

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

1. 温室効果ガス排出削減の重点対策領域及び取組内容

廃棄物・資源循環分野における 2050 年 CN・脱炭素社会の実現に直接的・間接的に寄与する廃棄物・資源循環分野で実施される温室効果ガス排出削減対策及びカーボンリサイクル対策について、重点的に対策を行うべき領域（重点対策領域）を検討し、各重点対策領域の対策について文献等を用いてリストアップし、対策技術の概要、対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果、2050 年度までの対策導入の見通し、対策導入に必要な基盤整備、対策導入コスト等の整理を行った。

1.1 重点対策領域の設定

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

重点対策領域の設定にあたり、2050 年 CN を達成するため、各分野における CN に向けた対策の中でも、循環経済アプローチの推進などにより資源循環を進めることを踏まえたものとなるよう、まずは、「2050 年 CN に向けた廃棄物・資源循環分野の基本的考え方」を整理したものととして中長期シナリオを作成し、各分野と意見交換を進めることを前提に、以下に示す 1) 及び 2) の視点で廃棄物・資源循環分野が果たす役割を整理した。

1) 3R+Renewable を基盤とした資源生産性向上による脱炭素化

- 廃棄物・資源循環分野は、従来より、3R・熱回収を通じて温室効果ガス排出・エネルギー消費量の削減に貢献してきており、引き続き、貢献が可能。
- 大幅削減を超えた実質排出ゼロに向けては、非エネルギー起源 GHG の主要な排出源の一つである廃棄物・資源循環分野も実質排出ゼロ化を目指す。
- 加えて、自動車や住宅・建築物などの素材生産量に及ぼす影響の大きい耐久財の資源効率を高めることで、将来の資源・エネルギー消費量の更なる削減の可能性があり、国内外の社会全体の CN シナリオの検討でも、注目が高まりつつある。また、生産・流通段階での GHG 排出量が多い食品について、食生活・食習慣の転換なども脱炭素シナリオで行動変容として検討されており、各分野において、循環経済¹アプローチの推進などにより資源効率向上が重要となる。
- 3R+Renewable は、主に炭素を含む物質の焼却・埋立の最小化による GHG 排出量の削減だけではなく、生産過程のエネルギー消費量削減、原料のバイオマス化を含む素材転換、処理過程の再生可能エネルギーへのシフトを進めていくことで、脱炭素社会の実現に幅広く貢献する基盤的取組。
- バイオマスの調達には持続可能性の面からの制約も想定されることから、3R の徹底が前提。太陽光発電や蓄電池など脱炭素化に必要となる新技術の普及を支えるためにも、これらの 3R の仕組みの構築が必要。

¹ 循環経済（サーキュラーエコノミー）とは、従来の 3R の取組に加え、資源投入量・消費量を抑えつつ、ストックを有効活用しながら、サービス化等を通じて付加価値を生み出す経済活動であり、資源・製品の価値の最大化、資源消費の最小化、廃棄物の発生抑止等を目指すもの。（令和 3 年版環境・循環型社会・生物多様性白書）

2) 資源循環・適正処理システムの脱炭素化

- 廃棄物・資源循環分野では、化石系廃棄物等の焼却・原燃料利用やバイオマス系廃棄物の埋立等に伴い、廃棄物由来の GHG が排出されている。この非エネルギー起源 GHG を削減するためには、3R の強化・GHG 排出量が少ない処理の選択に加え、製品原材料のバイオマス化を含む素材転換が必要。
- 廃棄物の処理に伴い排出されるエネルギー起源 CO₂ については、廃棄物エネルギーの活用、処理に要するエネルギーの消費量の削減及び再生可能エネルギーの導入等の取組が必要。同時に、原材料化に適さない廃棄物は、バイオマス比率の増大も前提に、効率の高い燃料化や熱回収により、他分野のエネルギー起源 CO₂ 排出量の削減に貢献できる。
- ただし、衛生面から最小限の焼却処理が求められることなどから、以上の取組を経てもなお廃棄物分野からの GHG 排出はゼロにならないこと（本分野の残余排出）が想定される。
- 一方、焼却排ガス等に含まれる CO₂ はバイオマス起源も含まれることも踏まえれば、CCUS の導入により、本分野からの排出を実質ゼロ化、さらにはネガティブ化できる可能性が期待されるとともに、CN 化した将来における炭素供給源としての役割を担うことも考えられる。
- 社会を支えるインフラの一つである廃棄物処理施設の整備では、構想から竣工までに 10 年程度、その後 30 年以上運転される場合もあることなどを踏まえ、2050 年 CN に向けて、速やかに将来の方向性を提示・共有していく必要がある。

