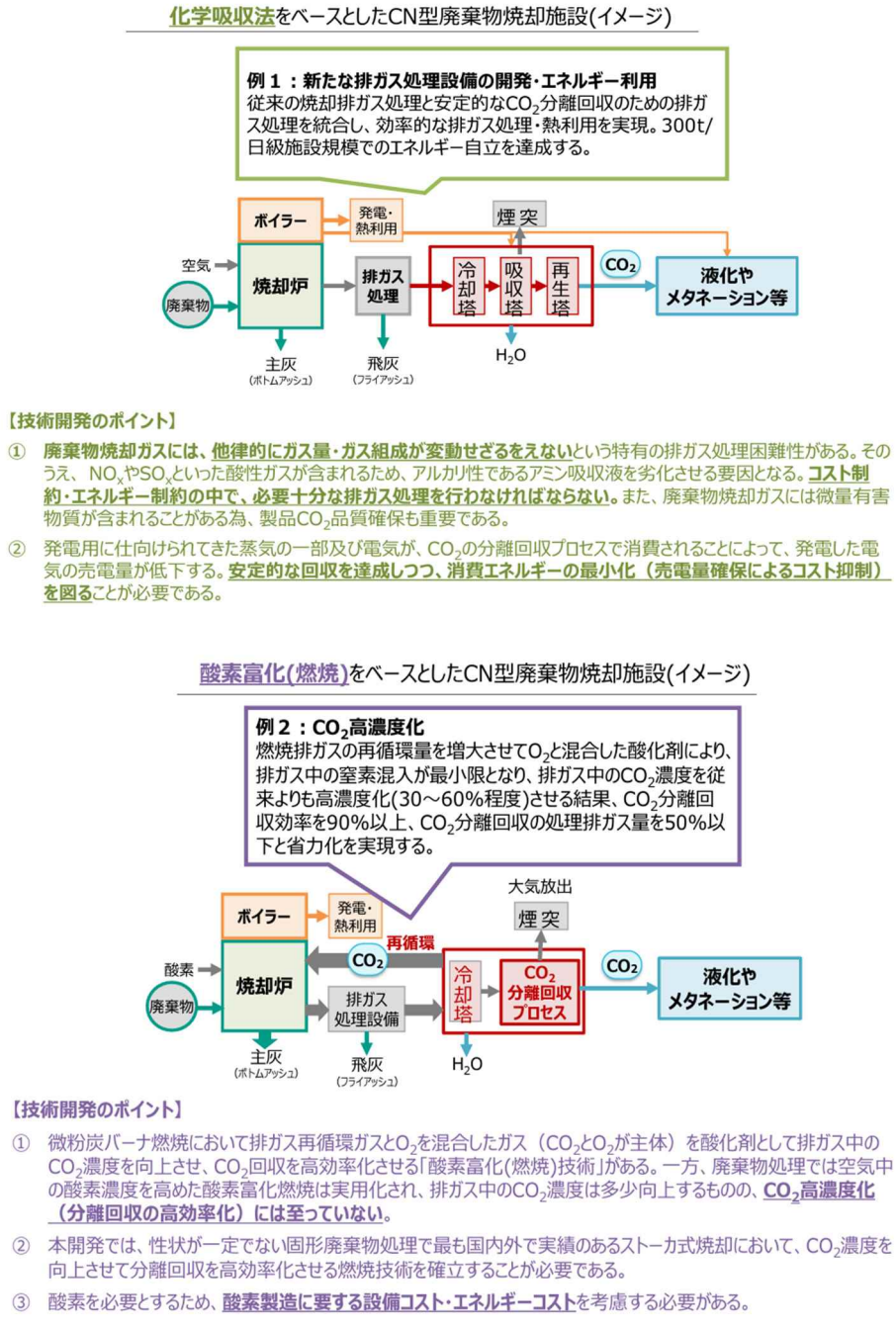


図 2-10　GI 基金で想定されている技術開発要素例（焼却）

出典：環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課「「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトに関する研究開発・社会実装の方向性」（第 7 回産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ、2023 年 9 月）

公募の結果、研究開発項目 1 では、「CO_2 分離・回収を前提とした CN 型廃棄物 焼却処理全体システムの開発（日鉄エンジニアリング株式会社）」及び「CO_2 高濃度化廃棄物燃焼技術の開発（日立造船株式会社）」が採択された。

日鉄エンジニアリング株式会社の事業は、2023～2025 年度の 3 年間で、ラボ／ベンチ試験にて、「CO_2 回収プロセスに影響を与える廃棄物由来微量物質の特定ならびに影響評価」、

「量／質的変動が大きい廃棄物処理排ガスの利用設備への影響評価」、「廃棄物処理回収熱などを CO_2 回収熱（再生熱）に利用するシステム検討」を実施するものであり、東京二十三区清掃一部事務組合の板橋清掃工場で実証を実施する予定である。また、日立造船株式会社の事業は、2023～2030 年度の 8 年間で、廃棄物の燃焼排ガス中の CO_2 の分離・回収を実証する設備を建設し、「廃棄物を酸素と再循環排ガスをコントロールしたガスで燃焼することにより、排ガス中の CO_2 を高濃度化する技術の開発」、「CO_2 が高濃度化された排ガスから安定的に 90%以上の効率を達成する CO_2 分離・回収技術の開発」「長期運転データ取得により CO_2 高濃度化に伴う各装置の耐久性や有害物質、灰、腐食の影響評価」を実施するものであり、東京二十三区清掃一部事務組合の品川清掃工場で実証を実施する予定である。

熱分解は、低酸素又は無酸素の状態で、ガス化・油化等を行う熱化学的処理である。外部からの水素供給を必要とせず、直接的に有用な合成ガスや熱分解油等を得ることができる点で、早期の社会実装が実現し得ると考えられる。GI 基金等を活用して、合成ガスから様々な生成物を製造する技術開発が実施されている中で、本技術の将来的な需要は大きいと考えられる。

日系メーカーは熱分解処理技術の長期継続的な技術開発を実施してきているが、運転コストが高いことなどから社会実装が進んでおらず、メタノールやエタノール等の燃料製造に係る実証についても 1 件（久慈市）のみが確認されている状況である。久慈市の実証は、積水化学工業株式会社と米国ベンチャー企業 LanzaTech NZ, Inc.が共同開発した、微生物を活用して可燃性ごみをエタノールに変換する技術の実証事業の実施、技術検証及び事業展開を行うことを目的として、積水化学工業と株式会社 INCJ、積水バイオリファイナリー株式会社が実施しているものである。ガス化改質炉は三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社の技術であり、処理能力は一般廃棄物約 20t/日、エタノール製造量は 1～2kL/日となっている。

GI 基金事業においては、欧米を中心に当該技術への注目度が高まっている一方で、上述したコストの問題や、廃棄物中炭素の一部が CO_2 まで完全酸化されてしまう（収率が低い）という課題があることを踏まえて、ガス化技術やオイル化技術を対象に、焼却処理に関する技術開発と同様のコスト条件を達成しつつ、合成ガス化では炭素有効利用率 27%以上、オイル化では発熱量ベースで回収率 48%以上の安定的維持を達成する（廃棄物処理システム全体としては、廃棄物に含まれる炭素の利用率 80%以上を見込む）ための技術開発が想定されている（図 2-11）。研究開発・社会実装計画によると、焼却処理に関するプロジェクトと同様に、現在は TRL4 程度である技術を、本事業を通じて 2030 年までに TRL6～7 とすることが想定されている。

参考：研究開発項目２で想定される要素技術の技術開発要素（例）

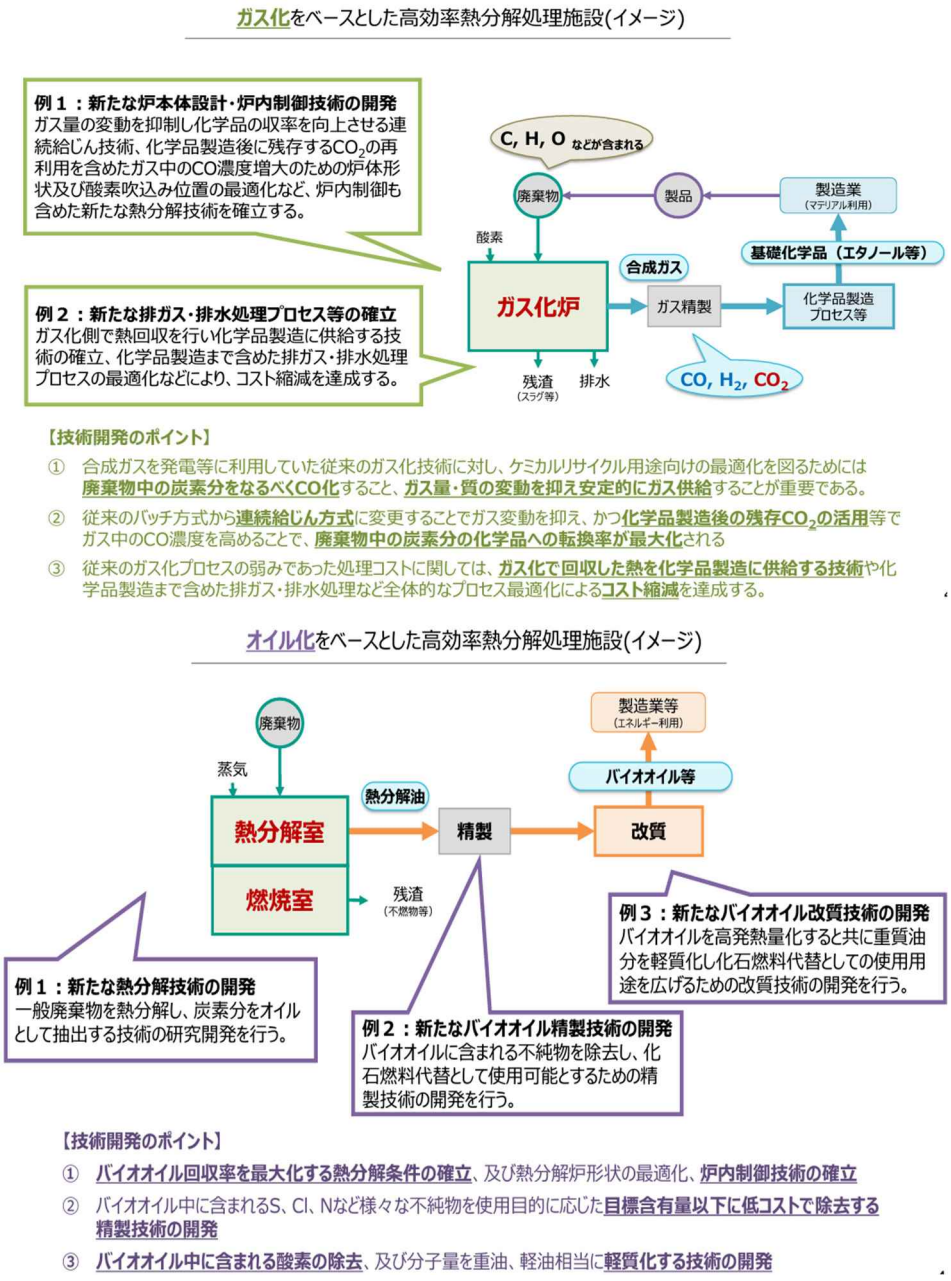


図 2-11　GI 基金で想定されている技術開発要素例（熱分解）

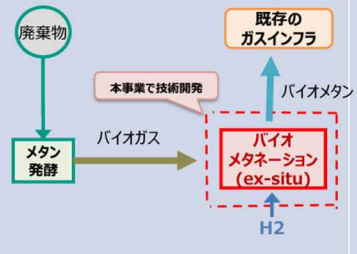
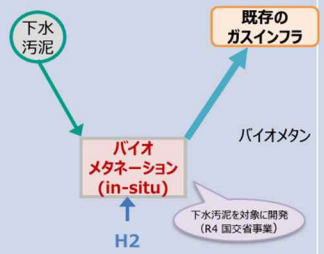
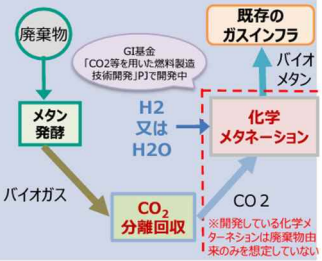
出典：環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課「「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」（第 7 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ、2023 年 9 月）

公募の結果、研究開発項目 2 では、「ガス化改質と微生物を用いたエタノール製造による廃棄物ケミカルリサイクル技術の開発（JFE エンジニアリング株式会社、積水化学工業株式会社）」が採択された。本事業は、2023～2030 年度の 8 年間で、小型炉で「スクリューフィーダーを用いた連続給じんシステムの開発」、「エタノール化オフガス CO_2 をガス化改質炉へ再投入し、CO に転換する技術の開発」、「付着成分を多量に含む精製前のガスからの廃熱回収技術の開発」、「蒸発潜熱を利用したガス冷却技術および水分凝縮を利用した除じん技術の開発」を行い、その結果に基づいた大規模実装により、ケミカルリサイクルシステム全体の炭素有効利用率 27%以上を目指すものである。

メタン発酵は、有機性廃棄物を対象に嫌気性発酵を行う生物化学的処理である。メタン発酵は小規模、低コストで分散型の処理が可能であるほか、地域の多様なバイオマス源を受入れ可能で、バイオガスの回収・利用のほかにも発酵残渣の利用による輸入肥料の代替など、地域への多面的な効果が期待されるため、有効な処理方法となり得る。特に、厨芥類などの食品廃棄物は含水率が高く、運搬効率とエネルギー回収のバランスを勘案すれば、熱処理よりもメタン発酵技術による地域分散型処理が有利となり得る。

また、メタン発酵において発生するバイオガスには主成分のメタン（50～60%程度）のほかに CO_2 が 40～50%程度と高濃度に含まれる。このバイオガス中の CO_2 をメタネーションすることで、より多くのバイオマス由来のメタン（バイオメタン）を製造することができる。メタネーションは、触媒を利用する化学メタネーションと微生物を利用するバイオメタネーションに大別できる。バイオメタネーションはさらに、メタン発酵とメタネーションをそれぞれ単独のリアクタで行う Ex-situ 方式と、同一リアクタで行う In-situ 方式に分けられる（表 2-5）。化学メタネーションを適用する場合には、バイオガス中 CO_2 の分離工程が必要となり、その際にエネルギーを消費する。一方で、バイオメタネーションでは、バイオガス中の CO_2 を分離せずに直接メタネーションすることで、バイオメタンを効率的により多く回収できるなど、廃棄物処理と一体的かつ効率的な CCU が実現できる可能性があるにもかかわらず、現在は有効利用できていない。なお、メタネーション施設は既存のメタン発酵施設への後付けや基幹改良における設備導入も技術的に可能であり、社会実装の可能性が高い。国内ではメタン発酵とバイオメタネーションを一体的に実施している事例は確認できておらず、バイオメタンの製造事例としては、鹿児島市の新南部清掃工場において、可燃ごみから選別された厨芥類等をし尿処理施設からの脱水汚泥等とともにメタン発酵し、発生したバイオガスから CO_2 を除去して、バイオメタンを都市ガスの原料としてガス会社へ供給している。

表 2-5　メタネーションの種類と特徴

方式	バイオメタネーション（Ex-situ方式）	バイオメタネーション（In-situ方式）	化学メタネーション
イメージ			
特徴	・バイオガスを直接メタネーションすることで**CO 2 分離工程が不要**となる。 ・メタン発酵、メタネーションをそれぞれ単独のリアクタ内で反応させるため反応速度を高くとることができ、**リアクタ容積を小さくできる。** ・嫌気性微生物反応であり、**流入ガス中不純物へ柔軟に対応できる。** ・低温域でメタネーション反応が進みやすく到達メタン濃度が高い。	・バイオガスを直接メタネーションすることで**CO 2 分離工程が不要**となる。 ・メタン発酵とメタネーションを同一リアクタでバランス良く反応させるために負荷を低くする必要があり、**リアクタ容積が大きくなる。** ・有機性廃棄物は濃度変動や不純物の混入が多く処理難易度が高い。	・バイオガス中のCO2分離工程が必要となり、**CO2分離工程時にエネルギーを消費**する。 ・触媒を利用して反応速度を高くとりリアクタ容積を小さくできる。 ・反応時の発熱に対して高度な温度制御が必要。

出典：環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課「「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」（第 7 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ、2023 年 9 月）

GI 基金事業においては、バイオガスから CO_2 を分離せず直接的にメタネーションする技術を対象とし、上述のとおりバイオガス中の CO_2 を有効利用できていないこと、バイオメタネーションのスケールアップには大型のリアクタが必要となること、バイオメタンの都市ガス導管への注入に向けてはガスのクオリティ確保が必要となること等を踏まえて、パイロットスケール実証において、精製を含めてメタン濃度 97%以上に加え、低温（数十度）かつ低圧（～0.8MPa）条件下でメタン生成速度 50NL/Lr・d 以上を達成するための技術開発が想定されている（図 2-12）。研究開発・社会実装計画によると、焼却処理や熱分解処理に関するプロジェクトと同様に、現在は TRL4 程度である技術を、本事業を通じて 2030 年までに TRL6～7 とすることが想定されている。

参考：研究開発項目３で想定される要素技術の技術開発要素（例）

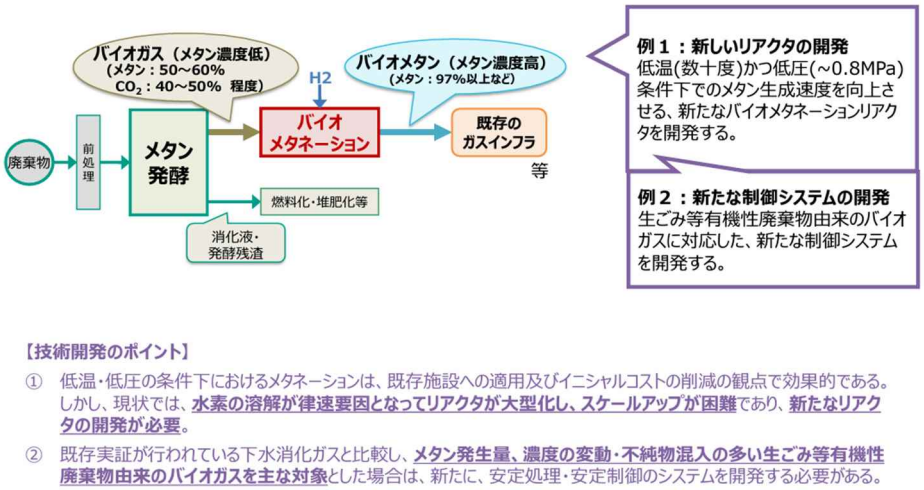


図 2-12　GI 基金で想定されている技術開発要素例（バイオメタネーション）

出典：環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課「「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」（第 7 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ、2023 年 9 月）

公募の結果、研究開発項目 3 では、「バイオメタネーション技術の開発（水 ing エンジニアリング株式会社）」が採択された。本事業は、2023～2030 年度の 8 年間で、「メタン発酵バイオガスから CO_2 を分離せず直接メタネーションによりメタン濃度 97%以上のバイオメタンを生成」し、「低温かつ低圧（～0.8MPa）条件下でのメタネーションを行いメタン生成速度 50NL／Lr・d 以上を達成」し、「リアクタの小型化および既存施設へ追加設置が可能な設備を実現」する技術を確立し、600Nm³／d 以上の実機規模レベルでの運転実証とバイオメタネーション生成ガスの既存都市ガス設備での利用実証を行うものである。

2)　国内における将来の導入ポテンシャル

廃棄物処理技術の導入ポテンシャルは、廃棄物の処理量（メタン発酵の場合には有機性廃棄物の処理量）に大きく影響を受けると考えられる。国内における将来の熱処理及びメタン発酵による一般廃棄物処理量は、中長期シナリオ（案）の 3R が大幅に進展したシナリオ（イノベーション実現シナリオ）の将来推計によると、図 2-13 のとおりである。発生抑制等により、処理量は 2050 年にかけて減少するものの、なおも合計で約 2000 万 t/年の処理が

必要となる。R4 年度業務報告書に記載のあるとおり、中長期シナリオ（案）における「焼却処理」が焼却処理と熱分解処理の合計であると考え、仮に 2030 年以降の熱処理施設の新設のうち半数が熱分解処理施設であったとすると、2050 年における焼却施設及び熱分解処理施設での処理量はそれぞれ約 1,400 万 t、約 360 万 t となる。これは、300t/日（中長期シナリオ（案）における施設集約化の想定規模）、280 日稼働の施設を想定すると、それぞれ約 170 施設、約 40 施設に相当する。また、メタン発酵施設は、2030 年以降に新設される熱処理施設とセットで導入されるとの仮定に基づき試算が行われており、その結果、約 80 施設の導入が期待され、一般廃棄物量の 10%程度（約 210 万 t）を処理するという試算である。なお、脱炭素に資する各種技術が実際に導入されるか否かについては、費用や敷地面積等の様々な要因を考慮する必要がある。

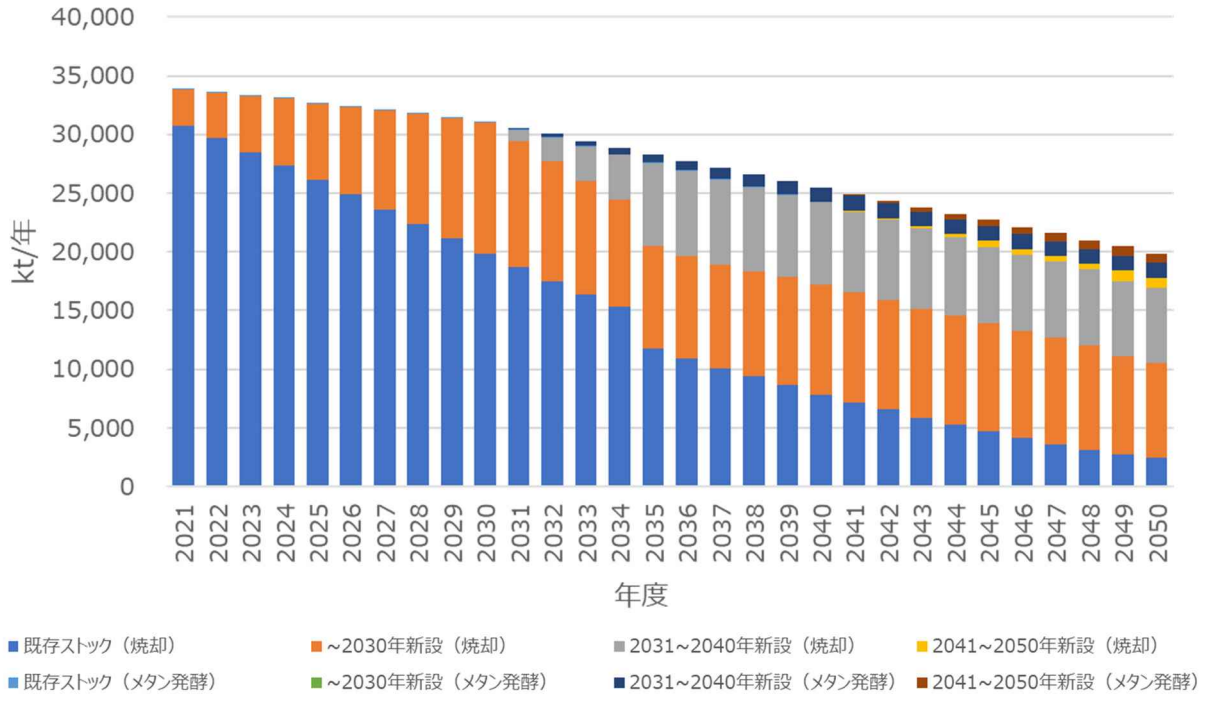


図 2-13 焼却処理（熱処理）及びメタン発酵による一般廃棄物の年間処理量推移（イノベーション実現シナリオ）

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社「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）より作成

3) 技術の評価･検証結果のまとめ

ここまでの調査を踏まえて、CO_2 分離回収付帯の焼却、熱分解、バイオメタネーションの三技術について、ポテンシャルや技術、コスト等の面から、定性的な評価を主として表 2-6 のとおり整理した。廃棄物処理技術としての導入ポテンシャルについて、中長期シナリオ（案）の試算結果を基にした概算は（1）で示したとおりであるが、実際に導入するに当たっては、技術面、経済面、立地面など、様々な制約が存在すると考えられる。

焼却は、処理技術としては確立され、広く普及している。図 2-13 より、2050 年時点においても 2030 年以前に建てられた施設が相当数存在すると考えられ、CO_2 分離回収の実施可能量を確保するためには、新設だけではなく、既存施設への後付けが可能な技術の確立が重要となる。また、現状の処理コストと同水準を維持するという観点で、長期的には、CO_2 分

離回収設備の追加によるコスト増加が CO_2 の売却益等で相殺されることが重要となる。この水準は将来の炭素価格等によって大きく変動する可能性があるが、GI 基金では 2030 年までの目標設定において、「従来型の焼却処理（＋廃棄物発電）からのコスト増加約 1 万円/t-廃棄物以内」を条件として設定している。CO_2 の分離回収を実施する際には、CO_2 の貯留先や有効利用先を確保することが必要となる。その際、化学品や燃料品として有効利用するためには、基本的に水素が必要となるため、後述する熱分解やバイオガスのメタネーションによって、直接的に有用な物質を得る方が効率的であることも考えられる。その他の制約としては、従来の施設に加えて CO_2 分離回収設備を整備するための敷地面積が必要となることが挙げられる。新設時には CO_2 分離回収設備を導入しない場合であっても、後付けで導入する可能性を踏まえた立地選定、敷地内での設備配置が重要となる。

熱分解については、導入ポテンシャル試算では 2030 年以降一定量が導入されると仮定したが、現状では、「長期継続的な技術開発がなされ、日系メーカーが技術競争力を有する」ものの、「運転コスト（エネルギーコスト・メンテナンスコスト等）が高く社会実装が進んでいない」とされている[15]。混合廃棄物を熱によって処理するという点では焼却処理と競合する技術であり、したがって、コスト面において普及に必要な水準は、回収した炭素由来製品の売却益等を加味した正味処理コストが、焼却処理＋CO_2 分離回収の場合と同等となることであると考えられ、GI 基金事業でも、研究開発項目 1（CO_2 分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発）と同様のコスト水準が条件として設定されている。普及可能な技術及びコスト水準が達成された場合には、選択可能な炭素の有効利用方法によって焼却と熱分解の優位性が変化することが考えられる。具体的には、CO_2 の状態で貯留（CCS）又は直接利用する場合等には焼却処理が、水素と結合させて燃料や化学品を製造する場合には直接的に合成ガス等が得られる熱分解が優位となる可能性がある。また、燃料や化学品を製造する場合には、合成ガスの状態で別の製造拠点等に輸送するのか、それとも同一敷地内で中間体や最終製品製造まで実施するのかによって、廃棄物処理施設整備に必要な敷地面積が大きく変わってくると考えられる。

メタン発酵については、上述した焼却及び熱分解とは異なり、有機性廃棄物のみを処理するため、導入ポテンシャルとしては上述の二技術より小さいともいえる。一方、中長期シナリオ（案）においても熱処理施設とセットでの導入が想定されているとおり、必ずしも他の二技術と競合するものではなく、有機性廃棄物をメタン発酵に回すことで熱処理の対象となる廃棄物の発熱量が向上する（エネルギー回収率を改善できる）可能性があるほか、メタン発酵の残渣は熱処理に回すことができるなど、セットで導入することでシナジーが期待できる。メタン発酵は既に確立された技術であり、導入事例も複数存在しているが、メタン発酵により発生するバイオガスを直接メタネーションしてバイオメタンに転換する技術は研究開発段階である。メタン発酵残渣の熱処理を考慮すると、メタン発酵とセットでの導入によって必ずしも熱処理施設の処理能力を大幅に低減できるとは限らない中、メタン発酵に加えてバイオメタネーションまで導入することは、更なるコスト増加や必要な敷地面積の増大の可能性がある。リアクタの小型化はコストや敷地面積の制約の改善にも寄与すると考えられる

[15] 環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課「「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」（第 7 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ、2023 年 9 月）より

が、そのような研究開発を通じてバイオメタンの価値以外にも、地域の多様なバイオマスを受入可能であることや発酵残渣の利用による輸入肥料の代替など、多面的な効果（コベネフィット）を考慮した際に導入価値のある費用対効果の水準を達成することが重要である。

日本においては熱処理、とりわけ焼却処理が炭素含有廃棄物の処理方法の大部分を占めている一方、国外に目を向けると、現状では埋立等が主流であるものの、WtE（Waste to Energy：廃棄物発電）又は MBT（Mechanical Biological Treatment：機械選別と生物的処理の組合せ）へと転換を図っている国も多く存在する。CN に向けた GHG 削減が今後課題となると考えられる中で、処理方法（WtE 又は MBT）の志向の違いに加えて炭素利用のニーズや制約条件の違いも踏まえた上で、いずれの市場においても我が国が競争力を持つためには、焼却、熱分解、バイオメタネーションの三技術の研究開発・実証を同時並行で進めることが必要であると考えられる。

表 2-6　廃棄物処理における CCUS・バイオメタネーション技術評価のまとめ

	導入ポテンシャル（2050年の処理量）	技術面での評価・留意点等	コスト面での評価・留意点等	炭素供給に関する評価・留意点等	その他の留意点等
焼却＋CO_2分離回収	1,400万t/年程度 ※うち1,000万t/年以上が2030年以前に建設	・TRL4（GI基金等により2030年TRL7～8） ・処理技術は既に確立済 ・既設へ後付け可能な技術が重要	・CO_2分離回収設備導入分のコスト増 ・コスト増や収入減がCO_2関連の新たな利益で相殺されることが重要	・CO_2の状態で回収 ・CCSや直接利用が可能 ・燃料や化学品の場合は他の技術の方が効率的な可能性	・CO_2分離回収設備導入分の追加面積が必要
熱分解	360万t/年程度 ※2030年以降の新設のち半数が熱分解であると仮定した場合	・TRL4（同上） ・ガス化改質炉は2000年頃から存在、機長期継続的な技術開発実績あり ・CRを見据えた技術開発が必要	・運転コストが高く、社会実装が進んでいない現状 ・焼却＋CO_2分離回収と同等の正味処理コスト水準が必要	・合成ガス等の状態で回収 ・炭化水素を製造する場合に有利な可能性	・製品製造までを敷地内で実施するか否かで必要面積が変化
メタン発酵＋バイオメタネーション	210万t/年程度	・バイオメタネーションはTRL4（同上） ・メタン発酵は確立された技術 ・バイオガスの直接メタネーションによる高効率な転換技術が重要	・メタン発酵自体は安価な技術とされるが、バイオメタネーションと組み合わせる場合や熱処理とセットの場合にはコスト増 ・地域への多面的価値の評価が重要	・直接的にメタンを生成（バイオガスの状態では40～50%がCO_2） ・メタネーションには水素が必要	・熱処理とセット導入の場合は地下の敷地面積が必要 ・熱処理よりも地域分散が有利となる可能性

(2)　カーボンリサイクル技術等

1)　技術の概要と国内事例

経済産業省では、「CO_2 を有価物（資源）として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用することで、従来どおり化石燃料を利用した場合と比較して大気中への CO_2 排出を抑制し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献」する技術を、「カーボンリサイクル技術」と呼んでいる[16]。廃棄物処理によって発生する炭素は、前述のとおり、焼却処理による排ガス中の CO_2 のほかにも、合成ガスやバイオガスといった状態が考えられるが、図 2-14 のとおり、CO_2 を別の物質に変換する技術以外にも、合成ガス等の基幹物質から化学品等に変換する技術等を含めて「カーボンリサイクル技術」と総称していると考えることができる。

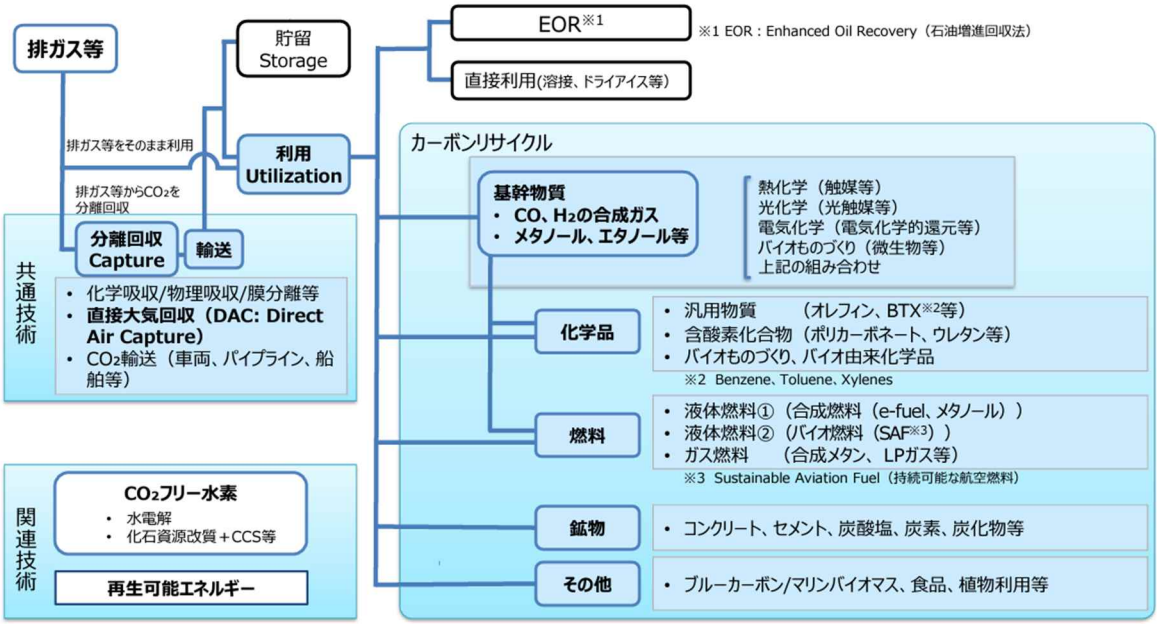


図 2-14　カーボンリサイクル技術の全体像

出典：経済産業省　「カーボンリサイクルロードマップ」（令和 5 年 6 月 23 日）

GI 基金においては、共通技術として「CO_2 の分離回収等技術開発」プロジェクトが実施されているほか、表 2-7 のとおり、「CO_2 等を用いたプラスチック原料製造技術開発（以下、「プラ原料製造技術開発」という。）」「CO_2 等を用いた燃料製造技術開発（以下、「燃料製造技術開発」という。）」「CO_2 を用いたコンクリート等製造技術開発（以下、「コンクリート等製造技術開発」という。）」「バイオものづくり技術による CO_2 を直接原料としたカーボンリサイクルの推進（以下「バイオものづくり技術開発」という。）」の計四つのカーボンリサイクル技術に関するプロジェクトが進行中である。

[16] 経済産業省　「カーボンリサイクルロードマップ」（令和 5 年 6 月 23 日）より

表 2-7　カーボンリサイクル技術に関する GI 基金の研究開発項目

プロジェクト名 （採択結果公開日）	研究開発項目
CO_2等を用いたプラスチック原料製造技術開発 （2022年2月18日 （追加公募：公募前））	【研究開発項目１】ナフサ分解炉の高度化技術の開発 【研究開発項目２】廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発 【研究開発項目３】CO_2からの機能性化学品製造技術の開発 【研究開発項目４】アルコール類からの化学品製造技術の開発 研究開発内容〔１〕グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証 研究開発内容〔２〕メタノール、エタノール等からの基礎化学品製造技術の開発・実証
CO_2等を用いた燃料製造技術開発 （2022年4月19日）	○液体燃料（輸送用燃料） （ｉ）合成燃料 【研究開発項目１－［１］】液体燃料収率の向上に係る技術開発 【研究開発項目１－［２］】燃料利用技術の向上に係る技術開発 （ⅱ）持続可能な航空燃料（SAF） 【研究開発項目２】持続可能な航空燃料（SAF）製造に係る技術開発 ○気体燃料（産業用・家庭用） （ⅲ）合成メタン 【研究開発項目３】合成メタン製造に係る革新的技術開発 （ⅳ）グリーンLPG 【研究開発項目４】化石燃料によらないグリーンなLPガス合成技術の開発
CO_2を用いたコンクリート等製造技術開発 （2022年1月28日）	〔１〕コンクリート分野 【研究開発項目１】CO_2排出削減・固定量最大化コンクリートの開発 【研究開発項目２】CO_2排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発 〔２〕セメント分野 【研究開発項目３】製造プロセスにおけるCO_2回収技術の設計・実証 【研究開発項目４】多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立
バイオものづくり技術によるCO_2を直接原料としたカーボンリサイクルの推進 （2023年3月22日）	【研究開発項目１】有用微生物の開発を加速する微生物等改変プラットフォーム技術の高度化 【研究開発項目２】CO_2を原料に物質生産できる微生物等の開発・改良 【研究開発項目３】CO_2を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証

※2024 年 3 月 4 日時点

出典：グリーンイノベーション基金事業各種プロジェクトの研究開発・社会実装計画等より作成

表 2-7 の GI 基金プロジェクトのうち、混合廃棄物の処理により発生する炭素（CO_2 や合成ガス等）を活用可能であると考えられる技術開発項目（CO_2 や合成ガスより製造される中間体の変換技術を含む）における採択テーマの詳細は表 2-8 のとおりである。

プラ原料製造技術開発プロジェクトでは、三菱ケミカル株式会社他や住友化学株式会社が CO_2 からメタノールやエタノールといったアルコール類を製造する技術及びアルコールからエチレンやプロピレン等のオレフィンを製造する技術を開発しているほか、日本ゼオン株式会社他はエタノールから合成ゴムの原料であるブタジエンを製造する技術の開発を実施している。住友化学の事業では、数千～数万 t/年規模の実証が計画されている。また、CO_2 を原料の一部として、ポリウレタンやポリカーボネートといった機能性化学品を製造する技術開発が、東ソー株式会社他や浮間合成株式会社によって実施されており、2030 年度までに数百～数千 t/年規模での実証が見込まれている。

燃料製造技術開発プロジェクトでは、ENEOS 株式会社が CO_2 を原料として、合成ガスを

経て合成燃料を製造する技術開発を実施しているほか、大阪ガス株式会社他や東京ガス株式会社他がメタネーション技術の開発、古河電気工業株式会社が合成ガスからグリーン LP ガスを製造する技術開発を実施している。東京ガスのプロジェクトでは 2030 年度までに 10Nm³/h 機の実証を、古河電気工業の事業では 1,000t/年の LP ガスを製造する実証を計画している。また、出光興産株式会社はエタノールから SAF（Sustainable Aviation Fuel：持続可能な航空燃料）を製造する技術開発を実施しており、2030 年度までに 10 万 kL/年が見込まれている。前述の CO_2 からアルコールを製造する技術と組み合わせることでカーボンリサイクルを実現できる可能性がある。

コンクリート等製造技術開発プロジェクトでは、住友大阪セメント株式会社が廃棄物由来の CaO と CO_2 からカーボンリサイクルセメントを製造する技術開発を実施しているほか、鹿島建設株式会社他や株式会社安藤・間他がセメントからコンクリートを製造する過程で CO_2 を吸収させる技術開発を実施している。

バイオものづくり技術開発プロジェクトでは、積水化学工業株式会社他や双日株式会社他、株式会社カネカ他、株式会社ちとせ研究所の各グループが、CO_2 を原料として、微生物を利用して各種化成品等を製造する技術開発を実施しており、2030 年度までに数万～数十万 L 規模の培養槽等での実証が見込まれている。

表 2-8　カーボンリサイクル技術に関する GI 基金プロジェクトの実施事業概要

プロジェクト名	研究開発内容・採択テーマ	実施者	事業の概要	原料※	生成物※	2030 年までの実証規模
プラ原料製造技術開発	炭素資源循環型の合成ゴム基幹化学品製造技術の開発	日本ゼオン株式会社、横浜ゴム株式会社	使用済みタイヤや植物原料由来などのエタノールを高効率にブタジエンへ変換する技術を開発し、既存材料をベンチマークに合成ゴム/タイヤ製品化の可能性を実証する。	エタノール	ブタジエン	パイロットスケール実証（設備コスト 180 億円）
	CO_2 を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発	東ソー株式会社、三菱瓦斯化学株式会社	従来原料のホスゲンの代わりに工場等の排ガス中の CO_2 を直接利用しポリウレタン原料であるイソシアネートや CO_2 を原料とする PCD 製造技術を開発する。これら CO_2 由来のポリウレタン原料を用いて環境対応型の高機能ポリウレタンの実現を目指す。	CO_2＋アルコール、アミン、ジオール	イソシアネート、ポリカーボネートジオール（ポリウレタン原料）	数百～数千 t/年
			DPC 前駆体の製造に関し、ホスゲンの代わりに CO_2 を原料とした新しい合成技術を開発する。この技術で得られる DPC を利用した PC(ポリカーボネート)の高機能化プロセスの実現を目指す。	CO_2＋脂肪族アルコール、フェノール	DPC（ジフェニルカーボネート：ポリカーボネート原料）	DPC パイロット実証（2,000t/y） PC パイロット実証（600t/y）
	多官能型環状カーボネート化合物の大量生産工程確立および用途開発	浮間合成株式会社	環状カーボネートの生産コストを下げ大量生産できる製造方法を開発する。用途展開として、ポリウレタン接着剤、エポキシ代替接着剤等を開発する。	エポキシ化合物＋CO_2	環状カーボネート化合物	環状カーボネートとして 20t/M（240t/年）
	CO_2 からの基礎化学品製造技術の開発・実証	三菱ケミカル株式会社、三菱瓦斯化学株式会社	CO_2 からメタノールを合成した場合、平衡反応であるため従来技術では収率が 30～40%程度で大量のリサイクルが必要だが、新たに膜型反応分離プロセスを開発し、転化率の大幅な向上を目指す。	CO_2+H2 or CO+H2	メタノール	パイロット実証
			目的とするエチレン又はプロピレンを高収率で製造可能な触媒を開発する。また、触媒の連続再生技術などの開発により 1 年以上に相当する 1 万時間以上の連続生産を可能にする。	メタノール	オレフィン（エチレン、プロピレン）	パイロット実証
	CO_2 等を原料とする、アルコール類及びオレフィン類へのケミカルリサイクル技術の開発	住友化学株式会社	CO_2 からのメタノールやエタノールの合成に関して、メタノールの合成は高耐久性の触媒を開発し生産性の向上を図るとともに、エタノールの合成は新規の高効率な触媒を開発することにより、CO_2 を原料としたアルコール類の高効率合成法を完成させる。また、これらの触媒と新たに開発する内部凝縮型反応器を組み合わせることで、エタノールやメタノールの収率を大幅に改善し、オレフィン製造向けの経済的なアルコール類製造を	CO_2	エタノール、メタノール	数千～数万 t/年

プロジェクト名	研究開発内容・採択テーマ	実施者	事業の概要	原料※	生成物※	2030年までの実証規模
			達成する。			
			エタノールを主原料としメタノールを適宜混合利用することによる、C3以上のオレフィンの高効率製造プロセスの開発を目指す。	エタノール、メタノール	C3以上のオレフィン（プロピレン等）	数千～数万t/年
燃料製造技術開発	CO_2からの合成反応を用いた高効率な液体燃料製造技術の開発	ENEOS株式会社	・航空・船舶・モビリティ分野などのカーボンニュートラル化に向けて、CO_2と再エネ由来水素を原料とする合成燃料の製造技術開発を行う。本事業で開発する製造プロセスでは、FT合成を活用することで、ガソリンやジェット燃料、軽油といった幅広い液体燃料製品の製造が可能となる。 ・本事業では、合成燃料コストの大半を占める原料コスト（水素・CO_2消費量）の低減のため、個別工程の高性能化とリサイクル技術適用による液体燃料収率の大幅な向上に取り組む。さらにパイロットプラントでの技術検証を通してスケールアップ技術を確立し、合成燃料の社会実装につなげる。	CO_2＋再エネ由来水素	合成燃料	パイロットスケール（300BPD規模を想定）
	最先端のATJ（Alcohol to Jet）プロセス技術を用いたATJ 実証設備の開発と展開	出光興産株式会社	・研究開発期間では、エタノール脱水によるエチレン生産とエチレンの重合によりSAFを製造するATJ（Alcohol to Jet）技術の開発と大量生産を可能とする製造プロセスを確立し、エタノールからのニートSAF※収率50%以上かつ製造コスト100円台／Lを実現する。 ※ニートSAF：化石由来燃料（ケロシン）混合前の純度100%SAF ・建設期間では、最先端のATJ実証設備を設計し建設する。 ・実証運用期間では、ATJ実証設備の安定安全稼働によりSAFを生産し、2026年度を目標にサプライチェーンを構築する。	エタノール	SAF	10万kL/年
	SOECメタネーション技術革新事業	大阪ガス株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所	SOEC（固体酸化物形電解セル）メタネーション技術は、高温電解方式による必要電力削減効果と排熱の有効活用により、従来のメタネーションプロセスの総合エネルギー効率を大幅に上回る超高効率（85～90%）を実現し、合成メタン製造コストの大部分を占める電力コストを大幅に削減し得ると期待されている。本事業では、SOECメタネーション技術の実現に必要な三つの革新的要素技術開発と小規模試験を実施し、次期実証事業への移行が可能な水準の技術確立を目指す。	水＋CO_2＋非化石電力	合成メタン＋酸素	パイロットスケール
	低温プロセスによる革新的メタン製造技術開発	東京ガス株式会社、株式会社IHI、国立研究開発法人宇宙航空	合成メタン製造に係る一連のプロセス（再エネからの水素製造、メタネーション）の低温プロセスでの総合的なエネルギー変換効率（補機損込）について、既存技術を上回る効率（60%	水＋CO_2＋電力	合成メタン＋酸素	10Nm3/h機

プロジェクト名	研究開発内容・採択テーマ	実施者	事業の概要	原料※	生成物※	2030年までの実証規模
		研究開発機構（JAXA）	～65%、補機損込）が見通せる革新的技術を実現する。 ① ハイブリッドサバティエ技術：スケールアップを視野に入れた構造設計などにより、エネルギー変換効率75%（補器損未考慮）を実現する。 ② PEMCO_2還元技術：メタン選択性の向上と過電圧の低減により、エネルギー変換効率62%（補器損未考慮）を実現する。 ③ スケールアップ開発：メタン合成量10Nm3／h規模において、エネルギー変換効率60～65%（補器損込）を実現する。			
	CO_2からの合成反応を用いた高効率な液体燃料製造技術の開発	古河電気工業株式会社	・海外からLPガスを調達する業界構造から、国内でグリーンLPガスを製造するグリーンLPガス製造業を創出するために、生成率50C-mol%以上となるグリーンLPガス合成技術を確立する。 ・その後、グリーンLPガスを年間1,000t製造する技術の実証を2030年に完了させる。同技術をライセンスなども含めて広く展開することでカーボンニュートラル社会と国内の持続可能なエネルギー供給に貢献していく。	合成ガス（H2＋CO）（共電解、逆シフト反応、バイオガスのドライリフォーミング等により製造）	グリーンLPガス	1,000t/年
コンクリート等製造技術開発	革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術の開発	鹿島建設株式会社、デンカ株式会社、株式会社竹中工務店	建設活動を通じたカーボンニュートラル社会実現への貢献を図るため、コンクリートにおけるCO_2排出削減・固定量最大化とコスト低減の両立に向けた技術開発を行い、関係機関などとの連携・協力の下、国内外での幅広い社会実装を目指す。	セメント、混和剤、水、骨材、CO_2	コンクリート	―
	CO_2を高度利用したCARBON POOLコンクリートの開発と舗装および構造物への実装	株式会社安藤 ・間、株式会社内山アドバンス、灰孝小野田レミコン株式会社、大阪兵庫生コンクリート工業組合、大成ロテック株式会社、一般財団法人電力中央研究所	セメント焼成工程などで発生するCO_2を、コンクリート由来の産業廃棄物に固定化させるという地域内循環を構築し、さらに新たな技術を用いて引渡しまでにCO_2固定量を最大化したCARBON POOL（CP）コンクリートを開発する。CPコンクリートの施工性や耐久性を確保し、舗装のみならず、建築・土木構造物にも実装する。	セメント、混和剤、水、骨材、CO_2（産業廃棄物にCO_2固定しCCU骨材＆コンクリート使用現場でもCO_2固定）	コンクリート	―
	多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立	住友大阪セメント株式会社	セメント（主成分 CaO）は天然石灰石（CaCO3）の脱炭酸（CO_2）分離反応により工業生産されているが、廃コンクリートや一般焼却灰などCaを含有する多様な廃棄物などからCaOを抽出し、セメント生産工程で分離されたCO_2と再結合させ	廃棄物由来CaO＋CO_2	カーボンリサイクルセメント（CRC）	―

プロジェクト名	研究開発内容・採択テーマ	実施者	事業の概要	原料※	生成物※	2030年までの実証規模
			ることで、人工石灰石（CaCO3）を生成炭酸塩化 、これを原料とした カーボンリサイクルセメント（CRC）を製造することにより、セメント産業でのカーボンニュートラルを目指す。 ・炭酸塩化技術開発：間接又は直接に炭酸塩化する2方式により多様なCa含有廃棄物に適した複数の炭酸塩化技術を開発・検証し、 最適なCaO抽出・CO_2固定化技術の確立を図る。 ・炭酸塩利用技術開発：生成した炭酸塩がカーボンリサイクルセメントの焼成原料又はセメント成分となる増量材などとして利用可能かを検証し、そのコンクリートとしての性能強度ほかを満たす材料開発を行うとともに、設計・施工に係るガイドラインの作成を行い、社会実装を目指す。			
バイオものづくり技術開発	バイオものづくり技術によるCO_2を原料とした高付加価値化学品の製品化	積水化学工業株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構	CO_2→CO変換プロセスを活用したエポキシ原料生産微生物を開発し、CO_2由来エポキシ接着剤生産を実現。	CO_2	エポキシ接着剤	数万～数十万L規模の培養槽等
	水素細菌によるCO_2とH2を原料とする革新的なものづくり技術の開発	双日株式会社、一般財団法人電力中央研究所、Green Earth Institute株式会社、DIC株式会社、株式会社ダイセル、東レ株式会社	CO_2とH2を利用して増殖する水素細菌のPHB蓄積代謝経路等を改変し、生来は生産されない低分子化合物を生産できる組換え株を創製。	CO_2＋H2	化成品＋飼料原料	数万～数十万L規模の培養槽等
	CO_2からの微生物による直接ポリマー合成技術開発	株式会社カネカ、日揮ホールディングス株式会社、株式会社バッカス・バイオイノベーション、株式会社島津製作所	CO_2固定化能力が5倍に向上したポリマー生産微生物開発、Tgの異なる3種類以上のバイオポリマー生産微生物育種。	CO_2	生分解性バイオポリマー	数万～数十万L規模の培養槽等
	光合成によるCO_2直接利用を基盤とした日本発グローバル産業構築	株式会社ちとせ研究所	高効率なゲノム編集・ゲノム調整を駆使し、非組換えで脂質生産性を5倍以上向上。	CO_2（微細藻類を利用）	化成品や化粧品、燃料、飼料、食品など	数万～数十万L規模の培養槽等

※原料及び生成物は主な物質を記載しており、記載されている物質のみとは限らない。
出典：グリーンイノベーション基金事業各種プロジェクトの研究開発・社会実装計画、事業概要資料、グリーンイノベーションプロジェクト部会資料等より作成

2)　国内における将来の導入ポテンシャル

GI 基金の各プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画では、アウトカムとして、2030 年、2050 年において、カーボンリサイクル技術由来の製品製造量を仮定し、CO_2 削減効果及び経済波及効果を機械的に計算している。表 2-9 に GI 基金の研究開発・社会実装計画における 2050 年のアウトカム試算やその他のデータより引用・試算した各種カーボンリサイクル製品の想定製造量及び製造量から逆算した必要炭素量を示す（収率等は考慮していない）。ただし、表中の製造量は、製造可能量やポテンシャル等、項目によって条件設定が異なっていると考えられ、単純に比較できるものではないことに留意が必要である。また、参考までに、廃棄物焼却施設から発生する炭素量の目安は、処理能力（1 日当たり処理量）を 300t/日、稼働日数を 270 日/年、廃棄物の CO_2 排出係数を 1.0t-CO_2/t-waste と仮定した場合、約 22kt-C/年となる。

表 2-9　カーボンリサイクル技術による製品製造量及び必要炭素量（国内、2050 年）※1,2

項目	製造量	必要炭素量 [kt-C/年]	備考（製造量の出典等）
CO_2由来機能性化学品原料（DRC※3）	50万t/年	200※5	GI基金のアウトカム試算で想定されている製造量と分子量（ジメチルカーボネートと仮定）から計算
CO_2由来機能性化学品原料（MDI※4）	50万t/年	360※5	GI基金のアウトカム試算で想定されている製造量と分子量から計算
メタノール由来の基礎化学品	220万t/年	1,886	GI基金のアウトカム試算で想定されている製造量と分子量（エチレンと仮定）から計算
エタノール由来の基礎化学品	100万t/年	857	GI基金のアウトカム試算で想定されている製造量と分子量（エチレンと仮定）から計算
合成燃料	49,769千kL/年	33,483	GI基金のアウトカム試算で想定されているガソリン及び軽油の需要量と排出係数（ガソリン：2.32t-CO_2/ kL、軽油：2.58t-CO_2/kℓ）から計算
SAF	2,300万kL/年	13,707	GI基金のアウトカム試算で想定されているSAF需要量と換算係数（0.8t/kL、3.16t-CO_2/t）から計算
合成メタン	2,500万t/年	19,776	第6次エネルギー基本計画／グリーン成長戦略における目標値と分子量（0.75t-C/t-CH4）から計算
グリーンLPG	800万t/年	15,857	GI基金のアウトカム試算で想定されているLPガスの国内需要量と排出係数（3.00t-CO_2/t）から計算
CO_2固定コンクリート	6,882万m3/年	2,252	2015～2022年度の生コンクリート出荷量（全国生コンクリート工業組合連合会及び全国生コンクリート協同組合連合会HPより引用）の対数近似による試算値とCO_2固定量目標の下限値（120kg-CO_2/m^3）より計算

※1：バイオものづくりによる製造量は表中には記載していないが、化学品や燃料品等の製造量（の一部）については表中の数字の内数であると考えられる。
※2：セメント分野については、石灰石の脱炭酸プロセスから回収したCO_2を利用して炭酸塩を製造することを想定しており、廃棄物処理施設を含む外部からの炭素供給は想定されていないと考えられるため、表の整理からは除外した。
※3：ジアルキルカーボネート（ポリウレタンの原料）
※4：ジフェニルメタンジイソシアネート（ポリウレタンの原料）
※5：原料としてCO_2のほかにアルコールやアミン等が必要となるため、これらの原料によっては、カーボンリサイクル由来の炭素量は表中の数字よりも小さくなる。
出典：グリーンイノベーション基金事業各種プロジェクトの研究開発・社会実装計画、事業概要資料、グリーンイノベーションプロジェクト部会資料等より作成

3) 技術の評価・検証結果のまとめ

ここまでの調査を踏まえて、カーボンリサイクル技術及び製品について、技術面や廃棄物処理との連携を考えた際の需給マッチングの面から表 2-10 のとおり整理した。廃棄物処理により発生する CO_2 等にカーボンリサイクル技術を適用する場合、CO_2 等の状態で大規模製造拠点に輸送するパターンや中間体を廃棄物処理施設の敷地内や近傍で製造してから大規模製造拠点に輸送するパターン、敷地内や近傍で最終製品を製造するパターン等が考えられる。廃棄物処理施設から発生する炭素は前述のとおり 22kt-C/年程度（300t/日炉、270 日稼働の場合）と考えられることも踏まえ、事業性確保のために必要な規模や周辺の炭素排出源の有無、周辺の製品需要の有無等によって事業スキームの選択がなされるものと考えられる。

化学品（機能性化学品及び基礎化学品）については、GI 基金において TRL4～5 の技術を 2030 年までに TRL7 にする計画となっている。2030 年までにおける実証規模については、例えば機能性化学品原料である DPC（C13H10O3）で 2,000t/年が想定されているが、CO_2 由来の炭素はカーボネート基に利用される一箇所のみと考えられることを踏まえると、必要な CO_2 由来炭素量は 110t-C/年となり、2030 年以降のスケールアップを考慮しても廃棄物処理施設由来の炭素で需給バランスをとり得る規模感であると考えられる。基礎化学品については、数千～数万 t/年の実証規模が想定されており、仮に 1 万 t のエチレンを製造すると仮定すると、必要な炭素量は 9kt/年程度と計算できる。これは 300t/日規模の廃棄物処理施設で供給可能な量であるものの、2030 年以降のスケールアップや、基礎化学品に分散的な需要があるわけではないという点を踏まえると、大規模な基礎化学品製造拠点の周辺に立地する処理施設において、CO_2 の状態で製造拠点まで輸送することや、オンサイトで CO_2 由来のアルコールを製造し、それを大規模製造拠点に輸送するような事業形態も考えられる。

燃料品のうち合成燃料については、GI 基金において TRL3～4 の技術を 2030 年までに TRL5 程度にする計画となっている。パイロット実証（300BPD 規模）に必要な炭素量は廃棄物処理施設から供給可能な程度であるものの、TRL5 程度の想定であることや事業実施者である ENEOS 株式会社が 2040 年に 1 万 BPD 以上を目指していること、従来の製油所を代替するプロセスになり得ること等を踏まえると、商用規模の製造拠点においては、複数の炭素供給源の一つとして、廃棄物処理施設から発生する CO_2 を大規模製造拠点に輸送して使用すること等が考えられる。

SAF については、GI 基金において TRL4 程度の技術を 2030 年までに TRL7 程度にする計画となっている。2030 年までの実証規模は 10 万 kL/年となっており、収率を考慮しない場合の必要炭素量は約 70kt-C/年と、実証の時点で廃棄物処理施設から供給可能な炭素量を上回っている。GI 基金の実証では原料となるバイオエタノールを国外から調達する計画であるが、技術開発中である CO_2 からアルコールを製造する技術が確立、商用化された場合には、特に空港に近い地域において、廃棄物処理施設を含む複数の炭素供給源を利用してアルコールを製造することも考えられる。

合成メタンについては、GI 基金において TRL4 程度の技術を 2030 年までに TRL5～6 程度にする計画となっている。例えば、東京ガス株式会社が幹事企業であるプロジェクトにおける 2030 年までの実証規模は 10Nm^3/h 機となっており、これは廃棄物処理施設から排出される炭素でも十分に供給可能な量である。都市ガス需要が分散的に存在し、焼却施設におけるメタネーション実証が既に実施されていること等を踏まえると、将来的には商用機にて焼却

施設から排出される CO_2 をオンサイトでメタネーションすることも考えられるが、その場合には水素の供給も併せて必要となる。他方、メタネーションには前述したバイオメタネーション技術も存在し、化学メタネーションと同様に水素は必要であるものの、こちらは有機性廃棄物のメタン発酵処理と一体的かつ効率的に実施できる可能性があることから、メタネーションを実施する場合には、技術面、経済面等の条件を踏まえてプロセスを選択する必要があると考えられる。

LPG については TRL4 程度の技術を 2030 年までに TRL6～7 程度にする計画となっており、合成メタンと同様に 2030 年までの実証規模は廃棄物処理施設から排出される炭素でも十分に供給可能な量であり、需要も分散的に存在する。製造技術が確立した上で、スケールメリット等の経済的条件や敷地面積の制約等によっては、廃棄物処理施設のオンサイトでの社会実装が実現する可能性も考えられるが、CO_2 を原料とする場合にはやはり水素供給が必要となる。また、メタン発酵によって発生するバイオガスをドライリフォーミングすることで原料となる合成ガスを得る方法もあることから、合成メタンと同様に技術面、経済面等の条件を踏まえてプロセスを選択する必要がある。

CO_2 排出量削減・固定量最大化コンクリートについては、GI 基金において TRL3～4 の技術を 2030 年までに TRL4～6 程度にする計画となっている。2030 年までの実証規模は不明であるが、2023 年 9 月現在の生コンクリート製造工場数は 3,056 工場、2022 年度における 74,452 千 m^3（いずれも全国生コンクリート工業組合連合会及び全国生コンクリート協同組合連合会 HP より）であることから、工場当たりの平均出荷量は約 24 千 m^3 となる。これを表 2-9 と同様の考え方で炭素固定量に変換すると約 0.8kt-C/年となるため、廃棄物処理施設から供給可能な量であると考えられる。量的関係に加え、生コンクリート工場が全国に点在していることを踏まえると、廃棄物処理施設から排出される CO_2 をコンクリートに固定化させることは、今後の CCU の選択肢の一つとして考えられる。

表 2-10　カーボンリサイクル技術の評価のまとめ※

項目	TRL	2030年までの実証規模	需給マッチングに関する留意点等
機能性化学品	TRL5 （2030年TRL7）	2,000t-DPC/年（CO_2由来炭素110t-C/年）	・スケールアップを踏まえても廃棄物処理施設から供給可能な炭素量の可能性 ・CO_2以外の炭素含有物が必要
基礎化学品	TRL4～5 （2030年TRL７）	数千～数万t/年 （10ktのエチレン製造を仮定すると9kt-C/年が必要）	・廃棄物処理施設だけでは商用規模の必要炭素量を供給できない可能性 ・最終製品ではないため分散型のメリットが小さい可能性 ・原料となるアルコール製造の実証事例はあり
合成燃料	TRL3～4 （TRL5程度）	300BPD規模 （300BPDのガソリンを仮定すると11kt-C/年が必要）	・廃棄物処理施設だけでは商用規模の必要炭素量を供給できない可能性
SAF	TRL4 （2030年TRL7）	10万kL/年 （69kt-C/年）	・実証段階で既に廃棄物処理施設から排出される炭素量を上回る ・GI基金では国外からバイオエタノールを調達する計画だが、将来的には国内製造のCO_2由来アルコールを利用できる可能性 ・需要場所が主に空港に限定
合成メタン	TRL4 （2030年TRL5～6）	10Nm^3/h機 （270日稼働と仮定すると0.04kt-C/年・機）	・分散的な需要が存在し、オンサイトでのメタネーション技術の社会実装もあり得る ・メタン発酵＋バイオメタネーションのプロセスも選択肢
LPG	TRL4 （2030年TRL6～7）	1,000t/年 （0.8kt-C/年）	・分散的な需要が存在し、オンサイトでの社会実装もあり得る ・メタン発酵＋ドライリフォーミングのプロセスも選択肢
コンクリート	TRL3～4 （GI基金等により2030年TRL4～6）	実証規模は不明	・工場が分散的に存在し、工場当たりの平均出荷量を当該製品とする場合に必要な炭素量が廃棄物処理施設から排出される炭素量で供給可能

※：炭素量の試算において収率は考慮していない。
出典：グリーンイノベーション基金事業各種プロジェクトの研究開発・社会実装計画、事業概要資料、グリーンイノベーションプロジェクト部会資料等より作成

2.2.3　資源循環分野の脱炭素技術に関するヒアリング調査

前項までの調査等を踏まえ、プラスチック対策に係る重要な技術の一つとして、資源循環プロセスへの廃プラスチック投入量を直接的に増加させることができる高度選別技術に着目し、高度選別機を実際に導入し、質の高い MR の実現を目指している事例として、株式会社プラニックにヒアリングを実施した結果の概要を表 2-11 にまとめた。

また、廃棄物処理施設における CCUS 技術の中で、「外部からの水素供給を必要とせず、直接的に有用な合成ガスや熱分解油等を得ることができる点で、早期の社会実装が実現し得る」とされる熱分解技術について、現状や今後の可能性等を把握するために、ガス化改質炉の商用機で世界トップの実績を有するとみられる企業及び環境省の実証事業を実施、又は事業に参画しているプラントエンジニアリングメーカーとして、JFE エンジニアリング株式会社、

日立造船株式会社、三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社の3社を対象としたヒアリング結果の概要を表 2-12～表 2-14 にまとめた。なお、各社のガス化技術の概要については R4 年度業務報告書を参照されたい。

表 2-11　株式会社プラニックへのヒアリング結果概要

（事業の経緯、体制について）

- ✓ 事業の動機は、有効利用されていない国内のミックスプラスチック（海外へ輸出または熱回収で処理）を有効利用することが我が国にとってプラスになると考えたため。また、欧州でミックスプラスチックが有効利用されている事例を踏まえると、国内のミックスプラスチックの活用は実現性があると考えたためである。
- ✓ ASR（Automobile Shredder Residue）系はプラスチック含有率が高いが、その多くがサーマルリサイクルに回っていたところを循環に回すことが動機につながっている。海外企業の技術で選別できることが明らかになったので、計画が進んだ。

（導入設備、事業内容について）

- ✓ 光学選別機は黒色の樹脂種を判別することができず、黒を多く含む ASR の処理には不向きなので比重選別機を採用した。
- ✓ 関東、東海、関西、四国、中国地方など、全国から回収を行っている。
- ✓ 廃プラスチックの回収量や回収効率を増加させるためには選別工程での選別精度を向上させることが重要になるため、より効果的な選別条件の確立を模索している。
- ✓ 顧客には、リサイクル材はバラツキがあるということをお伝えしている。それぞれの顧客のニーズを確認した上で、製造条件を設定している。

（事業の課題について）

- ✓ 家電由来の原料については、いまだに海外向け販売が存在すると認識しており、国内循環を優先させるための施策が必要と考える。
- ✓ 製品プラスチックに関しては、回収方法に課題があり、単一自治体ごとでなく、広域的に集積・選別・梱包するシステムの構築を官民一体となって検討する必要があると考える。
- ✓ リサイクル事業の取組みの実施・拡大に当たり、大きな壁は初期投資になると思う。リサイクラーの中でも、選別や破砕など、新たな投資をしないと受入れを拡大できないという事業者はいると思う。何でもよいからといって品質の悪い再生プラスチックを製造しても、需要がないという問題が発生する。適切な設備投資をしないと有効な販路がない。

（プラスチック選別施設の将来像について）

- ✓ 残渣を含めて考えれば、ケミカルリサイクルをセットで実施する選択肢もあり得る。残渣にもプラスチックは含まれるが、金属等の他素材も混入しているため、それらを除去できる、あるいは他事業者が除去する（他事業者と連携する）ことで、ケミカルリサイクルで使えるのであれば可能であろう。

（環境省「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)」について）

- ✓ プラスチックの回収率（再生率、収率）については、一層高めていく努力が必要だが、そのためにも事業者がインセンティブを持って取り組める制度が必要と考える。
- ✓ 現在プラスチック製品は販売後のリサイクル義務の責任の所在が明確に定められていないが、リサイクル機運を高めるための明確な施策を講じることで、メーカー側でも循環利用を促進させるための技術開発が進むだろう。
- ✓ 事業者と自治体間の契約期間の長期化が実現すれば、安定的な事業運営が可能になり、積極的な投資にもつながり、更に踏み込んだ取組みができるようになるのではないか。

表 2-12　JFE エンジニアリング株式会社へのヒアリング結果概要

（ガス化改質施設の現状と可能性）

- ✓ サーモセレクト方式のガス化改質は 20 年以上の運営実績があるが、コストが高く、広く普及するまでに至らなかった。当初はゼロエミッションを掲げて、多様な資源をリサイクルして売却益も得られることを目指していたが、結果的には産廃の処分費が発生している状況である（特に硫黄、金属水酸化物）。このため、事業環境が現状のままでは普及が難しいと思われる。
- ✓ 脱炭素に向けて CCU という方向も出てきた中で、焼却施設であれば U の部分で水素の調達が非常に大きな課題になるが、ガス化改質施設ではプラントで水素を含む合成ガスを生成できることが最大のメリットだと考えている。
- ✓ 焼却施設で CO_2 を回収して使う場合には、最終製品の単価（炭素価値）によるが、水素価格が下がらないと難しいと思う。最終製品が（炭素価格という形で）現状の売価より高くなる前提で、現状の水素価格の 80～100 円/Nm^3 では、ガス化改質がコスト面で有利であり、水素価格 30 円/Nm^3（政府の 2030 年の目標水準）でも、まだガス化改質が焼却よりもコスト面で有利ではないかという感覚で、20 円/Nm^3 まで下がるといい勝負になる。炭素価格が上がり、あるいは CCU が当たり前となり、水素価格が高止まりすれば、ガス化改質がコスト的に有利な世界になるだろう。
- ✓ サーモセレクト方式のガス化改質は、このまま捨てるのはもったいない技術だと思っている。廃棄物ゼロエミッション（技術）を目指さずとも、合成ガスをしっかり製造することで、焼却＋CCU と比較すると、ガス化改質の市場が出てくるのではないか。
- ✓ 合成ガスから SAF の製造も可能であると考えている。SAF は航空会社がジェット燃料の 3 倍ほどの値段で購入していると聞く。SAF に限らず化学品も、二酸化炭素の削減価値（サステナブルであることの価値）の値差がどうなるのかによる。

（サーモセレクト方式ガス化改質の技術的特徴）

- ✓ 当技術はプラスチックのケミカルリサイクルという位置づけもある。カロリーが高い廃棄物のほうが、メリットがあるため、都市ごみにプラスチックを加えてもよい。ど

んな条件でも対応できるのがメリット。一方で完全にプラスチック専焼であれば、例えばハンドリングが変わることに留意しなければならない。EUP 方式では RPF（ペレット）にしてからでなければ扱えなかった。 ✓ 現状のサーモセレクトは焼却施設よりは広い面積が必要ではあるが、焼却施設に CO_2 分離回収を設置する場合よりは狭い敷地で設置が可能なレベルと考えている。 ✓ ごみ質などによるガスの性状変動（CO 濃度など）は、現状ではガスエンジンやボイラーで燃焼しているため大きな影響はないが、原料利用する場合には方式にもよるが問題・課題となり得る。微量成分への対応も課題になる。これまでに、唯一、原料利用したのは、寄居（オリックス資源循環株式会社）での実証（エタノール製造）であるが、合成ガスを途中で抜いて供給しただけで、製造側で前処理を実施していた。原料利用先との取合協議によって、ガス洗浄装置の責任範囲やコストが変わり得る点も課題である。 ✓ メタノール等の製造や FT 合成の場合は触媒を利用するため、微量成分による被毒が懸念される。一方、生物処理の場合は選択的な反応となり微量成分に強い可能性もあるかと考えている。 ✓ 合成ガス中の水素成分等はバランスをずらせば調整できないわけではないが、廃棄物の性状と反応温度でガス性状が決まるため、細かく調整できず、成り行きが基本である。 ✓ 現在のサーモセレクトは、焼却と比較して CAPEX も OPEX（メンテ、用役）も両方高くなってしまう。何倍になるかは案件により異なる。用役の部分は、ガスエンジンを利用しているため、発電効率自体は高いものの、現状ではほとんど売電はできず、焼却との差が大きい。焼却プラント 2 個分を消費電力で抱えているイメージである（プラント動力と酸素製造で同じくらい)。酸素製造に非常に多くの消費電力が掛かっているので、電気分解による水素製造施設などが増加した場合に、当該施設での副生成物である酸素の利用先として連携することができると、現状のシステムの弱点である消費電力が削減できる可能性はある。 **（ガス化改質の展望）** ✓ CCU については、燃料利用も検討されているが、例えば、ガスなどは貯蔵性が悪いため、長期間社会に蓄積せず、短い期間で燃焼させる（CO_2 にする）しかない。大気中に CO_2 を放出しないためには、（炭素循環を）長いサイクルのループにすることが望ましい。 ✓ メタノール、エタノール経由でプラスチックなどの化学品として中長期の間、社会に蓄積・貯留し、最終的に廃棄物となったものを再度ガス化で化学原料に戻していく、という長いサイクルのループ構築が脱炭素化社会の実現に資するものになると思う。

表 2-13　日立造船株式会社へのヒアリング結果概要

（ガス化改質の技術開発状況） ✓ 開発中のガス化技術の適用先として、BTG が難しい小規模な焼却施設に着目している点は、開発のスタート時点から変わっていない。ガスエンジンによって高効率にエ

ネルギー回収しようというところと、昨今の脱炭素化の流れの中で、化学産業に原料を供給できるところにも注目している。

- ✓ 2t/日の規模で実証しているが、次の段階として、20t/日へのスケールアップを想定している。30～40t/日の規模の焼却施設でも BTG の事例が出始めているため、実装段階でも、その程度の規模から始めることになるのではないだろうかと考えている。
- ✓ 欧州でも、バイオマスのガス化は注目され始めている。メタン発酵において、農地還元の継続が困難になる、気温が低くて分解できないなどの地域でメタン発酵残渣をもう一段処理してガス化して無機化するというニーズがありそうである。下水汚泥の処理とも似てくる話である。

（ロータリーキルン方式ガス化改質の技術的特徴）

- ✓ かつてのガス化溶融からガス化改質への技術転用は可能であるが、流動床式のガス化は、空気比の問題でガスが薄い（低濃度）が、当社の技術は、間接加熱式（外熱式）であり、空気を入れないため、ガスが薄くならないことが特徴。
- ✓ 高温水蒸気は、シール部に蒸気をかけると、中に漏れ込んで、ガス化で生じた水分とともに改質で働いている。ガス化改質炉は内部構造を工夫している。流動媒体は、ガス化できない不燃分を熱媒体として、キルン内を行ったり来たりして循環するようにしている。
- ✓ 実証において、熱分解ガスの成分分析をしているが、ガス発電やケミカルリサイクルのためには、精製が必要である。ここは実証の中で力を入れて検討している。
- ✓ コストメリットの検証はこれからである。これまで BTG でエネルギー回収できなかった規模において、エネルギー自立することで既設と同等のコストにすることが目標である。自家消費か売電かは、FIT 制度がいつまで続くか等の社会情勢による。
- ✓ 同様に小型が対象となり得る炭化炉と比べた場合に、マテリアルハンドリングの観点からは、ガス化のほうがオンラインにならざるを得ない。炭化は固形物であるのでオフライン輸送が可能だが利用先は限定される。
- ✓ 熱分解ガス化は木質バイオマスのガス化と、基本は一緒である。詳細はわからないが、過去の木質バイオマスでの研究開発ではタールで悩まされたと聞いている。
- ✓ そのため、当実証ではタール成分が多くなるように振った条件でも運転できることを検証していく予定である。

表 2-14　三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社へのヒアリング結果概要

（ガス化改質の技術開発状況）

- ✓ 現在実証中のガス化改質は、流動床式のガス化溶融炉の技術を利用して、元々はガス化溶融炉にて空気吹きで燃やしていたものを水蒸気酸素吹きに変更した技術である。基本的にはエネルギー自立のプラントを目指している。溶融炉の出滓口を温めるためにバーナーを焚くことはある。
- ✓ 入口の一般廃棄物の性状をどこまで指定できるかということがある。久慈市の実証では特にコントロールはしていない。通常の燃焼技術では入口の燃料の性状をどう一定にするかということが大前提にある。廃棄物は性状が厨芥からプラスチックまで様々

なものが入っている。その中で、均等に燃焼させるにはどうするか、ガス化炉の中で不燃物をどのように排出するかという点の技術が必要となってくる。固体燃焼のため、微粉炭や液体燃料などのように効率良く燃焼させることができない。今回の実証では破砕して乾燥させる工程が入っており、ストーカ炉のごみに比べると性状は安定しているが、それでも微粉炭などに比べると遥かに大きくばらつきがある。

- ✓ 破砕、乾燥をして粒径を揃えたとしても変動が出る。ごみの入れ方などの工夫でガスの変動をどの程度抑えられるか、ガス性状の変動が許容できる範囲をどの程度とするか。後段の精製で受入れ可能な範囲内に収まるかが今回の実証のポイントになる。
- ✓ CO と H_2 の比率を柔軟に変化させることは難しい。CO と H_2 を積極的に増加させるというよりも、不純物を取って相対的に比率を上げるくらいしかできない。エタノール製造のためには CO と H_2 のモル比が大事になってくる。
- ✓ カーボンと水が千数百度の高温にさらされると、CO と H_2 になる反応が起きる。運転するときに、水の添加量を変えることで水素の発生量の増減は可能であるが、水を入れると熱を奪われるため、温度コントロールとの兼ね合いが問題となる。コントロールできる範囲が非常に狭い。燃やして温度を上げることと、CO と H2 を製造することの兼ね合いでバランスの取れた範囲でしか運転ができない。高温を維持にするために、エネルギーを投入し過ぎず、ごみのエネルギーを利用しながらどこまでできるかが課題である。
- ✓ CO：CO_2=1:1 のガスを製造できれば理想であるが、現状では CO の方が少ない。
- ✓ 現状、H_2 は量的に足りており、エタノールの製造量を増加させるためには CO を増やすことが必要となる。水蒸気をいかに減らして CO を増やすかが課題であり、難しい部分。
- ✓ 現状、エタノール合成後に余った H_2（オフガス）はガス化炉のプラントに持ってきて、他の燃料とともにガス化に必要な水蒸気を作るためのボイラーの熱源として燃やしている。H_2 に付加価値が出てくれば他の使い方も考えないといけない。そうなると、今度は水素の純度の問題も考える必要がある。
- ✓ 実証炉は 20t/日と規模が小さいため、熱回収は積極的には行っていない。商用規模の時には、どう熱回収するか、CO の回収率をどのように上げていくか、といった課題がある。商用機では、ボイラーを付けて熱回収した場合に自立できるか、あるいは回収したエタノールの一部を熱源として使うことにより自立させるかなど、これから検討していかないといけないと考えている。

（ガス化改質の社会実装）

- ✓ 2050 年に向けて、技術的にどこまで可能であるかということと、経済性をどう成立させるかということは両方とも考えていかなければいけない。
- ✓ 導入時の想定規模は、流動床側の制約もあるため 200t/日程度か。2 炉構成だと 1 炉当たり 120～150t/日程度であれば当社の実績の範囲内かと考えている。
- ✓ ガス化改質炉が焼却施設と比べて有利になり得る条件等について、まだ詳細には考えていない。技術の形ができてしまえば、久慈市で建設した施設そのものが焼却に比べて大幅に高いことはないと考えている。しかし、単純にごみを処理する場合とは異な

り、炉の横にエタノール製造プラントがあって許容されるのか、1日200tのごみを集められる自治体等があるのかなどの条件を踏まえて考えると、どこでもできるというわけではない。例えば臨海部の工業地帯の化学プラントの一角でないと成立しないなど、周辺環境の条件の方が効いてくると考えている。

- ✓ 例えば、一廃、産廃を含めて収集・運搬をする産廃処理業者、ガス化部分では当社のようなごみ焼却炉メーカー、後段のエタノール製造では化学メーカーが関わるとすると、かなり大規模な事業になる。そういった体制をうまく組める条件であれば実現可能であると思う。
- ✓ 個々の技術レベルとしては成立し得ると考えており、お金の流れ次第である。マスバランス法のような形で異なる価格設定ができ、それで儲かるという話になったら事業として可能性がある。バイオマスに価値を持たせて価格を上げるとなると、費用負担の問題が発生する。様々な所でコストが上がることになるが、それがどのようなスピードで進んでいくのかが気になるところである。それを踏まえて技術の形を作る必要があるという考えで取り組んでいる。ただし、今の価値観の中では実現しないので、循環させることの価値を世間に認めてもらい、高い価格で流通できる仕組みが出来上がることが必要である。炭素税が導入されれば、それより処理費用（炭素の回収・利用に掛かる費用）が安ければコスト掛けても処理したほうがよいということになる。ただし、極端な価格設定では産業にブレーキをかけることになるので、どのようにバランスを取りながら、技術側としてはどこまで実現可能なのかを探るということになると思う。
- ✓ ガス化設備に必要な敷地面積は焼却炉と同程度である。建屋を考慮しないとすると、エタノール製造プラントはガス化設備と同程度の敷地面積である。エタノール製造設備には蒸留塔があるとすれば、高さはガス化設備よりも高くなる。

（国全体としての廃棄物分野の CCUS の方向性について）

- ✓ 廃棄物分野にはカーボンネガティブのポテンシャルがある。自治体がカーボンニュートラル宣言をしているとすると、温室効果ガス削減はできてもマイナスのポテンシャルを持っている技術はほとんどないので、ごみ処理や下水から炭素を回収することはそれ自体に意味はある、ということは自治体の方にも納得していただける。回収した炭素の引取先があれば、自治体には賛同していただけるのであろう。大規模な利用先用意しないといけないという点をどうするか。
- ✓ 100t/日の炉から CO_2 が 100t/日程度出るので、全体としては莫大な量となるため、全てを炭酸として利用するのは難しい。農業利用の量もたかが知れている。そうなると、化学用途で大量に使うか、貯留かという選択肢になると思う。化学用途で使う場合に、CO_2 の状態から利用することが産業として合理的かという点は、現状では解がないと考えている。
- ✓ 焼却炉は火力発電などと比べれば分散で小規模である。これを使っていくというのは、全体最適かは分からないが、各自治体にとってのメリットはあるのではないか。
- ✓ CO_2 の回収、液化には大きなエネルギーが必要である。余剰エネルギーに見合った量の回収がせいぜいではないか。1日 10～30t 程度の CO_2 を回収、液化して利用するく

	らいの量を確保するなど。それではカーボンニュートラルにはならないかもしれないが、やっていることを示す形にはなる。全量回収にこだわらず、そのように切り替えないと、エネルギーの不足や、利用先の問題が出てくる。300t/日程度の規模のプラントでないとエネルギー自立ができないという試算が出ているが、売電収入がなくなってしまうということも含めてバランスを考えないといけない。現実的な回収量の範囲でどう普及させていくのか、ということになるのではないか。
✓	環境省が他産業とコラボしながら、使い道のモデルケースをいくつか主導できれば、導入が進むのかもしれない。

2.3　開発された技術の導入・普及のための検討

2.3.1　焼却施設の広域化・集約化

(1)　現状の集約化・広域化状況と計画の評価

1)　焼却施設や施設保有主体のデータの整理

(a)　H9 年度、R2 年度の関連データ整理と地図化

H9 年度と R2 年度の各都道府県の広域化ブロック（以下、「ブロック」という。）の数及び境界、焼却施設の施設数・平均施設規模等を整理した。なお、H9 年度は廃棄物施設年鑑、R2 年度は一般廃棄物処理実態調査の基礎情報に、各都道府県の広域化・集約化計画や昨年度（R4 年度）に実施した「ごみ処理施設の広域化・集約化に係るアンケート調査」（以下、「R4 年度広域化・集約化アンケート調査」という。）の結果等から必要な情報を追加して整理した。

さらに、H9 年度と R2 年度の焼却施設の場所や施設規模、ブロックの境界を、地図上に落としこんだデータを作成した。

表 2-15　データ整理と地図化に当たっての各項目の出典

項目	H9年度	R2年度
ブロックの数及び境界※	各都道府県の広域化計画より	R4年度広域化・集約化アンケート調査結果より（R4.6時点で設定しているブロック）
市区町村の数及び境界※	国土数値情報ダウンロードサイト（国土交通省）から平成7年の行政界データをH9.5.28に更新したものを使用	国土数値情報ダウンロードサイト（国土交通省）から令和2年の行政界データを使用
人口	平成9年3月31日の住民基本台帳に基づく人口より ※H9広域化通知（以下、「H9通知」という。）発出のH9.5.28に近い時点	令和2年1月1日の住民基本台帳に基づく人口より 注）R2年度環境省実態調査の最新時点であるR2.3.31に近い時点（H31広域化通知（以下、「H31通知」という。）発出日（H31.3.31）に合わせるのではなく最新情報を整理する方が現状の評価としては適正との判断） ※「人口(広域化ブロック用按分後)」は、複数のブロックにまたがる市町村については（合併前の市区町村にて設定されている)、「面積(広域化ブロック用按分後)」から各ブロックへ按分
面積	行政界を基にGISデータから計算	行政界を基にGISデータから計算 ※複数のブロックにまたがる市町村については（合併前の市区町村にて設定されている)、合併前の市町村の面積から各ブロックへ按分
施設規模・施設数	廃棄物施設年鑑より 地図化では、施設規模ごとに凡例を表示（50t/日未満、50t/日以上100t/日未満、100t/日以上200t/日未満、200t/日以上300t/日未満、300t/日以上600t/日未満、600t/日以上）	一般廃棄物処理実態調査より（R2年度実績、民間施設を含まない） 地図化では、施設規模ごとに凡例を表示（50t/日未満、50t/日以上100 t/日未満、100t/日以上200t/日未満、200t/日以上300t/日未満、300t/日以上600t/日未満、600t/日以上） 注）建設中※1・廃止・休止等※2の施設は除いて整理 ※1：「建設中」とは、施設の改廃が「新設（建設中)」の施設（補足すると、「新設（建設中)、新設（新規稼働)」の施設はここには含めない） ※２：休止等：施設の改廃が「休止」　並びに　年間処理量0（無回答を含む。）及び施設の改廃が空欄の施設
住所	廃棄物施設年鑑より	一般廃棄物処理実態調査より（R2年度実績、民間施設を含まない、非公表データ）
人口メッシュ※	2015年のものを使用	2015年のものを使用
離島ほか※	「沖縄県・離島地域・奄美群島・半島地域」「上記以外の過疎地域・振興山村地域」「豪雪地帯」「都道府県界」を表示 ※離島地域：離島振興法（昭和28年7月22日法律 72号）に基づくもの、国土数値情報ダウンロードサイト（国土交通省）から平成7年の行政界データを平成9年に更新したものを使用 ※奄美群島：奄美群島振興開発特別措置法（昭和29年6月21日法律189号）に基づくもの、奄美群島に入るものは全て「全部離島」 ※小笠原諸島:小笠原諸島振興開発特別措置法（昭和44年12月8日法律79号）に基づくもの、小笠原諸島に入るものは全て「全部離島」 ※沖縄の本島以外：沖縄本島と沖縄本島と橋等で連結されている11島を除く、148の島→目視にて確認	「沖縄県・離島地域・奄美群島・半島地域」「上記以外の過疎地域・振興山村地域」「豪雪地帯」「都道府県界」を表示 ※離島地域：離島振興法（昭和28年7月22日法律 72号）に基づくもの、国土数値情報ダウンロードサイト（国土交通省）から平成29年の行政界データを平成31年に更新したものを使用 ※奄美群島：奄美群島振興開発特別措置法（昭和29年6月21日法律189号）に基づくもの、奄美群島に入るものは全て「全部離島」 ※小笠原諸島：小笠原諸島振興開発特別措置法（昭和44年12月8日法律79号）に基づくもの、小笠原諸島に入るものは全て「全部離島」 ※沖縄の本島以外：沖縄本島と沖縄本島と橋等で連結されている11島を除く、148の島→目視にて確認

※地図化に当たっての背景（重ね合わせ）情報として利用

a)　H9 年度、R2 年度の関連データ整理

①　H9 年度、R2 年度の焼却施設のブロック数、施設数、平均施設規模等

結果を表 2-16 に示す。ブロック数は減少しており、施設数や平均施設規模を見ても、集約化・大規模化が着実に進み、ごみ処理の広域化は一定の成果を上げてきたといえる。

表 2-16　H9 年度と R2 年度のブロック数、焼却施設の施設数や平均施設規模

都道府県	ブロック数		市区町村数		人口(人)		面積（km2）		施設規模(t/日)		施設数		平均施設規模(t/日)		備考	H31以降計画未策定	H31年度以降の計画はあるが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報が載っていない
	H9	R2	H9	R2	H9	R2	H9	R2	H9	R2	H9	R2	H9	R2			
北海道	34	31	215	186	5,692,055	5,267,762	82,847	83,424	6,385	5,905	142	50	45	118			
青森県	6	6	67	40	1,508,353	1,275,783	9,522	9,646	2,353	1,990	27	15	87	133			
岩手県	6	6	59	33	1,430,331	1,235,517	15,273	15,274	2,136	1,948	26	14	82	139	「岩手県廃棄物処理計画」（R3.3）にごみ処理広域化計画も位置付けられているが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし		●
宮城県	7	7	71	35	2,324,066	2,292,385	7,280	7,279	3,701	3,275	34	15	109	218	宮城県循環型社会形成推進計画（第3期）（R3.3）に「県は今後、市町村等の意向を踏まえたごみ処理広域化・集約化計画を策定し、効率的なごみ処理体制の構築を進めます」との記載あり	●	
秋田県	10	9	69	25	1,218,620	985,416	11,558	11,638	1,728	1,479	24	14	72	106			
山形県	7	8	44	35	1,252,990	1,082,296	9,328	9,329	1,340	1,326	12	9	112	147		●	
福島県	7	7	90	59	2,140,466	1,881,981	13,676	13,783	2,904	3,066	30	23	97	133		●	
茨城県	22	10	85	44	2,974,880	2,921,436	5,889	6,097	3,967	4,435	37	29	107	153			
栃木県	10	10	49	26	1,988,966	1,965,516	6,396	6,408	3,328	2,420	43	16	77	151		●	
群馬県	9	11	70	35	2,005,250	1,969,439	6,363	6,362	2,963	2,825	29	18	102	157			
埼玉県	21	21	92	63	6,766,073	7,390,054	3,797	3,798	10,880	9,164	72	48	151	191			
千葉県	22	22	80	55	5,806,680	6,319,772	5,157	5,159	8,919	7,803	59	40	151	195	「第10次千葉県廃棄物処理計画」（R3.3）に「千葉県ごみ処理広域化・ごみ処理施設集約化計画を盛り込む」とあるが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし		●
東京都	5	5	63	62	11,574,931	13,834,925	2,182	2,180	18,217	15,872	59	44	309	361		●	
神奈川県	9	12	37	33	8,217,426	9,209,442	2,406	2,416	14,498	10,820	39	28	372	386			
新潟県	19	14	112	30	2,491,315	2,236,042	12,579	12,581	4,135	3,356	49	28	84	120	「新潟県持続可能なごみ処理の確保に関する計画」（R4.3）に「それぞれのブロックの実情に応じて、本章の１(2)から(5)に掲げる観点も考慮しながら検討を進める」とあり、それ以上の情報（将来の施設数や施設規模等の具体的な情報）はなし		●
富山県	5	5	35	15	1,127,643	1,055,999	4,252	4,255	1,330	1,450	11	5	121	290		●	
石川県	9	9	41	19	1,174,131	1,139,612	4,183	4,186	1,579	1,385	19	8	83	173		●	
福井県	4	4	35	17	827,171	780,053	4,186	4,191	1,103	993	13	9	85	110		●	
山梨県	3	3	64	27	880,752	826,579	4,458	4,471	1,102	1,188	17	8	65	149	★「山梨県ごみ処理広域化計画」（H30.3）以降はないが、計画期間が2018年度から2032年度までの15年間となっており、将来の施設数等の情報整理は可能	★	
長野県	16	10	120	77	2,194,141	2,087,307	13,566	13,555	2,609	2,114	38	20	69	106			
岐阜県	11	4	99	42	2,103,151	2,032,490	10,597	10,622	2,612	2,530	31	20	84	127			
静岡県	7	4	74	35	3,742,339	3,708,556	7,703	7,772	5,866	5,457	57	32	103	171			
愛知県	13	13	88	56	6,801,368	7,575,530	5,144	5,170	9,331	9,140	52	36	179	254			
三重県	9	1	69	29	1,849,043	1,813,859	5,771	5,775	2,687	2,100	52	16	52	131	「三重県循環型社会形成推進計画」（R3.3）はあるが、本計画に広域化・集約化計画は位置づけられていない R2のブロック数は昨年度の電話ヒアリング結果より	●	
滋賀県	7	7	50	19	1,293,951	1,420,948	3,346	4,017	1,363	1,425	16	11	85	130		●	
京都府	7	7	44	26	2,555,167	2,545,899	4,611	4,612	4,974	3,457	27	17	184	203		●	
大阪府	7	1	44	43	8,607,475	8,849,635	1,887	1,905	16,353	12,259	52	39	314	314			
兵庫県	24	1	91	41	5,446,612	5,549,568	8,386	8,401	10,354	7,635	66	32	157	239	※「兵庫県廃棄物処理計画計画」（H30.8）に「兵庫県ごみ処理広域化計画」を統合し、最終目標年度がH37（2025）年度とあるが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし R2のブロック数は昨年度の電話ヒアリング結果より	●	
奈良県	6	4	47	39	1,440,864	1,353,837	3,691	3,691	2,377	2,182	30	18	79	121	※「奈良県廃棄物処理計画（第4次計画）の概要（案）」はあるが、本計画に広域化・集約化計画が位置づけられているか不明、位置付けられているにしても将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし	●	
和歌山県	7	7	50	30	1,098,200	954,258	4,723	4,725	1,862	1,314	32	13	58	101		●	
鳥取県	3	3	39	19	619,431	561,175	3,493	3,507	1,047	792	21	7	50	113		●	
島根県	4	3	59	19	770,731	679,324	6,541	6,708	858	704	24	10	36	70			
岡山県	6	6	78	27	1,953,532	1,903,627	7,102	7,115	2,782	2,563	40	21	70	122			
広島県	8	8	86	23	2,873,296	2,826,858	8,474	8,480	3,511	3,171	60	20	59	159			
山口県	7	7	56	19	1,547,630	1,369,882	6,105	6,113	2,204	1,765	24	11	92	160	「山口県循環型社会形成推進基本計画（第4次計画）」（R3.3）にごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化計画も位置付けられているが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし		●
徳島県	6	3	50	24	837,235	742,505	4,142	4,147	1,122	1,010	24	14	47	72			
香川県	5	4	43	17	1,034,032	981,280	1,873	1,876	1,473	1,361	22	8	67	170			
愛媛県	6	5	70	20	1,521,648	1,369,131	5,672	5,676	1,910	1,871	33	13	58	144			
高知県	6	6	53	34	824,410	709,230	7,103	7,104	1,120	1,161	24	8	47	145	「第５期高知県廃棄物処理計画」（R3.3）に「今般、「高知県ごみ処理広域化計画」を見直すもの」とあるが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし		●
福岡県	21	17	97	60	4,919,931	5,129,841	4,961	4,987	7,135	6,742	46	25	155	270	「福岡県ごみ処理の 広域化及びごみ処理施設の集約化計画」（R4.4）はあるが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし		●
佐賀県	4	4	49	20	885,513	823,810	2,436	2,441	952	956	20	7	48	137		●	
長崎県	7	7	79	21	1,547,261	1,350,769	4,083	4,131	2,654	1,784	65	18	41	99	「第5次長崎県廃棄物処理計画」（R3.3）に「長崎県ごみ処理広域化計画」が含まれているが、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報はなし		●
熊本県	3	3	94	45	1,868,098	1,769,880	7,399	7,410	2,194	1,953	35	19	63	103		●	
大分県	6	6	58	18	1,240,280	1,151,229	6,331	6,341	1,553	1,599	27	12	58	133			
宮崎県	7	6	44	26	1,188,929	1,095,903	7,733	7,735	1,382	798	18	5	77	160	★「宮崎県ごみ処理広域化計画（改訂計画）」（H31.3） （H31.3.29環境省通知と同時期の策定計画）以降は策定されていないが、計画期間が平成18年度から平成37年度（広域化が完了する年度）までの20年間となっており、将来の施設数等の情報整理は可能	★	
鹿児島県	12	9	96	43	1,795,148	1,630,146	9,170	9,187	2,174	2,287	51	32	43	71			
沖縄県	5	11	53	41	1,295,546	1,481,547	2,260	2,281	1,331	1,841	31	22	43	84			
合計	445	367	3,258	1,752	125,257,061	127,138,033	375,635	377,955	188,356	162,670	1,760	927	107	175			

※R2の構成市区町村数は、複数ブロックに跨っている市町村数は重複してカウントしている。
※平均施設規模は施設規模÷施設数により算出
注）R2は廃止・休止等・建設中の施設を除く

② 【参考】ダイオキシン類排出量の推移

「ごみ処理の広域化計画について」（平成 9 年 5 月 28 日　衛環 173 号）（以下「H9 通知」という。）の目的のひとつであるダイオキシン類の排出量の削減については、図 2-15 のとおりダイオキシン類排出量は大きく減少しており、目的は達成されていると判断できる。

ダイオキシン類排出量（g-TEQ/年）	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年	平成14年	平成15年	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年	令和2年
一般廃棄物焼却施設	5,000	1,550	1,350	1,018	812	370	71	64	62	54	52	42	36	33	32	31	30	27	24	24	22	20	20	22
産業廃棄物焼却施設	1,500	1,100	690	555	533	265	74	69	73	62	58	41	33	28	27	26	19	19	19	20	15	18	17	17
合計	6,500	2,650	2,040	1,573	1,345	635	145	133	135	116	110	83	68	61	59	57	49	46	43	44	37	38	37	39

図 2-15　焼却施設の排ガス中のダイオキシン類排出量の推移

出典：一般廃棄物焼却施設の排ガス中のダイオキシン類濃度等について（令和 2 年 4 月 1 日から令和 3 年 3 月 31 日までの調査結果）（環境省資料）

③ 都道府県ごとの指標に基づく評価

(i)指標の設定

各都道府県の H9 年度と R2 年度における以下の指標を整理し、都道府県の広域化・集約化の進捗状況についての評価を試みた。

指標①：広域化集約化度

- 「広域化集約化度＝（人口×√面積）÷施設数」により算出
- 「ごみ量∝人口」「√面積≒収集運搬距離」と見れば、「1 施設当たりのごみ t×収集運搬距離 km」の代理指標となる
  ⇒　遠方まで運ぶほど（＝広域化）、たくさんのごみを集めるほど（＝集約化）、この指標は大きくなる
- 「面積」は「総面積」と「可住地面積」の 2 パターンで算出

※輸送量（トンキロ）は運輸部門での温室効果ガス排出量算出でも用いられている考え方

指標②：人口 10 万人当たり事業主体数

- ごみ処理の広域化・施設の集約化が進むことで、事業主体数（＝施設を保有する自治体数（市町村、一部事務組合、広域連合））は減ることに着目
- H9 年度は廃棄物年鑑ではなく H9 年度一般廃棄物処理実態調査の情報を用いて整理した（廃棄物年鑑では事業主体数の整理が困難であるため）

※H9→R2で見る時には市町村合併の影響も受けるため、評価に当たっては留意が必要

指標Ａ：平均施設規模

- 主に指標①を補足するために、平均施設規模の変化を併せて確認（表 2-16 に同じ）

指標Ｂ：人口 100 万人当たり施設数

- 主に指標①を補足するために、人口当たり施設数の変化（半減など抜本的に減っているか等）を併せて確認

(ii)指標の整理と評価

結果を以下に示す。面積や土地利用状況等が異なる中、一律で評価するのは困難なものの、宮城県、富山県、兵庫県、広島県については、

・広域化集約化度：R2 年度で 10,000 以上（可住地面積で考えても 7,000 以上）
かつ増加率 50%超
・人口 10 万人当たり事業主体数：R2 年度で 0.5 以下かつ減少率 50%以上
・平均施設規模：R2 年度で 200t/日以上

の全てを満たしている、又は 1 項目を除いて全てを満たしている状況であり、さらに人口 100 万人当たり施設数も減少率 50%以上と着実に減少しているため、広域化・集約化が進展している状況がうかがえる。

なお、宮崎県や福岡県の広域化集約化度の増加率も比較的高いものの、宮崎県については宮崎市の公社（エコクリーンプラザみやざき、平成 17 年 11 月開業）で処理が開始されたこと（民間施設であるため、ここでの施設数や規模に計上されていない)、福岡県については福岡市の東部工場（900t/日、平成 17 年 7 月竣工）が元にした一般廃棄物処理実態調査のデータに含まれていないことが影響していると考えられる。

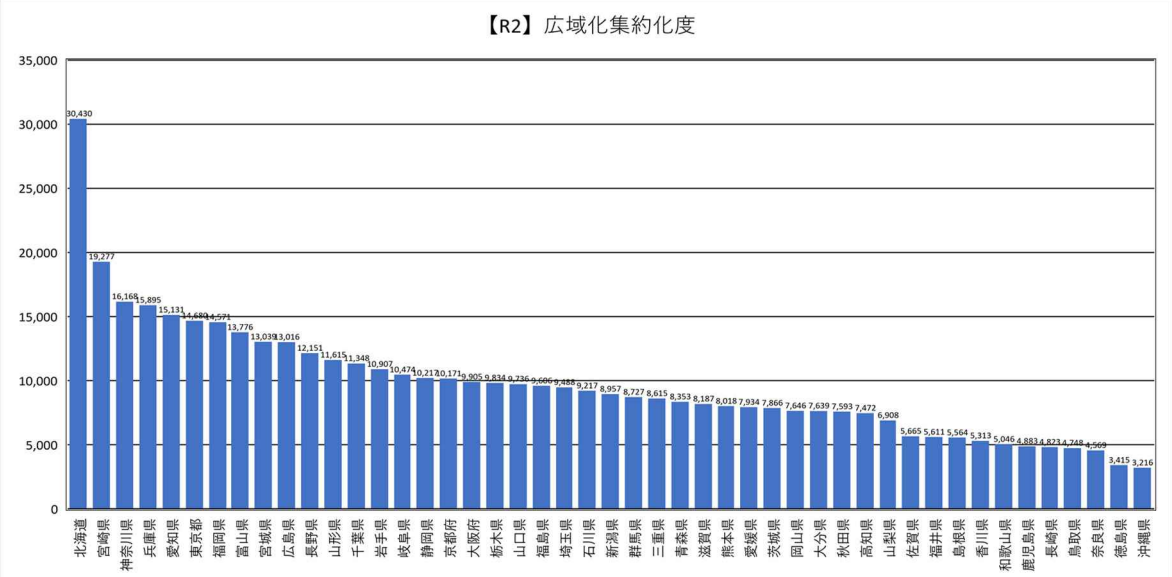
「面積」は「総面積」と「可住地面積」の 2 パターンで算出したが、例えば北海道では、可住地面積で算出した値は、総面積で算出した値の半分程度となった。ごみは人間が生活する場所から排出されることを考慮すると、可住地面積で算出した値の方がより実態に見合った指標であると考えられる。

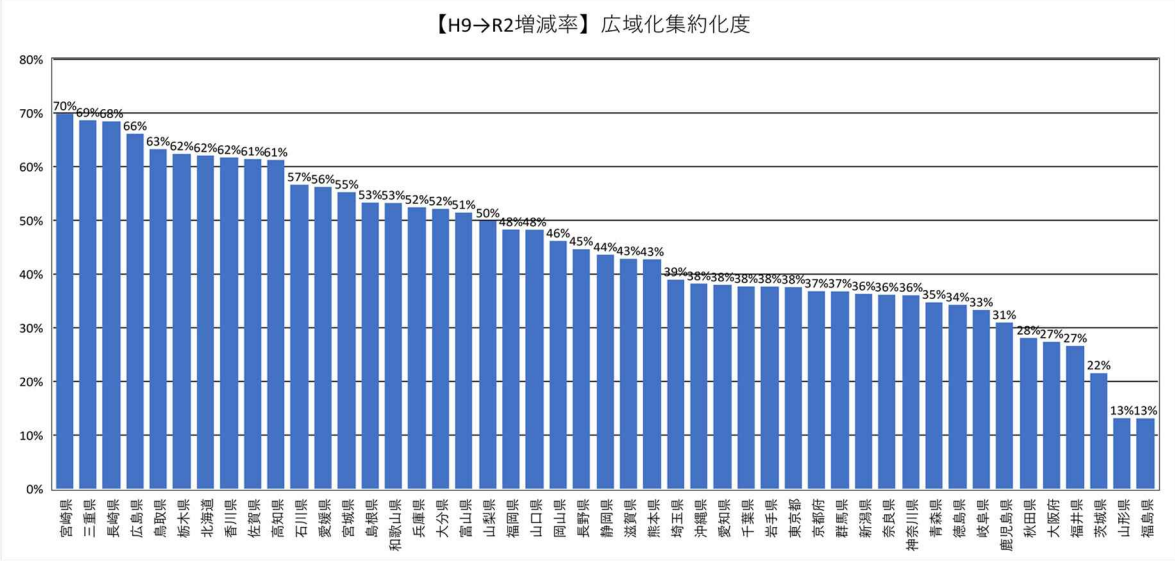
表 2-17　広域化集約化度等の整理結果

	広域化集約化度			広域化集約化度※可住地面積			人口10万人当たり事業主体数			【参考】平均施設規模(t/日)			【参考】人口100万人当たり施設数		
	H9	R2	増加率	H9	R2	増加率	H9実態調査	R2実態調査	減少率	H9	R2	増加率	H9	R2	減少率
北海道	11,538	**30,430**	**62%**	5,964	**15,913**	**63%**	2.2	1.0	**53%**	45	118	62%	25	9	**62%**
青森県	5,451	8,353	35%	3,139	4,834	35%	1.8	1.1	39%	87	133	34%	18	12	34%
岩手県	6,799	**10,907**	38%	3,329	5,378	38%	1.5	1.3	16%	82	139	41%	18	11	38%
宮城県	5,832	**13,039**	**55%**	3,995	**9,037**	**56%**	1.0	**0.5**	**52%**	109	**218**	50%	15	7	**55%**
秋田県	5,459	7,593	28%	2,847	3,984	29%	1.5	1.3	11%	72	106	32%	20	14	28%
山形県	10,085	**11,615**	13%	5,582	6,459	14%	0.8	0.7	7%	112	147	24%	10	8	13%
福島県	8,344	9,606	13%	4,584	5,314	14%	1.1	0.9	21%	97	133	27%	14	12	13%
茨城県	6,170	7,866	22%	5,030	6,352	21%	1.1	0.9	19%	107	153	30%	12	10	20%
栃木県	3,699	9,834	**62%**	2,485	6,709	**63%**	1.4	0.7	**51%**	77	151	49%	22	8	**62%**
群馬県	5,516	8,727	37%	3,285	5,224	37%	1.2	1.0	23%	102	157	35%	14	9	37%
埼玉県	5,790	9,488	39%	4,736	**8,143**	42%	0.7	**0.4**	39%	151	191	21%	11	6	39%
千葉県	7,068	**11,348**	38%	5,780	9,698	40%	0.8	**0.5**	31%	151	195	23%	10	6	38%
東京都	9,164	**14,680**	38%	8,755	**14,200**	38%	0.3	**0.2**	25%	309	**361**	14%	5	3	38%
神奈川県	10,336	**16,168**	36%	9,162	**15,242**	40%	0.3	**0.2**	28%	372	**386**	4%	5	3	36%
新潟県	5,702	8,957	36%	3,434	5,762	40%	1.4	1.0	28%	84	120	30%	20	13	36%
富山県	6,685	**13,776**	**51%**	4,403	**9,066**	**51%**	0.8	**0.5**	41%	121	**290**	58%	10	5	**51%**
石川県	3,997	9,217	**57%**	2,301	5,315	**57%**	1.3	0.7	45%	83	173	52%	16	7	**57%**
福井県	4,117	5,611	27%	2,068	2,845	27%	1.7	1.2	32%	85	110	23%	16	12	27%
山梨県	3,459	6,908	**50%**	1,590	3,192	**50%**	1.9	1.0	**50%**	65	149	56%	19	10	**50%**
長野県	6,725	**12,151**	45%	3,310	5,927	44%	1.7	0.9	46%	69	106	35%	17	10	45%
岐阜県	6,984	**10,474**	33%	3,093	4,779	35%	1.7	0.9	44%	84	127	33%	15	10	33%
静岡県	5,762	**10,217**	44%	3,415	6,916	**51%**	1.3	0.8	43%	103	171	40%	15	9	43%
愛知県	9,381	**15,131**	38%	7,421	**12,091**	39%	0.5	**0.4**	24%	179	**254**	29%	8	5	38%
三重県	2,701	8,615	69%	1,584	5,144	**69%**	1.7	0.9	49%	52	131	61%	28	9	69%
滋賀県	4,678	8,187	43%	2,905	4,670	38%	1.2	0.8	37%	85	130	34%	12	8	37%
京都府	6,426	**10,171**	37%	3,453	5,586	38%	0.8	**0.5**	35%	184	203	9%	11	7	37%
大阪府	7,191	9,905	27%	6,453	**9,361**	31%	0.3	**0.3**	14%	314	314	0%	6	4	27%
兵庫県	7,557	**15,895**	**52%**	4,506	**9,681**	**53%**	0.9	**0.5**	49%	157	**239**	34%	12	6	**52%**
奈良県	2,918	4,569	36%	1,386	2,200	37%	2.0	1.4	30%	79	121	35%	21	13	36%
和歌山県	2,359	5,046	**53%**	1,132	2,451	**54%**	2.8	1.4	**52%**	58	101	42%	29	14	**53%**
鳥取県	1,743	4,748	**63%**	876	2,406	**64%**	3.1	1.2	**59%**	50	113	56%	34	12	**63%**
島根県	2,597	5,564	**53%**	1,156	2,448	**53%**	2.9	1.5	48%	36	70	49%	31	15	**53%**
岡山県	4,116	7,646	46%	2,285	4,665	**51%**	1.6	1.0	37%	70	122	43%	20	11	46%
広島県	4,408	**13,016**	**66%**	2,382	**7,213**	**67%**	1.5	**0.4**	**74%**	59	159	63%	21	7	**66%**
山口県	5,039	9,736	48%	2,662	5,145	48%	1.6	**0.8**	48%	92	160	43%	16	8	48%
徳島県	2,245	3,415	34%	1,105	1,686	34%	2.5	2.2	14%	47	72	35%	29	19	34%
香川県	2,034	5,313	**62%**	1,473	3,890	**62%**	1.7	**0.6**	**65%**	67	170	61%	21	8	**62%**
愛媛県	3,473	7,934	**56%**	1,879	4,308	**56%**	2.6	**0.9**	**67%**	58	144	60%	22	9	56%
高知県	2,895	7,472	**61%**	1,171	3,023	**61%**	3.6	1.4	**61%**	47	145	68%	29	11	**61%**
福岡県	7,534	**14,571**	48%	6,092	**11,811**	48%	0.8	**0.3**	**56%**	155	**270**	42%	9	5	48%
佐賀県	2,185	5,665	**61%**	1,630	4,210	**61%**	2.0	0.9	**57%**	48	137	65%	23	8	**62%**
長崎県	1,521	4,823	**68%**	964	3,071	**69%**	3.6	1.2	**67%**	41	99	59%	42	13	**68%**
熊本県	4,591	8,018	43%	2,756	5,207	47%	1.6	0.8	**51%**	63	103	39%	19	11	43%
大分県	3,655	7,639	**52%**	1,933	4,069	**52%**	1.7	1.0	38%	58	133	57%	22	10	**52%**
宮崎県	5,808	**19,277**	**70%**	2,824	**9,427**	**70%**	2.1	0.7	**65%**	77	160	52%	15	5	**70%**
鹿児島県	3,371	4,883	31%	2,021	2,932	31%	2.1	1.4	33%	43	71	40%	28	20	31%
沖縄県	1,987	3,216	38%	1,395	2,292	39%	1.9	1.5	23%	43	84	49%	24	15	38%