(2) 重点対策領域の設定

廃棄物・資源循環分野における 2050 年 CN・脱炭素社会の実現に直接的・間接的に寄与する廃棄物・資源循環分野で実施される温室効果ガス排出削減対策及びカーボンリサイクル対策について、図 II-1 に示すとおり、3 つの重点対策領域の設定を行った。

設定にあたっては、以下に着目した。

- 廃棄物・資源循環分野の排出量に占める割合が大きい非エネ起 GHG は、素材のライフサイクルとの関連が深い。
⇒非エネ起 GHG 排出量が大きい素材群に着目
- 廃棄物処理と他分野との連携を通じ、社会全体の CO₂ 排出削減による移行過程での貢献も可能。
⇒削減ポテンシャルが大きいと思われる処理方式に着目
- カーボンバジェット（累積総排出量削減）・高排出構造のロックイン回避の観点からも、廃棄物処理施設等からの排出の早期かつ着実な削減が必要。

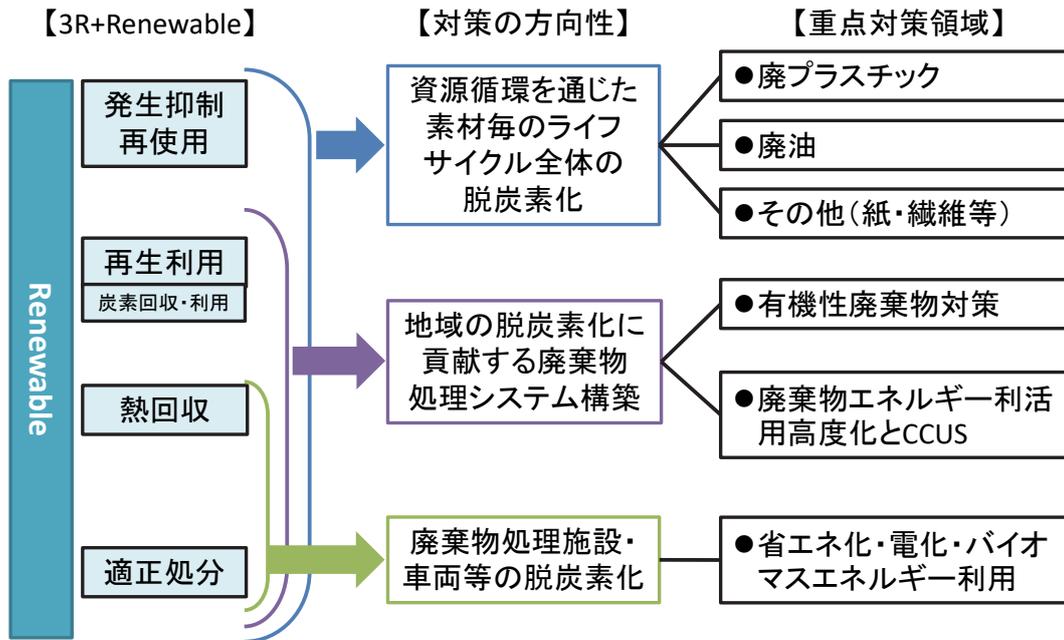


図 II-1 重点対策領域の設定

(3) 温室効果ガス排出削減対策に関する文献一覧

廃棄物・資源循環分野における 2050 年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現に直接的・間接的に寄与する廃棄物・資源循環分野で実施される温室効果ガス排出削減対策及びカーボンリサイクル対策のリトアップについて用いた文献を以下に示す。