※増加率＝（R2年度の値－H9年度の値）÷R2年度の値にて算出
※減少率＝（H9年度の値－R2年度の値）÷H9年度の値にて算出

各都道府県の広域化集約化度をグラフ化したものを図 2-16 に示す。R2 年度の絶対値で見ると北海道が最も大きく、2 番目以降と大きく差がある。H9 年度から R2 年度までの増加率で見ると宮崎県が最も大きい。各年度の値を縦軸と横軸でプロットすると、北海道など R2 年度の値が相対的に飛び抜けて大きいプロットも存在する。





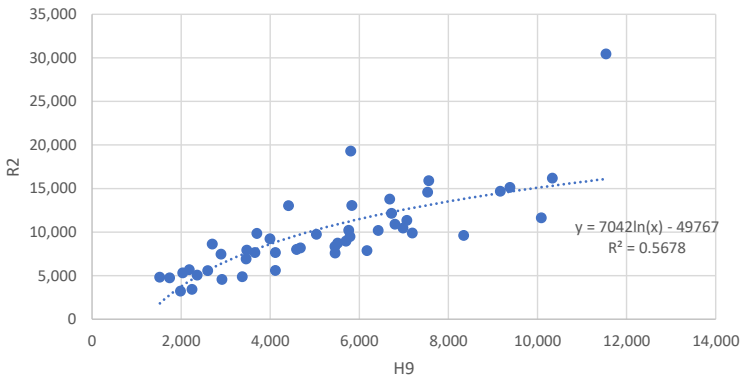
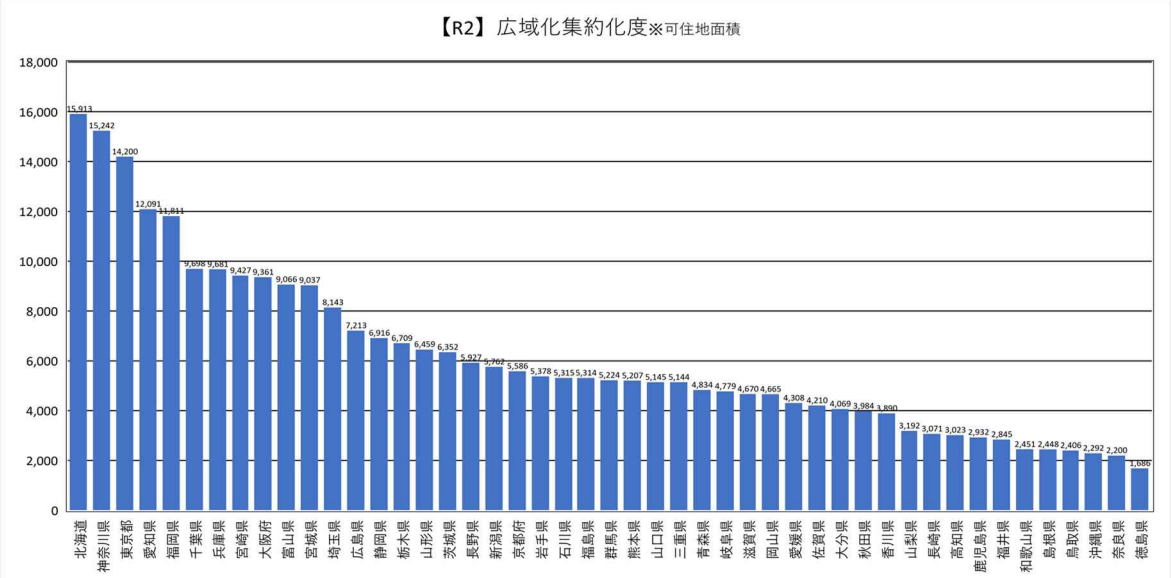
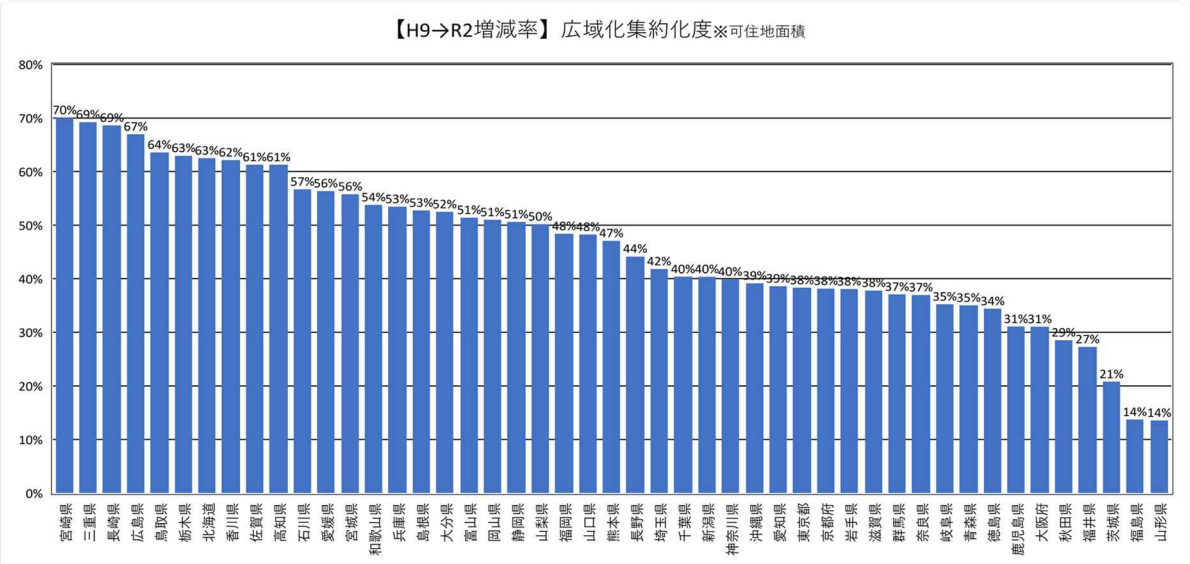


図 2-16　広域化集約化度

各都道府県の可住地面積にて算出した広域化集約化度をグラフ化したものを図 2-17 に示す。R2 年度の絶対値で見ると北海道が最も大きい。H9 年度から R2 年度までの増加率で見ると宮崎県が最も大きい。各年度の値を縦軸と横軸でプロットすると、R2 の値が相対的に大きいプロットがいくつか存在するが、可住地面積にて算出しない場合よりも近似曲線に近いものとなっている。





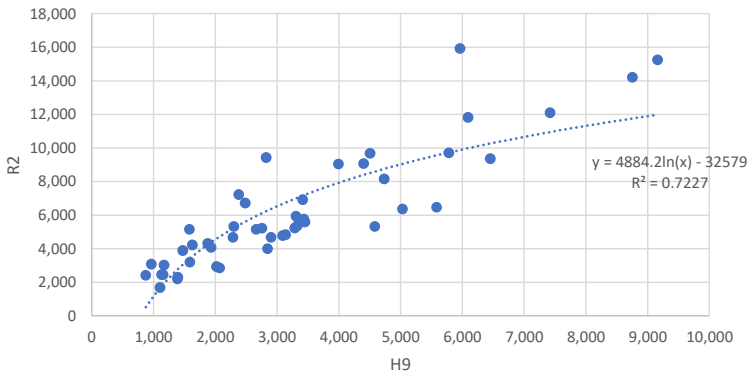


図 2-17　広域化集約化度（可住地面積にて算出）

各都道府県の人口 10 万人当たり事業主体数をグラフ化したものを図 2-18 に示す。R2 年度の絶対値で見ると福島県が最も大きく、2 番目以降と大きく差がある。H9 年度から R2 年度までの増加率で見ると広島県が最も大きい。各年度の値を縦軸と横軸でプロットすると、H9 年度から R2 年度にかけて全体的に小さな値へシフトしたことが分かる。

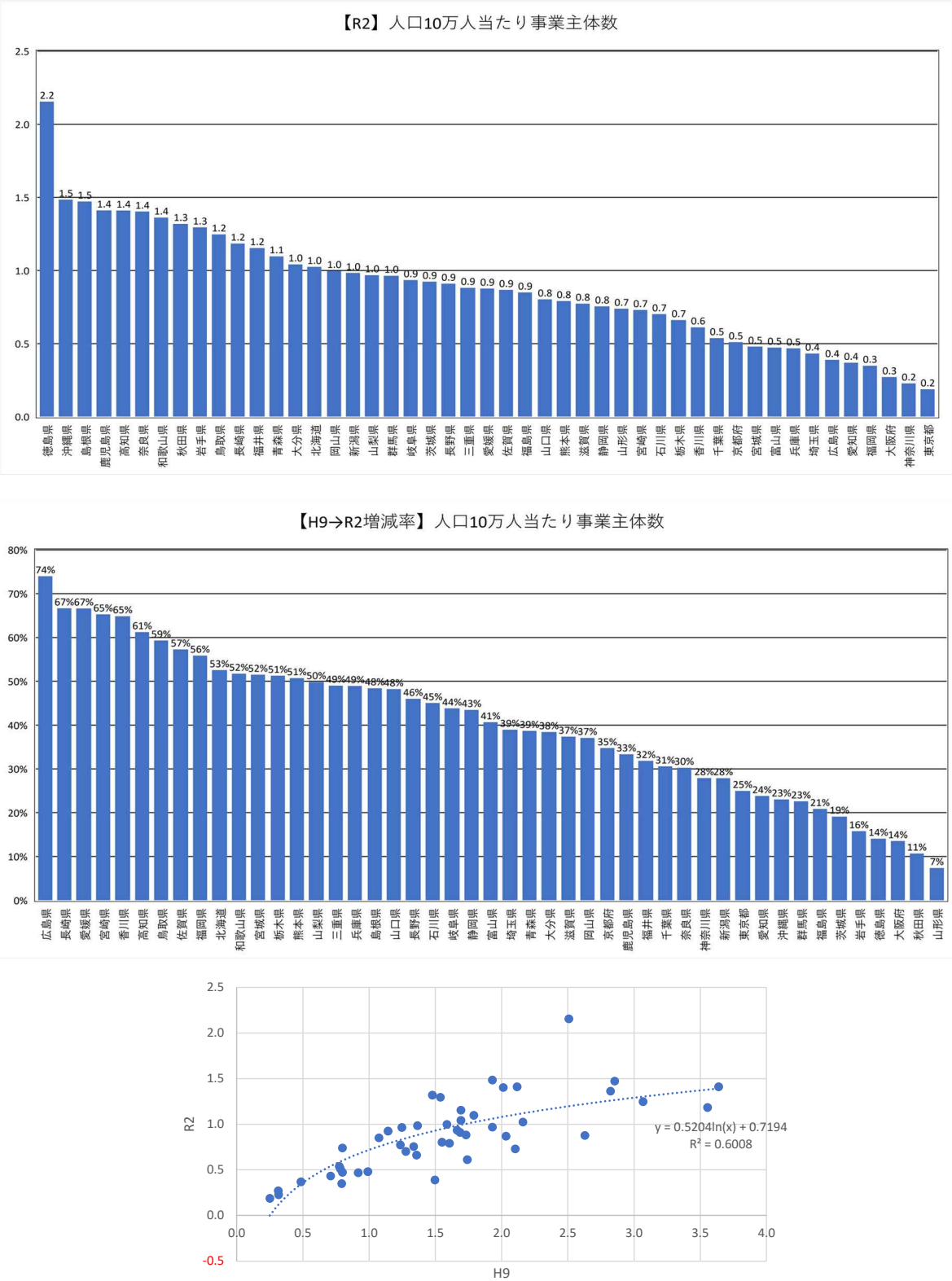
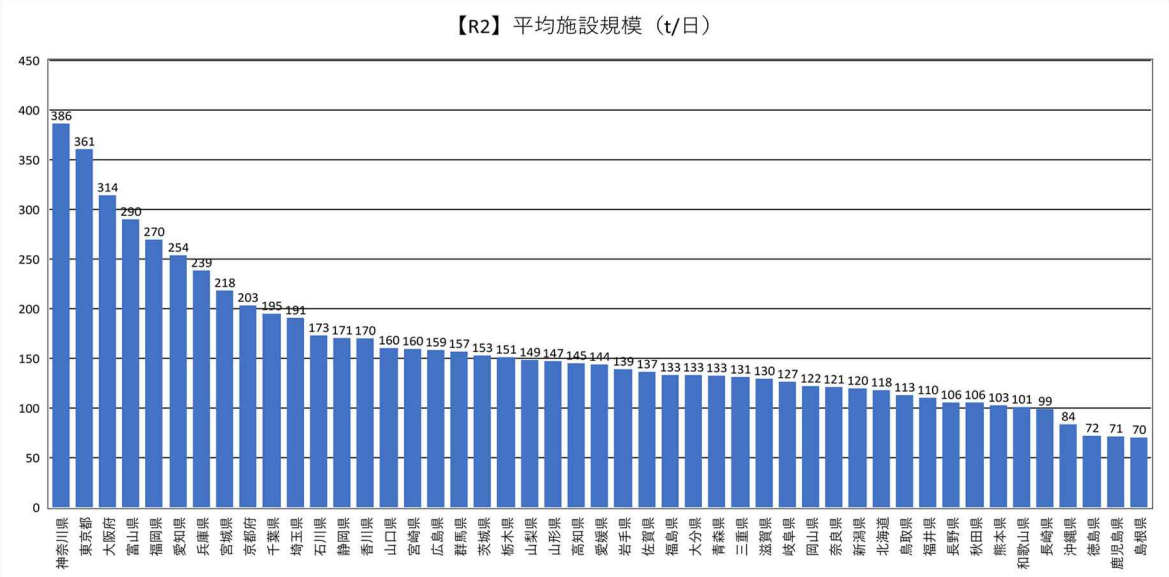
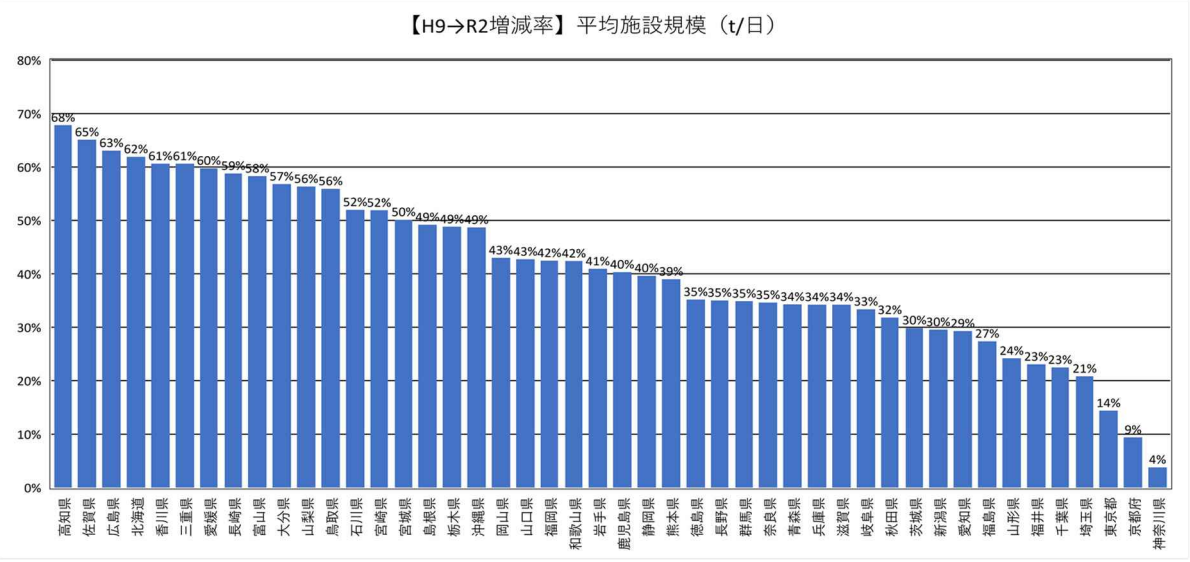


図 2-18　人口 10 万人当たり事業主体数

各都道府県の平均施設規模をグラフ化したものを図 2-19 に示す。R2 年度の絶対値で見ると神奈川県が最も大きい。H9 年度から R2 年度までの増加率で見ると高知県が最も大きい。各年度の値を縦軸と横軸でプロットすると、H9 年度は 100t/日未満に集中していたものが、R2 年度には 50t/日～200t/日の間に集中するように広がったことが分かる。





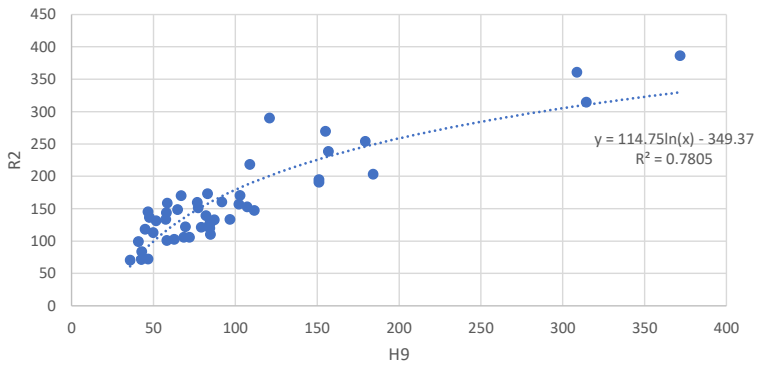
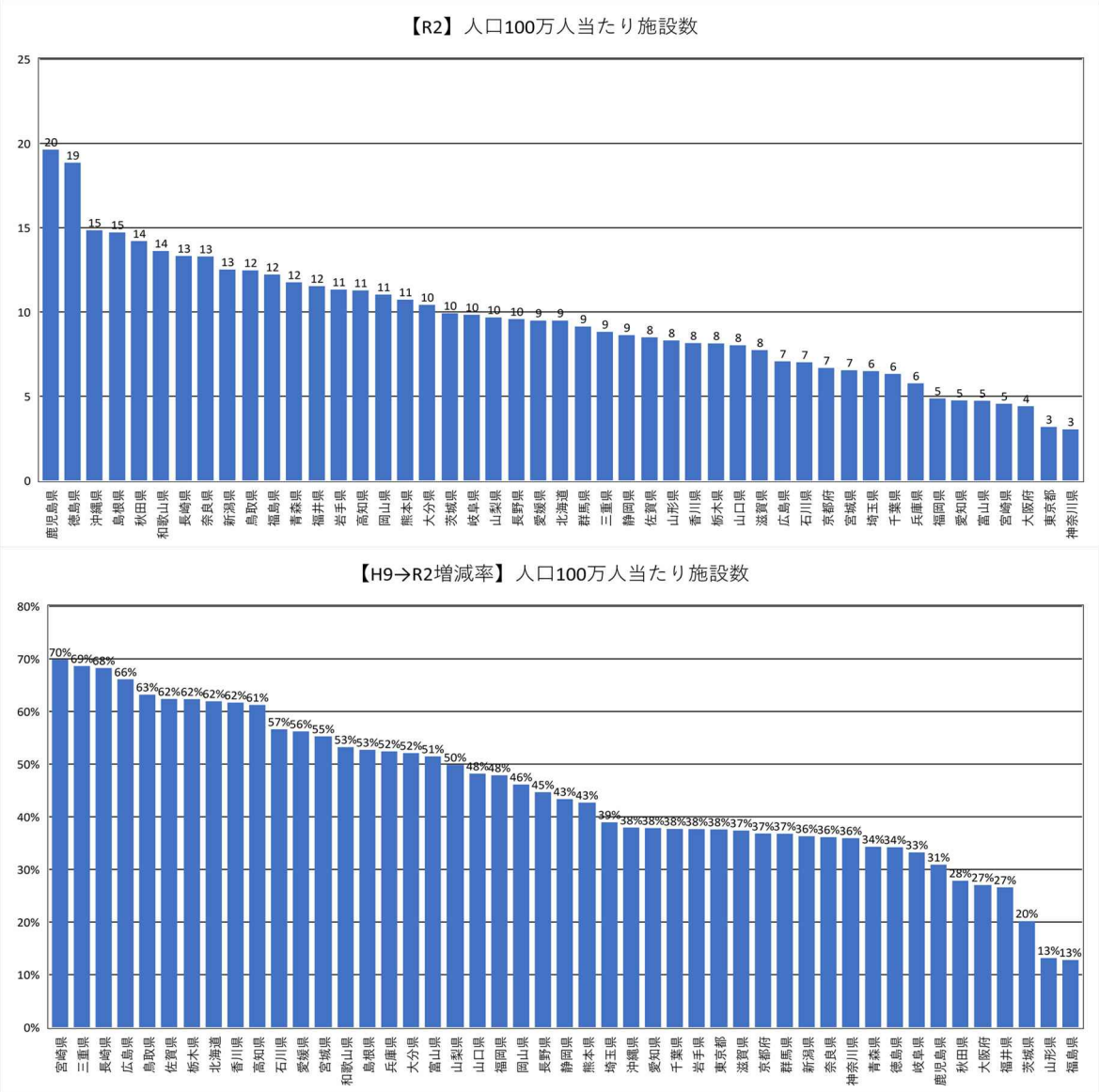


図 2-19　平均施設規模

各都道府県の人口 100 万人当たり施設数をグラフ化したものを図 2-20 に示す。R2 年度の絶対値で見ると鹿児島県が最も大きい。H9 年度から R2 年度までの増加率で見ると宮崎県が最も大きい。各年度の値を縦軸と横軸でプロットすると、H9 年度から R2 年度にかけて全体的に小さな値へシフトしたことが分かる。



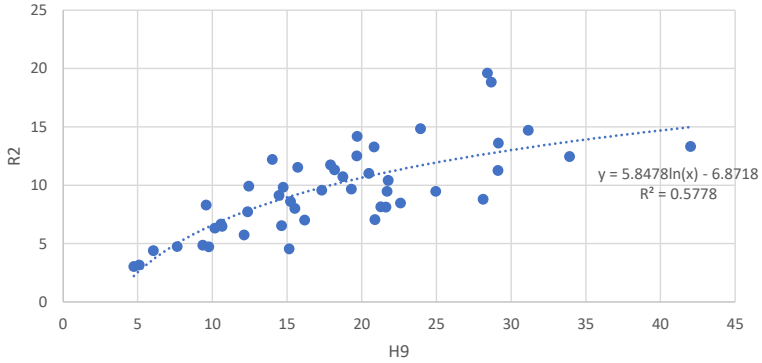
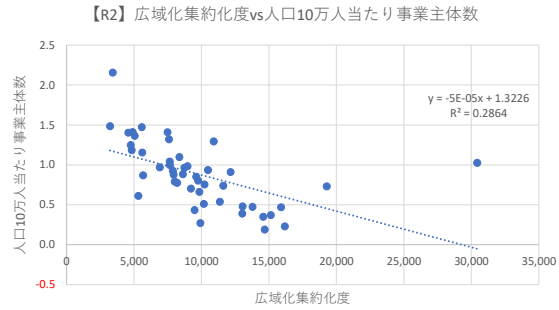
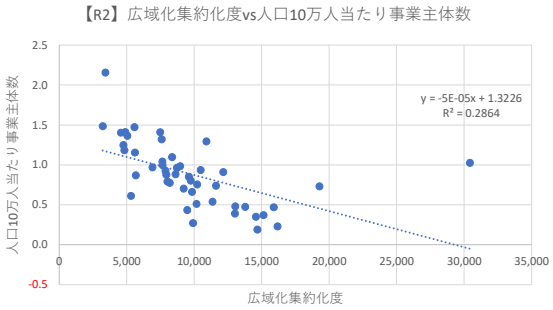
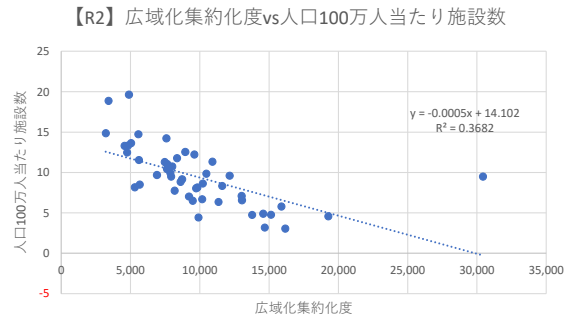


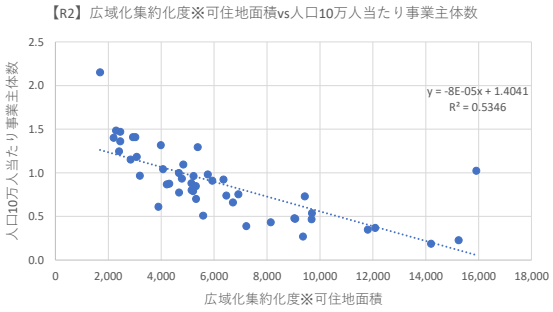
図 2-20　人口 100 万人当たり施設数

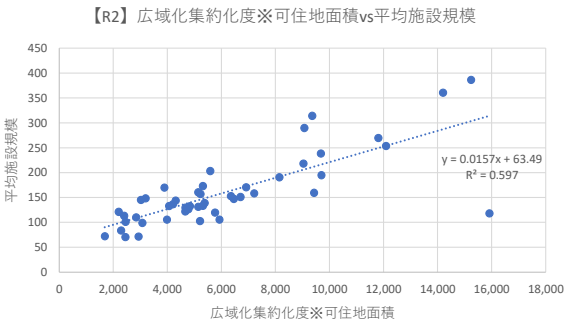
各指標間の相関を図 2-21 に示す。可住地面積にて算出した広域化集約化度と平均施設規模との間、人口 10 万人当たり事業主体数と人口 100 万人当たり施設数との間で、それぞれ正の強い相関が見られる。

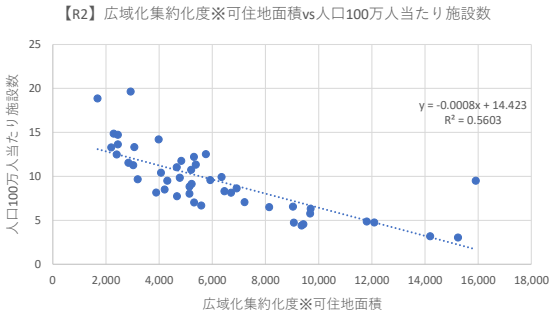


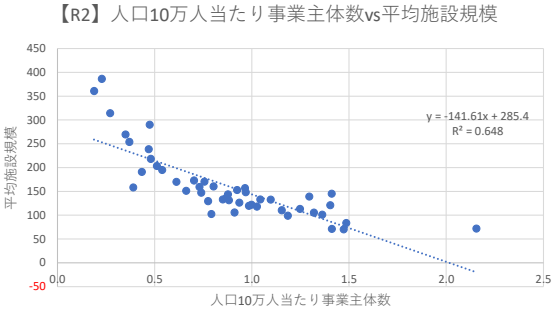


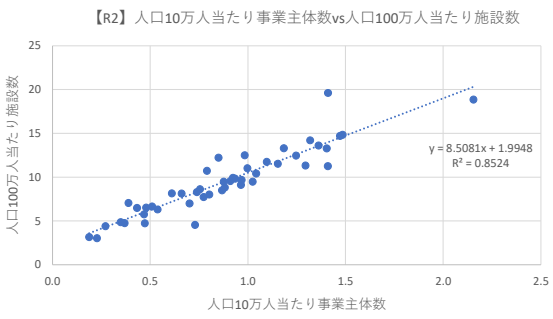


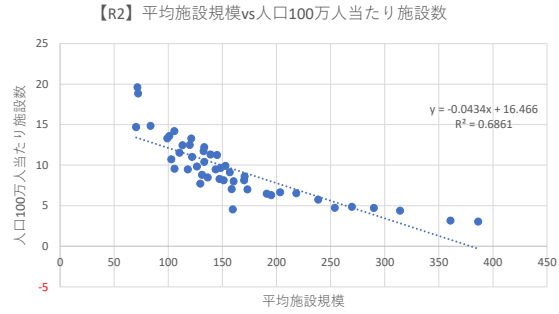












相関係数まとめ

	広域化集約化度	広域化集約化度※可住地面積	人口10万人当たり事業主体数	【参考】平均施設規模(t/日)	【参考】人口100万人当たり施設数
広域化集約化度			-0.54	0.48	-0.61
広域化集約化度※可住地面積			-0.73	0.77	-0.75
人口10万人当たり事業主体数				-0.80	0.92
【参考】平均施設規模(t/日)					-0.83
【参考】人口100万人当たり施設数					

図 2-21　【参考】各指標間の相関と相関係数

各指標間の H9 年度から R2 年度までの増減率の相関を図 2-22 に示す。広域化集約化度と人口 100 万人当たり施設数がほぼ直線上にプロットされたような形になるのは、広域化集約化度の算出式（(人口×√面積）÷施設数）と人口 100 万人当たり施設数の算出式（施設数÷人口）で、同じ数値を用いているため、増加率も同様の傾向を示したものと考えられる。

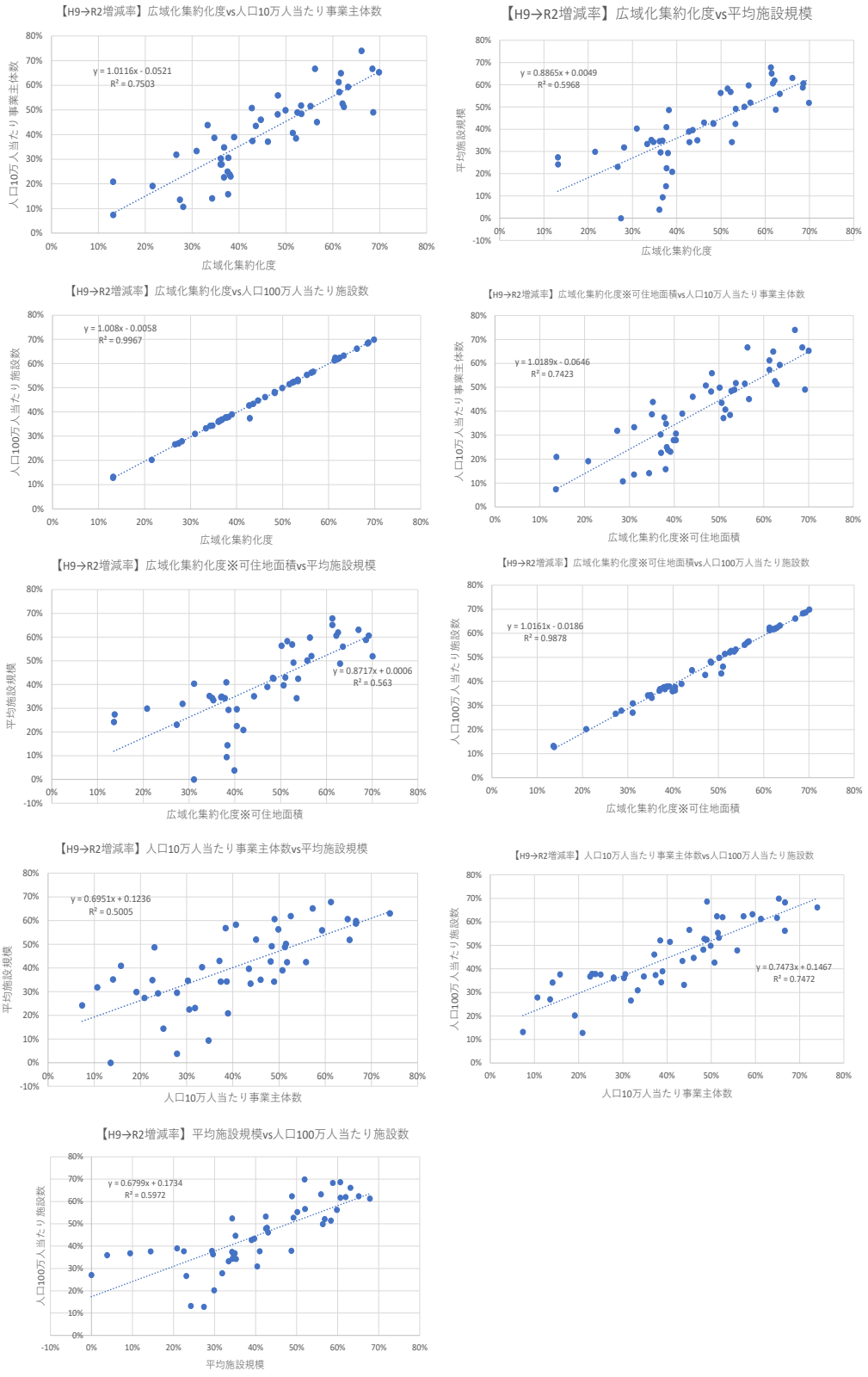


図 2-22　【参考】各指標間の増減率の相関

④　その他のデータ解析結果

(i)整理したデータの種類

R2 年度の各ブロックの施設情報・面積・人口等の定量的データより、“1 施設当たりで持つ平均面積（km²/施設）”を算出し、上位から並び替えを行った。これを元に、上位 10%や 20%のブロックのレベルまで底上げする場合、どの程度の面積を 1 施設でカバーするのが望ましいかを検討した。

結果はブロック内平均施設規模“300t/日以上”と“100t/日以上 300t/日未満”に分けて整理した。

また、参考までに“1t/日当たりで持つ平均面積（km²/（t/日））”についても同様に整理した（1 施設当たりと比較して感覚的に分かりづらいため、参考データ扱いとした）。

(ii)1 施設当たりで持つ平均面積

算出結果を以下に示す。

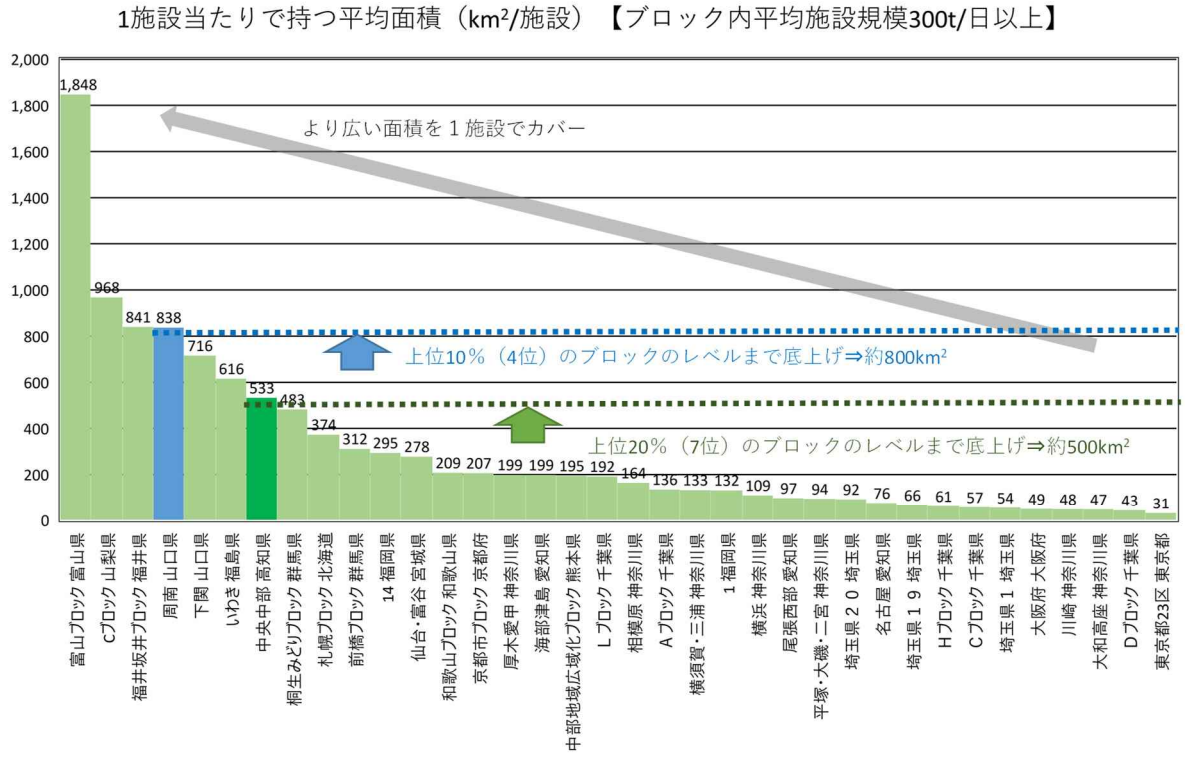


図 2-23　1 施設当たりで持つ平均面積（ブロック内平均施設規模 300t/日以上）

- 上位 10%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 800km² に 1 施設
- 上位 20%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 500km² に 1 施設
- （右はイメージ図）
- 北陸地方や中国地方、山梨県などで、広い面積（おおむね 500km² 以上）を 1 施設で見ることができているブロックがある

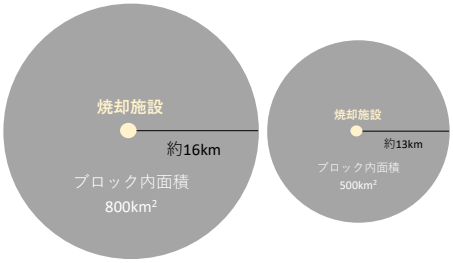


表 2-18　1 施設当たりで持つ平均面積（ブロック内平均施設規模 300t/日以上）

都道府県	広域化ブロック（整理用）	構成市区町村数	面積	人口	施設規模	施設数	1施設当たり平均施設規模	人口当たり施設規模（（t/日）/千人）	★1施設当たりで持つ平均面積（km2/施設）	人口密度（千人/km²）	★1t/日当たりで持つ平均面積（km²/(t/日)）	離島フラグ（1以上だと離島含む）
富山県	富山ブロック 富山県	5	1,848	498,308	810	1	810	1.63	1,848	0.27	2.3	0
山梨県	Cブロック 山梨県	4	968	322,827	369	1	369	1.14	968	0.33	2.6	0
福井県	福井坂井ブロック 福井県	3	841	372,968	345	1	345	0.93	841	0.44	2.4	0
山口県	周南 山口県	3	838	250,702	330	1	330	1.32	838	0.30	2.5	2
山口県	下関 山口県	1	716	260,897	350	1	350	1.34	716	0.36	2.0	1
福島県	いわき 福島県	1	1,232	321,535	690	2	345	2.15	616	0.26	3.6	0
高知県	中央中部 高知県	5	1,066	338,815	616	2	308	1.82	533	0.32	3.5	0
群馬県	桐生みどりブロック 群馬県	2	483	160,475	450	1	450	2.80	483	0.33	1.1	0
北海道	札幌ブロック 北海道	1	1,121	1,959,313	2,100	3	700	1.07	374	1.75	1.6	0
群馬県	前橋ブロック 群馬県	1	312	336,115	405	1	405	1.20	312	1.08	0.8	0
福岡県	14 福岡県	9	884	1,234,383	2,130	3	710	1.73	295	1.40	1.2	1
宮城県	仙台・富谷 宮城県	2	835	1,116,627	1,800	3	600	1.61	278	1.34	1.4	0
和歌山県	和歌山ブロック 和歌山県	1	209	366,923	400	1	400	1.09	209	1.76	0.5	0
京都府	京都市ブロック 京都府	1	828	1,409,702	2,200	4	550	1.56	207	1.70	1.5	0
神奈川県	厚木愛甲 神奈川県	3	199	267,562	327	1	327	1.22	199	1.34	0.6	0
愛知県	海部津島 愛知県	8	199	304,405	330	1	330	1.08	199	1.53	0.6	0
熊本県	中部地域広域化ブロック 熊本県	1	390	733,721	880	2	440	1.20	195	1.88	0.9	0
千葉県	Lブロック 千葉県	3	192	187,326	300	1	300	1.60	192	0.98	0.6	0
神奈川県	相模原 神奈川県	1	329	718,300	975	2	488	1.36	164	2.18	0.7	0
千葉県	Aブロック 千葉県	1	272	972,516	1,005	2	503	1.03	136	3.58	0.5	0
神奈川県	横須賀・三浦 神奈川県	2	133	444,086	360	1	360	0.81	133	3.34	0.4	0
福岡県	1 福岡県	6	526	1,900,050	2,161	4	540	1.14	132	3.61	1.0	1
神奈川県	横浜 神奈川県	1	438	3,754,772	4,140	4	1,035	1.10	109	8.58	0.4	0
愛知県	尾張西部 愛知県	2	193	521,930	630	2	315	1.21	97	2.70	0.6	0
神奈川県	平塚・大磯・二宮 神奈川県	3	94	318,267	315	1	315	0.99	94	3.38	0.3	0
埼玉県	埼玉県２０ 埼玉県	6	184	931,048	1,097	2	549	1.18	92	5.07	0.3	0
愛知県	名古屋 愛知県	5	378	2,503,376	2,800	5	560	1.12	76	6.63	0.7	0
埼玉県	埼玉県１９ 埼玉県	1	66	234,137	399	1	399	1.70	66	3.55	0.2	0
千葉県	Hブロック 千葉県	1	61	498,473	300	1	300	0.60	61	8.12	0.2	0
千葉県	Cブロック 千葉県	1	57	490,192	600	1	600	1.22	57	8.61	0.1	0
埼玉県	埼玉県１ 埼玉県	1	217	1,314,145	1,430	4	358	1.09	54	6.04	0.6	0
大阪府	大阪府 大阪府	43	1,905	8,849,635	12,259	39	314	1.39	49	4.64	6.1	0
神奈川県	川崎 神奈川県	1	143	1,514,299	1,950	3	650	1.29	48	10.59	0.2	0
神奈川県	大和高座 神奈川県	4	93	590,629	695	2	348	1.18	47	6.32	0.3	0
千葉県	Dブロック 千葉県	1	86	642,938	735	2	368	1.14	43	7.51	0.2	0
東京都	東京都23区 東京都	23	618	9,570,609	11,700	20	585	1.22	31	15.49	1.1	0

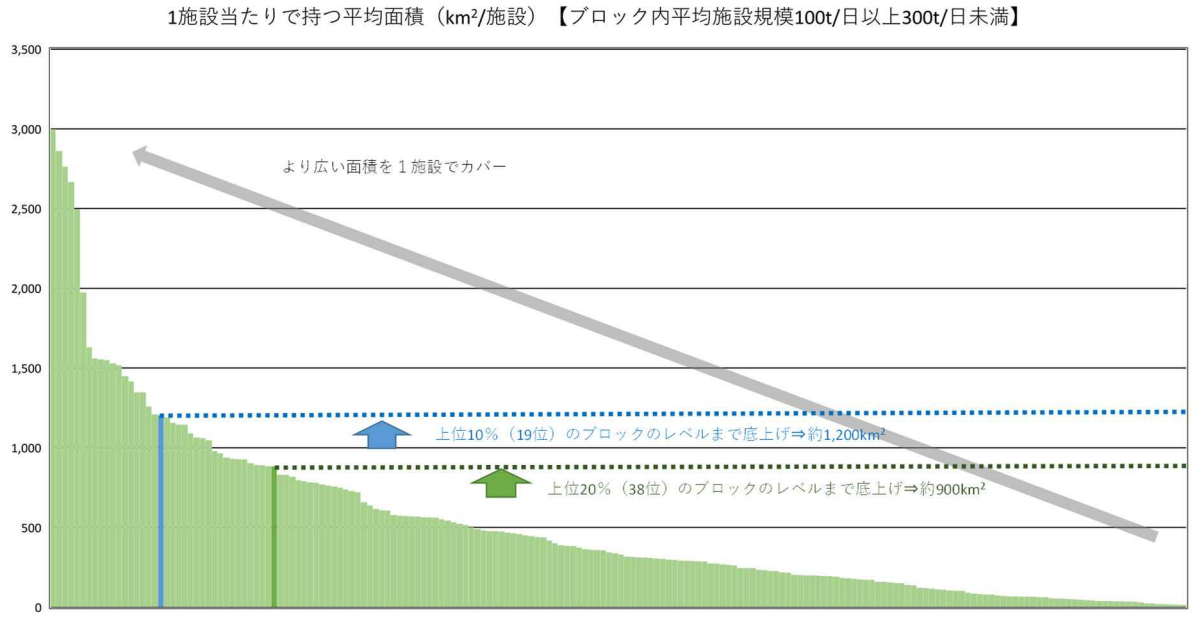


図 2-24　1 施設当たりで持つ平均面積
（ブロック内平均施設規模 100t/日以上 300t/日未満）

- 上位 10%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 1,200km² に 1 施設
- 上位 20%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 900km² に 1 施設
- （右はイメージ図）
- 北海道や東北地方などで、広い面積（おおむね 2,000km² 以上）を 1 施設で見ることができているブロックがある

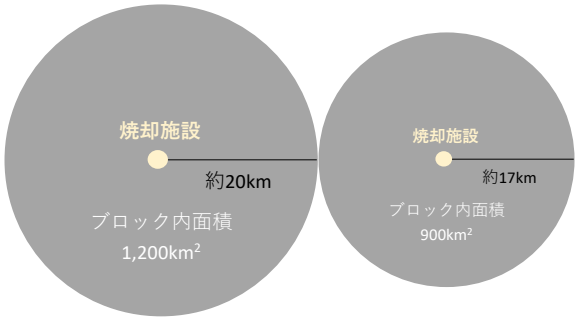


表 2-19　1 施設当たりで持つ平均面積
（ブロック内平均施設規模 100t/日以上 300t/日未満）（上位 40 位までのみ）

都道府県	広域化ブロック（整理用）	構成市区町村数	面積	人口	施設規模	施設数	1施設当たり平均施設規模	人口当たり施設規模（（t/日）/千人）	★1施設当たりで持つ平均面積（km2/施設）	人口密度（千人/km2）	★1t/日当たりで持つ平均面積（km2/（t/日））	離島フラグ（1 以上だと離島含む）
北海道	釧路ブロック 北海道	8	5,997	227,420	248	2	124	1.09	2,999	0.038	48.4	1
北海道	北見ブロック 北海道	4	2,862	128,953	165	1	165	1.28	2,862	0.045	17.3	0
岩手県	中部 岩手県	4	2,763	219,873	182	1	182	0.83	2,763	0.08	15.2	0
岩手県	沿岸中部 岩手県	4	2,667	79,545	186	1	186	2.34	2,667	0.030	14.3	0
山形県	置賜 山形県	8	2,496	203,624	255	1	255	1.25	2,496	0.08	9.8	0
北海道	南空知ブロック 北海道	5	1,975	120,656	100	1	100	0.83	1,975	0.061	19.7	0
宮崎県	日向・入郷ブロック 宮崎県	5	1,631	88,982	160	1	160	1.80	1,631	0.055	10.2	0
高知県	幡多広域 高知県	6	1,562	84,730	140	1	140	1.65	1,562	0.054	11.2	1
宮崎県	延岡・西臼杵ブロック 宮崎県	4	1,555	142,063	218	1	218	1.53	1,555	0.09	7.1	1
宮城県	仙南 宮城県	9	1,550	169,744	200	1	200	1.18	1,550	0.11	7.7	0
岩手県	沿岸南部 岩手県	5	1,530	104,804	147	1	147	1.40	1,530	0.069	10.4	0
鳥取県	東部地区 鳥取県	5	1,518	225,368	270	1	270	1.20	1,518	0.15	5.6	0
栃木県	日光 栃木県	1	1,450	81,414	135	1	135	1.66	1,450	0.056	10.7	0
青森県	下北広域ブロック 青森県	5	1,416	72,172	140	1	140	1.94	1,416	0.051	10.1	0
長野県	上伊那地域 長野県	8	1,348	183,785	118	1	118	0.64	1,348	0.14	11.4	0
山形県	鶴岡 山形県	2	1,348	132,910	160	1	160	1.20	1,348	0.099	8.4	0
北海道	北後志ブロック 北海道	6	1,259	142,509	197	1	197	1.38	1,259	0.11	6.4	0
秋田県	由利本荘市ブロック 秋田県	1	1,210	76,183	130	1	130	1.71	1,210	0.063	9.3	0
北海道	東胆振ブロック 北海道	3	1,203	183,503	210	1	210	1.14	1,203	0.15	5.7	0
秋田県	能代山本広域市町村圏組合ブロック 秋田県	4	1,191	78,718	144	1	144	1.83	1,191	0.066	8.3	0
北海道	上川中部ブロック 北海道	9	3,471	385,731	405	3	135	1.05	1,157	0.11	25.7	0
北海道	北石狩ブロック 北海道	2	1,145	74,128	180	1	180	2.43	1,145	0.065	6.4	0
京都府	中部ブロック 京都府	3	1,144	133,901	120	1	120	0.90	1,144	0.12	9.5	0
岩手県	県北 岩手県	8	2,180	111,456	210	2	105	1.88	1,090	0.051	20.8	0
秋田県	大曲仙北広域市町村圏組合ブロック 秋田県	3	2,129	125,680	205	2	103	1.63	1,064	0.059	20.8	0
山形県	酒田 山形県	3	1,061	135,982	196	1	196	1.44	1,061	0.13	5.4	1
愛媛県	宇和島ブロック 愛媛県	4	1,048	109,587	120	1	120	1.10	1,048	0.10	8.7	1
長野県	松本地域 長野県	10	1,957	444,876	570	2	285	1.28	978	0.23	6.9	0
佐賀県	西部 佐賀県	9	965	225,799	205	1	205	0.91	965	0.23	4.7	0
新潟県	南魚沼・湯沢ブロック 新潟県	2	939	64,467	110	1	110	1.71	939	0.069	8.5	0
滋賀県	湖北 滋賀県	2	931	156,829	168	1	168	1.07	931	0.17	5.5	0
富山県	新川ブロック 富山県	4	928	119,109	174	1	174	1.46	928	0.13	5.3	0
島根県	東部ブロック 島根県	6	2,782	470,325	493	3	164	1.05	927	0.17	16.9	0
大分県	県南ブロック 大分県	1	903	70,708	110	1	110	1.56	903	0.08	8.2	1
埼玉県	埼玉県１５ 埼玉県	5	893	98,357	150	1	150	1.53	893	0.11	6.0	0
北海道	西胆振ブロック 北海道	7	1,782	196,248	333	2	167	1.70	891	0.11	10.7	0
山口県	岩国 山口県	2	884	139,979	160	1	160	1.14	884	0.16	5.5	1
山形県	西村山 山形県	4	883	60,925	100	1	100	1.64	883	0.069	8.8	0
宮崎県	日南・串間ブロック 宮崎県	2	831	70,977	120	1	120	1.69	831	0.09	6.9	2
岩手県	県南 岩手県	4	2,493	254,615	470	3	157	1.85	831	0.10	15.9	0

(iii)【参考】1t/日当たりで持つ平均面積

算出結果を図 2-25 に示す。

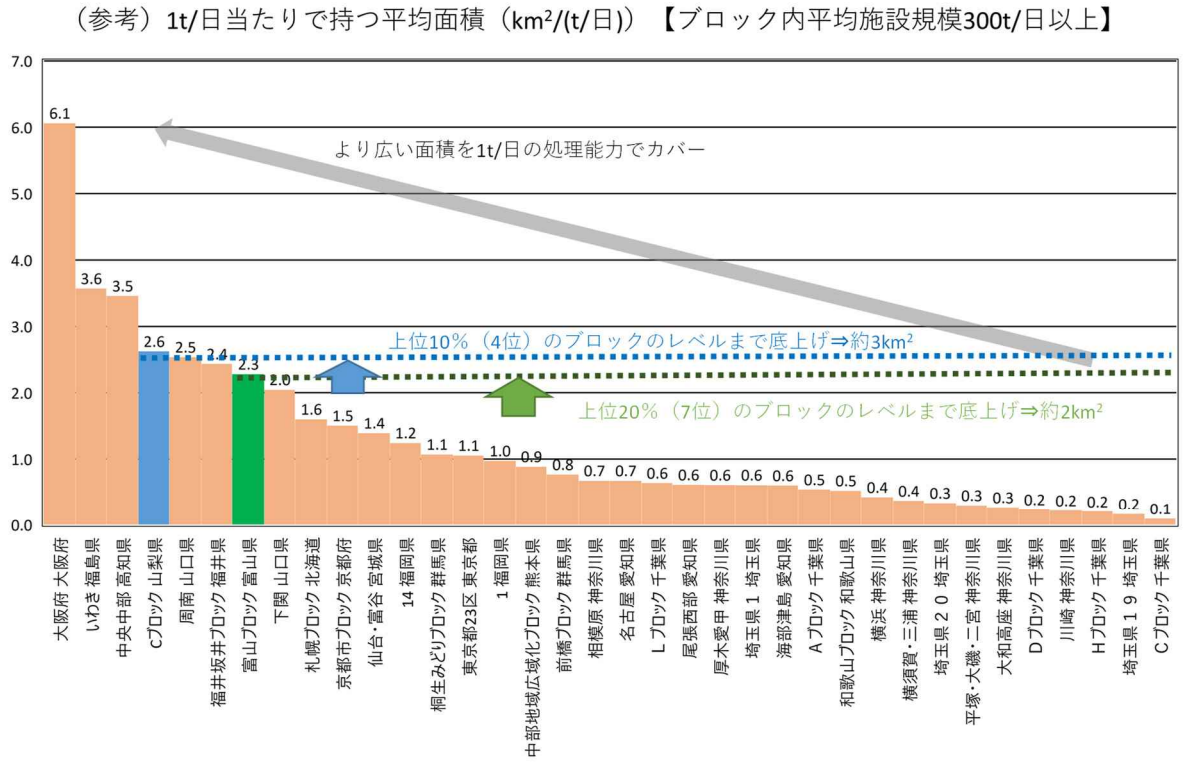


図 2-25　1t/日当たりで持つ平均面積（ブロック内平均施設規模 300t/日以上）

- 上位 10%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 3km² で 1t/日が目安
- 上位 20%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 2km² で 1t/日が目安
- 北陸地方や中国・四国地方、山梨県など※で、広い面積（おおむね 2.0km² 以上）を 1t/日当たりで持つことができているブロックがある

※福島県いわきブロックと大阪府ブロックも上位だが、前者は1市で構成され合意形成が比較的容易な事例であり、後者は1県1ブロックと特殊事例

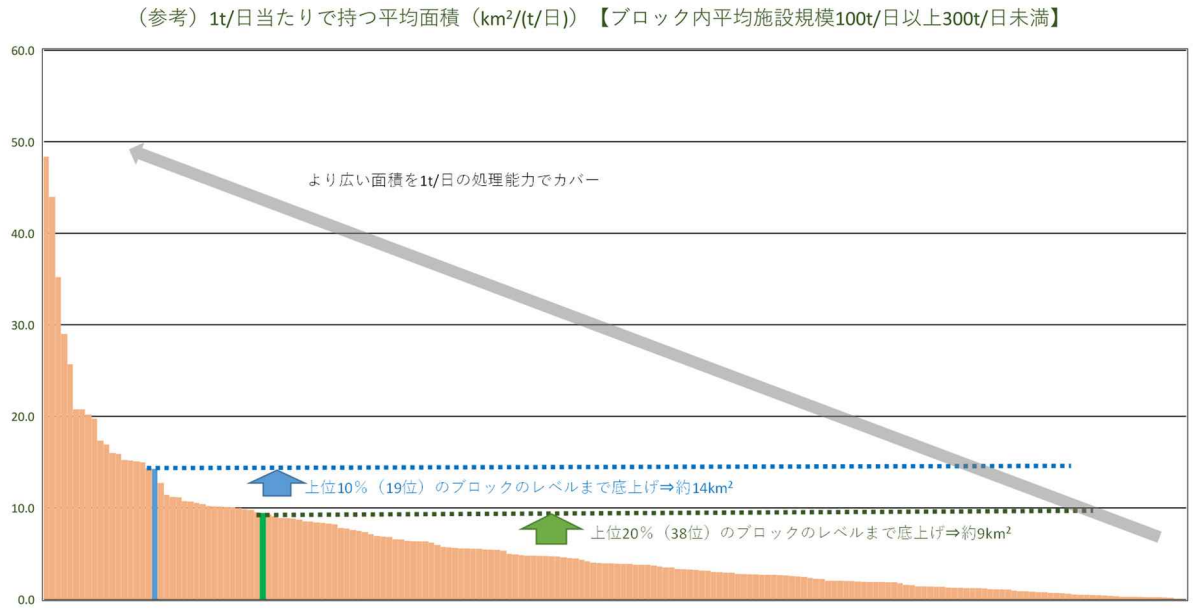


図 2-26　1t/日当たりで持つ平均面積（ブロック内平均施設規模 100t/日以上 300t/日未満）

- 上位 10%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 14km² で 1t/日が目安
- 上位 20%のブロックのレベルまで底上げする場合、約 9km² で 1t/日が目安
- 北海道や東北地方などで、広い面積（おおむね 20km² 以上）を 1t/日当たりで持つことができているブロックがある

b)　地図化

H9 年度および R2 年度の焼却施設の位置を、施設規模等の情報等も入れる形で地図化した。地域によって差はあるものの、視覚的に確認すると、全ての地域において、H9 年度から R2 年度にかけて広域化・集約化がある程度進展したことがうかがえた。

2) H31 以降の広域化･集約化計画の情報整理

(a) 各都道府県の広域化・集約化計画（H31 通知以降策定分）のレビュー

「持続可能な適正処理の確保に向けたごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化について」（平成 31 年 3 月 29 日　環循適発第 1903293 号）（以下「H31 通知」という。）以降に策定された各都道府県の広域化・集約化計画について、H31 通知に基づく項目を中心に、記載の有無等の情報整理を行った。情報整理に当たっては、ページ数、単独計画かどうか、といった基本的な情報に加え、以下の項目について整理した。

【H31 通知に基づく項目（表 2-20 中では青色)】

- 前回計画評価
- 将来予測
- 区割りの見直し
- ブロックごとの廃棄物処理体制
- 計画期間
- 目標設定
- コスト計算の有無

【H31 通知以外の項目（表 2-20 中では緑色)】

- 計画期間以降の廃棄物処理体制の記載
- 焼却施設以外の記載
- 中継施設に関する記載
- ブロック区割りの考え方
- 現状維持か、更なる広域化・集約化か
- 将来の施設配置等に係るシミュレーション

なお、計画全般についての状況は以下のとおりである。

- H31 通知以降に策定された計画の策定状況は、28/47 都道府県である※。
- H31 通知後の都道府県計画の中には、通知に示された検討が必要な項目（ブロックの区割り、各ブロックにおける廃棄物処理体制等）が記載されていない計画が多数ある。検討の深さは計画ごとにばらつきがあり、都道府県廃棄物処理計画の中で 1 節あるいは施策の一つを広域化・集約化計画に位置づけている場合は検討が必要な項目が記載されていないものが多い（広域化・集約化計画単体の策定事例は H31 通知が求める項目をおおむね網羅)。

※参考までに、昨年度のヒアリング調査結果によると、未策定の都道府県の理由は、①既に広域化は完了している、②改定したばかりあるいは自治体の施設整備が既に進んでおり策定する必要性がない、③策定予定だが自治体の協力が得られない、又は内部調整に時間を要している、のいずれか。

結果を表 2-20 に示す。赤枠で示した道県（北海道、茨城県、岐阜県、静岡県、愛知県、徳島県、香川県、愛媛県、沖縄県）は、H31 通知に基づく項目をおおむね満たした形で計画を策定している。また、中には計画期間を 20 年以上で設定している計画（茨城県、新潟県の計画）や、将来の施設配置等に係るシミュレーションをしている計画（茨城県、群馬県、静岡県、香川県の計画）も存在する。

表 2-20　各都道府県の広域化・集約化計画（H31 通知以降策定分）の情報整理

都道府県	頁数	単独計画かどうか	前回計画評価	将来予測	区割りの見直し	ブロックごとの廃棄物処理体制	計画期間	目標設定	コスト計算	計画期間以降の廃棄物処理体制の記載	焼却施設以外の記載	中継施設に関する記載	ブロック区割りの考え方	現状維持か、更なる広域化・集約化か	将来の施設配置等に係るシミュレーション
	カッコ内は資料編の頁数	○：単独 △：廃棄物処理計画の中に章立て ×：廃棄物処理計画の施策の一つに位置づけ	○：あり ×：なし	◎◎：30 年以上の予測あり （具体的な目標年度） ◎：20～30 年の予測あり ○：20 年未満の予測あり △：一部あり（具体的に） ×：なし	◎：見直しを行い新たなブロック区割り設定 ○：見直しを行ったがブロック区割りは現状維持 △：見直したかどうか読み取れない ×：記載なし	○：あり ×：なし		◎◎：可能な施設は 300t/日以上 ◎：ブロック内 1 施設 ○：全施設 100t/日以上 △：現在決定している具体的な更新計画の反映のみ ？：不明 その他：（具体的に）	○：あり ×：なし	○：あり ×：なし	○：あり ×：なし	◎：あり（中継施設あり） ○：あり（既存の中継施設のみ） ×：なし	・300t/日以上 ・100t/日以上 ・島ごと（離島について） ・地理的条件を加味 ・その他 ・不明	×：現状維持の計画 ○：さらに広域化・集約化していく計画	○：あり ×：なし
北海道	74(18)	○	○	◎	○	○	10	？	○	×	○	○	300t/日以上+地理的条件	×	×
青森県	6(3)	×	×	◎	○	○	5	？	×	×	×	○	100t/日以上	×	×
岩手県	2	×	○	×	○	×	5	？	○	×	×	×	300t/日以上+100t/日以上+地理的条件+その他（既存の組織を尊重）	×	×
秋田県	14	○	○	◎	◎	○	10	？	×	○	○	×	地理的条件	○	×
茨城県	51(87)	○	○	◎◎	◎	○	30	？	○	×	○	◎	300t/日以上+100t/日以上+地理的条件+その他（既存のブロックを尊重）	○	○
群馬県	99	○	○	◎	○	○	10	？	○	○	○	×	その他（歴史的背景を尊重）	○	○
埼玉県	2(9)	×	×	△	△	×	5	その他（150～300t/日程度の施設への集約化を目指す）	×	×	○	×	300t/日以上+100t/日以上+地理的条件+その他（既存の広域事務との整合等）	×	×
千葉県	2	×	×	×	×	×	10	？	×	×	×	×	不明	×	×
神奈川県	9(15)	○	○	×	◎	×	12	○	×	×	○	◎	300t/日以上+100t/日以上+地理的条件+その他（従前からの連携等）	○	×
新潟県	13	○	○	◎	◎	×	20	その他	×	×	×	×	地理的条件+その他（進捗状況、市町村の意見等）	×	×
長野県	9	△	○	×	◎	○	10	？	×	×	○	×	その他（連携状況、地理的一体性、市町村の意向）	○	×
岐阜県	19(9)	○	○	◎	◎	○	9	◎◎	×	○	○	×	地理的条件	○	×
静岡県	75	○	○	◎◎	◎	○	10	その他	○	○	○	×	その他（総合計画に準じる）	○	○
愛知県	73(47)	○	○	◎◎	○	○	10	○+その他	○	○	○	◎	300t/日以上+100t/日以上	○	×
大阪府	38(19)	○	○	×	◎	○	10	○+◎	×	×	○	×	その他（1 ブロックに統合）	○	×
島根県	13	○	○	×	◎	×	10	？	×	×	○	×	島ごと+その他 （現行の処理体制、将来排出量、災害廃棄物、地球温暖化対策への取り組み）	×	×
岡山県	6	△	○	○	○	×	5	？	○	○（期間は不明）	○	×	300t/日以上+100t/日以上+その他（市町村の意向、既存行政ブロックの枠組み）	○	×
広島県	1(5)	×	×	△	△	○	5	？	○	○	×	×	不明	○	×

都道府県	頁数	単独計画かどうか	前回計画評価	将来予測	区割りの見直し	ブロックごとの廃棄物処理体制	計画期間	目標設定	コスト計算	計画期間以降の廃棄物処理体制の記載	焼却施設以外の記載	中継施設に関する記載	ブロック区割りの考え方	現状維持か、更なる広域化・集約化か	将来の施設配置等に係るシミュレーション
	カッコ内は資料編の頁数	○：単独 △：廃棄物処理計画の中に章立て ×：廃棄物処理計画の施策の一つに位置づけ	○：あり ×：なし	◎◎：30 年以上の予測あり （具体的な目標年度） ◎：20～30 年の予測あり ○：20 年未満の予測あり △：一部あり（具体的に） ×：なし	◎：見直しを行い新たなブロック区割り設定 ○：見直しを行ったがブロック区割りは現状維持 △：見直したかどうか読み取れない ×：記載なし	○：あり ×：なし		◎◎：可能な施設は 300t/日以上 ◎：ブロック内 1 施設 ○：全施設 100t/日以上 △：現在決定している具体的な更新計画の反映のみ ？：不明 その他：（具体的に）	○：あり ×：なし	○：あり ×：なし	○：あり ×：なし	◎：あり（中継施設あり） ○：あり（既存の中継施設のみ） ×：なし	・300t/日以上 ・100t/日以上 ・島ごと（離島について） ・地理的条件を加味 ・その他 ・不明	×：現状維持の計画 ○：さらに広域化・集約化していく計画	○：あり ×：なし
山口県	13	△	○	◎	○	×	10	？	×	×	○	×	300t/日以上+100t/日以上	×	×
徳島県	(24)	△	○	◎	◎	○	10	？	×	○	○	○	地理的条件+その他（地理的条件、既存の処理体制等）	○	×
香川県	24	○	○	△	◎	○	10	その他	○	○	○	◎	その他（ダイオキシン類発生量、エネルギー回収量、経済性、リサイクル率）	○	○
愛媛県	50(4)	○	○	◎	○	○	10	○+◎◎+その他	×	○	○	×	300t/日以上+その他（人口、既存の枠組み、これまでの取組、災害廃棄物処理）	○	×
高知県	6(6)	×	○	×	○	×	10	？	○	×	×	×	300t/日以上+地理的条件+その他（市町村の意向、既存行政ブロックの枠組み）	×	×
福岡県	37(9)	○	○	×	△	×	10	？	不明	×	×	○	その他（災害廃棄物、進捗状況、収集運搬、既存の協議体）	×	×
長崎県	2(2)	△	×	○	○	×	10	？	×	×	×	×	不明	○	×
大分県	3	×	×	×	◎	×	5	？	×	×	×	×	その他（既存の枠組み、市町村の意向）	×	×
鹿児島県	32	○	○	◎	◎	×	10	？	×	○	×	×	300t/日以上+地理的条件+その他（既存行政ブロックの枠組み、人口、これまでの取組や進捗状況等）	○	×
沖縄県	23(23)	○	○	◎	◎	○	10	その他	×	○	○	×	その他（通知文を踏まえて）	○	×

注）無色：参考項目　青：H31 通知に基づく評価項目　緑：H31 通知以外の評価項目

(b)　将来の集約化･広域化状況の評価

H31 年通知以降に広域化・集約化計画を策定した各都道府県※1のうち、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報が載っていない都道府県※2＋山梨県及び宮崎県※3 について、各都道府県における将来の焼却施設の施設数や施設規模を整理した。データのない年度については、前年度の施設数や施設規模を維持するものとした。また、更新や施設統合の予定があっても具体的な施設規模の明記がない場合についても、更新前・施設統合前の施設の施設規模を（施設統合の場合は合計値として）維持するものとした（ただし、市町村や一部事務組合等の HP から情報を補足できたものについてはその値を記載)。基幹的設備改良についても同様に、具体的な明記がない場合は既存施設の施設規模を維持するものとした。

なお、現状からの変化も見られるように、R2 年度の値も一般廃棄物処理実態調査結果から整理した（新設（建設中)・休止・廃止の施設は除いて整理)。

※1：H31年度以降の広域化・集約化計画のある都道府県：01北海道、02青森県、03岩手県、05秋田県、08茨城県、10群馬県、11埼玉県、12千葉県、14神奈川県、15新潟県、20長野県、21岐阜県、22静岡県、23愛知県、27大阪府、32島根県、33岡山県、34広島県、35山口県、36徳島県、37香川県、38愛媛県、39高知県、40福岡県、42長崎県、44大分県、46鹿児島県、47沖縄県

※2：H31年度以降の広域化・集約化計画はあっても、将来の施設数や施設規模等の具体的な情報が載っていない都道府県：03岩手県、12千葉県、15新潟県、35山口県、39高知県、40福岡県、42長崎県

※3：H31年度通知以降策定ではないものの、将来の焼却施設の施設数や施設規模が把握できる計画であったため、対象とした。

結果を図 2-27～図 2-31 に示す。人口減の影響もあると考えられるが施設数、施設規模合計は減少が見込まれる。また、平均施設規模は増加が見込まれる。しかし、施設規模ごとの分布をみると分かるように個々の施設の施設規模が抜本的に大きくなっていくことはなく、今の計画のままでいっても広域化・集約化はそこまでは進まない見込みである。

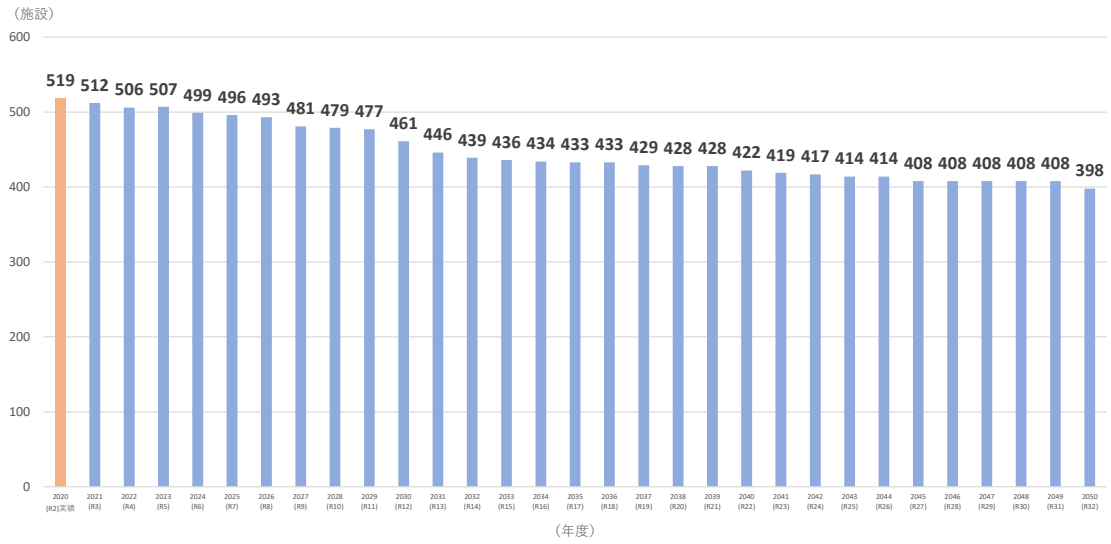


図 2-27　各年度の施設数

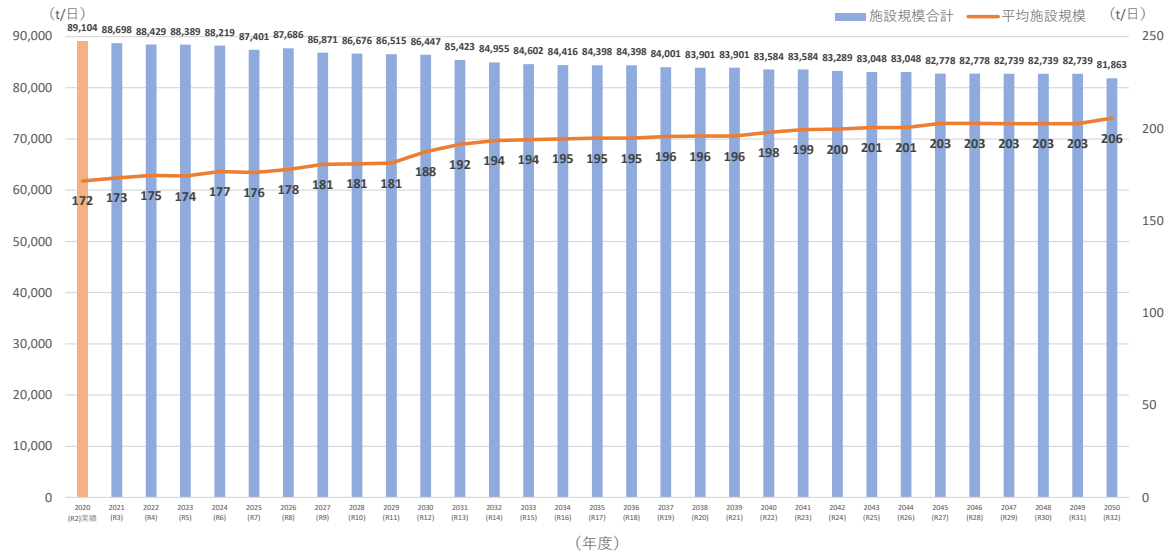


図 2-28　各年度の施設規模合計と平均施設規模

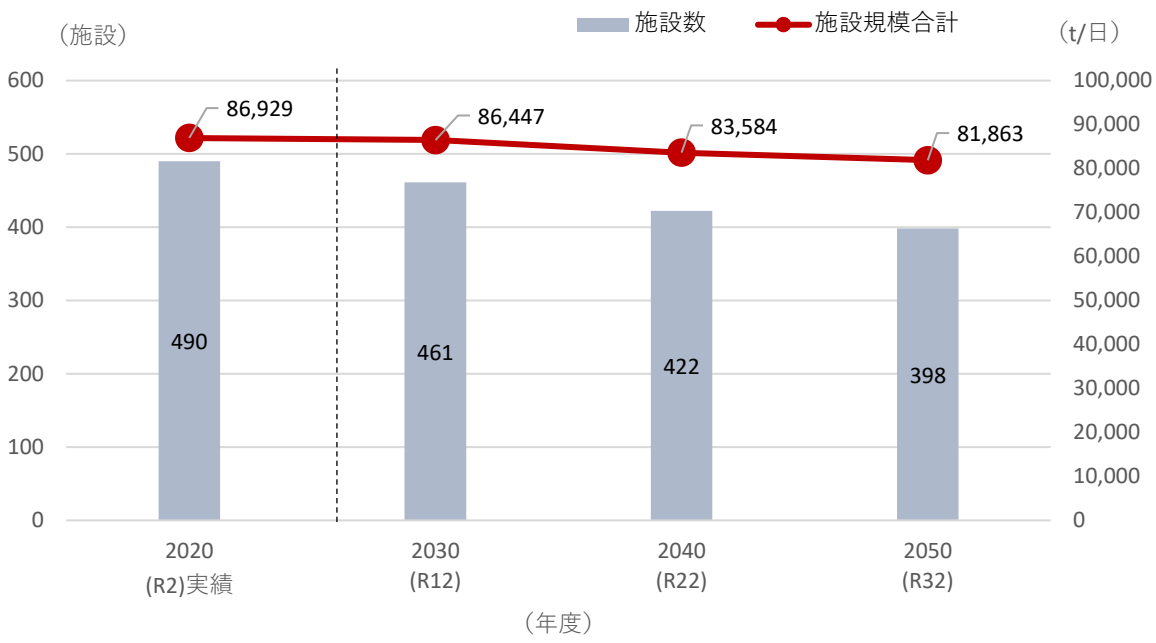


図 2-29　施設数と施設規模合計（23 都道府県分）

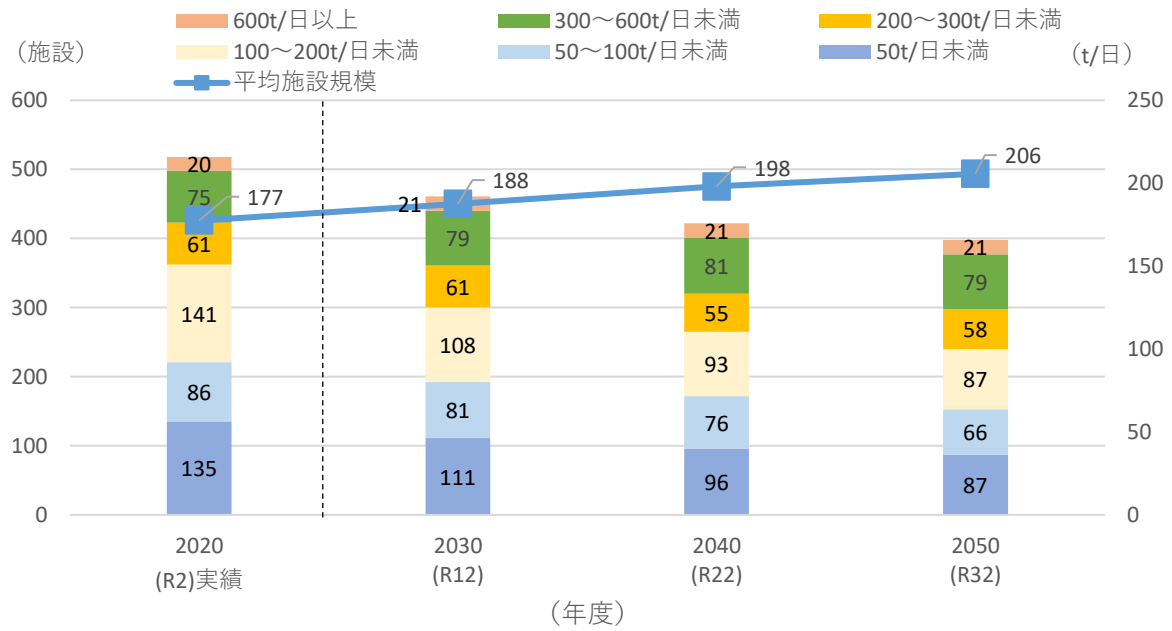


図 2-30　施設規模の分布と平均施設規模（23 都道府県分）

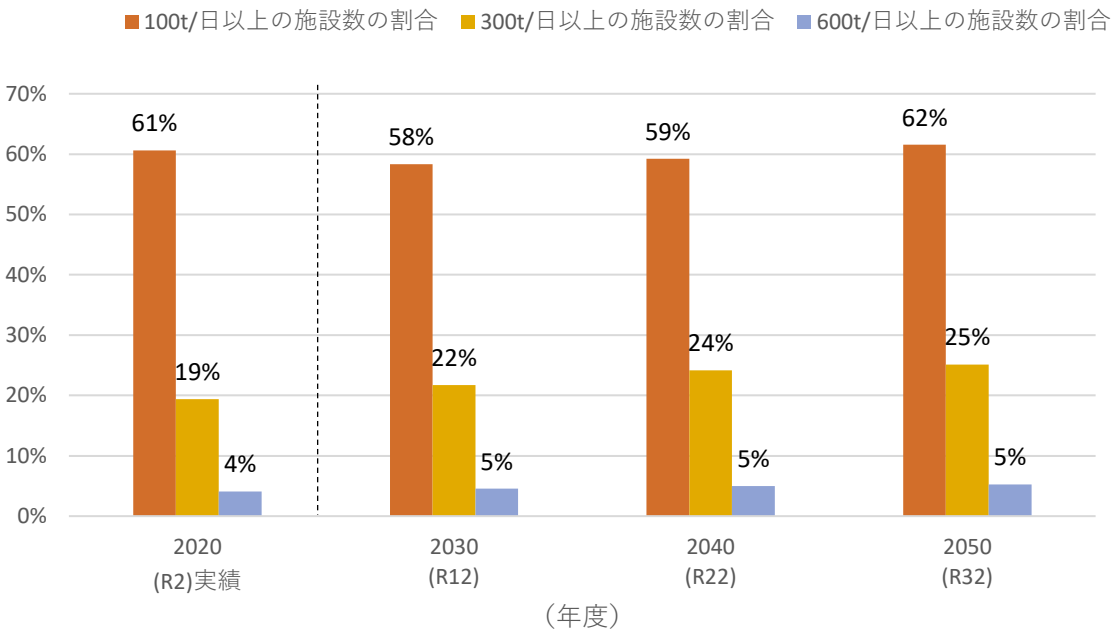


図 2-31　施設規模ごとの分布（23 都道府県分）

(2) 「どこまで広域化･集約化すべきか」の方向性検討

H31 通知や廃棄物処理施設整備計画から抽出されたキーワードに対する広域化・集約化に向けた大枠の考え方を以下に示す。

また、キーワードを見ながら文献調査を実施し、青字に関連する事項を（事例ではなく考え方を中心に）整理した。

表 2-21　H31 通知や廃棄物処理施設整備計画から抽出されたキーワードに対する広域化・集約化に向けた大枠の考え方

キーワード	広域化・集約化に向けた大枠の考え方
災害廃棄物処理体制	見込むことが必要
将来人口の見込み	見込むことが必要
都道府県越え	必要に応じて考慮
焼却以外の施設	
事業系一廃	廃棄物の資源化、エネルギー回収・利活用を目指したもの （通常、焼却施設において事業系一廃も一緒に処理）
汚泥再生処理センター	廃棄物の資源化、エネルギー回収・利活用を目指したもの ※メタンガス化と重複
メタンガス化・燃料化	廃棄物の資源化、エネルギー回収・利活用を目指したもの 大規模化が難しい地域を対象
他インフラ	廃棄物の資源化、エネルギー回収・利活用を目指したもの
中継施設	収集運搬の距離や運搬費用の増加への対応
過渡期対応	（広域化・集約化計画の着実な推進のため →長寿命化、自治体間・民間連携が主な手段）
長寿命化	施設の更新時期を合わせる
自治体間・民間連携	施設の更新時期を合わせる
施設数	広域化・集約化による減
施設規模	広域化・集約化による増
資源回収機能	資源化によるごみ量減→収集運搬費減

1) メタンガス化

- 個々の自治体に設置されたメタン発酵施設がごみ中継施設にもなり、かつ地域循環共生圏におけるエネルギー地産地消を促進する施設をも担うことが求められる。
- 現実にメタン発酵施設が、中継施設を完全に代替できるかという点については更なる検討が必要。

出典：大下和徹．（2023）．地域循環共生圏を目指した廃棄物処理システムの広域化－都市ごみ焼却施設とメタン発酵施設の連携のあり方について－．都市清掃, 76, p 126-131

- 中継施設に縦型メタン発酵設備適用した場合、実証試験施設に搬入される原料、運転データを解析し、実証事業で試算に用いた条件は満足し、エネルギー自立は可能であることの見通しを得た。一方で原料性状や処理規模により、回収可能なエネルギー量が異なるため、適用先の見極めが課題である。
- メタン発酵残渣の乾燥物を残渣乾燥用の燃料として利用することに関し、その発熱量により、追加で必要なエネルギー量が変動する。例えば追加のエネルギーとしてメタン発酵で生成したメタンガスを使用した場合、発電量は減少することになる。

出典：栗田工業株式会社「令和4年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業　＜乾式メタン発酵施設を活用したごみ処理広域化におけるエネルギー自立型中継施設の実証＞　委託業務　成果報告書」（令和5年3月）

2) 他インフラ（下水処理場）

- 輸送に係る人材コストや車両が不要な「下水処理場とごみ焼却炉隣接」パターンが経済性と環境性を両立させた理想的なパターンとなる（恵庭市の事例が合致）。
- 廃棄物処理施設と下水処理場の連携の可能性を検討するために、自治体にアンケート調査とヒアリングを実施した結果、「両施設間の距離」「処理規模」「処理範囲」「更新時期」を把握することが有効であること、また、自治体内、自治体間で連携のために必要な情報の整理がうまく表現されていないことが分かった。

  →収集したデータを GIS にインプット

  →ビジュアルで表現すると広域化の検討もやりやすくなると思われる（ハザードマップを組み合わせれば災害の検討も可能）。

  出典：渡邊洋一, 山口純二.（2023）. 廃棄物処理施設と下水処理施設の連携による広域化、効率化について. 都市清掃, 76, p 143-151
- 効率化の例としては、生ごみを破砕選別後、メタン発酵することにより、他の可燃ごみや発酵不適物は含水率が下がり、カロリーが上昇するので熱効率は良くなる（ただしごみ焼却炉の運転には留意が必要）等がある。

  出典：令和5年度廃棄物・3R研究財団＆3R活動推進フォーラム年次報告会資料「共同研究事業 次世代静脈インフラの構築に向けた包括的研究～廃棄物焼却場と他施設の連携による効率化について～」（令和5年10月31日）, p 73-74

3) 中継施設

- 中継施設の計画に当たっては焼却施設等との広域処理計画を推進する上で、その基幹施設としての位置づけを明確にし、体制整備することが重要。
- 近年では、中継施設を整備する際、廃棄物の積替機能だけでなく、資源物の選別・中継機能を併せもつ施設として計画されるケースが増えてきており、中継施設の効率的な活用法として有意義である。
- 県域を越えた隣接地域との連携による広域処理構想に発展することも可能であると考えられる。

  出典：原嘉章, 井上護.（2022). 廃棄物の広域処理を支える中継輸送システムの役割. 廃棄物資源循環学会誌, 33（2）, p 13-21
- 本来の収集輸送効率向上の役割・機能に加え、地域事情、地理的条件、地域の廃棄物等の排出特性に応じて、他施設（リサイクル施設等、引用処理施設、有機性廃棄物処理施設）との併設や連携も踏まえて構築する必要があると考える。

  出典：南亮太, 鈴木高志.（2023）. 廃棄物運搬中継施設の導入事例等. 都市清掃, 76, p 180-190

【参考：中継施設の実態】

- 現在、わが国の中継施設は、50 か所が稼働している。そのうち広域処理の基幹施設として運用されている中継施設は 30 か所あり、60%を占めている。
- おおむね中継量 20～300ton/日、輸送距離は 10～50km の領域で運用されており、現在、稼働中の 50 施設のうち 37 施設（74%）がこの領域で運用。
- 施設規模が大きい日量 200～500ton クラスの中継施設は、人口が集中する都市部にあり、中継距離は 10～30km 程度になる。これは、廃棄物を他の自治体に持ち込む場合は、それぞれの自治体との事前協議の対象となり、地域内処理が前提となるた

めである。

- 50ton/日未満の小規模施設では、中継輸送距離が 50～80km と長距離輸送されているケースが散見される。これは、島しょ地域等を含めた町村単位の自治体では、中間処理施設がなく、広域処理を前提として中継施設が整備されたためである。

出典：原嘉章, 井上護.（2022）. 廃棄物の広域処理を支える中継輸送システムの役割. 廃棄物資源循環学会誌, 33（2）, p 13-21

4) 長寿命化

- 施設集約検討ブロックのデータ作成においては、延命化可能年数を 10 年で設定。

出典：国立環境研究所「一般廃棄物焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成」（令和元年7月）

5) 民間連携

- 自ら施設整備するにはごみ量が少ない市町村においては、周辺市町村との広域化調整が難しい場合でも、民間の施設で一般廃棄物を処理することで、単独処理よりも処理単価を低く抑えられる可能性がある。
- 脱炭素、地域振興、雇用創出等の複数の地域課題の解決に資する「多面的価値」が求められる中、豊富なリソースを有する民間事業者からの提案を引き出し、様々な可能性を視野に入れた廃棄物処理事業を進められることができれば、市町村にとっても有意義と言える。
- 輸送手段の効率化として、路線バスの活用や地方鉄道網を活用したコンテナ輸送なども、十分に検討の余地があると考えている。広域化においては、広域的な輸送インフラを有する産業との連携が期待される。

出典：秦三和子.（2023）. 廃棄物処理施設の広域化における官民連携の展望と期待. 都市清掃, 76, p 195-199

6) 施設規模（文献にて明確な施設規模の記載があった事例）

- ごみ焼却施設においては、外部からのエネルギー供給無しに CCUS などの炭素回収を行うためには、300t/日以上の施設規模が必要との試算もある。

出典：藤原周史.（2023）. 脱炭素社会に向けたごみ処理の広域化・集約化（広域処理）について. 都市清掃, 76, p 137-142

- 焼却による発電を考慮し 70t/日以上の焼却施設を配置できる場合はこれを制約条件とした。

出典：石井一英, 高橋恵介, 落合知, 佐藤昌弘.（2021）. 2050年の人口減少後の北海道における焼却処理施設の広域化・集約化に関する研究. 第32回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿2021, p 103-104

(3) 「広域化・集約化をどのように実現していくのか」の検討

a) H31 通知以降に策定された広域化・集約化計画のレビューと見直しが望まれる点

H31 通知の内容と都道府県計画のレビュー、見直しが望まれる点を表 2-22 にまとめる。

表 2-22　H31 通知の内容と都道府県計画のレビュー、見直しが望まれる点

H31 広域化・集約化通知の内容	H31 通知以降の都道府県計画のレビュー	見直しが望まれる点
1．広域化・集約化の必要性 （1）持続可能な適正処理の確保　（2）気候変動対策の推進　（3）廃棄物の資源化・バイオマス利活用の推進　（4）災害対策の強化　（5）地域への新たな価値の創出	―	※　改定された廃棄物処理施設整備計画の記載内容を踏まえ見直しの要否を確認
2．広域化・集約化計画の策定 （1）計画策定主体 ✓　都道府県が主体となり、管内市町村と密に連携して広域化・集約化計画を策定 ✓　広域化・集約化計画に基づき取組を推進するに当たっては、広域的かつ計画的にごみ処理施設の整備が進むよう、都道府県が市町村の総合調整に努める	✓　計画策定時に都道府県が市町村の総合調整をしていない、あるいは調整ができず計画自体を策定できていない事例がある。	✓　都道府県が計画策定時に主体的に市町村間の調整を行い、**市町村の既定の整備計画に加え、更なる広域化・集約化が促進されるよう調整を行う**ことが望ましい。
（2）前回計画の広域化計画の評価 ✓　前回策定の広域化計画のごみ処理施設数の推移やブロックごとの進捗状況等を評価し、その結果を反映	✓　前回計画の評価は「22計画／28計画」で検討されており、半数以上の計画でなされている。前回計画の評価の一環としてアンケート調査を行い、課題の抽出を行っている事例がある。（茨城県等）	―
（3）人口及びごみ排出量等の将来予測 ✓　現在の廃棄物処理の状況を把握しつつ、**20～30年後の人口及びごみ排出量等を予測**し、考慮	✓　人口及びごみ排出量等の将来予測は「19計画／28計画」で検討されており、半数以上の計画で検討がなされている。また、将来予測を基に、各市町村の既定事項の取りまとめではなく都道府県が独自に施設体制等の検討を行っている事例がある。（愛知県等）	✓　各市町村での既定事項を単に取りまとめただけの廃棄物処理体制では更なる広域化・集約化は見込めないことから、**将来予測等を基に、都道府県が主体性をもって施設体制等の検討を行うことが望ましい**。
（4）広域化ブロック区割りの設定見直し ✓　（2）及び（3）で評価・検討した結果を基に、**災害廃棄物処理体制、これまでの広域化の進捗状況**、市町村合併の状況等を考慮し、広域化ブロック区割りの設定を見直す ✓　過去に策定した広域化計画に基づいて広域化を達成したブロックについても、**広域化・集約化の進捗状況を評価し、さらなる広域化・集約化の可能性**について検討 ✓　**広域化が未達成であったブロックについては、その原因を分析した上で、将来人口の見込みやブロック区割りの再構築**も含めて検討 ✓　**必要に応じて都道府県境を越えた広域化・集約化**についても考慮 ✓　人口の多い都市については、地域の中核となり、積極的に周辺市町村と協力して広域化・集約化を推進することが望ましいことから、ブロック区割り等の検討の際に考慮	✓　区割りの見直しは「27計画／28計画」で検討されており、ほぼ全ての計画で何らかの検討はなされている（千葉県のみ区割りの見直しに関する記載なし。大阪府は府全体を1ブロックとして区割り。）。 ※　ブロック区割りの設定は、通知に記載されている規模要件（100t/日以上を基本として、既に 100t/日以上 300t/日未満の施設を設置している地域は 300t/日以上の設置を目指す）を基本とする計画、及び規模要件に加えて地理的条件や既存の行政ブロック等の複数の容認を踏まえて設定している計画が多い（12 計画／28 計画）。 ※　現状維持ではなく、将来的に更に広域化・集約化することを明記している計画は 17 計画／28 計画となっており、半数以上は更に広域化・集約化する計画となっている。	✓　区割りについてはおおむね見直しがなされているものの、区割りの考え方については必ずしも通知の内容に沿っていない計画があることから、**区割りの考え方については一定のルールを明確化できれば望ましい**。少なくとも、**相当程度の広域化とともに施設数の減少及びそれに伴う施設規模の増大をできるだけ図るケースも含めた定量的検討に基づく見直し**が望ましい（周辺から相当の距離がある離島（イメージとしては対馬や小笠原など）や極めて広大な面積（イメージとしては5,000km²など）で1施設に集約化済みである区域など、著しく困難であることが明らかな区域を除く。）。 ✓　ブロック区割りの考え方（100t/日以上を基本とする等）は通知文の「(5) ブロックごとの廃棄物処理体制の検討」に記載されているが、計画内では(4)「広域化ブロック区割りの設定見直し」において参照する内容であることから、**(5)のブロック区割りの考え方は(4)に記載することが望ましい**。

<table>
<tr><th>H31 広域化・集約化通知の内容</th><th>H31 通知以降の都道府県計画のレビュー</th><th>見直しが望まれる点</th></tr>
<tr><td>（５）<u>ブロックごとの廃棄物処理体制の検討</u>
✓ ブロックごとの廃棄物処理施設の整備計画や廃棄物処理体制を検討
✓ 廃棄物処理体制の検討に当たっては、家庭系一般廃棄物の処理のみならず、<u>事業系一般廃棄物の処理や汚泥再生処理センター等による処理</u>も含め、<u>廃棄物の資源化、エネルギー回収・利活用</u>を最大限に進めつつ、収集運搬を含めた<u>廃棄物処理全体を安定的・効率的</u>に行う観点から検討
✓ 例えば、ごみの焼却については
➢ <u>エネルギー利活用の観点から、100t／日以上の全連続燃焼式ごみ焼却施設</u>を設置できるようにする
➢ <u>既に 100t／日以上 300t ／日未満の施設を設置している地域については、300t／日以上のごみ焼却施設の設置</u>を含め検討
➢ <u>施設の大規模化が難しい地域においても、メタンガス化や燃料化といった廃棄物系バイオマス利活用など、地域の特性に応じた効果的なエネルギー回収技術を導入</u>するなどの取組を促進
✓ 広域化・集約化による収集範囲の拡大により収集運搬経費が増加する可能性もあるところ、<u>中継施設の設置の検討等も含め、廃棄物処理経費全体での評価</u>を行うことが重要</td><td>✓ ブロックごとの廃棄物処理体制は「13計画／28計画」で検討されているが、処理体制の検討期間については短期的な計画（直近10か年程度）と長期的な計画（2050年まで等）がある。
※ 将来の施設配置等に係るシミュレーションについては、4 計画／28 計画で記載されている。
※ 【再掲】（ブロック区割りの設定は、通知文に記載されている規模要件（100t/日以上を基本として、既に 100t/日以上 300t/日未満の施設を設置している地域は 300t/日以上の設置を目指す）を基本とする計画、及び規模要件に加えて地理的条件や既存の行政ブロック等の複数の要因を踏まえて設定している計画が多い（12 計画／28 計画））。
✓ 8計画/28計画で中継施設について記載されている。
✓ コストの検討については、10計画／28計画で記載されている。</td><td>✓ 広域化・集約化の課題としては、施設整備時期の不一致が挙げられることから、長期的な計画と、過渡期の対応として短期的な計画を併記することが望ましい。
✓ 【再掲】各市町村での既定事項を単に取りまとめただけの廃棄物処理体制では更なる広域化・集約化は見込めないことから、将来予測等を基に、都道府県が主体性をもって処理体制等の検討を行うことが望ましい。</td></tr>
<tr><td>３．広域化・集約化計画に記載する内容
（１）<u>計画期間</u>
✓ 原則として<u>10年</u>
✓ 2021年度末を目途に計画策定を目指すこととし、既に計画を策定・運用している場合においては、本通知の内容を踏まえ、必要に応じて計画の見直し及び推進を行う
（２）<u>広域化ブロック区割り</u>
✓ ２．（４）で設定したブロック区割りについて記載⇒右表
（作成例）
○○ブロック
<table><tr><th>構成市町村
・一部事務組合名</th><th>人口（万人）</th><th>面積（km²）</th><th>将来推計
（人口・ごみ量等）</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>
（３）<u>各ブロックにおける廃棄物処理体制</u>
✓ ２．（５）で検討した廃棄物処理体制について、広域化・集約化に向けた廃棄物処理施設の整備計画や処理体制をブロックごとに記載
✓ 可能な限り民間の許可施設等についても記載に含める
✓ 整備計画の策定に当たっては、下記作成例⇒右表の項目のほか、必要に応じて、ごみの種類、種類別のごみ量及びごみの収集運搬方法（中継施設の設置等を含む。）等についても記載
（作成例）
○○ブロック
<table><tr><th>施設種類</th><th>処理能力</th><th>建設予定年度</th><th>エネルギー回収量
／再生利用量</th></tr><tr><td>ごみ焼却施設</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>粗大ごみ処理施設</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ごみ堆肥化施設</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ごみ飼料化施設</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>メタンガス化施設</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ごみ燃料化施設</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>汚泥再生処理センター</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>最終処分場</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>その他の施設</td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td><td>✓ 計画期間については5～10年の計画が多い（25計画／28計画）が、長期的な計画期間を設けている計画もある（例えば、茨城県は目標年度を2052年に設定）。
✓ 18計画／28計画で焼却施設以外の施設について記載されている。</td><td>✓ 焼却施設であれば30年程度の稼働期間を有し、施設整備には計画期間を含めると10年程度を要することから、30年程度以上の計画期間とすることが望ましい。一方で、中長期シナリオ（案）や地域別の人口予測事例も2050年までが多い（R2国勢調査に基づく社人研将来推計は2023年中の公表が予定。現時点では2018年公表の2045年の推計。）ことを踏まえれば、2050年又はそれ以降を計画期間（又は廃棄物処理体制の将来想定年次）として設定することが望ましい。
✓ 各ブロックにおける廃棄物処理体制（施設数・施設規模等）については、将来（10年後/20年後/2050年など）の施設規模や施設数も明記し、目標として位置づけることが望ましい。</td></tr>
<tr><td>４．留意事項
（１）今後 10 年程度の計画が策定されている場合は策定済みとみなす。また、<u>廃棄物処理計画の中に上記と同等の内容が含まれる場合も策定済み</u>と見なす。
（２）毎年度、ブロックごとの施設整備の進捗状況、過渡期の対応等を把握し、広域化・集約化の進行管理を行う（<u>目標設定を行う</u>ことが望ましい）
（３）計画は、必要に応じ見直すこと。</td><td>✓ 計画の目標が明記されている計画は10計画／28計画となっており、半数以上の計画で“計画としての目標”が設定されていない。</td><td>－</td></tr>
</table>

b)　新たな広域化･集約化通知（案）の作成

新たな広域化・集約化通知（案）を作成した。

c)　広域化･集約化の手引きに対する見直しの検討

広域・集約化の手引きの見直しを検討した。

(4)　その他

1)　都道府県をまたいだ広域化･集約化の事例

各都道府県の広域化・集約化計画や各自治体の HP 等から判明した、都道府県をまたいで一部事務組合を設立している広域化・集約化の事例を表 2-23 に示す。

また、愛媛県今治市（旧関前村）は、広島県呉市に処理委託をしている。

表 2-23　都道府県をまたいで一部事務組合を設立している広域化・集約化の事例

組合名	構成市町村名	組合設立年	保有施設・立地場所・竣工年度等			備考
豊中市伊丹市クリーンランド	大阪府豊中市・兵庫県伊丹市	昭和36年3月20日	豊中市伊丹市クリーンランドごみ焼却施設	豊中市	平成28年3月竣工	前施設は40年超運転
枚方京田辺環境施設組合	大阪府枚方市・京都府京田辺市	平成28年5月31日	（可燃ごみ広域処理施設）	京田辺市	建設中	
猪名川上流広域ごみ処理組合	兵庫県川西町・猪名川町・大阪府豊能町・能勢町	平成12年8月11日	国崎クリーンセンター	川西市	平成21年3月竣工	
北設広域事務組合	愛知県設楽町・東栄町・豊根村・長野県根羽村	昭和45年6月	中田クリーンセンター	東栄町	平成4年建設	施設は休止中、愛知県新城市の新庄市クリーンセンターへ集約
津南地域衛生施設組合	新潟県津南町・十日町市・長野県栄村	昭和41年8月10日	津南地域衛生施設組合ごみ処理場	津南町	平成4年使用開始	
筑紫野・小郡・基山清掃施設組合	福岡県筑紫野市・小郡市・佐賀県基山町	昭和56年4月11日	クリーンヒル宝満	筑紫野市	平成20年使用開始	
大牟田・荒尾清掃施設組合	福岡県大牟田市・熊本県荒尾市	昭和60年3月	新開クリーンセンター	大牟田市	昭和63年使用開始	施設は休止中、新ごみ処理施設整備予定

2)　広域化･集約化に係る都道府県としての先進事例

(a)　奈良県

奈良県では、廃棄物処理に係る広域及び効果・効率的な観点から、県と市町村が連携・協働して各種施策を推進するための計画（奈良モデル）として、各種施策の推進に努めている。

「奈良モデル検討報告書～県と市町村の役割分担のあり方～」（平成 22 年 3 月　県・市町村の役割分担検討協議会）によると、「奈良モデル」（役割分担見直し検討対象業務）の「Ⅲ地域間連携」の 1 つとして「一般廃棄物焼却施設の管理運営」が挙げられ、そこでは「広域的な連携により効率化を図られる可能性が高い。」とされている。

(b)　福岡県

「福岡県ごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化計画」（令和 4 年 4 月　福岡県）によると、廃棄物処理に関する専門的知識を有する広域化・集約化アドバイザーの各会議への派遣、広域化・集約化実現可能性の手引きの作成・提供等を経て、広域化・集約化を実現するものとしている。

- 「広域化・集約化アドバイザーの派遣」
  廃棄物処理や広域化・集約化に関する専門的知識を有するコンサルタント等を「広域化・集約化アドバイザー」として登録し、市町村等の要望に応じて、各エリア会議や広域化推進会議、市町村等内部の検討会議へ派遣する。（2023（令和 5）年度まで実施予定）
- 「広域化・集約化実現可能性の手引き」
  広域化・集約化の実現可能性や有効性を具体的に検討するための基本的事項を示す県作成の手引き。手引きの提供に併せ、広域化・集約化した場合の施設建設費や維持管理費、売電収入等の概算額を簡易的に算出する支援ツールも提供する。

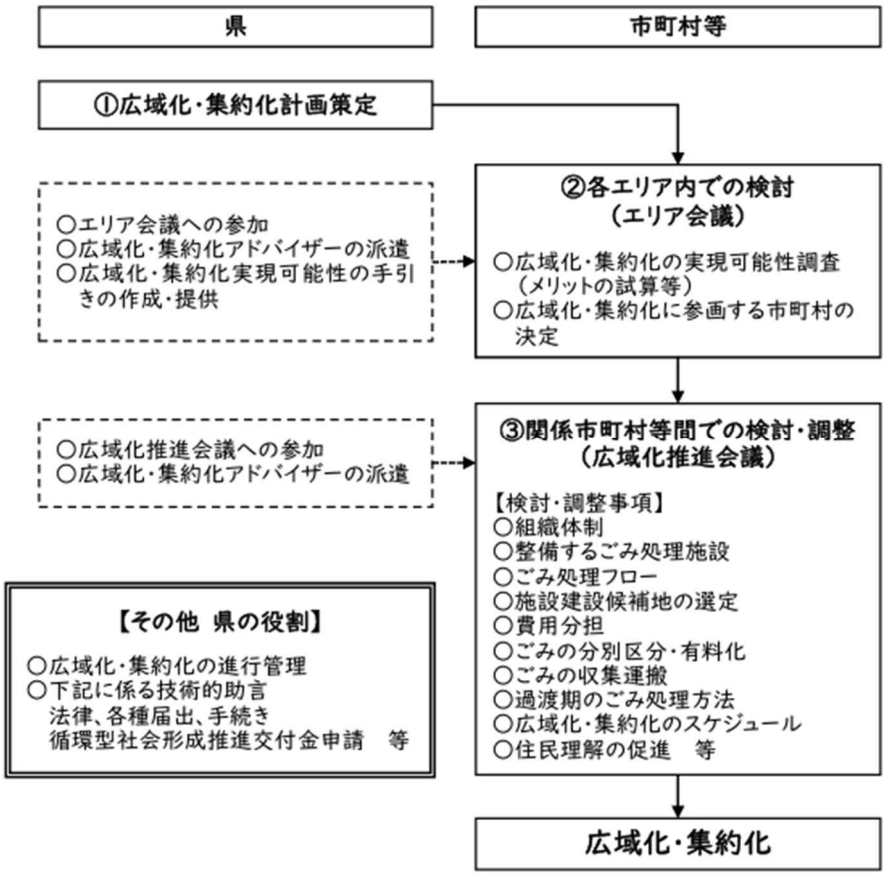


図 2-32　福岡県での広域化・集約化に向けた取組の流れ及び主体

出典：福岡県ごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化計画（令和 4 年 4 月　福岡県）

3)　長期的な期間を検討対象としている事例について

2050 年度、又はそれ以上の期間を廃棄物処理施設整備の検討期間としている事例について、例えば表 2-24 のような事例が確認された。

表 2-24　2050 年またはそれ以上の期間を廃棄物処理施設整備の検討期間としている例

区分（地域）	概要
都道府県 （静岡県）	一般廃棄物処理広域化マスタープランにおいては、2052年度（令和34年度）までの将来ごみ量の推移が示されており、地域別広域化ブロック区割りの評価結果及び広域化等の推進の流れとして、計画期間（令和4～13年度）にとどまらず、段階的な広域化等の考え方（現状の処理～最大規模の広域処理）を踏まえて令和34年度までの長期的な展望も示されている。なお、評価においては、経済面・施設面、環境面、防災面での評価指標が設定されている。
複数市町村 （南筑後市町）	令和4年度総務省事業（多様な広域連携促進事業＿提案団体：大木町、連携団体：柳川市、八女市、筑後市、みやま市、大川市、広川町）の報告書（令和5年2月）においては、2030年頃、2030～2060年、2060年～2070年の3つの時期に分けて、焼却施設及びし尿・浄化槽汚泥処理施設のプランの検討が行われている。主に2種類のプランを対象に必要な費用と効果の比較が行われている。
一部事務組合 （大阪広域環境施設組合）	一般廃棄物処理基本計画（令和2年4月）において、現時点における「整備・配置計画」については2054年度までについて、旧工場解体・新工場建設などのスケジュールや処理能力の推移などが示されている。

4)　他分野における広域化について

下水道事業、集落排水事業、浄化槽事業等を対象に、総務省　農林水産省　国土交通省　環境省「広域化・共同化計画策定マニュアル（改訂版）」（令和 2 年 4 月）が策定されているため、その概要について図 2-33 に整理する。

なお、同マニュアルについては、令和 5 年度からは広域化・共同化事業の実施に向けて取組を推進するため、実施段階の内容へ見直しをすべく、広域化・共同化検討分科会にて議論が行われている（国交省 HP より）。

(a)　都道府県の「広域化・共同化計画」について

- 広域化・共同化計画は、都道府県構想を構成する「整備・運営管理手法を定めた整備計画」の一部として位置づけられている。
- 計画内容は、連携グループ（広域化・共同化でハード又はソフトで事業を連携する市町村群）や連携メニュー（広域化・共同化で連携する事業の内容）、それに対する短期的（5 年程度）、中期的（10 年程度）、長期的（20～30 年）のスケジュールとする。

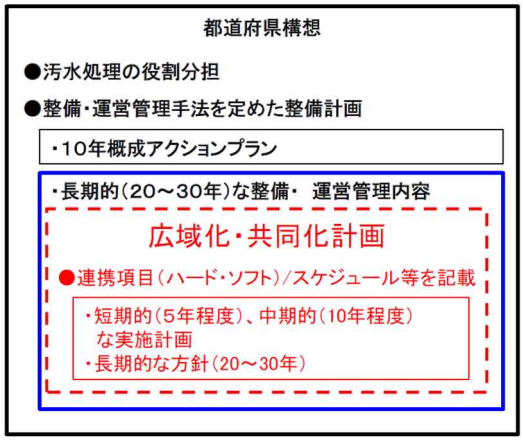


図 2-33　広域化・共同化計画の位置づけ（イメージ）

出典：総務省　農林水産省　国土交通省　環境省「広域化・共同化計画策定マニュアル（改訂版）」（令和 2 年 4 月）

- 同マニュアルによると、「広域化・共同化計画は、以下の項目を調査・検討することにより策定する。」とされている。
  - 基礎調査
  - 広域化・共同化ブロック割の検討
  - 広域化・共同化メニュー案の検討
  - 広域化・共同化メニューの効果検討
  - 広域化・共同化計画への位置づけに向けた具体的な検討
  - 広域化・共同化計画の取りまとめ

(b)　進捗管理表・チェックリスト

広域化・共同化の推進に当たっては、図 2-34、図 2-35 のような進捗管理表・チェックリスト等が国土交通省 HP で公表されている。

広域化・共同化計画　進捗管理表（入力様式）

都道府県	北海道
年度	R5
現行計画公表年度	R5
統廃合計画地区数	9
統廃合完了地区数	8
連携メニュー数	16
未着手	3
事業中	9
完了	4

：選択箇所
：昨年度実績の入力箇所
：手入力の入力箇所
：入力の必要のない箇所

分類	a.広域的な連携メニュー		b.参加市町村・団体等	c.実施主体	d.取組時期 短期（～5年間）（R5～R9）	d.取組時期 中期（～10年間）（R10～R14）	d.取組時期 長期（～30年間）（R15～R34）	e.メニューの進捗評価 R5	f.取組時期に対する進捗状況 ○:予定通り、△:予定未達、×:進捗なし 該当するものを選択	g.デジタル化の推進に関わる取組に該当 該当する場合：1	h.PPP/PFIの推進に関わる取組に該当 該当する場合：1	i. R5に実施した取組 取組を中止した理由	j .来年度の取組予定
計画メニュー ハード	汚水処理施設の統廃合	集落排水施設の統廃合	○○○、×××、	○○○	接続検討 関係機関協議	関係機関協議 計画変更、設計、施工	広域化の実施	可能性調査	○				
	汚水処理施設の統廃合	し尿処理場の統廃合	○○○、×××、	○○○	接続検討 関係機関協議	関係機関協議 計画変更、設計、施工	広域化の実施	地方自治法手続き	△	1			
	汚泥処理の共同化	汚泥処理の共同化	○○○、×××、	○○○	接続検討 関係機関協議	関係機関協議 計画変更、設計、施工	広域化の実施	施設建設	×	1			
	汚泥処理の共同化	汚泥集約処理の設置（PPP/PFI）	○○○、×××、	○○○	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始	広域化の実施	供用開始					
	計画・調査委託の共同発注	ストックマネジメント計画（管渠）	○○○、×××、	×××	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始		未着手					
	計画・調査委託の共同発注	ストックマネジメント計画（施設）	○○○、×××、	×××	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始		未着手			1		
	維持管理業務の共同発注	管守点検業務の共同化（処理場）	○○○、×××、	×××	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始		業務内容の検討			1		
	維持管理業務の共同発注	管守点検業務の共同化（管渠）	○○○、×××、	×××	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始		業務内容の検討					
	台帳システムの共同化	設備台帳（処理施設、ポンプ場）	○○○、×××、	×××	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始		システム仕様等の検討					
	台帳システムの共同化	施設台帳（管渠）	○○○、×××、	×××	実現可能性の検討 発注方式等の検討	合意形成 共同発注の開始		未着手					
ソフト	人材育成の共同化	勉強会の開催	○○○、×××、	×××	下水道等の参加組織と上記以外の合同勉強会の実施			活動内容の検討					
	下水道PR・広報活動の共同化	PRイベントの開催、下水道の接続促進・普及活動	○○○、×××、	×××	啓活動の継続、流域下水道による年1回の下水道展など	接続促進業務の共同委託		合意形成					
	災害時対応の共同化	BCPの策定	○○○、×××、	×××	広域BCPの策定、共有資機材リストの作成及び共同購入			業務開始					
	災害時対応の共同化	災害時合同訓練の実施	○○○、×××、	×××	BCPに基づいた合同訓練の開催			業務開始					
	庁内事務の共同化	排水設備指定工事業者の事務の一元化	○○○、×××、	×××	実施体制の検討	共同化の実施		業務開始					
	計画・調査委託の共同発注	責任技術者の事務の一元化	○○○、×××、	×××	実施体制の検討	共同化の実施		業務発注手続き					
追加ハード			○○○、×××										
			○○○、×××										
			○○○、×××										
			○○○、×××										
追加ソフト			○○○、×××										
			○○○、×××										
			○○○、×××										
			○○○、×××										
	デジタル化の推進に関わる計画メニュー数									2			
	PPP/PFIの推進に関わる計画メニュー数										2		

図 2-34　広域化・共同化計画　進捗管理表（入力様式）

出典：国土交通省 HP「下水道　広域化・共同化の推進」
＜https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000495.html＞
（最終アクセス　2024 年 3 月 8 日）

（参考）広域化・共同化計画のチェックリスト（イメージ）

検討ブロック			A県　北部ブロック					
評価項目			a市	b市	c町	d村	e村	備考
計画メニュー（見直し前）	ハード	施設統廃合	○	―	○	―	―	c→aに統廃合
		汚泥処理	―	―	―	―	―	
		集中監視施設の共同設置	―	―	―	―	―	
	ソフト	維持管理業務（施設）	○	○	―	―	―	共同発注
		水質調査	○	○	○	○	○	共同発注
		台帳システム整備・保守	―	―	―	―	―	
		委託業務の共同発注（ストマネ計画、企業会計等）	―	―	―	―	―	
		排水設備事務	○	○	○	―	―	
		災害時対応	○	○	○	○	○	県主導災害時協定締結
		その他	―	―	―	―	―	
長期収支の確認（見直し前）		現時点の経費回収率	110%	96%	88%	80%	77%	－
		2030年の経費回収率（計画実施前）	106% （103%）	90% （88%）	92% （86%）	77% （69%）	72% （70%）	C町で使用料の改訂を予定しており、収支に反映
		2050年の経費回収率（計画実施前）	102% （99%）	83% （81%）	95% （83%）	75% （71%）	70% （67%）	
		改善に向けた取り組み						
その他の効果		執行体制面	・災害時における相互支援により強化 ・維持管理の共同化に伴い、管理レベルが統一され向上					
		環境面						
		その他						
総合評価			経営改善の効果が限定的なため、各市町村の改築更新に合わせてた事業の持続性に資する取組等について再度検討を行う。					

検討ブロック			A県　北部ブロック					
評価項目			a市	b市	c町	d村	e村	備考
計画メニュー（見直し後）	ハード	施設統廃合	○	―	○	―	―	c→aに統廃合
		汚泥処理	―	○	○	―	―	cの濃縮汚泥をb市で一括処理
		集中監視施設の共同設置	○	―	―	○	○	クラウド型広域監視システムの導入
	ソフト	維持管理業務（施設）	○	○	○	○	○	共同発注
		水質調査	○	○	○	○	○	共同発注
		台帳システム整備・保守	―	―	―	○	○	財務会計システムの共同整備
		委託業務の共同発注（ストマネ計画、企業会計等）	―	―	―	○	○	企業会計移行業務の共同発注
		排水設備事務	○	○	○	―	―	
		災害時対応	○	○	○	○	○	県主導災害時協定締結
		その他	―	―	―	―	―	
長期収支の確認（見直し後）		現時点の経費回収率	110%	76%	88%	80%	77%	－
		2030年の経費回収率（計画実施前）	108% （103%）	93% （88%）	96% （86%）	81% （69%）	75% （70%）	C町で使用料の改訂を予定しており、収支に反映
		2050年の経費回収率（計画実施前）	110% （99%）	86% （81%）	100% （83%）	83% （71%）	88% （67%）	
		改善に向けた取り組み		普及率向上、接続促進	官民連携	使用料改訂	使用料改訂	
その他の効果		執行体制面	・災害時における相互支援により強化 ・維持管理の共同化に伴い、管理レベルが統一され向上					
		環境面	・汚泥集約とエネルギー回収による環境負荷の低減					
		その他	・排水設備事務の共同委託による地元企業の育成					
総合評価			上記のほかに、同一市町内の集落排水施設の統廃合や、管路施設の包括民間委託等について引き続き検討を行うとともに、県全体で災害時におけるBCP訓練等により執行体制の強化を図る。					

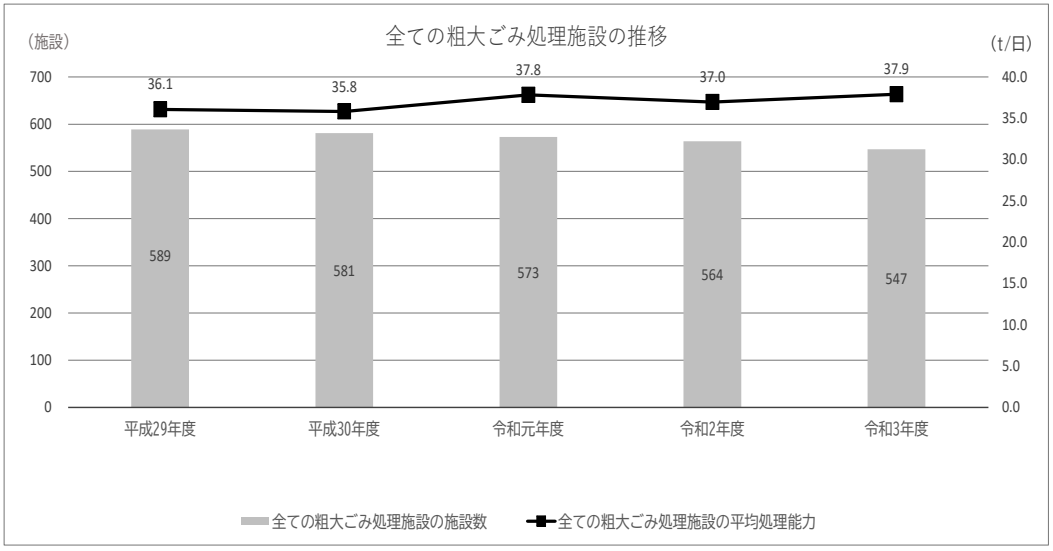
図 2-35　広域化・共同化計画のチェックリスト（イメージ）

出典：国土交通省 HP「下水道　広域化・共同化の推進」
＜https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000495.html＞
（最終アクセス　2024 年 3 月 8 日）

5)　焼却以外の施設の施設数、平均施設規模の推移

粗大ごみ処理施設、資源化等を行う施設、し尿処理施設・汚泥再生処理センターについて、過去 5 年間の施設数、平均施設規模の推移を示す。

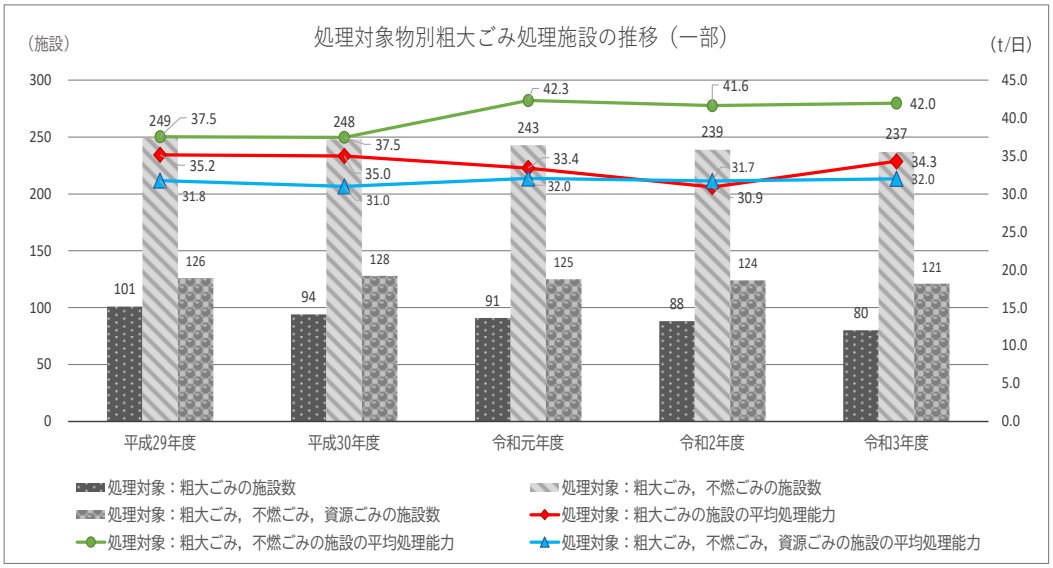
(a)　粗大ごみ処理施設



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-36　粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移

出典：一般廃棄物処理実態調査より整理



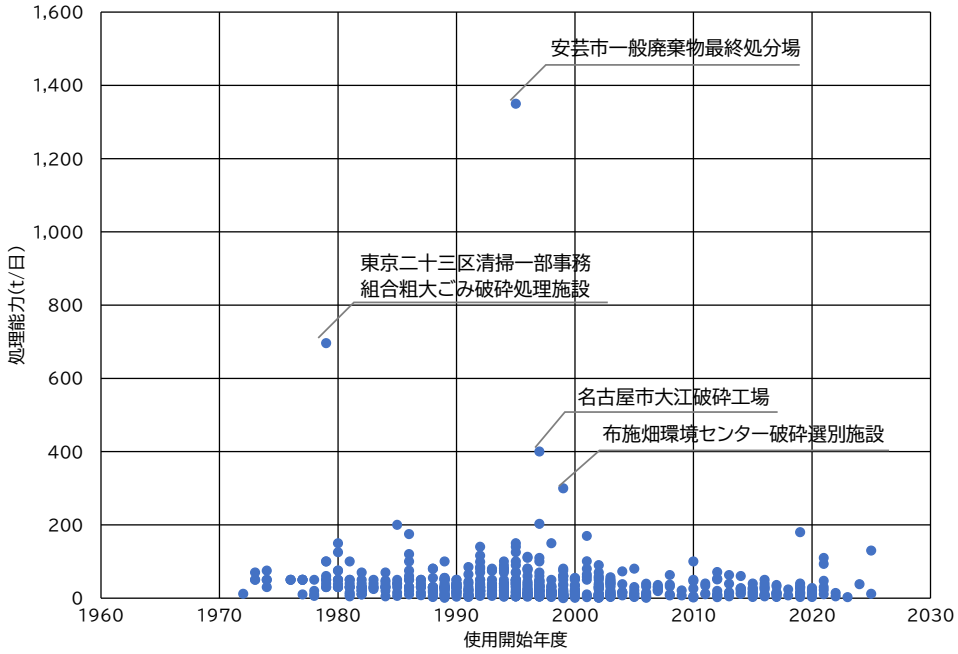
注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-37　粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別、一部）

出典：一般廃棄物処理実態調査より整理

✓ 施設数は微減、平均施設規模は微増傾向

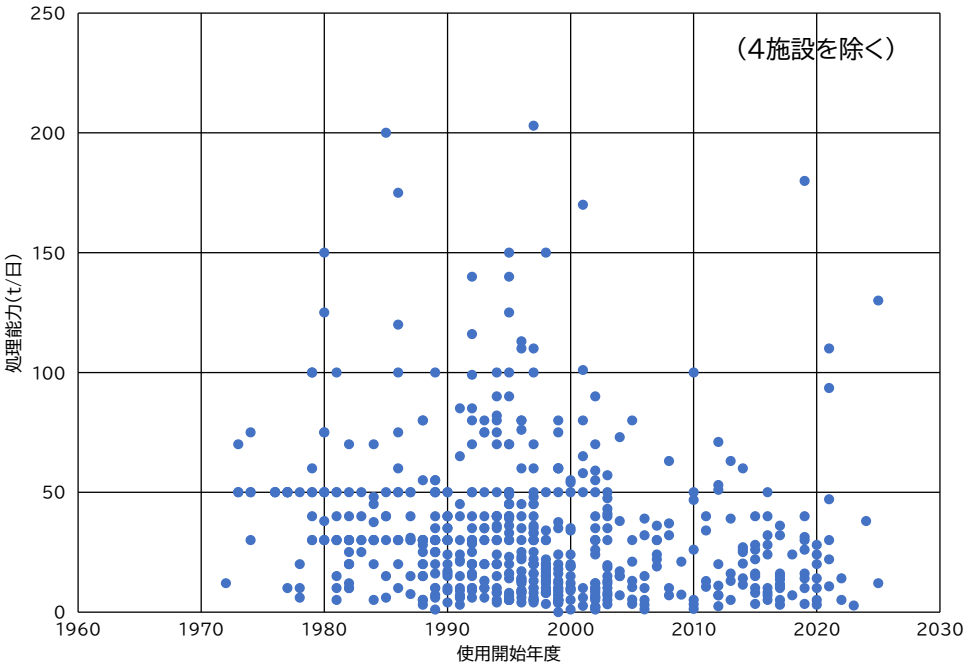
✓ 処理対象物ごとに見ても、施設数については同様の傾向



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-38　【参考】粗大ごみ処理施設の使用開始年度・処理能力の散布図

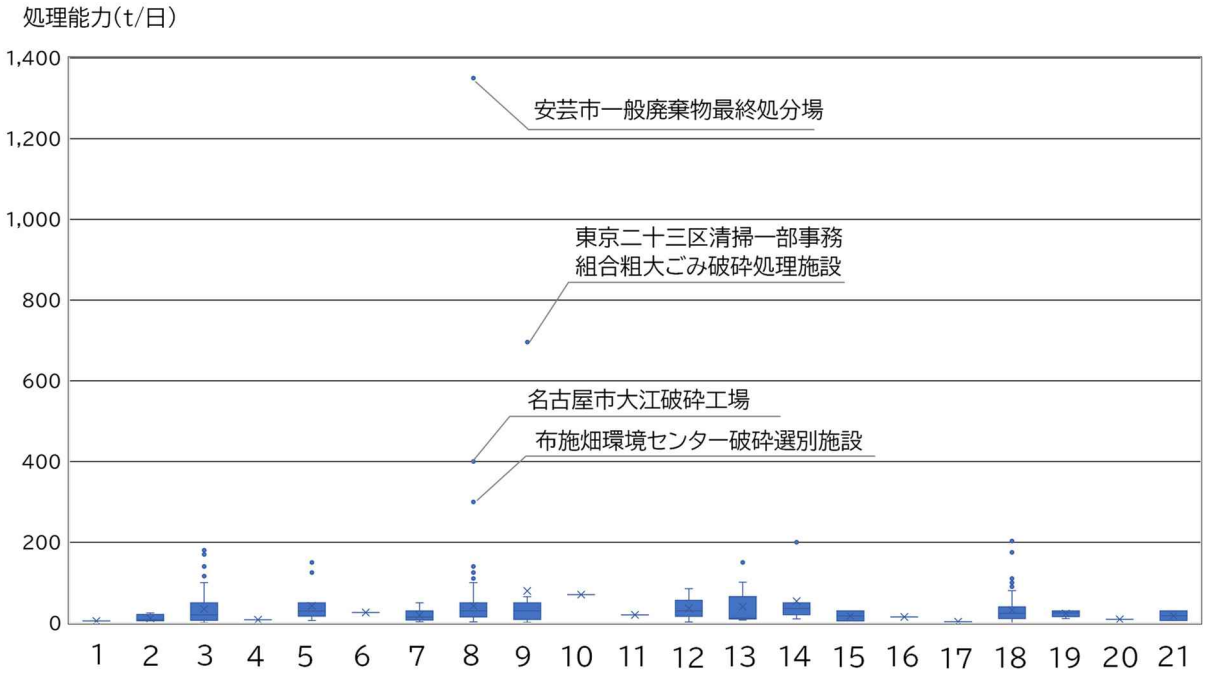
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度）より整理



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-39　【参考】粗大ごみ処理施設の使用開始年度・処理能力の散布図
（処理能力の大きい 4 施設を除く）

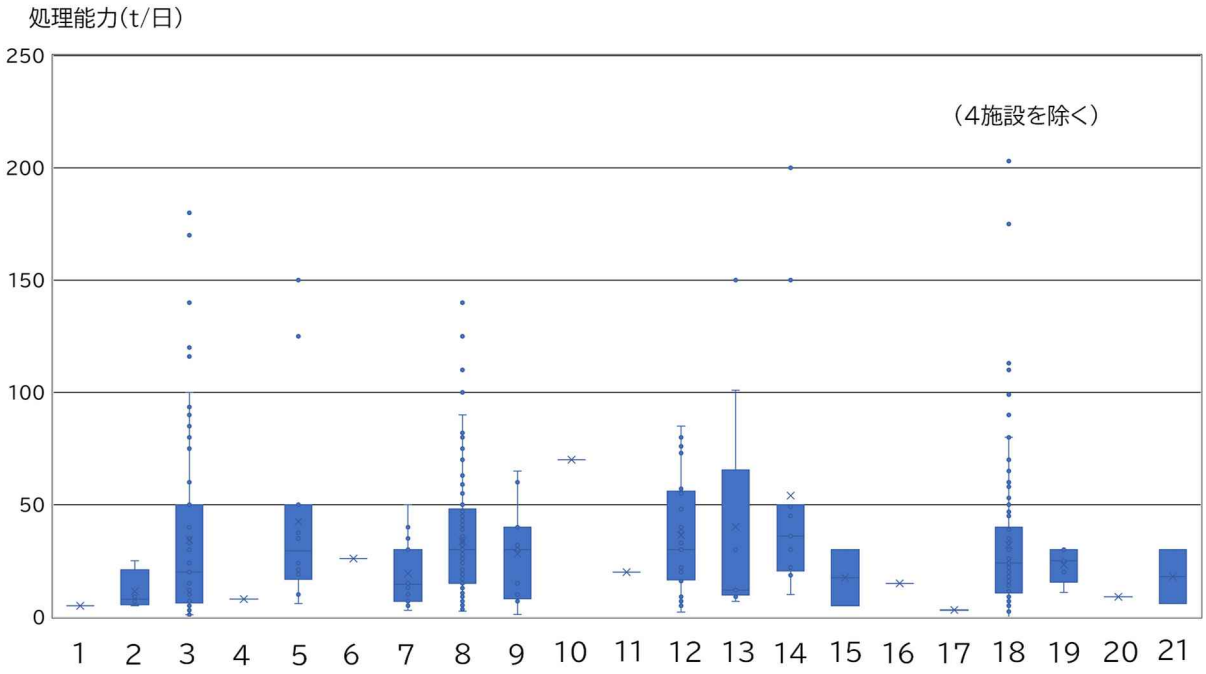
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度）より整理



注1）廃止、休止、新設（建設中）を除く
注2）図中の1～21は表 2-25と対応

図 2-40　【参考】粗大ごみ処理施設の処理能力分布図（処理対象別）

出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度）より整理



注1）廃止、休止、新設（建設中）を除く
注2）図中の 1 ～21は表 2-25と対応

図 2-41　【参考】粗大ごみ処理施設の処理能力分布図（処理対象別）
（処理能力の大きい 4 施設を除く）

出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度）より整理

表 2-25　【参考】粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（令和 3 年度）

	処理対象廃棄物	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	可燃ごみ	1	5.0	5.0
2	資源ごみ	4	45.9	11.5
3	粗大ごみ	80	2743.9	34.3
4	粗大ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	8.0	8.0
5	粗大ごみ，可燃ごみ	14	594.5	42.5
6	粗大ごみ，混合（未分別）ごみ	1	26.0	26.0
7	粗大ごみ，資源ごみ	16	310.0	19.4
8	粗大ごみ，不燃ごみ	237	9948.4	42.0
9	粗大ごみ，不燃ごみ，その他	13	1033.6	79.5
10	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，可燃ごみ	1	70.0	70.0
11	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	20.0	20.0
12	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，資源ごみ	21	764.3	36.4
13	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ	9	361.5	40.2
14	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	13	702.6	54.0
15	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ	2	35.0	17.5
16	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	1	15.0	15.0
17	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，資源ごみ	2	6.2	3.1
18	粗大ごみ，不燃ごみ，資源ごみ	121	3872.3	32.0
19	不燃ごみ	5	116.0	23.2
20	不燃ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	1	9.0	9.0
21	不燃ごみ，資源ごみ	2	36.0	18.0
22	未記入（空白）	1	20.0	20.0
		547	20,743.1	37.9

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度）より整理

表 2-26　【参考】粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（令和 2 年度）

	処理対象廃棄物	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	可燃ごみ	1	5.0	5.0
2	資源ごみ	5	49.9	10.0
3	粗大ごみ	88	2,720.0	30.9
4	粗大ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	8.0	8.0
5	粗大ごみ，可燃ごみ	15	656.5	43.8
6	粗大ごみ，混合（未分別）ごみ	1	26.0	26.0
7	粗大ごみ，資源ごみ	18	320.5	17.8
8	粗大ごみ，不燃ごみ	239	9,952.0	41.6
9	粗大ごみ，不燃ごみ，その他	13	1,033.6	79.5
10	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，可燃ごみ	1	70.0	70.0
11	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	20.0	20.0
12	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，資源ごみ	21	761.1	36.2
13	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ	9	361.5	40.2
14	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	13	702.6	54.0
15	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ	2	35.0	17.5
16	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	1	15.0	15.0
17	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，資源ごみ	2	6.2	3.1
18	粗大ごみ，不燃ごみ，資源ごみ	124	3,932.3	31.7
19	不燃ごみ	5	116.0	23.2
20	不燃ごみ，可燃ごみ	1	9.0	9.0
21	不燃ごみ，資源ごみ	2	36.0	18.0
22	未記入（空白）	1	20.0	20.0
		564	20,856.2	37.0

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 2 年度）より整理

表 2-27　【参考】粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（令和元年度）

	処理対象廃棄物	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	可燃ごみ	1	5.0	5.0
2	資源ごみ	5	49.9	10.0
3	粗大ごみ	91	3,040.8	33.4
4	粗大ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	8.0	8.0
5	粗大ごみ，可燃ごみ	14	718.5	51.3
6	粗大ごみ，混合（未分別）ごみ	1	26.0	26.0
7	粗大ごみ，資源ごみ	18	309.5	17.2
8	粗大ごみ，不燃ごみ	243	10,284.6	42.3
9	粗大ごみ，不燃ごみ，その他	13	1,033.6	79.5
10	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，可燃ごみ	1	70.0	70.0
11	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	20.0	20.0
12	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，資源ごみ	21	761.1	36.2
13	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ	9	361.5	40.2
14	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	14	716.0	51.1
15	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ	2	35.0	17.5
16	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	1	15.0	15.0
17	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，資源ごみ	2	6.2	3.1
18	粗大ごみ，不燃ごみ，資源ごみ	125	4,005.0	32.0
19	不燃ごみ	6	155.8	26.0
20	不燃ごみ，可燃ごみ	1	9.0	9.0
21	不燃ごみ，資源ごみ	2	36.0	18.0
22	未記入（空白）	1	20.0	20.0
		573	21,686.5	37.8

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和元年度）より整理

表 2-28　【参考】粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（平成 30 年度）

	処理対象廃棄物	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	可燃ごみ	1	5.0	5.0
2	資源ごみ	5	49.9	10.0
3	粗大ごみ	91	3,040.8	33.4
4	粗大ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	8.0	8.0
5	粗大ごみ，可燃ごみ	14	718.5	51.3
6	粗大ごみ，混合（未分別）ごみ	1	26.0	26.0
7	粗大ごみ，資源ごみ	18	309.5	17.2
8	粗大ごみ，不燃ごみ	243	10,284.6	42.3
9	粗大ごみ，不燃ごみ，その他	13	1,033.6	79.5
10	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，可燃ごみ	1	70.0	70.0
11	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	20.0	20.0
12	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，資源ごみ	21	761.1	36.2
13	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ	9	361.5	40.2
14	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	14	716.0	51.1
15	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ	2	35.0	17.5
16	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	1	15.0	15.0
17	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，資源ごみ	2	6.2	3.1
18	粗大ごみ，不燃ごみ，資源ごみ	125	4,005.0	32.0
19	不燃ごみ	6	155.8	26.0
20	不燃ごみ，可燃ごみ	1	9.0	9.0
21	不燃ごみ，資源ごみ	2	36.0	18.0
22	未記入（空白）	1	20.0	20.0
		573	21,686.5	37.8

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（平成 30 年度）より整理

表 2-29　【参考】粗大ごみ処理施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）

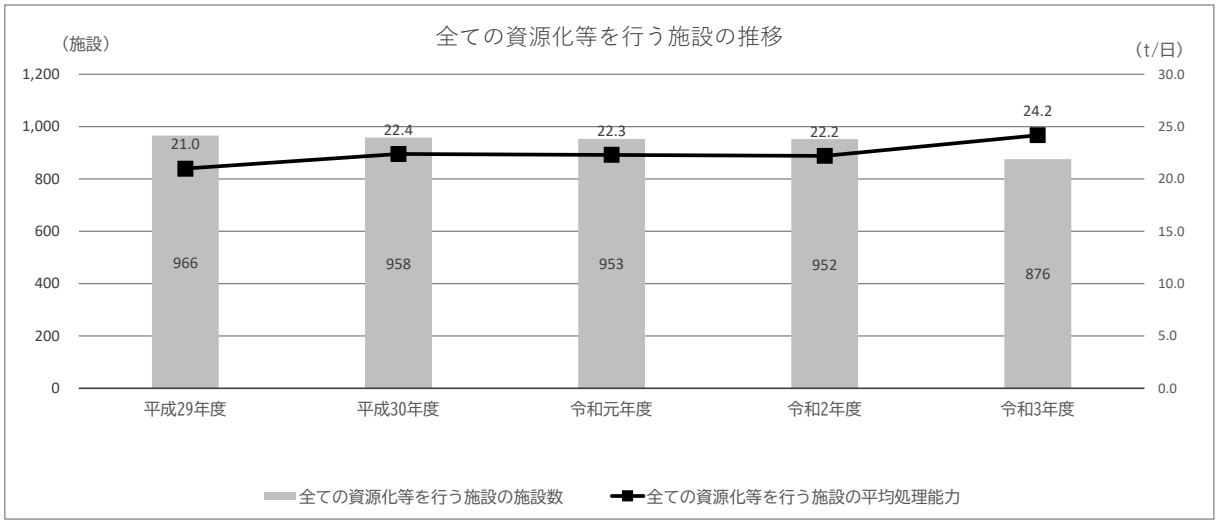
（平成 29 年度）

	処理対象廃棄物	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	可燃ごみ	1	5.0	5.0
2	資源ごみ	4	42.0	10.5
3	粗大ごみ	101	3,550.6	35.2
4	粗大ごみ，その他	1	8.0	8.0
5	粗大ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	8.0	8.0
6	粗大ごみ，可燃ごみ	14	704.5	50.3
7	粗大ごみ，混合（未分別）ごみ	1	26.0	26.0
8	粗大ごみ，資源ごみ	20	337.5	16.9
9	粗大ごみ，不燃ごみ	249	9,347.4	37.5
10	粗大ごみ，不燃ごみ，その他	11	957.7	87.1
11	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，可燃ごみ	1	70.0	70.0
12	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，混合（未分別）ごみ	1	20.0	20.0
13	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ	1	55.0	55.0
14	粗大ごみ，不燃ごみ，その他，資源ごみ	21	770.4	36.7
15	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ	8	352.5	44.1
16	粗大ごみ，不燃ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	14	706.0	50.4
17	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ	1	100.0	100.0
18	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ	2	35.0	17.5
19	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，可燃ごみ，資源ごみ	2	18.2	9.1
20	粗大ごみ，不燃ごみ，混合（未分別）ごみ，資源ごみ	2	6.2	3.1
21	粗大ごみ，不燃ごみ，資源ごみ	126	4,001.0	31.8
22	不燃ごみ	5	116.0	23.2
23	不燃ごみ，資源ごみ	1	6.0	6.0
24	その他	1	12.0	12.0
		589	21254.9	36.1

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

出典：一般廃棄物処理実態調査（平成 29 年度）より整理

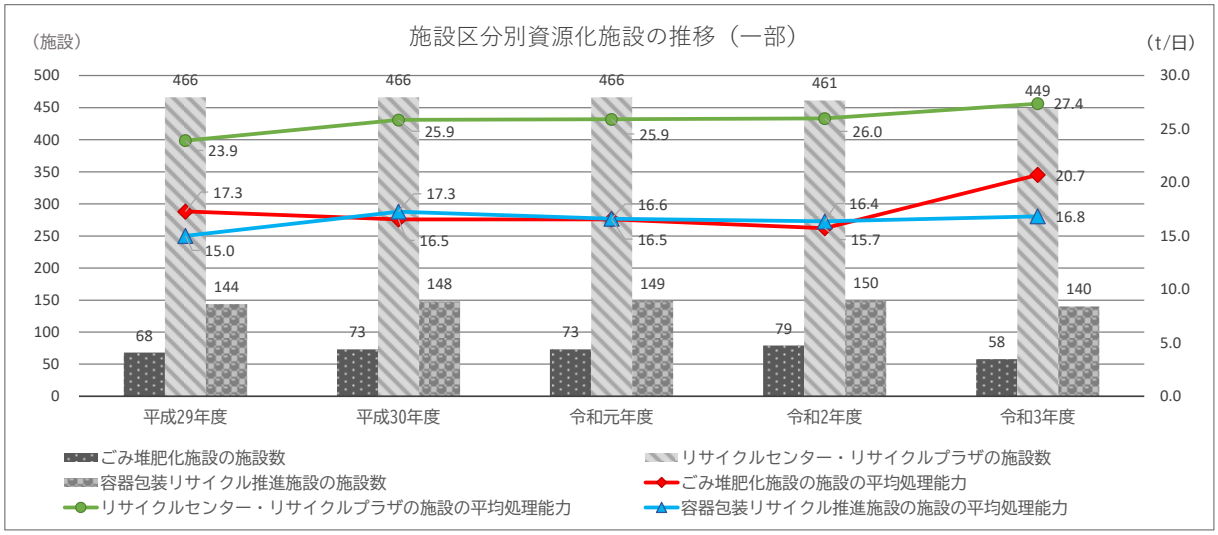
(b)　資源化等を行う施設



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-42　資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移

出典：一般廃棄物処理実態調査より整理



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-43　資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別、一部）

出典：一般廃棄物処理実態調査より整理

- ✓ 施設数は微減、平均施設規模は微増傾向
- ✓ 施設区分別ごとに見ると、リサイクルセンター・リサイクルプラザについては同様の傾向

表 2-30　【参考】資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（令和 3 年度）

	施設区分	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	ごみ堆肥化施設	58	1,201.5	20.7
2	ストックヤード	125	1,120.8	9.0
3	リサイクルセンター（交付金）	108	2,261.4	20.9
4	リサイクルセンター（補助金）	142	2,461.0	17.3
5	リサイクルセンター（補助金），ストックヤード	1	2.3	2.3
6	リサイクルプラザ	199	7,568.7	38.0
7	リサイクルプラザ，その他	1	25.0	25.0
8	容器包装リサイクル推進施設	140	2,357.5	16.8
9	その他	102	4,188.0	41.1
		876	21,186.2	24.2

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度）より整理

表 2-31　【参考】資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（令和 2 年度）

	施設区分	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	ごみ堆肥化施設	79	1,242.2	15.7
2	ストックヤード	145	1,238.3	8.5
3	リサイクルセンター（交付金）	110	2,236.9	20.3
4	リサイクルセンター（補助金）	151	2,446.3	16.2
5	リサイクルセンター（補助金），ストックヤード	1	2.3	2.3
6	リサイクルプラザ	200	7,298.3	36.5
7	リサイクルプラザ，その他	1	25.0	25.0
8	容器包装リサイクル推進施設	150	2,454.1	16.4
9	その他	115	4,201.1	36.5
		952	21,144.4	22.2

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 2 年度）より整理

表 2-32　【参考】資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）（令和元年度）

	施設区分	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	ごみ堆肥化施設	73	1,208.0	16.5
2	ストックヤード	147	1,288.6	8.8
3	リサイクルセンター（交付金）	104	2,141.0	20.6
4	リサイクルセンター（補助金）	157	2,549.0	16.2
5	リサイクルセンター（補助金），ストックヤード	1	2.3	2.3
6	リサイクルプラザ	205	7,387.7	36.0
7	リサイクルプラザ，その他	－	－	－
8	容器包装リサイクル推進施設	149	2,476.0	16.6
9	その他	117	4,200.4	35.9
		953	21,252.9	22.3

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和元年度）より整理

表 2-33　【参考】資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）

（平成 30 年度）

	施設区分	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	ごみ飼料化施設	1	33.0	33.0
2	ごみ堆肥化施設	73	1,208.1	16.5
3	ストックヤード	150	1,351.4	9.0
4	リサイクルセンター（交付金）	97	2,077.0	21.4
5	リサイクルセンター（補助金）	162	2,496.8	15.4
6	リサイクルプラザ	207	7,473.6	36.1
7	容器包装リサイクル推進施設	148	2,556.5	17.3
8	その他	120	4,255.3	35.5
		958	21,451.7	22.4

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（平成 30 年度）より整理

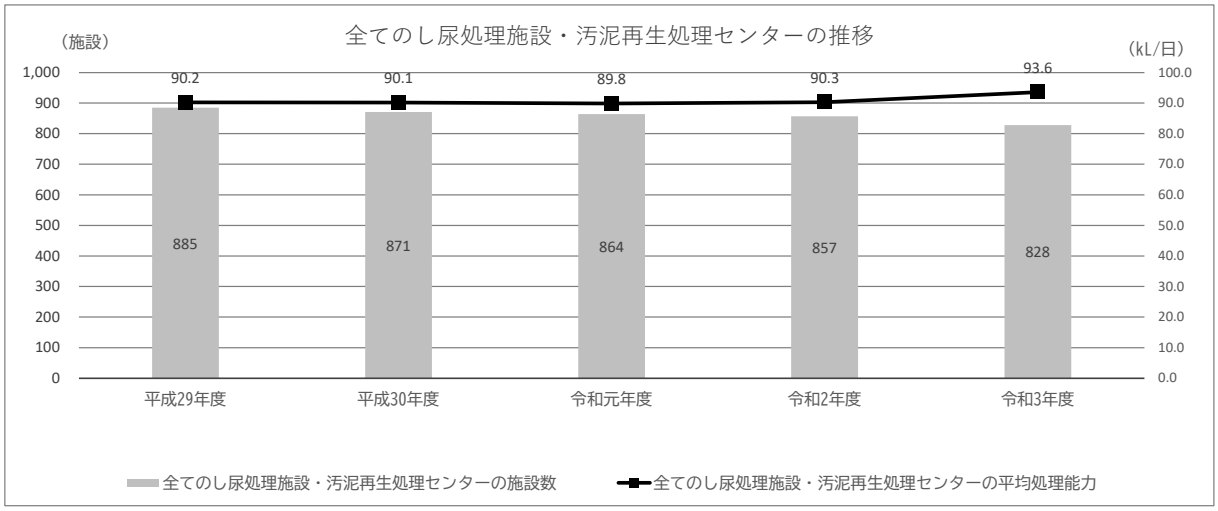
表 2-34　【参考】資源化等を行う施設の施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）

（平成 29 年度）

	施設区分	施設数	処理能力合計（t/日）	施設の平均処理能力（t/日）
1	ごみ飼料化施設	1	33.0	33.0
2	ごみ堆肥化施設	68	1,175.5	17.3
3	ストックヤード	158	1,401.0	8.9
4	リサイクルセンター（交付金）	94	1,983.5	21.1
5	リサイクルセンター（補助金）	165	2,690.6	16.3
6	リサイクルプラザ	207	6,471.8	31.3
7	容器包装リサイクル推進施設	144	2,161.5	15.0
8	その他	129	4,357.3	33.8
		966	20,274.1	21.0

注）廃止、休止、新設（建設中）を除く
出典：一般廃棄物処理実態調査（平成 29 年度）より整理

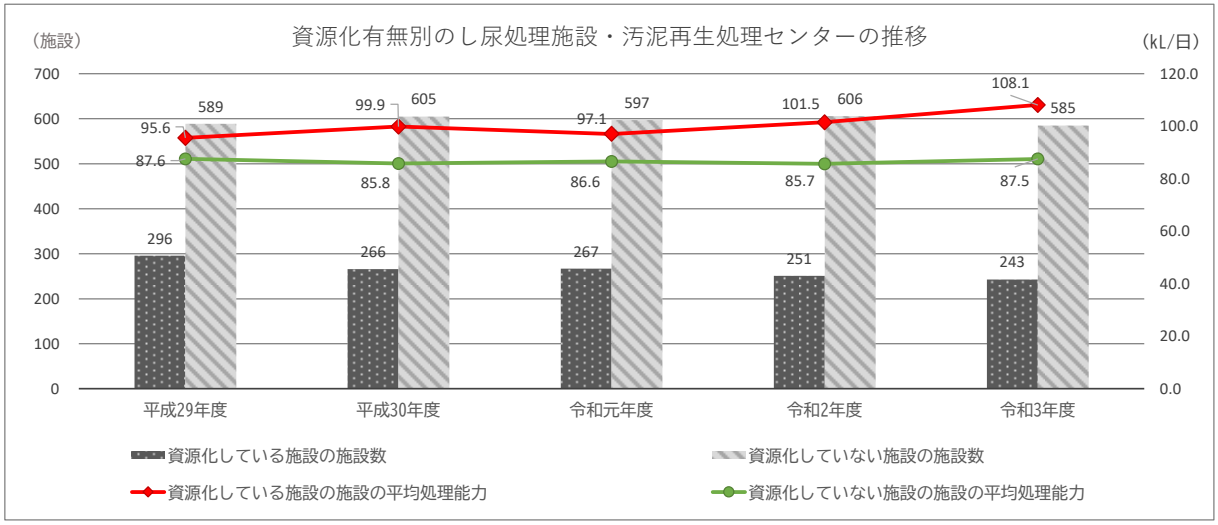
(c)　し尿処理施設･汚泥再生処理センター



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-44　し尿処理施設・汚泥再生処理センターの施設数・平均施設規模の推移

出典：一般廃棄物処理実態調査より整理



注）廃止、休止、新設（建設中）を除く

図 2-45　し尿処理施設・汚泥再生処理センターの施設数・平均施設規模の推移（処理対象別）

出典：一般廃棄物処理実態調査より整理

- ✓ 施設数は微減、平均施設規模は横ばいの後、微増
- ✓ 資源化有無別に見ると、資源化している施設については継続的な施設数の減少と平均施設規模の増加が見られる

2.3.2　メタン発酵施設

(1)　はじめに

これまで、地方公共団体におけるメタン発酵施設の導入を促進する環境省の取組として、循環型社会形成推進交付金での交付率引き上げ等の財政的支援や、マニュアル及びウェブサ

イトの整備等の技術的支援が進められてきた。今後、廃棄物分野の脱炭素化に向けて、より一層の導入促進を図るため、地方公共団体におけるメタン発酵施設の整備・普及に関する推進方策の検討を行った。

昨年度に実施した「令和 4 年度廃棄物・資源循環分野における 2050 カーボンニュートラル実行計画等検討業務」において、施設整備基本構想、施設整備基本計画等の処理方式検討段階における、メタン発酵施設導入検討の実態と課題を把握するため、施設整備基本計画等の策定支援実績を有するコンサルタントに対して調査を実施した。同調査の結果、地方公共団体におけるメタン発酵施設導入の検討について、以下が確認された。

- メタン発酵施設は、導入検討をした上で不採用となる傾向にある。
- メタン発酵施設を不採用とする主な理由は事業費（実負担額）が高くなる見込みのため。
- 一方、メタン発酵施設を採用する場合の主な理由は事業費（実負担額）の縮減が見込めるため。

本業務においては、メタン発酵施設の導入において事業費（実負担額）に優劣が生じる要因の検討、また、メタン発酵施設導入における事業費縮減方策及び導入の適性要件を検討することを目的とし、プラントメーカー各社より検討に資する意見をいただくための調査（以下、 2.3.2 において「本調査」とする。）を実施した。

(2) 調査方法

地方公共団体又は民間企業における、ごみ（一般廃棄物を含む場合に限る）を処理対象としたメタン発酵施設の設計・施工実績を有するプラントメーカーを対象に、アンケートを実施した。アンケートは、一般社団法人日本環境衛生施設工業会会員 20 社及び上記実績を有するプラントメーカー2 社に送付した。（工業会会員 20 社への送付においては、一般社団法人日本環境衛生施設工業会御協力の下、実施した。）。湿式メタン発酵方式、乾式メタン発酵方式両方の実績を有する場合は、両方式の回答を依頼した。

また、アンケート回答内容の詳細を確認するためにヒアリングを実施した。ヒアリングは、アンケートを回答されたプラントメーカーのうち、上記実績を有する 8 社を対象に実施した。アンケートおよびヒアリングの結果については、8 社分の内容を示す。

本調査の工程を表 2-35 に示す。

表 2-35 本調査の工程

日付	内容
令和5年10月19日（木）	アンケート調査資料の送付
令和5年11月15日（水）	本調査への質問に対する回答の送付
令和5年11月22日（水）	アンケート回答締切
令和6年1月16日（火）	ヒアリング事項の事前送付
令和6年2月中旬～下旬	ヒアリング実施

(3) アンケートおよびヒアリングの結果

アンケート及びヒアリングの結果を以下に示す。【質問】【回答】はアンケートにおける質問事項及び回答を示す。アンケート回答直下の【ヒアリングにおける補足】は、ヒアリングで確認した当該アンケート回答の補足内容を示す。

1) メタン発酵施設規模について

(a) 循環型社会形成推進交付金交付要件を満たす条件について

【質問】

循環型社会形成推進交付金における、メタン発酵施設の交付率1/2の交付要件（350kWh/t）を満たす上で、メタン発酵施設規模における適性条件がございましたらご教示ください。

【回答】

- 発生ガスを相当量、電気・熱利用する施設を備えれば、小規模でも交付要件は満たされるが、小さすぎる施設（3t/d以下程度）は機器能力が過剰になり、稼働率が下がるため、効率的な運用ができない。

  【ヒアリングにおける補足】

  - ポンプなど設備の能力としては5t/d程度でも稼働率が高くできる低流量のものが存在するが、生ごみ等有機性廃棄物を取り扱う場合には、吸込・吐出の配管径が小さいものは配管閉塞を起こすリスクが高まるため、考慮する必要がある。標準ラインナップでは能力及び配管径などは比例して大きくなるため、配管径が律速となり、過剰な能力のポンプを選定せざるを得ない場合も多々ある。実際には20t/d以下は機器類の型式が変わらないようなイメージである。
  - 破砕選別後、メタン発酵槽に投入する部分の影響が大きい。夾雑物が含まれており、メタン発酵対象物の粒径も大きいため、投入物が詰まらないようにSGPは80A又は100Aが必要になる。施設規模20t/日以下の場合、80Aでは能力的には過大となるが、詰まり防止のためには必要となる。その結果、小規模施設では間欠運転とする場合もあるが、配管内で固形物が沈殿するなどの影響がある。

- 交付要件（350kWh/t）を満たすには廃棄物中の固形物濃度が高い（含水率が低い）必要があり、厨芥類の分別収集を前提としている湿式メタン発酵では満足することは難しい。今後、焼却炉の集約化・広域化に際しては、メタン発酵併設型焼却炉の建設に加え、分別回収による湿式メタン発酵の分散設置のニーズも増えると予想されることから、交付要件の見直し、あるいは分別生ごみ類を対象とした交付要件の策定を検討いただきたい。
- メタン発酵施設単独では、一般的に搬入されるごみが交付要件：350kWh/tを満たす良質な生ごみ（低含水率である、有機分が多い）ではなく、規模検討以前に施設計画が難しいと考える。
- 投入ごみの性状によるが、規模条件はない。
- メタン発酵に適した原料の確保、メタン発酵槽容量、エネルギー回収効率などの観点から、20～50t/日規模が望ましいと考える。

  【ヒアリングにおける補足】

  20～50t/日以外の施設規模であっても設計・建設は可能である。なお、メタン発酵槽1系列当たりの規模に上限（50t/日）があり、その上限以上に施設規模を大きくすると複数系列化が必要となるためコストメリットは薄れていくと考える。
- 特に無し。
- ごみt当たりのガス発生量はごみ組成によるため、施設規模による影響はない。
- 投入ごみ性状に因るため、規模条件はない。
- 交付要件（350kWh/t以上）を満たす上で、メタン発酵施設の規模における適性条件は特にないと考える。規模には基本的には影響を受けないと考える。

(b)　事業費縮減につながるメタン発酵施設規模設定に係る方策について

【質問 ①】

地方公共団体が仕様書（要求水準書）で指定するメタン発酵施設規模及び系列数（発酵槽数）が、事業費（建設費・運営費）縮減の観点からは適切な設定であるとは限らない。事業費（建設費・運営費）縮減のため、メタン発酵施設規模及び系列数（発酵槽数）は指定するのではなく、年間処理量をもとに事業者提案とするほうがよいか。

【回答】

事業者提案とするほうがよい

・ メタン発酵施設規模及び系列数はイニシャル・ランニングコスト及び維持管理上の必要性などに応じて、事業者提案とする方が事業費縮減に寄与すると考える。

【ヒアリングにおける補足】

年間処理量のほかに、可燃ごみ中の構成の季節変動実績（ごみ質、生ごみ、紙ごみ等の比率の年間変動)）、処理地域の事業系一般廃棄物で季節変動が大きいものがあればその内容と発生時期と量が示されている方がよい。生ごみは夏季に含水率が高くなる。事業系については、農家からの食品廃棄物は野菜類の収穫時期により変動が大きい。

・ 前処理設備、発酵槽など機器規模を事業者提案にすることにより、コスト削減が可能な民間提案の自由度が持てる。

【ヒアリングにおける補足】

年間処理量のほかに以下の条件が必要である。文献に記載されている数値ではなく、調査結果の数値がよい。搬入物と設計時の想定性状が乖離していると、設計・建設する施設性能に影響する。

①受入予定物の種類、内訳、荷姿、受入時間
②原料の想定性状（比重、CODcr、TS、TN、塩分、脂質、発酵不適物含有率 等）
③搬入車両等のサイズ、希望動線
※排水処理、発酵残渣の処理まで計画する場合
④排水放流先（下水、河川等)、処理水質基準
⑤発酵残渣の利用・処分方法　　等

・ 地方公共団体による将来の処理計画情報から、事業者が規模・系列数を提案する方式がより効果的・効率的な施設計画となり得ると考える。

【ヒアリングにおける補足】

事業者が提案するに当たり、搬入物の季節変動も記載されると、施設規模を大きくして対応するかストックして平準化するか検討でき、供用開始後のトラブルを減らすことができる。

・ 搬入物の形状により、発酵不適物の除去などの前処理設備の設計に事業者のノウハウを活用できる事業者提案方式が望ましいと考える。

【ヒアリングにおける補足】

年間処理量のほかに、搬入ごみの組成（メタン発酵適物、不適物の割合)、組成ごとの含水率、形状（収集袋の大きさ、可燃ごみの収集対象とする大きさ）など、できるだけ詳しい情報を提示してもらいたい。紙・布類についても、紙類と布類の各比率があるとより望ましいと考える。

・ 焼却施設とメタン発酵施設の併設を行う場合には、年間処理量から両施設のバランスを踏まえて各施設の処理量を決定することで、発酵槽の規模を適正に設定できるものと考える。

【ヒアリングにおける補足】

年間処理量のほかに、敷地条件・ユーティリティ条件（電気・給水・排水・燃料等）・排水先など、通常示される条件が示されていれば対応可能。

・ 事業者によって、1系列当たりの規模が異なる。したがって、事業者によっては対応できない規模や事業費増加につながる場合もあることから、事業者提案が望ましいと考える。敷地面積が小さい場合においては、メタン発酵施設規模や系列数を指定されると、事業費の増大（工期・工事費UP等）の他、そもそも配置ができない可能性がある。

【ヒアリングにおける補足】

メタン発酵槽1系列当たりの処理量は有機物分解量によって決定されるため、年間処理量のほかにごみ組成データ（紙類、厨芥類等）を提示してもらいたい。ごみ組成データ（紙類、厨芥類等）は、乾燥重量ベース及び湿潤重量ベースのデータが必要である。少なくとも湿潤重量ベースの組成は提示してもらいたい。

・ 事業費（建設費、運営費）は、メタン発酵施設規模及び系列数により変動するが、その時々により最適状態も変化する。

【ヒアリングにおける補足】

年間処理量のほかに、ごみ質（三成分、ごみ組成【乾物】）も記載してはどうか。メタン発酵施設の設計においては湿潤重量ベースのごみ組成は必要であり仕様書で示されている方がよいが、乾燥重量ベースのみでも湿潤重量のごみ組成を試算可能である。また、家庭系・事業系別にごみ組成データが分かれていると、より詳細な設計に反映可能である。

その他

・ 系列数は発酵槽の浚渫・清掃を考慮すると複数槽必要と考える。施設の計画を行う地方公共団体にメタン発酵施設に関する経験や知見があるのであれば、地方公共団体がメタン発酵施設規模及び系列数を指定しても問題ないのではないかと考える。地方公共団体に経験や知見がない場合は、事業者提案とするほうがよいと考える。
・ 焼却施設と併設となる乾式メタン発酵施設は、規模を増加させるほど事業費は上昇傾向になると考える。メタン発酵に適した厨芥類、紙ごみなどを多く含む搬入ごみを選択的にメタン発酵に供する計画とし、バイオガス回収を最適化する観点から施設規模を地方公共団体にて設定されるのがよいと考える。

【質問 ②】

メタン発酵施設と焼却施設を併設する場合、メタン発酵施設の交付要件として以下が定められているが、その要件が施設規模設定における自由度を下げ、事業費の縮減や、費用対効果の高い提案の支障となる場合があるか。

焼却施設規模	メタン発酵施設規模
500t/日未満	焼却施設規模の 10%以上
500t/日以上	50t/日以上

【回答】

交付要件が支障となる場合がある

・ ごみの分別方法・量によりメタン発酵方式が限定されるため、規模要件により提案できないケースが散見される。

【ヒアリングにおける補足】

ごみの分別方法によって要件を分けてはどうか。現状では機械選別後の原料量でメタン発酵の処理規模とされているが、混合ごみでは発酵不適物が多く含まれている。一方で分別収集の場合は夾雑物の混入率が小さく、破砕選別後もその傾向にある。例えば分別収集を行っている場合はごみ処理量に対する5%としてはどうか。（混合収集の場合は従来どおり10%）

・ 焼却施設規模によるメタン発酵施設規模の制約をなくすことにより、処理対象を柔軟に設定できる可能性がある。例えば、分別収集が困難な家庭系は外し、事業系一般廃棄物のみをメタン発酵するなど。
・ 敷地の条件、周辺地域での副生成物（堆肥、温水など）の利用可能性などを考慮の上、メタン発酵の適正規模を検討した方が望ましく、10%以上とする交付金要件が支障と成り得るものと考える。

【ヒアリングにおける補足】

湿式メタン発酵方式の場合、発酵残渣（消化液）を液肥利用できる利点がある。焼却施設との併設時における規模条件を緩和する（例えば焼却施設の10%を5%にする）ことで、湿式メタン発酵による発酵残渣（消化液）活用、資源循環の促進につながらないかと考えている。

・ 事業者によっては、1系列当たりの処理規模が異なるため、費用対効果の高いあるいは低い規模が異なる。したがって、焼却施設規模に対して費用対効果の高いメタン発酵施設規模も事業者によって異なるため、施設規模の交付要件は事業費の観点からすると支障となる可能性がある。
・ 施設規模を限定しない方が費用対効果の高い提案につながる可能性がある。

【ヒアリングにおける補足】

焼却施設とメタン発酵施設の併設において、メタン発酵施設に係るコスト縮減が課題と考

える。現行の交付要件における施設規模条件は、過小な施設規模の設計・施工を防ぐ意図があると考える。一方で規模要件を大きくすると、コスト増になり普及促進を阻害する可能性がある。施設規模条件は残しつつ、現行より緩和すること（例：400t/日未満10%以上、400t/日以上40t/日）はどうか。

その他

- 焼却施設を事業としていないため、是非について回答できない。
- 特段ないと考える。

「事業費縮減につながるメタン発酵施設規模設定に係る方策について」の自由回答

【回答】

- 収集ごみの内訳の中で、分別されて搬入される事業系有機性廃棄物などがある場合は、その分の規模のメタン発酵施設にすれば前処理設備機器が削減でき、事業費を縮減できると考える。
- 排水処理、汚泥処理において、近隣の下水処理場、し尿処理施設等が活用できれば、建設費、運営費ともに削減が期待できる。
- メタン発酵施設と焼却施設の併設で、湿式メタン発酵を採用する場合は、メタン発酵残渣（汚泥）を液肥、堆肥利用することを条件に、施設規模に関する交付金要件の下限を緩和する。
- メタン発酵残渣（汚泥）の一部を液肥、堆肥利用する場合、残りの排水を放流する際の下水道排出基準等を大幅に緩和する。
- 今までのアンケートなどの事案において交付金の規模制約により成立しないというものはなかったが、焼却炉を1炉とする方が合理的と考えらえるものはあった。ただし、1炉とする場合には近隣自治体との協定などが必要になるものと考える。

(c)　地方公共団体の都市規模ごとにおける事業費の傾向について

【質問】

地方公共団体の都市規模（焼却施設規模）ごとにおいて、「Ⅰ.焼却施設単体整備」と「Ⅱ.焼却施設＋メタン発酵施設整備」それぞれのケースを比較して、建設費（交付金・起債の交付税措置を除く実負担額）、運営費及び合計（建設費＋運営費）の傾向についてご教示ください。

※「焼却施設単体整備」と「焼却施設＋メタン発酵施設整備」の比較にあたり、処理対象とする廃棄物の品目・処理量は両ケースで同一であることを前提とします。
※回答の記入方法は以下をご参照ください。
①建設費、②運営費、③合計それぞれについて、
「Ⅰ.焼却施設単体整備」＜「Ⅱ.焼却施設＋メタン発酵施設整備」の場合は『高くなる』
「Ⅰ.焼却施設単体整備」≒「Ⅱ.焼却施設＋メタン発酵施設整備」の場合は『同程度』
「Ⅰ.焼却施設単体整備」＞「Ⅱ.焼却施設＋メタン発酵施設整備」の場合は『安くなる』
※70t/日未満：焼却施設でボイラ発電できない規模
※70t/日以上100t/日未満：焼却施設でボイラ発電できる小規模施設
※100t/日以上300t/日未満：焼却施設でボイラ発電できる中規模施設
※300t/日以上：焼却施設でボイラ発電できる大規模施設

【回答】

項目	回答		
70t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	土木建築費用の増加、機器点数の増加、分析業務の増加など		
70t/日以上 100t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	土木建築費用の増加、機器点数の増加、分析業務の増加など		
100t/日以上 300t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	土木建築費用の増加、機器点数の増加、分析業務の増加など		
300t/日以上	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	土木建築費用の増加、機器点数の増加、分析業務の増加など		

【ヒアリングにおける補足】

- アンケート回答は建設費の総額を想定している。なお、交付金・地方交付税を除いても、回答は同様の傾向になると考える。

・メタン発酵施設整備に対する交付率の優遇措置、又は焼却施設単体整備に対する交付率の縮減により、メタン発酵施設整備に意欲的になる可能性がある。費用縮減方策については、分別収集をされることで選別設備に係る費用が縮減される。また、メタン発酵施設に限らないが、見学者設備や総合評価の提案事項で費用が掛かる仕様については、改善の余地があると考える。

項目	回答		
70t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	④　合計　高くなる
	メタンでの回収エネルギーが小さく、ごみ併設とする場合、投資効果が得られない（メタン単独とすれば効果があると考える。）。このような地域では分別された食品残渣を単独でメタン発酵する方式、あるいは中継施設でのメタン発酵適用などの方法を選択する方が効果的と成り得るものと考える。		
70t/日以上 100t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　同程度 安くなる	③合計　高くなる
	メタンでのエネルギー回収で運営費は改善するが、総事業費の合計は、焼却とメタンの比率等で異なり評価が難しい。		
100t/日以上 300t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　安くなる	③合計　安くなる
	メタンでの回収エネルギーが期待でき、入口条件次第で総事業費も安くなる可能性がある。		
300t/日以上	①建設費　高くなる	②運営費　同程度	③合計　高くなる
	焼却の規模が大きくなることで熱回収効率が上がるため、メタンの効果が薄れると考えられる。		
【ヒアリングにおける補足】 メタン発酵の施設規模が建設費と運営費に影響を与え、ごみ組成は運営費（メンテナンス費用・ユーティリティ費・ほか）に影響を与えると考える。不適物は破砕機のメンテナンスに影響する。元素組成は、炭素・窒素の比率（C/N比）に応じ、窒素が多い場合の希釈処理等が影響する。			

項目	回答		
70t/日未満	①建設費　安くなる (メタン発酵 1 系列)	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	運営費にはバイオガスによる収入は含んでいない。 現在の交付率（1／2）において、建設費の実負担額は安くなると考えられるが、運営費を加味した合計額は高くなる。 交付率を 2／3 と想定した場合に、合計金額が安くなる。		
70t/日以上 100t/日未満	①建設費　安くなる (メタン発酵 1 系列)	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	運営費にはバイオガスによる収入は含んでいない。 現在の交付率（1／2）において、建設費の実負担額は安くなると考えられるが、運営費を加味した合計額は高くなる。 交付率を 2／3 と想定した場合に、合計金額が安くなる。		
100t/日以上 300t/日未満	①建設費　安くなる (メタン発酵 2 系列)	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	運営費にはバイオガスによる収入は含んでいない。 現在の交付率（1／2）において、建設費の実負担額は安くなると考えられるが、運営費を加味した合計額は高くなる。 交付率を 2／3 と想定した場合に、合計金額が安くなる。		
300t/日以上	①建設費　安くなる (メタン発酵 2 系列)	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	運営費にはバイオガスによる収入は含んでいない。 現在の交付率（1／2）において、建設費の実負担額は安くなると考えられるが、運営費を加味した合計額は高くなる。 交付率を 2／3 と想定した場合に、合計金額が安くなる。		

【ヒアリングにおける補足】
・ 立地に大きく制約されるが、排水クローズドの場合は焼却炉側の熱回収が減り、コストメリットが見出せない傾向がある。メタン発酵施設を普及させる方策として、100t未満の場合に焼却炉を2炉構成から1炉構成に変更することが考えられる。
・ 建設費について、焼却施設規模が大きくなると土建費の規模が大きくなり、コンバインド方式の場合は交付率1/2による恩恵が大きくなる。一方で焼却施設規模が小さくなると、建設費に対する交付金のコストメリットが得られにくい。焼却施設規模100t/日以上において、一定の施設規模以上よりスケールメリットが得られやすくなると考える。
・ バイオガス利用による収益を加味すれば、焼却施設100～300t/日の中に、売電収益により焼却施設単体と焼却施設＋メタン発酵施設のコンバインド方式が同程度になる分岐点があると考える。なお、バイオガスによる収益は発電やガス原料化があり、それぞれで分岐点は変わることが想定されるため、今回の回答ではバイオガスによる収益を見込まない回答とした。

項目	回答		
70t/日未満	①建設費　安くなる	②運営費　高くなる	③合計　安くなる
	―		
70t/日以上 100t/日未満	①建設費　安くなる	②運営費　高くなる	③合計　同程度
	他項目での回答内容（ごみ組成や立地条件等）の諸条件による		
100t/日以上 300t/日未満	①建設費　安くなる	②運営費　高くなる	③合計　同程度
	他項目での回答内容（ごみ組成や立地条件等）の諸条件による		
300t/日以上	①建設費　安くなる	②運営費　高くなる	③合計　同程度
	他項目での回答内容（ごみ組成や立地条件等）の諸条件による		

【ヒアリングにおける補足】
・ 運営費についてはいずれの規模においてもメタン発酵施設の売電収入を考慮している。
・ 運営費は全ての都市規模において、コンバインド方式が焼却施設より高くなるが、両者の費用差についてはばらつきがある。70t/日未満においては焼却施設におけるボイラータービン発電の導入がないため、バイオガス発電による売電収入は大きく影響し、ごみ質にもよるが運営費は同程度に近くなると考えている。
・ 各費用の回答が変わり得る条件としては以下が考えられる。
【地方公共団体所掌の条件】
・ 排水に関する下水道放流の可否、下水度放流における上乗せ基準の撤廃や未処理放流の可否（建設費・運営費に影響）
・ 浸水地域や敷地面積等の敷地条件（建設費に影響）
・ ごみ組成（不適物混入等）による影響（建設費・運営費に影響）
【環境省所掌の条件】
・ 各自治体への下水道の普及促進（建設費・運営費に影響）
・ 循環型社会形成推進交付金の交付率引上げ（交付率1/2を2/3等）（建設費に影響）

項目	回答		
70t/日未満	①建設費　―	②運営費　―	③合計　―
	―		
70t/日以上 100t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	―		
100t/日以上 300t/日未満	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	―		
300t/日以上	①建設費　高くなる	②運営費　高くなる	③合計　高くなる
	―		

【ヒアリングにおける補足】
・ 自治体の実負担額試算においては起債等を踏まえるため、プラントメーカーによる検討の範疇外であると考える。そのため、本回答は交付金・交付税措置や売電収入を踏まえた自

治体の実負担額は想定していない。
・ 交付金比率アップ、リニューアブル電力・ガスの買取制度、規制緩和（排水など）により、各費用の傾向は変わり得る。
・ メタン発酵施設からの排水にはアンモニアが含まれており、し尿処理施設のような排水処理設備が必要になる。排水処理に係る規制が緩和されると費用縮減につながり得ると考える。

2) ごみ組成について

(a) 循環型社会形成推進交付金交付要件を満たす条件について

【質問】

循環型社会形成推進交付金における、メタン発酵施設の交付率1/2の交付要件（350kWh/t）を満たす上で、ごみ組成の各項目において適性条件がございましたらご教示ください。また、定量的な条件を（例：厨芥類●%以上が望ましい等）お示しいただける場合は、併せてご教示ください。

【回答】

項目	回答
三成分	－
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	－
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	－
元素組成	N 成分が低い方が望ましい。
適物・不適物	不適物比率が低ければ低いほど良い。
大きさ	－
適物 CODCr 濃度	260,000mg/L 以上が望ましい。

項目	回答
三成分	水分・灰分・可燃分のうちバイオガス発生源の可燃分（厨芥分）が少ないと交付要件である 350kWh/t を満たすことができないため、可燃分（厨芥分）30%以上が望ましいと考える。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	－
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	三成分の回答のとおり。
元素組成	－
適物・不適物	メタン発酵の阻害要因となるもの（窒素、硫化物、油分）は発酵阻害濃度以下、また施設内でスケール発生要因となるもの（カルシウム、マグネシウムを多く含むごみ）はできるだけ受け入れないことが望ましいと考える。
大きさ	－
【ヒアリングにおける補足】 し尿・浄化槽汚泥が処理対象に含まれると交付要件（350kWh/t）達成は難しい。処理対象物が良質な生ごみである必要がある。家庭系の生ごみにおいて主に含まれる野菜くずはカロリーが低く、メタン発酵によるエネルギー回収は少ない。導入事例ではバイオガス発生量 100～120m^3_N/t 程度、エネルギー回収量 200kWh/t 台程度が一般的である。一方で事業系の食品廃棄物（食品加工系、可食部があるもの）を処理対象とする場合は、バイオガス発生量が 200m^3_N/t 程度の事例もある。	

項目	回答
三成分	灰分は少ないほど良い。可燃分（有機物。ただし紙類、繊維類、草木は不適。）は 20～30%程度、水分は 70～80%程度が適正。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	(1)厨芥、(2)紙類、(3)繊維類、(4)草木、(5)プラスチック類、(6)ゴム・皮革類、(7)金属、(8)ガラス・石類、(9)分類困難物（細かいご

	み） 上記(1)～(9)で(1)が 100%に近いことが適正。
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	(1)厨芥、(2)紙類、(3)繊維類、(4)草木、(5)プラスチック類、(6)ゴム・皮革類、(7)金属、(8)ガラス・石類、(9)分類困難物（細かいごみ） 上記(1)～(9)で(1)が 100%に近いことが適正。
元素組成	炭素、水素、窒素、硫黄、塩素 上記の三成分、ごみ種類組成に記載した条件において、硫黄、塩素は少ない方が適正。窒素はある程度必要だが過剰になるとアンモニア阻害の要因となる。
適物・不適物	生ごみなどのメタン発酵できる食品系廃棄物が適物。 メタン発酵できないものは不適物。
大きさ	設置する破砕装置、選別装置が対応できる大きさが適正。あまり大きなものは不適（大きくても 20～30cm 位まで）。
【ヒアリングにおける補足】 仮に厨芥類の TS20%、VS/TS90%とし、厨芥類 1t からバイオガス(CH_4：60%)が 150m^3 発生する場合、必要な厨芥類割合は 100%となる。厨芥類割合が 80%となった場合（残り 20%が厨芥類以外の不適物の場合）、厨芥類の TS は 25%である必要がある。厨芥類 TS25%は高目の数値なので、厨芥類割合の下限値は 80%程度と考える。	

項目	回答
三成分	水分：40～60%、灰分：10%以下、可燃分：40%～60%
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	有機性廃棄物（厨芥類等）：70%以上、 不適物（プラスチック等）：30%以下
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	有機性廃棄物（厨芥類等）：80%以上、 不適物（プラスチック等）：20%以下
元素組成	窒素と硫黄は、メタン発酵の過程で分解し発酵阻害物質のアンモニアと硫化水素になるため、投入原料中の量を把握しておくことが望ましい。
適物・不適物	ごみ組成に記載のとおり。
大きさ	搬入ごみの大きさにより、破砕機や選別機の型式やサイズを検討する必要がある。

項目	回答
三成分	－
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	－
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	生ごみの割合が高く雑紙が少ない場合、メタンガス収率が低くなる場合がある（水分が多いと重量は重いが有機物は少ない）。 このため、交付金要件はごみ種別にかかわらず例えば 3,000m^3_N/日とし、メタン発酵槽施設の規模を事業者提案とすることを御検討いただけないかと考える。 【ヒアリングにおける補足】 バイオガス発生量 3,000m^3_N/日は、かつて高効率原燃料回収施設として定められていた要件を参考にした。提案の意図としては、水分や不適物がメタン発酵槽投入量に含まれることにより、現行の要件（投入ごみ t 当たり回収量）では満たすことが困難な場合が想定されることにある。
元素組成	－
適物・不適物	－
大きさ	－

項目	回答
三成分	ごみｔ当たりのガス発生量は以下の順となる。 紙＞厨芥類＞草＞汚泥＞木＞プラ・布・不適物（発生しない） （参考）、紙類：488.1Nm³-dry/t、厨芥類：171.8Nm³-dry/t、草木類：90.3Nm³-dry/t（メタンガス化施設整備マニュアルより） したがって、交付要件を満足しやすいごみ組成の条件は以下のとおりとなる。なお、ガス発生量は売電収入に直結することから、事業費にも大きく影響する。 ・ごみ組成は厨芥類や紙類等の有機物が多い方が、とくにごみｔ当たりのガス発生量が多い紙類の割合が高い方がよい。 ※厨芥類が多くても紙類が少ないと交付金要件を満足できない可能性がある。 ・灰分および水分が少ない方がよい（有機物が多い方がよい）。 ・メタン発酵で分解されないプラ類や布、不適物の割合はできる限り少ない方がよい。（プラ類は分別されている方がよい） ・下水汚泥やし尿汚泥等はガス発生量が少ないため、割合はできる限り少ない方がよい。 ※北海道等の一部地域によっては、厨芥でもガス発生量が少ない野菜やジャガイモ等がごみに含まれる場合があるため、これらも交付要件に影響する。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	上記同様
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	上記同様
元素組成	ー
適物・不適物	前処理設備で選別しますが、不適物が多いほどメタン発酵槽への投入ごみに混在するため、ごみｔ当たりのガス発生量に影響します。
大きさ	草木のうち木においては、破砕機があるものの、大きいな枝木は分解しにくいため、草等の分解しやすいものがメタン発酵に適しています。

項目	回答
三成分	紙類を多く含む可燃分が多いほど良い。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	紙類、厨芥類、草木類が多いほど適正となる。ただ、一般的な可燃ごみ組成で交付要件は満たす傾向にある。
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	紙類、厨芥類、草木類が多いほど適正となる。ただ、一般的な可燃ごみ組成で交付要件は満たす傾向にある。
元素組成	炭素、水素、窒素、硫黄、塩素 上記の三成分、ごみ種類組成に記載した条件において、硫黄、塩素は少ない方が適正である。窒素はある程度必要だが過剰になるとアンモニア阻害の要因となる。
適物・不適物	発酵不適物であるプラスチック類、ゴム類、不燃物（金属類、ガラス、陶器類など）は極力少なく、特に不燃物は発酵槽内滞留、また発酵残渣排出系統、排水処理の安定運転に支障を及ぼす。
大きさ	焼却施設へ持ち込まれるサイズで問題ない。

項目	回答
三成分	一般的にはそのままの三成分で適性条件になっているが、水分が少ない方が、より有利となる。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	一般的にはそのままのごみ種類組成で適正条件になっているが、紙類、厨芥類が多くなれば、より有利になる。
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	一般的にはそのままのごみ種類組成で適正条件になっているが、紙類、厨芥類が多くなればより有利になる。

元素組成	－
適物・不適物	不適切物（ビニール､プラスチック類）が少ない方が、有利となる。
大きさ	－

(b)　ごみ組成の事業費への影響について

【質問】
ごみ組成の各項目において、メタン発酵施設の事業費（建設費・運営費）に影響する条件がございましたらご教示ください。（定量的な条件がございましたら併せてご教示ください。）

【回答】

項目	回答	
三成分	建設費	－
	運営費	－
ごみ種類組成(乾燥重量組成)	建設費	－
	運営費	－
ごみ種類組成(湿潤重量組成)	建設費	－
	運営費	－
元素組成	建設費	N 成分が多いとメタン発酵での希釈水量が増加し、施設が大きくなる。
	運営費	N 成分が多いと希釈水量増加により運営費も増加する。
適物・不適物	建設費	不適物量比率が高い場合、焼却施設規模が増加する。
	運営費	不適物比率が高いと、メタン発酵施設でのトラブルが多くなり必要人員が多くなる。
大きさ	建設費	30cm×30cm 以下
	運営費	－

項目	回答	
三成分	建設費	－
	運営費	水分低、灰分高でコスト 増
ごみ種類組成(乾燥重量組成)	建設費	阻害要因（N、塩分など)、スケール要因（P など）でコスト増
	運営費	阻害要因（N、塩分など)、スケール要因（P など）でコスト増
ごみ種類組成(湿潤重量組成)	建設費	阻害要因（N、塩分など)、スケール要因（P など）でコスト増
	運営費	阻害要因（N、塩分など)、スケール要因（P など）でコスト増
元素組成	建設費	－
	運営費	－
適物・不適物	建設費	不適物増でコスト増
	運営費	不適物増でコスト増
大きさ	建設費	－
	運営費	－

項目	回答	
三成分	建設費	含水率が 95%以上のごみを受け入れる場合、濃縮設備が必要となる可能性がある。
	運営費	－
ごみ種類組成(乾燥重量組成)	建設費	－
	運営費	－
ごみ種類組成(湿潤重量組成)	建設費	－
	運営費	－

元素組成	建設費	－
	運営費	－
適物・不適物	建設費	不適物の種別（計量物・重量物）、含有量によって前処理設備の機器数・規模が影響を受ける。
	運営費	除去した不適物の処分費が影響する。また、前処理設備の機器点数によって要する運転人員数も影響を受ける。
大きさ	建設費	大きさによって粗破砕後に微破砕等、設備点数が変わる。
	運営費	－

項目	回答	
三成分	建設費	灰分が多いと発酵残渣に含まれる固形物量が増加し、汚泥処理設備の規模が大きくなり、建設費が増加する。
	運営費	灰分が多いと汚泥処理に関連する運営費用が増加する。
ごみ種類組成(乾燥重量組成)	建設費	厨芥以外のものが多いと、それを除去するための設備費用が増加する。
	運営費	厨芥以外のものが多いと、それを除去するための運営費用（処分費、機器修繕費）が増加する。
ごみ種類組成(湿潤重量組成)	建設費	上記の「乾燥重量組成」と同様。
	運営費	上記の「乾燥重量組成」と同様。
元素組成	建設費	硫黄が多い場合、バイオガス中の硫化水素濃度が上昇する可能性があり、脱硫設備の規模が大きくなる。塩素が多い場合、機器の腐食対策費用が増加する可能性がある。
	運営費	硫黄が多い場合、バイオガス中の硫化水素濃度が上昇する可能性があり、脱硫剤の使用量が多くなる。塩素が多い場合、機器の腐食により補修費用が増加する可能性がある。
適物・不適物	建設費	不適物が多い場合、不適物を除去する設備、除去した不適物を処理する設備の規模が大きくなる。
	運営費	不適物が多い場合、不適物を除去する設備の修繕費が増加する。また、不適物の処分費が増加する。
大きさ	建設費	処理対象物が大きくなると、各機器で処理可能な大きさに処理するための設備が必要となり設備費が増加する。
	運営費	処理対象物が大きくなると、各機器で処理可能な大きさに処理するための設備の修繕費が増加する。

項目	回答	
三成分	建設費	発注仕様書による。
	運営費	計画範囲外の場合、処理性能を満足しないと同時に運営費に影響が出る。
ごみ種類組成(乾燥重量組成)	建設費	発注仕様書による。
	運営費	計画範囲外の場合、処理性能を満足しないと同時に運営費に影響が出る。
ごみ種類組成(湿潤重量組成)	建設費	発注仕様書による。
	運営費	計画範囲外の場合、処理性能を満足しないと同時に運営費に影響が出る。
元素組成	建設費	発注仕様書による。
	運営費	計画範囲外の場合、処理性能を満足しないと同時に運営費に影響が出る。
適物・不適物	建設費	発注仕様書による。
	運営費	計画範囲外の場合、処理性能を満足しないと同時に運営費に影響が出る。
大きさ	建設費	発注仕様書による。
	運営費	計画範囲外の場合、処理性能を満足しないと同時に運営費に影響が出る。

項目	回答	
三成分	建設費	－
	運営費	－
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	建設費	－
	運営費	－
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	建設費	－
	運営費	－
元素組成	建設費	－
	運営費	－
適物・不適物	建設費	プラスチックや金属類が多い場合、前処理設備の容量に影響する。
	運営費	砂や金属類が多い場合、残渣処理設備の摩耗により維持費に影響する。
大きさ	建設費	
	運営費	

項目	回答	
三成分	建設費	－
	運営費	ガス発生量の多いごみほど、売電収入が増える。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	建設費	－
	運営費	ガス発生量の多いごみほど、売電収入が増える。
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	建設費	－
	運営費	ガス発生量の多いごみほど、売電収入が増える。
元素組成	建設費	－
	運営費	－
適物・不適物	建設費	プラ類・異物が多いほど前処理設備の処理能力に影響するため、コストアップとなる可能性がある。
	運営費	プラ類・異物が多いほど、前処理設備の消耗品の損耗が影響する。
大きさ	建設費	－
	運営費	－
爆発物・危険物（スプレー缶・ライター・リチウム電池）	建設費	前処理設備は RC 造内に設置するなど、対策費が必要となる。
	運営費	トラブルが発生する可能性があり、補修費に影響する可能性がある。

項目	回答	
三成分	建設費	特に大きな影響は想定されない。
	運営費	紙類を多く含む可燃分が多いほどバイオガス回収量アップとなる。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	建設費	特に大きな影響は想定されない。
	運営費	紙類、厨芥類、草木類が多いほどバイオガス回収量アップとなり収入増加につながる。
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	建設費	上記の「乾燥重量組成」と同様。
	運営費	上記の「乾燥重量組成」と同様。
元素組成	建設費	上記に加え、タンパク質など窒素分を多く含む厨芥類が多いほどアンモニア発酵阻害対策として発酵槽への水添加量が増加し排水処理が増加する。
	運営費	上記に加え、タンパク質など窒素分を多く含む厨芥類が多いほどアンモニア発酵阻害対策として発酵槽への水添加量が増加し排水処理が増加する。

適物・不適物	建設費	発酵不適物を多く含むほど前処理、選別施設規模が大きくなる。
	運営費	発酵不適物を多く含むほど、前処理の破砕刃などの交換頻度上昇、前述した発酵系統での安定運転阻害リスクが高まる。
大きさ	建設費	処理対象物が大きくなると、各機器で処理可能な大きさに処理するための設備が必要となり設備費が増加する。
	運営費	処理対象物が大きくなると、各機器で処理可能な大きさに処理するための設備の修繕費が増加する。

項目	回答	
三成分	建設費	－
	運営費	水分が少ない方が有利となる。
ごみ種類組成 (乾燥重量組成)	建設費	－
	運営費	紙類、厨芥類が多い方が有利となる。
ごみ種類組成 (湿潤重量組成)	建設費	－
	運営費	紙類、厨芥類が多い方が有利となる。
元素組成	建設費	－
	運営費	－
適物・不適物	建設費	不適切物が少ない方が有利となる。
	運営費	不適切物が少ない方が有利となる。
大きさ	建設費	小さい方が有利となる。
	運営費	小さい方が有利となる。

3)　立地条件について

【質問】
立地条件の各項目において、事業費（建設費・運営費）に影響する条件がございましたらご教示ください。

【回答】

項目	回答	
敷地面積	建設費	狭小な敷地だと材料置場、工事事務所などを借用しなければならず、建設費が増加する。
	運営費	狭小な敷地では機器整備時にも搬入経路が限定され、工事費用が増加する。
敷地周辺設備 （電気）	建設費	高圧受電が容易な土地が望ましい。ただし高圧線が敷地を横断するような場合、重機使用が困難な場合があり、注意を要する。
	運営費	－
敷地周辺設備 （用水）	建設費	井戸水、湧水などが確保できる方が望ましい。
	運営費	同上。
敷地周辺設備 （排水）	建設費	下水放流できる方が望ましい。
	運営費	同上。
関連法規	建設費	－
	運営費	－

項目	回答	
敷地面積	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備 （電気）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備 （用水）	建設費	井水、工水の利用可否。
	運営費	井水、工水の利用可否。

敷地周辺設備（排水）	建設費	下水道への接続。
	運営費	下水道への接続。
関連法規	建設費	－
	運営費	－
地盤条件	建設費	支持層、地下水位。
	運営費	－

項目	回答	
敷地面積	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（電気）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（用水）	建設費	－
	運営費	希釈水を必要とする施設で井水が使用できない場合は水道あるいは工水費用が掛かる。
敷地周辺設備（排水）	建設費	排水先が施設より遠隔にある場合は管路敷設の費用に影響する。 また、排水を河川放流する場合の排水設備は高度処理まで要し、建設費に影響を与える。
	運営費	排水設備に高度処理を含む場合は、薬品添加量・電力消費量に影響を与える。
関連法規	建設費	排水先の放流水質基準によって設備数・機器点数が影響を受ける。
	運営費	－

項目	回答	
敷地面積	建設費	外構整備費を除外すれば敷地面積は施設の建設費に影響しないと考える。
	運営費	外構修繕費を除外すれば敷地面積は施設の運営費に影響しないと考える。
敷地周辺設備（電気）	建設費	施設の建設場所により、電力引込みのための建設費が増加する可能性がある。 また、売電を行う場合、電力会社の既存の系統に余裕がない場合、系統を増強するための費用を負担する必要がある場合がある。
	運営費	特になし。
敷地周辺設備（用水）	建設費	プラント用水として井水や河川水が利用できない場合、上水や工水を引き込むための建設費が増加すると考える。
	運営費	プラント用水として井水や河川水が利用できない場合、上水や工水の使用量が増加すると考える。
敷地周辺設備（排水）	建設費	メタン発酵設備の排水を公共用水域又は下水に放流する場合は、その水質基準を満足できる水処理設備を設置する必要がある。
	運営費	メタン発酵設備の排水を公共用水域又は下水に放流する場合は、その水質基準を満足できる水処理設備の維持管理費が必要である。
関連法規	建設費	施設の建設場所により、公害防止対策や周辺住民への対策に係る費用が増減すると考える。
	運営費	施設の建設場所により、公害防止対策や周辺住民への対策に関連して設置した設備の運営費用が増減すると考える。

項目	回答	
敷地面積	建設費	余裕のある配置計画ができる面積が必要。
	運営費	－
敷地周辺設備（電気）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（用水）	建設費	建設費全体に占める割合は小さいが、運営費に占める割合は無視できない。
	運営費	ランニングコストの安価な用水を使えると運営費が削減可能。
敷地周辺設備（排水）	建設費	放流先の違いで、水処理設備費に影響する。
	運営費	放流先の違いが、薬品等のランニングコストに影響する。
関連法規	建設費	（環境面）廃棄物処理法、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、騒音規制法、振動規制法、悪臭防止法、下水道法 （安全面）消防法、労働安全衛生法、肥料取締法、建築基準法 （事業面）電気事業法、ガス事業法、高圧ガス保安法、熱供給事業法
	運営費	同上

項目	回答	
敷地面積	建設費	一概に面積を御回答することは難しいが、焼却施設単独に比べ面積は必要となる。
	運営費	－
敷地周辺設備（電気）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（用水）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（排水）	建設費	場外無放流での成立は非常に困難と考える。また、発酵残渣を脱水し、脱水ろ液の処理を行う。下水あるいはし尿処理へ無処理で送水することができれば維持管理費の低減につながると考える。
	運営費	－
関連法規	建設費	－
	運営費	－

項目	回答	
敷地面積	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（電気）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（用水）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備（排水）	建設費	メタン発酵設備から排水が発生するため、下水放流が可能かどうかで建設費に影響する。排水クローズドの場合は、減温塔設備の追加や建屋コストが増加する可能性がある。また、共通休炉時の排水を貯留する水槽が必要なため、土建費用が増額する。
	運営費	排水クローズドの場合、焼却炉にて減温水（あるいはガス冷却水）で処理することが想定されるため、熱効率の低下により発電出力（あるいは熱回収量）が小さくなる。 ※小規模の場合：焼却炉単体（焼却の排ガスより熱利用） 小規模以上　：焼却炉+ボイラー（発電利用）
関連法規	建設費	ガス発電機の排気等への規制の上乗せ基準があるとコスト

		アップとなる。
	運営費	ガス発電機の排気や下水道放流等への上乗せ基準があると消耗品・薬品等のコストアップとなる。
浸水対策	建設費	浸水地域の場合、メタン発酵槽・ガス貯留槽の上階設置が困難なため、盛土によるかさ上げや防液堤による保護等が必要となり、コストアップ要因となる。 【ヒアリングにおける補足】 メタン発酵槽・ガス貯留槽の上階設置が困難な理由は以下のとおり。 ①メタン発酵槽 重量物により、基礎が大きく、地盤によっては杭による支持が必要になる。 ②ガス貯留槽 メンブレンガスホルダーは、「ガス工作物の技術上の基準を定める省令」により、火気設備（ボイラー、焼却炉等）と離隔距離が必要なため、焼却施設建屋とは離隔した屋外に設置する。
	運営費	－

項目	回答	
敷地面積	建設費	外構整備費を除外すれば敷地面積は施設の建設費に影響しないと考える。またガス事業法における離隔距離を勘案する必要がある。
	運営費	外構修繕費を除外すれば敷地面積は施設の運営費に影響しないと考える。
敷地周辺設備（電気）	建設費	施設の建設場所により、電力引き込みのための建設費が増加する可能性がある。 また、売電を行う場合、電力会社の既存の系統に余裕がない場合、系統を増強するための費用を負担する必要がある場合がある。
	運営費	特にない。
敷地周辺設備（用水）	建設費	プラント用水として井水や河川水が利用できない場合、上水や工水を引き込むための建設費が増加すると考える。
	運営費	プラント用水として井水や河川水が利用できない場合、上水や工水の使用量が増加すると考える。
敷地周辺設備（排水）	建設費	メタン発酵設備の排水を公共用水域または下水に放流する場合は、その水質基準を満足できる水処理設備を設置する必要がある。
	運営費	メタン発酵設備の排水を公共用水域または下水に放流する場合は、その水質基準を満足できる水処理設備の維持管理費が必要である。
関連法規	建設費	施設の建設場所により、公害防止対策や周辺住民への対策に関わる費用が増減すると考える。
	運営費	施設の建設場所により、公害防止対策や周辺住民への対策に関連して設置した設備の運営費用が増減すると考える。

項目	回答	
敷地面積	建設費	広い方が有利となる。
	運営費	－
敷地周辺設備（電気）	建設費	－
	運営費	FIT 売電可能な方が有利となる。
敷地周辺設備（用水）	建設費	－
	運営費	－
敷地周辺設備	建設費	－

（排水）	運営費	－
関連法規	建設費	－
	運営費	－

4) 運営事業について

【質問】
運営事業において、運営費（下記、各項目）に影響する条件がございましたらご教示ください。また、運営費の縮減に繋がる工夫についてご教示ください。

【回答】

項目	回答
維持管理	機器メンテや保守管理業務を焼却施設・メタン発酵施設で共通化する。
人件費	焼却施設とメタン発酵施設を同一建屋内に納めることで保守に要する人数を減らす。

項目	回答
維持管理	予防保全による突発トラブル、ダウンタイム削減
人件費	自動化、遠隔監視による省人化

項目	回答
維持管理	設備数・機器点数の大小によって維持管理費は影響を受ける。 また、不適物や汚泥の場外処分費も維持管理費に影響を与える。
人件費	－

項目	回答
維持管理	・厨芥（食品廃棄物）に含まれる不適物が多いと処分費が増加する。 ・沈降性の高い食品廃棄物が水槽に沈降することで浚渫費用が増加する。 ・MAP を生成する要因がある場合、MAP が原因の不具合（配管閉塞、機器故障）への対策費用が増加する。
人件費	人力での開梱や処理が必要な状態で廃棄物が搬入される場合、その対応への人員が必要となる。

項目	回答
維持管理	発酵残渣の処理プロセス方式により維持管理費に影響を及ぼす。 ・発酵残渣を液肥として農地還元する（最も安価）。 ・発酵残渣を脱水して、液は水処理後再利用。汚泥は焼却処理（安価）。 ・発酵残渣を脱水して、液は希釈後下水放流。汚泥は焼却処理（高価）。
人件費	不適物の選別が自動化され、適物への混入率を限りなく少なくすることで、運転員の人数を縮減できる。

項目	回答
維持管理	発酵残渣を脱水し、脱水ろ液の処理を行う。下水あるいはし尿処理へ無処理で送水することができれば維持管理費の低減につながると考える。
人件費	－

項目	回答
維持管理	処理不適物の混入により、設備の維持補修費に影響を及ぼす可能性がある。
人件費	－

項目	回答
維持管理	処理不適物が多いほど補修費増大、運転停止リスクによる売電収入減少につながる。
人件費	処理不適物が多いほど補修対応人員に影響する。

項目	回答
維持管理	FIT 売電を行わない場合は、熱利用の方が維持管理費は有利となる。 【ヒアリングにおける補足】 熱利用方法は、バイオガスボイラー（オンサイト､オフサイト)、焼却施設の蒸気の加熱、バイオガス発電の廃熱回収ボイラー等がある。
人件費	運転時間は影響する。

5) その他

(a) 循環型社会形成推進交付金交付要件を満たす条件について

【質問】
メタン発酵施設規模とごみ組成以外に、メタン発酵施設の交付率1/2の交付要件（350kWh/t）を満たす上で影響する項目がございましたら、項目と適性条件をご教示ください。

【回答】

項目	回答
外部電力網接続方式	メタン発酵単独設置や外部電力網へはファーム接続が望ましい。 【ヒアリングにおける補足】 ・交付要件としては実態の利用基準ではなく、その利用基準を達成できる設備が導入されているかである。 ・バイオガス化施設での発電は太陽光や風力と異なり発電量が比較的安定しているため、ノンファーム接続対象から除外してはどうか。

項目	回答
発酵方式	交付要件を満たすメタン発酵施設としては乾式発酵に優位性がある一方で、ランニングコストや発酵残渣の再資源化を優先する場合には湿式発酵にも優位性がある。湿式発酵では交付要件を満たすことが可能な条件が限られており、投入できるバイオマスの種類が限られるなどの制限が発生する。 よって、交付要件のごみ重量当たりの発電量については要件緩和によって柔軟な発酵方法の選定が実施できると考える。 【ヒアリングにおける補足】 受入れベースの厨芥・残飯（家庭系及び事業系）の発電量は約200kWh/t前後（想定含水率80%）であり、350kWh/tを満足することは難しい。湿式メタン発酵方式で交付要件を満たすことが難しい理由の一つとしては、乾式メタン発酵と湿式メタン発酵における調達原料の違いにあり、投入原料の含水率が高い傾向にある湿式発酵は 実際の有機物量（TS）が低くなるため、1t当たりという条件上では不利となる。乾燥（有機物）重量（VS）当たりの発電量が交付要件となれば、乾式発酵と湿式発酵が比較検討できるようになり、交付の要件緩和及び技術利用の拡充につながると思われる。

項目	回答
交付要件	交付要件の「ごみ t」は湿ベースであり、メタン発酵の場合は有機物量（VTS）に基づいた交付要件が望ましい。

(b)　メタン発酵施設の導入が不可となる条件について

【質問】
メタン発酵施設の導入が不可となる条件がございましたらご教示ください。

【回答】

項目	回答
ごみ組成	生物に阻害を及ぼす物質を含む場合。選別不可能な発酵不適物を含む場合。

【ヒアリングにおける補足】
- 原料に窒素を多く含む場合：希釈後TN濃度4000mg/L。魚類や食品加工所の血肉が多く投入されると、窒素による発酵阻害に起因する。
- 原料に脂質を多く含む場合：固形分比＜10%。生活系では脂質が過多に含まれていることはない。一方、事業系では食肉工場の残渣やドレッシングなどに含まれている。
- 塩分が高い場合、その他生物阻害性物質を含む場合。過去に賞味期限切れのコンビニ弁当をメタン発酵処理する実証を行ったが、塩分が多く苦慮した。
- メタン発酵槽への投入物と発酵不適物の選別が不可能な場合。メタン発酵できない殻・骨は含まれないことが望ましい（基本的に人間の体（消化）の仕組みと考えていただければわかりやすい)。機械選別の精度は向上しており、プラスチック製の弁当であれば容器と中身を選別できるが、紙類や布類などが混入すると選別が困難な場合がある。発酵不適物の選別において、タオルなど長物が混入しているとコンベヤが詰まることがある。また、食品中のカルシウムが水に溶けてスケールになることがあり、発酵槽投入後に影響する要因もある。

回答
メタン発酵の原料の性状が全く想定できない場合。
メタン発酵の原料の種類、性状、量が短期間で大きく変動する場合。

【ヒアリングにおける補足】
- メタン発酵の原料の性状について、一例としてTS負荷が予定定格量に対して増となる可能性がある場合は、メタン発酵槽の容量を増やすなどの対策が必要になると考える。
- メタン発酵の原料の種類、性状、量が短期間で大きく変動する可能性がある場合は、原料の保管設備や処理した原料の貯留設備を大きくするなどの対策が必要になると考える。湿式メタン発酵方式の場合は処理対象が厨芥類のみであり、ピットが必要になるほどの受入量ではないため、ホッパ投入を採用されることが多い。ピット貯留は焼却施設とのコンバインド方式の場合に採用される。

項目	回答
ごみの組成	紙類、厨芥の含有率が極端に低いごみの場合。

項目	回答
熱利用率	ごみ組成によりガス収率が悪くなる場合。
排水	無放流指定で、排水が場内処理しきれない場合。
発酵残渣の処理	発酵残渣が発生する自区内や近隣の施設で処理することができない場合。

項目	回答
ごみ組成	ごみ組成によっては、交付金要件を達成できない場合がある。
排水クローズド	焼却施設とメタン発酵施設の規模バランスにもよるが、プラント排水だけでなく、生活排水についても、排水クローズドの場合は施設内で排水を処理しきれない場合がある。この場合、メタン発酵施設の規模を小さくし、排水量を減らす検討などが必要となるが、交付要件により最小規模が決まるため、場合によってはメタン発酵施設の導入が不可となる。

回答
発酵不適物が非常に多いごみ性状の場合。
【ヒアリングにおける補足】 一般的に可燃ごみを機械選別した際に得られる発酵原料は 6～7 割程度であるが、発酵不適物が多い場合は得られる発酵原料が半分以下になる可能性があり、定性的ではあるがその程度になると選別に適する可燃ごみ組成ではないと考える。

(c)　見積仕様書、発注仕様書作成の手引きについて

【質問】
見積仕様書、発注仕様書作成の手引きにおいて、事業費の高騰につながる記載事項がございましたらご教示ください。また、事業費縮減につながる記載案がございましたらご教示ください。

【回答】

項目	回答
材料指定	機器、設備、構台などの材料を指定せず、事業者提案としてほしい。

項目	回答
ガス発電機	焼却施設と併設のため、排ガス基準と同等レベルを求められることがあるが、ガス発電機によっては対応できない場合や特殊仕様となり、コストに大きく影響する。 したがって、メタン発酵施設のガス発電機については、大気汚染防止法に準じる仕様を要望する。なお、ガス発電機の規模によっては大気汚染防止法の対象外になる。
ガス発電機	メタン発酵施設のガス発電機は屋外仕様のものが多く、下水処理場では屋外設置が多い。したがって、見積仕様書等において設置場所は屋内・屋外を指定しない仕様を要望する。

(d)　湿式メタン発酵方式･乾式メタン発酵方式の事業費比較について

【質問】
湿式メタン発酵方式と乾式メタン発酵方式を比較して、事業費に差が生じる項目とその詳細についてご教示ください。

【回答】

項目	回答
焼却施設規模	乾式メタン発酵の場合、発酵不適物、発酵残渣を全て焼却施設で処理することになり、焼却施設規模が湿式メタン発酵より大きくなる（湿式の場合、発酵残渣は異物混入が少ないため、肥料原料などで利用できる。）。
受入設備	湿式メタン発酵の場合、分別済みのごみと通常のごみの 2 系列で受け入れる必要がある。

項目	回答
水処理設備	湿式メタン発酵は水処理施設が必要となるが、既存施設（下水処理場、し尿処理施設など）と統合ができれば削減可能。
回収コスト	湿式メタン発酵では分別収集の回収コストが必要となる。一方、可燃ごみの量が減り、焼却コスト削減、最終処分量削減に寄与する。

回答
メタン発酵原料として湿式では分別回収された生ごみを前提としているが、焼却設備に搬入される可燃ごみから紙類、生ごみを分別するため、前処理設備、維持管理費用が増加する。

回答
ごみの水分、厨芥含有率などの入口条件、液肥、堆肥の活用可能性などにより、その方

式が適切か検討を要する。

項目	回答
運用面	混合収集される一般廃棄物に適用する場合には、異物混入に寛容な乾式メタン発酵方式が最適と考える。

回答
処理対象物が異なるので比較は難しいと考える。

(e)　その他（事業費について）

【質問】
その他に事業費に影響のある項目と、当該項目における事業費縮減につながる方策がございましたら、ご教示ください。

【回答】

項目	回答
環境啓発施設	環境啓発施設を大規模に建設するケースが増えているが、できるだけ規模を縮小することが事業費縮減につながると考える。
過剰な排出基準の設定	環境基準を大きく下回る独自排出基準を設定する提案では、設備、運営共に事業費が増加する要因となる。

項目	回答
施設建設場所	周囲に人家がない場所であれば臭気対策を軽減できると考える。 電力設備が近隣にあって系統の容量に余裕があり、井水が確保でき、下水道への接続が容易であれば、事業費を縮減できると考える。
処分費	メタン発酵の原料から分別される不適物、発酵残渣や水処理の余剰汚泥から発生する脱水汚泥などの処分費が安価であれば事業費を縮減できると考える。

項目	回答
施設間連係	メタン発酵施設から発生する排水を近隣の下水処理場や汚泥再生処理センターにて処理できれば、事業費の削減が期待できる。

回答
水の確保、排水処理がポイントとなると考える。例えば井水確保、下水処理水確保、下水処理放流可能などがある。また下水処理施設、し尿処理施設との施設間連携も一定の効果が想定される。

項目	回答
焼却炉との併設	焼却炉との併設型であれば、焼却炉の設備規模が少し減少する。また、ピット&クレーンや脱臭設備など共用できる部分がある。 【ヒアリングにおける補足】 焼却炉の規模は、約 1 割程度縮減できる。（詳細は、その都度の計算による）

(f)　その他（事業費以外について）

【質問】
事業費以外に、メタン発酵施設普及促進における課題と、課題の解決につながる方策がございましたら、ご教示ください。

【回答】

項目	回答
ごみ分別の推進	生ごみとそれ以外のごみを分別して収集することでよりメタン発酵施設の普及が進むと考える。
副産物の利用促	バイオガス中のメタン、CO_2 の利用先（飲料添加、ドライアイス、

進	溶接用ガス、中和用ガス等）の規格・規制緩和を進めることで、施設運営に有利となり、普及が進むと考える。

項目	回答
分別収集	容器包装プラが分別回収され、焼却対象物の熱量が下がる中、水分の多い生ごみ類は焼却効率が悪くなる。また、広域化・集約化が進むと、水分が多く重量が重い生ごみは分別し、自区内でメタン発酵処理をする方が合理的と考える。 また、生ごみを分別収集することにより、焼却量削減、消化液の液肥・堆肥など農業利用・資源循環が可能となり、食糧安全保障の観点からも普及促進が進むと考える。

回答
家庭系一般廃棄物からの生ごみの分別収集体制の確立

項目	回答
発酵残渣の処理	メタン発酵槽単独とする場合でも発酵残渣の処理は必要となる。メタン発酵槽と焼却施設をそれぞれ単独設置する場合には、併設の場合と同様に焼却施設については 1/2 の交付率とする案が考えられる。
バイオガス利用	バイオガスを発電に供するだけでなく、地域内で直接利活用することを後押しすることも重要と考える。 そのため、例えば（ガス）導管注入できるように加工する設備や、そういった設備への配管敷設に対する補助が挙げられる。また、FIT のような高付加価値化も考えられる。 【ヒアリングにおける補足】 FIT のような高付加価値化について。ガスを利用する場合、アップグレード（ガス精製）する必要がある。資源エネルギー庁の資料※によるとバイオガスのアップグレードによるバイオメタン生産価格の世界平均は、約 19 ドル/MBtu と試算されている。資料掲載の 2020 年における 1 ドル=110 円を用いて換算すると、77.4 円/m^3 となることから、売却単価は+α を加味して 90 円/m^3_N 程度が一つの目安になると考える。 ※バイオガス・バイオメタンの都市ガス利用について（2023 年 4 月 18 日）

項目	回答
交付要件	ごみ組成によって交付要件を満足できない場合があるため、交付要件の緩和を要望する。 ①メタン発酵施設規模 事業者によって最適な処理規模が異なるため、メタン発酵施設規模の条件を無くし、最低処理規模以上としていただくことを要望する。 なお、湿式メタン発酵と乾式メタン発酵では処理規模実績が異なるため、湿式と乾式で最低処理規模を変える必要があると考える。 ③ ごみ t 当たりの定義 循環型社会形成推進交付金の前提条件のプラ類の分別や特殊なごみ（汚泥等）については、緩和条件を追加することを要望する。 ・プラ類は分別される（含まない）前提とする。あるいは最小限以下（〇%以下）とする。 ・汚泥はごみ t 当たりに含めない。 ・北海道等の一部地域の野菜やジャガイモ等の廃棄物については、汚泥と同様に対象外とする。
バイオガスの購入価格	メタン発酵バイオガス発電においては、FIT 制度により導入が促進されている一方で、ガス発電機において以下の課題がある。

	・大型のガス発電機は海外製がほとんどであり、社会情勢によりコストだけでなく、維持管理費・メンテナンス性（技術派遣者・部品の調達納期等）が大きく影響される。 ・国内のガス発電機は小型となるが、上記の維持管理や社会情勢リスクが軽減される一方で、発電機効率が大型と比較して小さく、交付要件や運営費（売電収入）に影響する。 したがって、バイオガス発電だけでなく、例えば都市ガス利用等に対してもインセンティブが働くような制度が必要と考える。実際に、都市ガスのカーボンニュートラル化が進められており、バイオガスの供給条件（価格・期間等）が改善されれば、バイオガスの利用用途の選択肢が増え、メタン発酵施設の普及に大きく影響するものと考える。

回答
FIT よりもメリットのある買取制度、例えばリニューアブルガス買取制度などの整備が考えられる。
【ヒアリングにおける補足】 バイオガスの売却単価について、インプットのごみ組成や規模など設計条件によるため一概には言えないが、FIT と同程度以上という観点では 150 円/m^3_N 以上は最低でも必要というイメージと考える。なお、単価の単位体積は精製によりメタン濃度を高めたバイオメタンの状態である。

項目	回答
自治体の情報不足	自治体への先進地や交付金情報、脱炭素効果等の積極的な発信。

6) ヒアリングにおける追加確認事項等

(a) バイオガスの利用方法について

【質問】
バイオガスの発電以外の用途に関して、利用方法と導入に当たっての課題等について知見がございましたらご教示ください。

- 北欧ではバイオガスを液化メタンとしてガス会社へ販売する形態が増えたと聞く。理由はウクライナ侵攻により天然ガス価格が高騰したためとのことである。
- バイオガス精製によるガス原料化については、立地条件によりこのような形を取ることが可能である。より広く適用を考えた場合には導管注入・ボンベ輸送等が実現すると利用の拡大につながるものと考える。
- 発酵残渣の乾燥・炭化に利用できるが、その先の乾燥物・炭化物の有効利用先の確保が課題となるケースが多い。汚泥の乾燥に関して、汚泥再生処理センターの交付要件である「助燃剤化／含水率70%以下」を満たすためにも効果的であると考える。カーボンプライシングや肥料種別の認定など、有効利用のインセンティブがあると、普及促進の追い風となる。
- CN化を急務とされる都市ガスの導管に注入するのがベターであり、その際には厳しいガス組成条件（例：バイオガス購入要領）の緩和が望まれる。バイオガス購入要領において、都市ガス13A相当の熱量を求められることがあるが、メタンのみでは不足するため、プロパンやブタンの添加が必要になる。また付臭も必要になる。これらの条件が、導管注入が厳しいことの要因になる。メタン濃度のみを要件とするなど、緩和が望ましい。
- バイオガスを都市ガス代替として汎用機器で利用するとした場合、メタン濃度の制限が生じる可能性がある。例えば、汎用小型蒸気ボイラーではメタン濃度60%以上が要件となる。乾式メタン発酵方式ではメタン濃度50～58%程度となる。
- 近隣にガス会社があれば、バイオガスのメタン濃度を上げるなど都市ガス要件を満たせば、都市ガスとして利用可能な場合もあるが、運転管理・メンテナンスコストが高額となる。

(b)　発酵残渣の利用方法について

【質問】
発酵残渣の利活用に関して、利用方法や効果、課題等について知見がございましたらご教示ください。

- 液肥化について。発酵残差の除去後、約70℃で殺菌処理を行う。液肥は貯留槽にためて、春季と秋季に利用する。1年間を通じて液肥を利用するように工夫をされている場合もある。課題となることは、肥効成分が目安であり保証値でないこと、液肥運搬を効率化するために液肥の濃縮を希望されるが、費用対効果の高い対策が少ない、または無いことが挙げられる。
  畑作のみでは液肥を利用しきれない場合、稲作にも利用されていることがある。畑作では液肥の散布車が必要になるが、稲作では散布車が要らないのも利点である。液肥の散布車における課題として、高価であることと、傾斜があると走行できないことがある。また、液肥を散布する際、周辺に飛散する場合があり、近隣から理解を得る必要がある。
- 発酵残渣の利活用としてはおおむね、１）汚泥肥料（堆肥）、２）消化液（液肥）、３）乾燥汚泥（肥料・燃料）の3パターンがある。
  - １）汚泥肥料（堆肥）は一般的な利活用法であり、堆肥化の処理プロセスに組み込むことで、地域の農地還元に寄与する。一方、メタン発酵施設の脱水汚泥はそのまま農地還元はできないため（未完熟のため）、堆肥化施設にて処理する必要があり、その分の処理コストが発生する。また、汚泥肥料が湿潤の重量物であるため、広域処理よりも地域内処理に適しており、地理的な制限も発生する。
  - ２）消化液（液肥）は、消化液の水処理・汚泥処理を行わずに農地還元が可能となるため、そのコストが削減できる利点がある。一方、①散布時期が春・秋で限定されており、それ以外の期間は貯留設備・場所を確保する必要性があること、②全量散布のためには十分な農地を確保する必要があること、③散布に当たっても液肥散布車や液肥移送車（ローリー車）が必要であり人員含めて一定のコストが掛かること、④液肥中の窒素分が速効性肥料であり散布後に農業者側で耕起作業が発生すること等の様々な課題があり、地域と連携した運用・散布体制を構築する必要があり、中・大規模メタン発酵の事業者には適さない点がある。近年ではその液肥を濃縮し、窒素分を化学的に固定することで①～④の課題を解決する濃縮機も展開され始めている。
  - ３）乾燥汚泥（肥料・燃料）は、乾燥設備を経て汚泥含水率を80%から40%以下まで低減させたものであり、汚泥の減容化に伴う処分・運搬コストの低減や、貯留容量の削減につなげることが可能である。また、熱源をバイオガス発電後の余剰熱とすることで燃料費・環境負荷の低減にも寄与する。乾燥汚泥は肥料としての用途がある一方で、燃料としての用途もあるため、バイオマスボイラーでの燃料代替として利用される事例もある。なお、肥料・燃料利用に当たっては、ハンドリング面も重要となるため、造粒・ペレット等の加工が必要となる。燃料利用に当たり、バイオマス発電施設側も原料は一定量が必要になる。汚泥のみでは量が不足することもあり、木質バイオマスと混焼をしている事例もある。
- 発酵残渣を脱水後、乾燥汚泥として農家が引き取る事例がある。農家ではもみがらや稲わら、家畜のフンなどと混合して堆肥としている。施設としては発酵残渣の処分費用の低減になっており、また乾燥することで重量が小さくなり、輸送費の縮減につながる。課題としては、乾燥汚泥に含まれる異物（プラスチック類主体）が多い場合の農家からのクレームがある。また、堆肥の利用側では、他の堆肥原料との親和性から含水率が高い状態の方がよいという意見もある。
- メタン発酵汚泥を脱水汚泥として排出し、排出先で堆肥化を行っていた例がある（なお、メタン発酵施設の更新時期において、施設の維持管理費が掛かることと、ごみ量の減少により定格運転分の搬入ができなくなったため、広域の焼却処理に移行した。）。発酵不適物（プラごみ、金属等）が多く含まれると堆肥化では活用ができない。
- 発酵残渣の利活用について堆肥などへ利用する案もあるが、一般廃棄物の機械選別では異物混入が避けられず、焼却処理が適当と考える。
- 発酵残渣を堆肥化する場合は、夾雑物と塩類濃度（塩素分）の除去が必要となる。夾雑物の精密選別装置と洗浄装置の設置が必要で、その洗浄排水の処理が必要となる可能性がある。
- ごみの分別が徹底された生ごみのみが搬入されるプラントにおいては液肥や堆肥利用が実施されている。液肥・堆肥利用することで、発酵液・残渣処理設備の縮小あるいは削減ができ、実際に北海道で多く、液肥利用等がされている。
- ごみの分別が徹底されていない一般廃棄物のメタン発酵残渣を液肥・堆肥利用するには、重金属等の不純物による影響リスクが残存するため、場内等での一部利用は可能と考えるが、市民