表 II-1 温室効果ガス排出削減対策に関する文献一覧 (和文)

| No. | 重点対策領域 | 文献名・発行年月・発行者 |
|-----|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | I 廃プラスチック | 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 (2021年12月、一般社団法人プラスチック循環利用協会) |
| 2 | I 使用済紙おむつ | 使用済紙おむつの再生利用等に関するガイドライン (2020年3月、環境省 環境再生・資源循環局 総務課 リサイクル推進室) |
| 3 | I 廃タイヤ | 日本のタイヤ産業 2020 (2020年7月、一般社団法人日本自動車タイヤ協会) |
| 4 | II 有機性廃棄物 | 家庭系食品廃棄物の分別収集促進のためのシステム解析—北海道の市町村を対象として— (2014年10月、岡田進太郎・古市徹・翁御棋・石井一英・藤山淳史、第42回環境システム研究論文発表会講演集, p.25-32) |
| 5 | II 有機性廃棄物 | 食品廃棄物のリデュース・リサイクルによる都市廃棄物処理戦略に関する展望 (2014年、酒井伸一・矢野順也、廃棄物資源循環学会誌, Vol.25, No.1, pp.55-68) |
| 6 | II 有機性廃棄物 | バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第5版 実践編 (2021年、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) |
| 7 | II 有機性廃棄物 | 消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果 (2008年、中村真人・柚山義人・山岡賢・藤川智紀・清水夏樹、農業農村工学会誌, Vol.76, No.11, pp.981-984) |
| 8 | II 有機性廃棄物 | 食品産業リサイクル状況等調査委託事業 (リサイクル進捗状況に関する調査) (2014年3月、農林水産省) |

| No. | 重点対策領域 | 文献名・発行年月・発行者 |
|-----|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | II 有機性廃棄物 | 都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果」(2011年、矢野順也・平井康宏・酒井伸一・出口晋吾・中村一夫・堀寛明、廃棄物資源循環学会論文誌, Vol.22, No.1, pp.38-51) |
| 10 | II 有機性廃棄物 | 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 (2021年3月、環境省環境再生・資源循環局) |
| 11 | II 廃棄物エネルギー利活用高度化 | 中低温熱利用の高度化に関する技術調査報告書 (2013年9月、独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター環境・エネルギーユニット) |
| 12 | II 廃棄物エネルギー利活用高度化 | 廃棄物発電の高度化事業委託業務報告書 (2016年3月、一般財団法人日本環境衛生センター・公益財団法人廃棄物・3R研究財団) |
| 13 | II 廃棄物エネルギー利活用高度化 | 廃棄物のエネルギー利用の高効率化に向けた展望 (2019年、廃棄物資源循環学会誌, Vol. 30, No.4, pp.233-238) |
| 14 | III 焼却施設 (助燃材の削減) | 廃棄物処理におけるダイオキシン類対策と複合型中間処理・再資源化システムの研究 (2007年、手島肇、京都大学学位請求論文) |
| 15 | III 収集・運搬車両の電動化 | ゴミ収集車電動化技術とその評価 (2018年12月、極東開発工業株式会社、技報 vol.6-2) |

表 11-2 温室効果ガス排出削減対策に関する文献一覧 (英文)

| No. | 重点対策領域 | 文献名・発行年月・発行者 |
|-----|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | I 廃油 | Used Oil Management and Beneficial Reuse Options to Address Section 1: Energy Savings from Lubricating Oil Public Law 115-345 (2020年12月、米国エネルギー省) |
| 2 | I 廃油 | Implementing Instructions for Executive Order 13834 Efficient Federal Operations (2019年4月、Council on Environmental Quality Office of Federal Sustainability) |
| 3 | I 廃タイヤ | High Quality Carbon Black from Tyres (Enviro 社) |
| 4 | II 有機性廃棄物 | In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018) 773 (2018年11月、欧州委員会) |
| 5 | II 有機性廃棄物 | Outlook for biogas and biomethane (2020年、国際エネルギー機関 (IEA)) |
| 6 | II 有機性廃棄物 | Gas Decarbonisation Pathways 2020-2050 (2020年4月、Gas for Climate, Guidehouse) |
| 7 | II 有機性廃棄物 | Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector (2021年、国際エネルギー機関 (IEA)) |
| 8 | II 有機性廃棄物 | Resources and waste strategy for England: monitoring and evaluation (2020年、Defra (英)) |
| 9 | II 有機性廃棄物 | The Anti-waste law in the daily lives of the French people, what does that mean in practice (2020年、Ministry of Ecological Transition (仏)) |
| 10 | II 有機性廃棄物 | Waste Management in Germany 2020 Facts, data, diagrams (2020年、Federal Ministry for the Environment (独)) |
| 11 | II 有機性廃棄物 | Landfill Directives (1999年、欧州委員会) |
| 12 | II CCUS | 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume2 Energy (2006年、公益財団法人地球環境戦略研究機関) |
| 13 | II CCUS | 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2019年、IPCC) |