等に広く配布することは安全上の観点より困難であると考える。
- 発酵残渣を燃料化する場合は、乾燥させることが必要となり、乾燥エネルギーが必要となる。
- メタン発酵以前に除去される発酵不適物には生ごみや油の付着が見られるため、熱源程度にしか利用できない。

(c) ヒアリングにおける自由意見

- CO_2排出削減等の観点からバイオガスに付加価値が付けば、メタン発酵施設の普及促進に向けた一助になると考える。
- メタン発酵施設の排水処理に係るユーティリティ費縮減のため、施設内で処理せず近隣の下水処理場やし尿処理場に送水する方向性はないか。排水中の濃度によっては下水処理場での処理は検討を要するかもしれないが、同一敷地内にし尿処理施設がある場合は、濃度が高いまま送水しても影響は少ないと考えられる。
- 2050年CNに向けた資源循環の促進に当たり、一般廃棄物と産業廃棄物の区分や、し尿と下水汚泥の処理所掌の違い等が改善され、また法制度の見直しが行われると、円滑な施策展開につながると考える。
- 日本環境衛生施設工業会を通じた環境省との意見交換において、交付金確保が課題であり、廃棄物処理施設におけるストックマネジメントを促進したい旨を聞いている。メタン発酵施設では発酵残渣を脱水したときの水処理に費用が掛かる。下水処理場において排水処理が可能になれば費用縮減につながる。し尿処理施設においても排水処理は可能であるが、下水処理場と比べて処理規模が小さいことが課題である。
- 交付金は施設整備費に充当されるが、自治体の収集運搬費用には補助がない。リサイクルの促進に向けて収集体制の確保は必須であり、財政支援を検討いただければと考えている。
- 運営費に補助が設けられると、普及促進につながると考えられる。
- 交付金の交付要件はメタン発酵方式（湿式・乾式）で区分されていないが、実際の発注条件では方式が指定されており、乾式の場合は焼却施設とのコンバインド方式になる傾向にある。湿式の処理対象が分別収集したごみ（＝メタン発酵に適したごみ）である。収集から施設整備までワンセットで施策を検討されてはどうかと考える。
- FIT・FIPを適用している事例において、買取期間の20年間が終了した後、既設が使用可能であるにもかかわらず新施設の建設を検討される場合がある。例えば基幹的設備改良工事を行う場合はFIT・FIPの買取期間を延長するなど、施設の有効活用の視点から検討してもらいたい。
- し尿処理施設においてもメタン発酵施設の導入は有効と考えており、環境省の施策からもそのように読み取れる。汚泥再生処理センターの交付要件である処理条件のうち、メタン発酵の交付率を優遇するなどしてはどうかと考える。

(4) まとめ

プラントメーカーに対する調査結果を踏まえ、メタン発酵施設の整備・普及に関する推進方策についての考察を以下に示す。

1) メタン発酵施設規模について

メタン発酵槽の 1 系列当たりで設定できる処理規模や年間処理量に対して必要系列数、メタン発酵槽の形状等はプラントメーカーにより異なる。また、焼却施設とメタン発酵施設を併設するコンバインド方式の場合、焼却処理量とメタン発酵処理量のバランスを考慮する必要がある。メタン発酵施設規模の設定を事業者提案とすることで、プラントメーカーの有する技術に適したメタン発酵施設が設計・施工され、事業費の縮減にもつながり得る。

なお、メタン発酵施設規模の検討に必要な条件として、年間処理量、ごみ組成（湿潤重量比を含む）、処理量及びごみ組成の季節変動比、ごみの性状等が必要になる。これらの情報は施設整備の検討段階から施設整備事業の入札公告の間に調査し、整理されていることが望

ましい。

2)　ごみ組成について

搬入ごみ中にメタン発酵不適物（プラスチック類、不燃ごみ等）が多く含まれている場合、メタン発酵槽前段における選別の負荷につながり、発酵残渣の活用（堆肥化、液肥化）における支障にもなり得る。また、窒素分によるメタン発酵の阻害・希釈水の増加、塩素による機器の腐食、カルシウムによるスケールの形成など、メタン発酵処理物中の成分による支障も起こり得る。

これらは運営費の増額や、設備の耐用年数短縮につながり得る。分別収集段階における不適物の除去、組成の偏りを少なくするための発酵槽投入品目の平準化、焼却施設とごみピットを共有する場合はピット内におけるメタン発酵対象物投入箇所を限定するなど、運営における工夫が有効と考えられる。

3)　立地条件について

メタン発酵施設整備に必要十分な敷地面積の確保が必要になる。特に焼却施設とメタン発酵施設を併設するコンバインド方式の場合は、焼却施設・メタン発酵施設の単体整備と比較して必要面積が大きくなると考えられる。

発酵残渣の脱水による排水を敷地外に放流する場合は排水処理が必要になるが、排水放流先（下水道又は公共用水域）により放流基準が異なり、処理に要する費用も差が生じる。発酵残渣処理を考慮した上で建設候補地を選定されることが望ましい。また、し尿処理施設や下水処理場において排水処理が可能であれば、処理に係る費用の縮減につながり得る。

バイオガスや発酵残渣を施設の敷地外で使用する場合は、輸送効率の点から利用場所が施設の近隣に位置していることが望ましい。

「一般廃棄物処理施設整備手順マニュアル 循環型社会形成推進交付金等の活用に必要な作業及び検討事項」（環境省）において、建設用地の決定時期は施設整備基本構想の策定後辺りに位置づけられている。地方公共団体が施設整備を検討する上で、基本構想段階でメタン発酵施設導入の可能性を残しつつ、建設用地の選定段階でメタン発酵施設整備に適した立地条件の検討が必要になると考えられる。

4)　分別収集について

メタン発酵の処理方式によっては、メタン発酵対象物の分別収集が必要になるため、施設整備と並行して（又は事前に）分別収集方法に係る検討が必要になる場合がある。また、分別収集した生ごみをメタン発酵することで、発酵残渣の堆肥化・液肥化利用が可能になる。地域特性等を踏まえ、収集や残渣処理等も考慮した施設整備の計画検討が望ましいと考える。

なお、市町村によっては分別収集と施設整備が別部署に分かれている場合や、一部事務組合を組成する場合に分別収集は市町村、施設整備は組合と所掌が区分されている場合がある。分別収集も踏まえた施設整備の検討をする場合は、意思決定において必要な協議体の組成、手続き等を考慮されている必要がある。

5)　運営･維持管理について

メタン発酵施設の安定稼働においては、先述のとおり、メタン発酵処理の阻害・設備の損傷を防ぐための搬入ごみの組成管理、分別収集段階における留意が重要になる。また、焼却施設では、AI によりピット内のごみ種類の分布を把握し、クレーンによる攪拌等に活用されている事例がある。メタン発酵施設においても、先進技術によるごみ組成把握、選別の効率化が図られると、施設運営の安定化・効率化につながり得る。

メタン発酵槽から生成されるバイオガスおよび発酵残渣の利用方法については、従前は売却収益や処理の効率性等を考慮されてきたと想定されるが、今後はそれらに加えて、脱炭素化の推進や地域循環共生圏の構築も踏まえた検討が重要になると考えられる。

6)　循環型社会形成推進交付金交付要件について

(a)　交付率 1/2 の交付要件（350kWh/ごみ ton 相当以上）について

エネルギー回収型廃棄物処理施設（交付率 1/2）におけるメタン発酵施設の交付要件として「バイオガスの熱利用率（ごみ ton 原単位）350kWh/ごみ ton 相当以上の施設に限る。」ことが定められている。ごみ ton は搬入ごみから不適物等を選別した後のごみ重量のことであり、希釈・調整等を行いメタン発酵槽に投入する場合は、希釈・調整前のごみ重量を示す。含水率の高いごみや、有機物からのバイオガス発生量が少ないごみを処理対象としたとき、熱利用率 350kWh/ごみ ton を達成できない場合が想定される。地域特性によって、十分なメタンガスが発生するようなごみ質が得られない場合でも交付率 1/3 の交付対象となるが、地方公共団体の負担額縮減の観点からは、交付率 1/2 による施設整備の方が採用されやすいと考えられる。交付要件を満たすための地方公共団体における取組として、メタン発酵対象物の分別収集及び不適物除去の徹底、並びに排出時における生ごみの水切りの励行等が考えられる。

※参考として、熱利用率 350kWh/ごみ ton の要件について、プラントメーカーから以下のような提案が挙げられている。

- 熱利用率のごみ ton を、乾燥ごみ重量又は有機物量当たりで計算する。
- メタン発酵槽投入物中における不適物やバイオガス発生量が低いごみの重量を除いた上で、熱利用率を計算する。
- 熱利用率ではなく、バイオガス発生量（m^3_N/日）を要件にする。　　等

また、メタン発酵施設とごみ焼却施設（500t/日未満）を併設する場合「メタン発酵施設の施設規模は、ごみ焼却施設の施設規模の 10%以上の規模を有すること」「ごみ焼却施設が 500t/日以上の場合については、メタンガス化施設の施設規模は 50t/日以上」と定められている。先述のとおり、メタン発酵施設規模の設定は事業者提案とすることが事業費縮減等から有効と考えられるが、場合によっては「焼却施設の 10%以上」「50t/日以上」という要件が、メーカーの設計において制約になることが想定される。一方で、廃棄物系バイオマスの有効活用促進の観点からは、メタン発酵施設に一定以上の規模要件を設けることは、依然として必要とは考えられる。

循環型社会形成推進交付金交付要件と実態の照合は、今後も検討の余地があると考えられる。

(b)　メタン発酵施設と焼却施設を併設する場合の交付率について

エネルギー回収型廃棄物処理施設における交付要件として、メタン発酵施設と焼却施設を併設する場合は、各々の施設において交付率は 1/2 となる。焼却施設は交付率 1/3 の設備も交付率 1/2 を適用できるようになるため、焼却施設における建設費の実負担額縮減につながる。しかし、可燃ごみ処理施設整備事例を見ると、依然として焼却施設の単体整備が多い傾向にある。

本調査における「焼却施設単体整備」と「焼却施設＋メタン発酵施設整備」の実負担額比較に関する回答を踏まえると、メタン発酵施設の建設費・運営費により、焼却施設の交付率優遇のコストメリットが低減する場合が考えられる。

メーカー回答において、メタン発酵施設の普及促進方策として、メタン発酵施設の交付率のかさ上げ（例：交付率 1/2 から交付率 2/3 に変更）を提案されたものがあった。地方公共団体における更なる費用縮減となる交付要件の設定が可能になれば、メタン発酵施設の普及促進につながり得ると考える。

2.3.3　分散型回収拠点等

(1)　検討の流れ

廃棄物処理施設整備計画（令和 5 年 6 月閣議決定）にて示される、資源循環促進のための方策としての分散型の資源回収拠点の整備に関して、「分散型回収拠点」について、その定義、在り方等を整理する。

前提として、分散型回収拠点については、現時点では一般的に市区町村の資源回収方法として広く適用されているものではおらず、明確な定義等も存在していない。そのため、事例調査やヒアリング調査の結果を踏まえ、それらを踏まえた定義、在り方等を整理することを今年度の目指すべき到達点とし、具体的には図 2-46 のとおりの検討の流れとする。

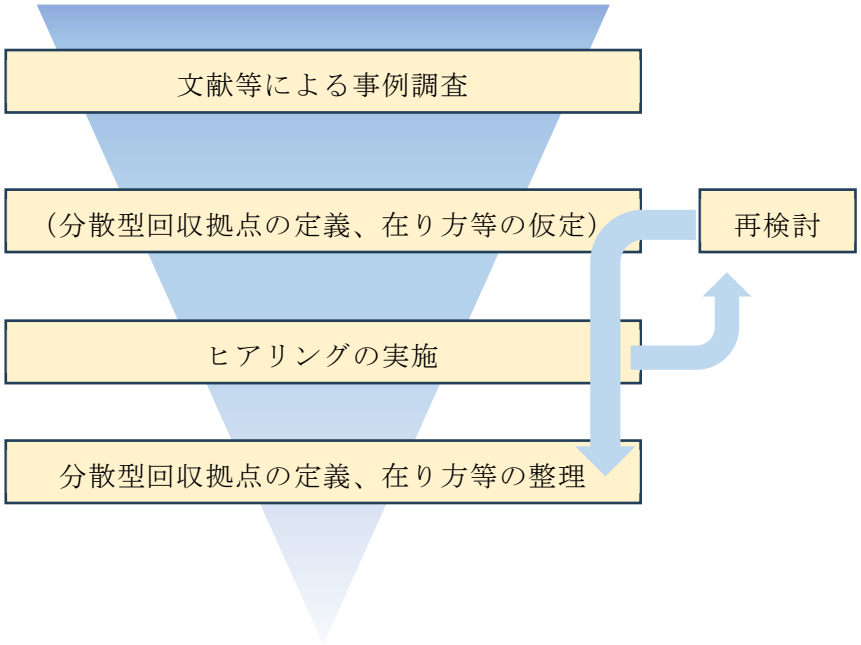


図 2-46　検討の流れ

(2) 文献等による事例調査

1) 参考とした文献等

国の方針、学術論文、個別事例の文献等調査により、分散型回収拠点の定義、在り方等を定めるためのキーワードを整理した。参考とした文献等は表 2-36 のとおりである。

表 2-36 参考とした文献等の一覧①

No.	図書名、参考HP	概要
1	令和4年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	循環経済の移行に向けての施策の方向性について整理。具体的には、①プラスチック、バイオマスなどの素材ごとの方向性、②具体的な製品ごとの方向性、③その他の方向性として脱炭素技術の評価検証や関係者との連携方策を検討することを宣言。
2	第44回中央環境審議会循環型社会部会議事録	分散型回収拠点の方針について一部言及。
3	古紙回収量変化の要因分析-宮城県における資源回収ステーションを事例に-（学術論文）	論文（第31回廃棄物資源循環学会研究発表会　講演原稿2020） 古紙の資源回収ステーションの設置とその回収効果に関する調査結果について整理。
4	民間リサイクル業者による資源ごみ回収ステーションの有効性とその活用方法に関する研究（学術論文）	論文（廃棄物資源循環学会論文誌 Vol.33 pp.106-117 2022） 東北地方の大都市と地方都市における民間業者の資源回収ステーションの調査と回収効率等の情報について整理。
5	アミタホールディングス株式会社HP	兵庫県神戸市における、新たな地域拠点における資源回収ステーションの拡大展開等の実績について整理。
6	上勝町ゼロ・ウェイストセンターHP／ 上勝町ゼロ・ウェイストタウン計画	徳島県上勝町のゼロ・ウェイスト宣言の背景、資源回収拠点を軸とした、ごみ、資源の回収に関する情報について整理。
7	那須塩原市HP／ 拠点回収を活用したプラスチック高度リサイクル及び地域内資源循環の実現	栃木県那須塩原市におけるプラスチックの資源回収拠点、環境省モデル事業結果に関する情報について整理。
8	生駒市HP／ 報告資料（アミタホールディングス株式会社）	奈良県生駒市における資源回収、コミュニティステーションの実証実験に関する情報について整理。

なお、本検討において、キーワード等を抽出してはいないが、参考とした資料を表 2-37 に整理する。

表 2-37　参考とした文献等の一覧②

No.	図書名、参考HP	概要
1	令和4年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO_2対策普及促進方策検討委託業務報告書	2050年CNの実現に向けた国内の動向に関して、プラスチックごみ等の資源化技術、CCUS等の技術調査、地方自治体の先進的事例調査を整理。
2	GXを支える地域、くらしの脱炭素（環境省HP）	GXの推進による脱炭素化の推進についての検討状況を整理。プラスチックの資源回収の目標など、資源循環分野における将来目標について整理。
3	福山市HP	広島県福山市の資源化施設（福山市リサイクルプラザ）における資源回収に関する情報について整理。
4	大木町環境プラザHP	福岡県大木町の資源回収拠点（大木町環境プラザ）に関する情報について整理。
5	DCMホールディングスHP	各店舗における資源回収拠点について紹介。

2)　文献調査から得られたキーワード

国の方針等、学術論文、個別事例から得られた情報を元に、キーワードを抽出した。結果を以下に整理する。

(a)　国の方針等から

a)　令和 4 年版環境白書･循環型社会白書･生物多様性白書

循環経済への移行のための一つの方向性として、循環経済関連ビジネスの促進、廃棄物処理システム、地域の循環システム、適正処理、国際的な循環経済促進、各主体による連携・人材育成についての方向性を示している。

その他、「具体的な取り組みとして、脱炭素技術の評価検証や関係者との連携方策を検討するとともに、分散型の資源回収拠点ステーション等の整備に向けた必要な施策の検討が必要である。」との記載がある。

b)　第 44 回中央審議会循環型社会部会議事録（発言の抜粋）

- 分散型資源回収拠点について、広域化・集約化とも関連し、地域性を踏まえた上での回収拠点をどのように設置し、どのように回収するかが非常に重要な検討事項である。

c)　国の方針等から得られたキーワード

- 分散型回収拠点の検討は国の方針である。
- 分散型回収拠点には地域性を踏まえる必要がある。

(b)　学術論文から

a)　古紙回収量変化の要因分析-宮城県における資源回収ステーションを事例に-（考察等の抜粋）

- 資源回収拠点の回収量と平均年齢には負の相関があり、回収量と自動車保有台数は強い正の相関がある。
- スーパーなどの商店に回収拠点を設置した場合、利用される拠点は必ずしも近隣ではなく、スーパーのブランドによる集客力、売り上げが資源回収効果に大きい影響を与えていると考えられる。

・ 資源回収拠点が設置された商店の駐車場が大きいほど、資源回収量が多い。

b) 民間リサイクル業者による資源ごみ回収ステーションの有効性とその活用方法に関する研究（考察等の抜粋）

・ 年齢が高くなるほどごみ問題に対する意識は高いものの、実際のリサイクルの行動の協力率は低い場合がある。
・ 都市によるが、利用者の回収拠点からの距離は主に 5 km 圏内に分布している。
・ 資源回収拠点の設置は自動車保有率が高い地域で有効的である可能性がある。
・ 自治体回収頻度が低い資源物（金属類、古紙類など)、市民の費用負担の大きい粗大ごみは資源回収拠点による回収のメリットが大きい。

c) 学術論文から得られたキーワード

・ 運搬、移動手段と資源回収量に相関がある。そのため、生活範囲に適応した回収拠点の設置が望ましい。
・ 人は資源回収以外の目的も持って拠点に訪れる。そのため、資源回収量の増加には、「資源回収」以外の別の目的でも人々を集める力が必要である。
・ 回収拠点は、自治体収集頻度が低い資源物などで有効的である。

(c) 個別事例から

a) アミタホールディングス株式会社事例（考え方等の抜粋-MEGURU ステーション等）

・ 資源回収は集めてから資源化方策を検討するのではなく、資源化する目的を先に選定し、目的に合わせた分別、資源回収する。
・ リユース品の回収、交換スペースや地域住民のコミュニケーションを促進する交流スペースを設けることで、プラスチックの再資源化率向上を目指すとともに、資源循環を起点とした地域コミュニティの活性化も目指す。

b) 上勝町事例（報告等からの抜粋-上勝町ゼロ・ウェイストセンター）

・ 分別を細かく分け、混ぜないことで汚れを防ぎ、資源物の回収効率を向上する。
・ 特に、生ごみの分別（コンポスト化等）は、他のごみと生ごみが混ざらなくなり、汚れを防ぐことができる。
・ 3R 等のごみ、資源の処理体制だけでなく、生産者、消費者の考え方、関係、人々の暮らしを見直す、啓発を含めたコミュニティを構築することにより、結果的に資源物の回収効率を向上する。
・ 地域内では製品を生産する際にも、処分、資源化を念頭に置くことで、処理の負担を軽減する。
・ 地域内の資源回収には、今後高齢化の対策などが必要（自分でごみを出すことが難しい世帯)。
・ 資源回収拠点・事業所の取組を見える化することにより、町の見物に来た人が店に足を運ぶなどの経済効果もある。
・ 処理、資源化等に係る費用、得られる費用を品目別に整理し表示することで、ごみ、資源に対する意識向上を図る。

・ 資源回収の向上には、資源を集める目的意識を醸成する必要がある。

c) 那須塩原市事例（報告等からの抜粋-プラスチックごみの分別回収の実証事業）

・ 回収拠点による回収とすることで、収集運搬における環境負荷や費用負担を削減し、持続可能な取組を目指す。
・ 回収拠点による回収は、リサイクルに関心が高い層が中心となることから、質の高いプラスチックを回収でき、確実なマテリアルリサイクルの実施が見込まれる。このほか、回収対象を絞ることで効果が高められる。
・ 回収拠点による回収とすることで、時代変化に応じて柔軟に回収品目を変更できる。
・ 既存の回収拠点と異なり、拠点のデザイン性を重視し、ブランドを立ち上げることで効率化を図ることが可能である。
・ 回収拠点を設置する施設が実施する事業・イベント等との連携を図ることで、相乗効果による集客向上、コミュニティ活性化が見込まれる。
・ 回収拠点による回収は、ステーション回収に比較し、利便性が低くなり、回収拠点のみの回収とすると、回収量が減る傾向にある。

d) 生駒市事例（報告等からの抜粋-日常の「ごみ出し」を活用した地域コミュニティ向上モデル事業）

・ 回収拠点が住民のコミュニティ拠点として機能することで、交流が促進され、共助によって地域の課題解決、経済の活性化が図られる。
・ 回収拠点は口コミ等を中心に認知度が増加し、利用者の主体的な参画、交流により発展する潜在的可能性を秘めている。
・ 資源の収集日時に制限されない回収拠点は回収効率を向上する潜在可能性がある。
・ 回収拠点をコミュニティ、学習施設と併設することにより、交流の場となるだけでなく、人々がごみ、資源の境界の考え方を変えられる可能性がある。

(d) 個別事例から得られたキーワード

・ コミュニティスペースなど（理解度、意識の共有）、複合的な目的を持つことで資源回収効率等を向上する可能性がある。
・ 生産及び回収時に資源化先を明確に持つことで、効果的な資源化が見込まれる。
・ 収集対象は明確化することが望ましい。
・ 自治体収集とは異なる利便性がある点に、回収拠点による資源回収を選択する可能性がある。

(3) ヒアリング調査の実施

文献等による事例調査で得られた情報から仮定した分散型回収拠点の定義、在り方等について、それらの内容に大きな認識違いがないか、不足している視点はないか等を確認し、分散型回収拠点のあるべき姿について検討することを目的に、ヒアリング調査を実施した。

ヒアリング調査の対象は、従来の公共施設での拠点回収やスーパーマーケット・ホームセンター等での店頭・拠点回収と比較して、多くの品目を広い場所を利用して実施する方式の拠点回収を「MEGURU ステーション事業」として複数の自治体で実施している、アミタホ

ールディングス株式会社とした。

1) 調査概要

・ヒアリング対象　　：アミタホールディングス株式会社
・ヒアリング実施日　　：2023（令和 5）年 12 月 26 日（火）9:00～10:00
・実施方法　　：Web 会議によるインタビュー形式
（調査票は事前にメール送付）

2) 調査結果

ヒアリング調査における質問及び回答の概要を表 2-38 に整理する。

表 2-38　ヒアリング調査における質問及び回答の概要

No.	質問	回答
1	コミュニティ型の資源回収施設を作る上で、どのような検討を実施したか（そのコミュニティを発展させるための方策は何か、地域特性等は検討したか）。	MEGURUステーション事業は会社の大きなミッション（思想）を達成するための方法であり、資源回収施設をめぐるステーションのような資源を回収する施設とするという発想は元からなく、資源を回収する上で、同時に人間関係資本を高めないといけないという問題意識が元々ある。 その観点では、コミュニティ型にするかどうかという判断はそもそもなく、やるなら当然コミュニティ型になるとの発想。 資源の回収がコミュニティ発展につながる仮説はあるが、固まったものがあるわけではない。地域特性についてのあるべき姿も確立していない。少なくとも、自治体内で全域的に展開していくことを1つの前提要素と考えている。 地域特性に応じて、回収する品目や設置拠点での取組は異なるが、アミタホールディングス株式会社が提案するMEGURUステーションの根本はいつも同じである（コミュニティの要素と資源回収の要素）。
2	資源回収拠点が広まらず、一部の住民のみの利用となった事例は存在するか。また、その原因となる理由は存在するか、その対応策等は存在するか。	基本的に既存の自治体回収は継続されるため、拠点を利用する人はそれを選択した住民であり、近隣の「全て」の住民が利用している事例はない。 ただし、コミュニティの単位はダンバー定数に基づき、150～250人程度で1つの拠点を形成することを計画している。これまでの実績では、このダンバー定数に基づく利用登録者を想定どおり確保できている。
3	地域拠点としての発展性も考慮し、住民の参画が限定的としないための方法はあるか。	基本的には、回収拠点は校区のセンターや公民館など既存の施設の一角に設置することが多い（人が集まることが期待される施設に設置するケースが多い）。 ただし、こういった施設は必ずしも元々人で溢れ返っていることでもないため、MEGURUステーションを置くことで人が集まるようにするという意図がある。 それぞれの地域特性に応じて、コミュニティの要素を変容させていくことが望ましい（ex.子供が多ければ子供向けのイベントをやる、小型版の道の駅といったイメージで農家の野菜の販売する・譲る）。 また、住民の方々にもサービスの消費者としてではなく、自ら主体者として回収拠点を運営するような仕組みを作り上げることが望ましい（住民にもそのような説明

No.	質問	回答
		をしている)。
4	利用者を増加させる方策はなにか存在するか。	行きやすさなどの利便性を高めること、回収品目を増やすことが、一つの方策としてある。 その他、実事例では飲料メーカーと連携し、コーヒーマシンを置くなどの取組により、利用者を呼び込む方策がある。 地域性・地域資源に応じてカスタマイズするべき要素である。
5	回収率向上の工夫に関しての知見を有しているか（回収ボックスのデザインを工夫する等資源循環に関心のない市民に参加させるための工夫)。 啓発において、利用者に対して資源化先や資源化の流れが「見える」と効果が高いと考えているが、実績を踏まえて知見を有しているか。	「見える化」することによる回収率向上の可能性に関して、精緻な検証はできていない。 「見える化」の効果とは言い切れないが、MEGURUステーション設置により住民の環境意識向上が得られた事実はあり、それは「見える化」も実施しているMEGURUステーションの強みであると考えられる。
6	拠点回収を設置する上で、課題は存在するか。特に、コミュニティの発展、回収率の向上のための効果が満足に得られなかった取組は存在するか。	課題①：より多くの人に参加してもらうこと。 課題②：ただ参加するだけではなく、主体者として参加すること（運営への関わり)。 課題③：コミュニティ拠点としての介在や、交流をどう促すか。 ある団体を運営者として継続させていくとした場合、その拠点の持続性には疑問が残るため、住民が主体性を持って運営することにより、コミュニティのベースを作り上げること、拠点の持続性の両方にアプローチすることができる（課題①～③の解決に資する)。 それに加え、コミュニティ発展のためのイベントもいかに地元の人が参加し実際に取り組むかが重要であり、イベントを単発で開催しても持続的なコミュニティの発展は難しい。
7	品目に関して、行政回収が難しいもの（小型家電等)、収集に費用を要する粗大等、プラ新法等新たな品目が主な対象になると考えるが、収集品目について、どのように検討しているか。	分別を徹底することで、燃えるごみ、焼却量、埋立量を減らす効果（一つ目の効果）のほか、より高いレベルのリサイクルとなる可能性がある（二つ目の効果）と考えている。 以上の観点から、プラスチック類を細かく分別して高度なリサイクルにつなげられるかは大きな課題である（ex.「容器包装プラスチック」ではなく、もっと細かく「トレー」や「卵パック」などとして回収する)。また、粗大ごみは基本的には回収対象にしていない。
8	現在、広く拠点回収が実施されている布類、廃食用油等の品目以外で、生ごみなどの一般廃棄物として比較的灰出量が多い品目、もしくは製品プラスチックなどの行政回収があまり実施されていない品目で、分散型回収拠点への適用の可能性がある品目は存在するか。	既に自治体で回収されていないものを対象とすることは一つの方策である（既に自治体で回収されているものはわざわざ回収拠点まで持っていく必要があるかと考える住民の理解も得なくてはいけないため)。 現時点で回収されているものは、回収拠点へ持って来ることにより高度な資源化が実践できるという理解を得られれば、対象品目として選択可能である。 生ごみバイオガス化施設が無い自治体での生ごみの回収事例も既にあり、回収拠点に小型のメタン発酵設備を設置し、住民が出しやすい環境、資源化物の地産地消（近隣の畑などに液肥を利用可能）のシステムを構築することで適用可能となる。

No.	質問	回答
9	自治体によって対応が分かれている品目は適応性が高いと考えられるか。	自治体によって対応が分かれている品目は、資源化のルートが確立されておらずスケールメリットが効きにくい品目が多いという課題がある（現時点で、全ての品目、全ての地域で安定した資源化先があるわけではないという課題）ため、資源化ルートの開拓も並行して進めている。
10	回収品目決定においては、資源化ルートは前もって確保した上で検討していると推察するが、資源化ルートの確保する主体は民間、自治体のどちらが望ましいと考えられるか。また、どういう観点で資源物、資源化先を選定しているか。	上記のとおり、アミタホールディングス株式会社でも資源化ルートの開拓を進めている。資源化ルートについて、資源循環の観点から、ローカルで回っていくものも必要であると考えているが、回収量が一定程度必要な品目は、自治体ごとではなく共通の仕組みを作り上げることが必要であると考えている。
11	回収量はどのように想定しているか。また、回収実績は想定量に近いか。	ダンバー定数により、コミュニティ人数を150-250人と想定し、ごみ量原単位を乗じることで回収量を想定している。想定回収量と実績は大きくは外れていない。
12	回収拠点の「分散」は検討しているか。地域特性として、人々の生活形態に合わせた分散とすることは検討対象に入り得るか（車中心社会、それ以外など）。	現時点では、生活形態に合わせた「分散」とするなど細かく実践はできていない。 ただし、大刀洗町の事例では、小学校区で回収拠点を設置しており、徒歩圏内（小学生が通学可能）の生活圏域を意識している。
13	拠点設置に関して、持込の環境負担は考慮しているか。（地方部において自動車などで資源回収拠点を訪れた場合、資源回収によるメリットよりも、自動車から排出される温室効果ガス等の環境負荷が懸念事項となる場合があり得ると考えている。）	環境負荷に特別な配慮をするにはまだ至っていない。 ただし、環境負荷の観点以外に、御高齢の方が多い場所など、ステーションへのアクセス性については検討すべき事項であるとの考えである。ただし、基本的な発想は常に開いているものであるので、公民館に来るついでであるなど、近くに来るときに出してもらうことが望ましい形と考えている。 回収拠点は、基本的に常に開いている公民館等の既存施設に併設することが前提のため、「出しに行くための施設」ではなく、「他の目的とともに排出できる施設」となることが望ましい姿と考えている。
14	回収拠点を置く際に付近の資源化施設の存在は検討の要素となり得るか。	付近の資源化施設がある場合は、コスト面や利便性の観点で回収拠点を設置する際の検討項目となり得ると考えるが、実事例においては、必ずしもその観点で設置場所を検討しているわけではない。
15	1か所で多品目を受けられるということ自体に意味があると考えるか（これまでの店頭、拠点回収のような単一品目を色々な場所で受け入れるのと違うメリットがあると考えられるか）。	①利用者の利便性を高めること（色々なものが出せる）が望ましい ②拠点の性格上（コミュニティ型の回収拠点とする目標）、拠点に色々な機会で来ることが望ましい 以上の2つの視点から、多品目を受け入れられる施設であることは重要である。
16	人口規模、都市化状況によって適した分散型回収拠点の形があるか（成功した事例をどの事例でも適用するのではなく、実施する地域によって形を変える必要があると考えら	実施する地域により、回収する品目などは変わるが、大きなコンセプト（コミュニティの要素と資源回収の要素）は変わらない。

No.	質問	回答
	れるか。)。	
17	適切な施設規模（資源回収拠点の大きさ、受け入れられる資源物の量）等はあると考えられるか。	ダンバー定数に基づく拠点設置数が一つの目安である。
18	一般的な、地方公共団体及び民間企業（スポンサー等）との契約の流れはどういったものか。また、回収拠点の運営に関して、地方公共団体の望ましい関わり方はどのようなものがよいと考えているか（①収集のみ、②資源化まで③その他　等)。	回収に関しては自治体が責任を持つことが重要である。資源化までを考えると、自治体と民間どちらが中心となるかは地域に応じて変容させていくべきものであり、事例によっての検討事項である。 回収に関しては自治体が主となり、民間企業はパートナーとして関わり、回収から資源化までの形をより良いものとすることが望ましいと考えている。 関わりの形も色々あり、契約を結ばずに連携協定に基づく方法もある。自治体と民間の意向をすり合わせることが望ましい。
19	事業性を担保する方法はどういったものが考えられるか（資金繰り等)。	①自治体から委託を受ける方法 ②民間側で費用を出す（良質な資源が集まった時にそれを使う民間企業が費用を拠出する）方法 以上の二つ含め、複数の方法があると考えられる。 今後、委託については、国の政策の中でどういう位置づけを与えられるかは重要である（補助金や交付金の対象となるかなど)。

(4)　分散型回収拠点の定義、在り方等の整理

文献等による事例調査及びヒアリング調査の結果から整理された分散型回収拠点の定義、在り方等を、以下に示す。なお、ここで示す結果はあくまでも、アミタホールディングス株式会社へのヒアリング調査結果を踏まえて考えられた「可能性のある方式」であり、位置づけとしては仮説に過ぎない（確定すべき内容ではない）ことに留意が必要である。

1)　分散型回収拠点の定義

分散型回収拠点とは、排出者と資源化業者（資源化プロセス）をつなぐコミュニティ型の資源回収、保管施設である。

また、「分散型」とは地域の生活や暮らしの空間の範囲を指し、住民の生活範囲、地域性に最適な形とする。

2)　分散型回収拠点の在り方

分散型回収拠点であるために必要となる要素に加え、分散型回収拠点としての在り方について示す。

(a)　資源循環の促進

循環型社会の構築、カーボンニュートラルの達成に資する徹底した資源循環の強化に資するものであること。

(b)　高度なリサイクル

分別項目を細かく設定するとともに、資源化先を明確にした回収とし、排出者による持

込み、リサイクルルートに応じて混入が極力ない状態で綺麗かつ細かい区分で分別され、従来の資源回収、資源化では達成できなかった、より純度の高いリサイクルを実施すること。

(c)　資源化の見える化

資源化までの流れを「見える化」することにより、利用者が資源回収の目的、理念を理解し、それにより資源回収量を増大すること。ここでいう「見える化」とは、回収した資源の資源化物そのものや、資源化による社会への効果を指す。

3)　分散型回収拠点に必要な検討ポイント

分散型回収拠点の設置において検討すべきポイントは、大きく分けて以下の三つがある。

(a)　コミュニティ型の資源回収・保管施設

資源回収の促進、持続可能な運営のために、運営者と排出者又は排出者同士のコミュニケーションを期待するコミュニティ型の資源回収・保管施設とする。

(b)　資源回収品目

資源回収をすることだけが目的ではなく、回収後、資源化するまでの目的を明確に持ち、資源化先に合わせた、地域に必要な品目を回収する。

(c)　地域住民の生活範囲に適応した回収拠点の設置

持続可能なコミュニティ型の資源回収、保管施設とするために、地域住民の生活範囲に応じて、必要な規模及び数の回収拠点の設置を決定する。

なお、コミュニティ型の施設とするためには、施設は必ずしも大規模であることが望ましいことではなく、排出者、運営者のコミュニケーションが円滑となるような規模とすることが望ましい。

4)　分散型回収拠点に期待する機能

分散型回収拠点に期待する機能を以下に示す。

(a)　資源回収効率の向上

資源回収から資源化までの処理の流れを確保でき、排出機会が増大するかつ、排出のためだけの施設、場所とならないこと。具体的には、分散型回収拠点の必要な機能としての資源回収だけでなく、複合的な機能を持つ拠点（イベント会場、商店、環境学習施設等）であり、複合的な機能を持つことにより、利用促進を図り、資源回収量を増大すること。

また、回収拠点は、複合的な施設とすることにより、排出以外の目的を持たせることで、排出機会を増大させるだけでなく、持込みに伴う環境への負担も軽減することが望ましい。

(b)　多品目の受入れ

従来の拠点回収とは異なり、コミュニティとしての機能、資源回収機能を高めるた

めに１ヶ所で多品目を受け入れられること。なお、必ずしも全ての拠点に全ての品目が必要であるというわけではなく、複数拠点を設けること等により、利便性や経済性も考慮する。

(c)　自治体の分別収集品目以外の受入品目の設定

現在自治体による収集頻度が低い、又は（素材や品目で分けた）プラスチック類、生ごみなど、多くの自治体で分別収集されていない品目を対象とすること。ただし、受入品目の設定には資源化ルートや資源化物を活用するまでのルートが確保されていることが前提である。

5)　分散型回収拠点のあるべき姿（仮定）

分散型回収拠点において、住民は排出者（消費者）となるだけでなく、運営者となり主体性を持つことにより、コミュニティとしての機能を向上し、持続性のある回収拠点とすることで、今後の少子高齢化社会へも適応していくものと考えられる。また、回収拠点では地域性や地域資源に応じて回収品目や関係主体を変容することが望ましいと考えられる。

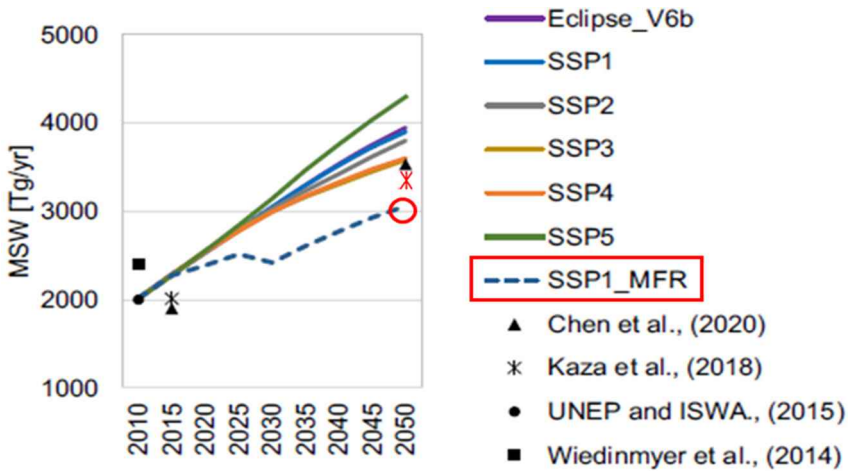
なお、資源の回収までの情報周知等は自治体が主体的に関わり、回収拠点の運営に関しては、民間企業の技術的な支援の下、住民と自治体が協働することが望ましいが、回収後、資源化までは民間企業が主体的に関わることが望ましいと考えられる。ただし、既に資源化スキームを独自で保有する自治体はその限りではない。

2.4　脱炭素型の廃棄物処理技術・施設及び循環資源からの生成物の国内外市場における需要・供給及び技術開発等の動向調査

2.4.1　脱炭素型の廃棄物処理技術・施設

(1)　市場規模

国内における市場規模については、2.2.2 (1)2)において、中長期シナリオ（案）のイノベーション実現シナリオでの将来の年間処理量から必要な廃棄物処理施設数を概算した。世界に目を向けると、国内とは異なり 2050 年にかけて一般廃棄物発生量の増加が見込まれる。Kaza et al., What a Waste 2.0 (The World Bank, 2018) では、世界の MSW（Municipal Solid Waste: 都市ごみ）発生量は 2016 年の 2,017Mt/yr から、2050 年には 3,399Mt/yr に増加すると推計されている。Kaza et al. の推計はあくまで 3R 対策の強化等を想定していない BAU シナリオであると考えられるが、例えば、Gómez-Sanabria et al., (2022) では、SSP（Shared Socioeconomic Pathways：気候変動研究で分野横断的に用いられる社会経済シナリオ（表 2-39））1～6 及び World Energy Outlook 2018 (IEA, 2018) に基づくシナリオ（図 2-47 中の Eclipse_V6b）について、2050 年まで廃棄物分野に影響を与える追加的な政策が実施されなかった場合と、循環型の MSW 処理システムを最大限導入した場合（MFR: the maximum technically feasible reduction）の MSW 発生量の推計が実施されている。推計の中で最も環境負荷が小さい SSP1_MFR シナリオ（SSP1 に対して都市部における廃棄物の発生抑制、メタン発酵やリサイクルの促進により野焼きや埋立量を大幅に削減するシナリオ）においては、2050 年時点の発生量が 3,059Mt まで抑制（SSP1 シナリオ比で 22%程度の発生抑制）され、処理方法の内訳についても、SSP1_MFR シナリオでは焼却処理、嫌気性消化、リサイクルが大幅に増加するなど、大きく変化している。2010 年比では、処理量全体に占める焼却処理の割合が約 25%の増加、嫌気性消化の割合が約 26%の増加となっており、これら二つの処理方法で全体の約 57%を占める。このことから、熱処理施設やメタン発酵施設そのものの市場、更には CN 実現に向け、これら廃棄物処理施設に付随する CCUS 技術の市場は今後拡大していくことが考えられる。また、GHG 排出量については、SSP1 シナリオの排出量（1771MtCO_2eq）と比較して SSP1_MFR シナリオでは大幅な削減が見込まれるが、なおも 386MtCO_2eq が発生すると推計されており、今後、CCUS 技術の導入も含め、世界全体での CN 実現のためのシナリオ研究が期待される状況と考えられる。



※Kaza et al., (2018)における2050年の推計値（3,399Mt/yr）等をグラフ中に加筆

図 2-47 （Gómez-Sanabria et al. (2022)）におけるシナリオ別 MSW 発生量

出典：Adriana Gómez-Sanabria, Gregor Kiesewetter, Zbigniew Klimont, Wolfgang Schoepp and Helmut Haberl (2022) Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems. Nature Communications, 13, 106. Fig.1 a.に加筆
（This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License）

表 2-39 Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) の概要

シナリオ	社会経済的側面	環境政策
SSP1 （持続可能）	人口増加低位 格差縮小 グローバルな協力関係	環境政策強化
SSP2 （中庸）	経済成長中位 人口増加中位	環境目標やSDGsの達成はなかなか進まない
SSP3 （地域分断）	人口増加高位 途上国の経済成長鈍化	環境配慮は優先されない
SSP4 （格差）	高中所得国の経済成長中位 低所得国の経済成長低位 社会的結束力の低下	一部の富裕層では環境配慮が優先
SSP5 （化石燃料発展）	経済成長加速 世界人口の減少	環境やSDGsへの配慮は小さい
ECLIPSE_V6b	時間経過とともに人口増加率鈍化 世界的な経済活動の強化	環境目標やSDGsの達成に一定の進展あり

出典：Adriana Gómez-Sanabria, Gregor Kiesewetter, Zbigniew Klimont, Wolfgang Schoepp and Helmut Haberl (2022) Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems. Nature Communications, 13, 106. Supplementary information Table S5 を仮訳して作成
（This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License）

表 2-40 文献（Gómez-Sanabria et al. (2022)）の各シナリオにおける
循環型 MSW 処理システム（MFR）の概要

シナリオ	循環型MSW処理システム（MFR）
SSP1_MFR	• 2030年までに都市部の食品およびプラスチック廃棄物を50%削減 • 都市部、農村部問わず、循環型MSW処理システムの世界的な実施（メタン発酵やリサイクル促進のための分別回収等による野焼きや埋立処分の大幅削減） • 不適切な廃棄物処理に起因する大気汚染やGHGの排出回避
SSP2_MFR	• 高所得地域（欧州、オセアニア、北米）は廃棄物関連の環境目標を達成するため、循環型MSW処理システムの導入に成功 • 中所得地域（ロシア、旧ソ連諸国）は高所得地域と同様の政策を実施するも、そのペースは緩やか • その他の地域はシステムを改善するための戦略の開発を開始、または継続するが、循環型処理の実施は遅れている
SSP3_MFR	• 高中所得地域はSSP2と同様 • その他の地域は、技術移転や能力開発の面で国際的なサポートがないため、大きく後れを取っている • その他の地域では、廃棄物関連の環境問題は優先事項ではなく、都市部と農村部における廃棄物処理の格差も大きい
SSP4_MFR	• 高所得地域はSSP2と同様であり、中所得地域（ロシア、旧ソ連諸国）の廃棄物処理システムも欧州諸国に追いつく • その他の地域は大量の廃棄物への対応に苦慮
SSP5_MFR	• 廃棄物処理技術の移転と能力開発が促進され、世界的に、都市部と農村部の両方で循環型廃棄物処理システムを実施 • 廃棄物発生量削減のための施策なし • 大気汚染防止対策の強化
ECLIPSE_V6b_MFR	• SSP5と同様に技術開発、国家間の協力、環境負荷の低減を実施

出典：Adriana Gómez-Sanabria, Gregor Kiesewetter, Zbigniew Klimont, Wolfgang Schoepp and Helmut Haberl (2022) Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems. Nature Communications, 13, 106. Supplementary information Table S11 を仮訳して作成

（This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License）

(2) 技術開発・実証等の動向

焼却処理については、海外では年間 10 万 t を超える大規模な CO_2 分離回収事業の構想も複数出現してきており、大規模 CCS プロジェクトの一部としての事業も見られる。特に、デンマーク（ARC 社）やノルウェー（Hafslund Oslo Celsio 社）、英国（Viridor 社及び CORY 社）、スイス（Linth 地域の特別目的組合）の事例では、発生する排ガスのほぼ全量を対象にしていると思われる CO_2 分離回収が構想されており、事例によっては排出される CO_2 のうち 90%近くを回収する計画となっている。ただし、デンマーク（ARC 社）のプロジェクトでは、2023 年から最大 4 万 t-CO_2/年の小規模分離回収装置が稼働（農業セクターに供給）しているものの、2025 年頃開始予定だった大規模分離回収は、政府からの資金援助を受けないことが決定し、先送りとなった。これにより、残余排出（市の排出量の約 20%）を当該施設での CCS で相殺する計画であったコペンハーゲンは、2025 年までのネットゼロ排出を事実上断念したことになるとされている。また、ノルウェー（Hafslund Oslo Celsio 社）のプロジェクトにおいても、政府による資金援助の予算上限の大幅超過により、プロジェクトを一時保留し、1 年間のコスト削減期間を設けるとされている。英国の Runcorn に立地する焼却施設（Viridor 社）の事例では、英国政府の産業用炭素回収に対する支援の最終選考に残っており、実現すれば、年間約 90 万 t-CO_2 を回収し、HyNet の大規模 CCS プロジェクトに安定して CO_2 を供給できるとしている。このほか、スイスの Linth 地域の焼却施設（28 市町村から構成される組合が所有）は、2025 年の施設更新・改良に合わせて CO_2 分離回収設備を導入し、発生する CO_2 をほぼ全量回収、国外へ輸送し貯留することが計画されている。

表 2-41　焼却施設における CO_2 分離回収のプロジェクト事例

分類	施設名/プロジェクト名	国名	都市	実施主体	施設の処理能力 [kt/y]	CO_2回収施設 稼働状況	CO_2回収施設 稼働開始	CO_2排出量 [kt/y]	CO_2回収量 [kt/y]	分離回収技術	CO2利活用方法
CCS	Amager Bakke	デンマーク	コペンハーゲン	ARC	600	パイロット試験中	・2023年夏頃から実証プラント稼働開始予定 ・大規模回収プラントは2025年稼働予定であったが、政府からの資金援助を受けないことが決定し先送りに	560	500	化学吸収法（アミン溶液）	–
	Hafslund Oslo Celsio-Klemetsrud	ノルウェー	オスロ	Hafslund Oslo Celsio	320	パイロット試験中	2026年(予定) （予算大幅超過のためプロジェクト保留中）	460	400	化学吸収法（アミン溶液）	–
	NETOX	ノルウェー	ヴェストラン	SINTEF, Ardal municipality	N.A.	計画遂行中	2030年（予定）	N.A.	N.A.	酸素燃焼	–
	SUEZ Tees Valley (STV) 1~3 The North East Energy Recovery Centre	英国	ビリンガム	SUEZ	642	計画遂行中	2027年（予定）	N.A.	240	化学吸収法	–
	Tees Valley Energy Recovery Facility	英国	ビリンガム	英国北東部の7自治体（Darlington, Durham, Hartlepool, Middlesbrough, Newcastle, Redcar & Cleveland, Stockton）	450	計画遂行中	2026年に焼却プラント稼働（予定）	N.A.	N.A.	N.A.	–
	Runcorn Energy Recovery Facility (ERF)	英国	ランコーン	Viridor	約1000	計画遂行中	2027~2028年頃 （予定）	N.A.	900	化学吸収法（アミン溶液）	–
	Riverside 1 & 2	英国	ロンドン	CORY	約1500	計画遂行中	2028年までにCCSのフェーズ1開始 2030年までにフルスケール（予定）	N.A.	1,300	N.A.	–
	KVA Linth	スイス	グラールスノルド	Zweckverband für die Kehrichtbeseitigung im Linthgebiet（Linth地域の廃棄物処理のための特別目的組合）	110	計画遂行中	2025年(予定)	110	100	化学吸収法（アミン溶液）	–
CCU	佐賀市清掃工場	日本	佐賀県	佐賀市	110	稼働中	2016年	54	3（最大）	化学吸収法（アミン溶液）	藻類培養
	小田原市環境事業センター	日本	神奈川県	小田原市、日立造船株式会社、エックス都市研究所	120（実証炉の規模は27kt/y）	実証終了	2022年	N.A.	N.A.	物理吸着法（PVSA）	メタネーション
	クリーンプラザふじみ（三鷹市・調布市）	日本	東京都	ふじみ衛生組合、JFEエンジニアリング株式会社	105	実証稼働中	2021年	N.A.	N.A.	化学吸収法	メタノール製造
	横浜市鶴見清掃工場	日本	神奈川県	横浜市、東京ガス株式会社、三菱重工グループ	438	実証稼働中	2022年	N.A.	N.A.	化学吸収法	メタネーション
	郡山市ごみ焼却施設	日本	福島県	郡山市、川崎重工株式会社	110	実証に向け協議中	2023年度（予定）	N.A.	N.A.	固体吸収法	N.A.
	ひたちなか・東海クリーンセンター（ひたちなか市・東海村）	日本	茨城県	積水化学工業株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構	80	計画遂行中	2030年（予定）	N.A.	0.03	N.A.	バイオものづくりによる高機能接着剤製造
	Vattenfall-Uppsala	スウェーデン	ウプサラ	Vattenfall	N.A.	計画遂行中	2027年（予定）	N.A.	N.A.	N.A.	SAF
	AVR-Duiven	オランダ	デュイブン	AVR	361	稼働中	2019年	400	60（2026年頃に220ktに拡大）	化学吸収法（アミン溶液）	温室栽培利用
	AVR Rozenburg	オランダ	ローゼンブルフ	AVR	N.A.	FEED(F/S後の基本設計)段階	2026年（予定）	1153	450	化学吸収法（アミン溶液）を検討中	温室栽培利用、CCS（2028年頃~）
	Twence-Hengelo	オランダ	ヘンゲロ	Twence	608	炭素回収プラント建設中	2023年（予定）	600(試算)	100	化学吸収法（アミン溶液）	大部分は温室栽培利用
	AEB Amsterdam	オランダ	アムステルダム	AEB	1370	2019年F/S完了	2028年（予定）	N.A.	450	化学吸収法（アミン溶液）	温室栽培利用を有望な利用ルートとして検討中
	Fortum	フィンランド	リーヒマキ	Fortum	307（発電能力18MW、熱供給能力90MW）	パイロット試験中	2022年からパイロット試験開始 2028年頃までに大規模デモプラントを稼働させる可能性	N.A.	N.A.	水-CO2の物理吸収	メタネーション
	Maia Energy Recovery Plant	ポルトガル	マイア	Veolia, LIPOR, P2X Europe	380	計画遂行中	N.A.	N.A.	100（第一フェーズの最大量）	N.A.	SAF等の液体燃料製造

※環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20223001）の成果より

出典：各種公表資料より作成

熱分解については、表 2-42 のとおり、廃棄物の熱分解処理により合成ガスを得てメタノール等を製造するプロジェクトが欧米等で開始されており、当技術への注目が高まっている。例えば、Enerkem 社（カナダ）は廃棄物をガス化しエタノール等を製造する複数のプロジェクトに参画している。そのうち、スペインで実施中のプロジェクトは EU Innovation Fund の大規模プロジェクトに採択されており、2026 年の操業開始予定で、年間約 36 万 t の都市ごみを処理し、最大約 24 万 t のエタノールを生産する計画である。

表 2-42　熱分解－燃料製造のプロジェクト事例

技術保有企業	プロジェクト実施場所	プロジェクト段階	原料	生成物	設備容量(kt/yr)	備考
Synthesis Energy Systems（アメリカ）	フロリダ（アメリカ）	計画中、基本設計終了	バイオマス/都市ごみ	メタノール	875	－
Fulcrum Bioenergy（アメリカ）	ネバダ（アメリカ）	稼働中（2022年稼働開始）	廃棄物（埋立からの転換）	合成粗油	36	・17.5万t/年の埋立ごみを処理 ・合成粗油はMarathon Petroleum社の製油所に運ばれ、輸送用燃料へと変換される。 ・クリーン燃料の生産量は1100万ガロン/年で、42ガロン/バレル、7.33バレル/tとして換算
	インディアナ（アメリカ）	計画進行中（2026年稼働開始予定）	廃棄物（埋立からの転換）	SAF	100	・70万t/年のごみを処理 ・SAFの生産量は3100万ガロン/年で、42ガロン/バレル、7.33バレル/tとして換算
	メキシコ湾岸（アメリカ）	建設中（2025年後半稼働開始予定）	廃棄物（埋立からの転換）	SAF	100	・70万t/年のごみを処理 ・SAFの生産量は3100万ガロン/年で、42ガロン/バレル、7.33バレル/tとして換算
	チェシャー（イギリス）	計画進行中（2027年稼働開始予定）	廃棄物（詳細不明）	SAF	80	・60万t/年のごみを処理 ・SAFの生産量は1億L/年で、0.8t/kLとして換算 ・マンチェスター空港へのパイプラインを含む既存インフラあり ・英国国交省からの助成金授与
NextChem（イタリア）	リボルノ（イタリア）	計画中	都市ごみ	メタノール	115	－
	ロッテルダム（オランダ）	計画中	都市ごみ/廃材	メタノール	120	－
	UAE（都市は不明）	FS段階	都市ごみ	SAF ※エタノールを経由	120	・年間35万tの廃棄物を処理 ・Tadweer社（UAE、旧アブダビ廃棄物管理会社）とLanzaTech社の共同事業 ・LanzaTech社とその子会社であるLanzaJet Inc.社がそれぞれ合成ガスからのエタノール製造技術、エタノールからのSAF製造技術を提供
Enerkem（カナダ）	エドモントン（カナダ）	稼働中	都市ごみ	エタノール ※メタノールを経由	30	・年間最大4万tの都市ごみを処理
	ケベック（カナダ）	建設中 2025年稼働開始予定	都市ごみ/未利用バイオマス	エタノール ※メタノールを経由	100 （1.25億Lの全量がエタノールであると仮定した場合）	・年間約20万tの都市ごみと未利用バイオマスを処理
	タラゴナ（スペイン）	最終意思決定中 2026年稼働開始予定 ※EU Innovation fund採択	都市ごみ/未利用バイオマス	メタノール	237	・年間約36万tの都市ごみと未利用バイオマスを処理
	ロッテルダム（オランダ）	計画進行中 2025~2026年生産開始	都市ごみ	SAF等の燃料	80	・年間36万tの都市ごみを処理 ・約8万tの生成物のうち約75%がSAF
三菱重工業グループ（実施者は久慈市、積水化学工業株式会社、株式会社INCJ、積水バイオリファイナリー株式会社）	久慈市（日本）	実証稼働中	都市ごみ	エタノール	7	・処理能力は20t/日 ・合成ガスに変換後、微生物によるエタノールの製造

※環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20223001）の成果より
出典：IRENA, Innovation Outlook: Renewable Methanol (2021)及び積水化学工業株式会社、久慈市のプレスリリースを基に再作表

メタン発酵によって生成されるバイオガスの直接メタネーションについては、表 2-43 のとおり、触媒を用いた化学メタネーション及びバイオメタネーションともに、欧米を中心に研究開発、実証が進んでいるが、ガス原料は性状の比較的安定している下水汚泥が多くなっている。Electrochaea 社（ドイツ）は、表 2-43 に示したパイロットプラントでの実証を経て、2020 年より European Innovation Council (EIC)（革新的技術のスタートアップやスケールアップに対し資金的支援を行う機関）から計 1750 万ユーロの資金援助を受けて、バ

イオメタネーションプラントのスケールアップ（10MWe）を実施している。このスケールアップ事業は下水汚泥がガス原料であるものの、仮にガス原料が生ごみであったとすると、10Mwe のプラントにおけるごみ処理量は 30t/日程度（5kWh/m3-H2, 800kg-CO_2/t ごみ, 前段の CO_2 分離回収率非考慮の場合の試算）であり、当該施設での生ごみ処理量を 50kg/人・年、年間 270 日稼働と仮定すると、15 万人程度の生ごみを処理することが可能な規模である。

表 2-43　バイオガス直接メタネーションのプロジェクト事例

分類（化学/バイオ）	企業/組織	国名	ガス原料	反応器タイプ	TRL	反応温度	圧力	追加CH4生成量	CH4純度	反応器容量
化学メタネーション	Solarfuel/etogas(現在は日立造船)	Hessen,ドイツ	嫌気性消化	管状固定層（直列配置×2）	5	250-550℃	6 barg	14kWHHV	>91%, <4% H2	数Lの触媒
	Paul Scherrer Institut	Zürich-Werdhölzli, スイス	下水汚泥と生ごみの商用嫌気性消化	気泡流動層	5	320-360℃	6 barg	0.6–0.84 Nm3/h（6.6–9.2 kW_{HHV}）	>97%, <2% H2	<1 kgの触媒, 合計13 L
	Haldor Topsøe A/S	Foulum, デンマーク	農業廃棄物や家畜糞尿の嫌気性消化	管状固定層（直列配置×2）	5	280-680℃	20 barg	4 Nm3/h（45 kWHHV）	97.9%, <2% H2	全長2~3m, 直径は非公開
	Ineratec GmbH	Sabadell, スペイン	下水汚泥の商用嫌気性消化	2つの微細構造を持つ熱交換器を直列に配置して中間凝縮	5	475–375℃（1st), 375–275℃（2nd）	主に5 barg	約1.4 Nm3/h（15.4 kWHHV）	93.48%, <5% H2	29.5cm×15cm×33.5cmの反応器が2個(2×14.8L)
バイオメタネーション	Electrochaea	Avedøre, デンマーク	下水汚泥の商用嫌気性消化	撹拌気泡塔（Stirred bubble column）	7	60-65℃	10 barg	50 Nm3/h（550 kWHHV）	>97%	約7 m3（3600 L-liquid）
	Microbenergy	Allendorf, ドイツ	商用嫌気性消化	撹拌気泡塔（Stirred bubble column）	7	60-70℃	5-10 barg	15 Nm3/h（165 kWHHV）	>98%	5 m3
	University for natural resources and life sciences (Boku), Vienna	Tulln, オーストリア	家畜糞尿とスクロースのパイロットスケール嫌気性消化	向流トリクルベッド（散水ろ床)反応器	3~4	37±2℃	Ambient	0.6 L/h（0.01 kWHHV）	94-99%	長さ1.5 m, 直径8 cm（容量7.5 L）
	National Renewable Energy Laboratory	California, 米国	家畜ふん尿、生ごみ等の嫌気性消化	撹拌反応器(stirred bioreactor)	4→6（2024年のプロジェクト終了時点）	60~65℃	18 bar	10g-CH4/L・hr（追加ではなく総量）	98%（固定式）>95%（移動式）	700 L（固定式）20L（移動式、研究開発用）
	Demonstration site Soluthurn	Alps, スイス	下水処理プラント（古細菌）	撹拌気泡塔（Biological stirred bubble column）	6~8	62℃以下	10-11bar	30 Nm3/h（325 kW）	>97-99%	3.5m3

※触媒によるメタネーションでのバイオメタン化はTRLがおおむね5程度。一方、バイオメタネーションについてはプロジェクト間で若干の差があり、相対的に必要エネルギーが大きくなる攪拌気泡塔反応器（TRL7程度）が、トリクルベッド反応器（TRL3～4程度）よりも開発が進んでいる。
※1 bar =105Pa=105N/m^2。barは真空をゼロとするのに対し、bargは大気圧をゼロとする（ゲージ圧）。
出典：国立環境研究所資源循環領域小林主任研究員からの提供情報も踏まえ以下の文献よりパシフィックコンサルタンツが作成

[1] Adelaide S. Calbry-Muzyka and Tilman J. Schildhauer (2020) Direct Methanation of Biogas–Technical Challenges and Recent Progress. Frontiers in Energy Research, 8, 570887
[2] NREL (2023) Biomethanation to Upgrade Biogas to Pipeline Grade Methane.
[3] STORE&GO (2020) Remarks to the reader of the STORE&GO Roadmap for large-scale storage based PtG conversion in the EU up to 2050.

2.4.2　循環資源からの生成物

(1)　化学品（基礎化学品）

1)　市場動向

カーボンリサイクルの一種である CO_2 を原料とした化学品製造について、CO_2 由来プラスチックに限定した長期の需要予測は確認できていない。以下はプラスチック全般についての動向となるが、OECD の「Global Plastics Outlook Policy Scenarios to 2060」（2022）によると、世界におけるプラスチック消費量の推移は図 2-48 に示すとおりである。2019 年時点の 4 億 6 千万 t から、2060 年には 12 億 3 千万 t に増加すると予測されており、特にアジアやアフリカでの増加が顕著である。また、種類・用途別の推計は図 2-49 に示すとおりであり、2060 年には全種類のプ

ラスチックで使用量の増加が見込まれるものの、特に容器包装（PET や PE)、運輸、建設に伴う使用量の増加が大きく、全体の約 6 割を占めると見込まれている。

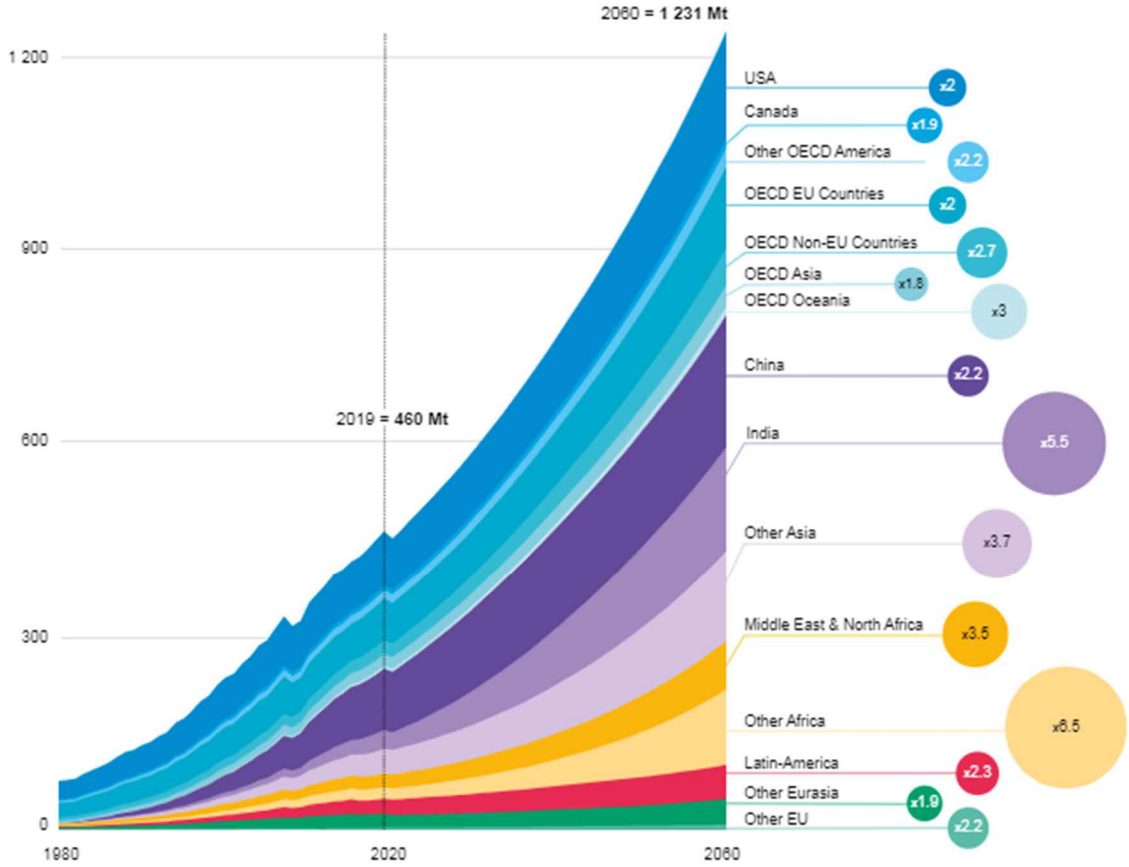


図 2-48　世界における地域別のプラスチック使用量の予測

出典：OECD (2022) POLICY HIGHLIGHTS　Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060 <https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1143_1143481-88j1bxuktr&title=Global-Plastics-Outlook-Policy-Scenarios-to-2060-Policy-Highlights>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

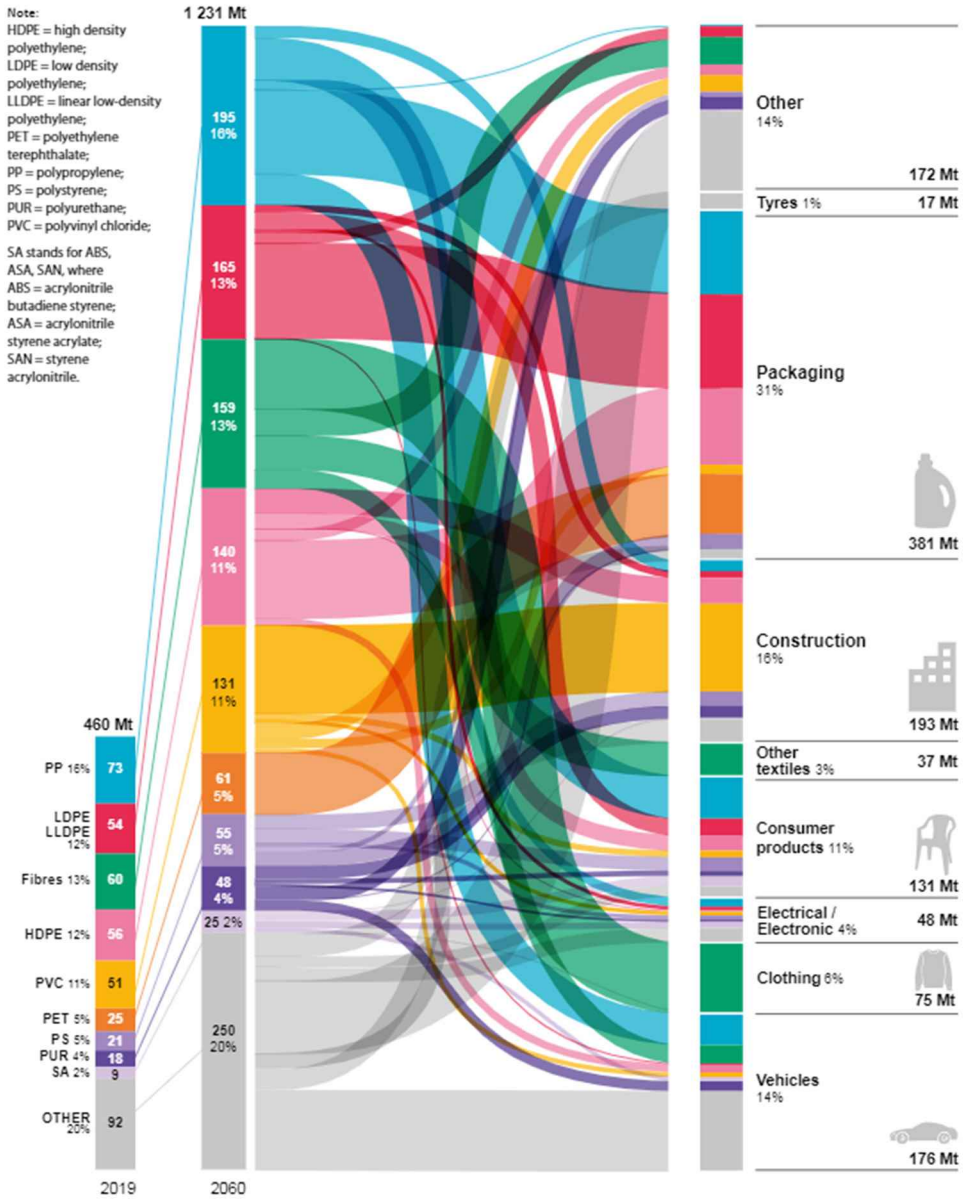


図 2-49 種類別・用途別のプラスチック使用量の予測

出典：OECD (2022) POLICY HIGHLIGHTS　Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060 <https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1143_1143481-88j1bxuktr&title=Global-Plastics-Outlook-Policy-Scenarios-to-2060-Policy-Highlights>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

市場規模については、経済産業省 製造産業局「「CO_2 等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画」（令和 3 年 10 月 15 日）において、アウトカムとして同プロジェクトによる経済波及効果を試算している。これによると、2030 年時点では 30 分の 1 程度の規模での実証が実施されるとして、国内で約 0.3 兆円/年、世界で 10 兆円/年、2050 年時点では現状のプラスチック市場と同程度と想定し、国内で約 10 兆円/年、世界で 360 兆円/年と推計されている。

2)　技術動向

CO_2 を原料とした化学品製造技術の開発について、国内では 2.2.2 にて述べたとおり、GI 基金において、CO_2 からポリカーボネートやポリウレタン等の機能性化学品を製造する技術の開発

や、CO_2 からアルコール類、アルコール類からエチレン、プロピレン等の基礎化学品を製造する技術の開発が進められている。

人工光合成等の技術については日本が先行するとされているが、海外においても CO_2 を活用した化学品製造技術の開発は進められており、一部は既に商用化されている。ドイツの化学品メーカーである Covestro AG は、アーヘン工科大学と共同で CO_2 をポリマーに変換する触媒を開発し、最大 20%の CO_2 を含むポリオール（ポリウレタンの主要構成要素）の生産に成功している[17]。同社のドルマーゲン工場では、近隣の化学工場の排出ガスから CO_2 を回収し、マットレスや自動車の内装等に使用されるポリオールを製造している[18]。また、英国の Econic Technologies も CO_2 からポリオールを製造する触媒及びプロセスを提供しており、同社の技術により、CO_2 排出量を 30%削減するとともに、製品の難燃性の向上やコーティング性能の強化等も図ることができるとしている[19]。

フランスの化粧品メーカーL'Oréal 社は 2020 年、米国 LanzaTech 社及びフランスの Total 社と共同で、CO_2 由来の化粧品用プラスチックボトルを開発している。LanzaTech 社が産業排ガスから CO_2 を回収し、生物学的プロセスを用いてエタノールに変換した後、Total 社が IFP Axens 社と共同開発した脱水プロセスにより、エタノールをエチレンに変換した上でポリエチレンに重合し、L'Oréal 社がポリエチレンから容器を製造する体制となっている。L'Oréal は、これを 2024 年までにシャンプー等の容器に利用することを目標としている[20]。

(2) SAF

1) 市場動向

SAF は、従来のジェット燃料が原油から精製されるのに対し、サトウキビなどのバイオマス燃料や、廃食油、都市ごみ等を原料として生産されることから、ジェット燃料と比較して約 60～80%の CO_2 削減効果があるとされている[21]。また既存の航空機、燃料供給インフラを使用できることから、航空分野における脱炭素化に向けて SAF の導入促進に対する期待は大きい。

国際航空運送協会（IATA）は、2021 年 10 月の第 71 回年次総会において、2050 年までの炭素排出ネットゼロを採択した。これに続き、国際民間航空機関（ICAO）も、2021 年 10 月の総会において、2050 年までに国際航空による炭素排出を実質ゼロとする野心的な長期目標（LTAG）を採択した。これを踏まえ、2023 年 11 月に開催された第 3 回会合（CAAF/3）においては、2030 年までに SAF により 5%の炭素削減を目指すグローバルな中間目標が新たに合意されている。なお、ICAO が 2016 年に設定した市場メカニズムを活用した全世界的な排出削減制度である「国際民間航空のためのカーボン・オフセット及び削減スキーム

---

17 Covestro AG「CO_2 as a new raw material – becoming a jack of all trades」<https://www.covestro.com/ja/sustainability/what-drives-us/circular-economy/alternative-resources/CO_2-as-a-raw-material>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

18 Covestro AG「CO_2 recovery and reuse: new ways of sustainability」<https://www.covestro.com/ja/company/covestro-worldwide/italy/covestro-in-italy/stories/CO_2-recupero-e-riutilizzo>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

19 Econic Technologies「Company」<https://www.econic-technologies.com/company/>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

20 L'Oréal「Lanzatech, Total and L'Oréal: the First Cosmetic Plastic Bottle Made from Industrial Carbon Emissions」<https://www.loreal.com/en/news/group/lanzatech-total-and-loreal/>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

21 国土交通省「航空の脱炭素化の取り組み～空のカーボンニュートラル～」<https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk8_000007.html>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

（CORSIA：Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation）」においては、参加する各運航会社は定められたルールに沿って必要量の二酸化炭素排出枠を購入し、オフセットする義務が課される。CORSIA の運用は 2021 年に始まり、2027 年には免除対象国を除いて全ての ICAO 加盟国に参加が義務付けられることとなっている。

また、世界経済フォーラム（WEF）は、2019 年に航空会社、航空燃料供給会社等 80 以上の企業・団体などからなるクリーン・スカイズ・フォー・トゥモロー・コアリション（Clean Skies for Tomorrow Coalition）を組織し、世界の航空業界で使用される燃料のうち、持続可能な航空燃料の供給・使用の割合を 2030 年までに 10%に増加させるとのコミットメントを、主要な航空各社を含む 60 社が表明している。これを踏まえ、大手航空各社は自社における SAF 導入目標を掲げている。

表 2-44　2030 年 SAF 導入 10%の目標を掲げているエアライン

2030年 SAF置き換え目標	クリーン・スカイズ・フォー・トゥモロー・ コアリション 加盟航空会社	
10%目標	・全日本空輸(日) ・エディハド航空(UAE) ・エア・カナダ(カナダ) ・デルタ航空(米) ・シンガポール航空(星) ・サウスウエスト航空(米) ・バージン・アトランティック航空(英) ・エミレーツ航空(UAE) ・アエロメヒコ(メキシコ) ・ジェットブルー航空(米) ・KLM-エールフランスグループ(蘭) ・ユナイテッド航空(米) ・ルフトハンザドイツ航空(独) ・ニュージーランド航空(ニュージーランド) ・スパイスジェット(印) ・イージージェット航空(英) ・ヴィスタラ(印)	・ワンワールド - アラスカ航空(米) - アメリカン航空(米) - ブリティッシュ・エアウェイズ(英)※ - キャセイパシフィック航空(香港)※ - フィンエアー(フィンランド) - イベリア航空(スペイン)※ - 日本航空(日)※ - マレーシア航空(馬) - カンタス航空(豪州) - カタール航空(カタール) - ロイヤル・エア・モロッコ(モロッコ) - ロイヤル・ヨルダン航空(ヨルダン) - スリランカ航空(スリランカ) ・インターナショナル・エアラインズ・グループ
30%独自目標	DHL航空(独)	

※ワンワールド加盟社のうちさらに個社として、SAF10%利用を宣言している航空会社

出典：GX 実行会議「分野別投資戦略 参考資料（持続可能な航空燃料（SAF））」

IATA によると、2050 年炭素排出ネットゼロを達成するためには、CO_2 排出削減量の 65%を SAF 導入により実現する必要があるとしている。そのためには、2050 年時点で 4,490 億 L の SAF が必要と試算されているが、これに対し、2023 年における SAF 生産量は、前年から倍増したものの、3 億 L にとどまっている。

また、ICAO「Report on the Feasibility of a Long-Term Aspirational Goal (LTAG) for International Civil Aviation CO_2 Emission Reductions」（「LTAG Report」、2022 年 3 月）では、実現可能性と野心の高さに応じた三つのシナリオを設定し、LTAG 達成に向けた CO_2 排出量、燃料の需要予測等を行っており、最も野心的なシナリオ（IS3）では、2050 年炭素排出ゼロを達成するために、国際航空による CO_2 排出量を SAF 等の燃料により 55%削減する必要があるとしている。また、同レポートによると、将来的に水素燃料の導入が進んだとしても引き続き SAF の需要は大きく、国際線による燃料需要は 2035 年で約 19 万 kt/年、2050 年では約 33 万 kt/年と予測されている。

一方、航空関係の専門家や企業から構成される ATAG（Air Transport Action Group）が取りまとめた「Waypoint 2050 Second Edition」（2021 年 9 月）においては、航空機技術と運行改善を推進するシナリオ（F2)、SAF を積極的に導入するシナリオ（F3)、野心的かつ積極的な技術の観点からのシナリオ（F4）の各シナリオについて、2050 年ネットゼロを実現するための SAF 必要量を推計している。SAF を積極的に導入するシナリオ（F3）では、2050 年に年間約 445Mt（5,500 億 L）の SAF が必要とされており、その内訳としては、バイオ由来が 41%で、半分以上は再エネ由来水素を用いた合成燃料（power-to-liquids）になると予測されている。また、2020 年及び 2050 年の原料別 SAF 生産可能量が示されており、農業残渣や木質バイオマスなど、バイオ由来原料からの生産可能量は増加もしくは横ばいの傾向であるのに対し、産業排ガス由来の SAF 生産可能量は 2050 年にかけて大幅に減少する試算となっている。これは、主に鉄鋼産業において脱炭素化が進み、工場からの排ガス量が大幅に減少するためとされている。

さらに、「Waypoint 2050 Second Edition」においては地域別の原料の利用可能性についても整理されており、同文献によると、SAF の原料供給量は東南アジアを中心とする地域でポテンシャルが高い。GX 実行会議にて取りまとめられた「分野別投資戦略」の「参考資料（持続可能な航空燃料（SAF)」においても、「SAF 安定供給のためには、バイオマス原料の長期安定調達が必要不可欠。我が国においても複数の SAF の製造プロジェクトが検討されているが、将来的な SAF の需要増加や海外企業による積極的な域外への展開を踏まえ、諸外国に後れをとることがないよう、海外での SAF 原料開発に進出していくことが重要」とされている中で、ポテンシャルの豊富な東南アジア等との連携が重要になると考えられる。

他にも例えば、英国、ノルウェー、オーストラリアや我が国における SAF 導入ポテンシャルの推計が行われている事例が存在する[22]。また、我が国の SAF 導入促進に関しては、国土交通省及び経済産業省が事務局を務める「持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた官民協議会」においても検討が進められており、令和 5 年 5 月には「持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた施策の方向性について（中間取りまとめ（案)」が出されている。

2) 技術動向

SAF を含むバイオ燃料の原料及び製造プロセスは複数あり、原料は大きく三つの世代に区分される。このうち、第一世代と呼ばれる従来のバイオエタノール（サトウキビやとうもろこしなど、特に砂糖やデンプンなどを原料としたもの）や植物油などに由来する脂肪酸メチルエステル（FAME：Fatty Acid Methyl Ester）は食料と競合することから、近年はそれらを除く第二世代、次世代（あるいは第三世代）と呼ばれるバイオ燃料の開発が進められている。

バイオ燃料のうち、航空機用ジェット燃料としての基準を満たしたものが SAF であり、その変換プロセスは ASTM International（米国）などの組織によって評価及び承認される。2023 年 7 月時点では、表 2-45 に示す 11 の変換プロセスが承認されており、さらに航空機での SAF100％実現や、混合の増加（5％から 30％)を図る検討も進行している。また、ASTM では、このほか表 2-46 に示す 8 つの SAF 変換プロセスが評価中となっている。

[22] 一般財団法人 運輸総合研究所「我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策　別添 1　SAF の導入ポテンシャルに関する検討」（令和 4 年 3 月）

表 2-45　承認済みの SAF 変換プロセス

ASTM番号	変換プロセス	略称	主な原材料	混合上限
ASTM D7566 Annex 1	Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene	FT	石炭、天然ガス、バイオマス	50%
ASTM D7566 Annex 2	Synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids	HEFA	バイオオイル、生物系油脂、再生油	50%
ASTM D7566 Annex 3	Synthesized iso-paraffins from hydroprocessed fermented sugars	SIP	バイオマス糖	10%
ASTM D7566 Annex 4	Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources	FT-SKA	石炭、天然ガス、バイオマス	50%
ASTM D7566 Annex 5	Alcohol to jet synthetic paraffinic kerosene	ATJ-SPK	エタノール、イソブタノール又はイソブテン由来のバイオマス	50%
ASTM D7566 Annex 6	Catalytic hydrothermolysis jet fuel	CHJ	大豆油、ジャトロファ油、カメリナ油、カリナータ油、桐油等のトリグリセリド	50%
ASTM D7566 Annex 7	Synthesized paraffinic kerosene from hydrocarbon - hydroprocessed esters and fatty acids	HC-HEFA-SPK	藻類	10%
ASTM D7566 Annex 8	ATJ derivative starting with the mixed alcohols	ATJ-SKA	エタノール及びC2～C5アルコール	50%(将来的には100%を期待)
ASTM D1655 Annex A1	co-hydroprocessing of esters and fatty acids in a conventional petroleum refinery	co-processed HEFA	石油と混合処理された脂肪、油及びグリース（FOG）	5%
ASTM D1655 Annex A1	co-hydroprocessing of Fischer-Tropsch hydrocarbons in a conventional petroleum refinery	co-processed FT	石油と混合処理されたFT合成炭化水素	5%
ASTM D1655 Annex A1	co-hydroprocessing of biomass	co-processed biomass	（記載なし）	5%

出典：ICAO「Conversion processes」<https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>(最終アクセス 2024 年 3 月 4 日)及び Swedish Biofuels「EU funded project BFSJ 612763」<https://swedishbiofuels.se/projects/biological-fully-synthetic-jet>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）より作成

表 2-46　現在評価中の SAF 変換プロセス

変換プロセス	略称	主な開発者
synthesized aromatic kerosene	SAK	Virent
Integrated hydropyrolysis and hydroconversion	IH2	Shell
Alcohol-to-Jet (ATJ) derivative utilising biochemical production of isobutene	-	Global Bioenergies
Single Reactor HEFA (Drop-in Liquid Sustainable Aviation and Automotive Fuel)	DILSAAF	Indian CSIR-IIP
Pyrolysis of non-recyclable plastics	ReOIL	OMV
Co-processing of pyrolysis oil from used tires		
Methanol to jet		ExxonMobil

出典：ICAO「Conversion processes」< https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>(最終アクセス 2024 年 3 月 4 日)より作成

都市ごみを原料とした SAF 製造プロジェクトとしては、米国 Fulcrum Bioenergy 社がネバダ州において、ガス化・FT 合成により約 17.5 万 t の廃棄物から SAF の原料となる合成原油を年間 1,100 万ガロン生産する施設を 2022 年から稼働している。同社はインディアナ州とメキシコ湾岸においてもそれぞれ年間約 3,100 万ガロンの SAF 生産施設を計画しており、2027 年にはイギリスにおいても年間約 1 億 L の SAF 生産施設の稼働を予定している[23]。また、米国のスタートアップ企業 WasteFuel 社はフィリピンのマニラにおいて 2025 年までに都市ごみから商用量の SAF を製造する施設の稼働を計画しており、年間 100 万 t の都市ごみから 3,000 万ガロンの SAF 生産を予定している。なお、WasteFuel 社については、世界最大のプライベートジェット会社である NetJets 社（米国）が株式の 20%を保有しており、今後 10 年間で最低 1 億ガロンの SAF 購入を予定している[24]。中東地域においても、米国のバイオ関連企業である LanzaTech Global 社と Tadweer 社（UAE、旧アブダビ廃棄物管理会社）が、固形廃棄物をガス化しバイオリアクタによってエタノールに変換する技術に関して 2023 年 12 月から FS を実施しており、年間約 35 万 t の廃棄物から 20 万 t のエタノールへの変換が可能としている。エタノールは、さらに LanzaJet 社にて ATJ 技術により SAF に変換される計画としている[25]（ガス化技術を適用した事例の概要は表 2-42 を参照。）。

(3)　合成燃料

1)　市場動向

合成燃料とは、二酸化炭素と水素を合成して製造される燃料であり、水素やアンモニアなどのガスと比べてエネルギー密度が高いため長距離輸送に活用できること、既存の内燃機関や燃料インフラが利用できること、資源国以外でも製造できること、硫黄分や重金属分が少なく原油と比べて環境負荷が低いこと等が利点として挙げられる。なお、再エネ由来の水素を用いた合成燃料は、「e-fuel」と呼ばれる。

我が国における合成燃料の導入促進については、内閣官房他「2050 年カーボンニュートラル

[23] Fulcrum Bioenergy「Net-Zero Carbon Plants」<https://www.fulcrum-bioenergy.com/plants-overview#reno-nv>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

[24] Green Air Communications「US start-up WasteFuel plans to pump municipal waste-based SAF in the Philippines by 2025」<https://www.greenairnews.com/?p=1046>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

[25] LanzaTach「Accelerating global sustainable waste management: LanzaTech and Tadweer explore transforming solid waste into sustainable aviation fuel」<https://ir.lanzatech.com/news-releases/news-release-details/accelerating-global-sustainable-waste-management-lanzatech-and>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

に伴うグリーン成長戦略」（令和 3 年 6 月 18 日）において、2040 年までの商用化が目標に掲げられた。その後、「合成燃料（e-fuel）の導入促進に向けた官民協議会」における議論等を踏まえ、資源エネルギー庁資源・燃料部「合成燃料（e-fuel）の導入促進に向けた官民協議会 2023 年中間とりまとめ」（令和 5 年 6 月 30 日）において、この目標を前倒しし、「2025 年に製造を開始し、2030 年代前半までの商用化を目指す」とする「合成燃料（e-fuel）の商用化に向けたロードマップ（改訂版）」が示されたところである。これによると、我が国における生産量の目標は、2025 年にベンチプラントによる実証として 1 バレル/日、2028 年にパイロットプラントによる実証として 300 バレル/日、そして 2035 年には 1 万バレル/日まで生産量を拡大する方針としている。一方、海外において現在、実証・商用規模にあるプロジェクトのうち、複数のプロジェクトで、2025 年頃からの本格生産を目標に掲げている。

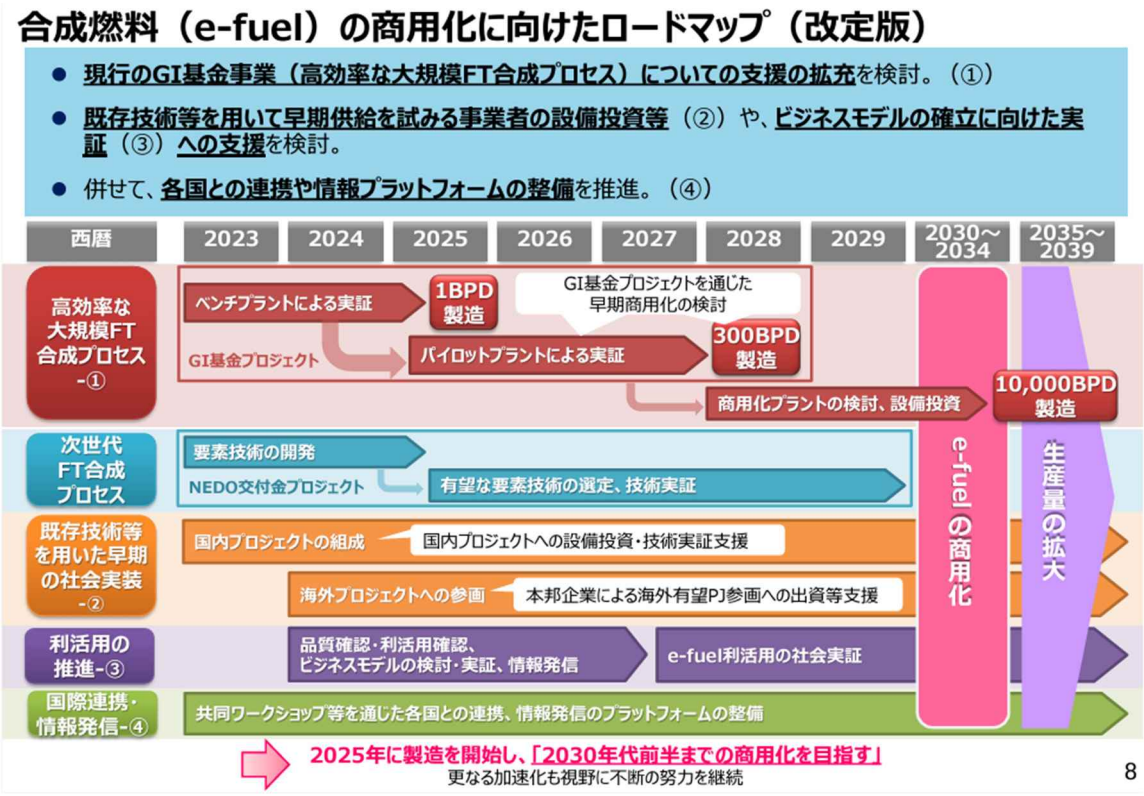


図 2-50　合成燃料（e-fiel）の商用化に向けたロードマップ（改訂版）

出典：資源エネルギー庁資源・燃料部「合成燃料（e-fuel）の導入促進に向けた官民協議会 2023 年中間とりまとめ」（合成燃料（e-fuel）の導入促進に向けた官民協議会、2023 年 6 月 30 日）

合成燃料の需要としては、自動車用燃料、航空機・船舶用燃料、民生・産業用燃料等が挙げられる。このうち、自動車については、世界的な電動化の流れの中でもエンジン車との併存は続くと予測されており、国際エネルギー機関（IEA）の見通しによると、ハイブリッド車等を含むエンジン搭載車の割合は 2030 年時点で 91%、2040 年時点においても 84%と予測されていることから、カーボンニュートラル実現に向けて、エンジン搭載車への燃料供給として合成燃料の利用が求められる。

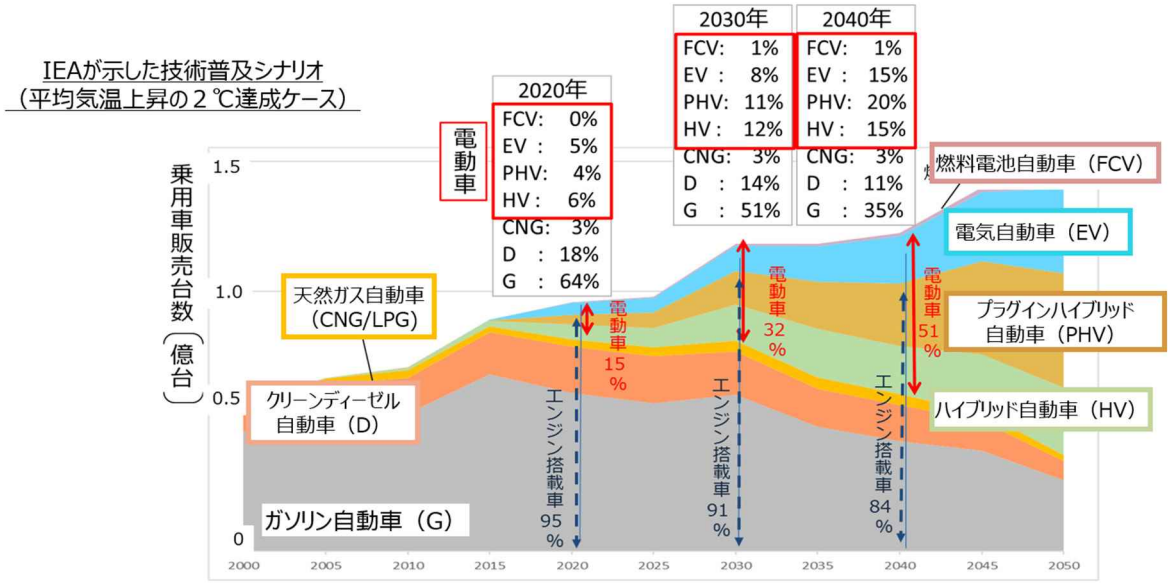


図 2-51　自動車の技術普及シナリオ

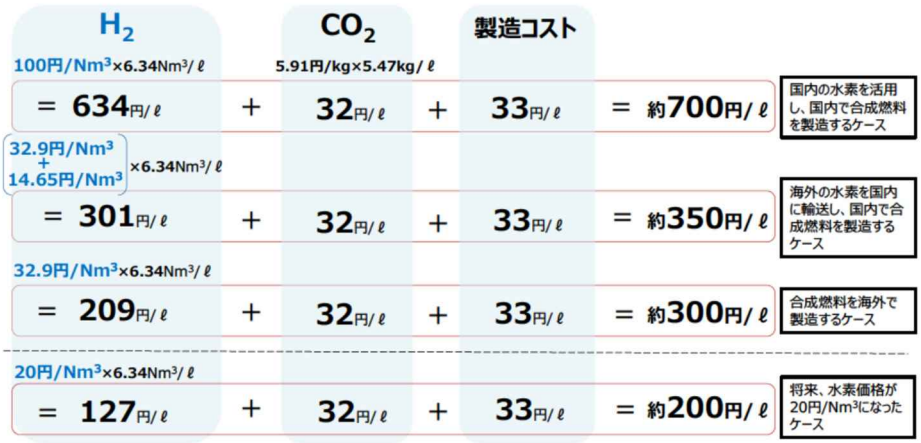
出典：経済産業省「エンジン車でも脱炭素？グリーンな液体燃料「合成燃料」とは」
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/gosei_nenryo.html>
（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）

航空燃料については、前述のとおり、ICAO の 2050 年炭素排出ネットゼロに向けたシナリオにおいて、SAF 等による CO_2 排出削減量に合成燃料による削減量も見込まれており、国際線による合成燃料（排出ガス CO_2 及び DAC（Direct Air Capture の略。詳細は後述の「2）技術動向」参照）由来）の需要量は 2035 年で約 4 万 kt/年、2050 年では約 19 万 kt/年と予測されている。また、ATAG の推計においても、2050 年時点で必要となる SAF 等のうち約半分を占める 139～252Mt が合成燃料（Power-to-Liquids）とされている。

船舶についても、国際海事機関（IMO）が令和 5 年 7 月の第 80 回海洋環境保護委員会（MEPC 80）において、2018 年に採択した「IMO GHG 削減戦略」を改定し、国際海運からの GHG 排出削減目標を「2050 年頃までに GHG 排出ゼロ」へと強化した。また、IMO で策定する対策（ルール）により達成を目指す目標として「2030 年までに、ゼロエミッション燃料等の使用割合を 5～10%」も掲げられており、国際海運の GHG 排出削減を更に進めるための具体的な対策の立案作業が本格化する見通しとされている[26]。

合成燃料の普及に向けてはコストが課題とされる。経済産業省合成燃料研究会「合成燃料研究会 中間とりまとめ」（2021 年 4 月）においては、参考値として図 2-52 の試算値が示されている。合成燃料は脱炭素燃料であるという環境価値を踏まえ、既存燃料と単純に比較することは適当ではないとしつつも、コスト低減のために、製造効率の向上、CO_2 分離・回収コストと H2 製造・輸送コストの低減が必要としている。一方、国際組織である eFuel Alliance は、合成燃料の混合割合の増加に伴い製造コストは低減し、2050 年には消費者にとっても「手頃な価格」になると予測している。

[26] 国土交通省「国際海運「2050 年頃までに GHG 排出ゼロ」目標に合意 ～国際海事機関 第 80 回海洋環境保護委員会（7/3～7/7）の開催結果～」
<https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000289.html>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）より



※NEDO 報告書「CO_2からの液体燃料製造技術に関する開発シーズ発掘のための調査（2020.8）」より、合成燃料 1ℓあたり水素投入量：6.34Nm³/ℓ、CO_2投入量：5.47kg/ℓと仮定。

※国内の水素価格 100 円/Nm³（現在）、20 円/Nm³（将来）は水素基本戦略より引用。海外の水素価格 32.9 円/Nm³、水素輸送コスト 14.65 円/Nm³は NEDO 報告書「CO_2からの液体燃料製造技術に関する開発シーズ発掘のための調査（2020.8）」より引用。

※CO_2回収コスト 5.91 円/kg は、発電所・工場等から排出される CO_2 を化学反応法により回収したコストとして、NEDO 報告書「CO_2からの液体燃料製造技術に関する開発シーズ発掘のための調査（2020.8）」より引用。

※製造コストについては、NEDO 報告書「CO_2からの液体燃料製造技術に関する開発シーズ発掘のための調査（2020.8）」の数値を参考に、逆シフト反応設備・FT 合成設備のコストに保守・人件費を加えて試算。

図 2-52　合成燃料のコスト（現状の試算値）

出典：経済産業省 合成燃料研究会「合成燃料研究会 中間とりまとめ」（2021 年 4 月）

2)　技術動向

「合成燃料研究会 中間とりまとめ」（2021 年 4 月）によると、合成燃料は図 2-53 に示すとおり大きく液体合成燃料と気体合成燃料に区別され、前者にはサバティエ反応等のメタネーションによって製造される合成メタンが、後者には FT 合成反応等によって製造されるガソリン・灯油・軽油等の混合物が該当するとされる。FT 法（フィッシャー・トロプシュ法）とは、水素と二酸化炭素を反応させ製造した合成ガスから、ガソリンやディーゼル燃料等を製造するための合成粗油を製造するプロセスである。この技術は既に世界中で実用化が進みつつある。

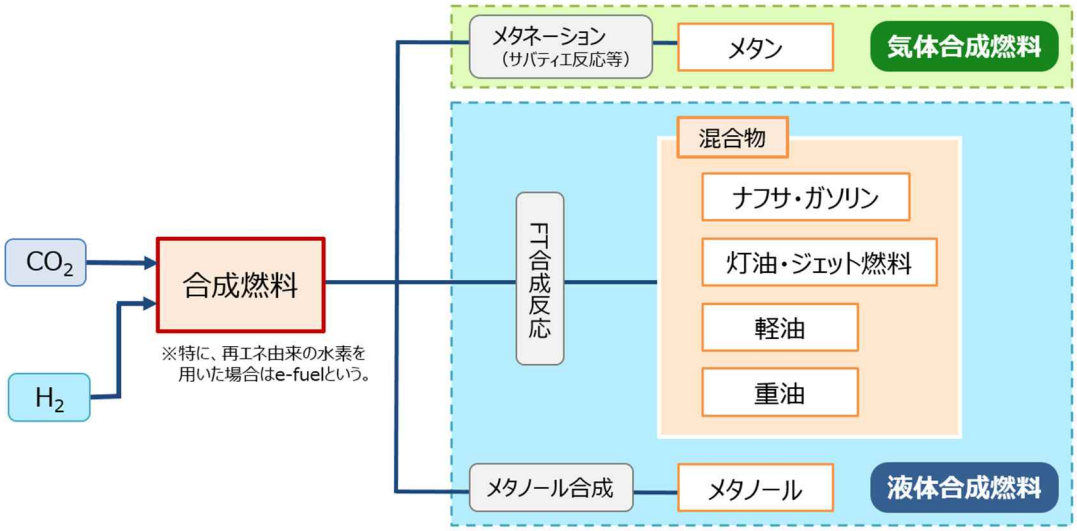


図 2-53　合成燃料の種類

出典：経済産業省 合成燃料研究会「合成燃料研究会 中間とりまとめ」（2021 年 4 月）

原料となる CO_2 は、発電所や工場などから排出された高濃度の CO_2 を分離・回収し利用する方法と、大気中の低濃度の CO_2 を直接分離・回収する「DAC 技術」がある。前者については、アミン系の化学吸収液を用いた CO_2 分離・回収技術が既に商用化されている。また、物理吸収、分離膜を用いた分離・回収技術等は、技術確立に向けた研究開発が進められている段階である。詳細は図 2-9 に整理したとおりである。一方、大気中の CO_2 を直接分離・回収する DAC 技術は、従来技術ではコストが高くなるため技術革新が必要とされる。DAC の方法は大きく①化学吸収・吸着法、②膜分離法、③深冷法があり、主に①化学吸収・吸着法の技術開発が進んでいる。

合成燃料の製造技術・製造技術には複数の方法が用いられている。合成ガス製造における主な方法を表 2-47 に示す。

表 2-47　合成燃料の製造技術（合成ガス製造）

段階	技術	概要	課題
既存技術	逆シフト（RWGS）	平衡反応であるシフト反応を逆向きに進行させる反応。逆シフト反応を進行させるには、高温化（600℃以上）で触媒を用いて行う必要がある。	・低温化で工業的に使用されているシフト反応用の触媒を流用することは困難であり、高温に耐え得る触媒の開発が必要。
革新的技術	直接合成（Direct-FT）	逆シフトとFT合成を同時に実現し、CO_2とH2から直接、炭化水素を製造する手法。	・基礎研究段階。 ・逆シフトとFT合成のいずれの反応も進行させ、かつ連鎖成長率が高い（生成する炭化水素のCの数が大きい）触媒の開発が必要。
	CO_2電解	電解装置を用いて、電極上でCO_2をCOに電気化学的に還元する方法。低温下でも反応が進行するため高耐久性が期待され、長時間運転への対応が可能。	・現存する電解装置では大規模かつ安定的にCOを精製することができないため、複数の電解装置を一体運用するための設計開発が必要。
	共電解	水電解とCO_2電解を同時に行う手法。合成ガスへの転換をワンストップ化することにより、効率的な製造が可能。	・CO_2電解と同様、電解装置の大型化が必要。 ・高温化の反応で、電解装置の劣化や副反応が起こるため、電解装置の耐久性向上や副反応の制御が課題。

出典：経済産業省 合成燃料研究会「合成燃料研究会 中間とりまとめ」（2021 年 4 月）より作成

合成燃料については、実証・商用規模のもの、研究開発段階のものを含め、欧米を中心に複数のプロジェクトが進行している。運輸部門向けのプロジェクトでは、MtG プロセスによる自動車向けの合成燃料製造と、RWGS＋FT 合成による燃料製造の動きが活発であり、2020 年代の前半に小規模の製造が開始され、2020 年代後半には商用規模の合成燃料製造が開始される見込みである。なお、CO_2 の供給源としては発電所や工場とするものが多いが、Nordic Electrofuel 社のプロジェクトにおいては、廃棄物焼却プラントやバイオ燃料プラントなどの CO_2 排出源を利用することで、競争力のある燃料価格を実現することとしている[27]。

また、合成燃料の普及に向け自動車関連企業、エネルギー関連企業等約 170 社が参画する国際組織である eFuel Alliance も、計画中及び既存の合成燃料製造拠点をウェブサイトで公表しており、令和 6 年 2 月 15 日時点で 23 のプロジェクトの概要が紹介されている[28]。なお、国内では、GI 基金「CO_2 等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトが進められており、プロジェクトの概要等については表 2-8 に整理したとおりである。

[27] みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社「合成燃料に関する海外の技術動向について」（合成燃料（e-fuel）の導入促進に向けた官民協議会 第 1 回 商用化推進ワーキング・グループ 、2022 年 12 月）より

[28] eFuel Alliance「Selection of announced or already existing production sites」<https://www.efuel-alliance.eu/efuels/efuels-production-map>（最終アクセス 2024 年 3 月 4 日）より

(4) バイオメタン

1) 市場動向

バイオメタンとは、バイオマスをメタン発酵してバイオガスを発生させ、それを精製（二酸化炭素等を除去）しメタンとしての純度を高めたものであり、天然ガスと同様に利用することができる。

IEA の統計によると、2018 年時点におけるバイオメタン・バイオガスのポテンシャルは図 2-54 に示すとおりであり、持続可能な賦存量がバイオメタン 730Mtoe（石油換算メガトン）、バイオガス 570Mtoe であるのに対し、生産量は 35Mtoe に留まるとされている。

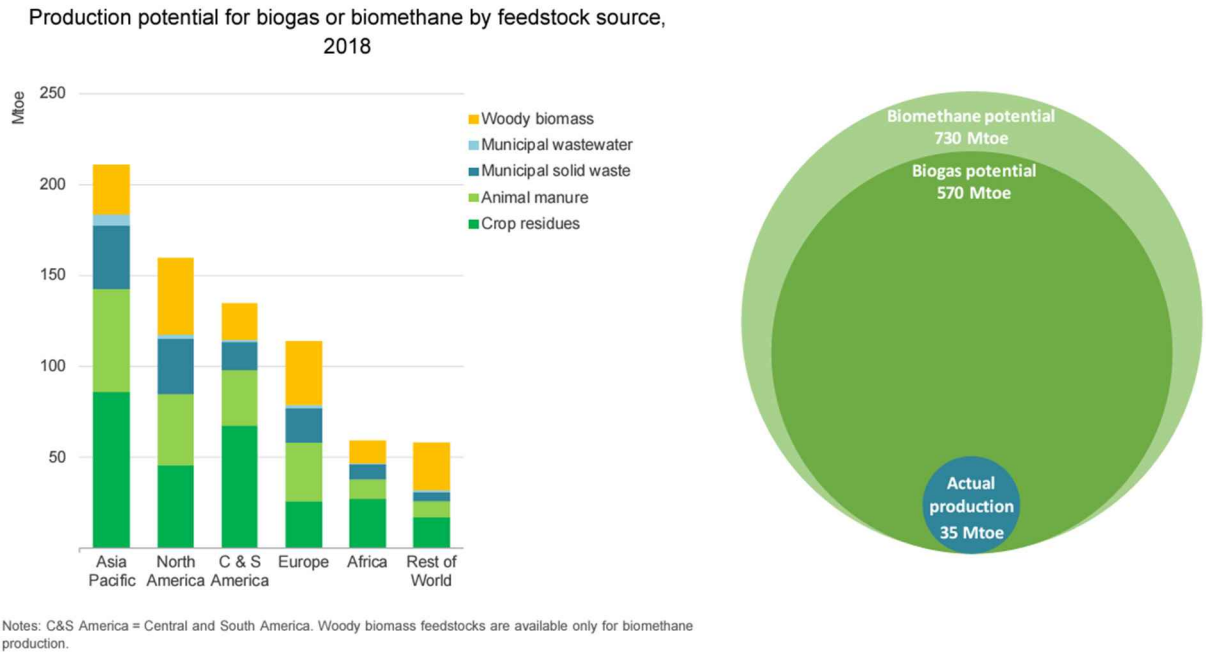


図 2-54　バイオガス・バイオメタンの賦存量と生産量

出典：IEA 2022; Outlook for biogas and biomethane, https://iea.blob.core.windows.net/assets/03aeb10c-c38c-4d10-bcec-de92e9ab815f/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf, License: CC BY 4.0

EU は、2021 年 7 月に発表した Fit For 55 において、年間 170 億 m^3 のバイオメタン利用の目標を掲げていたが、ロシアのウクライナ侵攻を受け、2022 年 3 月に発表した REPowerEU において、2030 年までに年間 180 億 m^3 のバイオメタンを追加導入する目標を設定した。これにより、2030 年のバイオメタン導入量は 350 億 m^3 を目指すこととなっている。フランスは、2030 年にガス需要の最大 10%をバイオメタンで賄うという目標を掲げ、バイオメタンのガス導管注入に関し、小規模なバイオメタンプラントに対しては FIT 制度により、大規模なプラントに対しては入札制度により 15 年間の支援を行うとされている。英国においても、2025 年までの措置としてグリーンガス・サポート・スキーム（GGSS）というバイオメタンのガス導管注入に対する 15 年間の支援が存在する。また、米国カリフォルニア州は、主に廃棄物、埋立地、農地及び森林分野からのメタン等の排出削減対策として、2022 年 2 月、ガス供給事業者に対し、2025 年に 176 億立方フィート（約 5 億m^3）、2030 年に 728 億立方フィート（約 20 億 m^3）のバイオメタン調達目標を設定している。

IEA の「Outlook for biogas and biomethane」によるバイオガス・バイオメタン需要量の将来

予測（2018～2040 年）は、図 2-55 に示すとおり、2040 年時点で 200Mt 超となっている。地域別では主にアジアにおける需要が伸びると予測される一方、用途別では現状における天然ガスの用途を反映し、いずれの用途においても需要が伸びると予測されている。

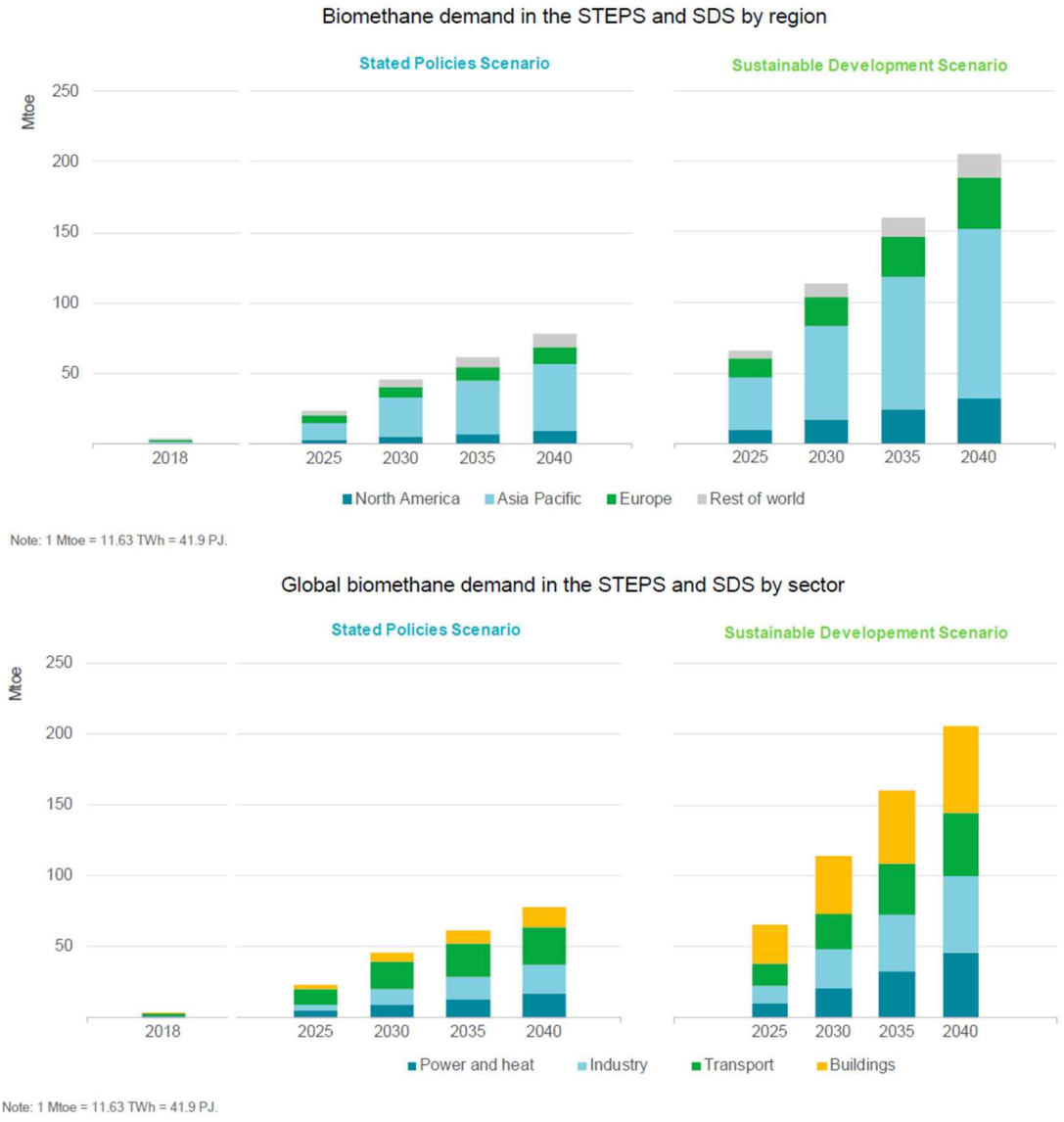


図 2-55　バイオガス・バイオメタンの需要予測（～2040 年）

出典：IEA 2022; Outlook for biogas and biomethane, https://iea.blob.core.windows.net/assets/03aeb10c-c38c-4d10-bcec-de92e9ab815f/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf, License: CC BY 4.0

また、IEA の「World Energy Outlook 2023」（2023 年 10 月）による生産量の予測は図 2-56 に示すとおりであり、ネットゼロシナリオにおける 2050 年の生産量は約 3,000 億 m^3 と予測されている。

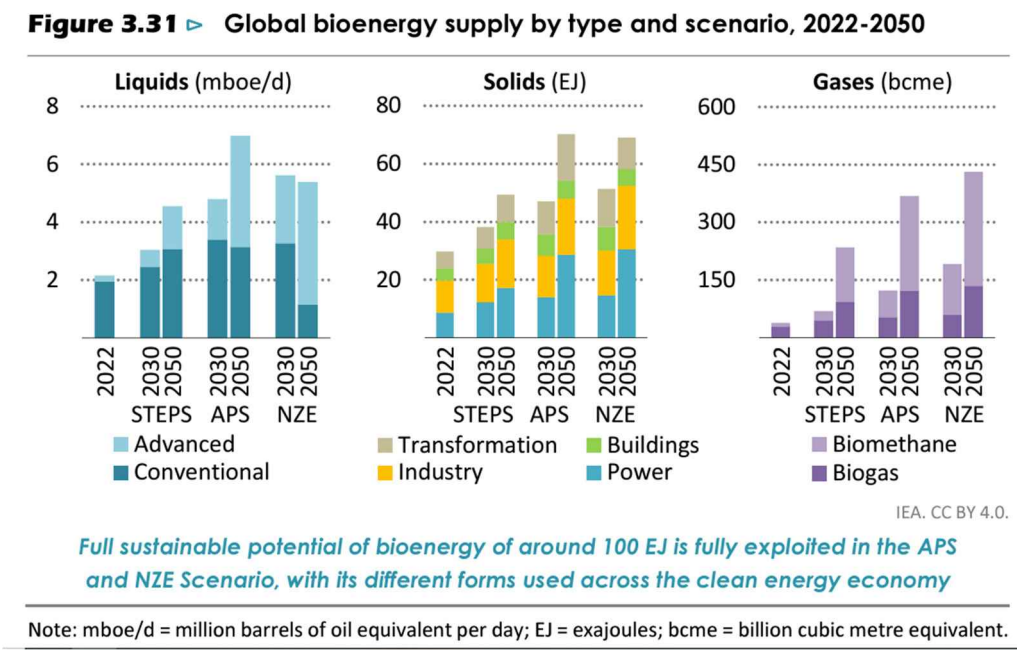


図 2-56　バイオ燃料の供給量予測（2022～2050 年）

出典：IEA 2023; World Energy Outlook 2023, https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf, License: CC BY 4.0

EU については、European Biogas Association（EBA）の「EBA Statistical Report 2023」において、EU におけるバイオメタン導入量 350 億 m^3 の目標達成に向けた年ごとの予測値が示されており、目標達成のためには年間約 30%のバイオメタン生産量の増加が必要としている。なお、EBA の資料においては、各国における 2030 年のバイオメタン導入目標の策定状況等も示されており、2023 年 11 月時点で国内エネルギー・気候計画（National Energy and Climate Plan：NECP）を策定済みの 10 か国で合計 150 億 m^3 のバイオメタン導入が目標とされている。

水素と二酸化炭素（又は一酸化炭素）から合成されたメタン（合成メタン）のうち、グリーン水素等の非化石エネルギー源を原料として製造されたものを特に「e-methane」と呼ぶ。これを踏まえると、バイオガス中の CO_2 をメタネーションすることで生成されたバイオメタンは合成メタンの一種であるとも考えられるが、経済産業省等における整理では、合成メタンとバイオメタンは並列に区別され整理されている。総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 ガス事業制度検討ワーキンググループ「都市ガスのカーボンニュートラル化について中間整理」（2023 年 6 月）によると、合成メタンの将来的な生産コスト・輸入価格の目標や試算については、日本ガス協会及びエネルギー経済研究所がそれぞれ発表しており、いずれの試算においても、将来の合成メタンの製造コスト・供給価格は、水素製造・電力コストに大きく依存するとしている。IEA の「Gas Market Report, Q2-2023」（2023 年 3 月）においても、合成メタンの製造コストは再エネ由来水素の製造方法によって様々であるが、図 2-57 に示すとおり、2030 年には再エネ技術及び電解に伴うコストの低減に伴い大幅に下がると予測されている。

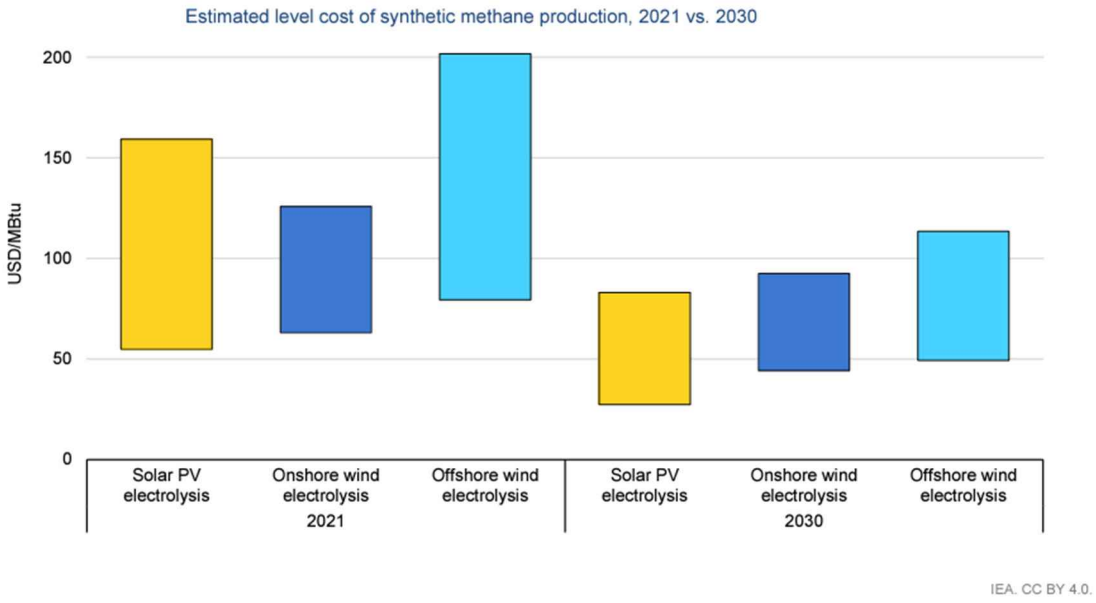


図 2-57　合成メタン製造コストの比較

出典：IEA 2023; Gas Market Report, Q2-2023, https://iea.blob.core.windows.net/assets/6f2f0dcc-72af-4c01-bcc7-fbfe690ab521/GasMarketReportQ22023.pdf, License: CC BY 4.0

合成メタンに関する将来の需給見通しについては、IEA の「Medium-Term Gas Report 2023」（2023 年 10 月）において日本及び欧州における導入目標等に関する記述がある。合成メタンの開発に関しては日本が世界をリードしているとし、「第 6 次エネルギー基本計画」における導入目標を紹介するとともに、欧州における導入見込みとして、European Network of Transmission System Operators for Gas（ENTSOG）の推計値（2030 年までに 2 億 m^3/年、2050 年までに 20～40m^3/年）や、フランスガス協会の推計値（2030 年までに 3 億 m^3/年、2050 年までに 54m^3/年）を挙げている。

なお、「第 6 次エネルギー基本計画」（令和 3 年 10 月）における我が国の導入目標は、「2030 年には、既存インフラへ合成メタンを 1%注入し、その他の手段と合わせてガスの５％をカーボンニュートラル化するとともに、2050 年には合成メタンを 90%注入し、その他の手段と合わせてガスのカーボンニュートラル化を目指す」、「2050 年までに合成メタンを 2,500 万 t 供給し、合成メタンの価格が現在の LNG 価格（40～50 円／Nm^3）と同水準となることを目指す」としている。

2)　技術動向

バイオメタンは、メタン発酵で生成するバイオガスに由来するものと、熱分解・ガス化で生成する熱分解ガスに由来するものに大別され、前者はバイオガスから CO_2 を分離除去した精製メタンと、バイオガス中の CO_2 をメタンに変換（メタネーション）した合成メタンに分類される。いずれも、物理化学的手法、生物化学的手法による複数の製造方法がある[29]。

バイオメタンの原料となるバイオガスは、ごみ、下水汚泥、家畜排せつ物等のバイオマスをメタン発酵したものであり、約 60%はメタン、約 40%は二酸化炭素である。性状が天然ガスと近

[29] 小林拓朗，倉持秀敏. (2022).資源循環分野におけるバイオメタンおよびバイオメタネーション技術. 廃棄物資源循環学会誌, 33, 1, p.25-34.より

いため、既存の都市ガスインフラ・ネットワークが活用可能であり、バイオメタンの製造・ガス導管への注入は、技術的に確立している。また、固体バイオマスを高温でガス化し、発生した水素と一酸化炭素をメタネーションしてメタンを得る方法もある。

バイオガス及びバイオメタンの主な製造経路は、図 2-58 に示すとおりである。なお、バイオメタネーション技術については、小林拓朗・倉持秀敏「資源循環分野におけるバイオメタンおよびバイオメタネーション技術」（廃棄物資源循環学会誌，Vol.33, No.1, pp.25-34, 2022）等に詳細の記載がある。

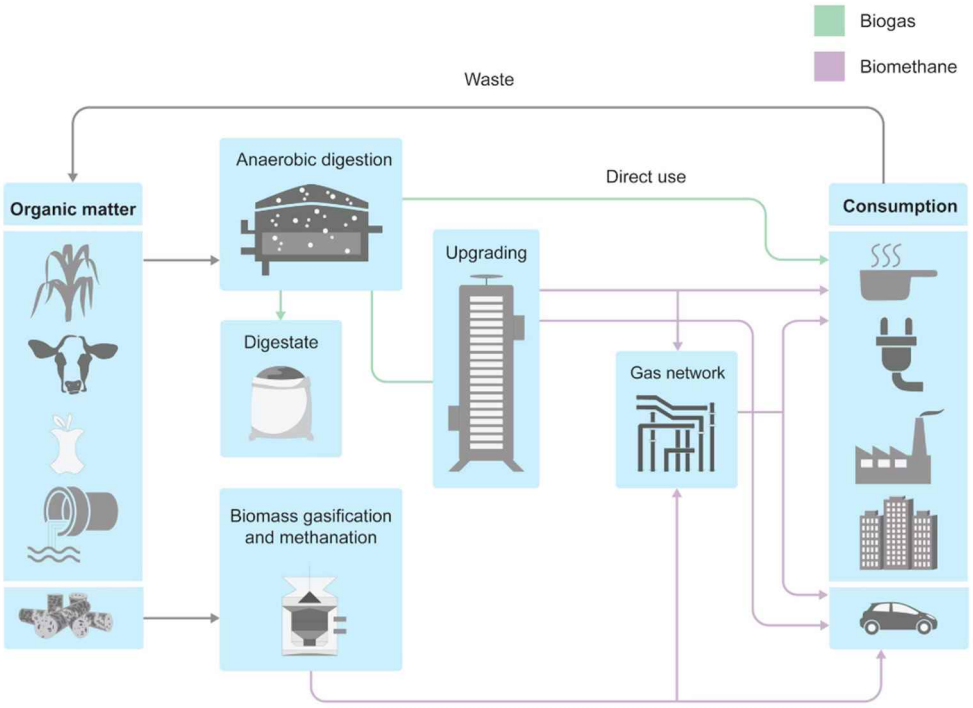
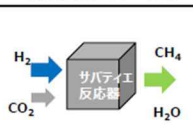
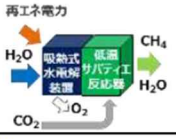


図 2-58　バイオガス及びバイオメタンの製造経路

出典：IEA 2020; Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth, https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth, License: CC BY 4.0

メタネーションは、触媒を用いたメタネーション（化学メタネーション）と生物反応によるメタネーション（バイオメタネーション）に大別される。化学メタネーションの技術としては、水素と CO_2 から触媒反応によりメタンを合成するサバティエ反応が知られており、国内企業（NPEX、日立造船、IHI）が数 N ㎥/h～十数 N ㎥/h の生産技術を確立し、導入・実証を進めている。また、更に高効率な合成の実現を目指し、GI 基金による革新的メタネーション技術の開発も進められている。革新的メタネーションの概要は表 2-48 に示すとおりであり、2040 年代の実用化を目指している。なお、合成メタンの大規模製造技術は開発途上であり、日本国内での都市ガス導管への合成メタンの注入実績はない。国外におけるバイオガスのメタネーション事例（表 2-43）の中には化学メタネーションを用いた事例もあり、日本においては大阪ガス株式会社が大阪市舞洲清掃工場及び大阪・関西万博にて、再エネ水素と生ごみ由来のバイオガスを用いて、バイオメタネーションとサバティエメタネーションの両方を用いた実証に向けた動きが進行中である。

表 2-48　革新的メタネーション技術の概要

		（参考）	大阪ガス	東京ガス	
		サバティエ反応による従来型のメタネーション	SOEC/メタン合成連携反応を用いたメタネーション	水電解/低温サバティエ連携反応を用いたメタネーション	PEMを用いたメタネーション
イメージ					
特徴	原料	●水素とCO_2	●水とCO_2	●水とCO_2	●水とCO_2
	反応式	$4H_2+CO_2 \rightarrow CH_4+2H_2O$	$3H_2O+CO_2 \rightarrow CO+3H_2+2O_2$ $CO+3H_2 \rightarrow CH_4+H_2O$	$CO_2+4H_2O \rightarrow CH_4+2H_2O+2O_2$	$CO_2+4H_2O \rightarrow CH_4+2H_2O+2O_2$
	反応方法	●化学反応	●電気化学反応	●電気化学反応	●電気化学反応
	温度	●（～500℃）	●高温（～800℃）	●低温（～220℃）	●低温（～80℃）
メリット		●基本技術確立済	●水素の調達不要 ●高効率（排熱を有効利用）	●水素の調達が不要 ●高効率（排熱を有効利用）	●水素の調達が不要 ●設備コスト低減可能（１段階の反応でメタン合成） ●低温のため大型化が容易
総合効率※		55～60%	将来85～90%目標	将来80%超目標	将来70%超目標
技術開発における課題		●総合効率の向上 ●反応熱のマネジメント	●高温電解に必要なセル開発 ●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上 ●高温で一連の反応が連続するシステムの構築	●水電解に必要なセル開発 ●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上	●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上

出典：総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 ガス事業制度検討ワーキンググループ「都市ガスのカーボンニュートラル化について中間整理参考資料」（2023 年 6 月）

バイオメタネーションのプロセスイメージや特徴について表 2-5 に、国外におけるバイオガスの直接メタネーションの事例は表 2-43 に示したとおりである。国内では、大手ガス事業者により要素技術開発や小規模実証が実施されている（図 2-59）ほか、先述のとおり、GI 基金においても研究開発が実施されることが決まっている。

また、「都市ガスのカーボンニュートラル化について 中間整理」によると、「欧州では、触媒を用いる化学的メタネーションとバイオメタネーションの両方の実証が見られるが、バイオエタノールプラントや下水処理等からのバイオガスからの二酸化炭素を用いるものも多く、欧州におけるメタネーションの実証の一部は、バイオメタン製造の補完又は一環として取り組まれている。」とあり、「EU では、REPowerEU に基づきバイオメタン供給を拡大する動きの中で、バイオガスからのバイオメタン製造プラントに付随する形で、今後、毎時数百～千数百㎥規模のメタネーション設備の社会実装が拡大する可能性がある。」としている。

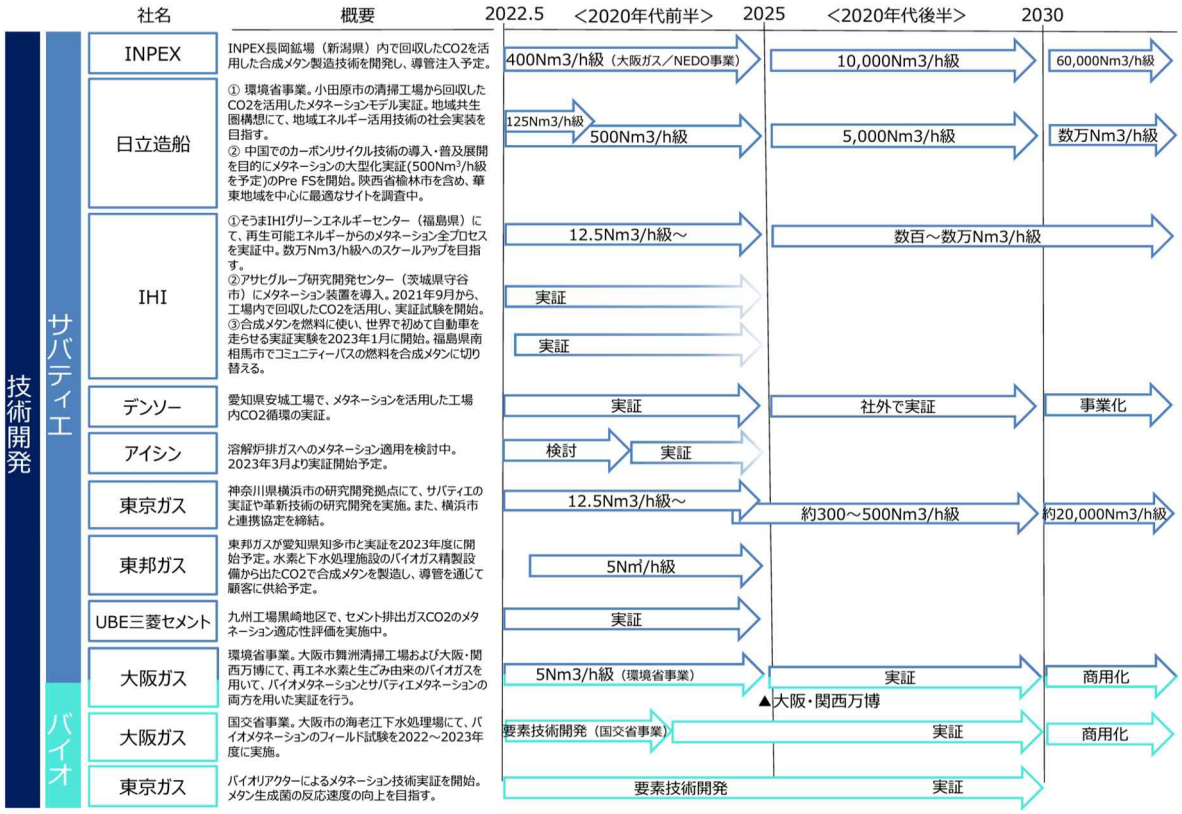


図 2-59　メタネーション取組マップ

出典：第 9 回 メタネーション推進官民協議会「メタネーション取組マップ 2023」（2022 年 11 月 22 日）

第3章　循環型社会形成推進基本計画見直し検討に伴う中長期シナリオへの影響評価

3.1　循環型社会形成推進基本計画見直し検討に伴う中長期シナリオへの影響評価

3.1.1　循環型社会形成推進基本計画見直し検討に係る情報収集

第五次循環型社会形成推進基本計画（以下、「次期循環計画」という。）の策定に向けては、2024 年 3 月現在、中央環境審議会循環型社会部会で審議中であり、今後、夏頃の閣議決定に向けて原案の取りまとめ、パブリックコメント等を実施する予定となっている。循環基本計画分析・新指標検討に関するワーキンググループ（以下、「指標 WG」という。）では、次期循環計画の指標体系の検討や指標及び指標の算定・評価方法の検討、現行計画における物質フロー指標の確認が実施されている。次期循環計画では、「循環型社会の全体像に関する指標」について、6 種類の物質フロー指標に加えて、それだけでは表すことができない、国、事業者、国民による循環型社会づくりのための取組の進展度合いを計測・評価するための指標として、4 種類の「取組指標」を設定することとなっている（表 3-1、2024 年 3 月 4 日現在)。また、「循環型社会形成に向けた取組の進展に関する指標」では、現計画において、重複を含めて約 140 指標あったものを重点分野ごとに 3～4 指標程度としている（表 3-2、2024 年 3 月 4 日現在)。これらの指標の中には、中長期シナリオ（案）の前提条件や推計結果に影響を与えると考えられる指標も存在することを踏まえ、次期循環計画が閣議決定された際の中長期的な影響評価に向けて、次項からは、BAU ケースについて、次期循環計画の目標設定方法に従った 2050 年度までの試算や、基礎データの更新等を踏まえた将来推計を実施する。

表 3-1　循環型社会の全体像に関する物質フロー指標と取組指標（案）

分類	指標
物質フロー指標	資源生産性
	一人当たり天然資源消費量
	入口側の循環利用率
	出口側の循環利用率
	最終処分量
	再生可能資源等の投入割合
取組指標	循環型社会ビジネスの市場規模
	循環型社会形成に関する国民の意識・行動
	循環経済への移行に関わる部門由来の温室効果ガス排出量
	カーボンフットプリントを除いたエコロジカルフット

出典：「第五次循環型社会形成推進基本計画（案）（令和 6 年 3 月 4 日時点)」（中央環境審議会循環型社会部会（第 53 回)、令和 6 年 3 月 4 日）より作成

表 3-2　循環型社会形成に向けた取組の進展に関する指標（重点分野別の指標）（案）

重点分野	指標	選定理由等
５.２.１ 循環型社会形成に向けた循環経済への移行による持続可能な地域と社会づくり	全体像の指標と同一の指標とする	－
５.２.２ 動静脈連携によるライフサイクル全体での徹底的な資源循環	１）素材等別のライフサイクル全体における資源循環状況（入口側の循環利用率、出口側の循環利用率、最終処分量）	１）動静脈連携の進展等を通じてライフサイクル全体での徹底的な資源循環を進めることが重要であることから、指標として選定した。 計画のフォローアップの際には、全体像に関する物質フロー指標と併せて見ること等により、サプライチェーンの変化等の要因による影響にも留意する。また、次期計画期間内に特に取組の進展が望まれる品目・取組内容（例えば、プラスチック再生利用率、食品ロス発生量、廃電子基板・廃蓄電池の処理量 等が想定される）について個別に進捗を把握する。
	２）バイオマスプラスチックの導入量	２）循環経済への移行には、従来から取組を進めてきた３Ｒに加えRenewableの取組を進めることが重要である。再生可能資源の投入量として、現状で得られるデータ制約も踏まえ、バイオマスプラスチックの導入量を指標として選定した。
	３）リユース市場規模	３）循環経済への移行には、リユース、リペア、メンテナンス、シェアリング等のビジネスの更なる発展が重要であることから、指標として選定した。なお、全体の市場規模だけでなく、C to C、B to C、B to B、ファッションリユースなど、各業態での取組状況も把握することで、施策・取組の効果を見えやすくすることを想定。
	４）認定長期優良住宅のストック数	４）循環経済への移行には、資源を循環させることだけでなく、良質なストックを蓄積して長く使うことも重要である。 社会における各種ストックの中でも、この趣旨に沿った取組の進展が期待されるものであるとともに、進捗把握のしやすさの観点から、劣化対策・耐震性・省エネ等に優れた優良住宅（認定長期優良住宅）のストック数を指標として設定した。
５.２.３ 多種多様な地域の循環システムの構築と地方創生の実現	１）地域循環共生圏形成に取り組む地方公共団体数	１）地域循環共生圏形成に取り組む地域が増えることは地方創生等につながると期待されるため、資源循環の取組を含めて地域循環共生圏形成に向けた取組を行う地方公共団体の数を指標として設定した。 ２）～４）の指標で表される取組を含めた様々な取組が総合的に行われることにより、地域循環共生圏の形成につながると考えられる。計画のフォローアップに当たっては、取組を行う地方公共団体数のみならず、優良事例について地方創生につながる様々な効果に関する分析も併せて行うことを想定。
	２）地域特性を活かした廃棄物の排出抑制・循環利用（飼料、堆肥化、メタン化等）の状況（地域ごとの一般廃棄物の排出量、循環利用量（循環利用率）、焼却量）	２）多種多様な地域の循環システムの構築に当たっては、地域の状況や循環資源・再生可能資源の特性を活かした取組が重要であるため指標として選定した。特にこれまで焼却処理に回っていたが、他の手法による循環が見込める資源の活用に着目するため、飼料化、堆肥化、メタン化等について細かく見るとともに、焼却量との比較についても見ていく。
	３）廃棄物エネ	３）廃棄物処理施設で回収した廃棄物エネルギーを地域エネルギー

	ルギーを外部に供給している施設の割合	センターとして外部に供給することは、地域づくりにおいても重要であるため、指標として選定した。
	4）ごみ処理の広域化の進展・集約化に関する指標（検討中）	4）人口減少・少子高齢化が進行する状況を踏まえ、多くの廃棄物処理施設が更新時期を迎える次期計画期間内に、2050年頃までを見据えた更なる広域化・集約化の取組を重点的に進めることが重要であるため、指標として選定した。
5.2.4 資源循環・廃棄物管理基盤の強靭化と着実な適正処理・環境再生の実行	1）産業廃棄物発生量に対する電子マニフェストの捕捉率	1）トレーサビリティの確保の取組等は、質の高いリサイクルや適正処理の推進に資するものであり、電子マニフェストの普及促進も引き続き重要であることから、産業廃棄物発生量に対する電子マニフェストの捕捉率を指標として選定した。
	2）最終処分場の残余年数	2）最終処分場の確保は、適正処理の基盤として極めて重要であることから、最終処分場の残余年数を指標として選定した。
	3）不法投棄・不適正処理量等	3）不法投棄・不適正処理の撲滅に向けて取組を進めることは極めて重要で、引き続き状況を把握する必要があることから、不法投棄・不適正処理の量及び件数を指標として選定した。
	4）災害廃棄物対策の備えに関する指標（検討中）	4）自然災害発生リスクの高い我が国において災害廃棄物に対する備えは重要である。現行計画では「災害廃棄物処理計画の策定率」等を指標としているが、既に高い水準にまで達成されていることから、更なる取組段階に係る指標を検討中。
5.2.5 適正な国際資源循環体制の構築と循環産業の海外展開の推進	1）特定有害廃棄物等の輸入量及び輸出量	1）途上国等においては有害廃棄物等の適正処理を行うことが難しい場合もあり、有害廃棄物等の輸出入の動向をモニタリングしておくことは重要と考えられるため、バーゼル法に基づく「特定有害廃棄物等の輸入量と輸出量を指標として選定した。
	2）E-Scrapの輸入量	2）我が国の優れた処理技術を用いてE-Scrapに含まれる有用資源の回収を進めることは、国際資源循環体制を構築する上で重要であるため、HSコード854929で取引されるE-scrapの輸入量を指標として選定した。
	3）焼却設備、リサイクル設備、浄化槽等の輸出額	3）途上国等における廃棄物管理の向上や循環性向上のためには我が国の優れた技術を海外展開することが重要であり、海外展開された廃棄物管理・リサイクル施設の輸出額を指標として選定した。

出典：「第五次循環型社会形成推進基本計画（案）（令和 6 年 3 月 4 日時点）」（中央環境審議会循環型社会部会（第 53 回）、令和 6 年 3 月 4 日）より作成

3.1.2 産業廃棄物の将来推計

(1) 推計方法

先述のとおり、2024 年 3 月時点では次期循環計画の指標及びその目標値が決定されていないため、本業務では BAU ケースにおける部門・廃棄物種類別の廃棄物発生量の試算を実施する。なお、試算は次期循環計画における目標設定のために用いられている将来推計方法（以下「循環計画モデル」という。）と同様の方法で実施する。循環計画モデルの構造は図 3-1 のとおりであり、産業廃棄物の発生量及び処理処分量の推計に必要な変数設定は表 3-3 のとおりである。

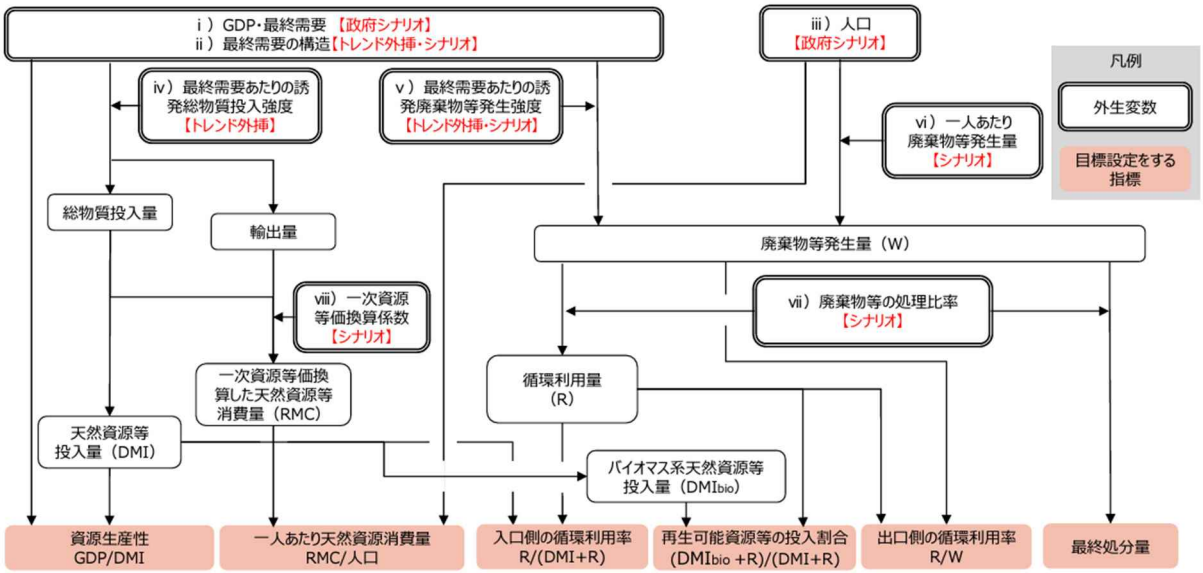


図 3-1　循環型社会形成推進基本計画における目標設定（循環計画モデル）の構造

出典：環境省「循環基本計画の物質フロー指標の目標設定の検討方法及び試算結果」（中央環境審議会循環型社会部会（第 53 回）令和 6 年 3 月 4 日）

表 3-3　循環計画モデル（BAU ケース）の変数設定

変数	設定
ⅰ）GDP・最終需要	• 2020～2033年度： 中長期の経済財政に関する試算（令和6年7月25日）ベースラインケースより設定
	• 2034～2050年度： 上記資料の2033年度の成長率一定（年率0.40%）と仮定
ⅲ）人口	• 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」より設定
ⅱ）最終需要の構造	• 過去のトレンドを外挿して推計
ⅴ）最終需要あたりの廃棄物等誘発発生強度	
ⅵ）人口当たりの廃棄物発生量	• 2020年度一定と仮定
ⅶ）廃棄物等の処理比率	

最終需要の構造及び最終需要当たりの廃棄物等誘発発生強度については、18 部門で、国内最終需要のシェア、輸出のシェア、国産率のシェアについて過去のトレンドを外挿して推計した。GDP・最終需要及び最終需要の構造から推計した国産品の最終需要の推計結果を図 3-2 に、部門別の最終需要当たりの廃棄物等誘発発生強度を図 3-3 に示す。

表 3-4　最終需要の構造の推計方法

変数	設定
ii）最終需要の構造	• 18部門で、国内最終需要のシェア、輸出のシェア、国産率のシェアについて過去のトレンドを外挿して推計した。 外挿方法：指数回帰 ／ 採用条件：• 決定係数＞0.5 • P値＜0.2 外挿方法：直近3年間の平均値 ／ 採用条件：• 上記の条件を満たさない場合

表 3-5　最終需要当たりの廃棄物等誘発発生強度の推計方法

変数	設定
v）最終需要あたりの廃棄物等誘発発生強度	• 18部門で、国内最終需要のシェア、輸出のシェア、国産率のシェアについて過去のトレンドを外挿して推計した。 外挿方法：指数回帰 ／ 採用条件：• トレンド減少傾向 • P値＜0.2 • 2020年の推定値が「直近3年間の平均値」より大きい。 外挿方法：直線回帰 ／ 採用条件：• トレンド増加傾向 • P値＜0.2 • 2020年の推定値が「直近3年間の平均値」より大きい。 外挿方法：直近3年間の平均値 ／ 採用条件：• 上記の条件を満たさない場合

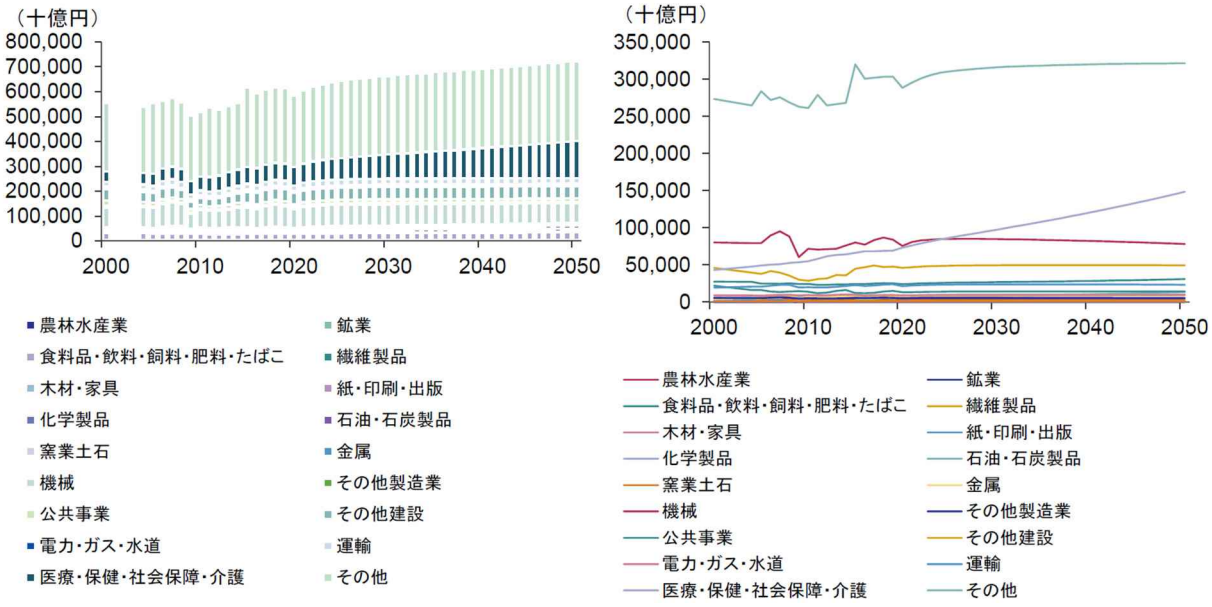
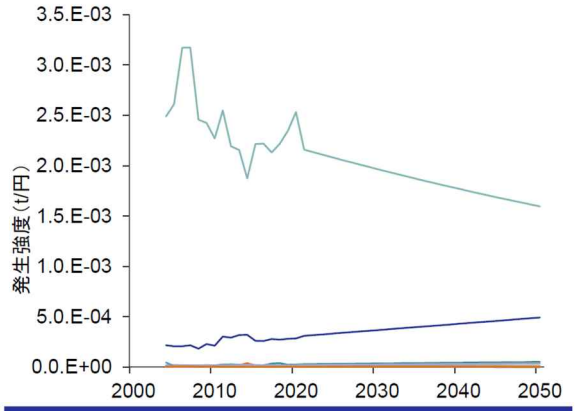
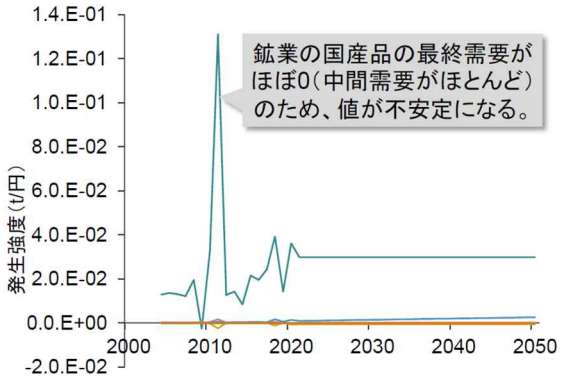


図 3-2　産業部門別の国産品最終需要

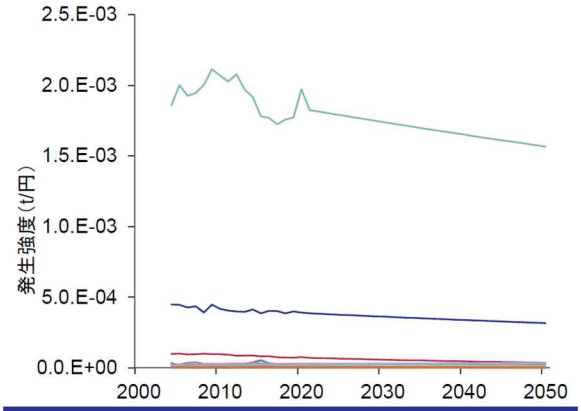
農林水産業



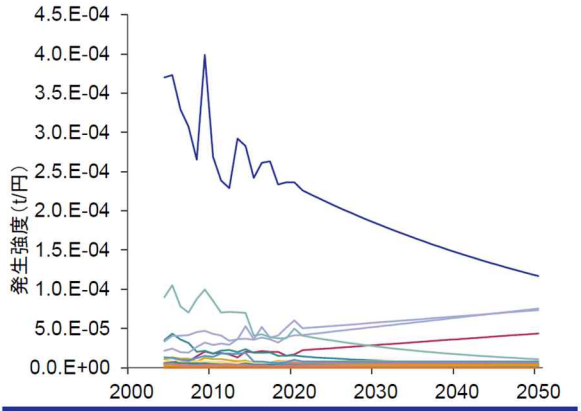
鉱業



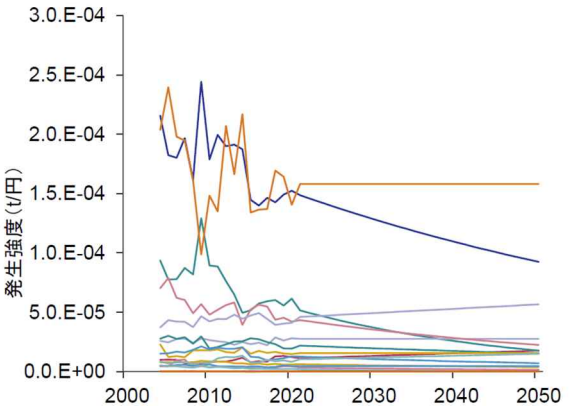
食料品・飲料・飼料・肥料・たばこ



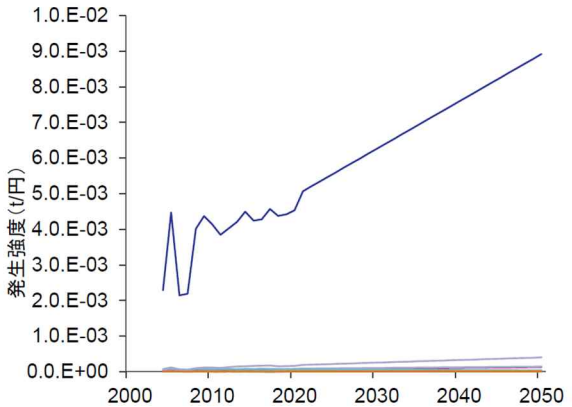
繊維製品



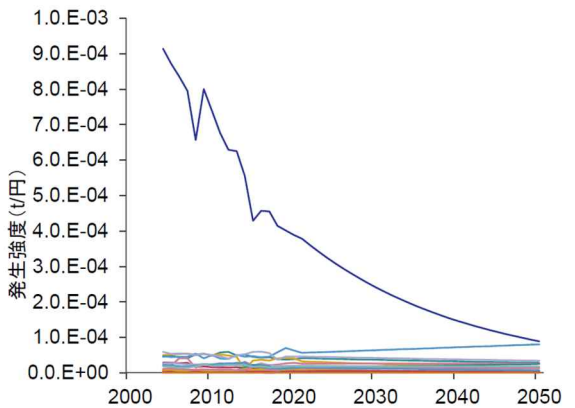
食料品・飲料・飼料・肥料・たばこ



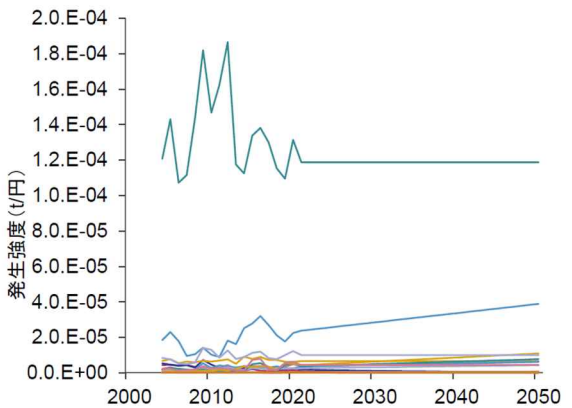
紙・印刷・出版



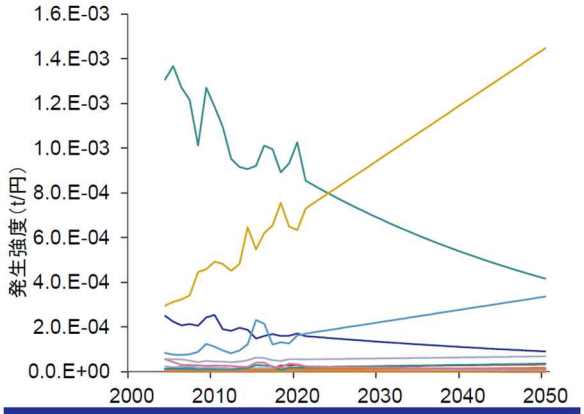
化学製品



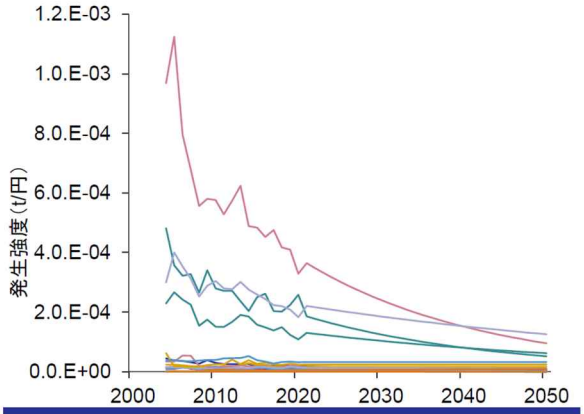
石油・石炭製品



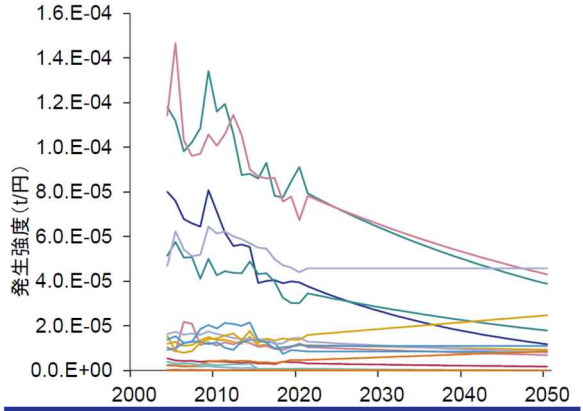
窯業土石



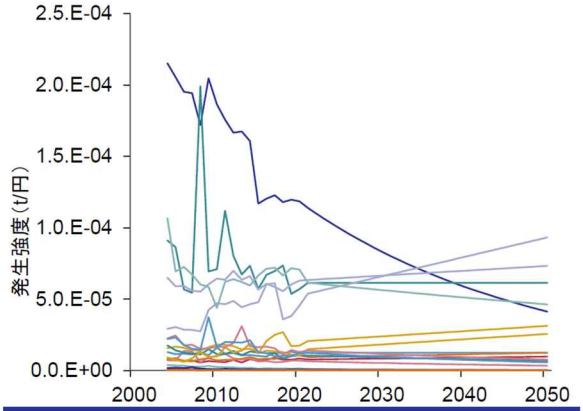
金属



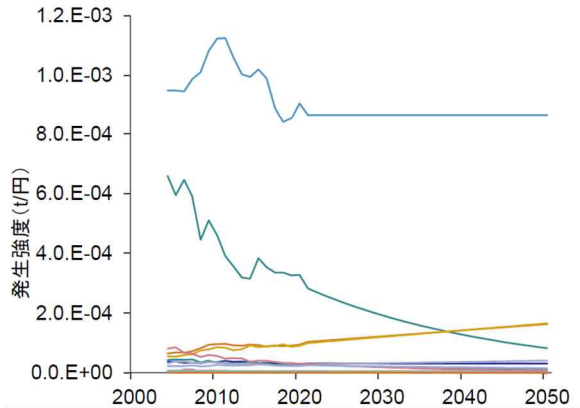
機械



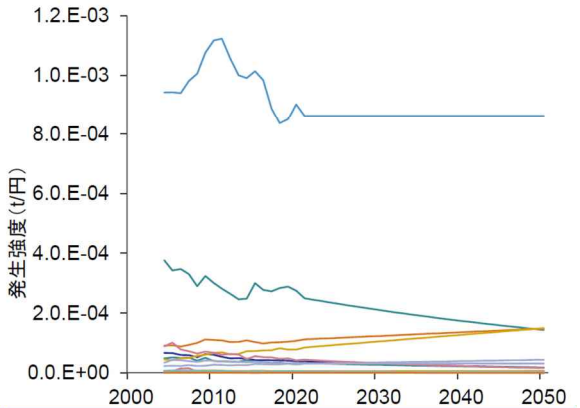
その他製造業



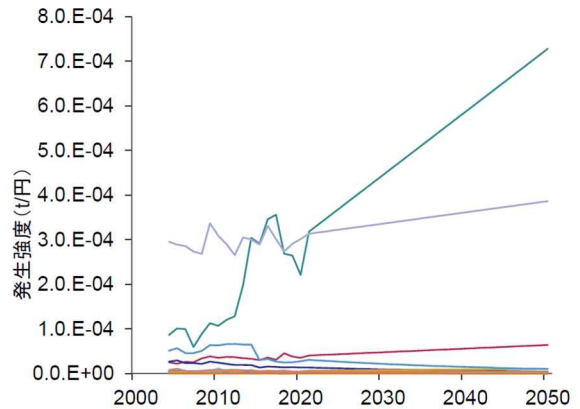
公共事業



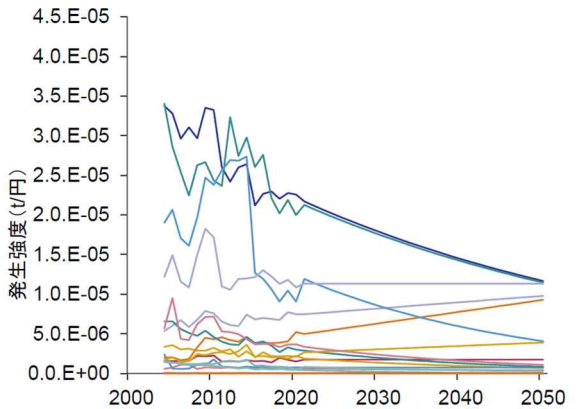
その他建設



電力・ガス・水道



運輸



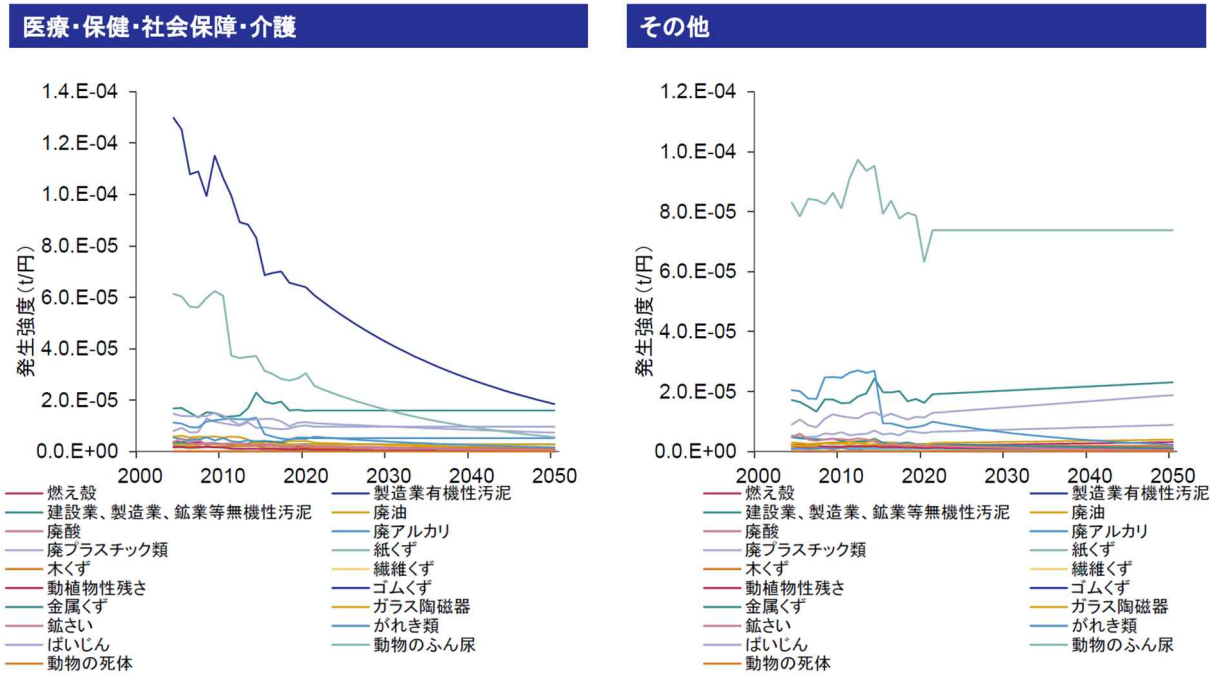


図 3-3　産業部門別の最終需要当たりの廃棄物等誘発発生強度

(2)　BAU ケースの推計結果

BAU ケースにおける 2050 年度までの産業廃棄物の処理処分量の推移を図 3-4 に示す。処理処分量は 2020 年度代半ばまで増加した後、2050 年度にかけて緩やかに減少し、2050 年度時点では 2020 年度と比較して 3%の減少となっている。また、内訳として、2050 年度に最終処分量が約 20%、循環利用量が約 5%の増加（いずれも 2020 年度比）となっている一方で、焼却処分量や減量化量（焼却処分量を除く）が減少している。

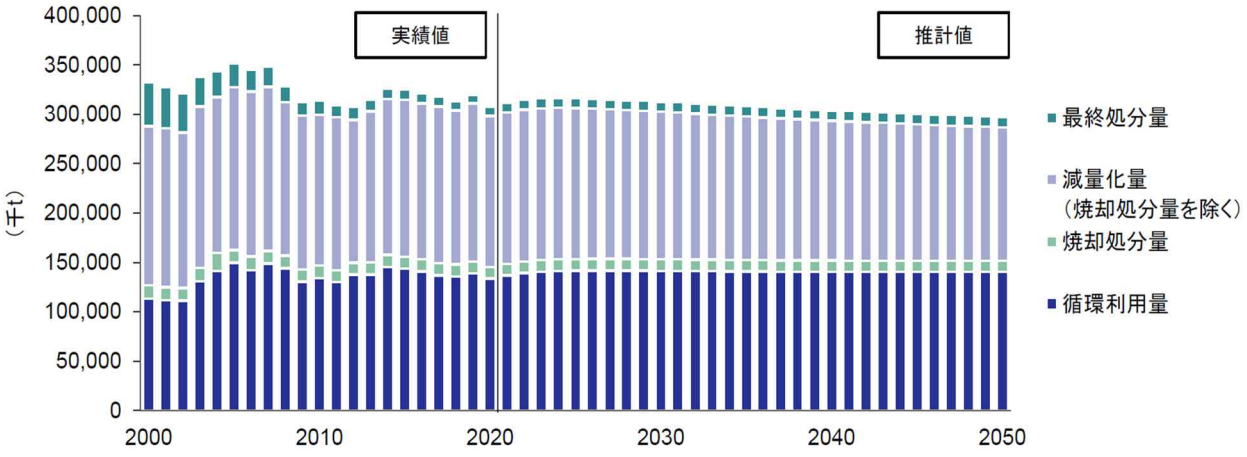


図 3-4　産業廃棄物の処理処分量

また、種類別の発生量、循環利用量、最終処分量を図 3-5～図 3-7 に示す。特に最終処分量については、2000 年度から 10 年程度で大きく減少（主に汚泥やがれき類）しているが、2020 年度以降は発生量、循環利用量、最終処分量共に、内訳の大きな変化はなかった。

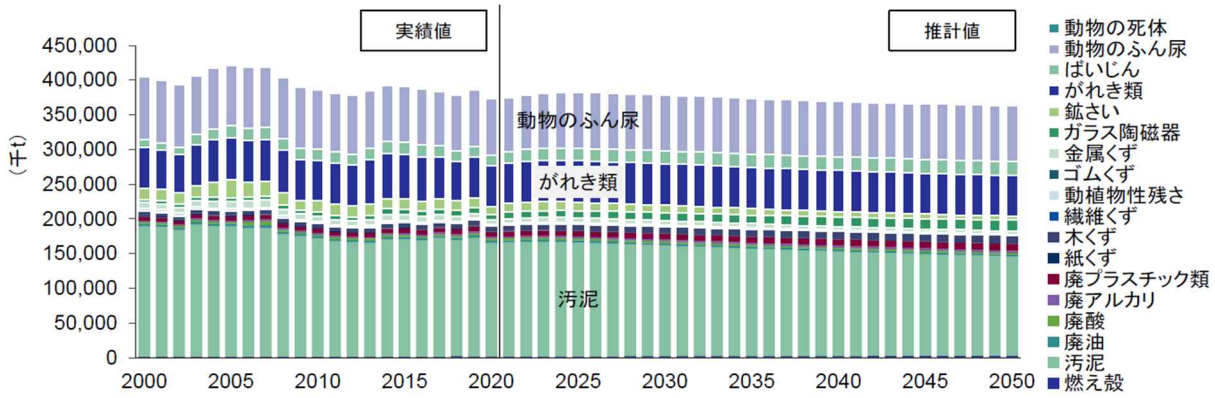


図 3-5　産業廃棄物の種類別発生量

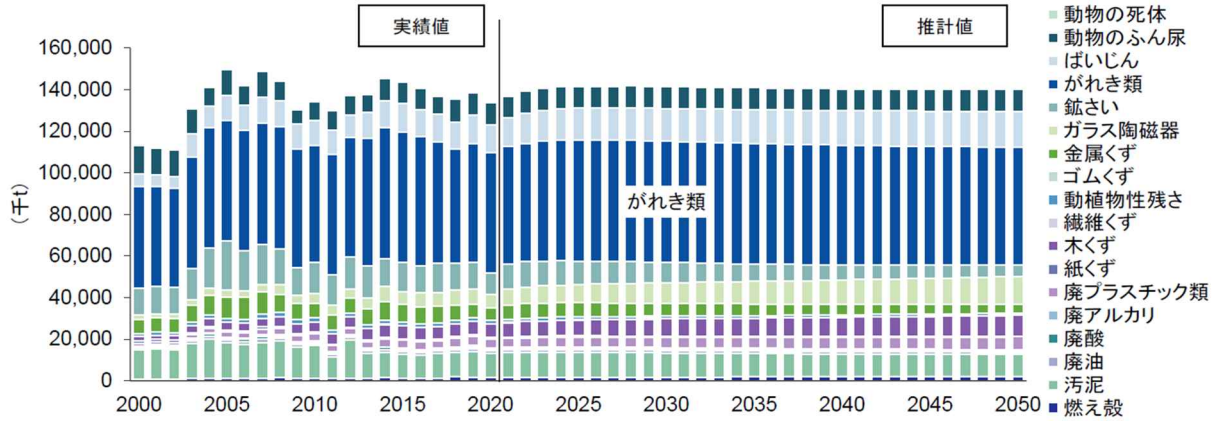


図 3-6　産業廃棄物の種類別循環利用量

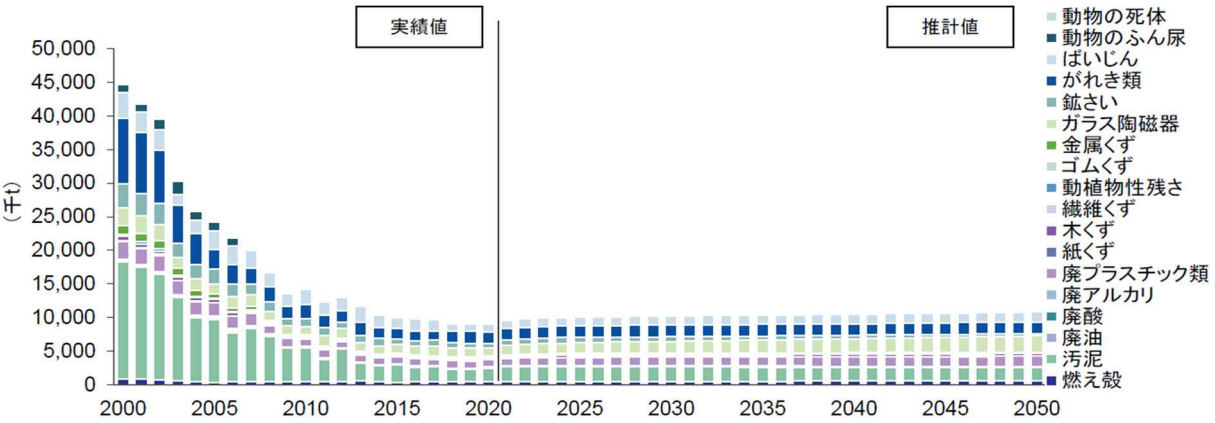


図 3-7　産業廃棄物の種類別最終処分量

次に、部門別の発生量推移を図 3-8 に、廃棄物の種類別に集計した部門別発生量推移を図 3-9 に示す。2020 年度比で 2050 年度の発生量が増加している部門は、大きい順に「その他」、「電力・ガス・水道」、「紙・印刷・出版」であり、減少している部門は、減少量が大きい順に「機械」、「金属」、「化学製品」であった。一方で、産業廃棄物の種類別に見ると、2020 年度比で 2050 年度の発生量が増加している廃棄物種は、大きい順に「ガラス陶磁器」、「ばいじん」、「木くず」となっており、減少している廃棄物種は、減少量が大きい順に「下水汚泥」、「鉱さい」、「建設業、製造業、鉱業等無機性汚泥」であった。

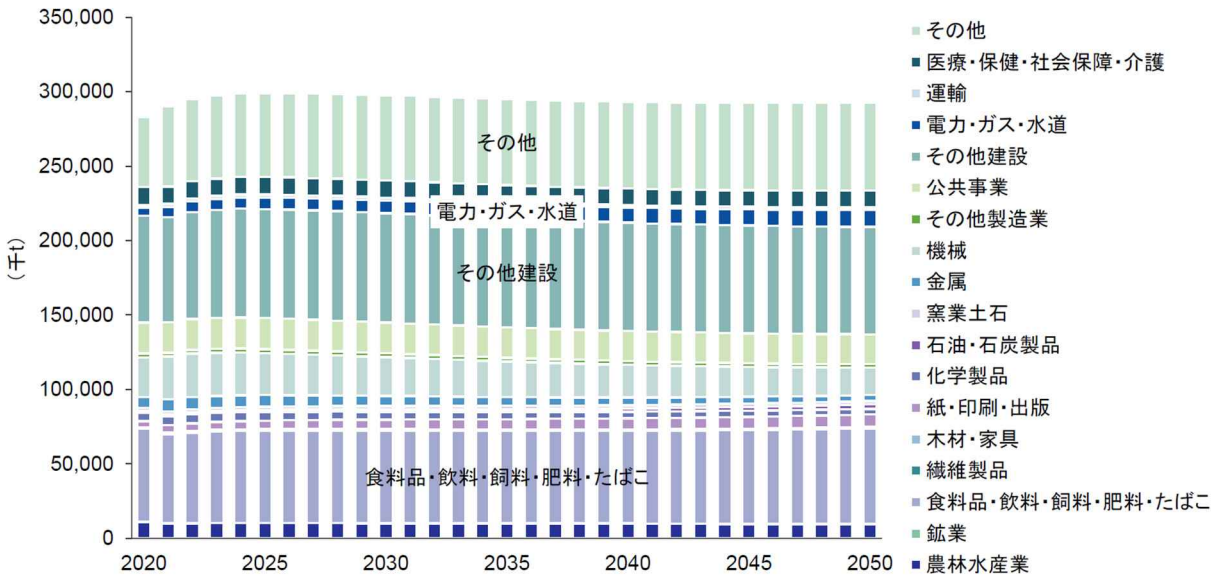
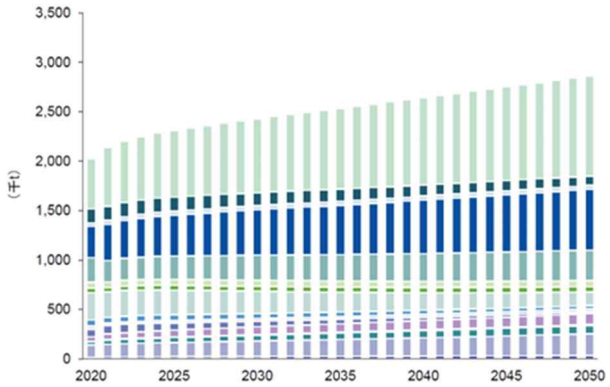
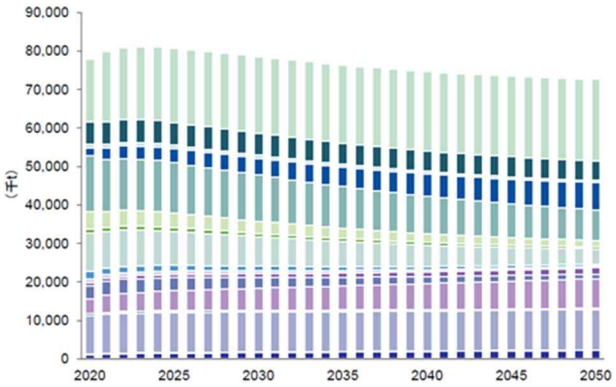


図 3-8　産業廃棄物の部門別発生量

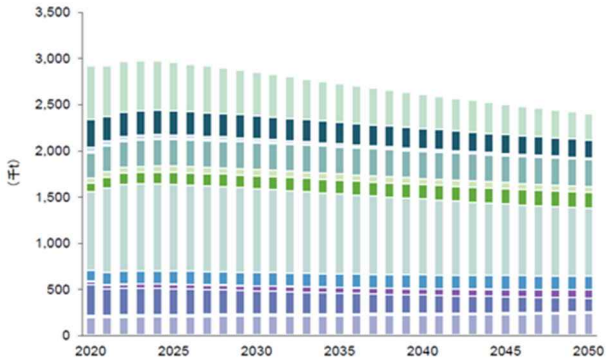
産業部門別発生量(燃え殻)



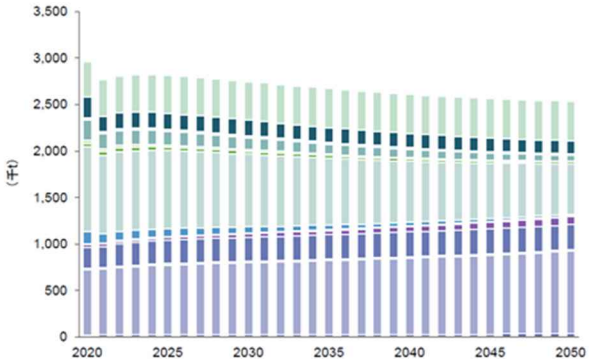
産業部門別発生量(汚泥)



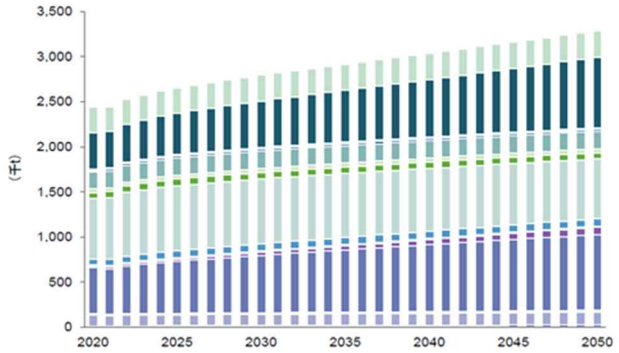
産業部門別発生量(廃油)



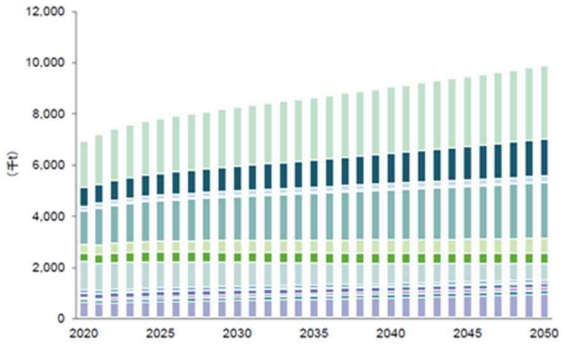
産業部門別発生量(廃酸)



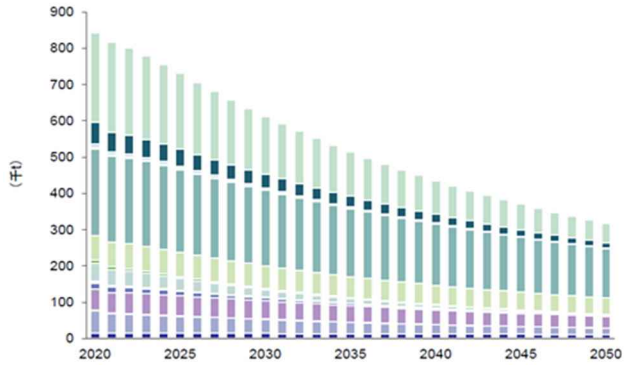
産業部門別発生量（廃アルカリ）



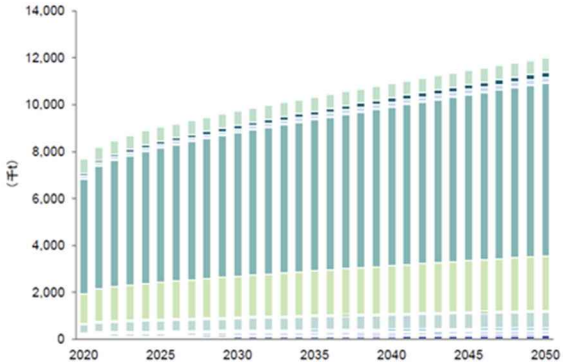
産業部門別発生量（廃プラスチック類）



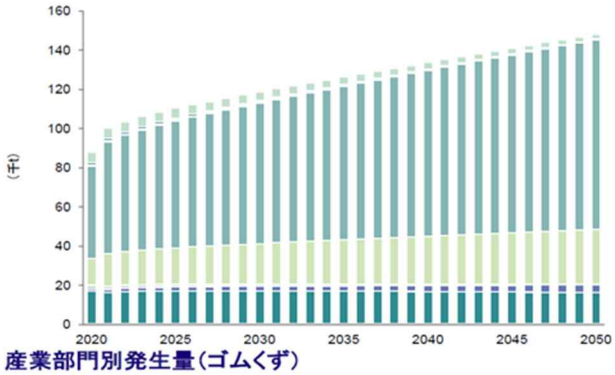
産業部門別発生量（紙くず）



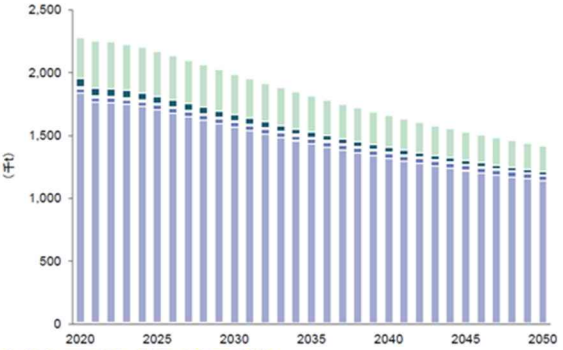
産業部門別発生量（木くず）



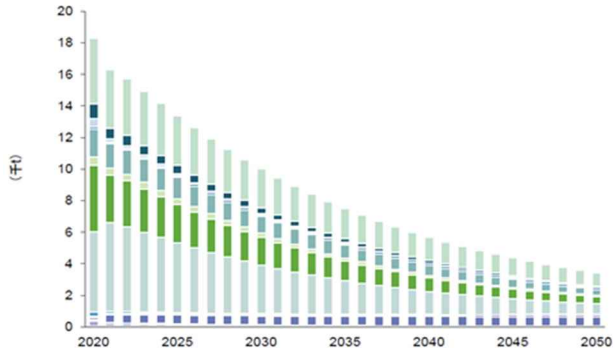
産業部門別発生量（繊維くず）



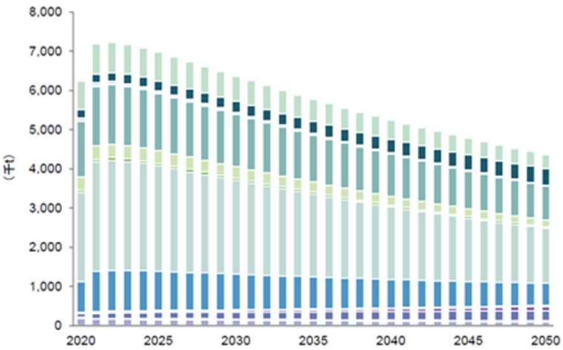
産業部門別発生量（動植物性残さ）



産業部門別発生量（ゴムくず）



産業部門別発生量（金属くず）



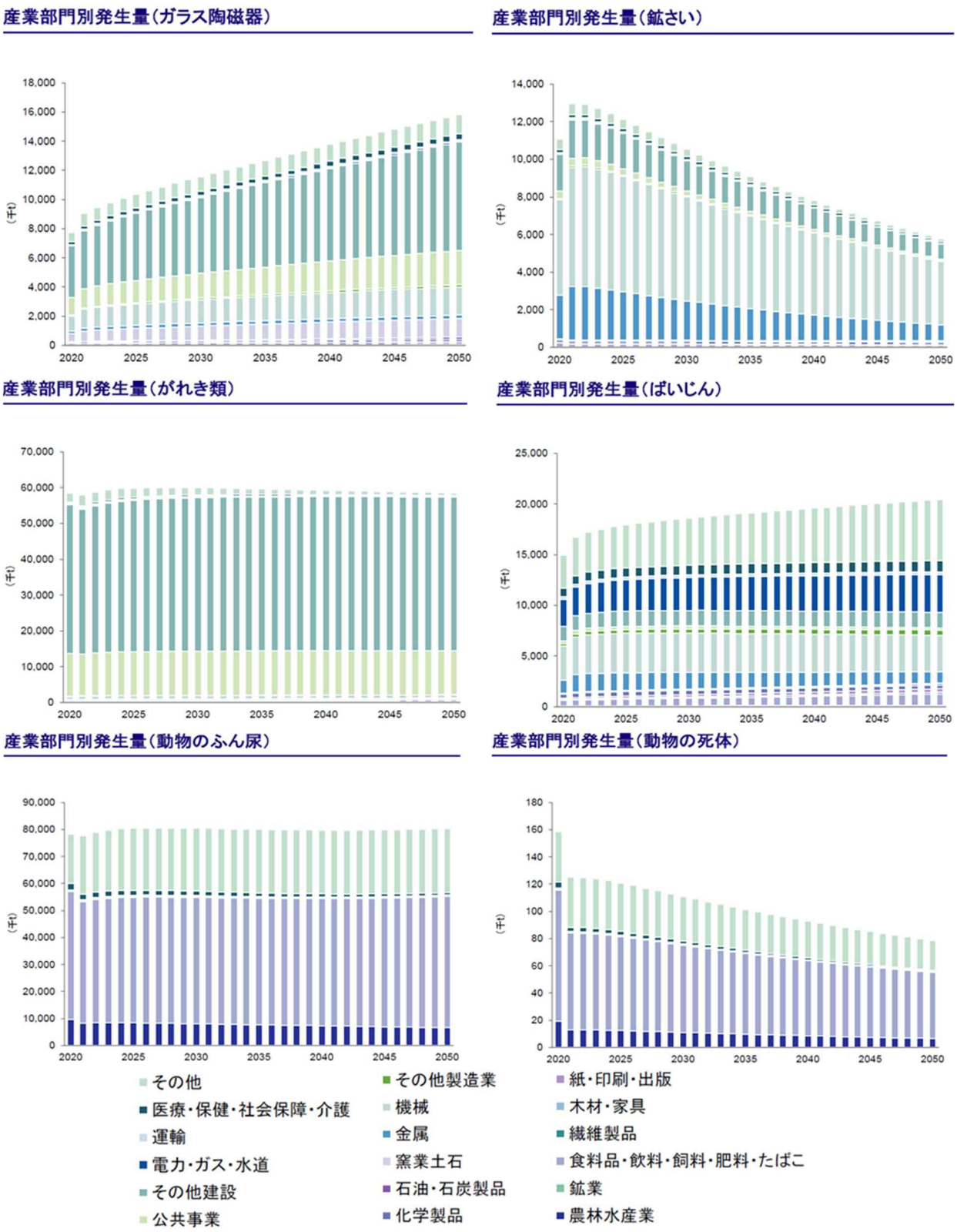


図 3-9　産業廃棄物の種類別・部門別発生量

また、中長期シナリオ（案）で推計の対象となっている廃棄物のうち一部について、循環計画モデルと中長期シナリオ（案）における発生量推移の比較を図 3-10 に示す。廃油についてはおおむね同様の推移傾向となっているのに対し、廃プラスチックは 2020 年度の差は小さいものの、2050 年度にかけて循環計画モデルの発生量が大きく増加しており、2050 年度には大きく差が開いている。木くずや紙くずについては、2020 年度の時点で一定程度の

差が見られ、2050 年度にかけてその差が大きくなっていることが確認された。この要因として、中長期シナリオ（案）では、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将来排出量を算定しており、将来推計指標の 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」（AIM プロジェクトチーム、2021 年 6 月 30 日）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 を使用していることから、実績値から大きな変化とならないのに対して、循環計画モデルでは、最終需要量及び最終需要当たりの廃棄物等誘発発生強度において過去のトレンドを外挿して推計していることから、過去のトレンドが大きく変化している部門や廃棄物種において、2050 年度までの変化量が大きくなり得ることが挙げられる。中長期的な将来推計の実施に当たっては、次期循環計画を始めとする国の各種計画等との整合性を担保する必要がある一方で、循環計画モデルは 2030 年度までの推計を想定したモデルであることも踏まえて、今後、推計方法について更に検討を深める必要性があると考えられる。

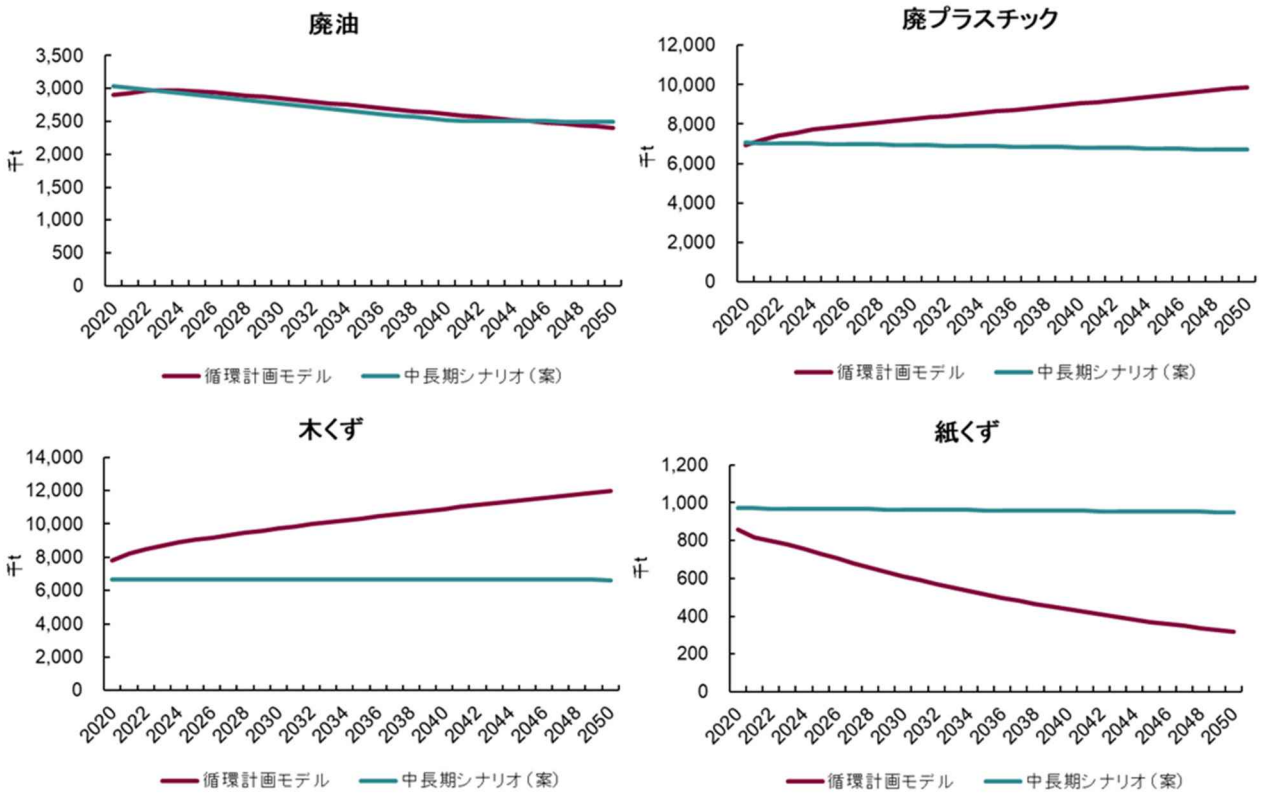


図 3-10　循環計画モデルと中長期シナリオ（案）における発生量推移の比較

3.1.3　一般廃棄物の将来推計

(1)　推計方法

一般廃棄物については、R4 年度業務報告書においても 2050 年度までの発生量推移の考え方等について一定の検討が実施されているところ、本項では将来推計に用いる基礎データの更新（人口推計や実績値の時点更新）や、中長期シナリオ（案）では将来推計の主要な対象とはされていなかった無機物（炭素非含有廃棄物）を含めた推計を実施する。人口推計については、国立社会保障・人口問題研究所より、令和 2 年国勢調査の確定数を出発点とする全

国将来人口推計の結果が 2023 年 4 月に公表されており、次期循環計画でもこの結果が活用される可能性がある。また、一般廃棄物の発生量や処理処分量等の実績値について、2020 年度までのデータについては必要な全ての文献で公表されていることから、実績値の最新年度を 2020 年度として時点更新を実施する。

将来の廃棄物種類別の発生量については、一人当たりの発生量や廃棄物組成が 2020 年度から変化しないと仮定し、人口のみに比例する推計とした。次に、将来の廃棄物種類別の処理方法の内訳について、2020 年度から処理方法の比率が変化しないと仮定して、種類別の将来発生量を按分する形で推計した。最後に、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023 年」（温室効果ガスインベントリオフィス（GIO）、2023 年 4 月 21 日）（以下、「GHG インベントリ報告書」という。）に従い、発生量から GHG 排出量を算出した。ただし、本項では無機物やバイオマスを含めた一般廃棄物全体の将来推計を実施しており、GHG 排出量については、バイオマス由来 CO_2 を含めて推計している点で GHG インベントリ報告書とは異なる。

(2) BAU ケースの推計結果

BAU ケースにおける 2050 年度までの一般廃棄物の種類別発生量推移を図 3-11 に示す。全体量としては人口に比例して約 17%の減少となっており、組成は 2020 年度から一定で、紙と厨芥で全体の 60%弱を占めている。また、種類別・処理方法別の発生量推移を図 3-12 に示す。廃棄物種によって処理方法の内訳に特徴があるものの、将来推計部分に関しては、いずれも発生量は人口比例、内訳は 2020 年度のまま一定であることに変わりはない。

処理方法の内訳の出典は、基本的には GHG インベントリ報告書と同様であり、同報告書に記載のない処理方法については環境省「廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書（廃棄物等循環利用量実態調査編）」（以下、「循環利用量実態調査」という。）から引用している。なお、循環利用量実態調査におけるリサイクル量のうち、その利用によって GHG 排出を伴う用途（GHG インベントリ報告書に GHG 排出の計算方法の記載がある用途）及びメタン化量、飼料化量を除いた差分を「その他 MR」としている。したがって、循環利用量実態調査以外の出典より引用している項目について、循環利用量実態調査の数値と差がある場合には、その分だけ「その他 MR」量に誤差が生じる。また、循環利用量実態調査は基本的に製品化量で推計しているが、コンポスト化量については、GHG インベントリ報告書において仕向量を用いて GHG 排出量の計算がされており、本推計でも同様に仕向量を採用しているため、仕向量と製品化量の差分だけ「その他 MR」量に誤差が生じることに留意が必要である。

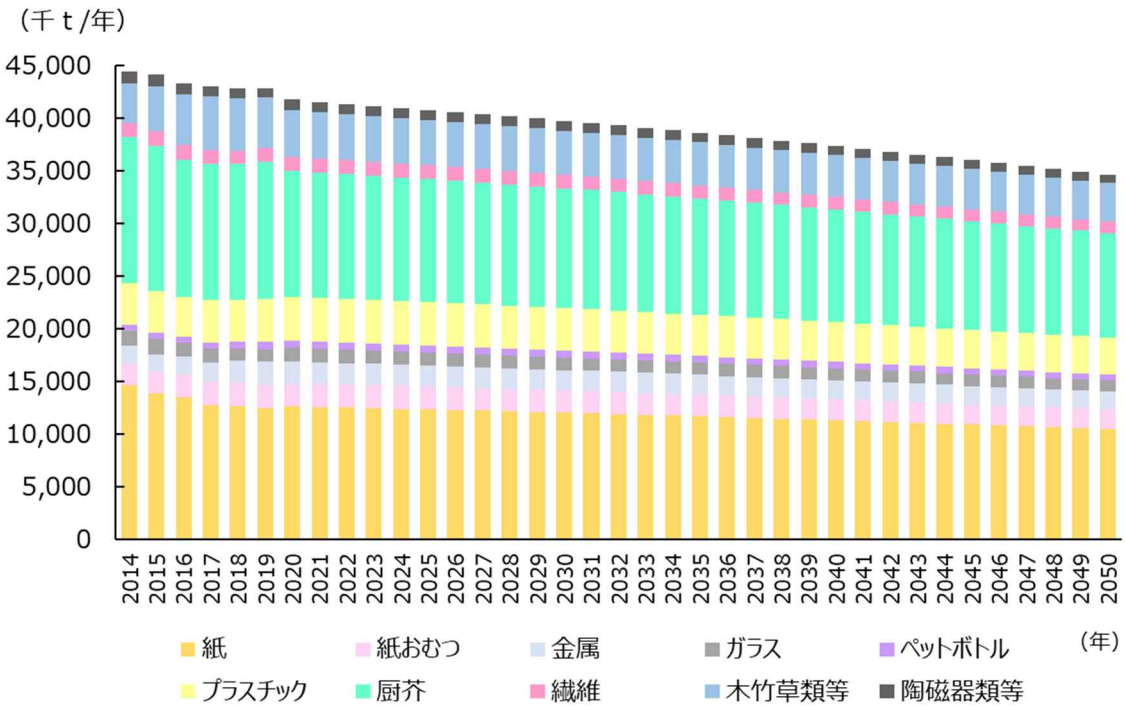
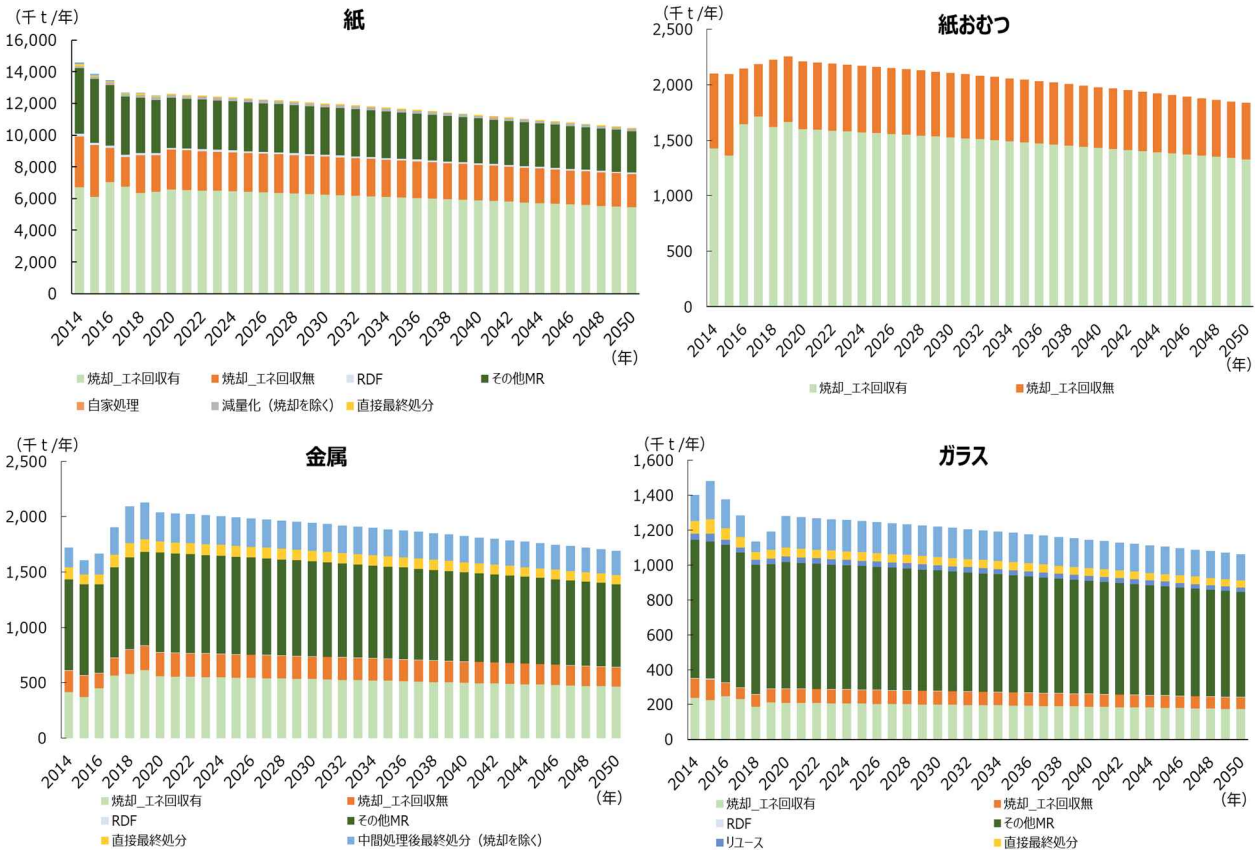


図 3-11　一般廃棄物の種類別発生量



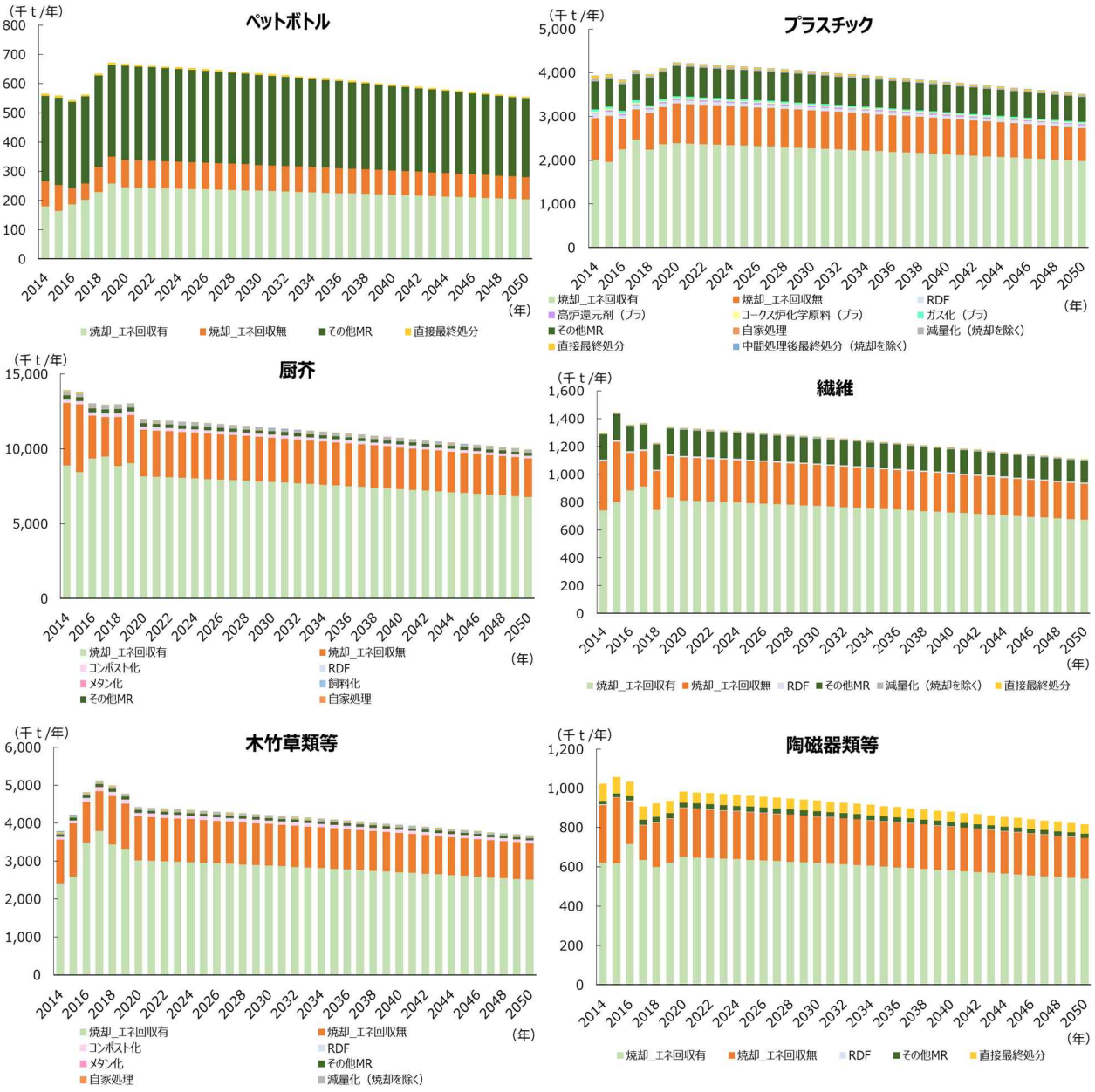


図 3-12　一般廃棄物の種類別・処理方法別発生量

次に、発生量を GHG インベントリの算定方法に基づいて GHG 排出量に換算した結果を図 3-13 に、そのうち焼却に伴い発生する GHG の内訳について図 3-14 に示す。処理方法別では、焼却による GHG 排出量が 2050 年度において全体の 97%を占めていた。最終処分による GHG 排出量は、2010 年度代には全体の 3～5%程度を占めていたものの、近年の最終処分量減少の影響により、2050 年度には全体の 1%未満となっていた。また、焼却による GHG 排出の内訳に着目すると、バイオマス由来の CO_2 が約 67%を占めていた。これは、図 3-15 に示すとおり、焼却処理量に占める紙や厨芥、木竹草類等の割合が高いことに起因している。なお、紙、紙おむつ、ペットボトル、プラスチックについては、GHG インベントリ報告書に基づき、石油由来分とバイオマス由来分に分割して推計している。

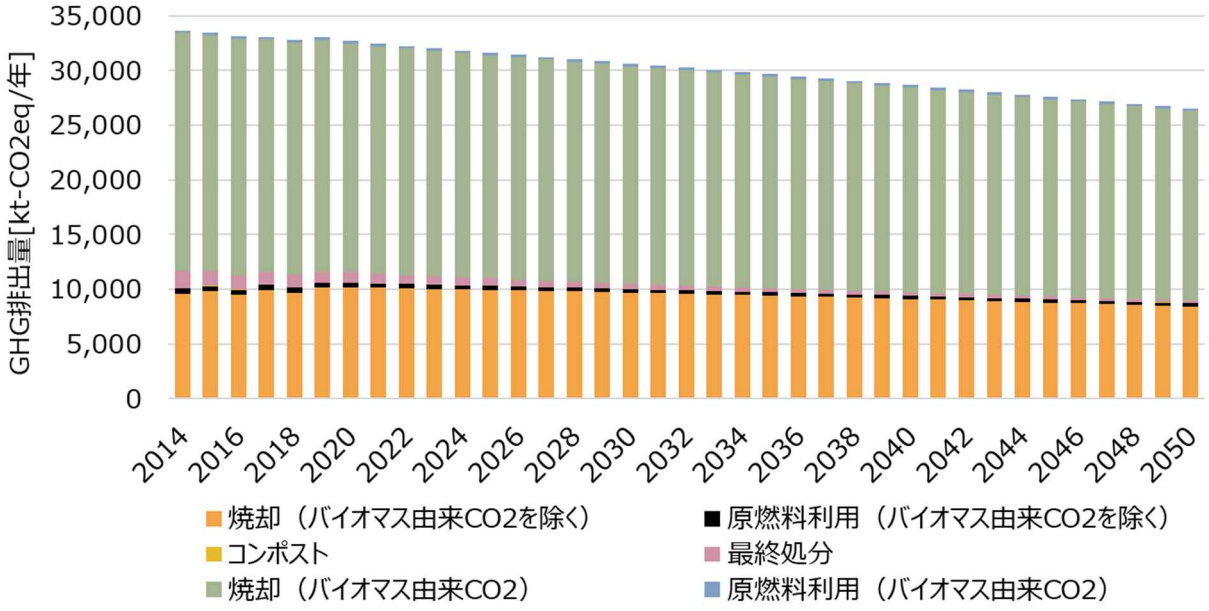
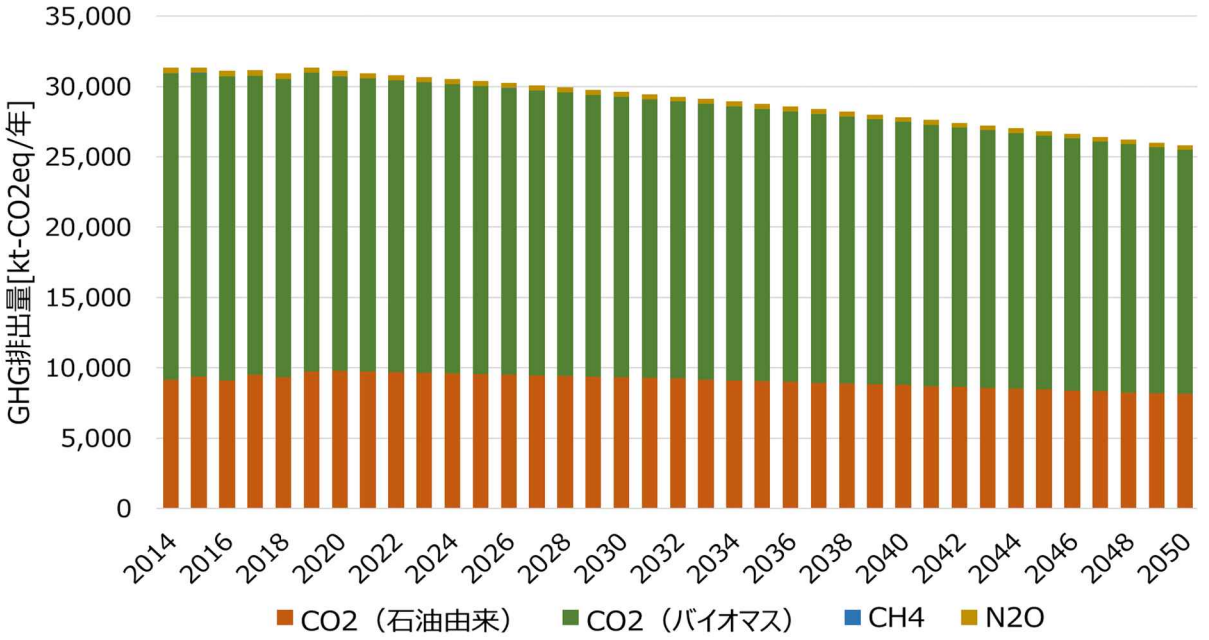


図 3-13　一般廃棄物の処理方法別 GHG 排出量



※図 3-13 の「焼却（バイオマス由来 CO_2 を除く）」及び「焼却（バイオマス由来 CO_2）」の合計と一致する。

図 3-14　一般廃棄物の焼却に伴う GHG 排出量

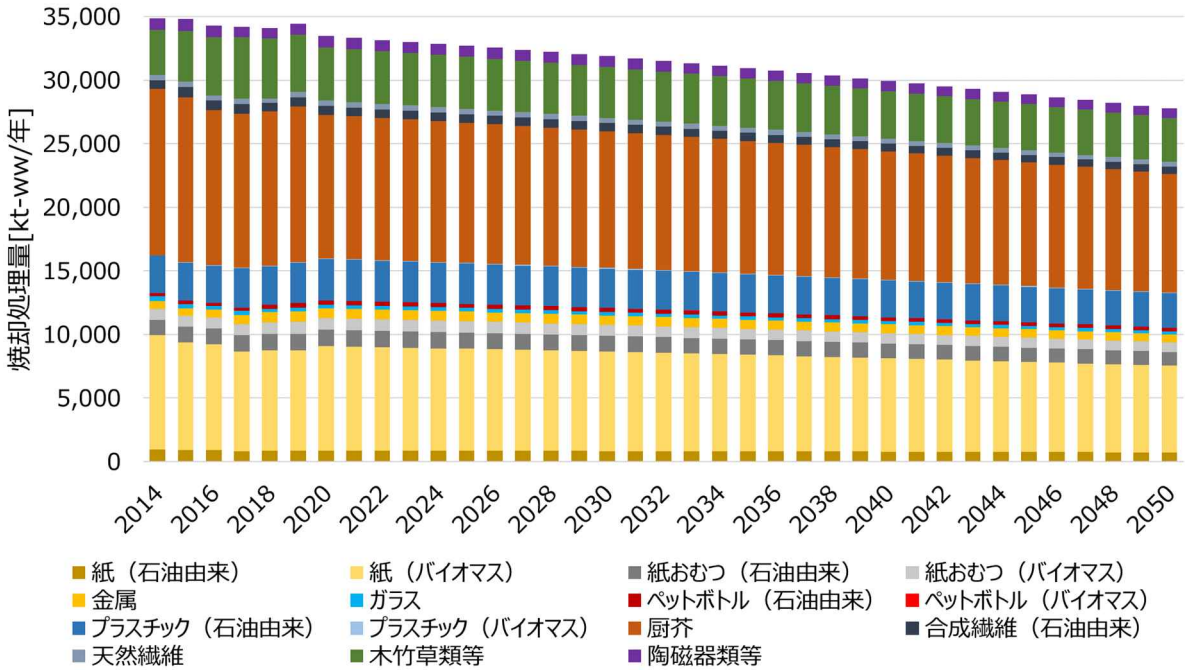


図 3-15　一般廃棄物の種類別焼却処理量

3.2　廃棄物処理施設の建設費に係る調査検討

3.2.1　民間活用により整備された焼却施設を対象とした費用縮減に関するアンケート調査

(1)　調査概要

循環型社会形成推進交付金取扱要領の一部改正（平成 31 年 3 月 29 日取扱要領の一部改正、同日付けで都道府県宛に通知。）に伴い、新たにごみ焼却施設の整備計画を進めるに当たっては、事業実施方式として、PPP／PFI の導入の検討を行い、VFM を算定するなど、定量的評価及び定性的評価により事業方式を評価すること、また、PPP／PFI の導入の検討結果について、交付申請書等と共に提出することが要件化された。

要件化された令和元年度を含む 5 年程度の期間（平成 30 年度以降）を竣工予定とされた約 20 施設を対象に、民間活用に伴う建設費等の縮減効果に係るアンケート調査を実施した。

近年の廃棄物処理施設の整備傾向を勘案し、表 3-6 に示す施設を対象に、図 3-16 に示す調査票を用いてアンケート調査を実施した。アンケート調査は、主にDBO方式、2炉形式、処理能力100～300t/日の23施設を対象とした。

表 3-6　抽出施設

単位：施設数

項　目		施設数	小　計
事業手法	DBO	22	23
	BTO	1	
処理内容[注1)]	焼却単独	13	39
	ガス化溶融	2	
	灰資源化	2	
	リサイクル、粗大ごみ	8	
	解体・撤去	1	
	発酵・分解	1	
炉数	1炉	1	23
	2炉	20	
	3炉	2	
焼却処理能力	50t/日未満	2	23
	100t/日未満	3	
	200t/日未満	8	
	300t/日未満	5	
	400t/日未満	2	
	500t/日未満	2	
	1000t/日未満	1	
地域	東北	3	23
	関東	5	
	北陸	3	
	中部	6	
	関西	3	
	中国	1	
	九州	2	

注1）焼却以外の併設処理施設を含むため、延べ施設数となっている。
注2）競争年は2014～2020年、竣工年（予定含む）は2018～2024年の施設である。

＜返送先＞　●●株式会社　●●部　循環交付金調査担当
hairi-shisetsu@●●.co.jp

■事業の概要について

都道府県名		
事業主体名		
施設名称		※「●●クリーンセンター」など
施設規模		t/日

事業方式			【その他具体的に】	
事業者選定方式			【その他具体的に】	
・事業者選定の競争参加企業グループ数		グループ		
※競争の最終段階まで残ったグループ数を御回答ください。（総合評価であれば技術提案書提出の上で入札したグループ数）				
・総合評価（加算型）での点数配分（満点）	価格点		非価格点	

■事業費について　（単位：百万円）

※ごみ焼却施設を範囲として御回答ください。

（他の種類の処理施設と一体的に整備する事業においても、ごみ焼却施設について御回答ください。）

	特定事業選定時（VFM検討）		事業者選定時	交付金確定時
	従来発注方式	民間活用方式（DBOなど）		
VFM（交付金確定時は算出されている場合のみ記入）				
※VFMは、コストの削減幅を従来発注方式のコストで割った削減率（例：10%）として記入願います。				
※事業者選定時や交付金確定時にVFMを算定していない場合は、対応欄には　×　を入力してください。				
設計費＋建設費　（単位：百万円）		消費税8%	消費税8%	消費税10%
うち交付金対象経費				
交付金（交付率1/2）による充当額				
交付金（交付率1/3）による充当額				
起債による充当額				
一般財源額				
民間資金調達額（BTO方式などの場合）				
うち単独事業経費				
起債による充当額				
一般財源額				
民間資金調達額（BTO方式などの場合）				
運営費＋維持管理費		消費税8%	消費税10%	消費税10%
対象期間（単位：年）				
総額（割引率適用前）　（単位：百万円）				
総額（割引率適用後）　（単位：百万円）				
※割引率適用後の数値は不明ならば記入不要です。				
※建設費の条件（範囲）				
解体工事費			【その他具体的に】	
既存建屋の流用			【その他具体的に】	

■御回答いただいた方

部署名	
お役職	
お名前（漢字）	
お名前（かな）	
電話番号	
メールアドレス	

図 3-16　アンケート調査票

(2) 調査結果

1) アンケート調査結果

アンケート調査の結果、22 施設の回答があった。アンケート調査の結果は、表 3-8 及び表 3-9 に示すとおりである。また、建設費等を処理能力別に整理したグラフは図 3-17 及び図 3-18 に示すとおりである。

特定事業選定時においては、多くの施設において従来発注方式から民間活用方式にかけて設計費及び建設費（以下、「建設費等」とする。）の低減が見られる。ただし、特定事業選定時から事業者選定時にかけて、事業者選定時から交付金確定時にかけては建設費等の上昇も見られる。これは特定事業選定時と事業者選定時における仕様（要求水準）が異なることが要因となっているケースが存在する可能性もあると考えられる。また、事業者選定時から交付金確定時にかけての費用上昇は、例えば建設中に確認された地下埋設物の撤去工事費等に伴う追加費用の設計変更などが発生している場合もあることが考えられる。

表 3-7　アンケート回答件数

単位：件数

施設規模	VFM、費用算定時期		件数	VFM	設計費＋建設費												
						うち交付金対象経費								うち単独事業経費			
							交付金による充当額			起債による充当額	一般財源額	民間資金調達額（BTO 方式など）		起債による充当額	一般財源額	民間資金調達額（BTO 方式など）
								交付率 1/2	交付率 1/3							
30t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		民間活用方式		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	事業者選定時			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	交付金確定時			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30t 以上 50t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		民間活用方式		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	事業者選定時			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	交付金確定時			0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
50t 以上 100t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	2	2	2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
		民間活用方式		2	2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
	事業者選定時			1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
	交付金確定時			0	2	2	2	2	1	0	2	0	1	0	1	1	0
100t 以上 300 未満	特定事業選定時	従来発注方式	14	14	10	7	10	8	7	10	10	0	6	7	7	1	
		民間活用方式		12	13	9	12	10	9	12	12	0	8	9	9	1	
	事業者選定時			5	11	10	11	10	7	10	11	0	10	10	11	1	
	交付金確定時			2	13	12	13	13	12	11	12	0	11	10	11	1	
300t 以上 600t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	4	4	3	4	4	1	4	4	4	0	4	3	3	0	
		民間活用方式		4	4	4	4	1	4	4	4	0	4	3	3	0	
	事業者選定時			2	3	3	3	1	3	3	3	0	3	3	3	0	
	交付金確定時			0	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0	
600t 以上	特定事業選定時	従来発注方式	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	
		民間活用方式		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	事業者選定時			0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	交付金確定時			0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