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

(1) 廃プラスチック対策

1) 対策技術の概要

プラスチック資源循環戦略やプラスチック資源循環促進法に基づき、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想定した。

新規投入されるプラスチックについては、「バイオプラスチック導入ロードマップ」に基づき、バイオマスプラスチックの普及を促進し、また、MR・循環型CRと組み合わせて、循環的に利用されるプラスチックのバイオマス割合を高めることで、やむを得ず焼却される廃プラスチックからのCO₂排出量を削減すると想定した。

対策技術としては、バイオマスプラスチック類導入、循環型ケミカルリサイクル、発生抑制等が挙げられる。

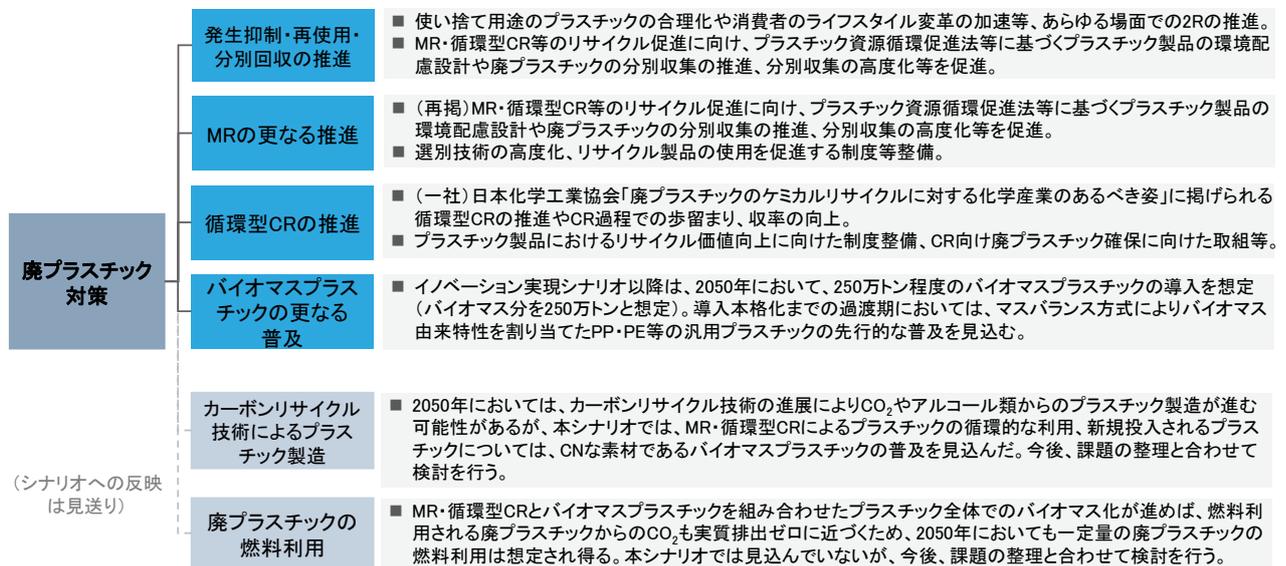


図 II-2 廃プラスチック対策の考え方

2) 対策導入の見通し

プラスチック資源循環戦略を図 II-3 に示す。

- ◆ 廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題
- ◆ 我が国は国内で適正処理・3Rを率先し、国際貢献も実施。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題