表 3-8　アンケート結果（設計費及び建設費の費用）

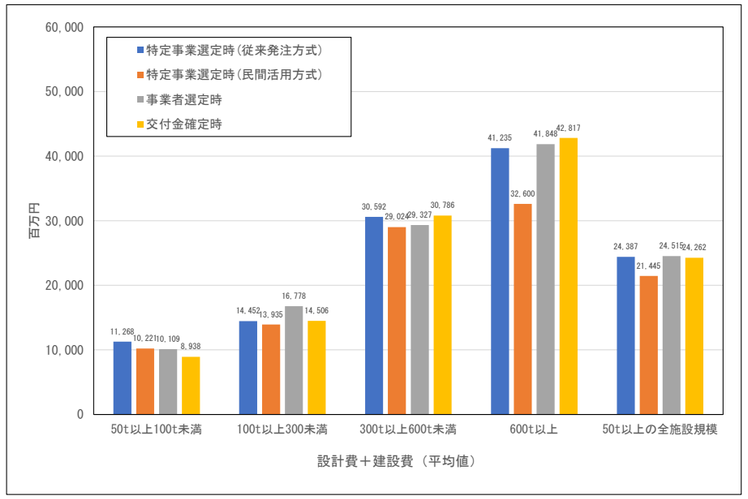
単位：百万円

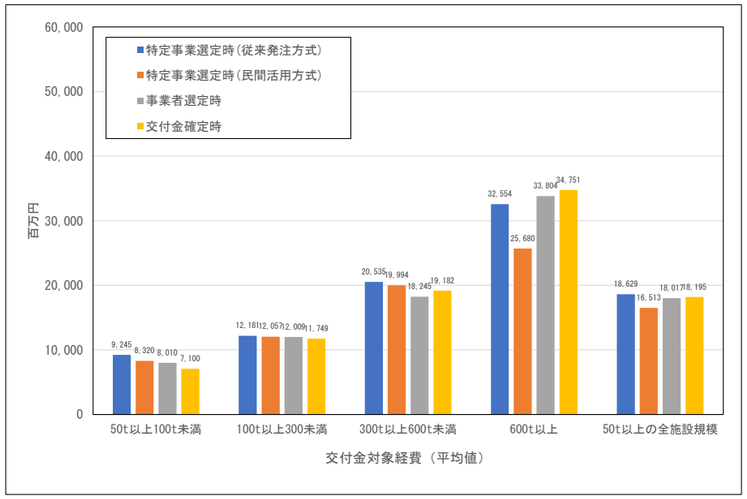
施設規模	VFM、費用算定時期		件数	VFM	設計費＋建設費								うち単独事業経費			
						うち交付金対象経費										
							交付金による充当額			起債による充当額	一般財源額	民間資金調達額（BTO 方式など）		起債による充当額	一般財源額	民間資金調達額（BTO 方式など）
								交付率 1/2	交付率 1/3							
30t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	0													
		民間活用方式														
	事業者選定時															
	交付金確定時															
30t 以上 50t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	1													
		民間活用方式														
	事業者選定時			10.7%												
	交付金確定時				5,832	4,316	1,439		1,439				4,393	4,376	17	
50t 以上 100t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	2		11,268	9,245	3,698	3,698		4,530	1,017		2,311	2,195	116	
		民間活用方式		7.3%	10,221	8,320	3,328	3,328		4,077	915		2,080	1,976	104	
	事業者選定時			7.0%	10,109	8,010	3,113	1,328	1,785		4,897		2,099		2,099	
	交付金確定時				8,938	7,100	3,100	2,180	1,839		4,376		2,925		2,925	
100t 以上 300 未満	特定事業選定時	従来発注方式	14		14,452	12,181	4,877	3,559	2,899	7,056	996		2,293	1,994	533	
		民間活用方式		8.1%	13,935	12,057	4,765	3,250	2,742	6,809	883		2,364	2,093	445	
	事業者選定時			9.5%	16,778	12,009	4,733	3,911	1,851	6,852	954		3,179	2,731	935	
	交付金確定時			12.9%	14,506	11,749	4,837	2,930	2,067	6,097	1,342		3,358	2,586	1,082	
300t 以上 600t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	4		30,592	20,535	7,324	5,762	5,884	11,889	1,322		4,241	2,490	953	
		民間活用方式		4.7%	29,024	19,994	7,144	5,762	5,703	11,565	1,286		4,154	2,404	923	
	事業者選定時			7.5%	29,327	18,245	6,477	3,572	5,286	10,590	1,178		5,236	3,882	1,354	
	交付金確定時				30,786	19,182	7,263	2,841	4,422	10,821	1,098		5,013	3,391	1,621	
600t 以上	特定事業選定時	従来発注方式	1		41,235	32,554	13,564	8,139	5,426	17,090	1,900		8,681	6,510	2,171	
		民間活用方式		14.0%	32,600	25,680	10,700	6,420	4,280	12,402	1,380	1,198	6,920	4,152	1,384	1,384
	事業者選定時				41,848	33,804	14,835	10,702	4,134	15,706	1,745	1,518	8,044	4,659	1,553	1,832
	交付金確定時				42,817	34,751	15,216	10,896	4,320	16,174	1,799	1,563	8,065	4,029	1,634	2,402
50t 以上 算術平均	特定事業選定時	従来発注方式	21		24,387	18,629	7,366	5,289	4,736	10,141	1,309		4,382	3,297	943	
		民間活用方式		8.5%	21,445	16,513	6,484	4,690	4,242	8,713	1,116	1,198	3,879	2,656	714	1,384
	事業者選定時			8.0%	24,515	18,017	7,290	4,878	3,264	11,049	2,194	1,518	4,639	3,757	1,485	1,832
	交付金確定時				24,262	18,195	7,604	4,712	3,162	11,031	2,154	1,563	4,840	3,335	1,816	2,402
50t 以上 加重平均	特定事業選定時	従来発注方式	21		18,754	16,092	5,958	4,188	4,105	8,734	1,135		3,476	2,511	740	
		民間活用方式		7.6%	17,514	14,833	5,544	3,693	3,698	8,025	1,002	1,198	3,180	2,298	590	1,384
	事業者選定時			8.7%	20,281	14,442	5,590	4,208	2,895	8,286	1,292	1,518	3,843	3,115	1,125	1,832
	交付金確定時				17,981	13,749	5,584	3,256	2,601	7,713	1,664	1,563	3,936	2,862	1,333	2,402

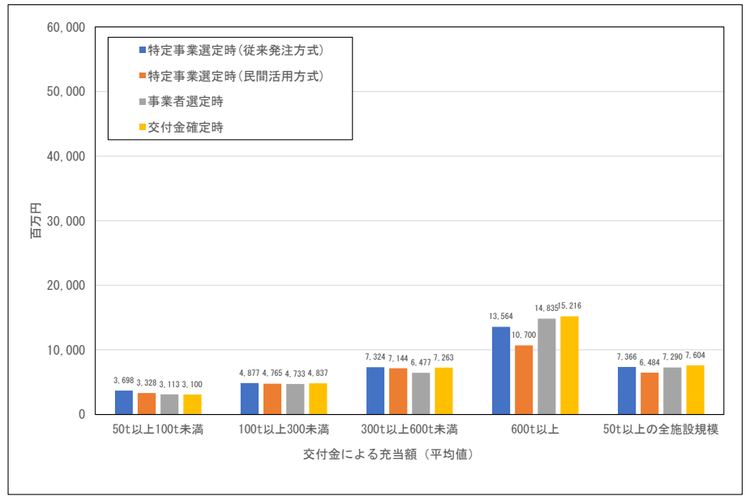
表 3-9　アンケート結果（設計費及び建設費の費用：トン単価）

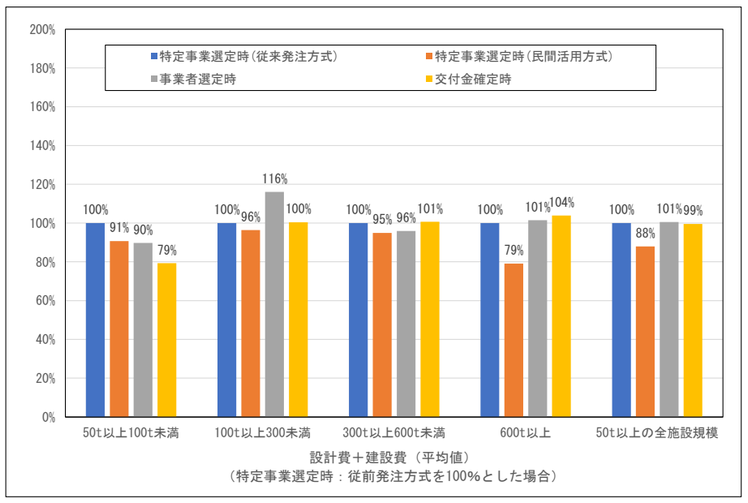
単位：百万円

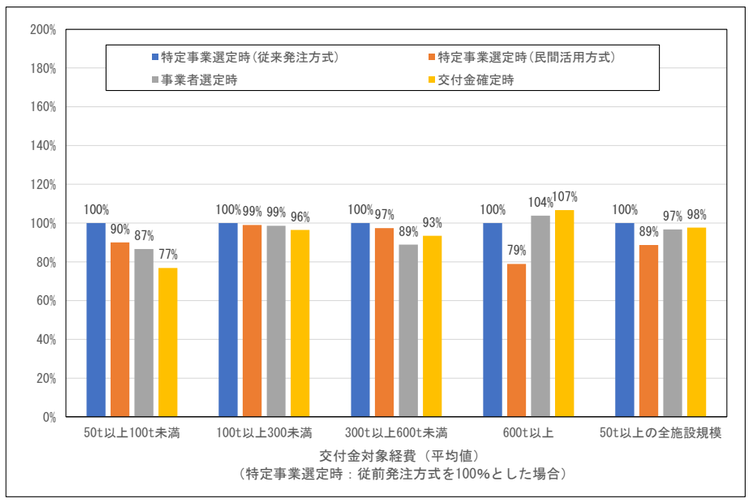
施設規模	VFM、費用算定時期		件数	VFM	設計費＋建設費											
						うち交付金対象経費							うち単独事業経費			
							交付金による充当額			起債による充当額	一般財源額	民間資金調達額（BTO 方式など）		起債による充当額	一般財源額	民間資金調達額（BTO 方式など）
								交付率 1/2	交付率 1/3							
30t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	0													
		民間活用方式														
	事業者選定時															
	交付金確定時															
30t 以上 50t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	1													
		民間活用方式														
	事業者選定時			10.7%												
	交付金確定時				121.5	89.9	30.0		30.0				91.5	91.2	0.4	
50t 以上 100t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	2		179.0	112.7	45.1	45.1		55.2	12.4		28.2	26.8	1.4	
		民間活用方式		7.3%	162.6	101.5	40.6	40.6		49.7	11.2		25.4	24.1	1.3	
	事業者選定時			7.0%	123.3	97.7	38.0	16.2	21.8		59.7		25.6		25.6	
	交付金確定時				136.7	111.4	50.2	39.0	22.4		68.6		35.7		35.7	
100t 以上 300 未満	特定事業選定時	従来発注方式	14		88.8	77.0	29.3	19.1	20.0	43.9	6.5		13.5	11.9	3.1	
		民間活用方式		8.1%	83.7	71.1	27.4	16.9	17.7	40.5	5.6		12.9	11.6	2.6	
	事業者選定時			9.5%	91.7	63.4	25.0	19.4	11.6	35.8	6.3		18.0	15.4	5.6	
	交付金確定時			12.9%	81.2	67.1	27.5	16.1	12.3	34.4	8.7		18.9	14.4	6.5	
300t 以上 600t 未満	特定事業選定時	従来発注方式	4		82.6	58.3	20.6	14.2	17.1	33.9	3.8		12.2	6.9	2.6	
		民間活用方式		4.7%	80.2	56.5	20.0	14.2	16.5	32.8	3.7		11.9	6.6	2.5	
	事業者選定時			7.5%	78.9	51.0	18.0	8.8	15.0	29.7	3.3		13.9	10.3	3.6	
	交付金確定時				81.1	51.5	19.5	7.5	11.9	29.2	2.9		13.1	8.8	4.3	
600t 以上	特定事業選定時	従来発注方式	1		62.5	49.3	20.6	12.3	8.2	25.9	2.9		13.2	9.9	3.3	
		民間活用方式		14.0%	49.4	38.9	16.2	9.7	6.5	18.8	2.1	1.8	10.5	6.3	2.1	2.1
	事業者選定時				63.4	51.2	22.5	16.2	6.3	23.8	2.6	2.3	12.2	7.1	2.4	2.8
	交付金確定時				64.9	52.7	23.1	16.5	6.5	24.5	2.7	2.4	12.2	6.1	2.5	3.6
50t 以上 算術平均	特定事業選定時	従来発注方式	21		103.2	74.3	28.9	22.7	15.1	39.7	6.4		16.8	13.9	2.6	
		民間活用方式		8.5%	94.0	67.0	26.0	20.4	13.5	35.5	5.6	1.8	15.2	12.2	2.1	2.1
	事業者選定時			8.0%	89.3	65.8	25.9	15.2	13.7	29.8	18.0	2.3	17.4	10.9	9.3	2.8
	交付金確定時				91.0	70.7	30.1	19.8	13.3	29.4	20.7	2.4	20.0	9.8	12.2	3.6
50t 以上 加重平均	特定事業選定時	従来発注方式	21		97.2	71.8	27.6	20.4	18.1	41.0	6.0		14.2	11.7	2.9	
		民間活用方式		7.6%	89.2	67.1	25.8	18.0	16.5	38.1	5.3	1.8	13.3	11.1	2.4	2.1
	事業者選定時			8.7%	89.5	62.4	24.3	18.1	12.8	33.6	8.8	2.3	17.3	13.7	6.3	2.8
	交付金確定時				86.1	68.6	28.4	17.2	12.5	32.7	14.1	2.4	18.4	12.6	7.7	3.6











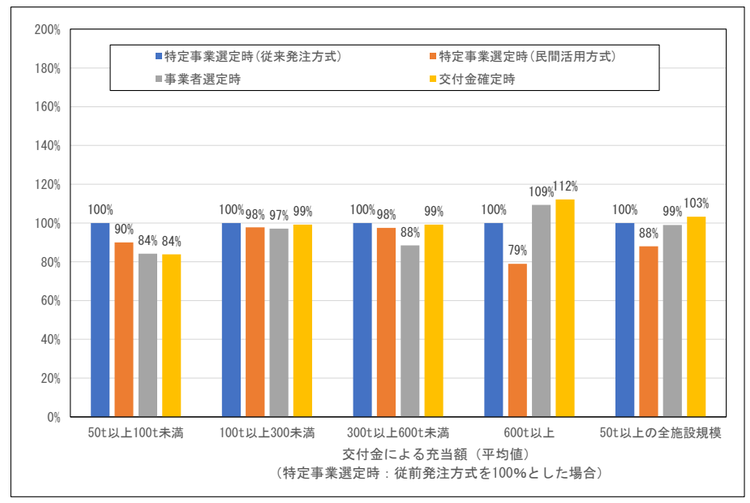
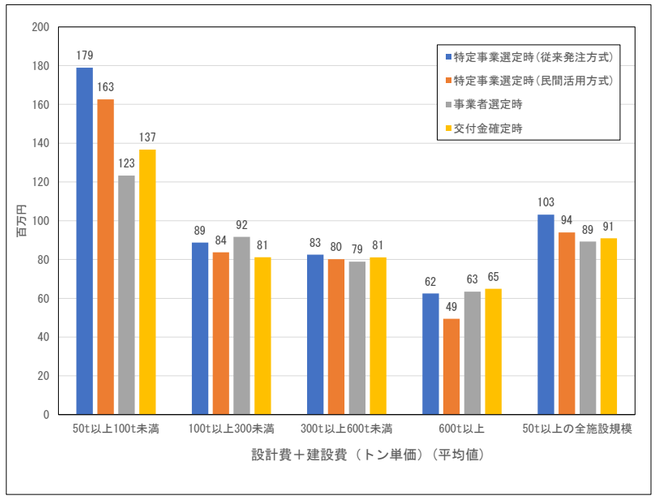
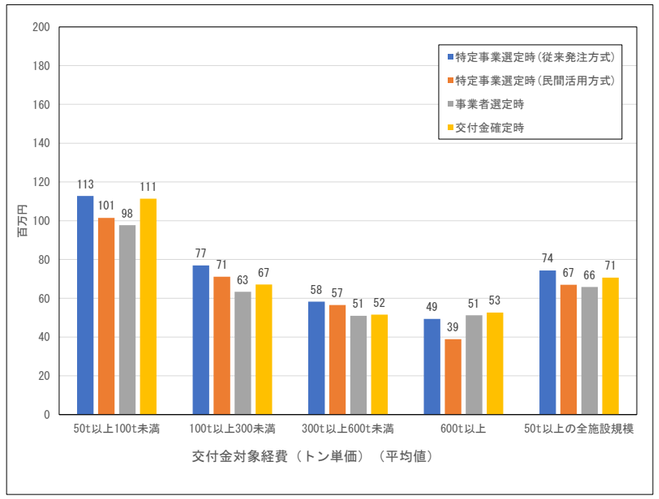
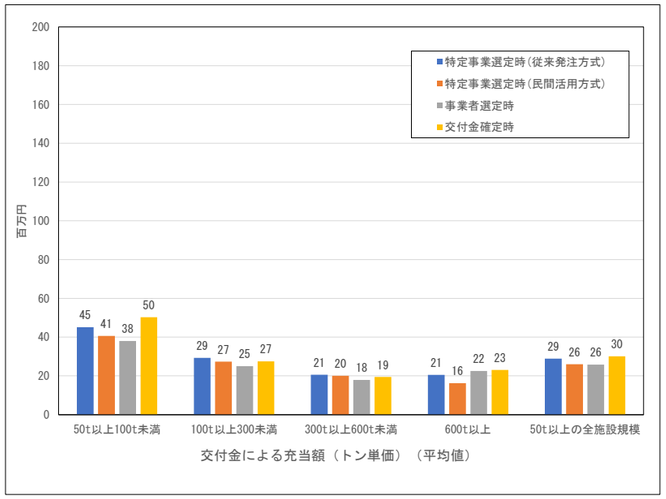
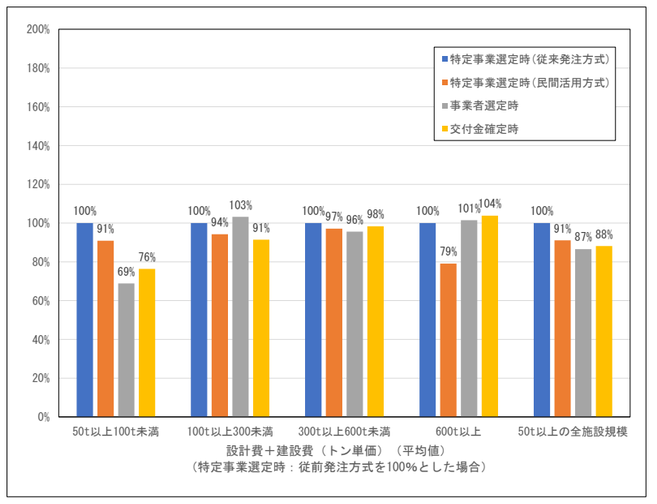


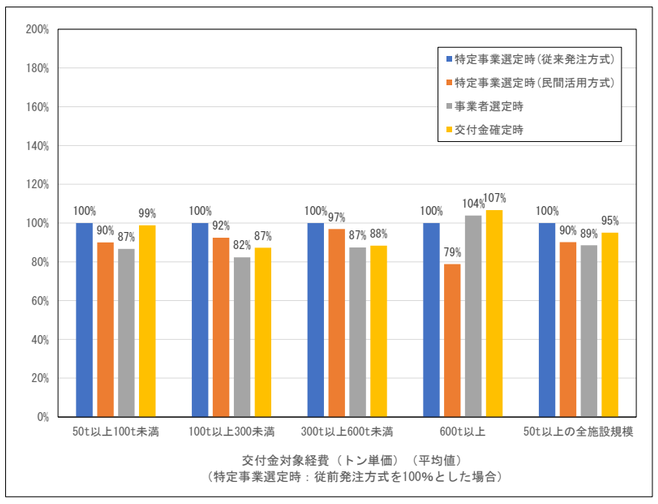
図 3-17　アンケート調査結果（設計費及び建設費の費用）











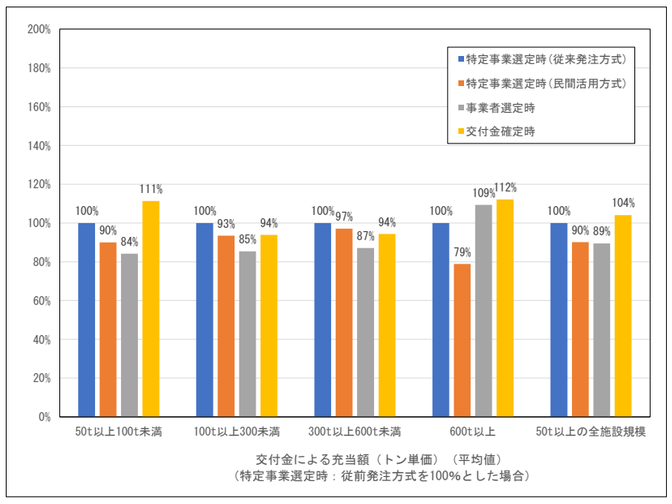


図 3-18　アンケート調査結果（設計費及び建設費の費用：トン単価）

2)　費用縮減効果について

前述の「1)アンケート調査結果」において、費用縮減効果が定量的に確認できたのは特定事業選定時であったことから、従来発注方式と民間活用方式においてどの程度の費用縮減効果があったか確認するため、図 3-19 及び表 3-10 に従来発注方式と民間活用方式の費用を整理した。整理に使用した施設は、従来発注方式と民間活用方式の両方の建設費等の回答があった 20 施設を対象としている。

20 施設の従来発注方式並びに民間活用方式の設計費及び建設費等を散布図で比較した結果、約 8.5%の費用縮減効果が見られた。

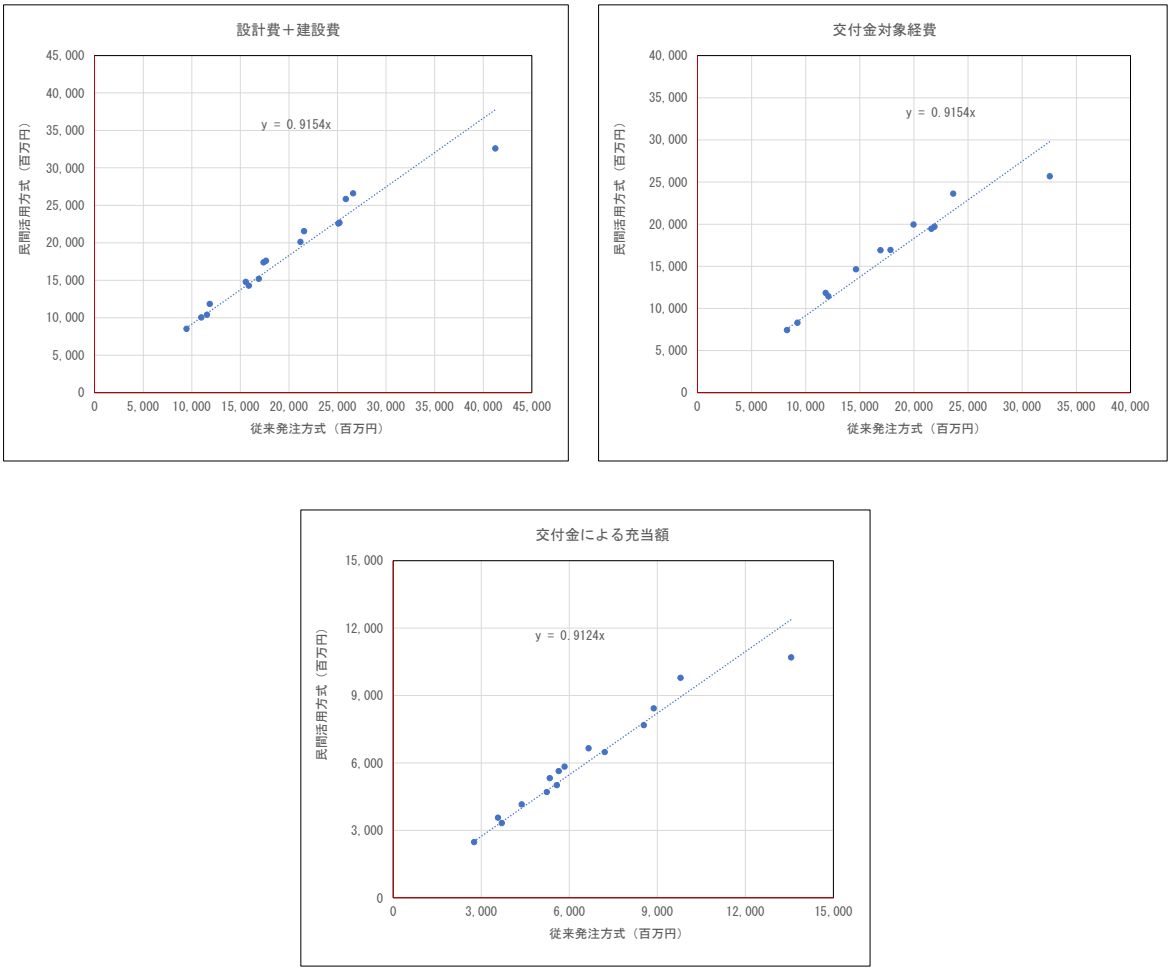


図 3-19　建設費等の費用縮減効果

表 3-10　抽出施設別一覧表

No	施設名称	施設規模（t/日）	設計費＋建設費（百万円）			うち交付金対象経費（百万円）			交付金による充当額（百万円）		
			従来発注方式	民間活用方式	従来方式比	従来発注方式	民間活用方式	従来方式比	従来発注方式	民間活用方式	従来方式比
1	施設Ａ	400	21,555	21,555	100%	16,920	16,920	100%	5,640	5,640	100%
2	施設Ｂ	160	17,626	17,609	100%	－	－	－	5,334	5,327	100%
3	施設Ｃ	300	25,091	22,582	90%	21,621	19,459	90%	7,207	6,487	90%
4	施設Ｄ	660	41,235	32,600	79%	32,554	25,680	79%	13,564	10,700	79%
5	施設Ｅ	50.6	10,979	10,041	91%	－	－	－	－	－	－
6	施設Ｆ	330	26,600	26,600	100%	19,965	19,965	100%	6,655	6,655	100%
7	施設Ｇ	160	15,552	14,774	95%	12,096	11,448	95%	4,376	4,157	95%
8	施設Ｈ	175	16,890	15,201	90%	－	－	－	5,574	5,017	90%
9	施設Ｉ	175	15,865	14,279	90%	－	－	－	5,236	4,712	90%
10	施設Ｊ	280	21,177	20,131	95%	17,834	16,956	95%	8,879	8,435	95%
13	施設Ｋ	82	11,556	10,400	90%	9,245	8,320	90%	3,698	3,328	90%
16	施設Ｌ	120	17,380	17,380	100%	14,653	14,653	100%	5,838	5,838	100%
17	施設Ｍ	198	25,191	22,672	90%	21,895	19,706	90%	8,538	7,684	90%
18	施設Ｎ	110	11,846	11,846	100%	11,846	11,846	100%	3,568	3,568	100%
19	施設Ｏ	118	9,455	8,530	90%	8,272	7,444	90%	2,757	2,481	90%
20	施設Ｐ	405	25,856	25,856	100%	23,633	23,633	100%	9,794	9,794	100%

3.2.2　施設規模や処理方式等に応じた施設整備に係るごみ処理単価

(1)　施設ごとの基礎データの集計

ごみ焼却施設の建設に係る費用（新設及び基幹改良）について、循環型社会形成推進交付金（以下「循環交付金」という。）等の平成 22～令和 4 年度の決算額、令和 5 年度の内示額、令和 6 年度以降の要望額等の資料（以下、決算額、内示額、要望額の資料を総称して「交付金資料」という。）を基に、施設ごとの基礎データの整理や処理能力（t/日）当たりの単価（以下「トン単価」という。）等の算出を実施した。整理に当たっては、事業主体と規模が同一のデータセットを同一施設のものとみなし、一般廃棄物処理実態調査（以下、「実態調査」という。）と同一の施設 ID を付与することで集計した。竣工前の施設など、実態調査では確認できない施設については、新たに ID を付与した上で集計した。

分析に必要な基礎データとして、施設ごとに、「処理能力（t/日）」、「新設／基幹改良の区分」、「交付金受領開始年度（＝施設毎の代表年度）」、「交付金受領年数（交付決定額に値の入力されている年数の合計値）」、「年度別交付決定額（R5 は内示額、R6 以降は要望額）」、「トン単価」、「交付決定額トン単価（＝（総交付決定額[百万円]）/（処理能力[t/日]））」等を整理した。なお、「トン単価」の算出方法については次で詳述する。

(2)　施設別トン単価の算出・分析

施設別トン単価の算出について、交付金資料中の「交付対象事業費」を用いた算定を試みたところ、欠損データが多く、十分なサンプル数を確保できなかったため、交付決定額を交付率で除した値（逆算した値）を合計した数値をトン単価として利用することとした。「交付額から逆算した事業費」の集計式は以下のとおりである。各施設（facility）・各年度（y）の交付率（r）別の交付額（sr（y））を、その交付率で割り戻した値を交付期間で集計した。ここで、各年度の建設工事デフレーター（衛生環境）から【令和 5 年の 4・5 月の平均値基準】に換算した。

$$S_{facility} = \sum_{y} s^{r}_{facility}(y)/r_{facility}(y)/deflator(y)$$

トン単価の基本的統計量を集計するに当たり、事業期間に平成 22 年度又は令和 5 年度が含まれる施設については、データの対象期間外に交付を受けていた場合に正しく集計されないため除外した。また、令和 6 年度以降の要望額調査におけるトン単価についても、単価が高めに設定されている可能性があるため、集計からは除外した。

新設及び基幹改良における処理能力帯別トン単価の中央値等の基本的統計量は表 3-11 のとおりとなった。

表 3-11　トン単価の基本的統計量（左表：新設、右表：基幹改良）

	施設数	平均値	標準偏差	25%値	50%値	75%値
30t/日未満	24	144	68	79	135	211
30~50t/日	19	75	44	46	63	108
50~100t/日	39	71	34	55	68	97
100~300t/日	91	57	27	45	60	72
300~600t/日	30	44	20	35	43	53
600t/日以上	7	41	17	27	39	58

	施設数	平均値	標準偏差	25%値	50%値	75%値
30t/日未満	15	106	71	52	102	133
30~50t/日	4	48	43	29	37	56
50~100t/日	29	33	19	20	29	42
100~300t/日	116	22	20	12	17	23
300~600t/日	36	18	14	7	16	19
600t/日以上	12	14	14	8	10	15

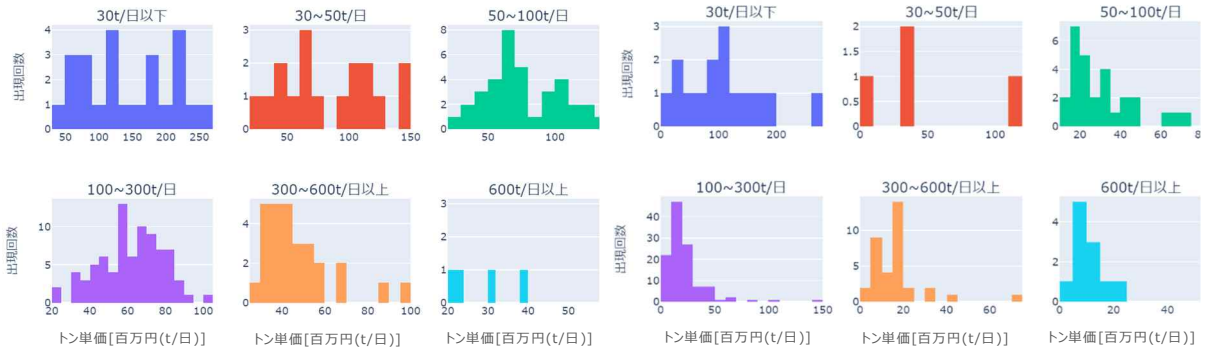


図 3-20　トン単価の規模別分布（左図：新設、右図：基幹改良）

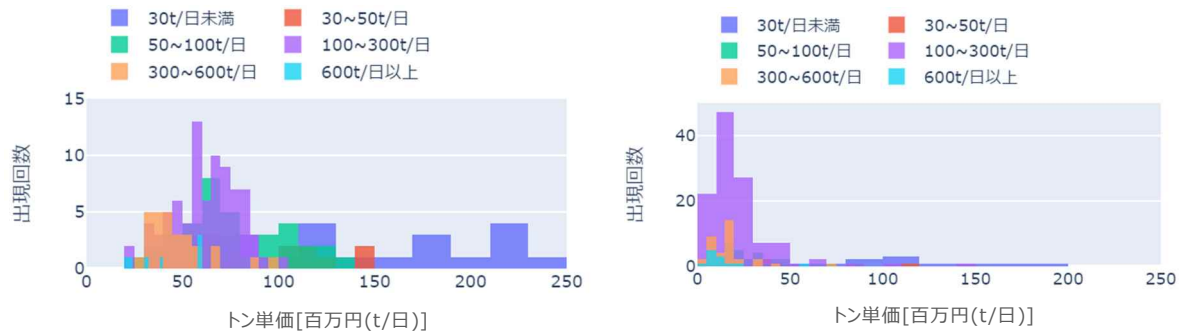


図 3-21　トン単価の規模別分布（左図：新設、右図：基幹改良）

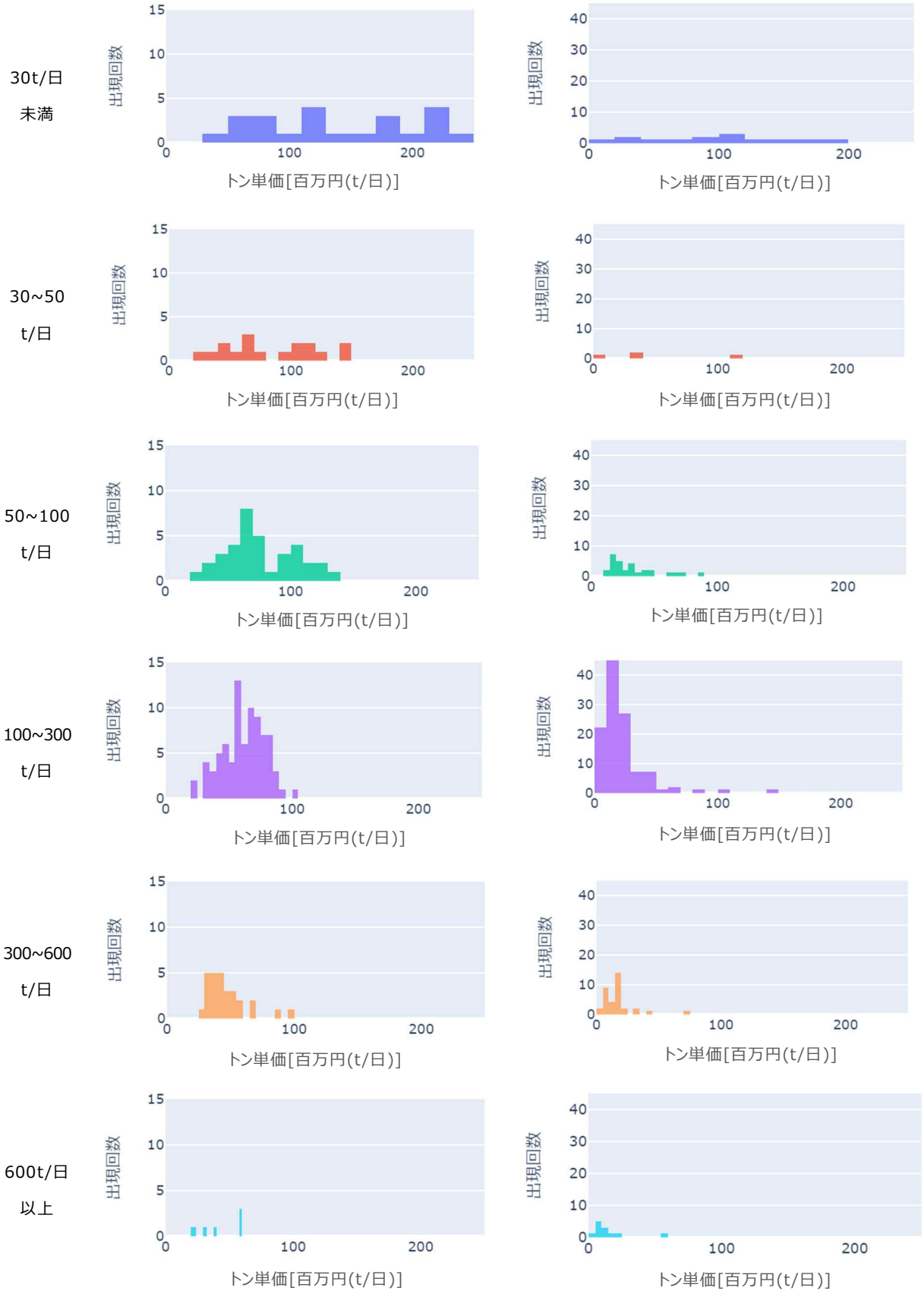


図 3-22　トン単価の規模別分布（横軸統一 ver.）

3.2.3　循環型社会交付金による基幹改良等の延命化による費用縮減効果

(1)　分析手順と前提条件

基幹改良が交付金事業として設定された平成 22 年度以降を対象に、基幹改良等の延命化による費用縮減効果を試算するため、実績の交付金額の集計及び基幹改良事業が存在しなかった場合（過去の基幹改良が全て新設であった場合）の交付金額の推計を実施する。

まず、平成 22～令和 5 年度の案件について、交付金資料より整理したデータから、新設／基幹改良別、処理能力帯別の平均交付金受領年数と平均交付決定額トン単価を算出した（平均交付決定額トン単価の算出に際しては、建設工事デフレーター（衛生環境）を考慮して各年度のトン単価を補正してから平均した。）。なお、交付決定額トン単価の著しく小さい案件や著しく大きい案件については、個別にデータ確認や公開情報との照合作業を実施し、不備があると考えられるデータについては修正、又は集計から除外した。

次に、集計した基幹改良の案件が新設だった場合を仮定し、算出した交付決定額の値を用いて、基幹改良の案件が新設だった場合の交付決定額を次式で算出した。

（基幹改良案件が新設だった場合の交付決定額）＝（各年度のデフレーターで割り戻した平均交付決定額トン単価）*（処理能力）*（平均交付金受領年数）

なお、平均交付金受領年数は四捨五入して整数化し、それに応じて交付決定額トン単価を補正することで総交付決定額が四捨五入前と変化しないように調整した。また、令和 3 年度実態調査にて施設 ID が確認できない施設、又は令和 3 年度実態調査において休止・廃止となっている施設の基幹改良案件が存在する事業主体について、基幹改良案件より後の年度に新設の案件がある場合、その案件は除外して集計した。

(2)　結果

1)　分析対象施設数

分析対象施設は合計 343 施設で、新設が 166 施設、基幹改良が 177 施設であった。処理能力帯のボリュームゾーンは新設・基幹改良共に 100t/日以上 300t/日未満であった。

表 3-12　分析対象施設数

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	合計
新_30t/日未満	1	2	1	5	1	5	1	1	3		1				21
新_30～50t/日	2	1	2	3	1	3	1	1	3						17
新_50～100t/日	3	3	6	4	3	3	2	2	2	4	2				34
新_100～300t/日	3	9	10	11	2	9	4	4	4	4	3	1			64
新_300～600t/日	4	1	5	3	2	2	2	2	1	1		1			24
新_600t/日以上		1		2		1				1		1			6
改_30t 未満	1	2	1	2			1	2		1		1	1		12
改_30～50t/日		1	1			1	1								4
改_50～100t/日	1	2	3	3	1	3	1	8		4					26
改_100～300t/日	2	5	11	18	5	17	5	8	10	4	4	3		1	93
改_300～600t/日	1	4	5	5	2	7	3	1	4	1	1				34
改_600t/日以上			1				1	1	3		2				8
合計	18	31	46	56	17	51	22	30	30	20	13	7	1	1	343

2)　平均交付金受領年数

平均交付金受領年数（整数化前）は新設で 2.5～3.9 年、基幹改良で 1.9～4.0 年であった。交付決定額トン単価（整数化前）は新設で 18.2～39.4 百万円/(t/日)、基幹改良で 2.8～28.8 百万円/(t/日)であり、新設と基幹改良で単価に差が見られるとともに、処理能力帯が大きくなるほどトン単価が小さくなる傾向もおおむね確認できた。なお、平均交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]は複数年にわたる交付金総額のトン単価である。例えば、20t/日の施設を新設する場合の総交付金額と単年度当たりの交付金額は、次のとおりとなる。

（総交付金額[百万円]）　= 33.1 百万円/(t/日)*20 t/日 = 662 百万円

（単年度あたりの交付金額[百万円/年]）=662 百万円/3 年 =220.7 百万円/年

表 3-13　平均交付金受領年数及び平均交付決定額トン単価

	受領年数整数化前		受領年数整数化後	
	平均交付金受領年数[年]	平均交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]	平均交付金受領年数[年]	平均交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]
新_30t/日未満	2.5	39.4	3	33.1
新_30～50t/日	3.4	29.6	3	33.0
新_50～100t/日	3.5	30.5	4	26.9
新_100～300t/日	3.5	24.4	4	21.3
新_300～600t/日	3.9	19.1	4	18.5
新_600t/日以上	3.5	18.2	4	15.9
改_30t未満	1.9	25.4	2	24.4
改_30～50t/日	2.8	16.2	3	14.8
改_50～100t/日	2.7	12.3	3	11.0
改_100～300t/日	3.1	6.2	3	6.3
改_300～600t/日	3.3	5.7	3	6.3
改_600t/日以上	4.0	2.9	4	2.9

※各年度の平均交付額トン単価では 2023 年度基準の建設工事デフレーターを考慮

3)　年度別交付決定額

新設／基幹改良別、処理能力帯別の交付決定額の推移、基幹改良の有無による年度別の交付決定額、交付金縮減額は図 3-23、図 3-24 及び表 3-14 のとおりとなった。これまでの交付金縮減総額は 4,580 億円と試算された。年度当たりの平均削減額は 327 億円であり、年度別に見ると、最も縮減額が大きい 2018 年度には 562 億円が縮減されたという試算結果になった。

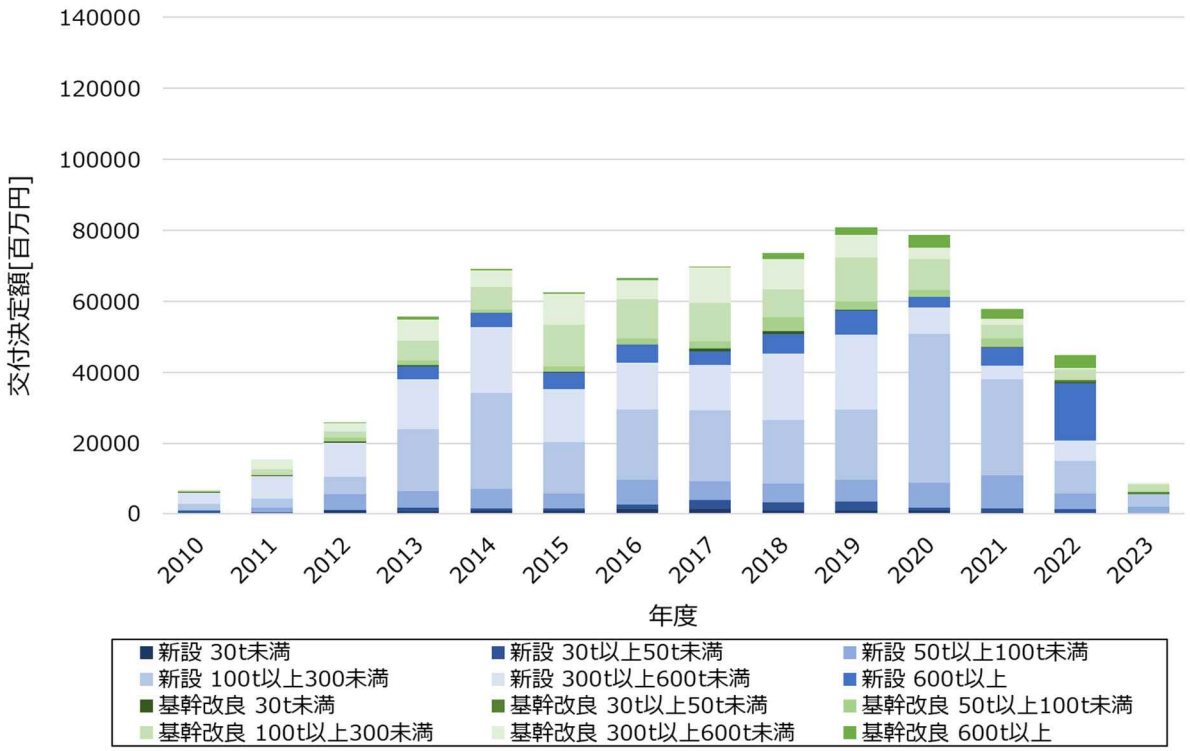


図 3-23　基幹改良を実施した場合（実績ベース）の年度別交付決定額

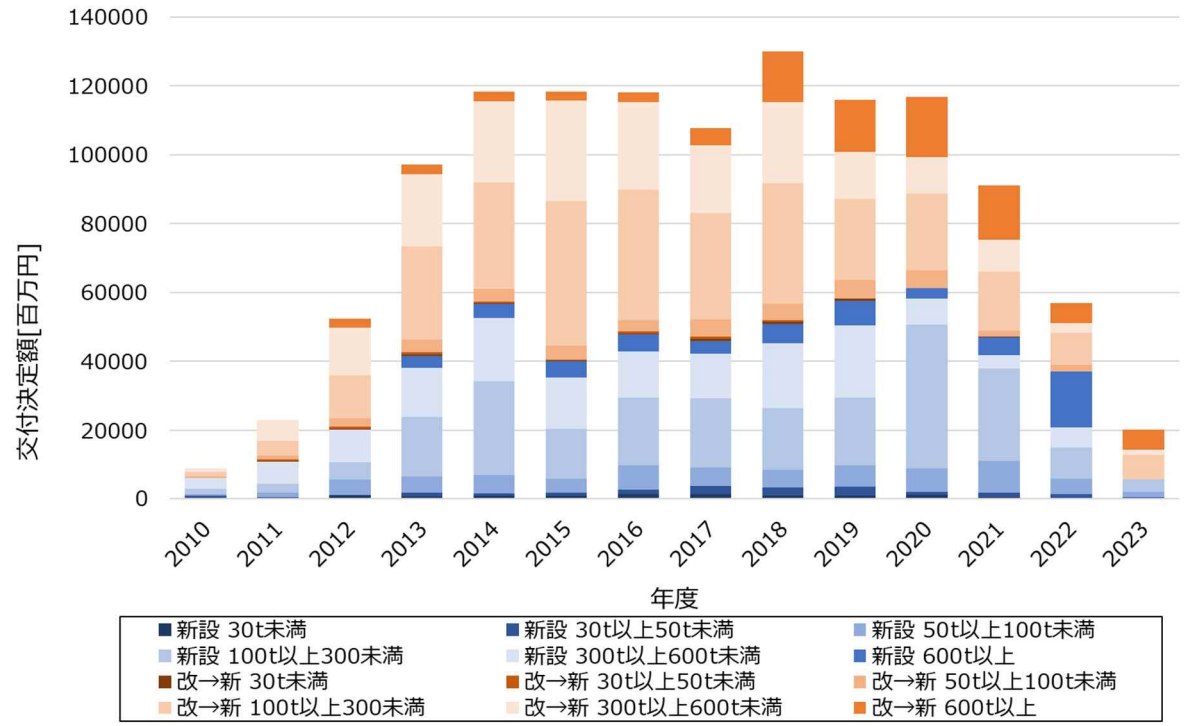


図 3-24　基幹改良をせず新設した場合の年度別交付決定額

表 3-14　年度別交付決定額と交付金縮減額

単位：億円

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	合計
基幹 改良あり	69	155	259	557	692	625	667	697	737	808	788	578	448	90	7171
基幹 改良なし	90	231	524	971	1,184	1,184	1,181	1,077	1,299	1,159	1,168	911	569	203	11,750
交付金 縮減額	21	75	265	414	491	559	514	380	562	350	380	333	121	113	4,580

一方で、基幹改良案件の中には軽微な改良から大規模改修まで様々な程度の改良が含まれると考えられるため、その全てを新設に置き換えて試算することは交付金縮減効果の過大評価の可能性がある。以上を踏まえて、処理能力帯別に交付決定額トン単価の下位 15%未満の案件（軽微な改良と思われる案件）を除外して再度集計した結果を図 3-25 及び表 3-15 下に示す。交付金縮減額は 3,405 億円となり、交付決定額トン単価の下位 15%を除外しない場合に比べて、縮減額は 1,175 億円の減少となった。

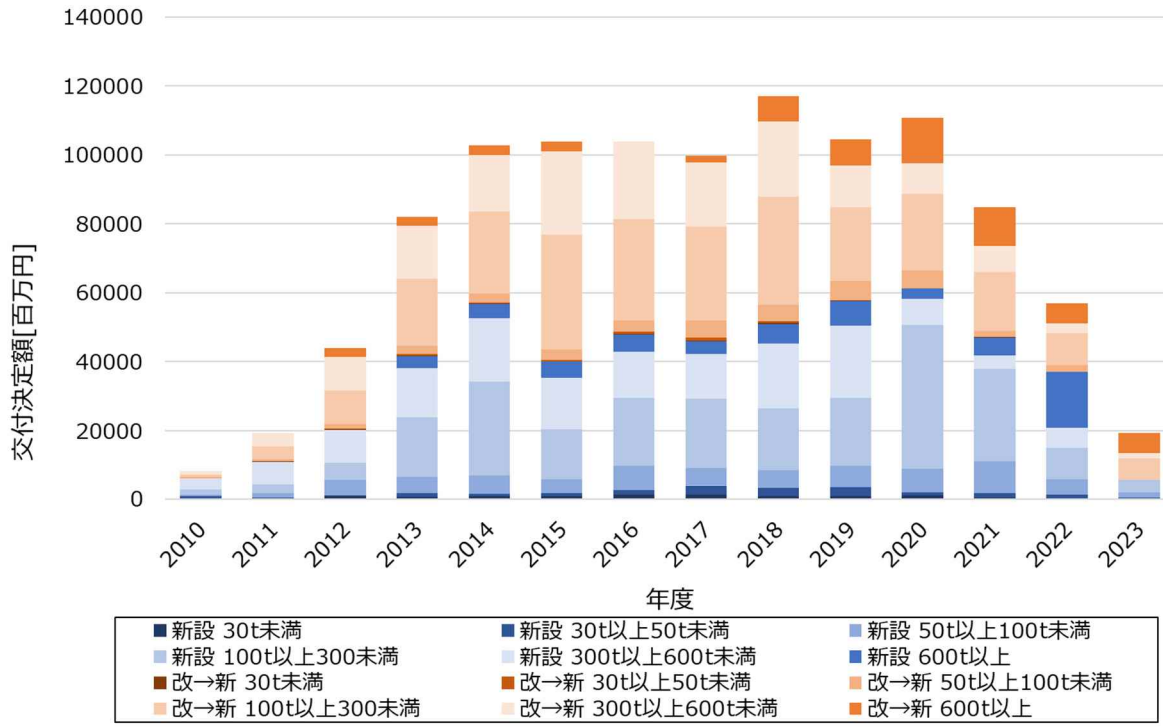


図 3-25　基幹改良をせず新設した場合の年度別交付決定額
（基幹改良案件の下位 15%未満を新設想定から除外）

表 3-15　年度別交付決定額と交付金縮減額
（基幹改良案件の下位 15%未満を新設想定から除外）

単位：億円

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	合計
基幹改良あり	69	155	259	557	692	625	667	697	737	808	788	578	448	90	7171
基幹改良なし	83	193	441	820	1,027	1,038	1,038	998	1,171	1,046	1,107	848	569	194	10,575
交付金縮減額	14	38	182	264	335	413	372	301	434	238	319	270	121	104	3,405

参考までに、集計対象案件の交付決定額トン単価の散布図及び交付決定額トン単価の推移とデフレーターとの関係（最もサンプル数の多い 100～300t/日の結果）を図 3-26～図 3-28 に示す。交付決定額トン単価については、2015 年度の平均交付決定額トン単価を 100 として、案件ごとのトン単価指標をプロットし、2015 年度基準のデフレーター推移と比較した。その結果、新設、基幹改良共に、2021 年度頃まではおおむね上昇傾向が確認された。

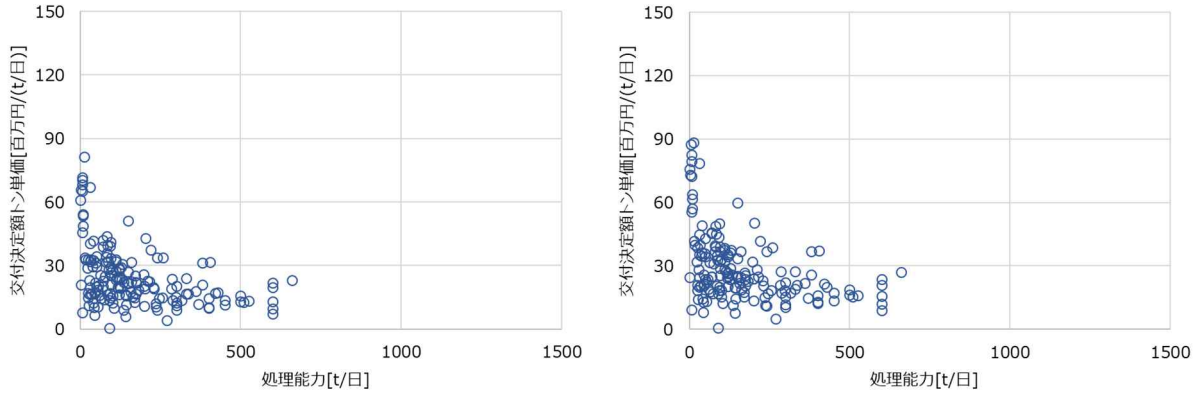


図 3-26　新設案件の処理能力と交付決定額トン単価の関係
（左：デフレーター補正無し、右：デフレーター補正有り）

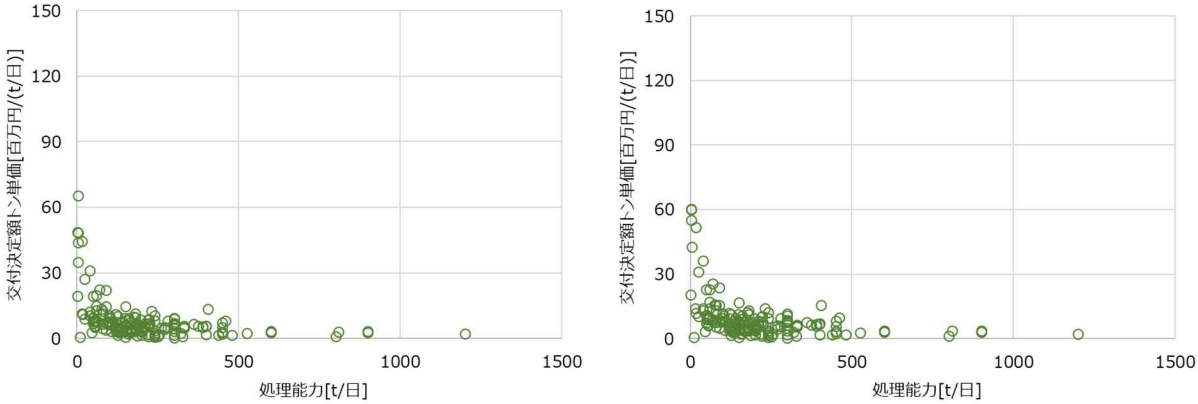


図 3-27　基幹改良案件の処理能力と交付決定額トン単価の関係
（左：デフレーター補正無し、右：デフレーター補正有り）

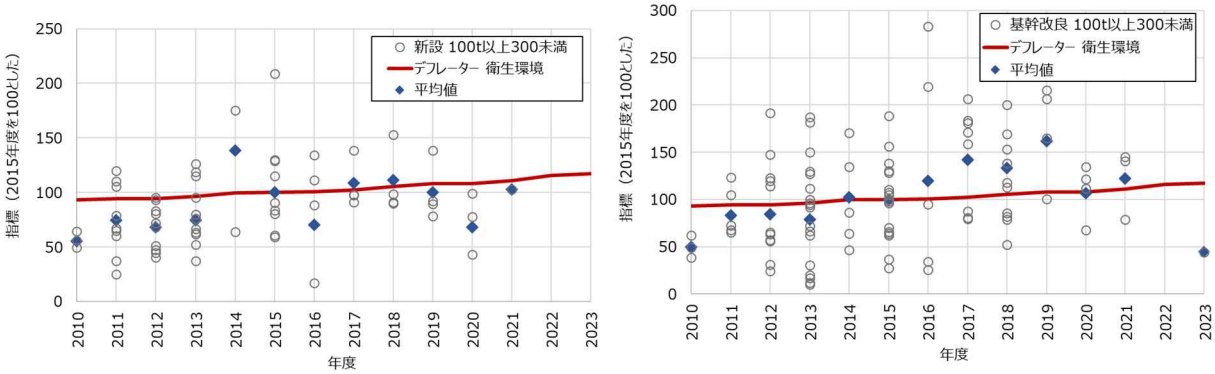


図 3-28　年度別の交付決定額トン単価（100~300t/日）とデフレーターの推移
（左：新設、右：基幹改良）

3.2.4　施設規模当たりの交付対象事業経費（トン単価）に上限を設定した場合の施設整備費用縮減効果の検討

(1)　施設規模別のトン単価の基本統計量の整理

3.2.2 で算出した焼却施設の施設別のトン単価（施設規模当たりの交付対象事項経費）について、施設規模及び新設・基幹改良別に基本統計量を整理した結果を以下に示す。ここで、基本統計量の集計範囲は、既に事業が完了している案件を対象とし、具体的には、平成 22 年度（2010 年度）以降に着工して、令和 5 年度（2023 年度）までに竣工した施設を対象とした。

(2)　各施設規模帯のトン単価の中央値及び 75%値を交付上限とした場合のシミュレーション

上記で求めたトン単価の基本統計量のうち、各施設規模帯におけるトン単価の中央値又は 75 パーセンタイルを交付上限にした場合に、交付金の交付決定額に及ぼされる効果を分析した。以下にシミュレーションの概要を示す。

$$G_{case} = \sum_{gr}\sum_{y} g_{case}^{gr}(y) / gr_{case} / deflator(y)$$

$$X_{case} = G_{case} / Cap_{case}$$

$$r_{case} = (X_{case} - X_{upper}) / X_{case}$$

$$Red_{case}(y) = \sum_{gr_{case}} g_{case}^{gr_{case}}(y) * r_{case}$$

$$Red_{total}(y) = \sum_{case} Red_{case}(y)$$

G_{case}	：事業 case の交付決定額から逆算した交付対象事業経費
$g_{case}^{gr}(y)$	：事業 case の交付率 gr の y 年度の交付決定額
$deflator(y)$	：y 年度のデフレーター（建設工事単価）
X_{case}	：事業 case の交付対象事業経費トン単価
X_{upper}	：施設規模に応じた交付上限となるトン単価
Cap_{case}	：事業 case にて整備される施設の施設規模
r_{case}	：事業 case の交付決定額の縮減率
$Red_{case}(y)$	：事業 case の y 年度の交付決定額の縮減額
$Red_{total}(y)$	：全体の y 年度の交付決定額の縮減額

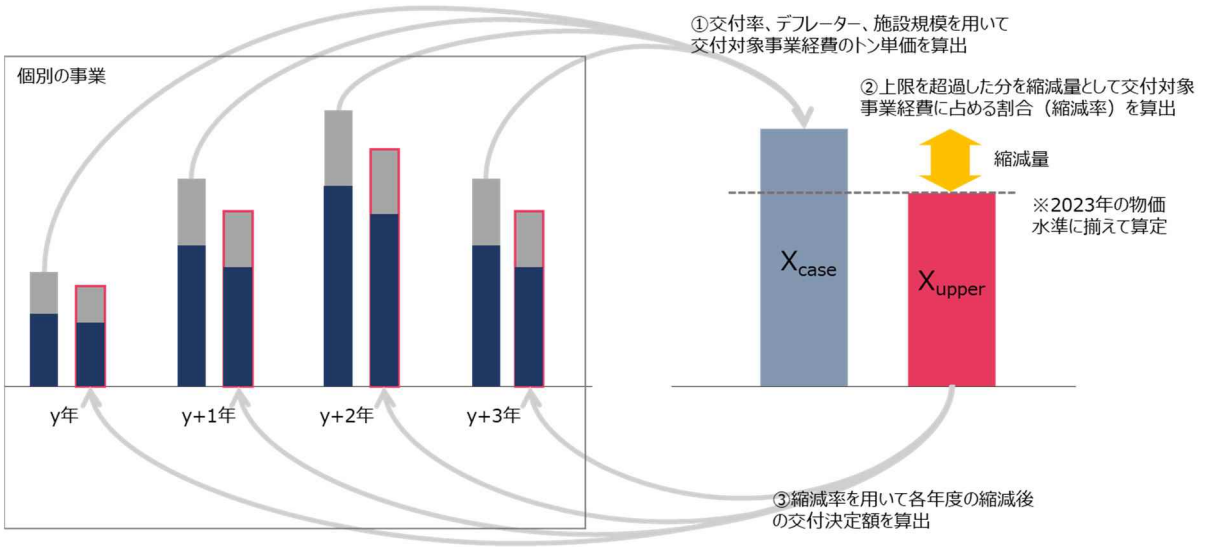


図 3-29 事業別の縮減額の算定イメージ

本業務では、既に実施済みの事業に加えて、2024 年度以降に要望されている事業も含めてその縮減効果を前述の手法に基づいてシミュレーションした。ここで、デフレーターの基準年度は 2023 年度（※2023 年の 4～5 月の平均値）として、2023 年度を 1 とした場合の各年度の物価水準を算定に利用した。一方で、2024 年度以降の物価水準は、その見通しが不透明であることから、2023 年度の値を据置きした。したがって、物価上昇分が要望額に織り込まれている場合は上限を超過しやすくなることが想定される。

新設・基幹改良それぞれの事業に対して、施設規模別に過去の実績トン単価から算出した中央値と 75%値を交付上限とした場合のシミュレーション結果を図 3-30、図 3-31 に示す。

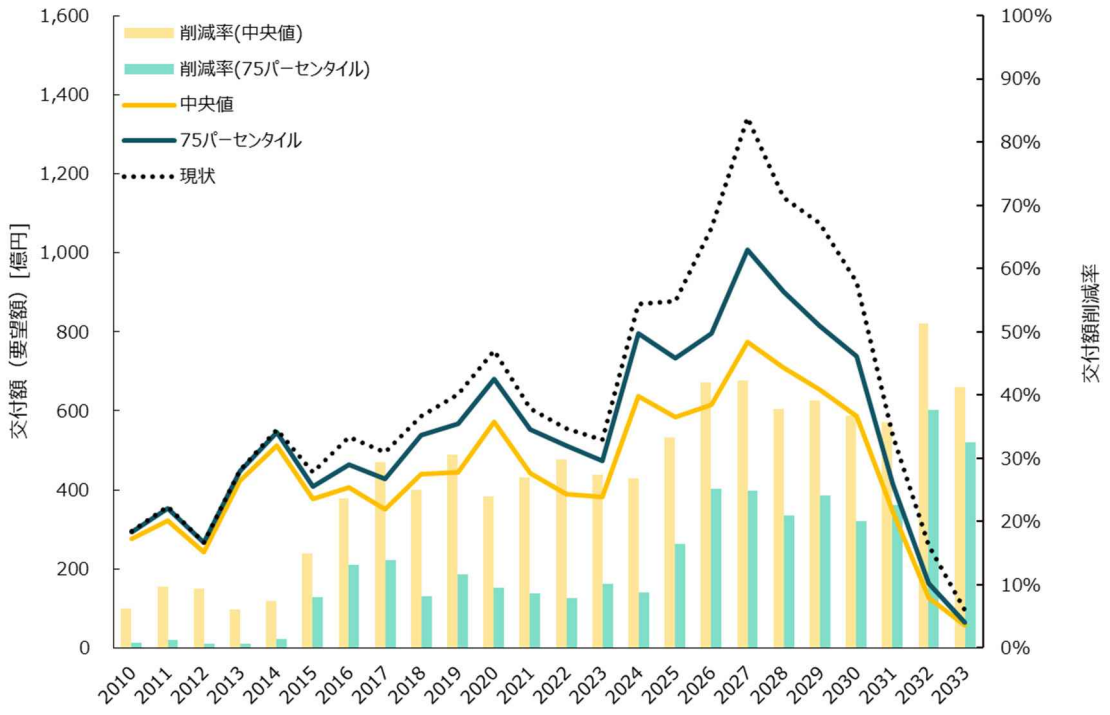


図 3-30 新設の事業におけるシミュレーション結果（中央値、75%値）

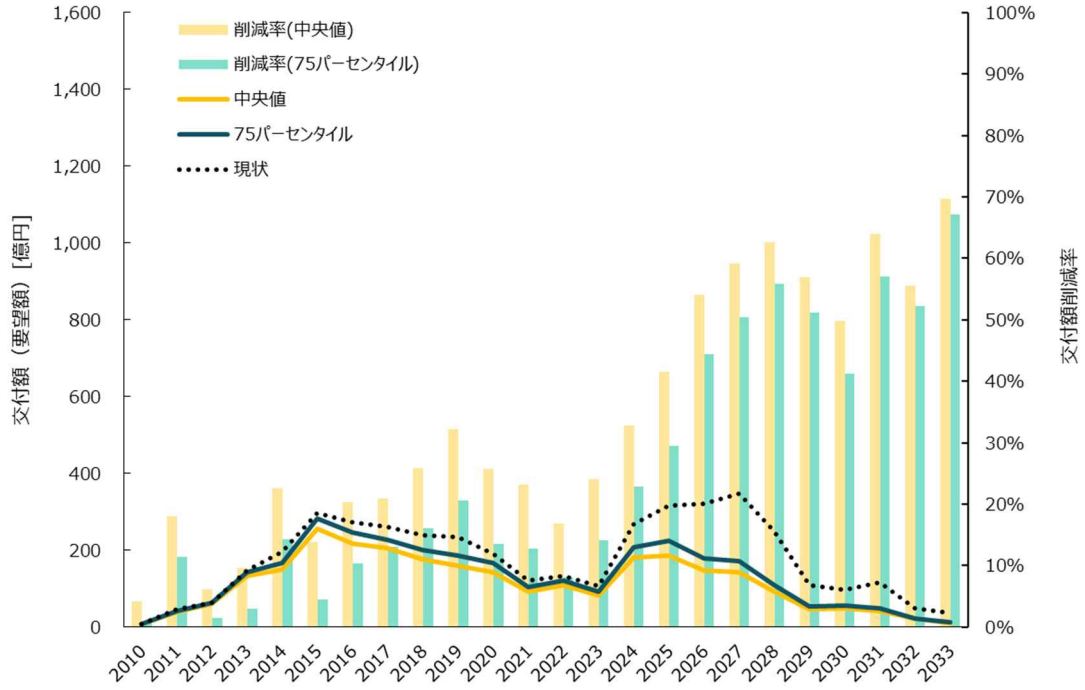


図 3-31　基幹改良の事業におけるシミュレーション結果（中央値、75%値）

新設の事業について、2024 年度以降において、縮減額と縮減率が共に大きくなっている。これは、そもそもの要望額が大きくなっていることと先述の物価水準が影響しているものと考えられる。2010～2023 年度における縮減率は、大まかには中央値では 20～30%、75%値では 10%付近で推移しており、各年度の縮減率の算術平均値はそれぞれ 19%、7%となった。2024 年度以降における縮減率は、特に 2026 年度頃から縮減率が高くなっており、中央値では 30～40%、高い年度では 50%、75%値でも 20～30%付近で推移しており、各年度の縮減率の算術平均値はそれぞれ 39%、23%となった。

基幹改良の事業についても、新設の事業と同様に、2024 年度以降の縮減額と縮減率が共に大きくなっている傾向にある。2010～2023 年度における縮減率は、大まかには中央値では 20～30%、75%値では 10%付近で推移しており、各年度の縮減率の算術平均値はそれぞれ 19%、10%となった。2024 年度以降における縮減率は、特に 2026 年度頃から縮減率が高くなっており、中央値では 30～40%、高い年度では 50%、75%値でも 20～30%付近で推移しており、各年度の縮減率の算術平均値はそれぞれ 55%、47%となった。

新設・基幹改良のそれぞれにおいて、中央値と 75%値を上限とした場合の縮減額を表 3-16 に示す。新設において、2023 年度までの実績に対して仮に上限を設けていた場合の縮減額は、2010～2023 年度までの 14 年間で総額 1,481 億円（中央値）、538 億円（75%値）と試算された。基幹改良において、同様に 2010～2023 年度までの縮減額の総額を試算すると、486 億円（中央値）、268 億円（75%値）程度になった。

潜在的な需要が見込まれていない可能性や将来の要望額が十分に精査されていない段階である可能性も踏まえ、参考値として 2024 年度以降の 10 年間で上限を設けた場合の縮減額を試算すると、新設においては、3,097 億円（中央値）、1,756 億円（75%値）、基幹改良においては、992 億円（中央値）、823 億円（75%値）の縮減効果になった。

表 3-16　各年度の縮減額の試算結果（新設・基幹改良の中央値又は 75%値）

年度	新設		基幹改良	
	中央値	75%値	中央値	75%値
2010	-18	-2	0	0
2011	-35	-5	-8	-5
2012	-25	-2	-4	-1
2013	-28	-3	-14	-4
2014	-41	-7	-44	-28
2015	-66	-35	-41	-13
2016	-126	-70	-55	-28
2017	-146	-69	-55	-34
2018	-147	-48	-62	-38
2019	-197	-75	-76	-48
2020	-180	-72	-49	-26
2021	-163	-53	-28	-15
2022	-166	-44	-22	-11
2023	-144	-53	-26	-15
2024	-233	-76	-88	-62
2025	-292	-144	-132	-94
2026	-447	-267	-174	-142
2027	-568	-334	-205	-175
2028	-431	-238	-156	-139
2029	-421	-260	-62	-55
2030	-339	-186	-48	-40
2031	-192	-122	-74	-66
2032	-134	-98	-28	-26
2033	-40	-31	-26	-25

また、上記の結果を新設／基幹改良別の縮減効果として図示すると図 3-32、図 3-33 のようになる。

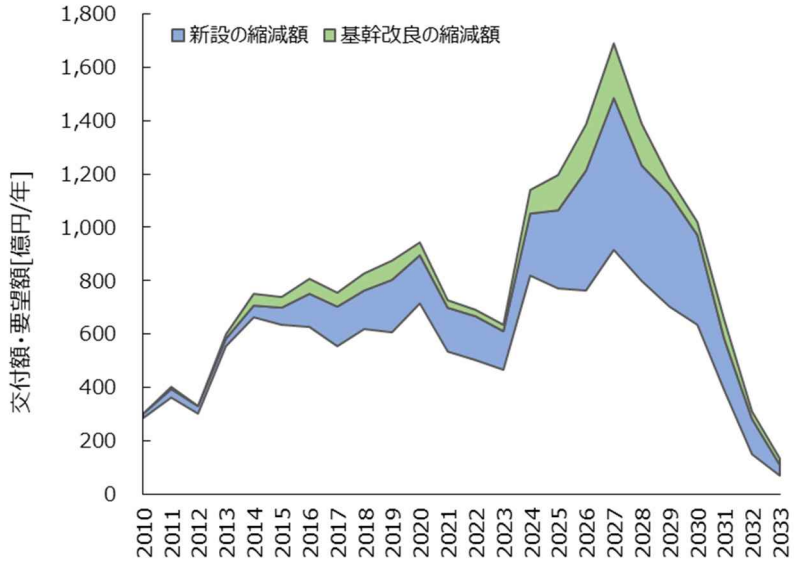


図 3-32　交付額・要望額の実績又は現状値からの縮減効果（中央値）

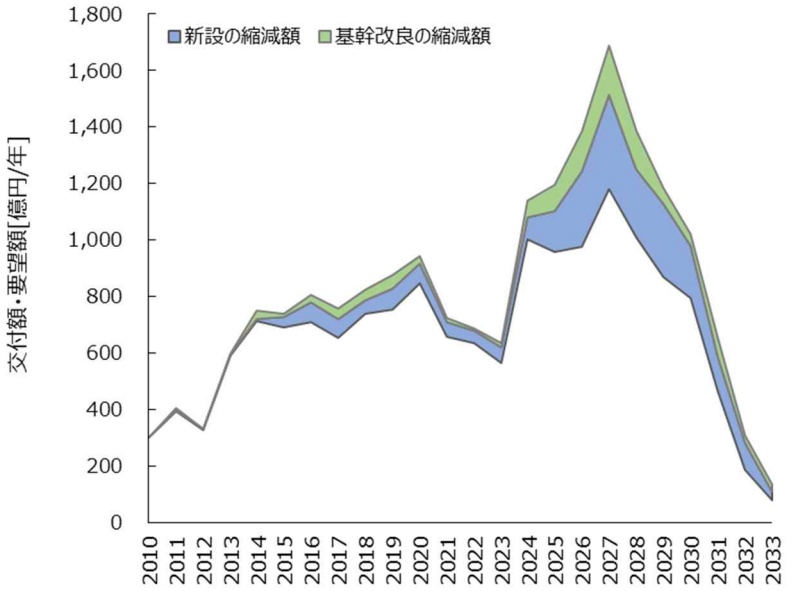


図 3-33　交付額・要望額の実績又は現状値からの縮減効果（75%値）

(3)　着工時期を考慮した縮減額の感度分析

前頁までの 2024 年度以降の結果は、既に着工済みの施設も含まれていることから、今後の制度導入を念頭に置いて、着工時期を考慮した縮減額の感度分析を実施する。対象とする案件は、新設の事業のみに上限を適用した場合の試算を実施した。具体的には、トン単価による上限を設定する施設（新設）の着工時期を 2024 年度以降に絞って、2024 年度から 1 年ごとに着工時期を変化させた場合の縮減額の変化を試算する。

ここで、貸与データ上は 2024 年度のレコードが存在するが、実質的な要望額が発生していない事業があった。これらの事業については、要望額が発生する年度を着工時期として設

定した。例えば、2024 年度の要望額がゼロで、2027 年度から要望額が記載されている事業は、2027 年度を着工時期とみなした。

2024 年度以降に上限適用年度を仮定した場合の感度分析の結果を以下に示す。

中央値の場合は、期限なしでは 3,097 億円あった縮減額が、2024 年度以降着工事業に限定すると 2,172 億円、2025 年度以降着工事業に限定すると 1,612 億円、というように縮減額は小さくなる。2024 年度以降着工事業であっても、その交付額（又は縮減額）のピークは数年後の 2027～2029 年度に来ることが表からわかる。

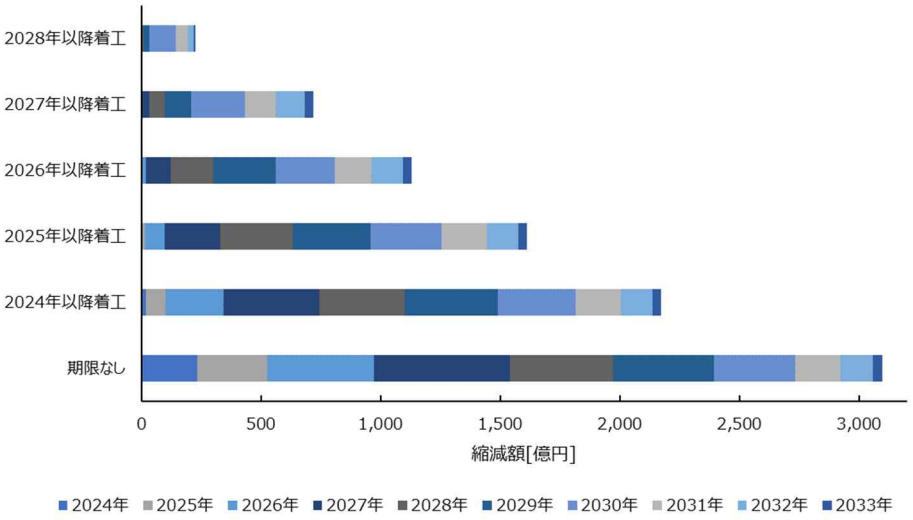


図 3-34　トン単価上限の導入時期による縮減額の試算結果（新設のみ・中央値）

表 3-17　トン単価上限の導入時期による縮減額の試算結果（新設のみ・中央値）[億円]

	期限なし	2024年以降着工	2025年以降着工	2026年以降着工	2027年以降着工	2028年以降着工	2029年以降着工	2030年以降着工
2024年	233	18	0	0	0	0	0	0
2025年	292	83	17	0	0	0	0	0
2026年	447	244	83	20	0	0	0	0
2027年	568	398	230	103	34	0	0	0
2028年	431	359	305	178	64	9	0	0
2029年	421	388	325	260	111	25	4	0
2030年	339	325	296	247	223	109	20	0
2031年	192	190	190	155	130	52	20	1
2032年	134	130	130	130	121	24	22	9
2033年	40	36	36	36	36	6	4	4
合計	3,097	2,172	1,612	1,130	720	226	70	14

75%値の場合も同様に、上限の適用年度に制限をかけていくと、縮減額は小さくなる。

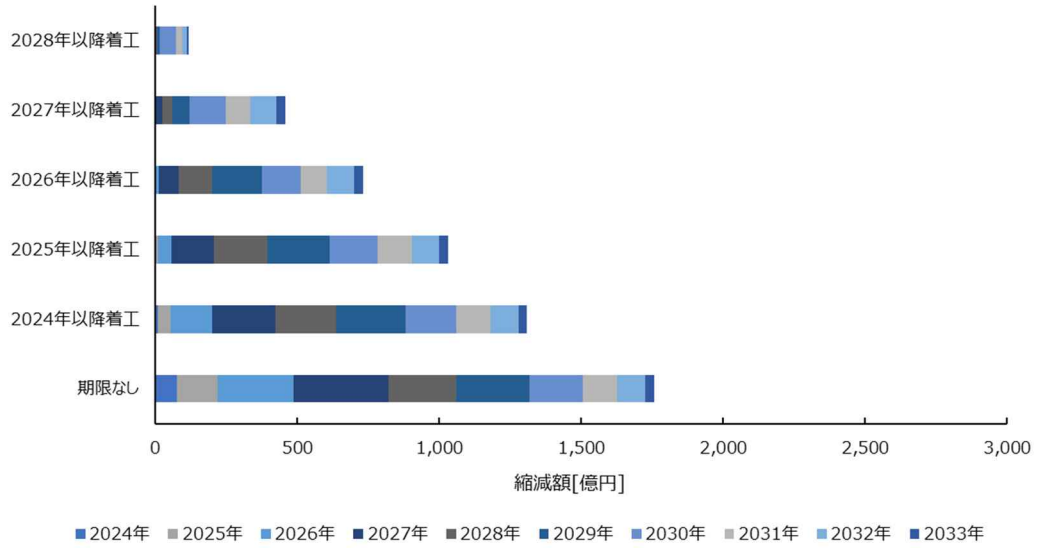


図 3-35　トン単価上限の導入時期による縮減額の試算結果（新設のみ・75%値）

表 3-18　トン単価上限の導入時期による縮減額の試算結果（新設のみ・75%値）[億円]

	期限なし	2024年以降着工	2025年以降着工	2026年以降着工	2027年以降着工	2028年以降着工	2029年以降着工	2030年以降着工
2024年	76	9	0	0	0	0	0	0
2025年	144	44	9	0	0	0	0	0
2026年	267	148	49	14	0	0	0	0
2027年	334	223	147	70	24	0	0	0
2028年	238	213	190	116	37	5	0	0
2029年	260	246	217	176	58	12	1	0
2030年	186	179	169	136	129	55	8	0
2031年	122	121	121	91	84	23	9	1
2032年	98	97	97	97	94	17	16	6
2033年	31	30	30	30	30	4	3	3
合計[億円]	**1,756**	**1,309**	**1,030**	**731**	**458**	**117**	**37**	**9**

ここで、各年度に着工する施設をグルーピングした上で、各グループにおける年度別の縮減額を整理したものを表 3-19 に示す。2024 年度着工のグループは 2026 年度、2025 年度着工のグループは 2027 年度、というように数年後に縮減額のピークを迎えている。ここで、1 件当たり、あるいは処理能力当たりの縮減額を各グループで求めると、2026 年度及び 2027 年度に着工する施設の事業が最も高くなっており、施設規模に対して割高な事業が多くなっている可能性がある。

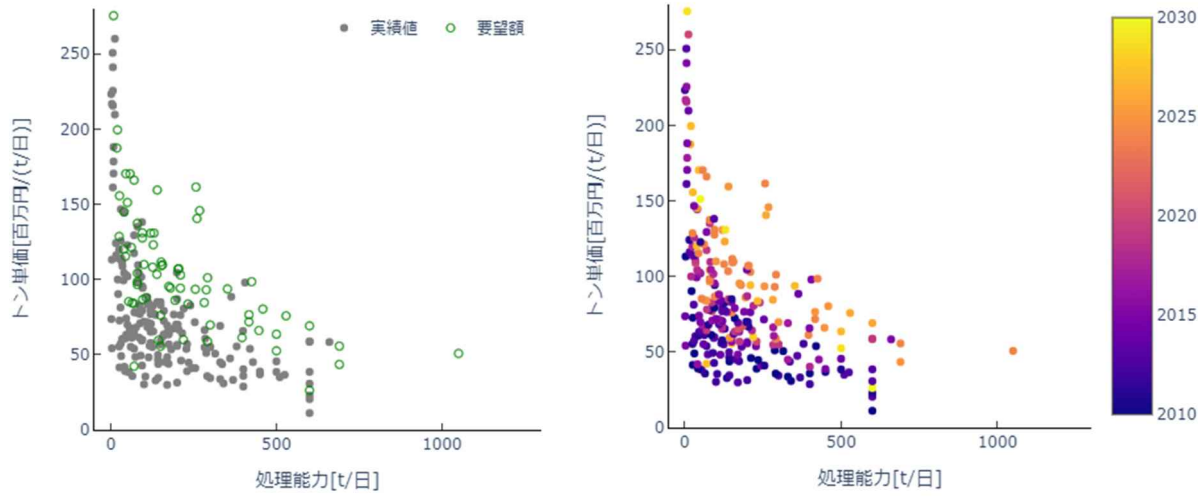
表 3-19　着工年別の各年度における縮減額の整理

	2023年以前着工	2024年着工	2025年着工	2026年着工	2027年着工	2028年着工	2029年着工	2030年着工
2024年	67	9	0	0	0	0	0	0
2025年	100	35	9	0	0	0	0	0
2026年	119	99	35	14	0	0	0	0
2027年	111	76	77	46	24	0	0	0
2028年	26	22	74	79	33	5	0	0
2029年	14	28	41	118	46	11	1	0
2030年	8	9	33	7	74	48	7	0
2031年	1	0	29	8	60	14	9	1
2032年	1	0	0	3	77	1	10	6
2033年	1	0	0	0	26	1	0	3
合計[億円]	447	279	299	274	341	80	28	9
件数	60	23	19	12	16	8	3	3
1件あたり縮減額[億円]	7.5	12.1	15.7	22.8	21.3	10.0	9.2	3.1
処理能力[t/日]	11107	5071	3311	1976	3229	1569	638	650
t/日あたり縮減額[百万円	4.0	5.5	9.0	13.9	10.5	5.1	4.3	1.4

(4)　着工時期や処理方式を踏まえたトン単価の分析・検証

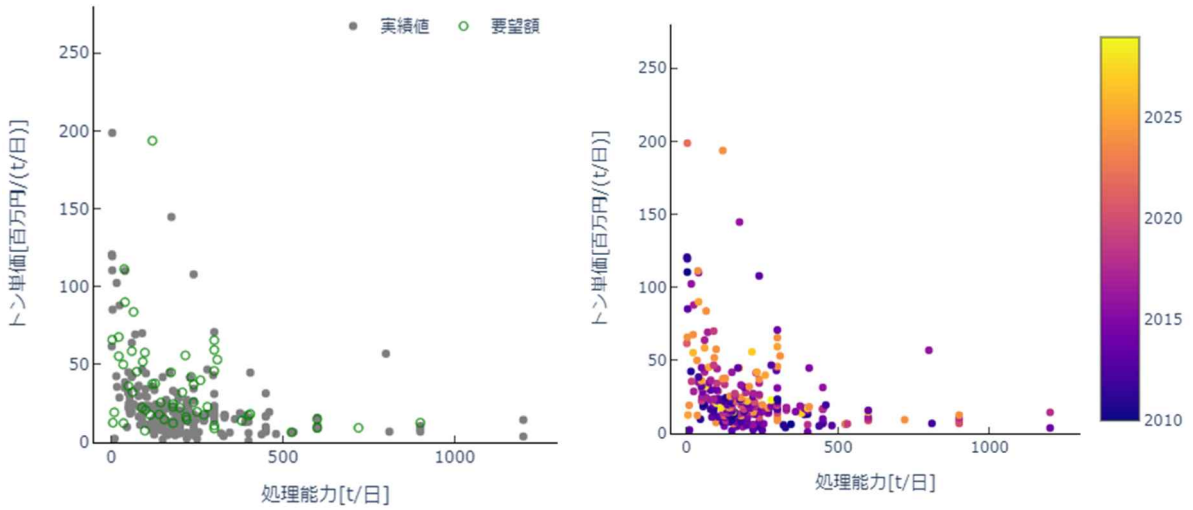
トン単価への上限を適用するに当たって、着工時期や処理方式別にその傾向を検証した。

まず、処理能力とトン単価を、実績／要望別、あるいは着工（予定）年度別にプロットした散布図を図 3-36、図 3-37 に示す。ここで、2023 年度以前のトン単価については、デフレーターによって 2023 年度の物価水準に補正されている。



実績値/要望額別　　着工（予定）年度別

図 3-36　着工時期によるトン単価の分布傾向（新設）



実績値/要望額別　　着工（予定）年度別

図 3-37　着工時期によるトン単価の分布傾向（基幹改良）

新設については、要望額のトン単価の方が同規模であっても、実績値よりも高位に位置してる傾向が確認された。要望額については、物価上昇の影響を織り込んだ要望額になっている、競争入札前で競争による価格低減効果が見込まれていない、見積りができる状態になく十分な検証がなされていない、といった事業も混在しているのではないかと考えられる。着工（予定）時期別に塗り分けたところ、後年度になるほど高位に位置する傾向も確認された。ここで、2020 年頃までは、デフレーターによる補正が効いているので、本来であれば、同じ位置に比較的均等に分布するはずである。しかし、注意深く見ると、2010 年代前半と 2010 年代後半でも、後年度ほどやや高位に分布するような傾向が見られた。このことは、建設工事デフレーターで説明ができない別の要因によって、単価が押し上げられている可能性があることを示唆している。

基幹改良については、新設ほど顕著ではないが、実績値と要望額で同じ規模でもトン単価がやや高位に分布している傾向が確認できる。

次に、処理方式別に施設規模とトン単価をプロットした散布図を図 3-38 に示す。新設では、流動床式については、分位点回帰（任意の分位点で回帰式を手法：詳細については後述）による中央値相当曲線を挟んでおおむね均等に分布しているが、シャフト式については、中央値相当曲線より僅かに高位に分布する傾向が確認された。分位点回帰による回帰曲線は処理方式とは独立に、全ての処理方式をデータセットに含めた結果である。

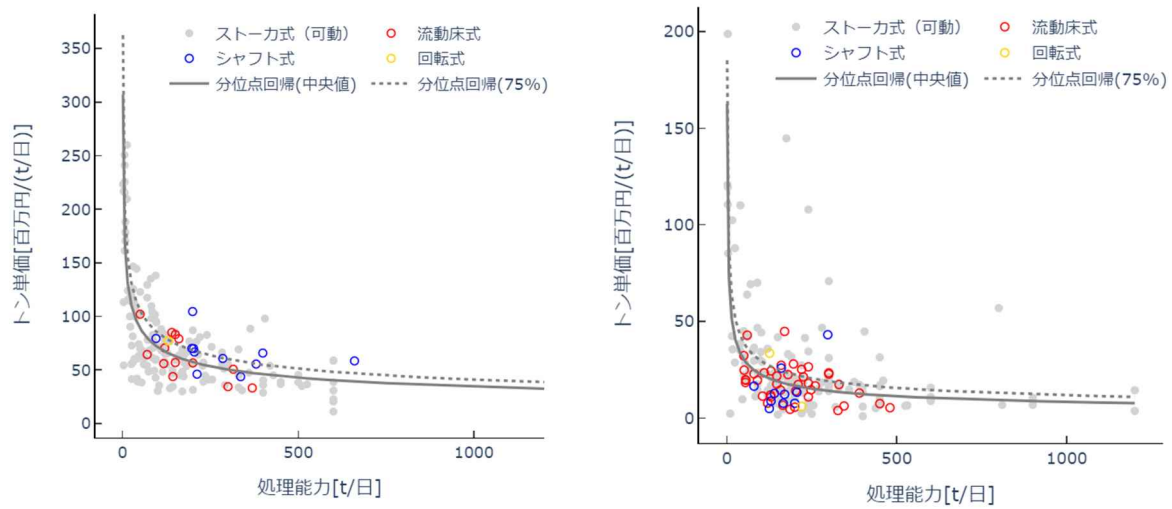


図 3-38　処理方式別の処理能力とトン単価の関係（左：新設、右：基幹改良）

中央値相当曲線と各施設のトン単価の関係を表 3-20 に示す。ストーカ式と流動床式は中央値を超える件数がそれぞれ 48%と 47%と、これらの区分に限れば中央値を下回っている一方、シャフト式についてはシャフト式のうち 75%が中央値を超える結果になっている。

表 3-20　処理方式別の中央値相当との関係

	新設			基幹改良		
	全件数	中央値以上の件数	中央値以上の割合	全件数	中央値以上の件数	中央値以上の割合
ストーカ式	166	80	48%	150	79	53%
流動床式	15	7	47%	41	19	46%
シャフト式	12	9	75%	10	2	20%
回転式	1	1	100%	2	1	50%
その他	1	1	100%	-	-	-
総計	195	98	50%	203	101	50%

75%値相当曲線と各施設のトン単価の関係を表 3-21 に示す。中央値相当曲線との関係と同様に、ストーカ式と流動床式は中央値を超える件数がそれぞれ 23%と 20%と、これらの区分に限れば 75%値を超える施設が少なくなっている一方、シャフト式についてはシャフト式のうち 50%が 75%値を超える結果になっている。

表 3-21　処理方式別のトン単価の 75%値相当との関係

	新設			基幹改良		
	全件数	75%値以上の件数	75%値以上の割合	全件数	75%値以上の件数	75%値以上の割合
ストーカ式	166	38	23%	150	39	26%
流動床式	15	3	20%	41	8	20%
シャフト式	12	6	50%	10	2	20%
回転式	1	0	0%	2	1	50%
その他	1	0	0%	-	-	-
総計	195	47	24%	203	50	25%

(5)　トン単価上限の上限設定手法の検討

1) 上限設定手法の整理

前項までは施設規模区分別に一律の上限を設定する手法を用いて、中央値や 75%値を上限として設定する場合の費用縮減効果を検証した。施設規模区分別に上限設定する手法は、施設規模区分の定義や同施設規模区分内における不公平性といった課題がある。そこで、施設規模区分で一律上限を設定する手法も含めてトン単価に上限を設定する手法について、以下の 3 パターンを挙げ、各手法におけるメリット・デメリットの整理を行った。なお、便宜上、75%値を上限とすることを想定した記載を行う。

手法①：施設規模区分ごとの 75%値を一律の上限とする手法
手法②：施設規模区分内で規模に応じて 75%値となる直線を上限とする手法
手法③：ある施設規模での 75%値を推定する連続関数を上限とする手法

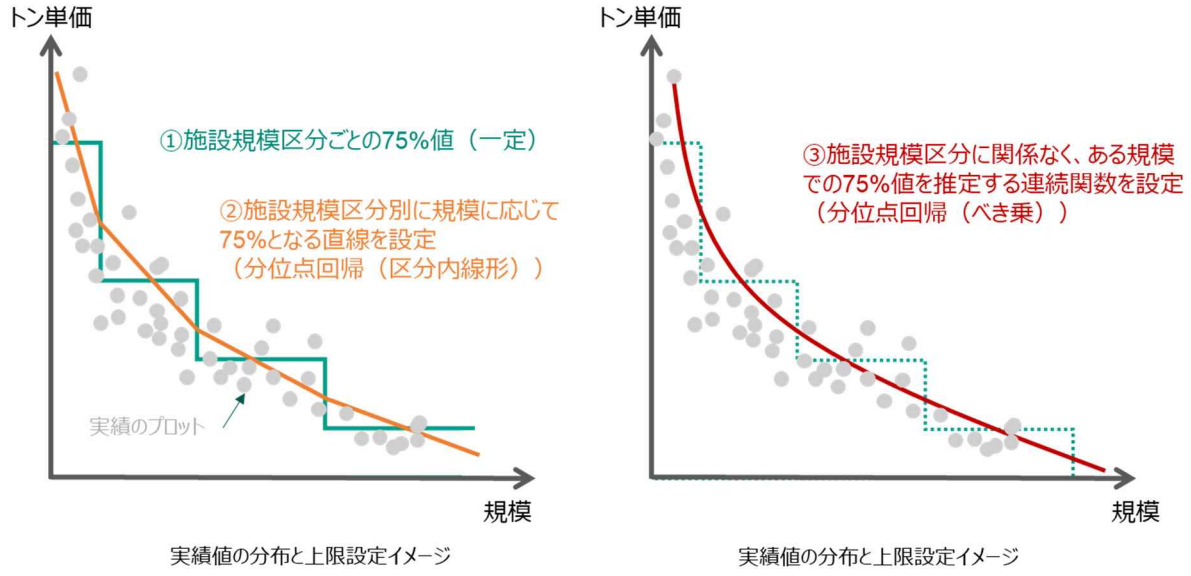


図 3-39　トン単価の上限を設定する各手法とそのイメージ（※図中プロットはイメージ）

手法②及び③は、75%値などの任意の分位点における回帰式を求める“分位点回帰”と呼ばれる手法により実現することが可能である。分位点回帰の概要を以下に示す。

分位点回帰とは、任意の分位点（分布を分割する値：50%：50%に分割する値は中央値）における回帰式を求める手法である。一次式（y=ax+b）で分位点回帰する場合は、以下の式を最小化する未知変数（a,b）を決定することになる。ここで、τ は求めたい分位点で、0.5（中央値）や 0.75（75%値）が該当する。i は分析に利用したデータを示す。

$$min. \sum_i \rho_\tau(\delta_i)$$

$$\rho_\tau(\delta) = \begin{cases} (\tau - 1) * \delta & (\delta \leq 0) \\ \tau * \delta & (\delta > 0) \end{cases}$$

$$\delta_i = y_i - f(x_i) = y_i - (a * x_i + b)$$

手法③に関連して、「廃棄物処理施設建設工事等の入札・契約の手引き」（平成 18 年）にあるように、化学プラント建設工事の分野では、建設工事価格はプラント規模の 0.6 乗に比例するという経験則がよく知られている。これを建設工事単価（トン単価）にすると、以下の式から、建設工事単価は経験則的にプラント規模の-0.4 乗に比例するといえる。つまり、べき乗則にしたがっているといえる。

(建設工事価格)＝b*(プラント規模)$^{0.6}$
(建設工事単価）＝(建設工事価格)/(プラント規模)＝b*(プラント規模)$^{-0.4}$

前節における施設規模とトン単価の散布図からも施設規模とトン単価の関係は、施設規模に応じてトン単価が低減される傾向にあることは明らかであるが、この低減の仕方が線形ではなくべき乗になっていることが確認できる。したがって、手法③では、一次式ではなくべき乗式で回帰することが望ましいと考えられるため、本業務においては、べき乗式での回帰を試みる。

0.6 乗則の基づく-0.4 乗はあくまで経験則であることから、仮にプラント規模の a 乗に比例すると仮定すると、今回求めたい回帰式は、建設トン単価を Y、施設規模を X とすると、$Y=b*X^a$ と表現できる。この求めたい回帰式の両辺の常用対数を取り、式変形することによって、以下の一次式を得ることができる。

$$\log_{10} Y = \log_{10} b * X^a = \log_{10} b + a * \log_{10} X = a * \log_{10} X + \log_{10} b$$
$$Y' = a * X' + b'$$
（ここで、$Y' = \log_{10} Y$，$X' = \log_{10} X$，$b' = \log_{10} b$）

各事例の補正後トン単価と施設規模の常用対数を取ったデータセット（Y'及び X'）において分位点回帰を実行することで回帰式を決定する a 及び b'を得ることができる。上記処理によって a 及び b'を得た後は、以下の式変形によって、$Y=10^{b'}*X^a$ の関係式が導出できる。

$$Y' = a * X' + b'$$
$$\log_{10} Y = a * \log_{10} X + b' * \log_{10} 10 = \log_{10} X^a + \log_{10} 10^{b'} = \log_{10} 10^{b'} * X^a$$
$$Y = 10^{b'} * X^a$$

2) 各上限設定手法のメリット・デメリットの整理

上記の三つの手法について、簡便性（ある値又は関数の導出が理解されやすいものであるか)、恣意性の排除（作業者により設定する条件が最小限にとどめられているか)、縮減効果（本施策が目的とする費用縮減に反する効果を生じさせないか）といった視点で、メリット・デメリットを考察した。

まず、簡便性の観点では、上限設定に関数を用いる必要がなく、その区分での統計量（75%値）を求めるのみというシンプルな手法である手法①が優れている。分位点回帰による手法は、分位点回帰という手法自体が一般に広く認知されていない可能性があり、その導出過程がやや専門的であるという点で説明が複雑になる。恣意性の排除という点では、施設

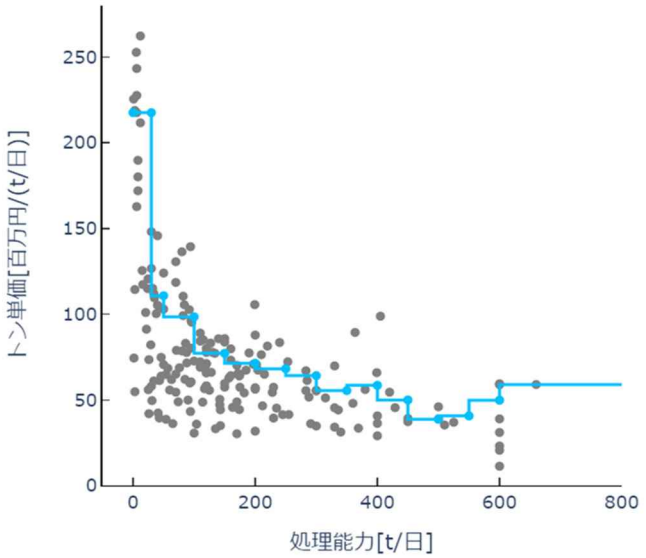
規模区分をどのように定義するかで結果が微妙に変わる可能性があり、施設規模区分を定義する必要がある手法①②では、その設定に作業者の一定の恣意性が入る。見込んだ効果が十分に得られるかという観点では、手法①では例えば、100t/日を少し超える施設が処理能力を少しだけ下げて 99t/日にすることで、一つ手前の区分（50～100t/日）の上限値が緩い区分に施設規模が集中するような場合が発生し得る。

表 3-22　各手法のメリット・デメリットの整理

	簡便性	恣意性の排除	縮減効果
手法① 施設規模区分内一律上限	◎：上限を導くための数式が不要である。また、導出過程が理解しやすい。	△：施設規模区分の設定に恣意性が入る。	×：区分の近傍において、「上限逃れ」（例：99t/日）が多発の可能性。
手法② 分位点回帰（区分内線形）	○：上限を導くための数式が必要である。また、数式の導出過程がやや専門的である。	△：施設規模区分の設定に恣意性が入る。	—
手法③ 分位点回帰（べき乗）	△：上限を導くための数式（指数関数）が必要である。また、数式の導出過程がやや専門的かつ複雑である。	○：施設規模区分を設定する必要がない。	—

3)　各手法による上限値の導出及び比較検証

手法①による 75%での上限値を 50t/日ごと（※50t/日以下は、30t/日以下とそれ以上で 2 分割）に設定した結果を図 3-40 に示す。当手法による上限値の算定では、300～350t/日と 350～400t/日、450～500t/日と 500～550t/日、500～550t/日と 600t/日以上で上限値の逆転現象が生じている。ここで、550～600t/日の区分ではデータ（実績）が存在しなかったため、前後の区間の中点を求めて表示した。



	75%
30t/日未満	215.6
30~50t/日	109.9
50~100t/日	97.61
100~150t/日	76.48
150~200t/日	70.67
200~250t/日	67.54
250~300t/日	63.53
300~350t/日	54.99
350~400t/日	58.04
400~450t/日	49.46
450~500t/日	38.32
500~550t/日	40.27
550~600t/日	na
600t/日以上	58.43

図 3-40　施設規模区分で一律に上限を設定する手法による上限値

手法②による各区分での 75%値に相当する直線により上限値を設定した結果を図 3-41 に示す。当該手法では、同一施設規模区分を母集団として分位点回帰を実行する必要があるため、区分を細かくすると十分なサンプルが確保できないことから、30t/日以下、30～50t/日、50～100t/日、100～300t/日、300～600t/日、600t/日以上の区分での計算を行った。また、それぞれの区分で独立した分位点回帰を実行すると、区分の境界（30t/日、50t/日、100t/日、300t/日、600t/日）において、不連続が生じてしまうことから、境界における値は連続となるような制約を与えて計算を行った。

上限値となる関数を分位点回帰により求めた結果、施設規模の大きな区分になるほど、傾きが緩やかになる傾向にあることが分かる。ここで、300～600t/日の区分では、分位点回帰を実行したところ、傾きがゼロになった。

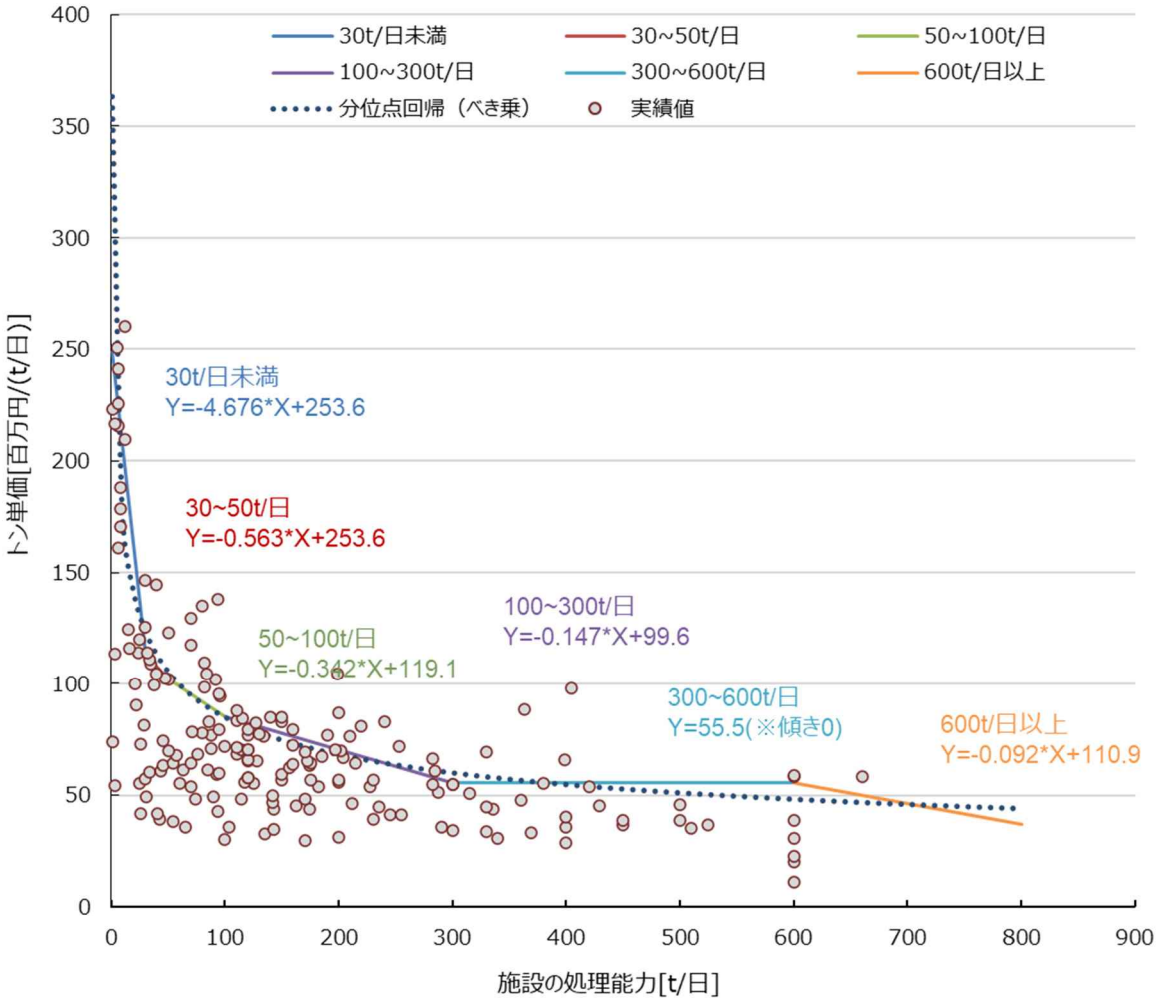


図 3-41　施設区分内で分位点回帰（線形）を実行する手法による上限値

手法③によるべき乗での分位点回帰により 75%値に相当する回帰式を上限とする場合の結果を図 3-42 に示す。分位点回帰及び常用対数に関する前述の式変形により得た施設規模 X と 75%値相当値 Y の回帰式は、$Y=365.5*X^{-0.31528}$ となった。この回帰曲線は連続的に低減していくこと、小規模な施設規模ほどその曲線の傾きが急峻になることが確認できる。

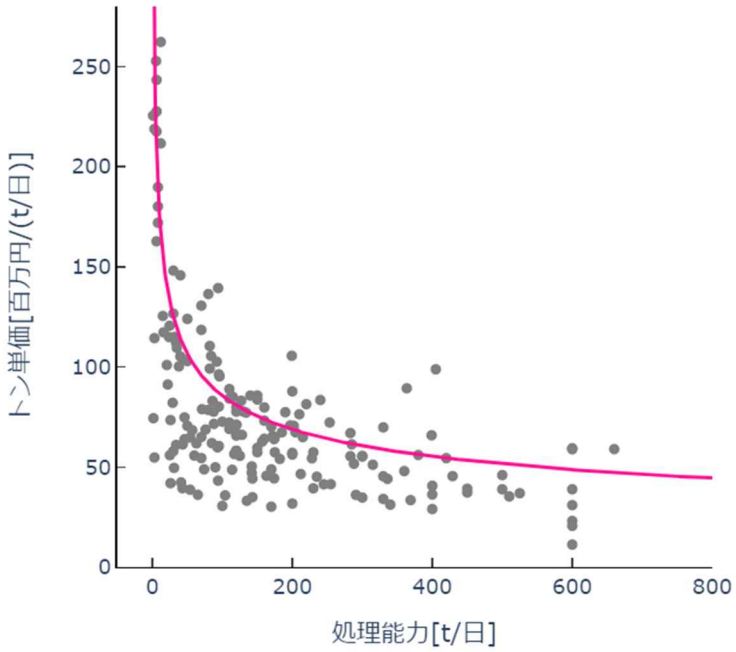


図 3-42　べき乗での分位点回帰を実行する手法による上限値

上記の三つの手法による上限設定による結果の比較を表 3-23 に示す。区分内の 75%値や分位点回帰式やべき乗での分位点回帰に利用したデータを用いて、各手法の適用によって上限を超過する件数及びその割合を比較した。その結果、区分内における 75%値を一律上限とする場合（手法①）では、上限を超過する割合が 28.1%となり、25%（75%より高位に位置することが期待される割合）よりも大きくなった。分位点回帰を基にした手法②③では、上限以上の案件数はそれぞれ 46 件と 47 件でいずれも上位 25%程度になっており、大まかな傾向に大きな差異は見られない。

表 3-23　各手法による上限値の整理

	手法①	手法②	手法③
上限値 ／回帰式	【図3-10】に記載の上限値	~30t/日:Y=-4.676*X+253.6 30~50t/日:Y=-0.563*X+253.6 50~100t/日:Y=-0.342*X+119.1 300～600t/日:Y=55.5(※) 600t/日～:Y=-0.092*X+110.9	$Y=10^{2.56}*X^{-0.31528}$
上限以上の案件数	52件/185件	47件/185件	46件/185件
上限以上の割合	28.1%	25.4%	24.4%

※手法②による 300～600t/日の回帰式は傾き 0 となった。

4)　上限設定に利用する実績データの検証

図 3-36 に示したように、実績に当たる期間（平成 22（2010）～令和 5（2023）年度）の中でも着工年度が後年度になるほど、高位になる傾向がある。このため、実績の中でも前半に当たる年度まで含めたデータセットにおいて上限を設定した場合、実態よりも低位な上限となってしまう懸念がある。そこで、着工時期が 2018 年度以降の案件（※2023 年度時点で竣工していないものも含む）を対象にしたデータセットを用いて再度、分位点回帰による 75%値に相当する回帰式を求めた。

分位点回帰の結果、$Y=314.3*X^{-0.28307}$ の回帰式を得た。2018 年度以降に着工した案件を対象とした分位点回帰の結果（図中水色の線）を、図 3-42 の 2010 年度以降に着工して 2023 年度までに竣工した案件を対象にした場合の分位点回帰結果（図中ピンクの点線）と併せて図 3-43 に示す。2018 年度以降に着工した案件を対象とすると分位点回帰による 75%値相当の回帰式が高位に位置するように変化した。なお、これらのデータは全てデフレーターにより補正されているため、回帰式の位置が高位になるということは、デフレーター以上に単価を押し上げている要因が存在することを示唆しているものと考えられる。

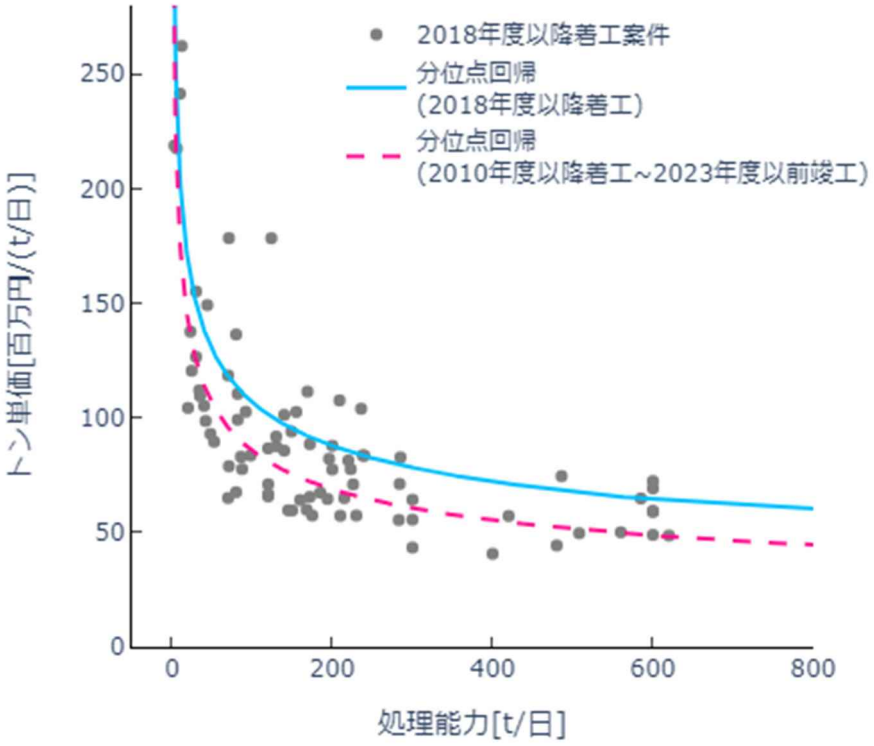


図 3-43　2018 年度以降に着工した案件による分位点回帰の結果

3.2.5　将来推計（マクロ･ミクロ、ミクロでは単価抑制時の検討を含む。）

(1)　焼却施設ごとに改良･更新年数を仮定した場合の将来推計（ミクロ推計）

1)　推計方法

(a)　施設別の改良･更新の設定

現存する固有の焼却処理施設に、平均的な寿命を一定の条件で仮定することで、大まかな将来の改良・更新需要とそれに伴って必要となる交付金需要の推計を行う。新設されたある施設のライフサイクルを、新設竣工から 25 年間を平均的な寿命＝稼働年数とし、その後、基幹改良の実施により、更に 15 年間稼働できると想定した。各工事の工期も含めた想定を表 3-24 に示す。

表 3-24　施設のライフサイクルの想定方法

変数	値	根拠
新設工事の工期	5年	平均的交付カーブにおいて90%程度が交付完了する年数
基幹改良工事の工期	4年	平均的交付カーブにおいて90%程度が交付完了する年数
平均的寿命＝基幹改良しない場合の稼働年数	25年	20~30年の寿命の中間値
基幹改良後の稼働年数	15年	廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き

ここで、実際には、事業期間中に交付される交付金の額には波がある。この交付額の波を再現できるよう、事業期間中の平均的な交付カーブを求めた。交付総額中 n 年度の交付額割合について、交付金データ（実績及び要望額）のうち、同一事業の各年度の交付額を正規化（事業開始 n 年度の交付額/Σ事業開始 n 年度の交付額）したものを事業数で合計したものを事業数で除すことにより、平均的な交付カーブを、新設・基幹改良別に導出した。

図 3-44 から確認できるとおり、平均的な交付カーブは、少数の長期間事業の影響でロングテールを示している。この交付カーブを将来推計にこのまま適用すると、全ての事業（施設）で事業期間（工期）が 10 年近くになり、実態と乖離する可能性がある。そこで、一定の条件を織り込んだ上で、交付期間を新設の場合は 5 年、基幹改良の場合は 4 年として計算した。なお、一点の条件とは、新設であれば 6 年目以降、基幹改良であれば 5 年目以降の交付総額に占める交付額割合の合計値を、5 年あるいは 4 年の交付カーブに応じて按分したものを各年度の交付カーブに上乗せする処理を指す。

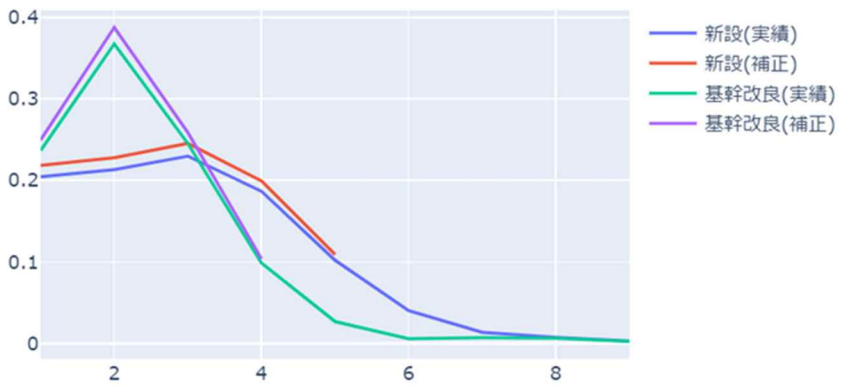


図 3-44　平均的な交付カーブ（横軸：年数、縦軸：交付総額に占める交付額割合）

(b)　対象とする現存焼却処理施設の類型化

現存する焼却処理施設は、「一般廃棄物処理実態調査」（令和 3 年度）の「焼却施設（ガス化溶融含む)」（計：1,028 施設）のうち、休廃止している施設と年間処理量がゼロの施設を除外した計 905 件を対象にした。

将来推計をする上で、2021 年時点の各施設は既に稼働から年月が経過しており、その間に基幹改良された案件も含まれており、先述のライフサイクルを適用するためには、新設の竣工年、基幹改良の実施有無及び着工年を把握する必要がある。ここで、基幹改良実施有無及びその着工年は実態調査データでは把握困難であることから、可能な範囲で、実態調査データと交付金データについて、事業（施設）の紐づけを実施（実態調査の施設 ID を交付金データに付与）した。適用する推計ロジックに応じて各施設を六つの類型に分類した。

表 3-25　各類型の説明

類型	処理の概要・想定	件数
類型1	H10以降に交付金を利用して新設された施設	165件
類型2	H10以降に交付金を利用して基幹改良を実施した施設	196件
類型3	2021年時点で交付金を利用して新設工事中の施設	14件
類型4	2021年時点で交付金を利用して基幹改良工事中の施設	20件
類型5a	H10以降に交付金利用実績がなく平均的寿命(25年)を終えていない施設	269件
類型5b	H10以降に交付金利用実績がなく平均的寿命(25年)を終えている施設	241件

各類型の将来の新設・基幹改良のシナリオを以下に示す。類型 1～4 については、前節で定義した稼働年数にしたがってシミュレーションを行う。類型 5a について、この類型はまだ稼働開始から 25 年が経過していない。交付金の実績を確認すると、新設案件と基幹改良案件の比率がおおよそ 35%：65%となっており、完全に基幹改良だけではなく、新設も一定程度なされていることを踏まえて、この交付金の実績における新設：基幹改良比率を適用することとした。類型 5b について、この類型は、本シミュレーション上は既に更新、あるいは基幹改良されていなければならない施設である。そこで、当類型の施設群は 2022 年以降、8 年間かけて古い施設から順に同じ施設数だけ更新されると仮定した。ここで、8 年は最も直近の更新需要を再現できることから設定した。

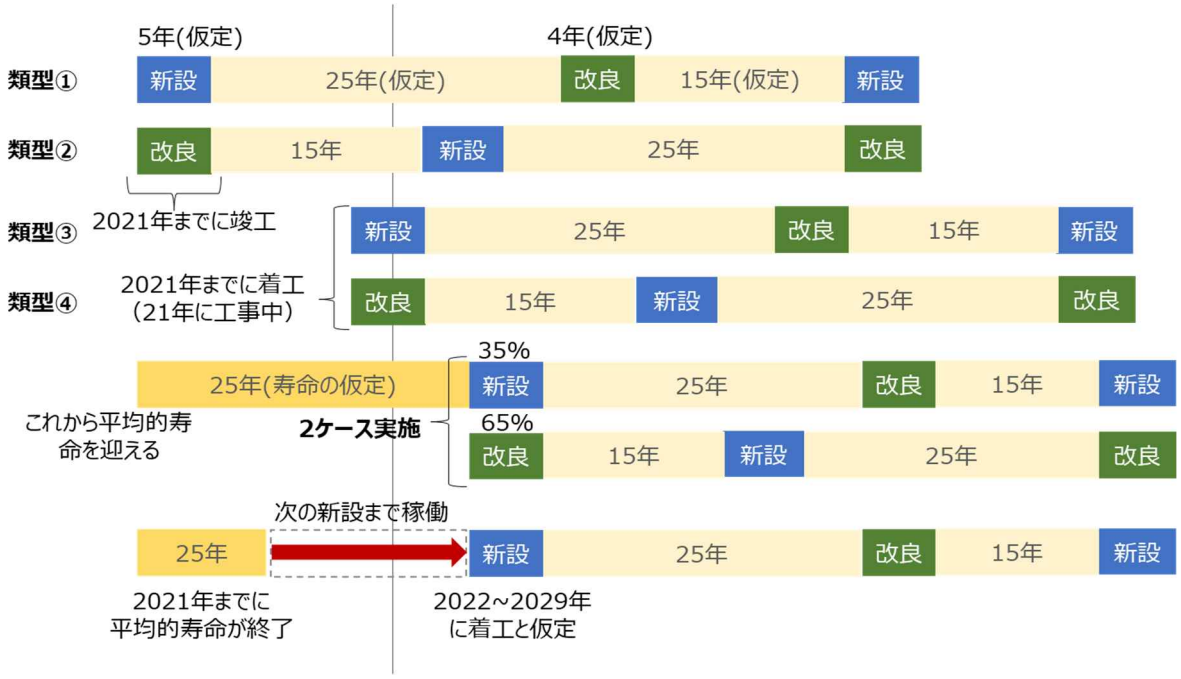


図 3-45　各類型の新設・基幹改良のシナリオ

(c)　将来の施設の停止数及び施設規模の設定方法

近年の施設数の減少を踏まえ、将来も一定の割合で減少する（施設が稼働停止する）ことを織り込む。また、人口の増減による一般廃棄物の増減量に応じて施設規模が決定されることも反映させる。

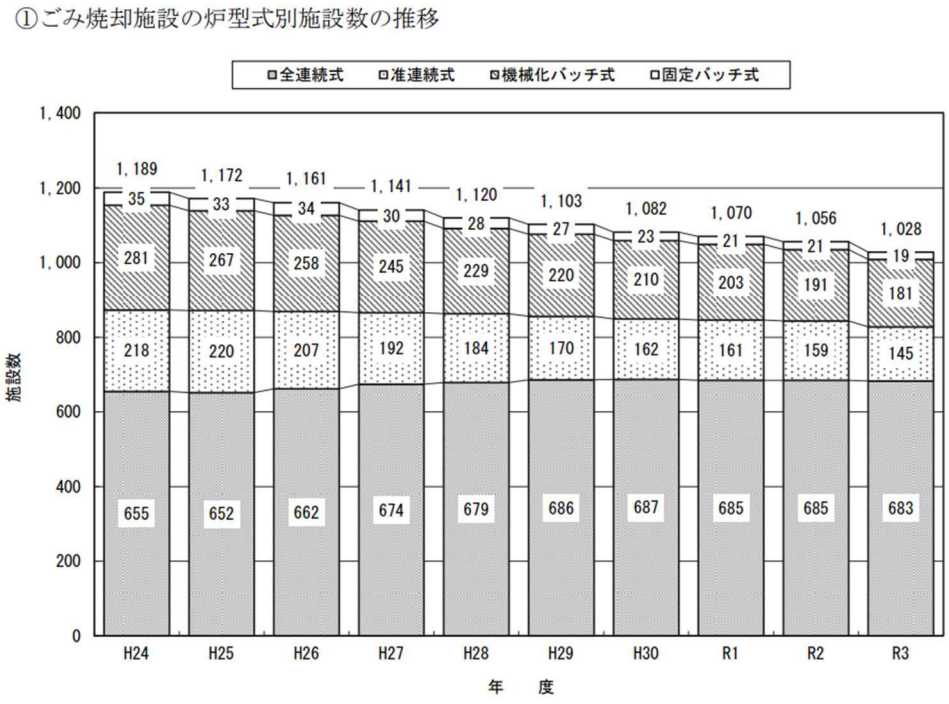


図 3-46　ごみ焼却施設の炉型式別の施設数推移

出典：日本の廃棄物処理　令和 3 年度版（環境省）

停止する施設については、近年の減少トレンドを直近の傾向における回帰式（$Y=0.36X^2-44.53x+2077.2$）を外挿して将来の施設数を見積もる。この回帰式から導出した2050年までの施設数を図 3-47 に示す。2050年には施設数は694施設になっている。この各年度の施設数から、その年度に廃止・停止される施設数を求め、その施設数だけ、その年度に更新される施設からランダムで停止にさせる（更新あるいは基幹改良を行わない）。

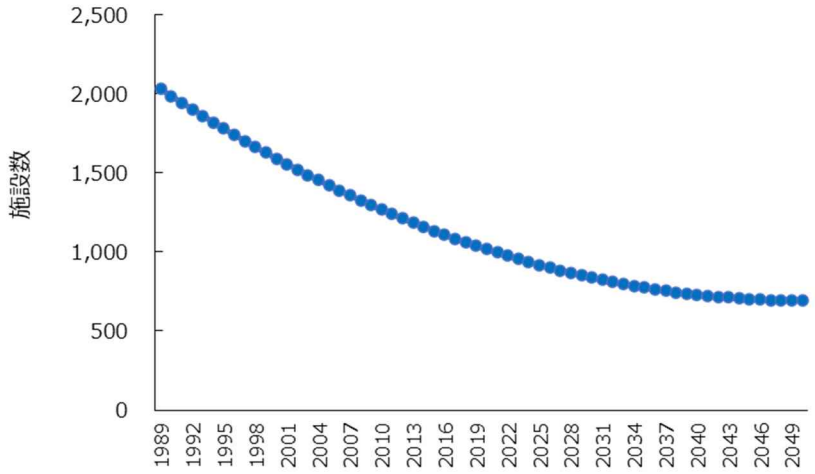


図 3-47　シミュレーションの前提条件としての施設数低減（～2050 年）

ここで、ごみ焼却施設は全体として減少傾向にあるが、その内訳を確認すると、全連続式の施設は微増傾向にあり、准連続式、バッチ式の施設が主に施設数全体の減少要因になっている[30]。そこで、本シミュレーションにおいては、バッチ式、准連続式、全連続式の順に停止させる施設をランダムで選定することとした。

更新の際の施設規模の算定については、一般廃棄物の発生が人口比例[31]するとの仮定に基づき、以下の式で決定する。

$$CAP_{renew} = CAP_{before} * POP_{renew}/POP_{before}$$

CAP_{renew}　：更新時の施設規模
CAP_{before}　：更新前の施設規模
POP_{renew}　：更新時の当該施設が立地する”都道府県”の人口
POP_{before}　：更新前の施設が建設された年度の当該施設が立地する”都道府県”の人口

(d)　トン単価の設定方法

施設整備時の建設費用は、上記で算出した施設規模に施設規模に応じたトン単価の中央値を乗じて推定する。ここで、実績及び将来の需要共に、令和 5 年度（2023 年度）までに完

30 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課「日本の廃棄物処理 令和 3 年度版」（令和 5 年 3 月）より
31 国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口（平成 30（2018）年推計）」（平成 30 年 3 月）より

了している案件を母集団とするトン単価の中央値を利用した。トン単価の算出に当たっては各年度の物価水準のバラつきを補正するために、建設工事デフレーターを用いて、2023 年度の物価水準に補正したデータセットを用いて単価を算出した。ここで、実績の更新需要の費用の算出に用いる単価については、当該年度の物価水準での値となるように、上記のトン単価に建設工事デフレーターを再度乗じた値を利用した。また、交付率については、仮に 0.4 とした。

(e)　平準化処理

当シミュレーション結果はやや単純化されており、実際には、稼働年数や工期にある程度の幅があることを踏まえて、簡易的に移動平均（前 4 年平均：交付額・要望額の実績値を再現できるように調整した結果）を用いて平準化処理を行った。

2)　推計結果及び検証作業

(a)　焼却施設の更新需要の推計結果

上記のシミュレーションにより推定した各年度の交付額を図 3-48 に示す。ここで、下記は移動平均後の推定結果である。

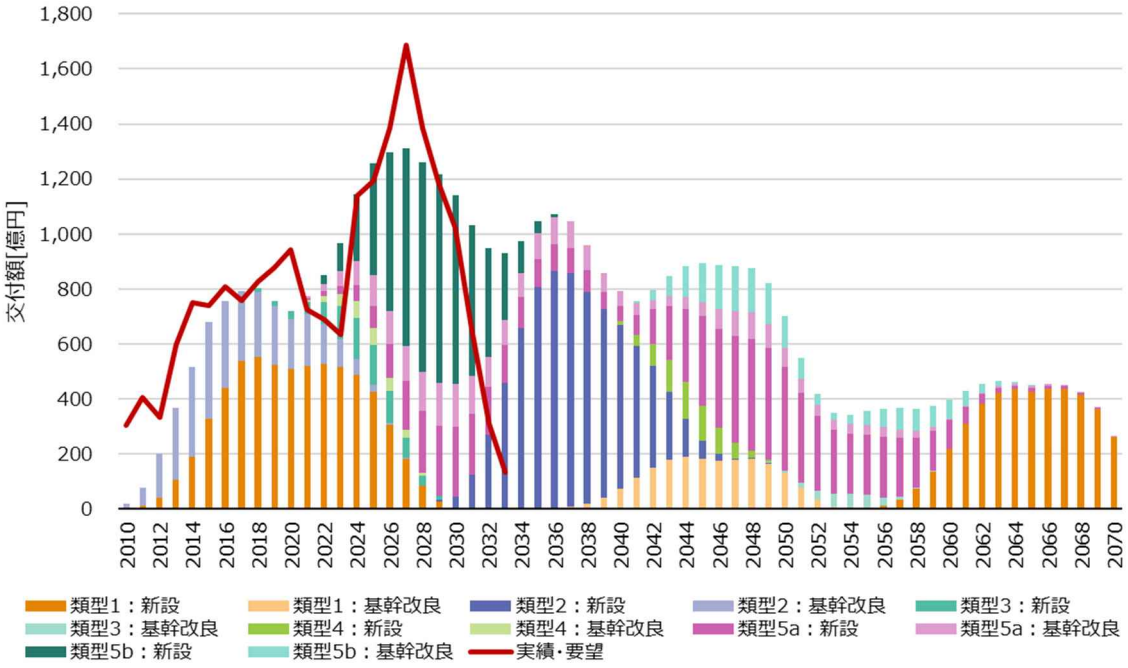


図 3-48　各年度の交付額の推計結果（内訳は各類型の新設・基幹改良）

2024～2030 年の山については、昭和期に新設された施設の更新（類型 5b）とダイオキシン対策で更新した施設の更新需要（類型 5a）に由来するものと考えられる。2033～2037 年の山については、2010 年代～2020 年代前半に基幹改良され、その後 15 年を経て新設される焼却施設（類型 2）の需要に紐づくものと考えられる。2048 年辺りの山については、2010 年代～2020 年代前半に新設され、その後 25 年を経て基幹改良される施設（類型 1）と、2022～2030 年に基幹改良を実施した施設（類型 5a）の新設需要が主な増加要因となっている。

(b)　焼却以外の施設も含めた更新需要の推計

前項までの更新需要は、焼却施設を対象にした推計となっており、廃棄物処理施設全体での更新需要を考える必要がある。具体的には、マテリアルリサイクル推進施設や、メタン化施設、最終処分場などが挙げられるが、これらの施設については、【中長期シナリオ（案）をベースとした推計】の値を利用することとする。具体的には、中長期シナリオ（案）をベースに推計した焼却施設の更新に必要な整備費とそれ以外の施設も含めた処理施設全体の更新に必要な整備費用の比（1.44 程度）を用いて、前項までで推計した焼却施設の将来需要を処理施設全体の将来需要推計に換算した。この方法によって推定した処理施設全体での将来の施設整備費用（交付額ベース）を図 3-49 に示す。

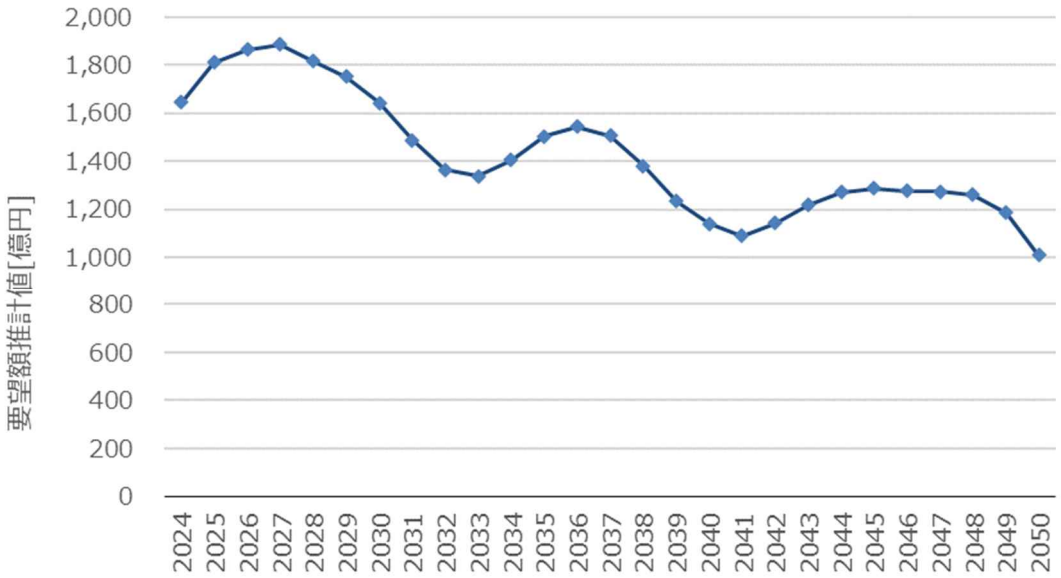


図 3-49　焼却施設以外の施設も含めた将来の施設整備費用の推計結果

(c)　過去の交付金交付実績との比較検証

前項の推計結果に対して、過去の交付金の交付実績との比較により検証した。平成元年度から令和 5 年度までの交付金の交付実績と、前項までの推計による将来の施設整備費用の推計結果を連続させて表示したグラフを図 3-50 に示す。過去の交付額は、1998 年から 2002 年にかけてピークを迎えており、2,000 億円付近を推移している。1998 年は 2,223 億円、2002 年には 2,449 億円となっている。2010 年以降はピーク時のおよそ半分程度の年間 1,000 億円程度で推移している。ここで、本業務において推計した 2024 年以降の交付額は 2027 年頃に 1,886 億円ピークを迎え、1998～2000 年頃の年間 2,000 億円に迫る需要となっている。

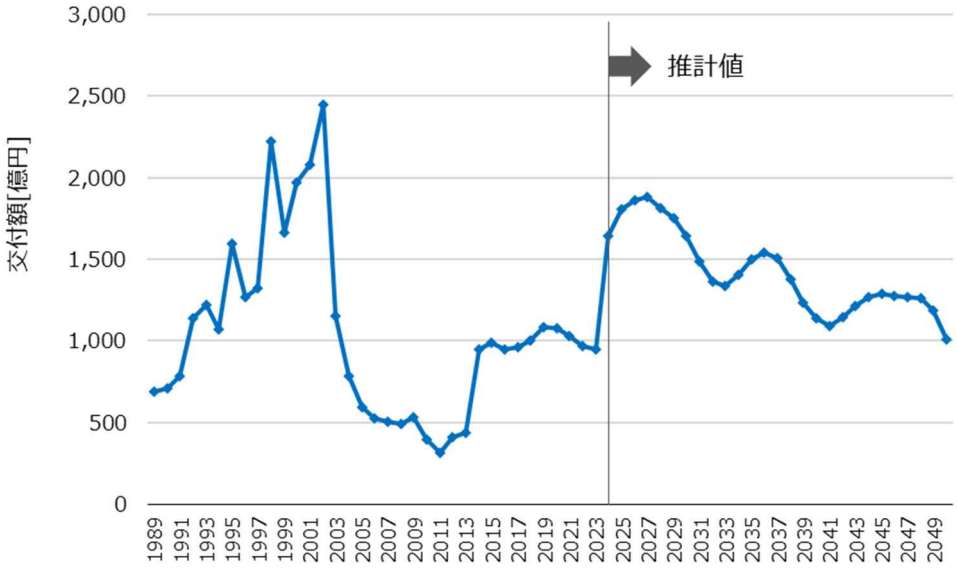


図 3-50　過去の交付額（実績値）及び将来の施設整備費用

ここで、将来推計結果を検証するために、平成元年度から平成 31 年度までと、令和 2 年度（平成 32 年度）から令和 32 年度（平成 62 年度）の、31 年間の交付金の総額を集計して比較を行った結果を表 3-26 に示す。

表 3-26　過去の実績と将来推計値との比較検証結果

項目	値
A：平成元年度～平成31年度	32,264
B：令和2年度～令和32年度	42,353
B’：Bのうち平成元年以前竣工分を除く	39,256
比率（B/A）	1.31
比率（B’/A）	1.21

平成の 31 年間（A）と比較して、主に将来推計結果を含んでいる令和の 31 年間（B）のほうが 1.3 倍程度、交付金額が大きくなっていることが確認された。ただし、令和の 31 年間（B）の中には類型 5b の中に平成元年以前に着工して、稼働中の施設も存在することから、それらの施設による更新需要を控除すると、平成の 31 年間（A）に対する比率は 1.2 倍まで縮小した。ここで、控除された施設数は類型 5b の 241 件のうち 100 件に該当する。

交付金額の増加要因のうち、物価上昇による影響について考察するために、平成元年度（1989 年度）から令和 5 年度（2023 年度）までの建設工事デフレーター（衛生環境）の推移を表 3-27 に示す。平成元年度（1989 年度）を基準とした場合に、令和元年度の建設工事単価は 39%程度増加していることが分かる。平成期の交付金は 1995 年（平成 7 年）～2002 年（平成 14 年）頃までがピークであることを踏まえると、20%程度は物価上昇の影響によるものと考えることができる。

表 3-27　平成元年度からの建設工事デフレーターの推移

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2015年度基準（元データ）	84.6	87.1	89.7	90.7	90.7	90.9	91.2	91.2	92.0	90.3	89.4	89.8	88.3	87.3	87.8	88.1	89.3
2023年度基準	**72.1**	**74.3**	**76.5**	**77.3**	**77.3**	**77.5**	**77.7**	**77.7**	**78.4**	**77.0**	**76.2**	**76.6**	**75.3**	**74.4**	**74.9**	**75.1**	**76.1**
1989年度基準	**100**	**102.96**	**106.03**	**107.21**	**107.21**	**107.45**	**107.8**	**107.8**	**108.75**	**106.74**	**105.67**	**106.15**	**104.37**	**103.19**	**103.78**	**104.14**	**105.56**

	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
2015年度基準（元データ）	91.1	93.6	96.8	93.1	93.2	94.5	94.4	96.3	99.8	100	100.7	102.3	105.5	108.1	108.1	111	115.7	117.3
2023年度基準	**77.7**	**79.8**	**82.5**	**79.4**	**79.5**	**80.6**	**80.5**	**82.1**	**85.1**	**85.3**	**85.8**	**87.2**	**89.9**	**92.2**	**92.2**	**94.6**	**98.6**	**100**
1989年度基準	**107.68**	**110.64**	**114.42**	**110.05**	**110.17**	**111.7**	**111.58**	**113.83**	**117.97**	**118.2**	**119.03**	**120.92**	**124.7**	**127.78**	**127.78**	**131.21**	**136.76**	**138.65**

将来推計は、将来の人口（※都道府県単位）に応じた施設規模を見込んでいるほか、施設の停止も織り込まれていることから、平成期よりも交付額は小さくなることが想定されるが、物価上昇の影響を考慮しただけでは、施設減少による影響を補うだけの増加要因になり得ず、別の要因が存在するものと考えられる。

物価上昇とは別の増加要因として、基幹改良の導入による工事回数の増加や交付率の偏り（1/2 事業と 1/3 事業の比率を考慮していない等）等の影響が考えられる。

(2)　中長期シナリオ（案）を用いたコスト推計

1)　分析手順と前提条件

環境省中央環境審議会循環型社会部会（第 38 回）にて示された「廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ（案）」（以下、「中長期シナリオ（案）」という。）では、様々な仮定の下で複数のシナリオを設定し、焼却施設やメタン発酵施設における将来処理量やそれに伴う GHG 排出量等を推計した。ここでは、中長期シナリオ（案）の推計結果を基に、処理量をコストに換算することで、将来の交付金額を試算する。

(a)　焼却施設

焼却施設については、中長期シナリオ（案）で推計した BAU シナリオの年度別・処理能力帯別の新設処理能力[t/日]に、本業務で推計した実績ベースの処理能力帯別の平均交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]を乗じ、その金額を新設の前年度まで、実績ベースの平均交付金受領年数にわたって按分することで、将来の各年度の交付金額を推計した。なお、中長期シナリオ（案）の推計は処理量ベースであり、稼働率を考慮して施設処理能力[t/日]に換算している。既存ストックの休廃止等による処理可能量の減少は実績を基に計算した確率で与え、当該年度に減少する既存ストックの処理可能量と廃棄物焼却量の減少を踏まえて、不足する処理能力分を新設するような計算となっている。したがって、マクロでの確率的な計算であり、個々の施設単位での廃止や建替えを想定していない点や基幹改良を考慮していない点に留意が必要である。

例）2030 年度における 100～300t/日規模の新設処理能力の合計が 5,000t/日、平均交付決定額トン単価が 20 百万円/(t/日)、平均交付金受領年数が 4 年の場合、
5,000*20/4＝25,000 百万円/年 を 2026～2029 年度に計上
※上記のような計算を、各年度、各処理能力帯で実施

また、結果の不連続性を排除するため、中長期シナリオ（案）で想定している「2035 年において単純焼却の施設を一斉に建て替える」という条件は排除した。

(b) メタン発酵施設

メタン発酵施設については、焼却施設同様に、BAU シナリオにおける年度別新設処理能力[t/日]（処理量ベースでの推計結果を、稼働率を考慮して換算）に、交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]を乗じ、その金額を新設の前年度まで、交付金受領年数にわたって按分することで、将来の各年度の交付金額を推計した。ただし、メタン発酵施設の新設は焼却施設の整備と同時に行われるケースも多く、そういったケースでは交付金資料において交付決定額や要望額のデータが焼却とメタン発酵で分かれていない場合もあることから、本集計では、焼却施設とメタン発酵施設の金額が合算されているケースは除外した。

(c) マテリアルリサイクル推進施設

中長期シナリオ（案）ではマテリアルリサイクル推進施設での処理量や新設処理能力を推計していない。そのため、中長期シナリオ（案）において推計された一般廃棄物処理量のうち、焼却及びメタン発酵による処理量を除いた量を全てマテリアルリサイクル推進施設での処理量と仮定した。

中長期シナリオ（案）の推計初年度（2018 年度）の処理量を既存施設での処理可能量として、既存施設での処理可能量は 20 年にわたって一定量ずつ減少していくと仮定し、各年度の処理量の増減と当該年度に減少する既存施設での処理可能量を考慮して、不足している処理量（＝新設施設での処理量）を算出し、新設処理能力[t/日]に換算した。なお、処理能力[t/日]への換算に際しては、耐用年数及び稼働率をそれぞれ 20 年、68.5%（250 日稼働）と設定した。

交付金関連データの集計については、交付金資料のうち、施設区分が「マテリアルリサイクル推進施設」である案件や施設区分詳細が「リサイクルセンター」である案件（ストックヤード整備のみの案件や処理能力が不明な案件などは集計から除外）を抽出し、交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]及び交付金受領年数を集計し、それらの中央値を算出した。なお、集計からの除外の判断は交付金資料のみで行っており、案件ごとの情報を個別に確認、照合はしていない。

上記の算出結果を利用し、BAU シナリオの年度別の新設処理能力[t/日]に、交付決定額トン単価[百万円/(t/日)]を乗じ、その金額を新設の前年度まで、交付金受領年数にわたって按分することで、将来の各年度の交付金額を推計した。

(d) 最終処分場

最終処分場については、廃棄物処理施設整備計画における最終処分場残余年数の目標が、「2020 年度の水準（22 年分）を維持」であることを踏まえ、中長期シナリオ（案）で推計した BAU シナリオの年度別の年間最終処分量[t/年]を次年度の新設量と仮定して、埋立ごみ比重（0.8163[32]）で割り戻すことにより各年度の新設容量[m^3]とした。

交付金関連データの集計については、交付金資料のうち、施設区分が「最終処分場」であ

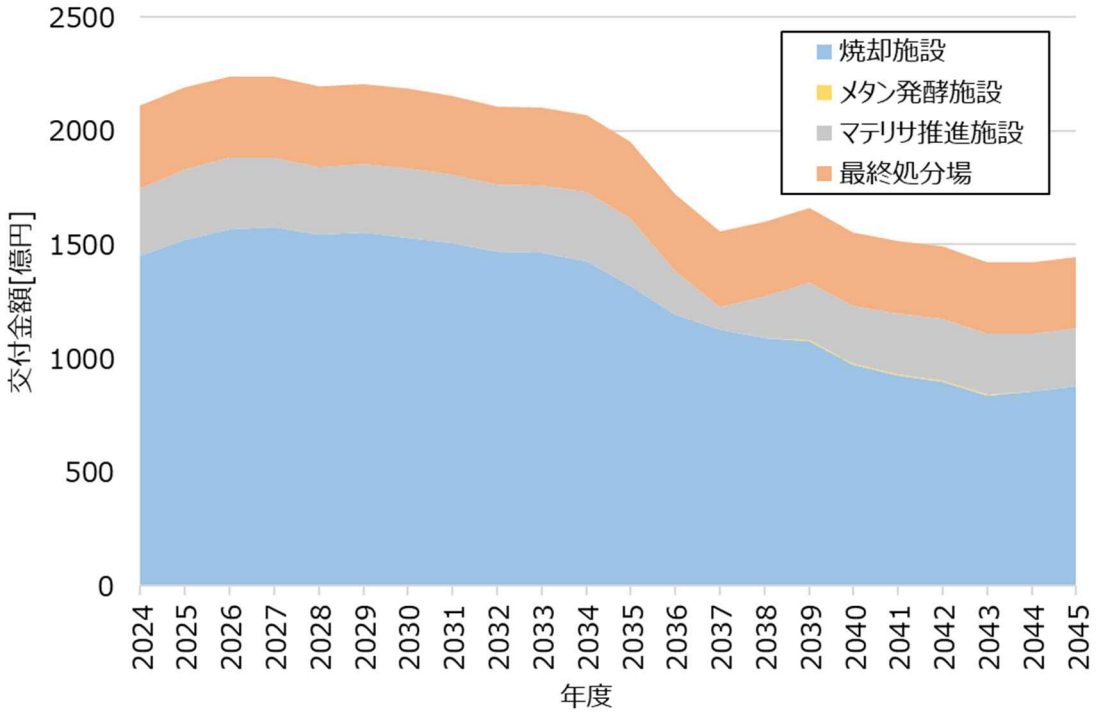
[32] 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課「日本の廃棄物処理」（令和 5 年 3 月）より引用

る案件を抽出し、交付決定額トン単価[百万円/m³]及び交付金受領年数を集計し、それらの中央値を算出した。この時、「最終処分場再生事業」の案件は集計から除外した。なお、集計からの除外の判断は交付金資料のみで行っており、案件ごとの情報を個別に確認、照合はしていない。

上記の算出結果を利用し、BAU シナリオの年度別の新設容量[m³]に交付決定額トン単価[百万円/m³]を乗じ、その金額を新設の前年度まで、交付金受領年数にわたって按分することで、将来の各年度の交付金額を推計した。

(3) 結果

中長期シナリオ（案）を用いて推計した将来の交付金額の推移の結果は図 3-51 のとおりであった。2050 年にかけて、廃棄物処理量の減少等により総交付金額は減少傾向となった。また、焼却施設の新設量の減少率が焼却以外の施設の減少率よりも大きいため、交付金額全体に占める焼却以外の施設の割合は上昇傾向となった。なお、中長期シナリオ（案）で推計された新設処理能力を交付金額へと換算するに当たって、新設される前年度までの複数年度にわたって交付金を計上する計算とした関係で、想定される交付金額の全額が計上されているのは 2045 年度までであり、2046 年度以降は過小評価となるためグラフからは除外した。



※中長期シナリオ（案）の推計は処理量ベースであり、稼働率を考慮して施設処理能力[t/日]に換算している。既存ストックの休廃止等による処理可能量の減少は実績を基に計算した確率で与え、当該年度に減少する既存ストックの処理可能量と廃棄物焼却量の減少を踏まえて、不足する処理能力分を新設するような計算となっている。したがって、マクロでの確率的な計算であり、個々の施設単位での廃止や建替えを想定していない点や基幹改良を考慮していない点で、図 3-48の結果と異なることに留意が必要である。

図 3-51 中長期シナリオ（案）を用いて推計した将来の交付金額の推移

3.2.6　発電効率･エネルギー回収率に関する整理

(1)　2001 年度以降に使用開始された施設の発電効率の集計

実態調査の令和 3 年度調査結果を基に、使用開始年度が 2001～2025 年度の施設（開始予定の施設を含む）を 5 年ごとに 5 グループに分類し、発電設備を有するごみ焼却施設を集計するとともに、処理能力と発電効率（仕様値・公称値）の関係をプロットしたグラフを図 3-52 に示す。なお、循環交付金の交付要件は「エネルギー回収率（発電効率と熱利用率の和）」であり、発電効率のみでは基準に満たないが、熱利用を伴うことで基準を大きく上回っている施設もある。

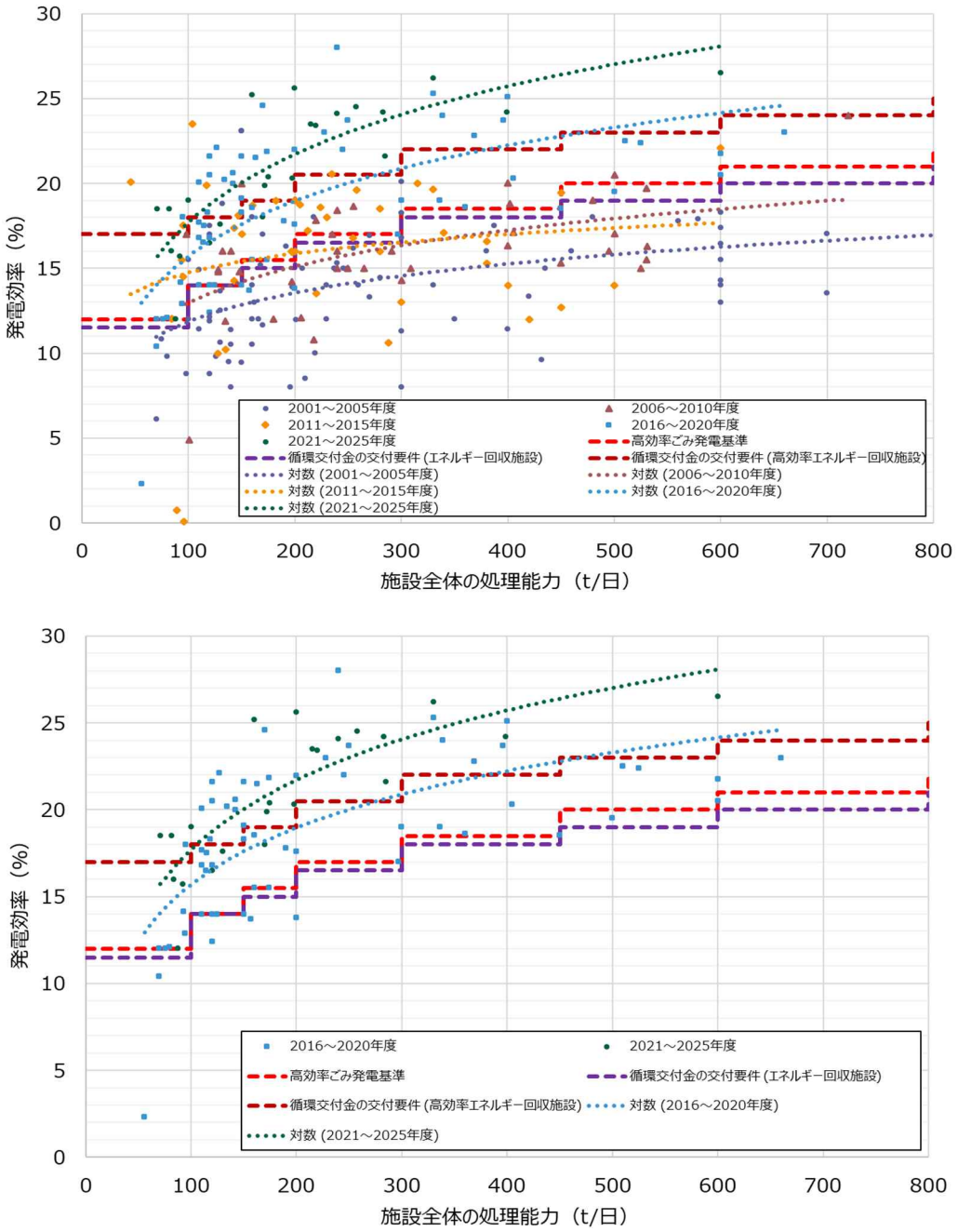


図 3-52　施設全体の処理能力と発電効率の関係（上：2001 年度以降に使用開始の施設、下：2016 年度以降に使用開始の施設）

発電設備を有する施設数と割合及び発電設備を有する施設のうち、循環交付金の交付要件（高効率エネルギー回収施設）を達成している施設数と割合を表 3-28、表 3-29 に示す。発電設備を有する施設の割合は、使用開始年度帯によって 61.1～74.3%となっていた。発電設備を有する施設のうち、現行の循環交付金の交付要件（交付率 1/2 である高効率エネルギー回収施設）を達成している施設の割合は、使用開始年度が 2015 年度以前と比較して、2016 年度以降では大きく増加しており、特に 100～450t/日の処理能力帯において達成率が高い結果となっていた。

表 3-28　発電設備を有する施設数と割合（使用開始年度帯別・処理能力帯別）

使用開始年度	100t/日以下		100～150t/日		150～200t/日		200～300t/日		300～450t/日		450～600t/日		600～800t/日		800～1000t/日		1000～1400t/日		計	
	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合
2001～2005	6	11.3%	19	73.1%	14	87.5%	21	100%	9	100%	11	100%	2	100%	5	100%	1	100%	88	61.1%
2006～2010	1	4.8%	8	100%	2	100%	12	100%	6	85.7%	8	100%	1	100%	0	-	0	-	38	64.4%
2011～2015	8	32.0%	8	100%	5	100%	12	100%	9	100%	2	100%	0	-	0	-	0	-	44	72.1%
2016～2020	8	20.0%	21	100%	11	91.7%	6	100%	9	100%	5	100%	1	100%	0	-	0	-	61	64.9%
2021～2025	6	40.0%	3	100%	6	100%	6	100%	3	100%	2	100%	0	-	0	-	0	-	26	74.3%
計	29	18.8%	59	89.4%	38	92.7%	57	100%	36	97.3%	28	100%	4	100%	5	100%	1	100%	257	65.4%

※使用開始年度がR4年度以降で実態調査では発電効率が空欄であった施設のうち、発電効率が確認できたものについては数値を追加し、発電設備を有するが発電効率の数値を確認できなかった施設については集計対象から除外した。
※1400t/日超の集計対象施設は存在しなかったため省略している。

表 3-29　循環交付金の交付要件（高効率エネルギー回収施設）を達成している施設数と割合（使用開始年度帯別・処理能力帯別）

使用開始年度	100t/日以下		100～150t/日		150～200t/日		200～300t/日		300～450t/日		450～600t/日		600～800t/日		800～1000t/日		1000～1400t/日		計	
	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合
2001～2005	0	0%	3	15.8%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	3.4%
2006～2010	1	100%	1	12.5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	100%	0	-	0	-	3	7.9%
2011～2015	1	12.5%	1	12.5%	1	20.0%	1	8.3%	0	0%	0	0%	0	-	0	-	0	-	4	9.1%
2016～2020	1	12.5%	11	52.4%	4	36.4%	4	66.7%	5	55.6%	0	0%	0	0%	0	-	0	-	25	41.0%
2021～2025	3	50.0%	0	0%	5	83.3%	6	100%	3	100%	2	100%	0	-	0	-	0	-	19	73.1%
計	6	20.7%	16	27.1%	10	26.3%	11	19.3%	8	22.2%	2	7.1%	1	25.0%	0	0%	0	0%	54	21.0%

発電設備を有している施設における処理能力帯別の発電効率の平均値、中央値、75%値は表 3-30 のとおりである。100t/日以下の処理能力帯では、2016 年度以降の施設に限定しても、中央値は交付要件（高効率エネルギー回収施設）を大きく下回っており、75%値で同程度である。100～150t/日及び 150～200t/日では、2016 年度以降の中央値が循環交付金の交付要件と同程度となっている。200～300t/日では、循環交付金の交付要件が 20.5%に対して、2016 年度以降の中央値が 23.4%と大きく上回っていた。また、200～300t/日と 300～450t/日を比較すると、中央値、75%値共にほとんど変わらなかった。一方で、450t/日以上の処理能力帯では、2016 年度以降の中央値が循環交付金の交付要件を下回っていた。

表 3-30　発電設備を有する施設における発電効率の平均値・中央値・75%値（処理能力帯別）

		100t/日以下	100～150t/日	150～200t/日	200～300t/日	300～450t/日	450～600t/日	600～800t/日	800～1000t/日	1000～1400t/日
平均値	2001 年度～	13.5%	15.7%	16.5%	17.0%	18.4%	18.4%	19.4%	18.0%	18.2%
	2016 年度～	14.2%	17.9%	19.5%	22.7%	22.5%	22.5%	23.0%	－	－
中央値	2001 年度～	12.4%	15.7%	16.1%	16.8%	18.6%	18.0%	20.0%	17.7%	18.2%
	2016 年度～	13.5%	17.7%	19.9%	23.4%	23.4%	22.4%	23.0%	－	－
75%値	2001 年度～	16.2%	18.3%	19.4%	19.5%	20.1%	20.5%	23.3%	19.0%	18.2%
	2016 年度～	17.5%	20.1%	21.9%	24.1%	24.4%	23.1%	23.0%	－	－
循環交付金の交付要件（高効率エネルギー回収施設）		17.0%	18.0%	19.0%	20.5%	22.0%	23.0%	24.0%	25.0%	26.0%

(2)　発電効率とトン単価の関係に関する考察

2001 年度以降に使用開始の新設施設のうち、本業務で算出したトン単価と発電効率の両方のデータが存在する施設（集計対象期間の初年度と最終年度に交付金を受領している案件は除外）を対象に、処理能力帯別・発電効率（5%刻み）別に発電効率とトン単価を集計し、その関係をプロットした（新設案件のうち 110 件が対象）。

図 3-53、図 3-54 及び表 3-31 より、各処理能力帯において、発電効率が向上するにつれてトン単価が上昇するという明確な傾向は確認できず、決定係数はいずれの処理能力帯においても大きくなかった（450～600t/日においては近似直線の傾きが比較的大きいが、サンプル数が 7 と少ない。）。また、同程度の発電効率の施設において、処理能力帯が大きいほどトン単価が小さくなる傾向が確認できた。

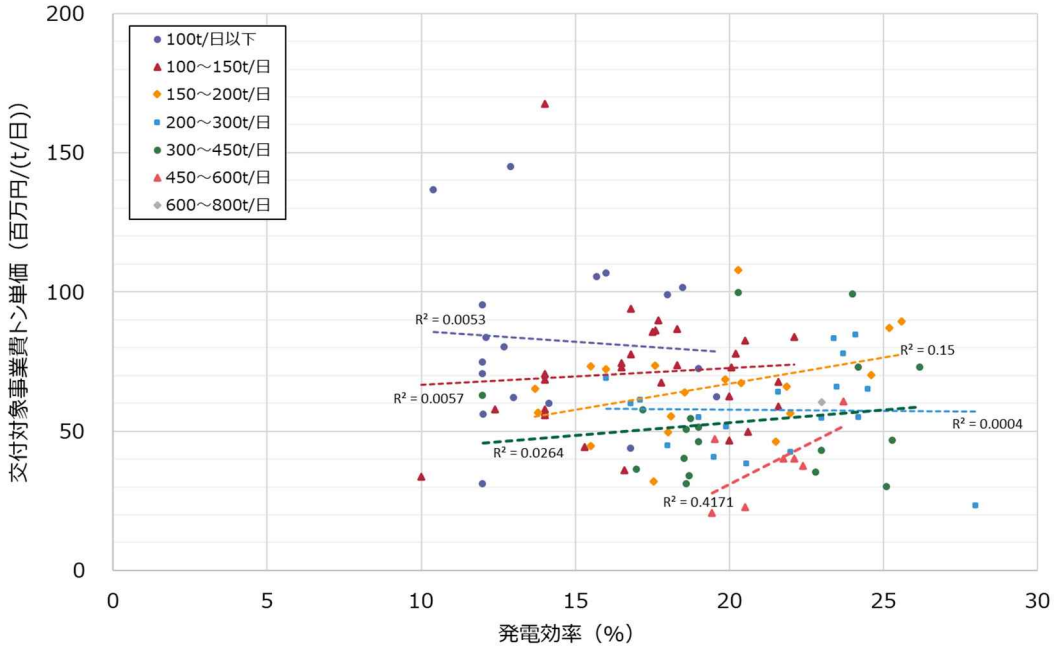


図 3-53　発電効率と交付額トン単価の関係（新設）

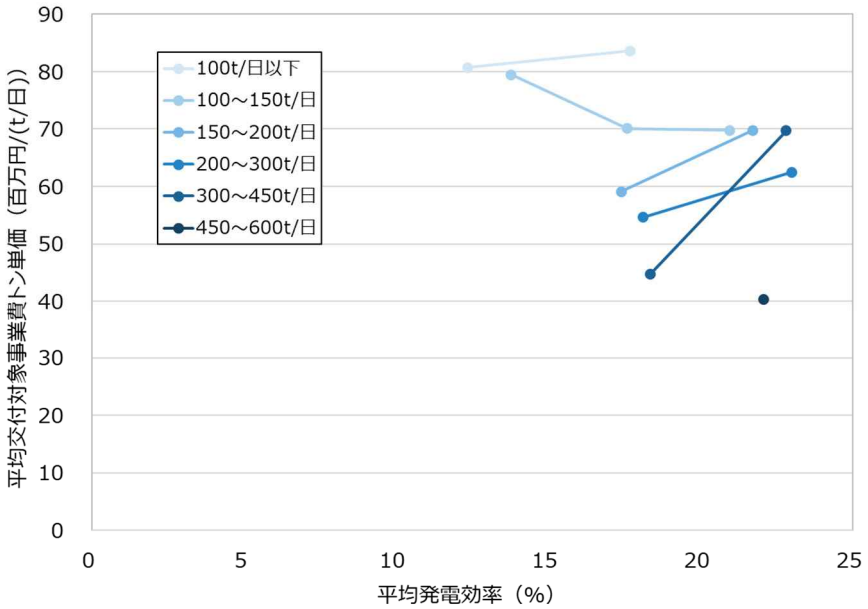


図 3-54　セグメントごとの平均発電効率と平均交付対象事業費トン単価の関係

※データ数が5以上のセグメントのみをプロット

表 3-31　処理能力帯別・発電効率（5%刻み）別の発電効率（平均値）及びトン単価（平均値）

単位（発電効率）：%、単位（トン単価）：百万円/(t/日)

	5～10%			10～15%			15～20%			20～25%			25～30%			全体		
	施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価
100t/日以下	0	－	－	11	12.4	80.7	7	17.7	83.6	0	－	－	0	－	－	18	14.5	81.9
100～150t/日	1	10.0	33.8	7	13.8	79.5	14	17.6	70.1	7	21.0	69.8	0	－	－	29	17.2	70.9
150～200t/日	0	－	－	2	13.8	60.5	9	17.4	59.1	6	21.7	69.8	2	25.4	88.4	19	19.2	65.7
200～300t/日	0	－	－	0	－	－	7	18.1	54.6	10	23.0	62.5	1	28.0	23.4	18	21.3	57.3
300～450t/日	0	－	－	1	12	62.8	9	18.3	44.7	5	22.8	69.7	3	25.5	48.5	18	20.4	53.4
450～600t/日	0	－	－	0	－	－	2	19.5	32.7	5	22.1	40.4	0	－	－	7	21.4	38.2
600～800t/日	0	－	－	0	－	－	0	－	－	1	23.0	60.4	0	－	－	1	23.0	60.4
全処理能力帯	1	10.0	33.8	21	13.0	74.9	48	18.1	54.3	34	22.4	58.9	6	25.8	53.5	110	19.8	58.1

※発電効率0～5%帯には集計対象となる施設が存在しなかったため省略している。

次に、集計対象である 110 件について、施設ごとに交付金の交付率（1/3 又は 1/2）及び処理能力帯別の交付対象事業費トン単価の 75%値の超過有無によって分類して集計するとともに、処理能力帯別に発電効率とトン単価の関係をプロットした（トン単価及び及び 75%値の判断についてはデフレーター補正を考慮した。）（図 3-55）。

交付率の違いに着目すると、150～200t/日以外の処理能力帯において、交付率 1/3 の事業より 1/2 の事業の方が 75%値を超過する割合が高いことが確認された。

また、交付率 1/2 の事業に着目すると、100t/日以下と 450～600t/日を除く処理能力帯において、75%値超の事業の発電効率は 75%値以下の事業の発電効率と同等かやや大きい程度であった。100t/日以下と 450～600t/日では、75%値超の事業と 75%値以下の事業の発電効率の差が比較的大きかった。

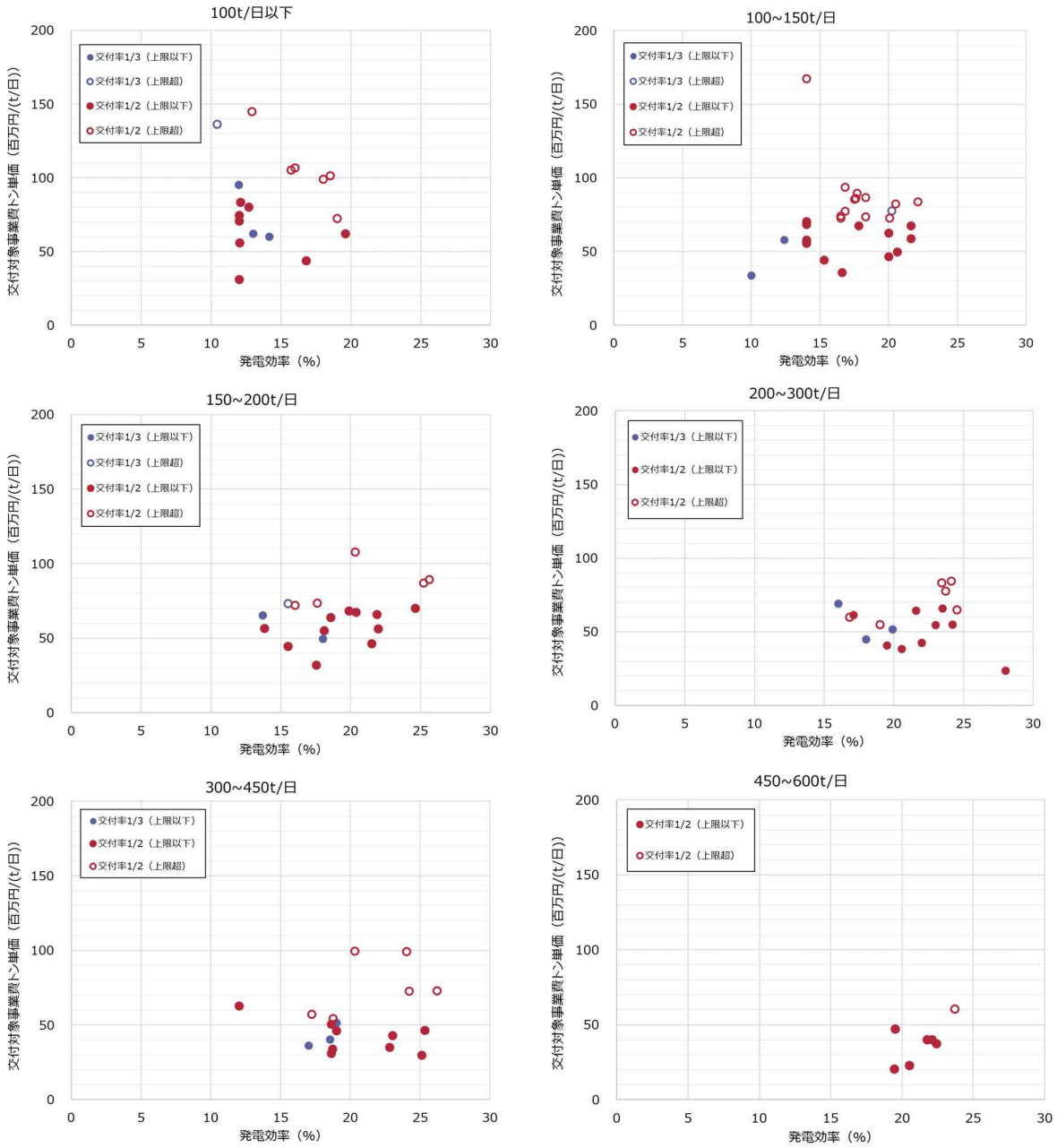


図 3-55　処理能力帯別の発電効率とトン単価の関係（交付率及び 75%値超過有無で分類）

表 3-32　処理能力帯別・交付率別の発電効率（平均値）及びトン単価（平均値）

単位（発電効率）：%、単位（トン単価）：百万円/(t/日)

	交付率 1/3（75%値以下）			交付率 1/3（75%値超）			75%値超施設の割合（1/3）	交付率 1/2（75%値以下）			交付率 1/2（75%値超）			75%値超施設の割合（1/2）
	施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価		施設数	発電効率	トン単価	施設数	発電効率	トン単価	
100t/日以下	3	13.0	72.9	1	10.4	136.5	25%	8	13.8	62.0	6	16.7	104.7	43%
100～150t/日	2	11.1	45.1	1	20.2	77.8	33%	13	17.4	56.6	13	17.8	89.8	50%
150～200t/日	2	15.9	57.2	1	15.5	73.3	33%	11	19.3	56.7	5	20.8	86.0	31%
200～300t/日	3	18.2	54.3	0	－	－	0%	9	22.1	49.6	6	21.6	69.7	40%
300～450t/日	3	18.1	41.8	0	－	－	0%	9	20.5	42.0	6	21.6	75.6	40%
450～600t/日	0	－	－	0	－	－	－	6	20.9	34.2	1	23.7	60.8	14%
600～800t/日	0	－	－	0	－	－	－	0	－	－	1	23.0	60.4	100%
全体	13	16.7%	50.4	3	16.2%	87.1	19%	56	19.9%	46.5	38	20.7%	78.1	40%

(3) 廃棄物処理施設整備計画の目標値達成に向けた検証

令和5年6月に閣議決定された新たな廃棄物処理施設整備計画では、期間中（2023～2027年度）に整備されたごみ焼却施設の発電効率の平均値（加重平均）を22%以上とすることを重点目標として掲げている。これを踏まえ、2023～2027 年度に使用開始予定の施設を対象に、処理能力帯別の平均発電効率を集計し、目標値とのギャップについて分析する。

実態調査及び要望額調査のデータを利用して集計した、2023～2027 年度に使用開始予定の施設の処理能力帯別の加重平均発電効率は表 3-33 のとおりである。処理能力帯が大きくなるにつれて平均発電効率も大きくなっているが、全体の加重平均値は 19.8%と、新しい施設整備計画における目標値（22%）には達していなかった。

表 3-33 処理能力帯別の平均発電効率（2023～2027 年度に整備される施設）

	100t/日以下	100～150t/日	150～200t/日	200～300t/日	300～450t/日	450～600t/日	600～800t/日	全体
平均発電効率(2023～2027)	12.6%	17.7%	19.1%	20.2%	21.5%	21.9%	24.0%	19.8%

※800t/日超の集計対象施設は存在しなかったため省略している。

次に、施設整備計画の目標値を達成するために必要な発電効率の改善の程度について検討する。処理能力帯別に、循環交付金における交付率 1/3 及び交付率 1/2 の交付要件と上表で示した平均発電効率との差の大きさを踏まえて、2023～2027 年度に使用開始予定の施設のうち、一部の施設の発電効率が上方修正されると仮定（表 3-34 参照、操作のイメージは図3-56）すると、修正後の平均発電効率は 22.0%となり、施設整備計画の目標値が達成される（表 3-35）。加重平均のため、処理能力の大きい施設における上方修正が結果に大きく影響している。なお、本試算では、例えば条件不利地域であるか否かを考慮していないなど、下表の設定に基づいた機械的な試算であることに留意が必要である。

表 3-34 施設整備計画の目標値を達成するための発電効率の上方修正内容

	100t/日以下	100～150t/日	150～200t/日	200～300t/日	300～450t/日	450～600t/日	600～800t/日
上方修正内容①	10.0%以上13.5%未満⇒13.5%	14.0%以上17.0%未満⇒17.0%	15.0%以上19.0%未満⇒19.5%	16.5%以上20.5%未満⇒21.0%	18.0%以上22.0%未満⇒23.0%	19.0%以上23.0%未満⇒23.5%	20.0%以上24.0%未満⇒24.5%
上方修正内容②	17.0%～18.0%⇒18.0%	18.0%以上20.5%未満⇒20.5%	19.0%以上22.0%未満⇒22.0%	20.5%以上24.0%未満⇒24.0%	22.0%以上24.5%未満⇒24.5%	23.0%以上25.5%未満⇒25.5%	24.0%以上26.5%未満⇒26.5%

※800t/日超の集計対象施設は存在しなかったため省略している。

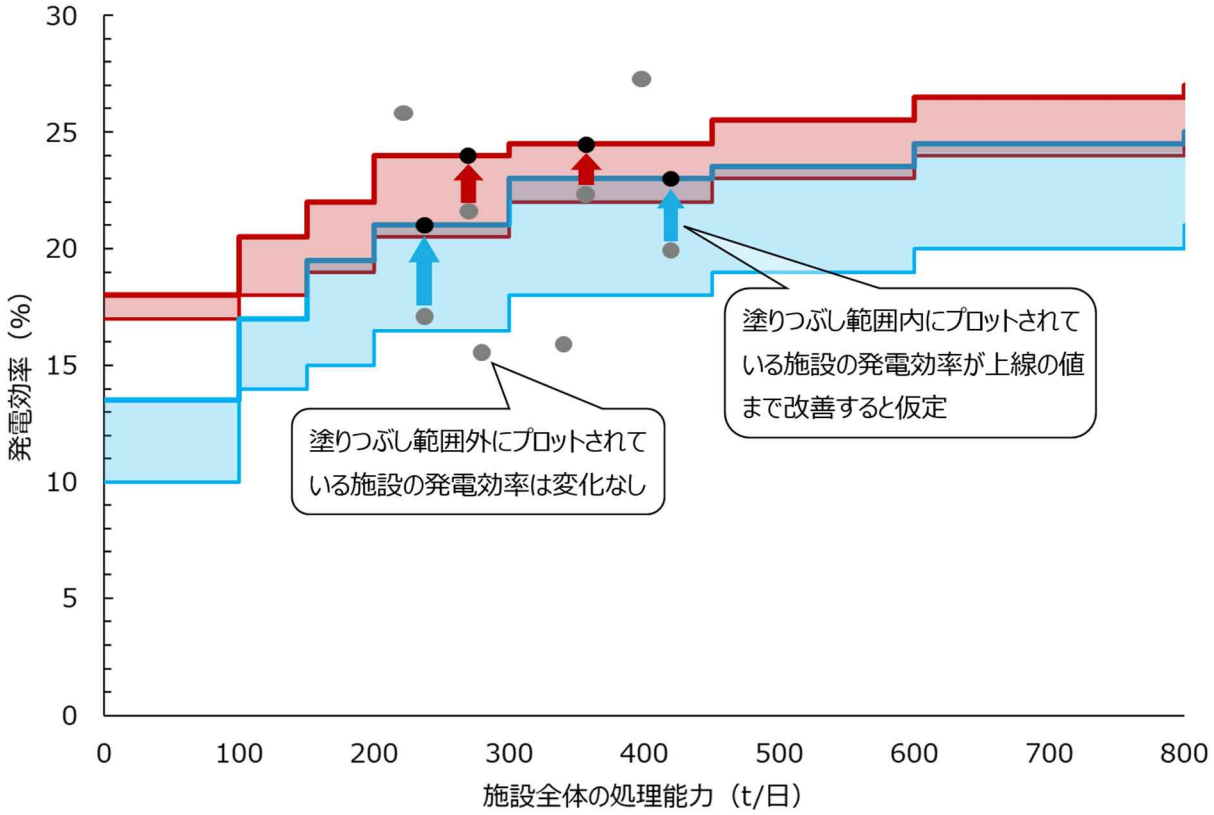


図 3-56　施設整備計画の目標値を達成するための発電効率の上方修正のイメージ図

表 3-35　処理能力帯別の平均発電効率（上方修正後）

	100t/日以下	100～150t/日	150～200t/日	200～300t/日	300～450t/日	450～600t/日	600～800t/日	全体
平均発電効率(2023～2027)	14.6%	19.1%	21.6%	22.3%	23.9%	24.0%	26.5%	22.0%

(4)　発電効率及びエネルギー回収率のトップランナーの集計

現状の技術レベルにおける発電効率及びエネルギー回収率のトップランナーの水準を把握するために、施設ごとの発電効率及びエネルギー回収率を集計する。

要望額調査のデータについては、エネルギー回収率のみが記載されており、発電効率は不明であるため、エネルギー回収率の集計にのみ利用した。実態調査のデータについては、令和 3 年度実態調査に基づき、発電効率の集計には「発電効率（仕様値・公称値）」を利用するとともに、エネルギー回収率は「余熱利用量（仕様値・公称値）」と「発電効率（仕様値・公称値）」から以下のとおり計算した。

エネルギー回収率[%]＝発電効率[%]+熱回収率[%]＝発電効率[%]+(余熱利用量[MJ]*0.46*100)/(年間処理量[t/年度]*低位発熱量[kJ/kg])

上式において、「年間処理量」については、令和 3 年度実態調査の実績値を使用した。実態調査において年間処理量が 0 となっている施設は集計対象から除外した。「低位発熱量」については、基本的には実態調査の計算値の欄を使用した。計算値が 0 の場合は実測値の欄

を使用することとし、どちらも 0 の場合は集計対象から除外した。「余熱利用量（仕様値・公称値）」について、「不明」などと記載してある案件については 0 と仮定した。また、熱回収率の上式中の「0.46[33]」は「発電／熱の等価係数」である。

計算した発電効率及びエネルギー回収率を処理能力帯別に集計し、上位 25%及び上位 10%の水準及び水準以上の施設数を集計（端数切上げ）した結果は表 3-36、表 3-37 のとおりである。なお、発電効率、エネルギー回収率のそれぞれについて、0%ではない案件のみを集計対象としたほか、エネルギー回収率の集計においては、熱回収率が 50%超の案件は集計対象から除外した。

発電効率とエネルギー回収率の集計結果の違いに着目すると、エネルギー回収率は要望額調査が集計対象に含まれるほか、熱回収のみを行う施設も含まれるため、集計対象施設数が発電効率の 2 倍以上となっていたほか、上位 25%及び上位 10%の値は、100t/日以下及び 1,400～1,800t/日の処理能力帯を除き、発電効率よりもエネルギー回収率の方が大きくなっていた。100t/日以下においてエネルギー回収率の方がトップランナーの水準が低かった点について、小規模施設では発電をせずに少量の熱回収のみを実施しているケースが多いことが要因として考えられる。

表 3-36　発電効率のトップランナーの集計結果

	集計対象施設数	上位25%		上位10%		（参考）循環交付金の要件	
		上位25%の水準	上位25%の施設数	上位10%の水準	上位10%の施設数	交付率 1/3	交付率 1/2
100t/日以下	29	15.5%	8	18.0%	3	11.5%	17.0%
100～150t/日	65	17.7%	17	20.6%	7	14.0%	18.0%
150～200t/日	45	17.6%	12	21.5%	5	15.0%	19.0%
200～300t/日	98	17.3%	25	20.6%	10	16.5%	20.5%
300～450t/日	59	18.7%	15	22.8%	6	18.0%	22.0%
450～600t/日	48	18.1%	12	20.5%	5	19.0%	23.0%
600～800t/日	5	23.0%	2	24.0%	1	20.0%	24.0%
800～1000t/日	9	17.7%	3	20.8%	1	21.0%	25.0%
1000～1400t/日	3	16.4%	1	18.2%	1	22.0%	26.0%
1400～1800t/日	1	13.4%	1	13.4%	1	23.0%	27.0%
全体	362	18.0%	96	20.6%	40		

[33] 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル」（平成 26 年 3 月（令和 3 年 4 月改訂））より引用

表 3-37　エネルギー回収率のトップランナーの集計結果

	集計対象施設数	上位25%		上位10%		（参考）循環交付金の要件	
		上位25%の水準	上位25%の施設数	上位25%の水準	上位25%の施設数	交付率 1/3	交付率 1/2
100t/日以下	236	10.2%	59	16.0%	24	11.5%	17.0%
100～150t/日	125	18.0%	40	23.5%	13	14.0%	18.0%
150～200t/日	94	19.0%	32	24.6%	10	15.0%	19.0%
200～300t/日	138	22.9%	35	30.1%	14	16.5%	20.5%
300～450t/日	65	25.7%	17	37.3%	7	18.0%	22.0%
450～600t/日	64	23.0%	21	30.5%	7	19.0%	23.0%
600～800t/日	8	24.6%	2	26.1%	1	20.0%	24.0%
800～1000t/日	8	23.5%	2	40.7%	1	21.0%	25.0%
1000～1400t/日	4	25.5%	1	26.0%	1	22.0%	26.0%
1400～1800t/日	1	13.4%	1	13.4%	1	23.0%	27.0%
全体	743	20.5%	210	25.4%	79		

3.2.7　廃棄物処理施設の建設に係る費用縮減に資する方策検討のためのその他の情報整理

(1)　ごみ焼却施設の立地状況に着目した情報整理

過去の広域化・集約化では、100t/日未満の中小規模のバッチ式・准連続式のごみ焼却施設の廃止が進んだことが施設規模別の施設数の推移からはうかがえる。すなわち、人口が少ない一方で、市町村数の多かった地方部での焼却施設数の削減が主な変化であったことが想定される。現状では以下の 1）で示すように、30t/日以下などの特に小規模な施設は例えば離島部などの条件不利地域に多く存在していることが過去の調査結果から判明している。

よって、今後の更なる集約化（とりわけ大規模化）の実現のためには、一定の人口が集積している都市部・平野部で近距離に立地している施設の集約化が鍵となる可能性が高いと考えられる。そこで、本業務では、以下の 2）において全国的な施設の立地状況を施設間の距離に注目して整理した。

その結果、現在の日本では、循環型社会形成推進交付金交付要綱の面積条件（400km² 以上）に照らして、近隣の他のごみ焼却施設との距離がそれほど離れていないごみ焼却施設もかなり多いことが分かった。集約化を進めるには、収集運搬費用も踏まえれば、北海道などのように施設間距離が既に比較的離れていることが多い地域よりも、施設間距離が小さく施設が密集している地域の方が、経済面で合理的と考えられる。

このため、三大都市圏における施設の立地状況を以下の 3）で整理した。なお、これらの都市部・平野部で近距離に立地している施設については、単一又は少数の市町村だけで100t/日以上の施設規模が確保可能な場合が多いと想定される。

1)　条件不利地域と広域化ブロックの関係

上述のとおり、循環型社会形成推進交付金交付要綱では、人口 5 万人以上又は面積400km² 以上が条件となっていることを踏まえ、過去のある時点の広域化ブロックについて、人口規模と面積との関係を整理した既存の集計結果を引用又は利用して整理した結果を以下に示す（表 3-38、表 3-39 及び図 3-57）。ここで、同交付要綱では特定のいわゆる条件不利

地域については人口又は面積にかかわらず対象とされていることから、ブロック内における条件不利地域の存在状況で区別した整理・集計が行われている。

条件不利地域が存在しない広域化ブロックでは、面積 400km² 未満のブロックが数の上では多い。そのうち人口 5 万人未満は 1 ブロックしか存在しないが、10 万人未満で集計すると別に 10 ブロックが存在していた。本業務で確認したところ、これらのブロックは比較的少数の都道府県に存在していた。

一方、条件不利地域のみで構成される広域化ブロックでは、400km² 以上のブロックの比率が多いが、1000km² 以上でも人口が 5 万人を下回るブロックも見られる。ただし一方で、条件不利地域無しの広域化ブロックでは 1 ブロックしかない 400km² 未満・5 万人未満のブロックが 14 ブロック存在していた。

表 3-38　広域化ブロックの面積別人口区分別のブロック数

＜全地域＞

ブロック数	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	18	30	70	48	166
600km2未満	6	14	24	14	58
1000km2未満	8	14	38	23	83
1000km2以上	11	27	58	28	124
総計	43	85	190	113	431

＜条件不利地域無し＞

ブロック数	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	1	10	33	34	78
600km2未満	0	0	2	4	6
1000km2未満	0	0	0	1	1
総計	1	10	35	39	85

＜条件不利地域一部有り＞

ブロック数	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	3	13	35	12	63
600km2未満	0	4	16	9	29
1000km2未満	1	3	28	18	50
1000km2以上	3	6	23	21	53
総計	7	26	102	60	195

＜条件不利地域のみ＞

ブロック数	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	14	7	2	2	25
600km2未満	6	10	6	1	23
1000km2未満	7	11	10	4	32
1000km2以上	8	21	35	7	71
総計	35	49	53	14	151

注）少しでも過疎地域が含まれれば条件不利と判定。小笠原諸島も条件不利地域に含めた。

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社・一般財団法人日本環境衛生センター「令和元年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務報告書」（令和 2 年 3 月）成果より作成

表 3-39　広域化ブロックの面積別人口区分別の人口

＜全地域＞

2015人口	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	425,046	2,396,987	12,704,691	35,905,666	51,432,390
600km2未満	200,756	1,090,231	4,129,731	13,930,106	19,350,824
1000km2未満	272,794	1,072,857	6,797,902	20,802,974	28,946,527
1000km2以上	398,098	2,044,192	10,099,996	16,416,528	28,958,814
総計	1,296,694	6,604,267	33,732,320	87,055,274	128,688,555

＜条件不利地域無し＞

2015人口	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	42,147	823,209	6,588,192	29,035,713	36,489,261
600km2未満	0	0	310,966	6,453,504	6,764,470
1000km2未満	0	0	0	9,272,740	9,272,740
総計	42,147	823,209	6,899,158	44,761,957	52,526,471

＜条件不利地域一部有り＞

2015人口	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	117,010	1,039,751	5,878,503	5,643,616	12,678,880
600km2未満	0	353,711	2,832,519	7,010,903	10,197,133
1000km2未満	7,304	221,699	5,078,140	9,688,334	14,995,477
1000km2以上	136,987	487,468	4,079,063	12,128,547	16,832,065
総計	261,301	2,102,629	17,868,225	34,471,400	54,703,555

＜条件不利地域のみ＞

2015人口	5万人未満	～10万人未満	～30万人未満	30万人以上	総計
400km2未満	265,889	534,027	237,996	1,226,337	2,264,249
600km2未満	200,756	736,520	986,246	465,699	2,389,221
1000km2未満	265,490	851,158	1,719,762	1,841,900	4,678,310
1000km2以上	261,111	1,556,724	6,020,933	4,287,981	12,126,749
総計	993,246	3,678,429	8,964,937	7,821,917	21,458,529

注）少しでも過疎地域が含まれれば条件不利と判定。小笠原諸島も条件不利地域に含めた。

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社・一般財団法人日本環境衛生センター「令和元年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務報告書」（令和２年３月）成果より作成

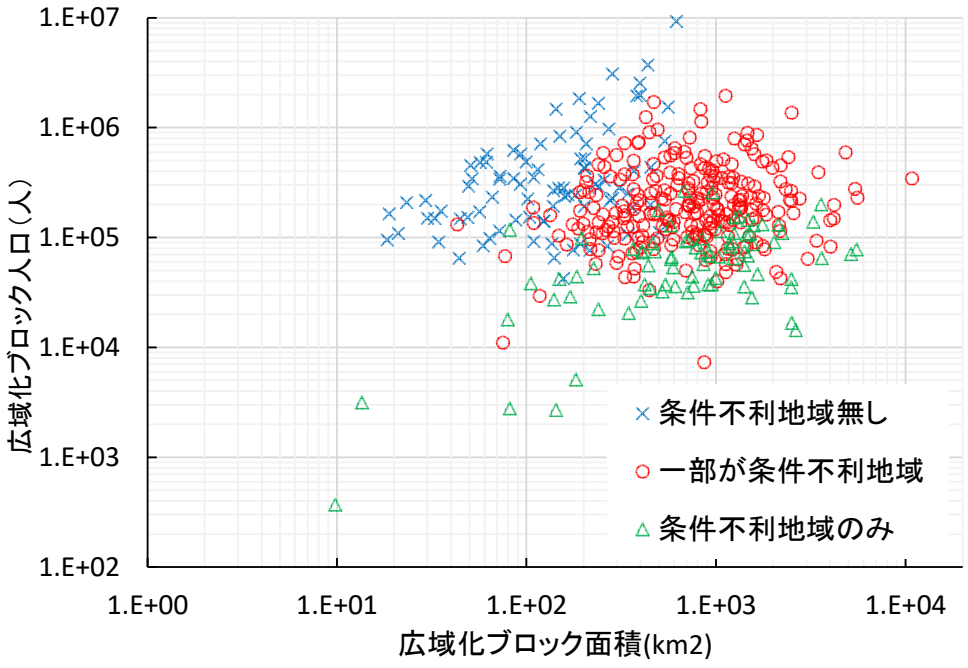


図 3-57　広域化ブロックの面積と人口の関係

注）沖縄本島及び豪雪地域は本図での条件不利地域に含めず、小笠原諸島は条件不利地域に含めた場合

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社・一般財団法人日本環境衛生センター「令和元年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務報告書」（令和２年３月）成果より作成

また、施設立地「地点」と条件不利地域の関係について過去の業務の報告書からごみ焼却施設数および焼却量の集計結果を引用する[34]（表 3-40、表 3-41）。

30t/日未満の規模の小さなごみ焼却施設は、島嶼部、半島、過疎地域及び振興山村地域などで数が多いが、焼却量としては相対的に少ないことが分かる。ただし、この集計を行った時点では、条件不利地域ではない地域に立地している30t/日未満やさらには50t/日未満のごみ焼却施設も一定数が存在してることが分かる。

表 3-40　地域類型別施設規模別ごみ焼却施設数

地域類型	30t未満	30t以上 50t未満	50t以上 100t未満	100t以上 300t未満	300t以上 600t未満	600t以上	合計
島嶼（離島、奄美群島、小笠原諸島）	57	2	4	3	0	0	66
半島	18	22	24	19	0	0	83
その他	76	76	157	361	125	51	846
北海道	18	2	4	15	1	3	43
過疎地域及び振興山村地域	17	2	4	6	0	0	29
その他（非条件不利地域）	1	0	0	9	1	3	14
本州以南	58	74	153	346	124	48	803
過疎地域及び振興山村地域	39	31	51	23	3	1	148
その他（非条件不利地域）	19	43	102	323	121	47	655
合計	**151**	**100**	**185**	**383**	**125**	**51**	**995**
条件不利地域	131	57	83	51	3	1	326
非条件不利地域	20	43	102	332	122	50	669

注：下線部は条件不利地域を示す。

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社・一般財団法人日本環境衛生センター「令和元年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務報告書」（令和 2 年 3 月）より表 II-16 を転載

表 3-41　地域類型別施設規模別ごみ焼却量

（単位：万トン）

地域類型	30t未満	30t以上 50t未満	50t以上 100t未満	100t以上 300t未満	300t以上 600t未満	600t以上	合計
島嶼（離島、奄美群島、小笠原諸島）	7	1	5	5	0	0	18
半島	5	15	27	66	0	0	112
その他	21	52	224	1,169	1,012	782	3,260
北海道	4	2	5	52	7	44	114
過疎地域及び振興山村地域	4	2	5	22	0	0	33
その他（非条件不利地域）	0	0	0	30	7	44	81
本州以南	17	51	219	1,117	1,005	738	3,146
過疎地域及び振興山村地域	11	20	70	61	26	10	197
その他（非条件不利地域）	6	31	149	1,057	979	728	2,949
合計	**33**	**68**	**255**	**1,241**	**1,012**	**782**	**3,391**
条件不利地域	27	37	106	154	26	10	361
非条件不利地域	6	31	149	1,086	986	772	3,030

注：下線部は条件不利地域を示す。

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社・一般財団法人日本環境衛生センター「令和元年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務報告書」（令和 2 年 3 月）より表 II-17 を転載

[34] 令和元年度業務の広域化ブロックは、以下に基づく。また、本業務でも使用した。
国立環境研究所　資源循環・廃棄物研究センター（2019）一般焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成、報告書、48p.＜http://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/mapdata.html＞（最終アクセス 2024 年 3 月 10 日）
西村想、田崎智宏、稲葉陸太、河井紘輔、山口直久 (2019). 一般廃棄物焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成. 第 30 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集

なお、令和元年度業務では、豪雪地域を条件不利地域に含めず集計されている場合がある。参考のために、豪雪地帯の指定状況を図 3-58 に引用する。

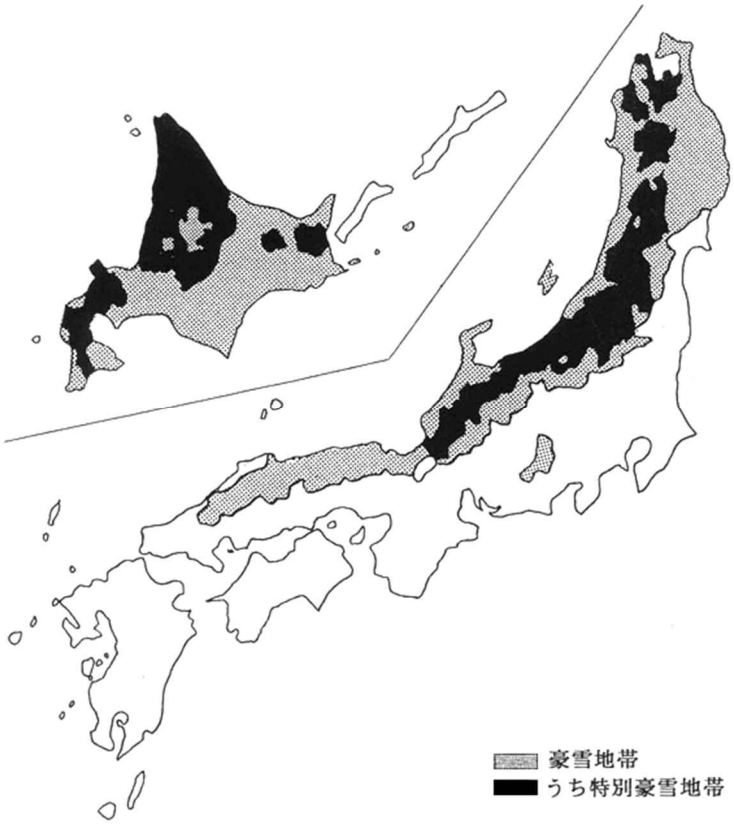


図 3-58　豪雪地帯と特別豪雪地帯

出典：国土交通省北陸地方整備局「豪雪地帯・特別豪雪地帯指定状況」
<http://www.sekkankyo.org/zenkoku.htm>（最終アクセス 2024年3月10日）

2)　ごみ焼却施設の施設間距離の状況

現在の循環型社会形成推進交付金交付要綱では、「第 3 交付対象」として、人口 5 万人以上又は面積 400km² 以上の地域計画又は一般廃棄物処理計画対象地域を構成する市町村及び当該市町村の委託を受けて一般廃棄物の処理を行う地方公共団体が交付対象とされている。そこで、面積の観点から、ごみ焼却施設の立地状況[35]を令和 2 年度一般廃棄物処理実態調査より確認した。具体的には、ごみ焼却施設（公共施設に限る。）を中心として、それぞれ半径 20km（面積 1,257km²）、15km（同 707km²）、10km（同 314km²）の円を描くことで施設間の距離の状況を確認した（図 3-59～図 3-61）。半径 α km の円が重なっている区域は、直線距離で α km 以内にごみ焼却施設が複数存在している地域である。（その場合のごみ焼却施設間の直線距離は 2α km 以内。）

その結果、円と円の重なり状況より視覚的にも確認できるが、集計結果である表 3-42 からも、最寄りの他のごみ焼却施設との直線距離は 40km（円の半径 20km）以下である場合が多いことが分かる。また、施設間の直線距離が 30km（円の半径 15km）以下でみても該当する施設は多い。

首都圏、近畿圏、中京圏などでは施設間の直線距離が 20km 以下の場合も多い。これらの

[35] 本節においてごみ焼却施設の位置情報は全て令和 2 年度調査による。

円の重なりが大きい地域では、面積 400km² の区域内に複数のごみ焼却施設が立地していると考えられる。すなわち距離的な条件だけの面から考えれば、集約化可能性が相対的に高い地域であることが示唆される。

表 3-42　ごみ焼却施設位置からの一定距離以内半径にある他のごみ焼却施設数

存在施設数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10以上
半径10km以内	450	166	94	47	43	23	34	31	12	10	17
半径15km以内	251	164	128	75	47	41	25	22	27	19	128
半径20km以内	133	143	113	95	70	43	30	29	29	20	222

注）稼働中として 927 施設を抽出した結果より作成
出典：一般廃棄物処理実態調査よりパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成

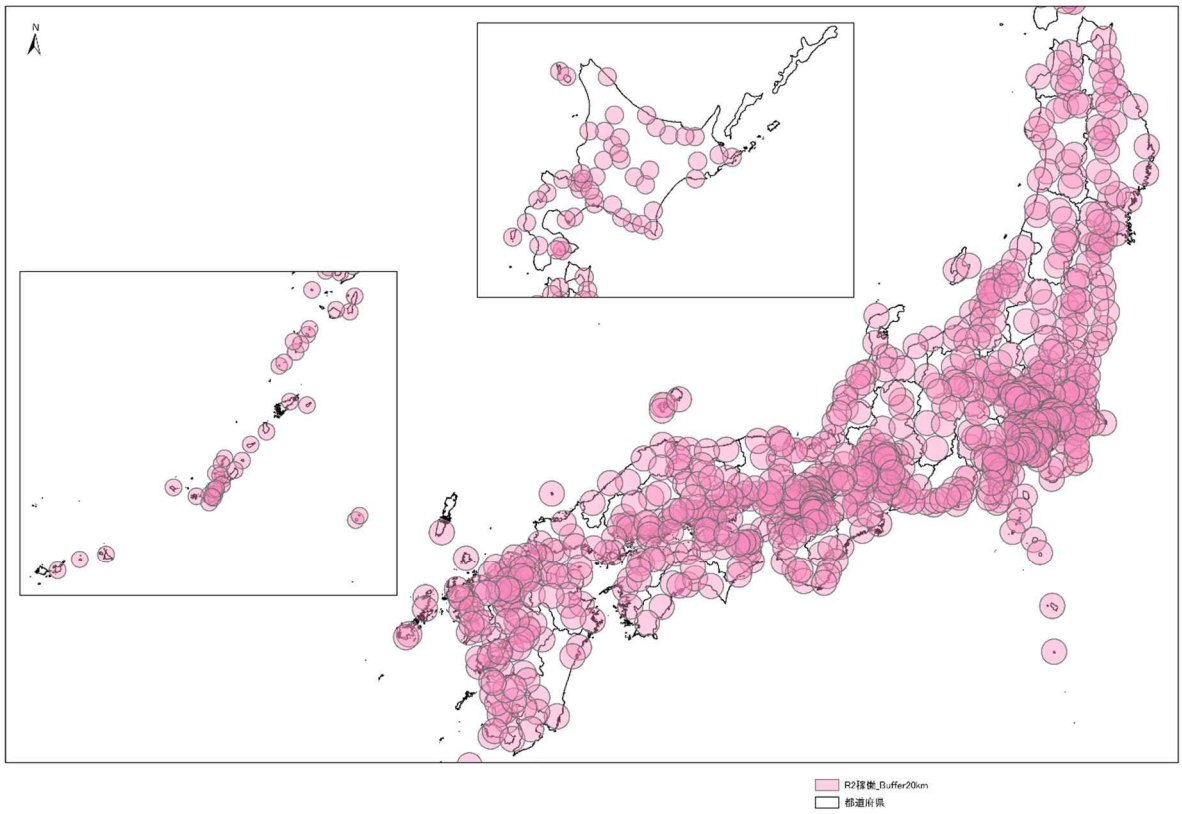


図 3-59　ごみ焼却施設間距離の状況（半径 20km の円）（公共施設に限る）
出典：一般廃棄物処理実態調査よりパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成

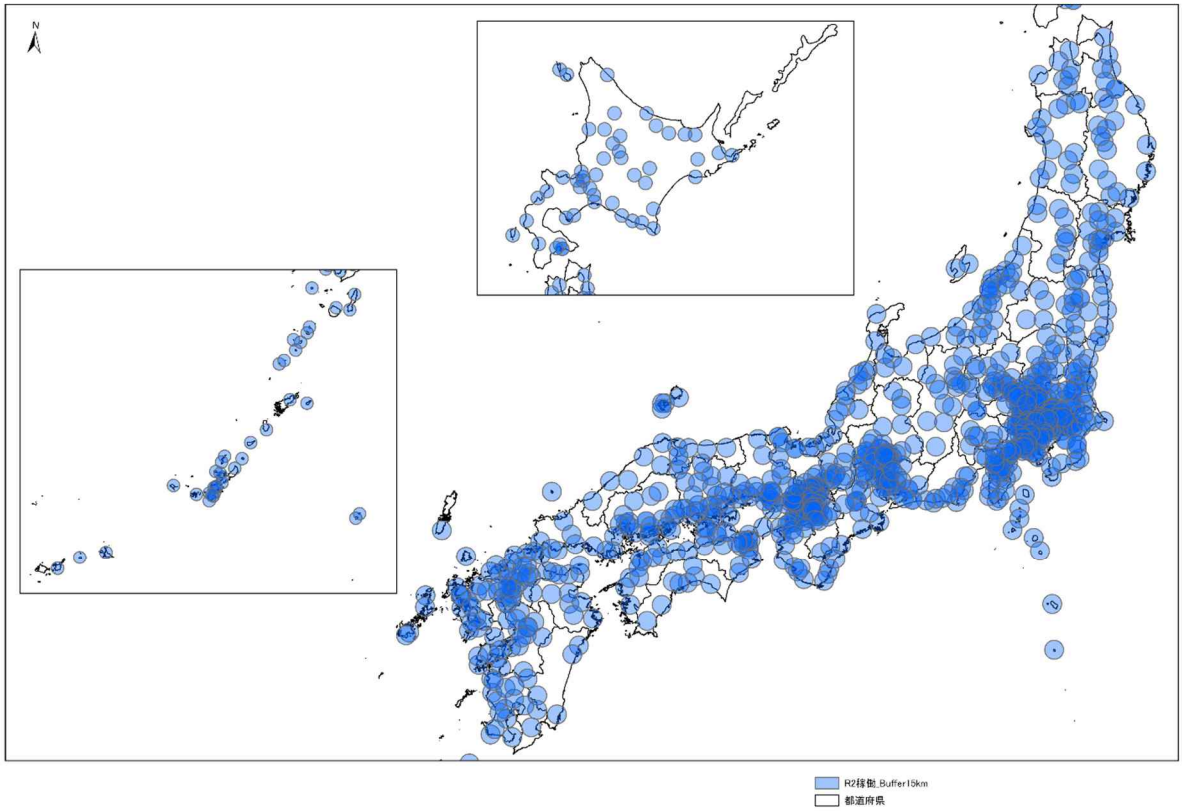


図 3-60　ごみ焼却施設間距離の状況（半径 15km の円）（公共施設に限る）

出典：一般廃棄物処理実態調査よりパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成

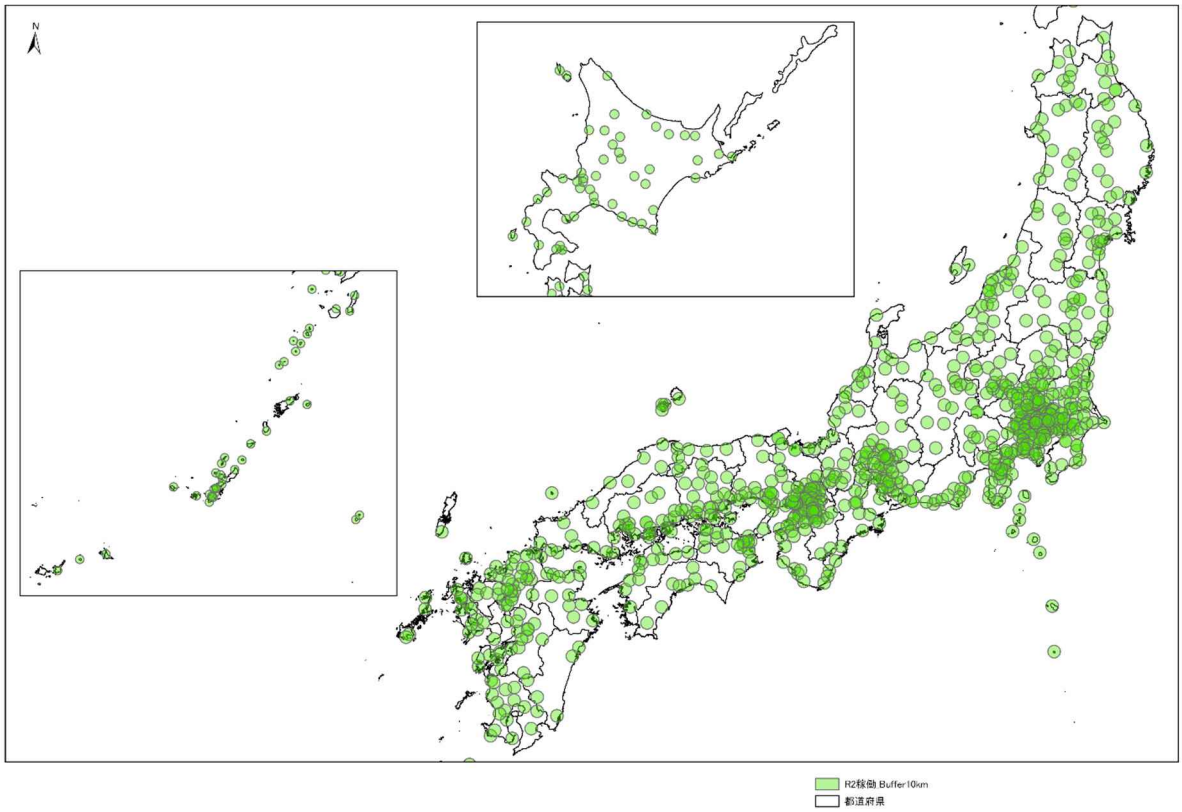


図 3-61　ごみ焼却施設間距離の状況（半径 10km の円）（公共施設に限る）

出典：一般廃棄物処理実態調査よりパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成

3)　大都市圏（三大都市圏）並びにその人口・面積及び焼却施設立地状況

国土交通省[36]によれば、首都圏整備法（昭和 31 年法律第 83 号）、近畿圏整備法（昭和 38 年法律第 129 号）及び中部圏開発整備法（昭和 41 年法律第 102 号）は三大都市圏の整備に関して基本法としての性格を有するものであり、これらの法律に基づき、三大都市圏において政策区域が指定され、また首都圏整備計画、近畿圏整備計画及び中部圏開発整備計画（三圏計画）が作成されている。

以下に政策区域の概念図（図 3-62）と指定状況（図 3-63～図 3-65）を引用するとともに、指定状況と重ねる形でごみ焼却施設の立地状況を地図化した（図 3-66～図 3-68）。なお、三大都市圏の区域データは国土数値情報ダウンロードサイトより入手した。

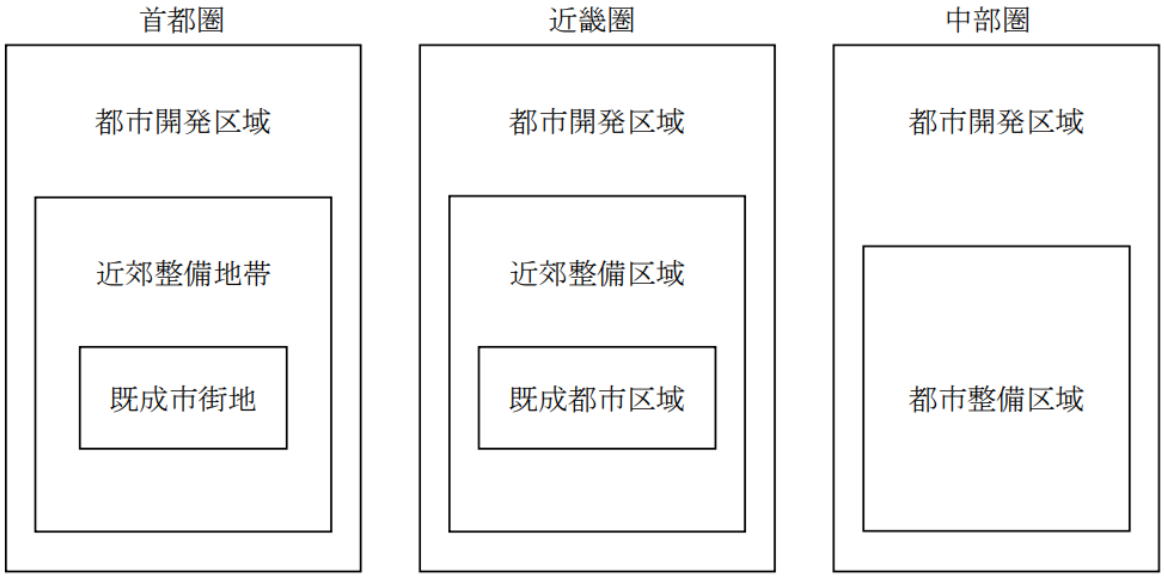
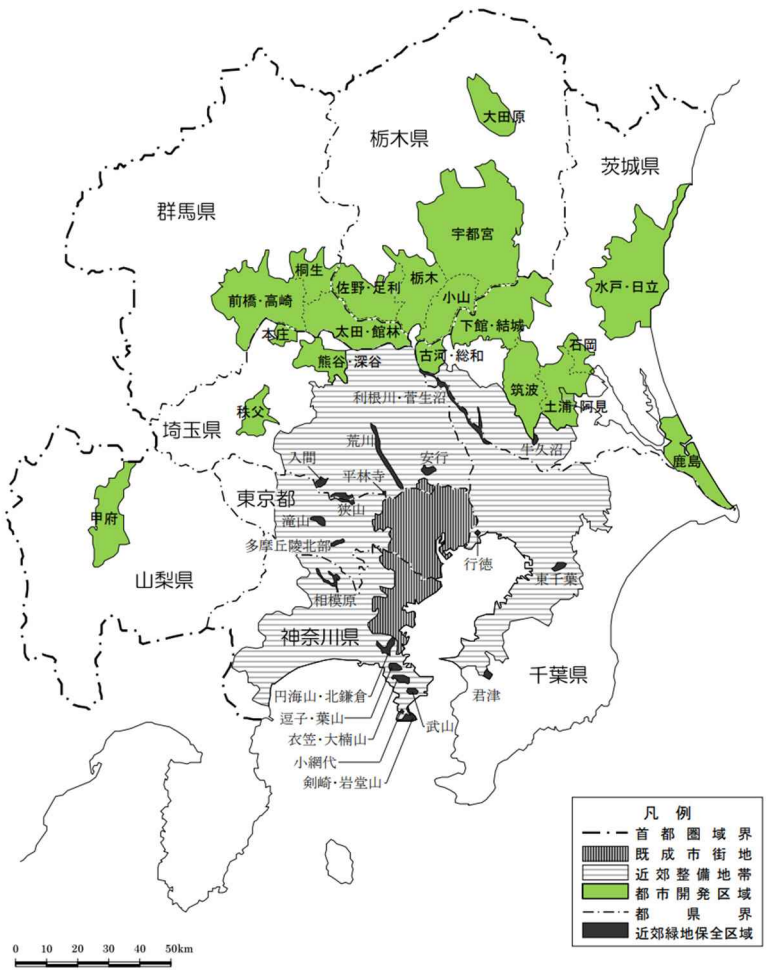


図 3-62　政策区域の概念図

出典：国土交通省都市局「令和 2 年 大都市圏要覧：第 2 編　2. 大都市圏整備制度の概要」
<https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/content/001589161.pdf>
（最終アクセス 2024 年 3 月 10 日）

[36] 国土交通省国土政策局広域地方政策課「大都市圏整備法（首都圏整備法・近畿圏整備法・中部圏開発整備法）」
<https://www.mlit.go.jp/toshi/daisei/kokudokeikaku_tk5_000012.html>
（最終アクセス 2024 年 3 月 10 日）

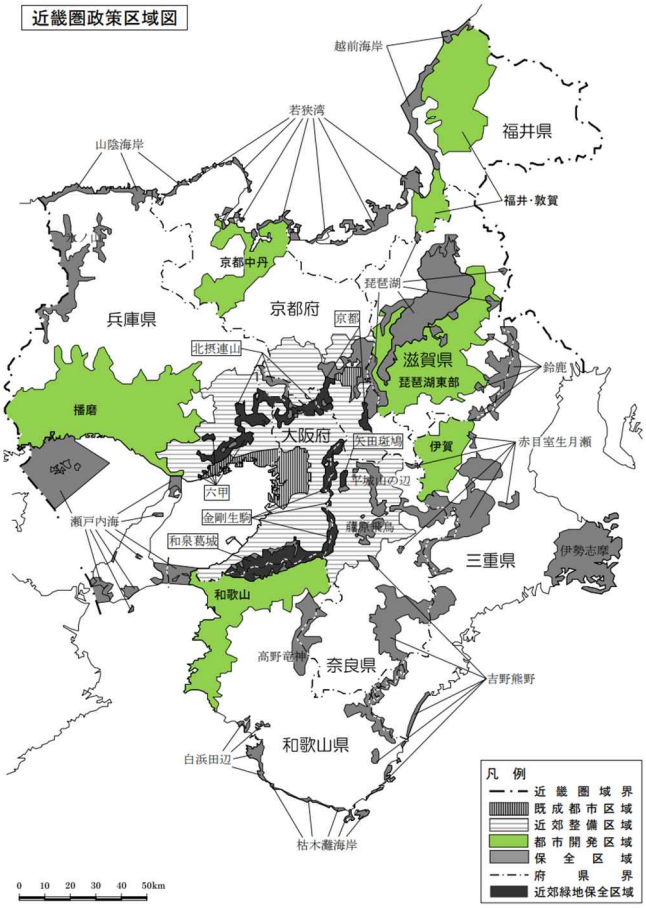


※「ゴシック体」は都市開発区域の名称であり、「明朝体」は近郊緑地保全区域の名称である。

図 3-63　政策区域の指定状況（首都圏）

出典：国土交通省都市局「令和 2 年 大都市圏要覧：付録 7. 政策区域図」
<https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/content/001589161.pdf>（最終アクセス　2024 年 3 月 10 日）

■首都圏整備法（抜粋）
第二条　この法律で「首都圏」とは、東京都の区域及び政令で定めるその周辺の地域を一体とした広域をいう。
２　この法律で「首都圏整備計画」とは、首都圏の建設とその秩序ある発展を図るため必要な首都圏の整備に関する計画をいう。
３　この法律で「既成市街地」とは、東京都及びこれと連接する枢要な都市を含む区域のうち、産業及び人口の過度の集中を防止し、かつ、都市の機能の維持及び増進を図る必要がある市街地の区域で、政令で定めるものをいう。
４　この法律で「近郊整備地帯」とは、既成市街地の近郊で、第二十四条第一項の規定により指定された区域をいう。
５　この法律で「都市開発区域」とは、既成市街地及び近郊整備地帯以外の首都圏の地域のうち第二十五条第一項の規定により指定された区域をいう。
（近郊整備地帯の指定）
第二十四条　国土交通大臣は、既成市街地の近郊で、その無秩序な市街地化を防止するため、計画的に市街地を整備し、あわせて緑地を保全する必要がある区域を近郊整備地帯として指定することができる。
（都市開発区域の指定）
第二十五条　国土交通大臣は、既成市街地への産業及び人口の集中傾向を緩和し、首都圏の地域内の産業及び人口の適正な配置を図るため必要があると認めるときは、既成市街地及び近郊整備地帯以外の首都圏の地域のうち、工業都市、住居都市その他の都市として発展させることを適当とする区域を都市開発区域として指定することができる。

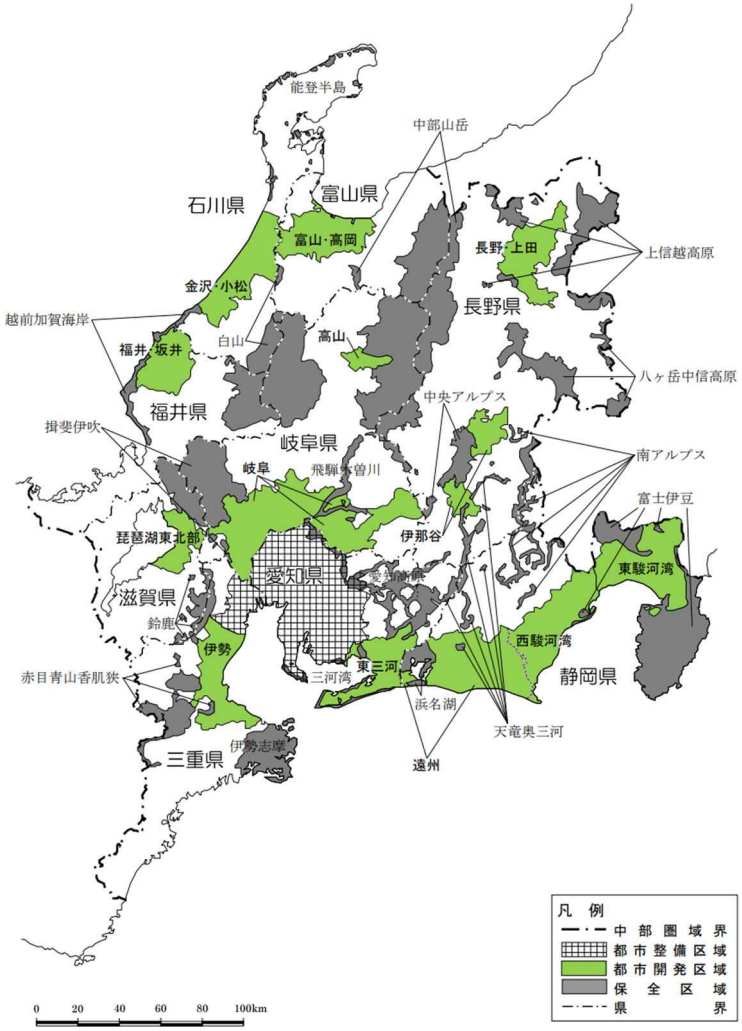


※「ゴシック体」は都市開発区域の名称であり、「明朝体」は保全区域の名称である。
※ 保全区域の名称のうち「枠囲い」があるものは、近郊緑地保全区域の名称を兼ねる。

図 3-64　政策区域の指定状況（近畿圏）

出典：国土交通省都市局「令和 2 年 大都市圏要覧：付録 7. 政策区域図」
<https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/content/001589161.pdf>（最終アクセス　2024 年 3 月 10 日）

■近畿圏開発整備法（抜粋）
第二条　この法律で「近畿圏」とは、福井県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県及び和歌山県の区域（政令で定める区域を除く。）を一体とした広域をいう。
２　この法律で「近畿圏整備計画」とは、近畿圏の建設とその秩序ある発展を図るため必要な近畿圏の整備及び開発に関する計画をいう。
３　この法律で「既成都市区域」とは、大阪市、神戸市及び京都市の区域並びにこれらと連接する都市の区域のうち、産業及び人口の過度の集中を防止し、かつ、都市の機能の維持及び増進を図る必要がある市街地の区域で、政令で定めるものをいう。
４　この法律で「近郊整備区域」とは、既成都市区域の近郊で、第十一条第一項の規定により指定された区域をいう。
５　この法律で「都市開発区域」とは、既成都市区域及び近郊整備区域以外の近畿圏の地域のうち第十二条第一項の規定により指定された区域をいう。
６　この法律で「保全区域」とは、近畿圏の地域内において文化財を保存し、緑地を保全し、又は観光資源を保全し、若しくは開発する必要がある区域で、第十四条第一項の規定により指定されたものをいう。
（近郊整備区域の指定）
第十一条　国土交通大臣は、既成都市区域の近郊で、当該既成都市区域の市街地の無秩序な拡大を防止するため、計画的に市街地として整備する必要がある区域を近郊整備区域として指定することができる。
（都市開発区域の指定）
第十二条　国土交通大臣は、既成都市区域への産業及び人口の過度の集中傾向を緩和し、近畿圏の地域内の産業及び人口の適正な配置を図るため必要があると認めるときは、既成都市区域及び近郊整備区域以外の近畿圏の地域のうち、工業都市、住居都市その他の都市として開発することを必要とする区域を都市開発区域として指定することができる。