重点戦略

基本原則：「3R+Renewable」

【マイルストーン】

| | |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| リデュース等 | <ul style="list-style-type: none"> ワンウェイプラスチックの使用削減(レジ袋有料化義務化等の「価値づけ」) 石油由来プラスチック代替品開発・利用の促進 |
| リサイクル | <ul style="list-style-type: none"> プラスチック資源の分かりやすく効果的な分別回収・リサイクル 漁具等の陸域回収徹底 連携協働と全体最適化による費用最小化・資源有効利用率の最大化 アジア禁輸措置を受けた国内資源循環体制の構築 イノベーション促進型の公正・最適なリサイクルシステム |
| 再生材 バイオプラ | <ul style="list-style-type: none"> 利用ポテンシャル向上（技術革新・インフラ整備支援） 需要喚起策（政府率先調達（グリーン購入）、利用インセンティブ措置等） 循環利用のための化学物質含有情報の取扱い 可燃ごみ指定袋などへのバイオマスプラスチック使用 バイオプラ導入ロードマップ・静脈システム管理との一体導入 |
| 海洋プラスチック対策 | <ul style="list-style-type: none"> プラスチックごみの流出による海洋汚染が生じないこと（海洋プラスチックゼロエミッション）を目指す ポイ捨て・不法投棄撲滅・適正処理 海洋漂着物等の回収処理 海洋ごみ実態把握(モニタリング手法の高度化) マイクロプラスチック流出抑制対策(2020年までにスクラップ製品のマイクロビーズ削減徹底等) 代替イノベーションの推進 |
| 国際展開 | <ul style="list-style-type: none"> 途上国における実効性のある対策支援（我が国のソフト・ハードインフラ、技術等をオーダーメイドパッケージ輸出で国際協力・ビジネス展開） 地球規模のモニタリング・研究ネットワークの構築（海洋プラスチック分布、生態影響等の研究、モニタリング手法の標準化等） |
| 基盤整備 | <ul style="list-style-type: none"> 社会システム確立（ソフト・ハードのリサイクルインフラ整備・サプライチェーン構築） 技術開発（再生可能資源によるプラ代替、革新的リサイクル技術、消費者のライフスタイルのイノベーション） 調査研究（マイクロプラスチックの使用実態、影響、流出状況、流出抑制対策） 連携協働（各主体が一つの旗印の下取組を進める「プラスチック・スマート」の展開） 資源循環関連産業の振興 情報基盤（ESG投資、エシカル消費） 海外展開基盤 |

- <リデュース>
- ① 2030年までにワンウェイプラスチックを累積25%排出抑制
- <リユース・リサイクル>
- ② 2025年までにリユース・リサイクル可能なデザインに
 - ③ 2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル
 - ④ 2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用
- <再生利用・バイオマスプラスチック>
- ⑤ 2030年までに再生利用を倍増
 - ⑥ 2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入

- ◆ アジア太平洋地域をはじめ世界全体の資源・環境問題の解決のみならず、経済成長や雇用創出 ⇒ 持続可能な発展に貢献
- ◆ 国民各界各層との連携協働を通じて、マイルストーンの達成を目指すことで、必要な投資やイノベーション（技術・消費者のライフスタイル）を促進

図 II-3 プラスチック資源循環戦略

各シナリオで想定した廃プラスチックに関する温室効果ガス削減対策等の想定条件を表 II-3 に示す。

表 II-3 各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（廃プラスチック）

| シナリオ | 重点対策領域I (資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 計画シナリオ 拡大計画シナリオ | <ul style="list-style-type: none"> プラスチック製買物袋有料化 3R推進団体連絡会「容器包装3Rのための自主行動計画2025」に基づく発生抑制 バイオマスプラスチック類導入（2030年約200万トン※） 日本化学工業協会「廃プラスチックのケミカルリサイクルに対する化学産業のあるべき姿」に基づくマテリアルリサイクル・循環型ケミカルリサイクル推進（循環型CR収率2050年70%） |
| イノベーション実現シナリオ | <ul style="list-style-type: none"> 循環型ケミカルリサイクル収率向上（2050年80%） 2050年バイオマスプラスチック250万トン導入※ |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | <ul style="list-style-type: none"> 循環型ケミカルリサイクル収率向上（2050年90%） 2050年バイオマスプラスチック250万トン導入※（2045年バイオマス割合100%達成） 発生抑制25% |

※：2030年のバイオマスプラスチック類の導入目標（約200万トン）は、地球温暖化対策計画で想定されるCO2削減量（209万トンCO2）からバイオマス割合が3～4割と想定されるところ、2050年のバイオマスプラスチック導入目標（250万トン）は、全量をバイオマスプラスチックと見込んだ。

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）を想定した。

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CO2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した。