※「ゴシック体」は都市開発区域の名称であり、「明朝体」は保全区域の名称である。

図 3-65　政策区域の指定状況（中部圏）

出典：国土交通省都市局「令和 2 年 大都市圏要覧：付録 7. 政策区域図」
<https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/content/001589161.pdf>（最終アクセス　2024 年 3 月 10 日）

■中部圏開発整備法（抜粋）
第二条　この法律で「中部圏」とは、富山県、石川県、福井県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県及び滋賀県の区域を一体とした広域をいう。
２　この法律で「中部圏開発整備計画」とは、中部圏の建設とその均衡ある発展を図るため必要な中部圏の開発及び整備に関する計画をいう。
３　この法律で「都市整備区域」とは、中部圏の地域のうち第十三条第一項の規定により指定された区域をいう。
４　この法律で「都市開発区域」とは、都市整備区域以外の中部圏の地域のうち第十四条第一項の規定により指定された区域をいう。
５　この法律で「保全区域」とは、中部圏の地域内において観光資源を保全し、若しくは開発し、緑地を保全し、又は文化財を保存する必要がある区域で、第十六条第一項の規定により指定された区域をいう。
（都市整備区域の指定）
第十三条　国土交通大臣は、中部圏の地域内において、産業の開発の程度が高く、さらに経済の発展が予想される地域で当該地域の発展の進度に応じ都市の機能が十分に発揮されるよう計画的に基盤整備を行なう必要がある区域を都市整備区域として指定することができる。
（都市開発区域の指定）
第十四条　国土交通大臣は、中部圏の均衡ある発展を図るため、都市整備区域以外の中部圏の地域のうち、工業等の産業都市その他当該地域の発展の中心的な都市として開発整備することを必要とする区域を都市開発区域として指定することができる。

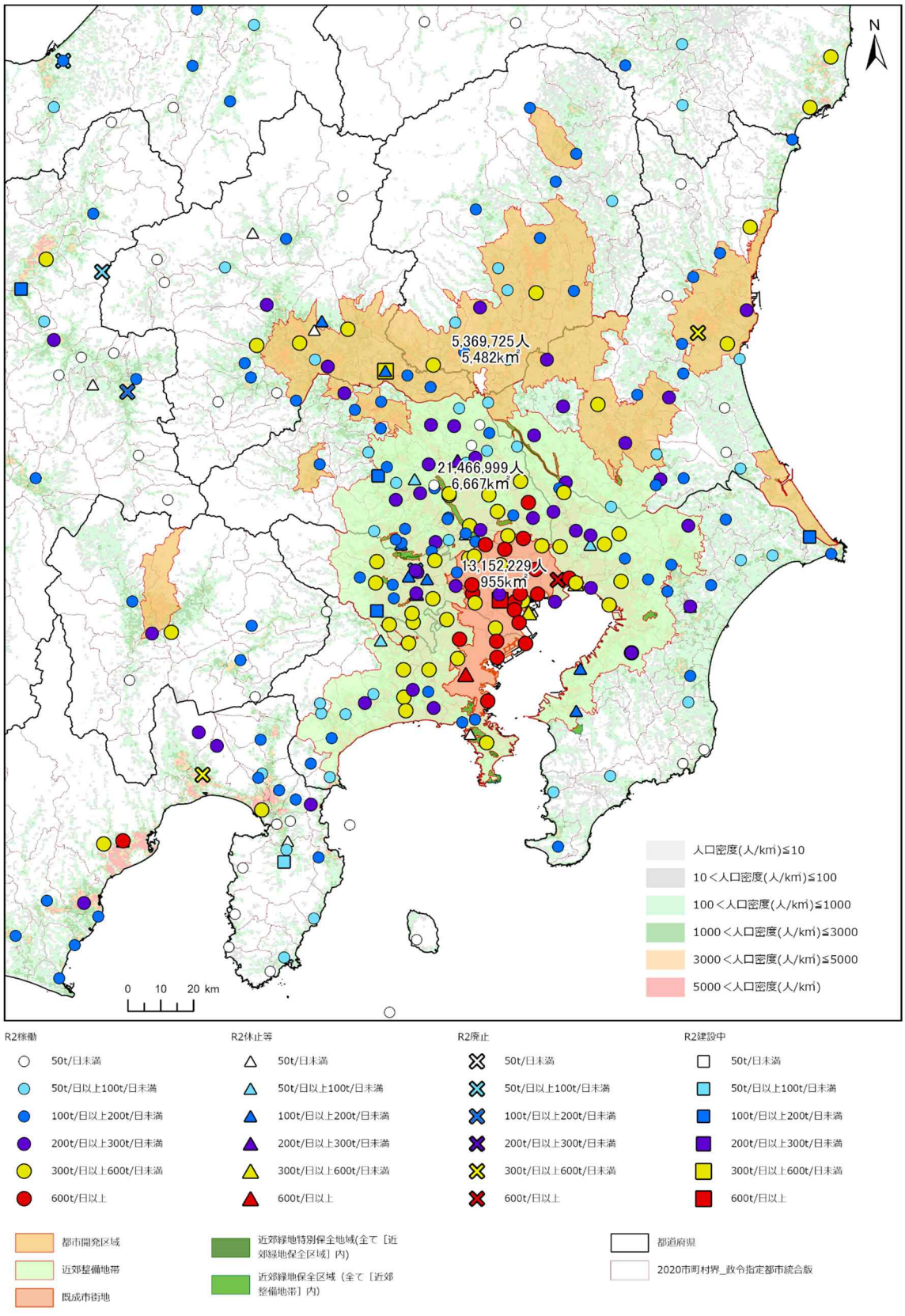


図 3-66　首都圏の都市開発区域におけるごみ焼却施設の立地状況

出典：ごみ焼却施設は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年)、行政界及び政策区域は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

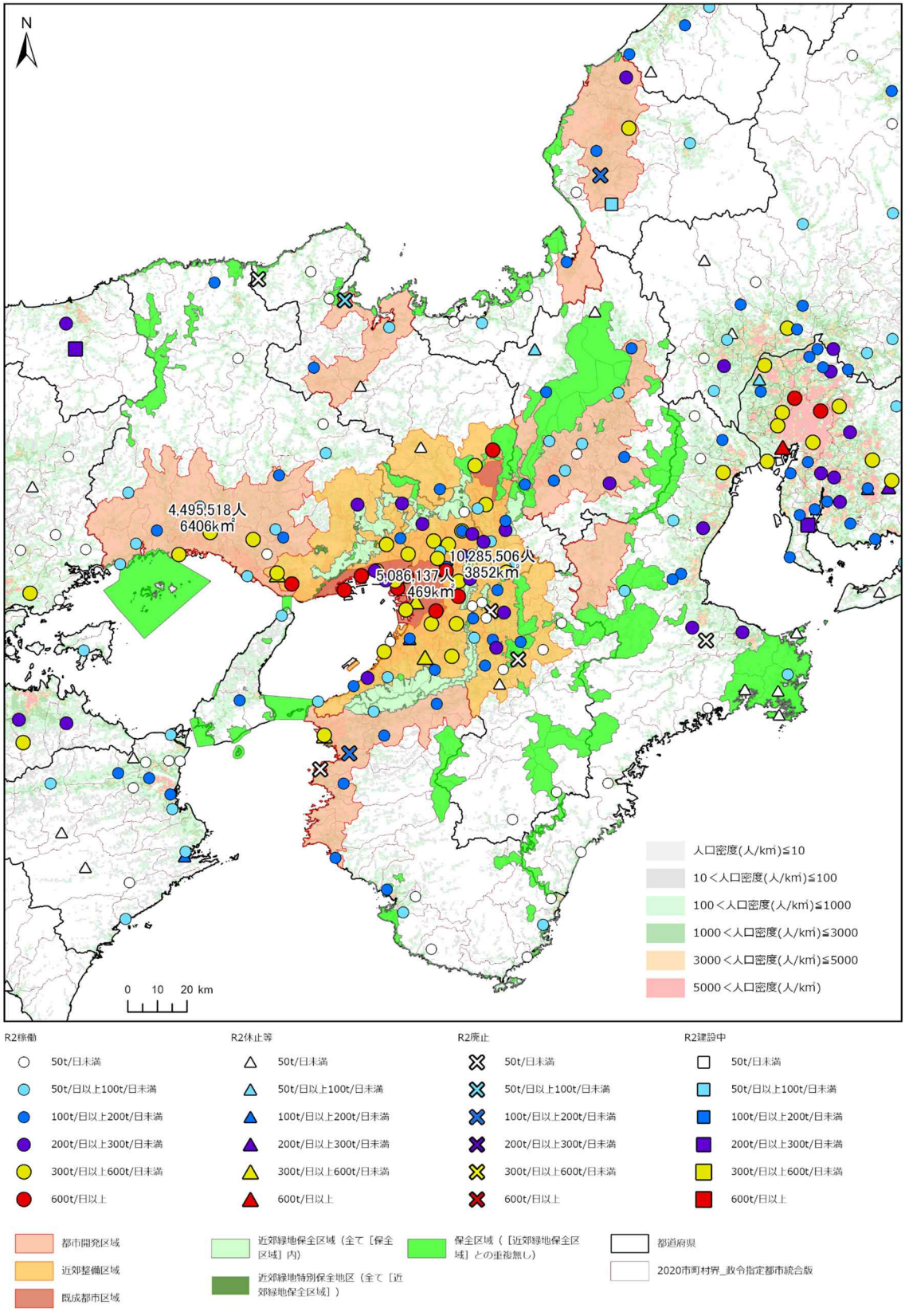


図 3-67　近畿圏の都市開発区域におけるごみ焼却施設の立地状況

出典：ごみ焼却施設は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）、行政界及び政策区域は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

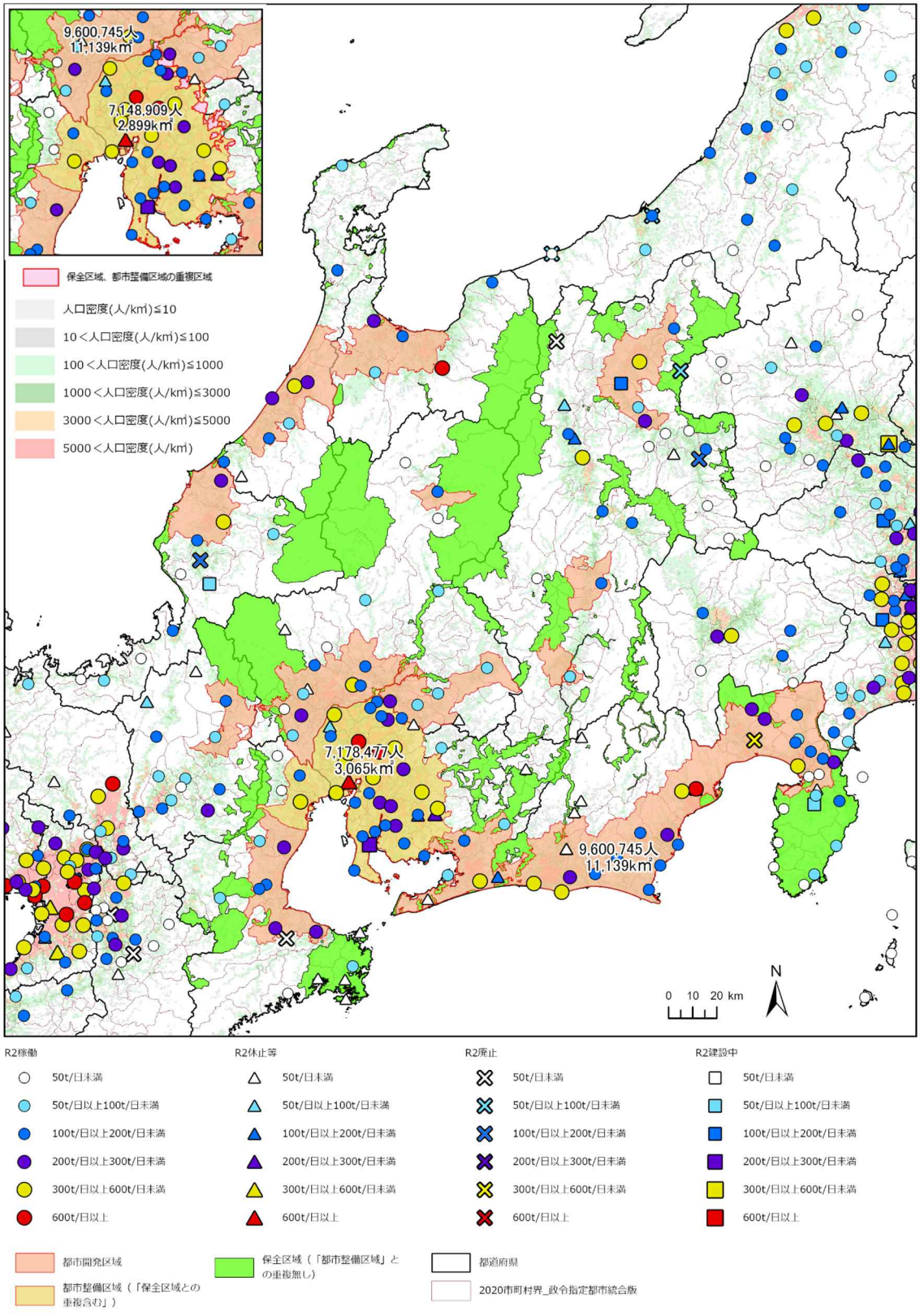


図 3-68　中部圏の都市開発区域におけるごみ焼却施設の立地状況

出典：ごみ焼却施設は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）、行政界及び政策区域は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

(2)　ごみ焼却施設の規模の関連状況の情報整理

ごみ焼却施設の必要な規模の関連状況として、一人当たり焼却処理量や関連収集量の分布を一般廃棄物処理実態調査から整理した。ほとんどの市区町村において、一人当たり焼却処理量（図 3-69、図 3-71）は 200～400kg/人年の範囲にあるが、300kg/人年以下が 8 割であり、4 割では 250kg/人年を下回っている。また、生活系可燃ごみ及び混合ごみの収集量（図 3-70、図 3-72）は 9 割以上で 200kg/人年を下回っている。

また、人口 10 万人あたりのごみ焼却施設の能力についても整理した。広域化ブロック単位（図 3-74）ほどではないとしても都道府県単位（図 3-73）でも比較的相違が見られた。（ただし、市町村以外での処理や焼却以外での処理も行われている点に留意が必要）

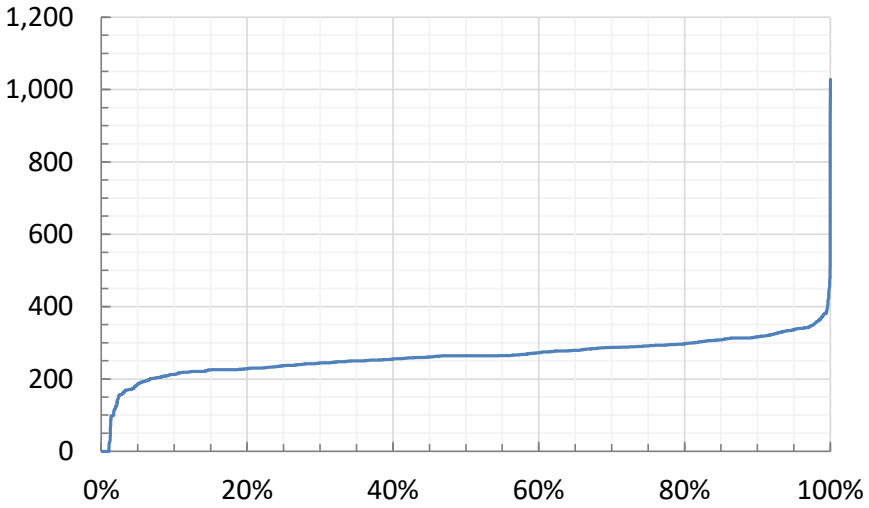


図 3-69　一人当たり焼却処理量の分布状況（kg/人年）

注）横軸は人口の累積比率
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度実績）より作成

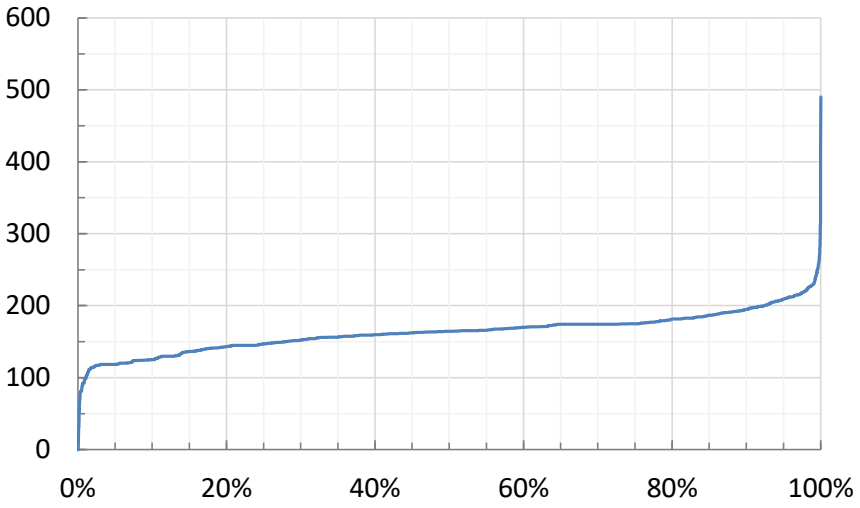
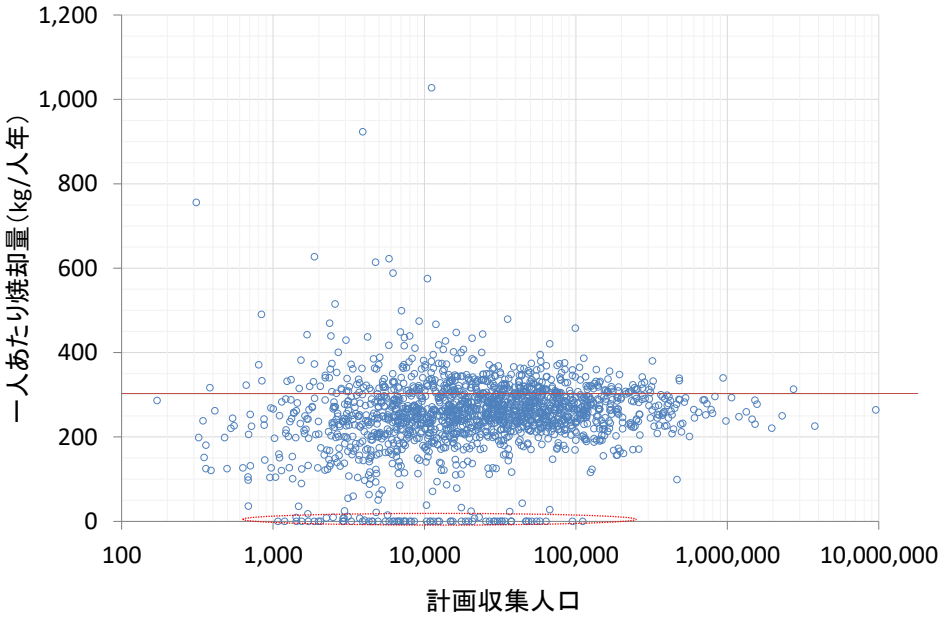


図 3-70　一人当たり生活系可燃ごみ及び混合ごみ収集量の分布状況（kg/人年）

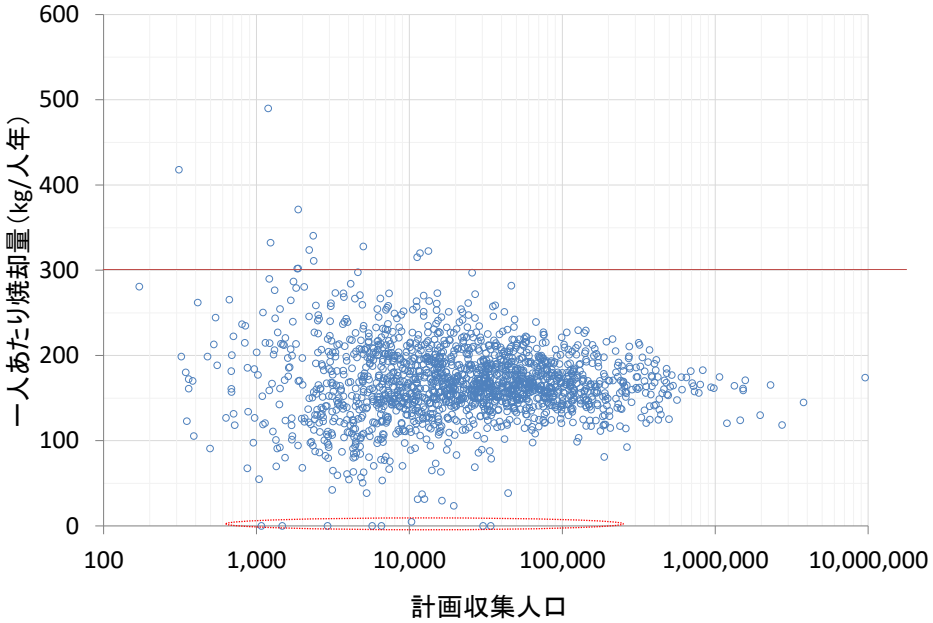
注）横軸は人口の累積比率
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度実績）より作成（可燃ごみと混合ごみの数値は合算）



注 1）東京 23 区は、一般廃棄物処理実態調査では、計画収集人口は区別にのみ示されている一方、焼却施設搬入量は 23 区合計でしか示されていない。このため、単純にデータを処理すると、表示対象外となる。ここでは 23 区合計の数値を集計して示した。
注 2）赤実線の 300kg/人年は 10 万人あたり約 100(t/日)の施設で処理できる量に相当する。（300kg/人年を、年間 280 日稼働で人口 10 万人あたりに換算すると 107t/日となる。）
注 3）赤点線枠で囲んだ焼却量が 0 の団体は直接埋立や RDF 化などで処理を行っていると想定される。

図 3-71　計画収集人口と一人あたり焼却量の関係

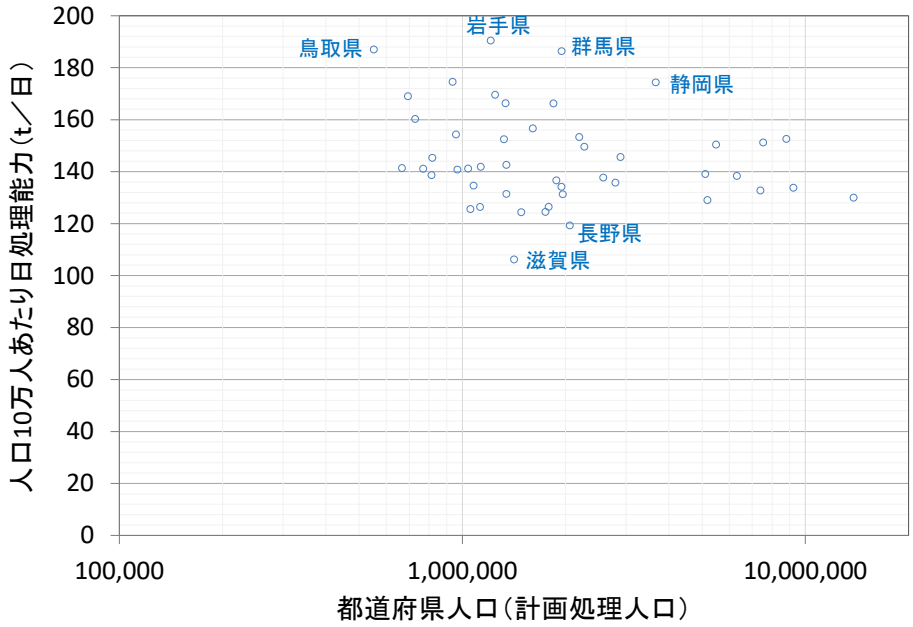
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度実績）より作成



注 1 及び注 2）前図の注 1（東京 23 区について）及び注 2（300kg/人年の赤実線について）に同じ。
注 3）赤点線枠で囲んだ焼却量が 0 の団体には、ごみの持込先である「ゼロ・ウェイストセンター」を運営する徳島県上勝町のほか、生活系ごみ収集量において混合ごみ及び可燃ごみは 0 の一方で不燃ごみ（及び資源ごみ）で比較的大きな数量を回答している団体（複数）がみられる。ごみの焼却処理を行わずに直接埋立を行っている団体（生ごみは堆肥化している団体を含む。）では混合ごみでなくて不燃ごみで回答されている場合があると考えられた。

図 3-72　計画収集人口と一人あたり生活系可燃ごみ及び混合ごみ収集量の比較

出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度実績）より作成（可燃ごみと混合ごみの数値は合算）



注 1）民間施設での処理や非焼却処理（埋立、RDF など）の分だけ縦軸は小さくなり得る。
注 2）一般廃棄物処理実態調査では休廃止や新設予定も含まれるが、それらを区別せず一律に集計した。

図 3-73　計画処理人口とごみ焼却施設の日処理能力（人口 10 万人あたり）の関係（都道府県別）

出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度実績）より作成（公共施設のみの集計）

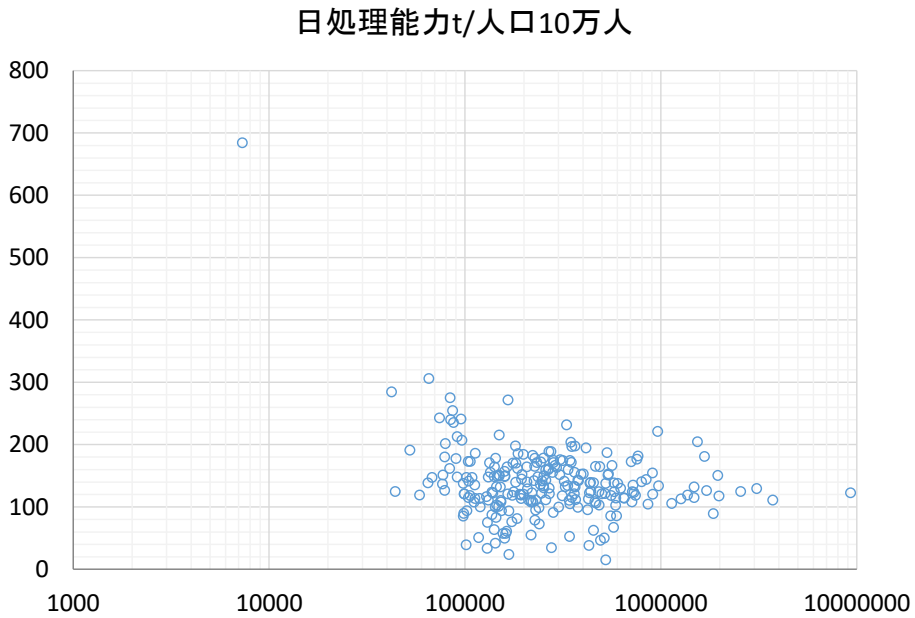


図 3-74　計画処理人口とごみ焼却施設の日処理能力（人口 10 万人あたり）の関係（広域化ブロック別）

出典：パシフィックコンサルタンツ株式会社・一般財団法人日本環境衛生センター「令和元年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務報告書」（令和 2 年 3 月）成果より作成（広域化ブロックは国立環境研究所データ（※）を使用、人口は 2015 年）

※国立環境研究所　資源循環・廃棄物研究センター（2019）一般焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成、報告書、48p.＜http://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/mapdata.html＞（最終アクセス 2024 年 3 月 10 日）
西村想、田崎智宏、稲葉陸太、河井紘輔、山口直久（2019）一般廃棄物焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成．第 30 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集

(3) 地方公共団体に着目した情報整理

1) 地方公共団体ごとの保有するごみ焼却施設数の状況

一般廃棄物処理事業実態調査（令和3年度実績）より、地方公共団体ごとの保有するごみ焼却施設数の状況を確認した。

一部事務組合・広域連合の状況（表 3-43）においては、稼働中の保有施設数が多くは一つであり、三つ以上の施設を保有する団体は少ない。基本的な傾向として、構成市区町村数が多くなると、二つ以上の稼働中施設を保有する団体は少なくなる。構成市区町村数が6以上となると、三つ以上の稼働中施設を保有する団体は、東京二十三区清掃一部事務組合を唯一の例外として、存在しない模様である。

表 3-43 一部事務組合・広域連合における構成市区町村数別保有ごみ焼却施設数

構成市区町村数	ごみ処理を実施している一部事務組合・広域連合数	うち稼働中焼却施設を有する団体数	稼働中焼却施設数	二つの稼働中施設を有する団体数	三つ以上の稼働中施設を有する団体数
2	144	104	115	6	2
3	113	92	109	8	3
4	71	58	71	4	3
5	41	27	31	2	1
6	13	12	16	4	0
7	6	3	4	1	0
8	7	6	6	0	0
9	6	4	5	1	0
10	7	5	6	1	0
11	1	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0
13	1	1	1	0	0
14	1	1	1	0	0
19	1	1	1	0	0
23	1	1	20	0	1
26	1	0	0	0	0
27	1	0	0	0	0
総計	416	315	386	27	10

出典：一般廃棄物処理実態調査（令和3年度実績）より作成

市町村（単独）の保有状況（表 3-44）としては、稼働中の保有施設数が多くは 1 施設又は 2 施設であるが、3 施設を超えて保有している団体も一定数存在している。一方、4 施設以上保有している市町村はかなり少ない。

表 3-44　市町村が単独で保有しているごみ焼却施設数ごとの市区町村数

施設数	稼働中施設 市区町村数	休止・建設中を含む 市区町村数
0		45
1	345	361
2	60	70
3	16	26
4	2	8
5	1	2
6		1
7		0
8		1

注１）「稼働中施設」において、3 施設保有は津市、天草市を含む。4 施設：さいたま市、横浜市。5 施設：名古屋市。
注２）「休止・建設中含む」において、4 施設保有は岡崎市、松山市、薩摩川内市を含む。5 施設：五島市を含む。8 施設：浜松市。
出典：一般廃棄物処理実態調査（令和 3 年度実績）より作成

2)　一部事務組合･広域連合における市区町村の集合状況

一部事務組合・広域連合における市区町村の集合状況を、ごみ焼却施設の立地状況との関係で視覚的に確認するために、いくつかの地域を対象に以下に示す地図を作成した（図 3-75～図 3-85)。その中には、試作的に広域化ブロックも含めて図示したものも一部あるが、情報が多く煩雑となったため、基本的には広域化ブロックは省略した。

地図を作成する対象地域としては、以下に述べる「人口倍率」にも着目した。ここで、「人口倍率」とは、一部事務組合・広域連合の構成市区町村の合計人口を分子とし、分母は構成市区町村の中で人口最大の市区町村の人口である。人口倍率が 1 に近いほど、一部事務組合・広域連合の中で特定の市区町村の人口が突出している。逆に大きいほど、人口規模が突出した市区町村がないことを意味する。仮に 2 市区町村から構成されている団体で、人口倍率が 2 であれば、二つの市区町村の人口が全く同一規模であることを意味する。

この人口倍率が大きい、あるいは構成市区町村数が少なくないという意味で 4 市区町村以上ではあるが人口倍率が 1 に近い一部事務組合・広域連合が図示されるような地域を任意に複数選択して、地図化した。

地図内の一部事務組合・広域連合の名称の下側の x(y)は、x が人口倍率、y が構成市区町村数である。

広域化ブロックの図示では国立環境研究所データを利用した。具体的には、以下の通りである。

- 国立環境研究所　資源循環・廃棄物研究センター（2019）一般焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成、報告書、48p.＜http://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/mapdata.html＞（最終アクセス 2024 年 3 月 10 日）
- 西村想、田崎智宏、稲葉陸太、河井紘輔、山口直久 (2019).一般廃棄物焼却施設および粗大ごみ処理施設の施設集約検討に向けた地図データの作成. 第 30 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集

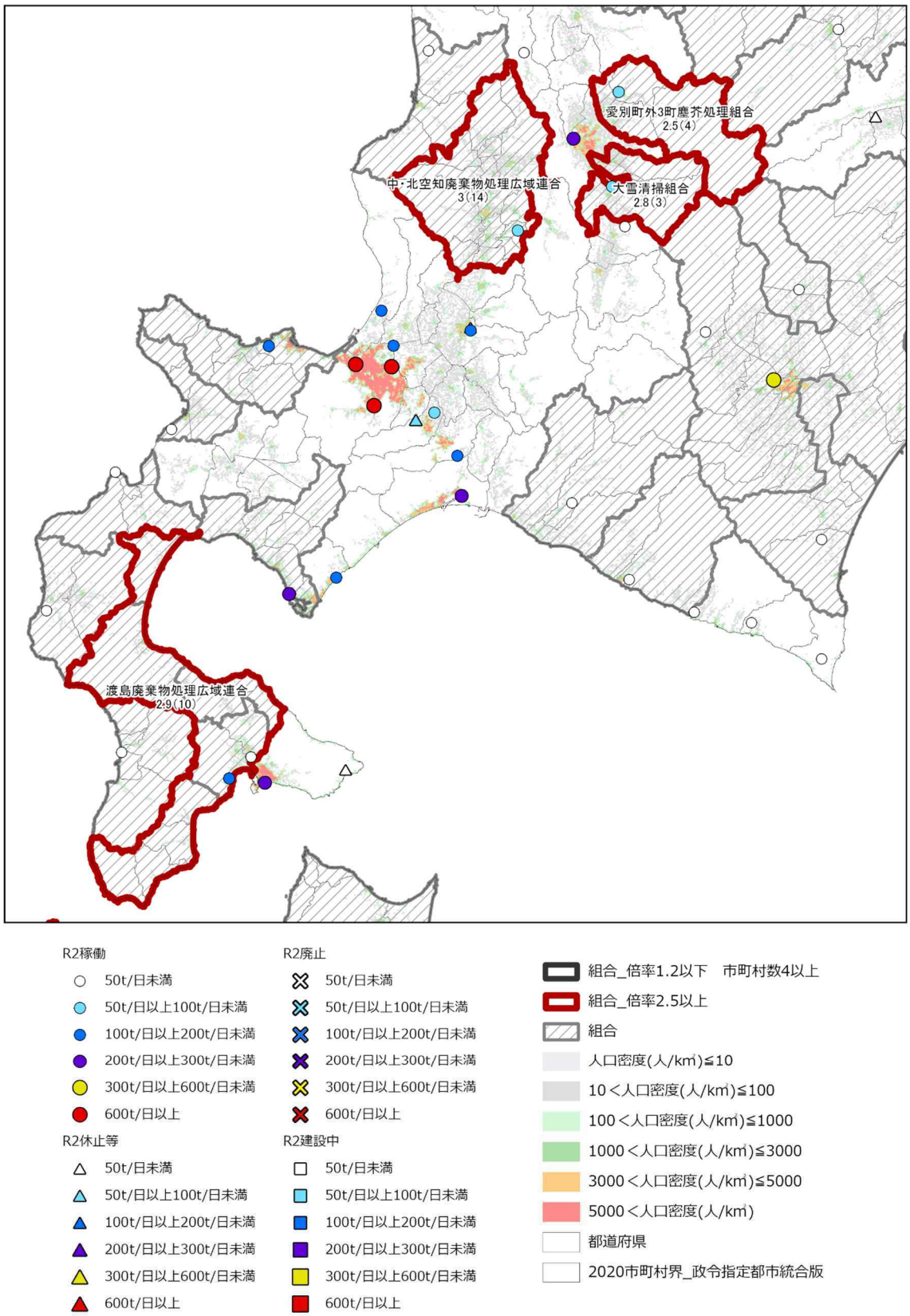


図 3-75　一部事務組合・広域連合の状況（１）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

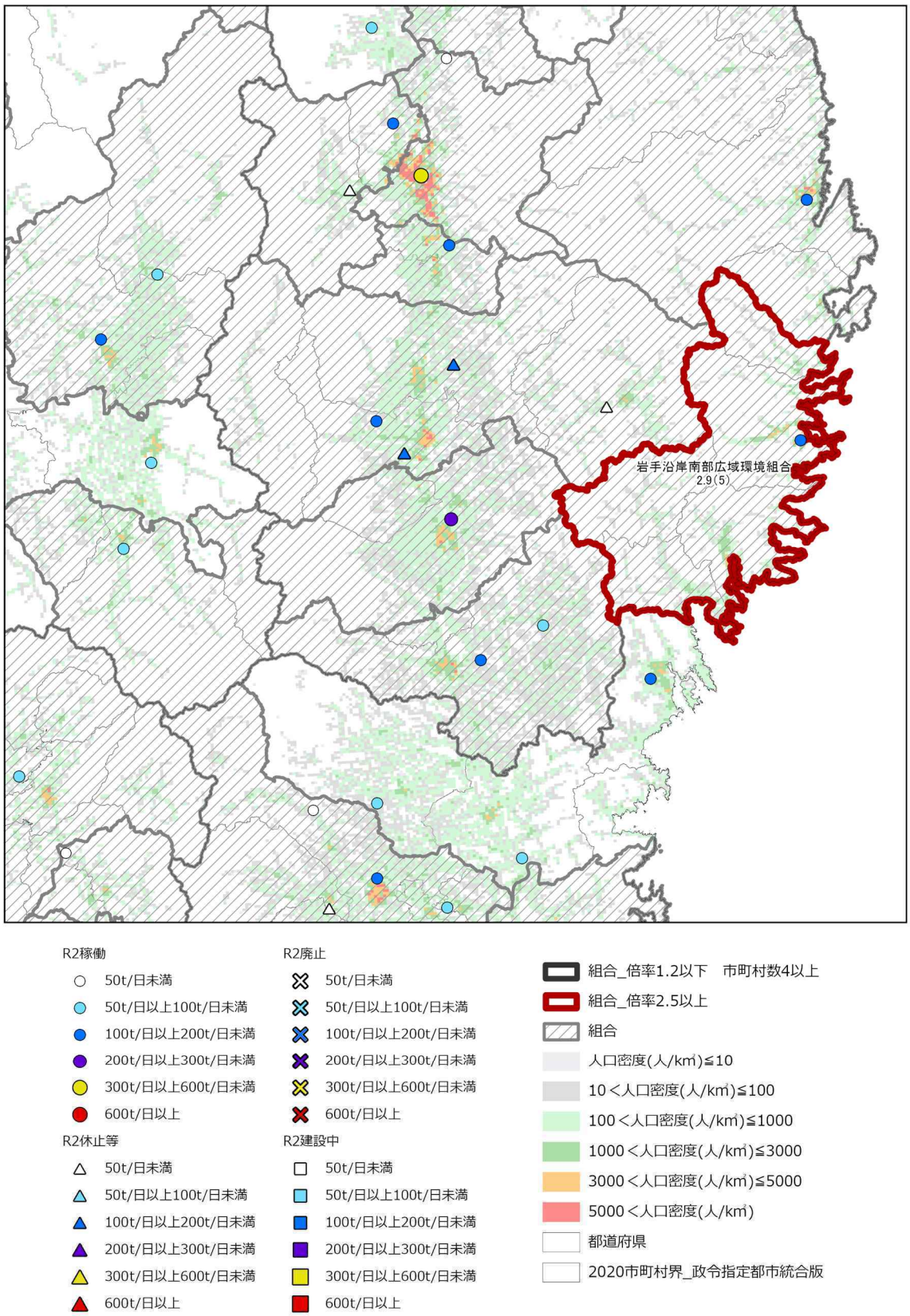


図 3-76　一部事務組合・広域連合の状況（２）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

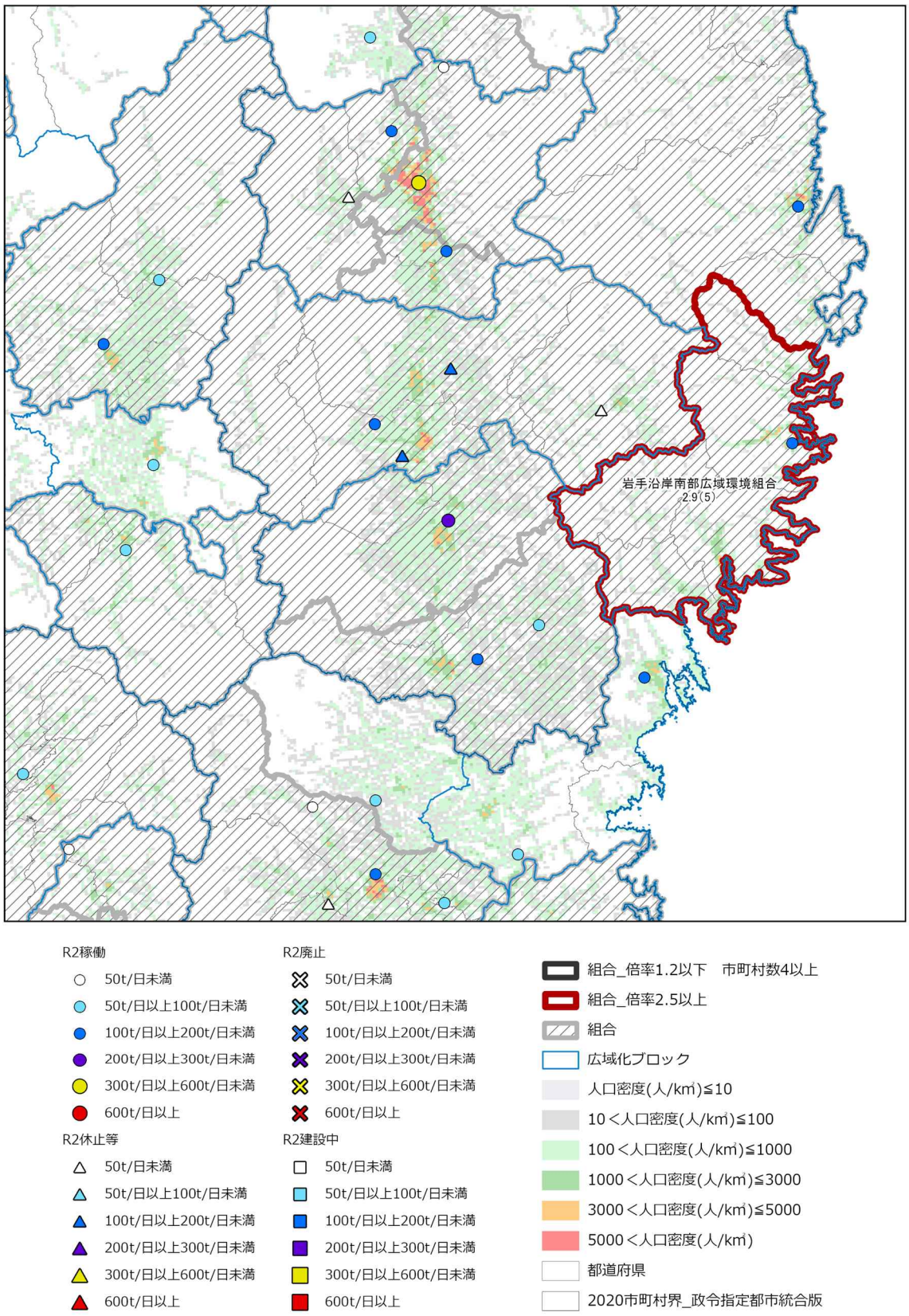


図 3-77　一部事務組合・広域連合の状況（２：広域化ブロックも含めた場合）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報を、広域化ブロックは国立環境研究所データ（詳細な出典は本文参照）をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

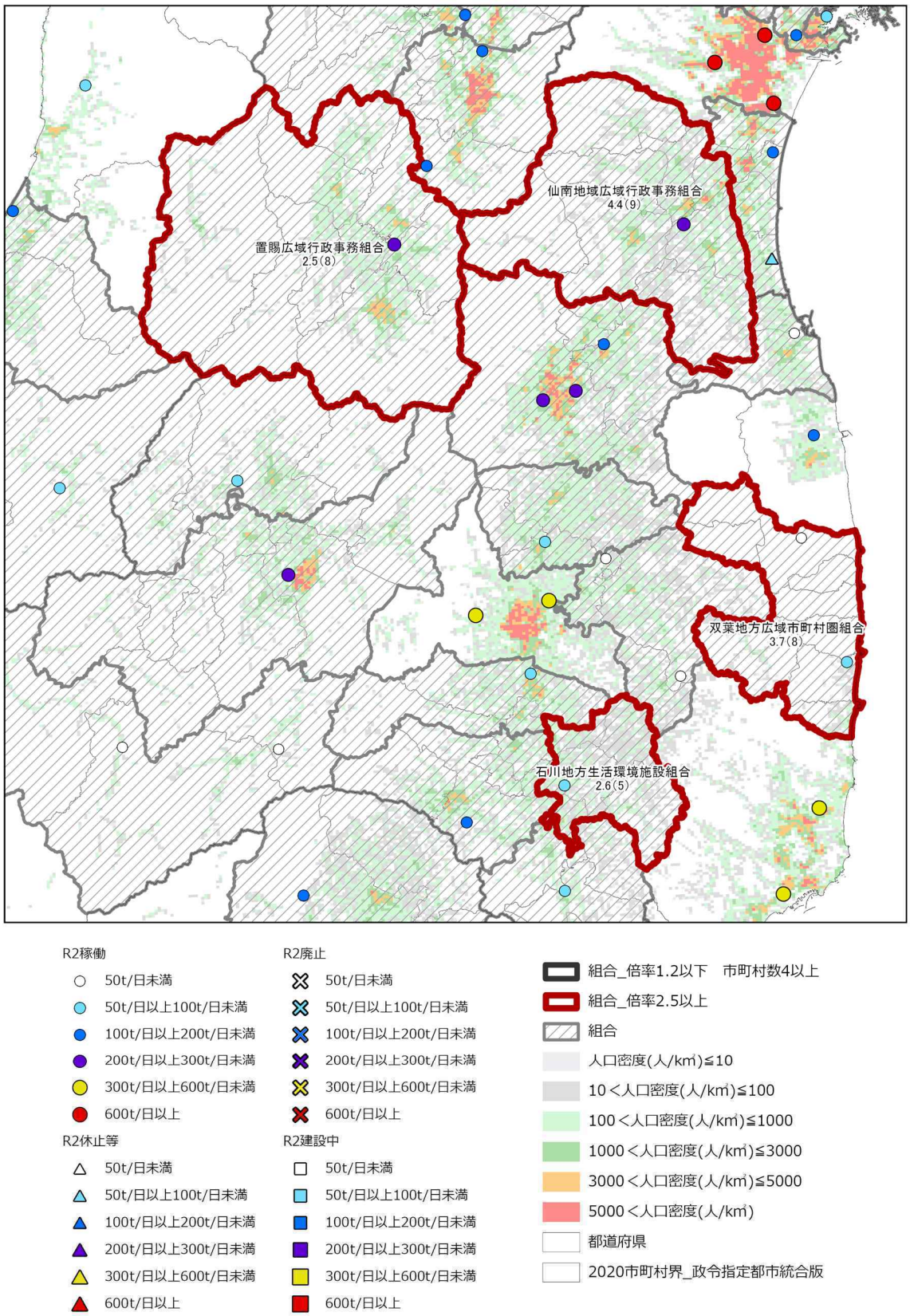


図 3-78　一部事務組合・広域連合の状況（３）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

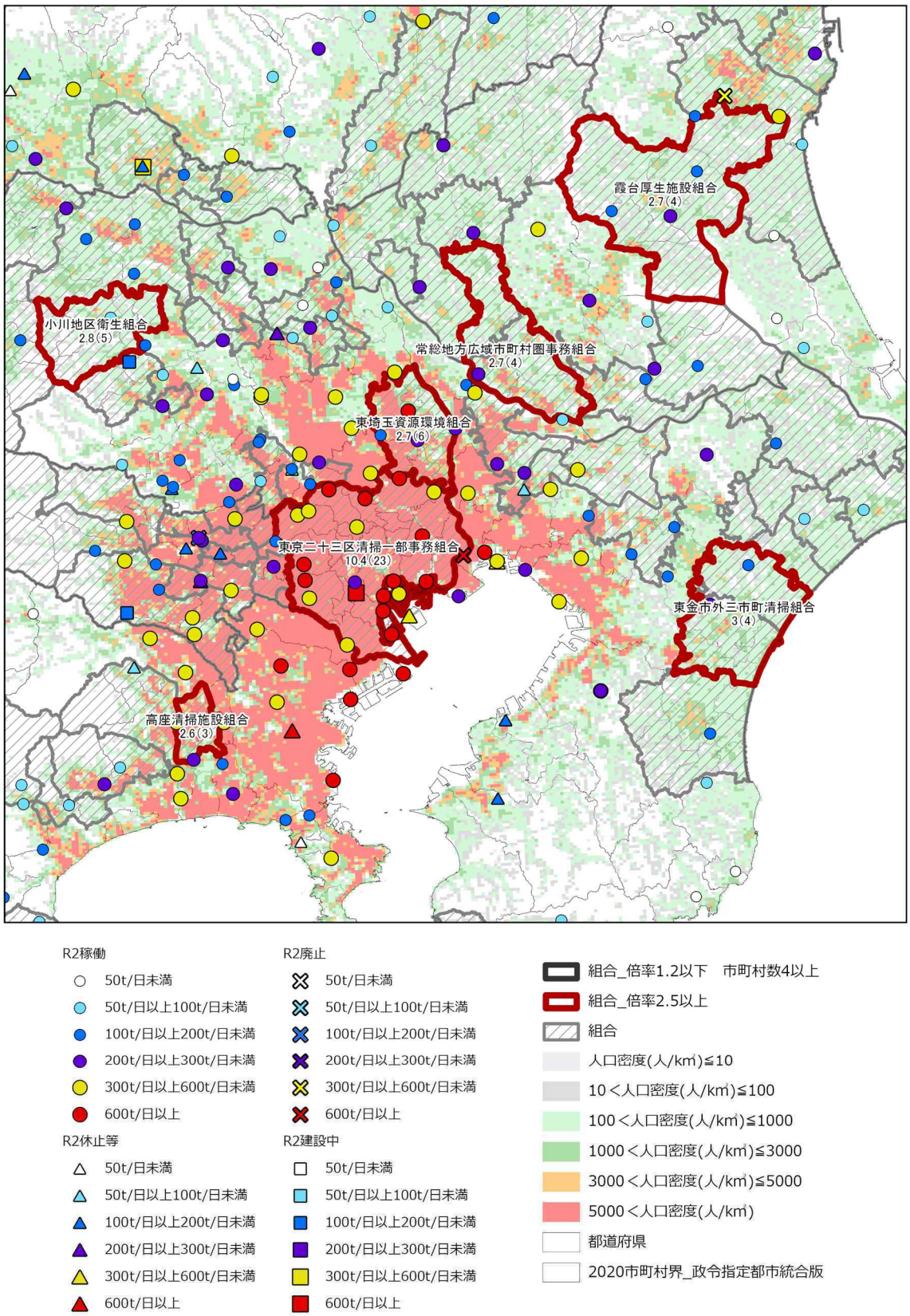


図 3-79　一部事務組合・広域連合の状況（４）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

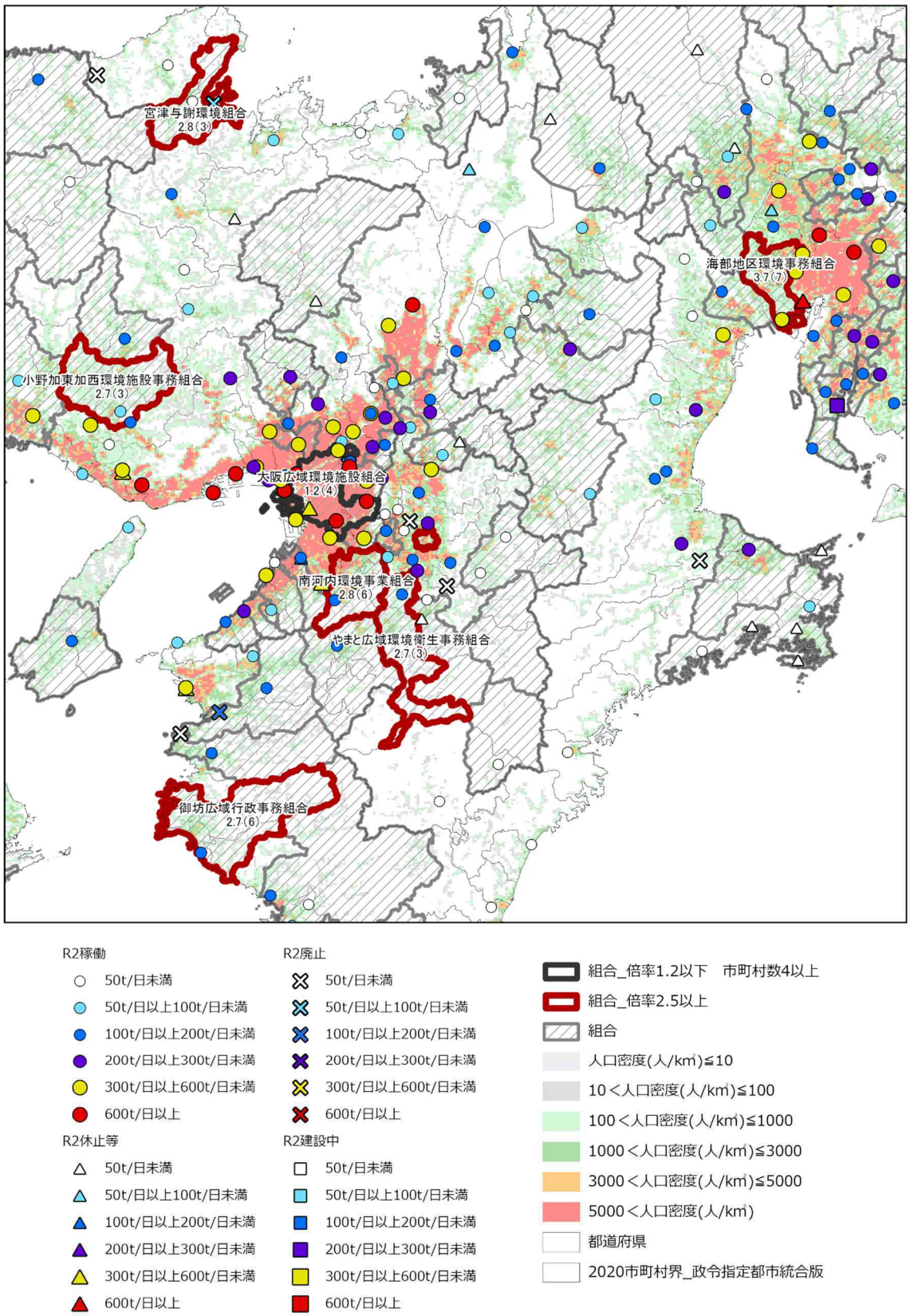


図 3-80　一部事務組合・広域連合の状況（５）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

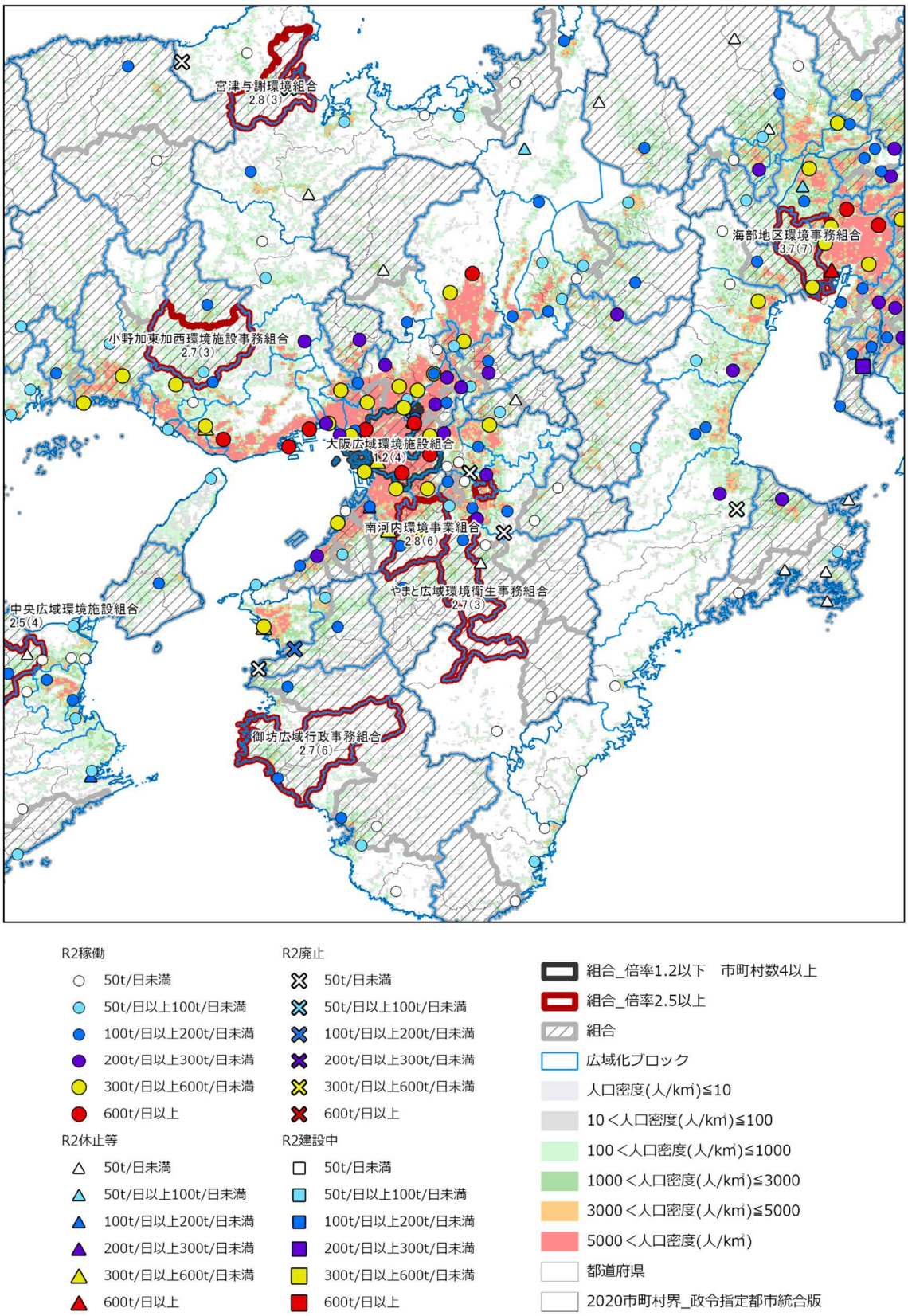


図 3-81　一部事務組合・広域連合の状況（５：広域化ブロックも含めた場合）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報を、広域化ブロックは国立環境研究所データ（詳細な出典は本文参照）をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

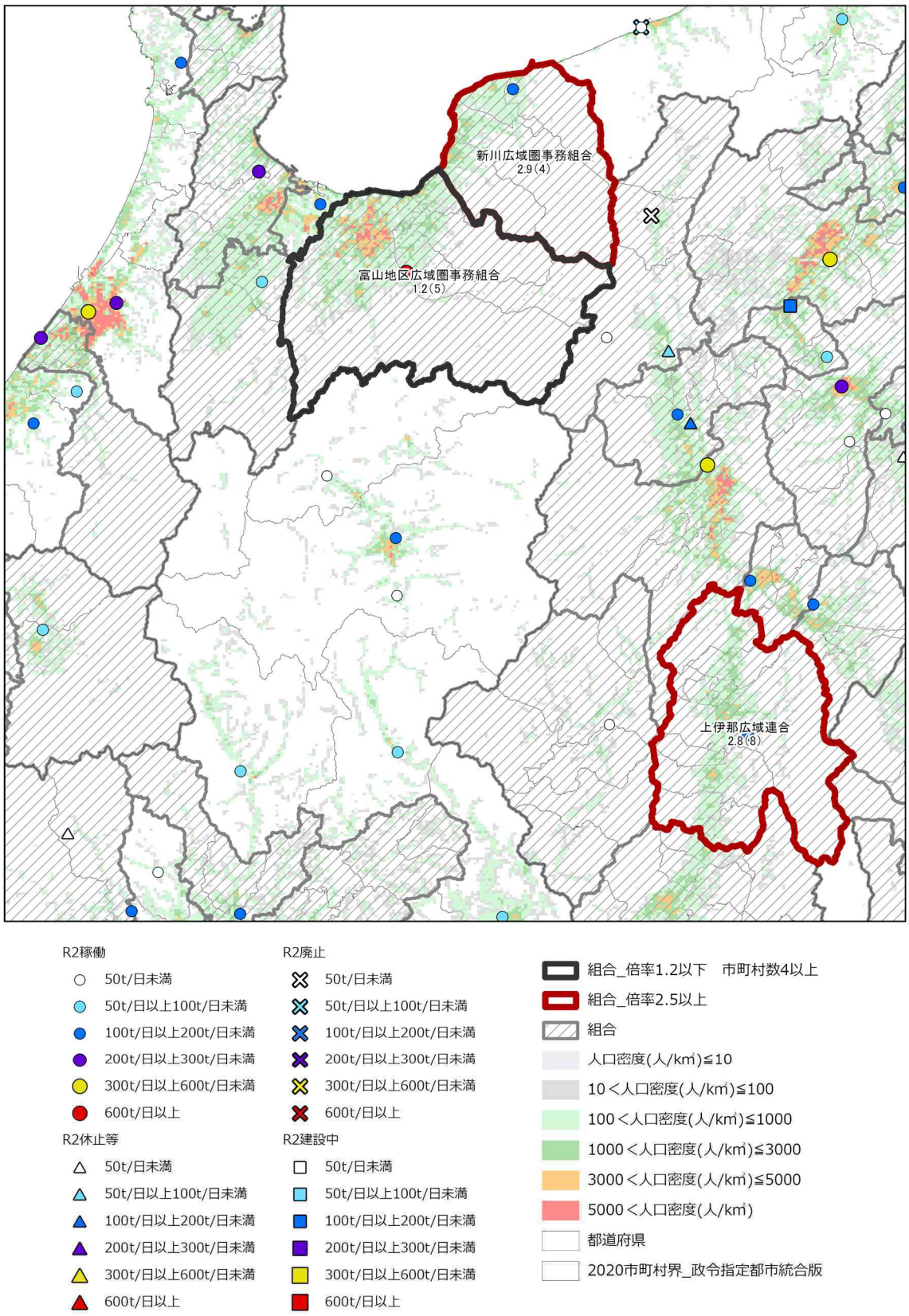


図 3-82　一部事務組合・広域連合の状況（６）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

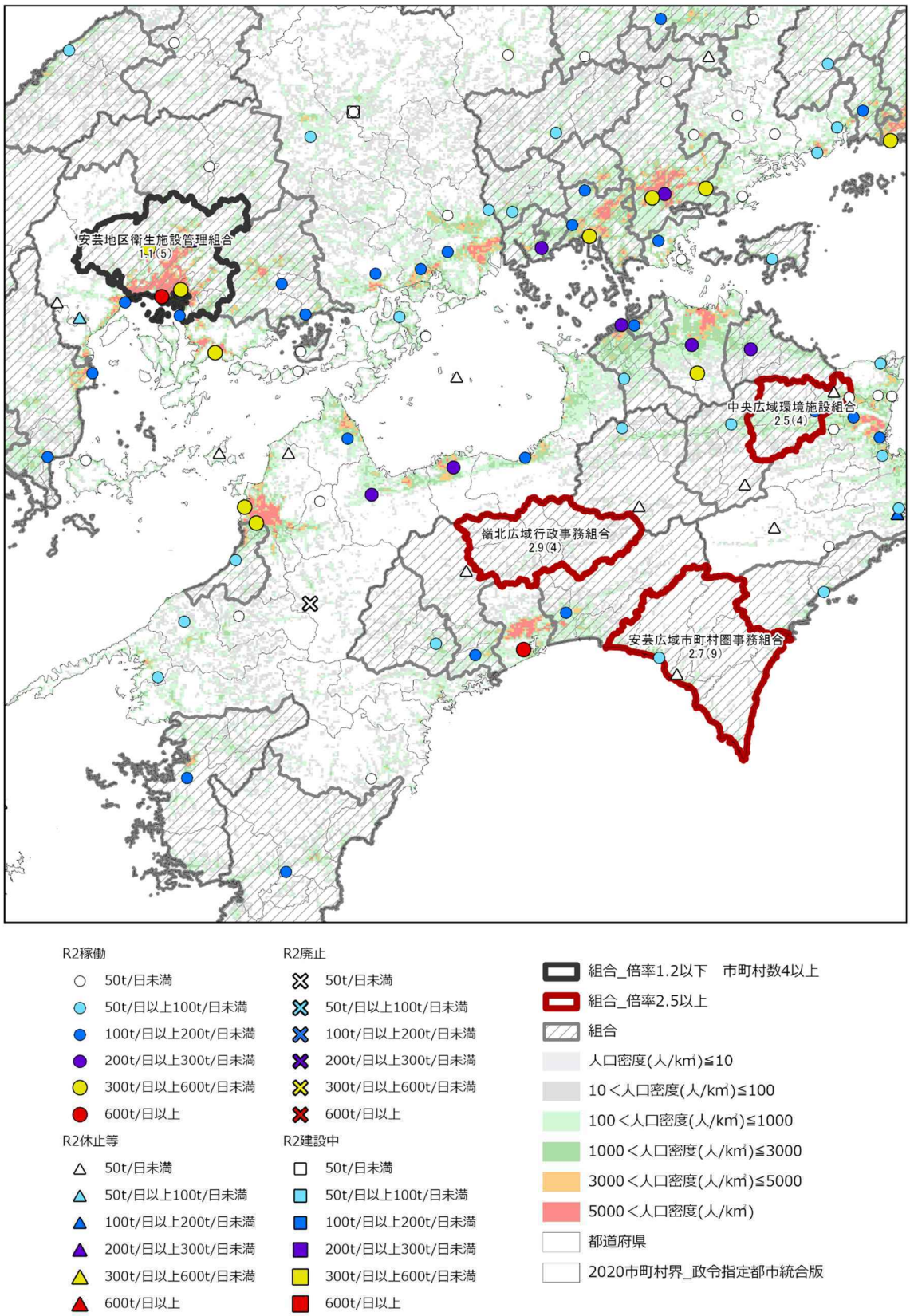


図 3-83　一部事務組合・広域連合の状況（７）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

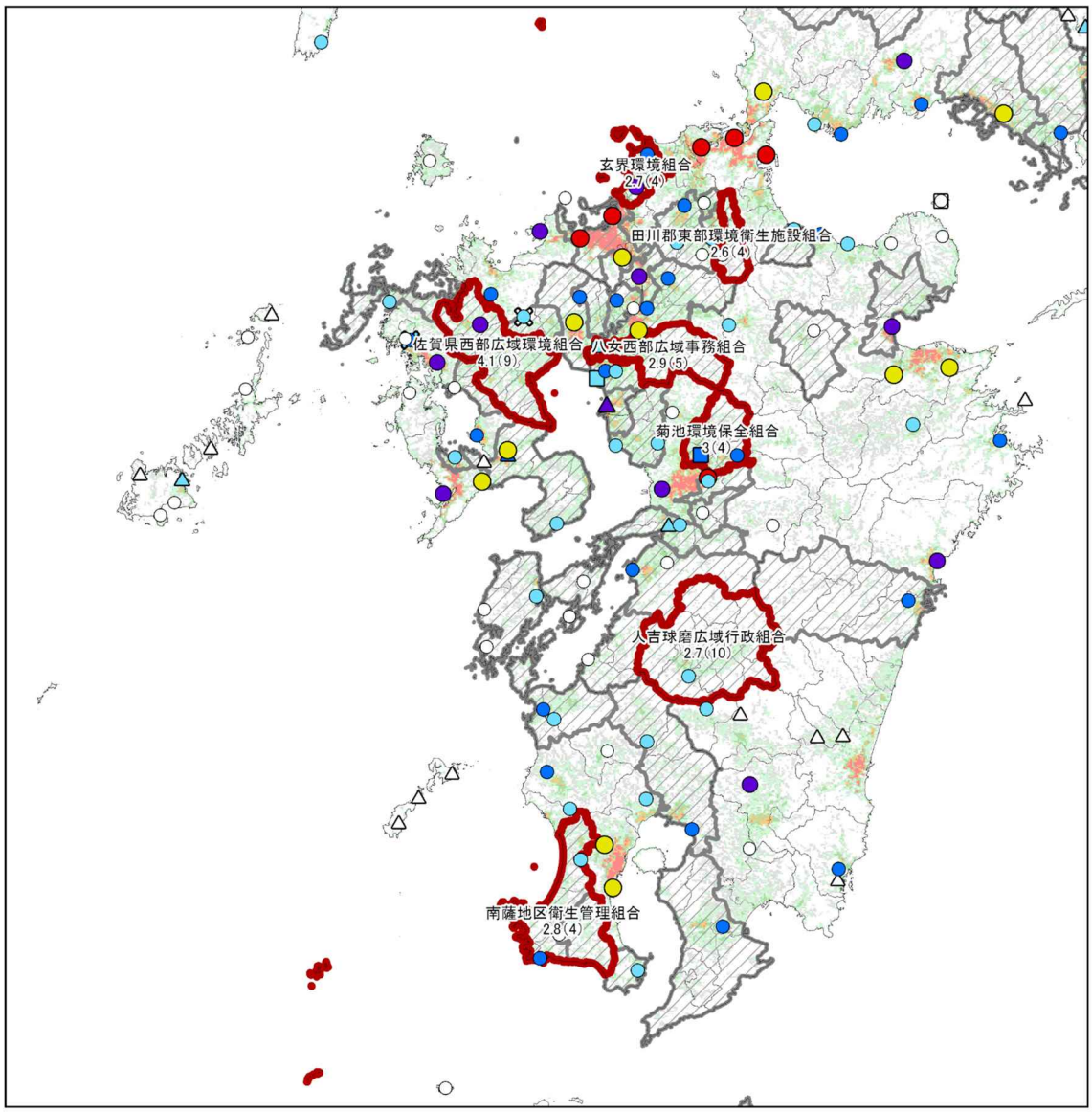


図 3-84　一部事務組合・広域連合の状況（８）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

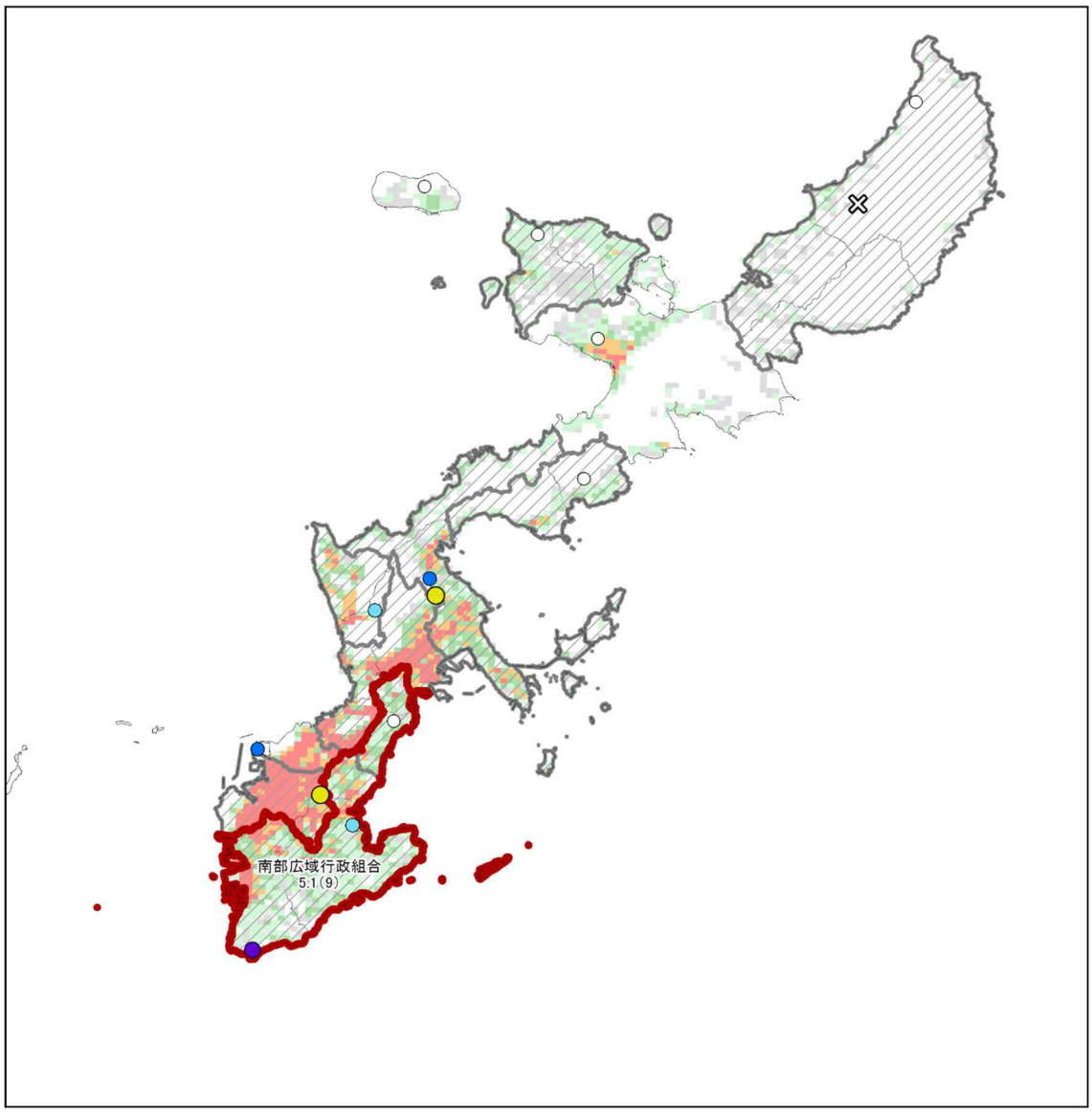


図 3-85　一部事務組合・広域連合の状況（９）

出典：ごみ焼却施設及び一部事務組合・広域連合は一般廃棄物処理実態調査を、人口（国土交通省国土政策局 メッシュ別人口 2015 年）及び行政界は国土数値情報をそれぞれ用いてパシフィックコンサルタンツ株式会社が作成した。

第4章　静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会の開催等

令和 5 年 6 月 5 日に開催された中央環境審議会循環型社会部会において設置が決定された静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会（以下、「小委員会」という。）の開催に資する資料作成及び対面とウェブを併用する会議の開催（Youtube 公開を含む）に必要な準備を実施し、小委員会各回での委員の意見を整理した。

小委員会では、第 6 回（令和 6 年 1 月 22 日）においてパブリックコメントを経た「脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について（案）」が審議され、2 月 16 日に中央環境審議会会長から環境大臣に意見具申がなされた。意見具申の中では、「基本的考え方」と「今後の方向性」を踏まえ、目指すべき脱炭素型資源循環システムのイメージが図 4-1 のとおり示されている。

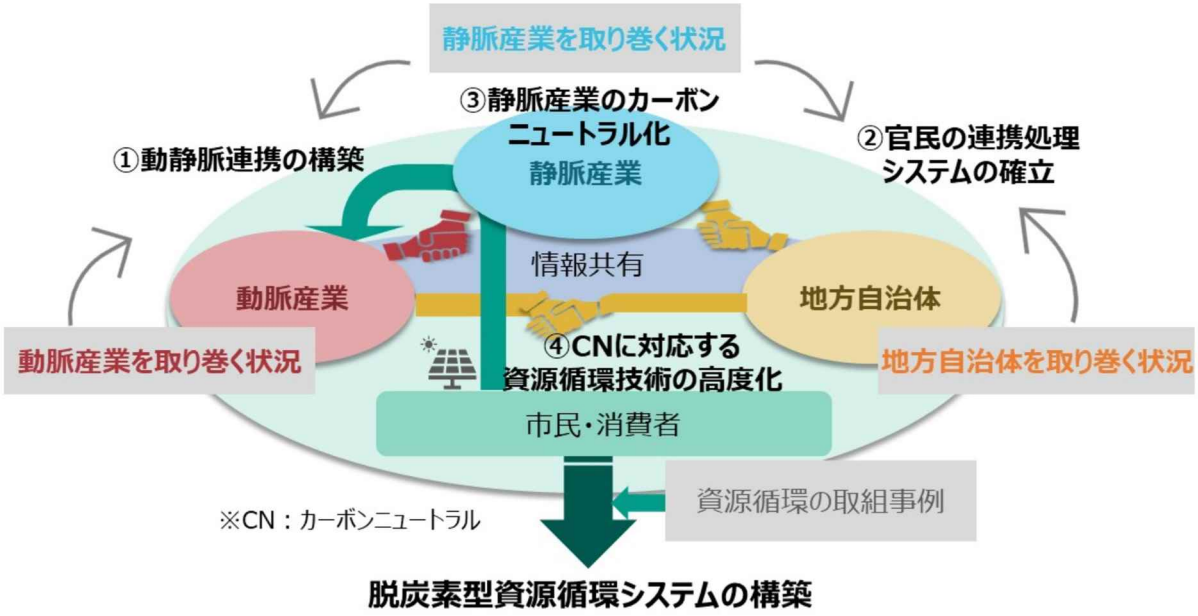


図 4-1　目指すべき脱炭素型資源循環システムのイメージ

出典：中央環境審議会意見具申「脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について」（令和 6 年 2 月）

意見具申では、この脱炭素型資源循環システムのイメージも念頭に置きつつ、現時点での国内における取組を踏まえて、適正処理を確保した上で、国が特に推進すべきものとして、四つの類型が例示されている。

そして、それぞれの分野に応じたプレイヤーの取組に対して国が認定等を行うことにより、廃棄物処理法に基づく各種手続きの迅速化や、GX の実現に向けた設備導入支援等の各種投資支援策を通じて、脱炭素型の資源循環システムの高度化を進めるべきであり、さらに、こうした高度化の担い手として、静脈産業全体の底上げを進めるべきとされている。

小委員会の開催概要を 4.1、資料作成時に実施した EU 及び米国における循環経済及び重要原材料に関する取組の調査結果を 4.2 に記す。

4.1　静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会の開催概要

小委員会の開催概要を表 4-1 に示す。

表 4-1　静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会の開催概要

小委員会	議題
第1回小委員会 令和5年7月28日（金） 15:00～17:00 ウェブ会議	（1）脱炭素に向けた資源循環をとりまく状況 （2）その他
第2回小委員会 令和5年9月27日（水） 10:00～12:00 TKP新橋、ウェブ会議	（1）脱炭素型資源循環システムの構築に向けて推進すべき政策 （2）その他
第3回小委員会 令和5年10月26日（木） 14:00～16:00 TKP新橋、ウェブ会議	（1）情報を通じた主体間の連携 等 （2）その他
第4回小委員会 令和5年11月22日（水） 10:00～12:00 TKP新橋、ウェブ会議	（1）脱炭素型資源循環システム構築に向けた論点整理 （2）その他
第5回小委員会 令和5年12月13日（水） 10:30～12:30 TKP新橋、ウェブ会議	（1）脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について（案） （2）本委員会の今後の進め方及び今後の議論に向けた検討 （3）その他
第6回小委員会 令和6年1月22日（月） 14:00～15:00 ウェブ会議	（1）脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について（案） （2）その他

4.2　欧州連合、米国における循環経済及び重要原材料に関する取組

4.2.1　欧州連合（EU）

(1)　循環経済及び重要原材料に関する取組の概要

欧州連合の優先課題に取り組むために欧州委員会により欧州グリーンディール（2019 年）が策定され、その実現に向けて欧州新産業戦略や新循環経済行動計画等が策定され、具体の規則等が発効・提案されている。また、経済的に重要かつ供給リスクの高い原材料を重要原材料（critical raw materials）に位置づけ、戦略的に自立性を高めていくための計画・規則案等が策定されている。

欧州グリーンディール[37]では、EU として「気候中立」を 2050 年までに達成するという目標が掲げられ、2030 年に向けた EU 気候目標の引き上げやそれに伴う関連規制の見直しなどの行動計画が取りまとめられている。その対象は広く、エネルギー政策、循環経済への転

[37] 欧州理事会によって示された、2019～2024 年に EU 諸機関が行う業務の優先分野に基づき、欧州委員会が掲げた 6 の政策的優先事項の一つで、「EU を近代的で資源効率に優れた競争力のある経済に転換させると同時に、欧州の自然環境を保護し、気候変動に取り組み、2050 年までに欧州をカーボンニュートラルで資源効率の高い国にする。」とされている。（出典：欧州連合「European Union Priorities 2019-2024」<https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/eu-priorities/european-union-priorities-2019-2024_en>（最終アクセス 2024 年 2 月 19 日））

換を目指す産業政策、エネルギー・資源効率的な建設・リノベーション、有害物質対策、生態系・生物多様性の保全・保護、公正で健康的な環境に優しい食料システム、持続可能でスマートなモビリティへの移行加速といった分野に及ぶ。欧州新産業戦略（2020 年、2021 年更新）は、欧州産業の競争力の維持、欧州グリーンディールが掲げる 2050 年気候中立の実現、デジタル化への対応を柱とし、産業のグリーンとデジタルへの移行の両立を目指すものである。新循環型経済行動計画（2020 年）は、環境に優しい未来にふさわしい経済の実現、競争力と環境保護の両立、消費者の権利強化を目指すもので、循環型経済行動指針（2015 年）の成果を踏まえて設計と生産に焦点を当てている[38]。

これらの戦略・計画が循環経済と関連する具体の規則の例として、持続可能な製品のためのエコデザイン規則案（2022 年）、電池規則（2023 年）、使用済自動車規則案（2023 年）がある。持続可能な製品のためのエコデザイン規則案は、製品がどのように作られるべきかという要件や、製品の環境的持続可能性に関する情報を提供するための要件等を設定する枠組みである[39]。電池規則は、電池のライフサイクル全体の包括的な規則であり、カーボンフットプリントの申告義務や上限値、廃棄物から回収される物質（コバルト、リチウム、ニッケル、鉛）の最小値等について記載されている[40]。使用済自動車規則案は自動車のライフサイクル全体の包括的な規則案であり、新車に使用されるプラスチック材のリサイクル率を最低 25%（消費後廃棄物からの再生率、重量ベース）とし、そのうち 25%は使用済自動車から再生されたプラスチックであることとしている。鋼やアルミ、マグネシウム等に関しても同様にリサイクル率の最小値を提示していくとしている[41]。

重要原材料に関する行動計画（2020 年、政策文書）では、EU の重要原材料一覧、重要原材料の供給に関する課題、EU のレジリエンスと自律性を高めるための取組が示されている[42]。重要原材料規則案（2023 年）では、特定の原材料の供給能力に関する目標を設定し、特定原材料に関するプロジェクト支援、EU 域内の探鉱プロジェクトの設定、重要原材料のサプライチェーンのモニタリング、リサイクルの義務、環境フットプリントの公表等を規定している[43]。

(2) 財政的な支援制度

EU では、国家補助が域内市場における競争を阻害し、あるいは阻害するおそれがあり、加盟国間の貿易に影響を及ぼすことを防止するため、欧州連合機能条約（107 条第 1 項）において国家補助が禁止されている。しかし、一定の条件を満たす場合に国家補助を認めている（同 107 条第 2 項、第 3 項）[44]。このことを適用し、資源効率化やネットゼロ経済移行の

---

[38] 日本貿易振興機構（ジェトロ）欧州ロシア CIS 課ブリュッセル事務所「欧州グリーン・ディールの概要と循環型プラスチック戦略にかかわる EU および加盟国のルール形成と企業の取り組み動向」（2020 年 3 月）

[39] COM(2022) 142 final 2022/0095(COD)

[40] Regulation (EU) 2023/1542

[41] COM(2023) 451 final

[42] COM(2020) 474 final (Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability)

[43] COM(2023) 160 final

[44] 欧州連合「Consolidated version of the Treaty on the Functioning of the European Union - PART THREE: UNION POLICIES AND INTERNAL ACTIONS - TITLE VII: COMMON RULES ON COMPETITION, TAXATION AND APPROXIMATION OF LAWS - Chapter 1: Rules on competition - Section 2: Aids granted by States - Article 107 (ex Article 87 TEC)」<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:12008E107&from=EN>（最終アクセス 2024 年 2 月 19 日）

ための産業支援に関し、加盟国による補助の対象・割合・上限等をガイドライン等で示している。

気候・環境保護・エネルギーに関する国家補助ガイドライン（2022 年）[45]は、EU 加盟国が欧州グリーンディールの目標達成に必要な支援をコスト効率的に取り組むことができるよう、支援対象分野や支援方法等を示している。支援対象分野[46]の一つに資源効率があり、資源効率化と循環経済への移行を促すために支援することが考えられる投資活動を以下としている。

- 資源効率の改善を目的とした投資のうち以下のいずれか
  - 同量の生産に必要となる資源消費量が減少する取組
  - 一次原材料から二次原材料・回収された一次原材料への変更
  - 化石由来原材料から生物由来原材料への変更
- 受益者によって発生する廃棄物の削減・防止や、リユースの準備、マテリアルリカバリ、汚染除去、リサイクルのための投資
- 第三者から排出されそのままであれば廃棄される、あるいは優先順位の低い方法や資源効率性の低い方法で回収されるもののリユースの準備、マテリアルリカバリ、汚染除去、リサイクルのための投資
- 受益者あるいは第三者から排出されるもので必ずしも廃棄物に該当しないが、未使用、廃棄、あるいは資源効率性の低い方法で回収されるもののリユースの準備、マテリアルリカバリ、汚染除去、リサイクルのための投資
- 再利用あるいは再生利用を目的とした分別収集・選別

補助の上限は基本的に 40%としている（事業内容や実施場所等により上限は変動する）。また、一定の条件下では、既存の施設・設備への追加投資、運用費への補助も可能としている。

暫定危機・移行枠組（2022 年採択、2023 年改正）[47]は、ロシアによるウクライナ侵攻とその後のエネルギー危機に対応するため、国家補助規則を一時的に緩和し EU 加盟国によるネットゼロ産業等への補助金の提供を認めるものである。ネットゼロ経済移行のための戦略的セクターの投資を加速するための支援として、以下を挙げている。

- 電池、太陽光パネル、風力タービン、ヒートポンプ、電解槽、CCUS 用機器の生産
- 上記の主要部品の生産
- 上記 2 点の生産に必要となる重要原材料の生産又は回収

これらの支援は、2025 年末までに、加盟国による直接補助、税制上の優遇措置、新規融資の金利補助や保証等によって行われるとしている。補助の上限は基本的に 15%かつ 1.5 億ユーロ以下とされている（地域、企業規模、支援形態により上限は変動する）。

個別の規則案でも財政的支援について記載されている。例えばネットゼロ産業規則案

[45] 2022/C 80/01（主に「4.4 Aid for resource efficiency and for supporting the transition towards a circular economy」より記載している。）

[46] 対象分野には、再生可能エネルギー・省エネ、建築物のエネルギー性能、モビリティ、汚染、環境回復・生物多様性、電力供給、エネルギーインフラ等も含まれる。

[47] 2023/C 101/03（主に「2.8 Aid for accelerated investments in sectors strategic for the transition towards a net-zero economy」より記載している。）

（2023 年）[48]では、戦略的ネットゼロ技術[49]を使用した生産活動で EU 内に拠点があり、特定の要件（必須ではないが、低炭素で循環的な生産方法を採用していることも要件の一つ）を満たす事業に対し、資金調達に関する協議・助言（民間資金、欧州投資銀行グループ等の国際金融機関の支援、加盟国の金融機関等の制度、EU の資金・融資プログラム）等を行うとしている。また、各加盟国で単一窓口での行政手続き対応や、事業の計画、生産拠点の建設・拡張・操業等に関する許認可プロセスを規模・種類に応じて 9～18 か月以内とするというような制度的支援についても記載されている。重要原材料規則案（2023 年）[50]では、戦略的原材料[51]の安定供給に実質的に貢献すると認定される事業に対して、ネットゼロ産業規則案と類似の財政的・制度的支援が記載されている。

4.2.2 米国

(1) 循環経済及び重要材料･鉱物に関する取組の概要

米国は国家リサイクル戦略（2021 年）をサーキュラーエコノミー戦略の第一弾に位置づけ、インフラ投資・雇用法（2021 年）に基づく資金共有を行いながら循環経済の取組を進めている。その後、プラスチック汚染防止のための国家戦略案（2023 年）、食品ロス・廃棄物の削減と有機性廃棄物のリサイクルのための国家戦略案（2023 年）が公表された。重要材料・鉱物の国内生産・調達はインフレ抑制法（2022 年）でも促進されている（詳細は(2)参照）。

国家リサイクル戦略[52]は、リサイクル及び廃棄物処理システムの近代化を図るため政府、産業等の取組を示したものである。国内のリサイクル関連インフラの地図整備、リサイクル関連インフラ整備に関する資金ニーズの評価、国や国際的な循環経済政策に関する調査、コミュニティのリサイクルプログラムへの助成、地方政府向けリサイクル施策ガイドの開発等の取組が示されている。プラスチック汚染防止のための国家戦略案（2023 年）[53]もサーキュラーエコノミー戦略の一環として、生産段階時からの廃プラスチック発生量の減少に向けた取組、消費後の廃プラスチックの循環性の向上、プラスチックごみ及びマイクロ・ナノプラスチックの水環境への流失防止や環境へ流失したものの除去を目的として取組を示している。

(2) 財政的な支援制度

インフラ投資・雇用法（2021 年）は、サーキュラーエコノミー戦略の実現、Save our Seas 2.0 法[54]に基づくリサイクル関連インフラ助成への資金的支援を行っている。また、リ

---

48 COM(2023) 161 final

49 太陽光発電及び太陽熱利用技術、陸上風力・洋上再生可能エネルギー技術、電池・蓄電技術、ヒートポンプ・地熱発電、電解槽・燃料電池、持続可能なバイオガス・バイオメタン技術、CCS 技術、グリッド技術（Annex より）

50 COM(2023) 160 final

51 ビスマス、ホウ素（冶金グレード）、コバルト、銅、ガリウム、ゲルマニウム、リチウム（バッテリーグレード）、マグネシウム金属、マンガン※、天然グラファイト※ 、ニッケル※ 、白金族、磁石用レアアース、シリコン金属、チタン金属、タングステン（※はバッテリーグレード）（Annex より）

52 環境保護庁（EPA）「National Recycling Strategy」（2021 年）

53 環境保護庁（Office of Resource Conservation and Recovery）「Draft National Strategy to Prevent Plastic Pollution」（2023 年 4 月）（2023 年 5～7 月にパブリックコメント実施）

54 Save our Seas 2.0 法（2020 年）は、海洋ごみ抑制・回収法（2018 年）を一部改正し、廃プラスチック問題に対処しリサイクルへの投資を支援するため制定された。インフラ投資・雇用法により資金供給されるリサイクル関連インフラの助成を環境保護庁（EPA）が運営している。

サイクルの普及啓発・アウトリーチ、電池や重要鉱物の循環性及び安全管理に関するベストプラクティス、電池生産者・消費者向けの電池のリサイクルのしやすさに関するラベル表示ガイドの予算源にもなっている。重要鉱物の国内生産・調達はインフレ抑制法（2022 年）において促進されている。

インフラ投資・雇用法は、インフラ、競争力向上、コミュニティの分野に大規模な投資を行うことにより、交通インフラ、水道、インターネットへのアクセス向上、気候危機や環境正義（environmental justice）に取り組むものである。資源循環及び重要材料（critical materials）・鉱物（minerals）[55]に関する支援プログラムの例を表 4-2 に示す。

表 4-2　米国インフラ投資・雇用法における資源循環、重要材料・鉱物に関する支援の例

分野※1	プログラム名	支援内容	支援対象	担当	金額※2
電気自動車・バス・フェリー	Electric Drive Vehicle Battery Recycling And 2nd Life Apps	電気自動車用電池のリサイクルとセカンドライフ・アプリケーションの研究、開発、実証（共同契約）	高等教育機関、国立研究所、民間団体、州・地方自治体　等	エネルギー省	200
クリーンエネルギー・電力	Battery Manufacturing and Recycling Grants	北米における電池サプライチェーンに資する米国内の製造・リサイクル能力確保（補助金）	同上	エネルギー省	3,000
	Advanced Energy Manufacturing and Recycling Grants	炭鉱や石炭発電所が閉鎖された地域における中小規模製造業者を対象とした、先進エネルギー製品の生産・リサイクルのための施設新設又は改修（補助金）	製造事業者（売上、従業員、年間エネルギー使用料の上限有）	エネルギー省	750
	Critical Material Innovation, Efficiency, And Alternatives	重要材料の代替品開発、その効率的な生産・使用の促進、長期的に安全で持続可能な供給確保を目的とした研究、開発、実証、商業化プログラム（補助金）	業界パートナー	エネルギー省	600
	Battery and Critical Mineral Recycling	電池の再利用とリサイクル拡大を目的とした革新的で実用的なアプローチを生み出すための研究、開発、実証プロジェクト（補助金）	高等教育機関、研究所、非営利団体、工業、製造業、電池回収事業者　等	エネルギー省	125
	Critical Material Supply Chain Research Facility	重要材料のサプライチェーンのための研究施設の建設（契約）	業界パートナー	エネルギー省	75
	Wind Energy Tech Recycling Research & Development	風力エネルギー技術の再利用とリサイクルを促進する革新的で実用的なアプローチを生み出すための研究、開発、実証、商業化プロジェクト（共同契約）	高等教育機関、研究所、産業団体　等	エネルギー省	40

[55] エネルギー省が指定する重要材料・鉱物（2023 年）:「Notice of Final Determination on 2023 DOE Critical Materials List」（連邦公報）<https://www.federalregister.gov/documents/2023/08/04/2023-16611/notice-of-final-determination-on-2023-doe-critical-materials-list>（最終アクセス 2024 年 2 月 19 日）

分野※1	プログラム名	支援内容	支援対象	担当	金額※2
	Solar Recycling Research & Development	太陽エネルギー技術の再利用とリサイクルを促進する革新的かつ実用的なアプローチを生み出すための研究、開発、実証、商業化プロジェクト（国立研究所における共同契約及び管理運営契約）	同上	エネルギー省	20
	Lithium-Ion Recycling Prize	リチウムイオン電池リサイクルへの賞金、電池生産者の要件に関するタスクフォース開催（賞金）	―	エネルギー省	10
廃棄物管理、リサイクル	Solid Waste Infrastructure for Recycling Infrastructure Grants	消費後廃棄物の処理とインフラの改善のための戦略実施への補助金提供。地域における消費後廃棄物の処理とリサイクルプログラムの改善支援、地域の廃棄物管理当局による廃棄物管理システム改善支援。（共同契約、補助金）	州、部族　等	環境保護庁	275
	Reduce, Reuse, Recycling Education and Outreach Grants	発生抑制、再使用、リサイクルの正しい方法に関する一般市民への教育とアウトリーチ（共同契約、補助金）	州、地方自治体、部族政府、非営利団体、官民パートナーシップ等	環境保護庁	75

※1：出典資料に基づく
※2：単位は百万米ドル
出典：ホワイトハウス「A Gudidebook to the Bipartisan Infrastructure Law for State, Local, Tribal, and Territorial Governments, and Other Partners」（2022 年 5 月）より作成

インフレ抑制法は、クリーンエネルギー技術の導入促進、大気汚染対策、家屋や建築物の省エネ、気候変動影響への対応、エネルギーインフラの許可制度の効率化等に取り組むものである。電気自動車税額控除（clean vehicle credit）において重要鉱物[56]の国内調達の要求や、重要鉱物の国内生産に対して特典的な控除（advanced manufacturing production credit）を提供している[57]。資源循環及び重要鉱物に関する支援の例を表 4-3 に示す。

[56] 内務省より公表されている（エネルギー省が指定している重要鉱物と同様）。
[57] ホワイトハウス「Building a Clean Energy Economy: A Guidebook to the Inflation Reduction Act's Investments in Clean Energy ad Climate Action」（2023 年 1 月、Version 2）

表 4-3　米国インフレ抑制法における重要鉱物に関する支援の例

分野※	プログラム名	支援内容	支援対象	担当	金額
クリーンエネルギー経済構築のための製造業の活性化	Advanced Manufacturing Production Credit	太陽エネルギー及び風力エネルギー用部品、インバーター、バッテリー部品、重要鉱物の国内製造（生産税額控除）	国内製造業	財務省	―
クリーン自動車の普及促進	Clean Vehicle Credit	米国又は米国と自由貿易協定を結んでいる国で採掘、加工された重要鉱物の割合が基準値以上である自動車、あるいは北米でリサイクルされている自動車（税額控除）	消費者（所得制限有）	財務省	―

※：出典資料に基づく

出典：ホワイトハウス「A Gudidebook to the Inflation Reduction Act's Investments in Clean Energy and Climate Action」（2023 年 1 月、Version 2）より作成

第5章　廃棄物・資源循環分野における2050カーボンニュートラル実行計画骨子案の改訂

5.1　改訂の概要

1 章から 3 章で実施した検討、評価・検証及び静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会での議論を踏まえ、「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）」（以下、「中長期シナリオ（案）」という。）を具体的に実行するための関連動向や取組を整理し、令和 4 年度業務で作成された「廃棄物・資源循環分野における 2050 カーボンニュートラル実行計画骨子案」（以下、「CN 実行計画骨子案」という。）を改訂した。CN 実行計画骨子案の改訂の概要を表 5-1 に示す。

表 5-1　CN 実行計画骨子案の改訂の概要

章	令和4年度骨子案の内容	改訂内容
1. 計画の目的・位置づけ	・計画策定の目的・位置づけ（循環経済工程表）	―
2. 中長期シナリオ（案）の概要	・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 ・重点対策領域 ・2050年CNに向けた廃棄物・資源循環分野の基本的考え方 ・2050年に実質ゼロ化する廃棄物・資源循環分野のGHG排出と将来シナリオにおける見通し	―
3. 3R +Renewableを基盤とした資源生産性向上による脱炭素化の可能性	・循環経済アプローチによる社会全体での温室効果ガス削減ポテンシャルの分析事例 ・関連分野における脱炭素実現と廃棄物・資源循環分野の脱炭素化との関係性	―
4. 重点対策領域Ⅰ現状と求められる取組	素材（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）ごとに以下について記載 ・中長期シナリオ（案）での想定、現状と課題、具体的な取組	・1章の検討結果及び2.2.1の検証・評価結果より、廃プラスチック、廃液に関する現状と課題、具体的な取組を追記
5. 重点対策領域Ⅱ現状と求められる取組	有機性廃棄物対策、廃棄物エネルギー利活用高度化とCCUSについて以下を記載 ・中長期シナリオ（案）での想定、現状と課題、具体的な取組	・2.2.2の検証・評価結果より、CCUS、バイオメタネーション、カーボンリサイクル技術の現状と課題を追記 ・2.3.2の検討結果より、メタン発酵施設の現状と課題、整備・普及のための推進方策を追記
6. 重点対策領域Ⅲ現状と求められる取組	一般廃棄物処理施設・車両等（焼却施設、し尿処理施設、その他の施設・車両）、及び産業廃棄物処理施設・車両等について以下を記載 ・中長期シナリオ（案）での想定、現状と課題、具体的な取組	・2.3.1及び3.2の調査・検討結果より、焼却施設の広域化・集約化の現状と課題、推進方策を追記

章	令和4年度骨子案の内容	改訂内容
7. 横断的な取組	・4～6章では記載しきれない、あるいは共通して実施することが望ましい取組（技術面、費用面、制度面、人材面）について記載	・静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会における議論より追記（5.2参照）
8. 中長期シナリオ（案）のアップデートと本計画の進捗管理	・関係者との連携方策、中長期シナリオ（案）の見直し方針、本計画の進捗管理方法	・1章の調査結果より金属の現状と課題を付記

5.2　静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員会における議論の反映

4 章に記載した静脈産業の脱炭素型資源循環システム構築に係る小委員における議論を経て令和 6 年 2 月に公表された「脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について（意見具申）」（中央環境審議会）から、表 5-2 の内容を CN 実行計画骨子案の 7 章（横断的な取組）に追記した。

表 5-2 「脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について（意見具申）」から追記した内容

関連する中長期シナリオ（案）の重点対策領域	「脱炭素型資源循環システム構築に向けた具体的な施策のあり方について」から追記した内容	「あり方について」の類型等※
Ⅰ	・ 動脈企業と静脈企業が連携し、求められる品質・量の再生材を再び動脈企業に届け、それを活用する「動静脈連携」の構築促進	①動静脈連携の構築
Ⅰ、Ⅱ	・ 一地方自治体では十分な資源循環が困難な場合に対応して、地方自治体が主導する官民の連携処理により、廃棄物処理の地域での担い手、廃棄物等の発生状況や再生資源の利用先などの地域特性を踏まえた資源循環の推進（地域活性化、地域資源の活用や地域課題の解決にも貢献）	②官民の連携処理システムの確立
Ⅰ	・ カーボンニュートラルに向けて普及が見込まれる太陽光発電設備を始めとする再エネ設備やリチウムイオン電池等のリサイクル等が必要となるため、高度な分離・再資源化技術が必要となるリサイクル施設等の整備の促進	④カーボンニュートラルに対応する資源循環技術の高度化
Ⅰ	・ マニフェスト情報や処理業者の帳簿情報、地方自治体や処理業者の会社情報等が登録されているプラットフォーム等の情報、再生材の需要と供給に関する情報（質・量）を再整理し、動脈企業がその情報にアクセス可能とすることで、再生材を必要とする動脈企業と静脈企業とのマッチングの促進（危険・有害物質の含有情報等の共有を含む。地方公共団体やリサイクル事業者、地域の処理業者など静脈企業同士間を含めた関係者の連携にも資するものであることが望ましい。） ・ 製品バリューチェーンにおける動静脈のプレイヤーが循環性等のデータにアクセス可能となるシステムについて、電子マニフェスト等のデジタル化の推進、やり取りされる情報の質・量両面の高度化やシステム連携など、帳簿情報や電子マニフェスト等との連携・活用方策に関する技術的・制度的な検討 ・ 「バリューチェーン全体における循環性と資源効率性の進捗を、特定された関連指標に基づきモニタリングし把握する」ため、バリューチェーンにおける循環指標及び評価方法の検討（同種のバリューチェーンでの比較可能性、再生材の定義や各中間処理業者の貢献に係る考え方の整理、必要な環境整備、複数のバリューチェーンで活用される場合の対応等の検討を含む） ・ バリューチェーンを踏まえたGHG排出量の適切な把握や算定対象範囲、目標設定（削減量、原単位目標など）等についての考え方の整理	情報活用（関連する類型①②）
Ⅰ	・ 日本国内の施設を国際リサイクルハブとして活用し、ASEAN各国等からのe-waste 等の国際リサイクルを実施するための体制、各国の制度構築及び能力強化等の推進	国際的取組
―	・ 静脈産業の足下の状況を踏まえ、質・量両面での資源循環の高度化のために必要な対応の具体化や体制整備、人材確保・人材育成、静脈産業全体としての底上げに向けた具体策等の検討 ・ 国民・消費者の生活者としての主体的な意識変革や行動変容、動静脈企業それぞれの資源循環に係る取組の強化につなげていくために必要な情報の分かりやすい提供、様々な教育・学習や研修の場面を通じた理解促進	今後の課題

※類型3（静脈産業のカーボンニュートラル化）に関しては、CN実行計画骨子案5章（重点対策領域Ⅱ現状と求められる取組）、6章（重点対策領域Ⅲ現状と求められる取組）に記載がある。

5.3　温室効果ガスインベントリの算定方法に基づく定量的な検討

一般廃棄物の非エネルギー起源の温室効果ガス排出量について、3 章で実施した、将来推計に用いる基礎データの更新や無機物（炭素非含有廃棄物）を含めた推計を踏まえ、既に計画されている 2030 年度までの GHG 削減対策を見込んだケース（対策ケース）を試算し、BAU ケースと比較した際の対策削減量を定量化した。本試算で仮定した対策の一覧は表 5-3 のとおりである。なお、本試算は基礎データや対策効果の想定条件等において、中長期シナリオ（案）とは異なる計算であることに留意が必要である。

表 5-3　試算で仮定した GHG 削減対策の一覧

対策項目	内容	根拠
プラスチックのリデュース	廃プラスチック発生量を2025年度にBAU比4.6万t削減	地球温暖化対策計画「52. 廃棄物焼却量の削減」より
食ロス削減	厨芥の発生量を2030年度にBAU比32万t削減	国の目標（食ロス量を2030年度に2000年度比半減）に対し、2000年度及び2020年度の推計結果がそれぞれ980万t、522万t
プラスチック、ペットボトルのMR推進	プラ・ペットのMR量を2050年度180万tに拡大	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推進に現状のプラ・ペットの一般廃棄物比率（51.5%）を考慮
プラスチック、ペットボトルの循環型CR推進	プラ・ペットの循環型CR量を2050年度68万tに拡大	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」に基づく循環型CR推進に現状のプラ・ペットの一般廃棄物比率（51.5%）、を考慮し、歩留まりを75%、収率を70%と仮定
有機性廃棄物の埋立回避	紙、厨芥、繊維、木竹草類等の埋立量を2035年度までに0	中長期シナリオ（案）の前提条件と同様
バイオマスプラスチック利用拡大	2030年度にバイオマスプラスチック類200万t導入	プラスチック資源循環戦略のマイルストーンより

上表の仮定を基にした試算の結果を以下に示す。化石由来 GHG 排出量は図 5-1 のとおり、2030 年度で BAU ケース比 21%、2050 年度で 42%の減少となった。また、処理方法別の対策削減量は図 5-2 のとおりであり、焼却によるバイオマス由来 CO_2 を除く GHG 排出量が大きく減少していた一方で、焼却によるバイオマス由来 CO_2 の排出量は増加していた。これは、プラスチック類の MR や循環型 CR が進展することによる焼却量の減少に加えて、バイオマスプラスチックの普及を見込んだことが大きく影響している。また、焼却による GHG 排出量の変化と比べると小さいものの、有機性廃棄物の埋立回避による最終処分由来の GHG 排出量も減少していた。

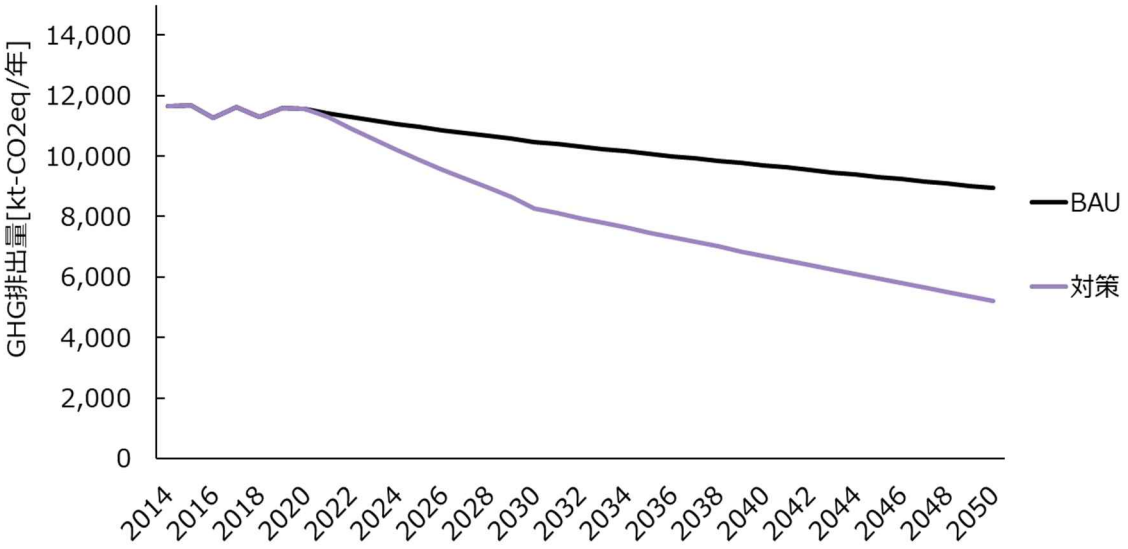


図 5-1　一般廃棄物由来の化石由来 GHG 排出量

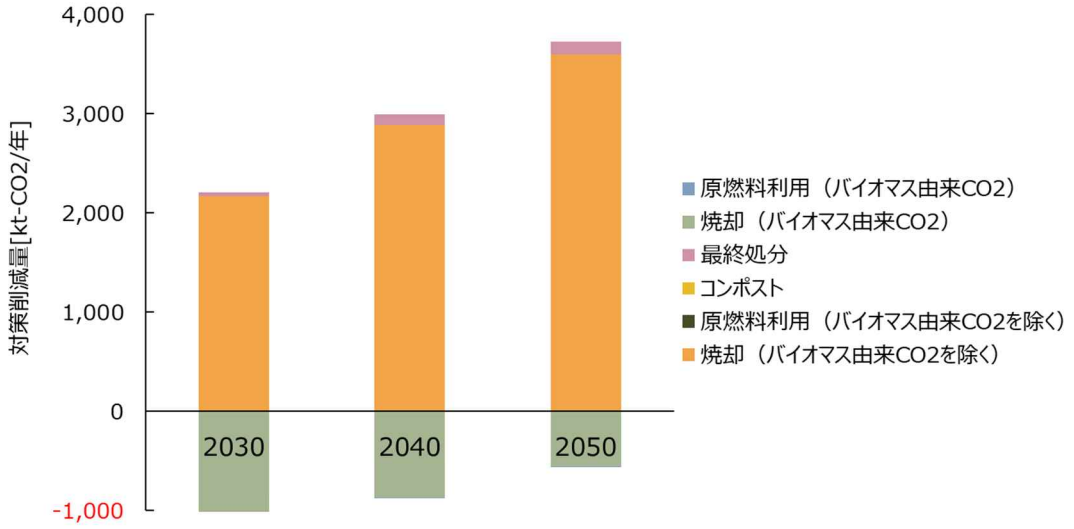


図 5-2　処理方法別の対策削減量（2030, 2040, 2050 年度）