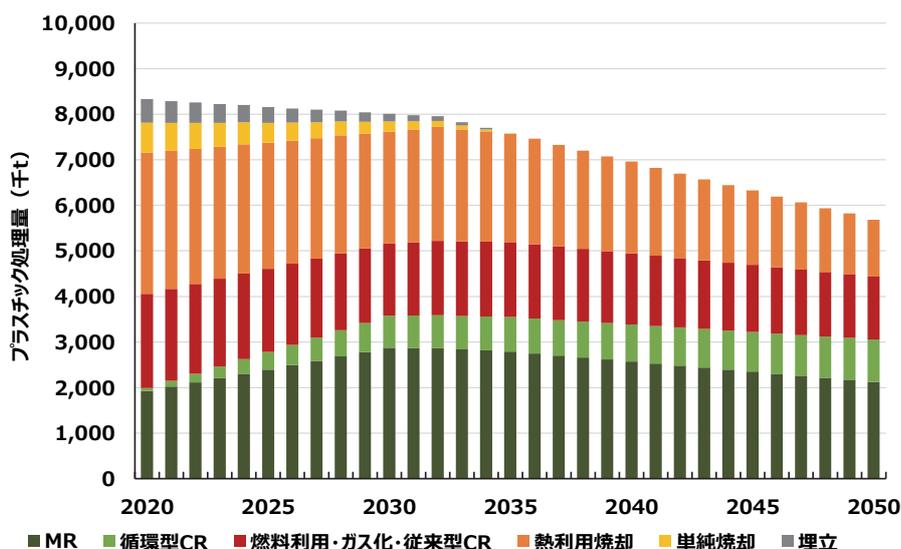


図 II-4 廃棄されたプラスチックの処理方法別の処理量の試算結果（イノベーション発展シナリオ）

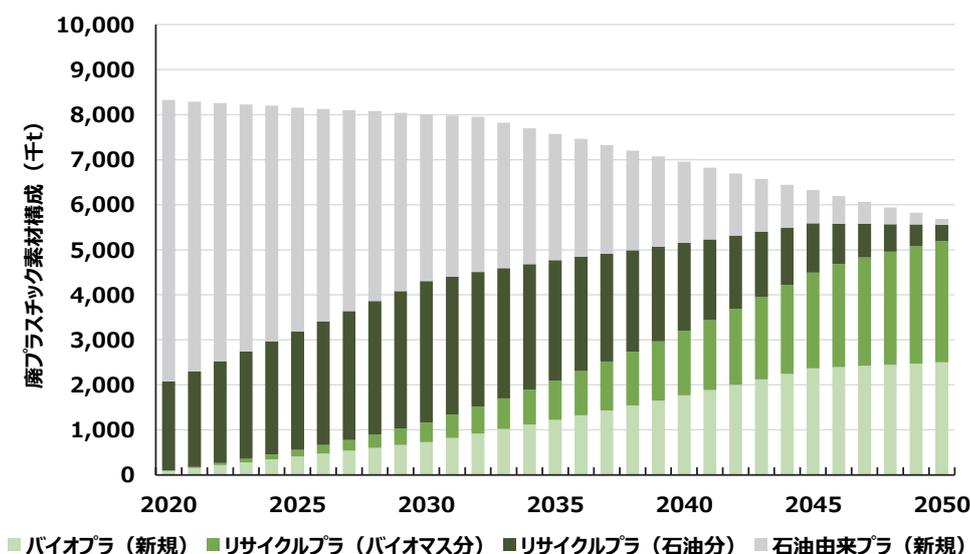


図 II-5 廃棄されたプラスチックの素材構成の試算結果（イノベーション発展シナリオ）

【試算にあたっての考え方】

- ・ 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年までに全ての処理に代替されると想定した。

(a) 廃プラスチックのReduceの想定

イノベーション発展シナリオにおいては、廃プラスチックのリデュースの効果を以下のとおり見込むこととした。

2017年の廃プラスチック内訳※とリデュース率の想定

| 大分類 | 小分類 | リデュース率の想定 | リデュース後重量(万トン) |
|---------------------|------------|-----------|---------------|
| 包装・容器等/コナナ類 | 指定PETボトル | 50% | 29 |
| 包装・容器等/コナナ類 | その他PET | 50% | 13 |
| 包装・容器等/コナナ類 | 食品用フィルム | 50% | 40 |
| 包装・容器等/コナナ類 | 非食品用フィルム | 50% | 8 |
| 包装・容器等/コナナ類 | 食品容器(非発泡) | 50% | 46 |
| 包装・容器等/コナナ類 | 食品容器(発泡) | 50% | 6 |
| 包装・容器等/コナナ類 | レジ袋 | 100% | 0 |
| 包装・容器等/コナナ類 | ショッピングバッグ | 75% | 4 |
| 包装・容器等/コナナ類 | ごみ袋 | 0% | 29 |
| 包装・容器等/コナナ類 | その他ラミネート紙 | 0% | 25 |
| 包装・容器等/コナナ類 | コナナ・パレット | 25% | 29 |
| 包装・容器等/コナナ類 | その他 | 0% | 1 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | 冷蔵庫 | 25% | 13 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | 洗濯機 | 25% | 7 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | エアコン | 25% | 6 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | テレビ | 25% | 1 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | 電線被覆材 | 0% | 19 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | 機械 | 25% | 13 |
| 電気・電子機器/電線・ケーブル/機械等 | その他 | 0% | 108 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | おむつ | 0% | 30 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 使い捨て飲料カップ | 100% | 0 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | ストロー | 100% | 0 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | カトラリー | 100% | 0 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | タバコフィルター | 0% | 2 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 不織布 | 0% | 10 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 家具 | 25% | 2 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | その他 | 0% | 12 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | パイプ・継手 | 0% | 22 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 排水マス・雨樋・窓枠 | 0% | 4 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 壁紙 | 0% | 3 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 床材 | 0% | 4 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | 土木建築塗布用途 | 0% | 4 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | シーリング材 | 0% | 2 |
| 家庭用品/衣類/家具/玩具等 | その他 | 0% | 23 |
| 輸送 | 自動車 | 25% | 24 |
| 輸送 | その他 | 0% | 5 |
| 農林・水産 | 農業用マルチフィルム | 0% | 4 |
| 農林・水産 | 農業用ハウス等 | 0% | 5 |
| 農林・水産 | 漁具 | 0% | 2 |
| 農林・水産 | その他 | 0% | 1 |
| その他 | マイクドーズ | 0% | 2 |
| その他 | 塗料 | 25% | 9 |
| その他 | 接着剤 | 25% | 4 |
| その他 | その他 | 0% | 40 |
| 加工ロス | | 0% | 75 |
| | | | 686 |
| | | | 76% |

想定の内容

・用途の小分類ごとに、2050年において達成が見込まれるリデュース率について、「100%/75%/50%/25%/0%」の5段階から選択した。主な用途の設定の考え方は以下のとおり。

- 食品容器・ボトルについては、プラスチック資源循環戦略のマイルストーン「①2030年までにワンウェイプラスチックを累積25%削減」の取組が2050年まで継続されるとして50%削減を見込む。
- 電気・電子機器及び自動車については一律に25%を選択した。
- カトラリーについては量的なインパクトは大きくないものの、プラスチック資源循環促進法における取組が十分に浸透することを見込み100%削減とした。
- 塗料・接着剤については、電気・電子機器及び自動車に準じて25%を選択した。
- コナナ・パレットについては、MR・再生材利用等の取組が進められているが、更なる対策として、長寿命化・他素材への代替等により25%削減を選択した。

推計結果

・リデュース想定後の重量(686万トン)÷リデュース想定前の重量(904万トン)=76%

※ 令和元年度ハイプラスチック導入に向けた調査及びロードマップ作成に係る委託業務報告書、三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)

図 II-6 イノベーション発展シナリオにおける廃プラスチックのリデュースの考え方

(b) 廃プラスチックのリサイクルにおける循環型 CR の収率の想定

表 II-4 廃プラスチックのリサイクルにおける循環型 CR の収率の想定

| | 循環型CRの歩留りの想定 (ケミカルリサイクル向けに仕向けられた廃プラスチックがケミカルリサイクル原料となる割合) | 循環型CRの収率の想定 (ケミカルリサイクル施設に投入された廃プラスチックがプラスチック原料となる割合) |
|---------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| (現状) | 75%※1 | — |
| 計画シナリオ | 75%※2 | 70%※3 |
| イノベーション実現シナリオ | | 80%※4 |
| イノベーション発展シナリオ | | 90%※4 |

- ※1：(一社) プラスチック循環利用協会，2019年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況(2019年)におけるワンウェイ型 CR 及び循環型 CR 全体での歩留まり。
- ※2：廃プラスチックを主にエネルギーとして利用するワンウェイ型 CR の歩留まりは循環型 CR よりも高く、※1において循環型 CR の歩留まりは75%よりも小さいと予想されるが、今後のプラスチック回収システムのイノベーションを見込み、※1と同等の歩留まりが達成されると想定。
- ※3：循環型社会システム動向調査「プラスチックのケミカルリサイクルの動向調査」(2005.3、経済産業省)を参考に設定。
- ※4：諸外国の例を参考に今後の技術イノベーションを見込んだ想定値。

(c) ケミカルリサイクルの歩留まりの想定

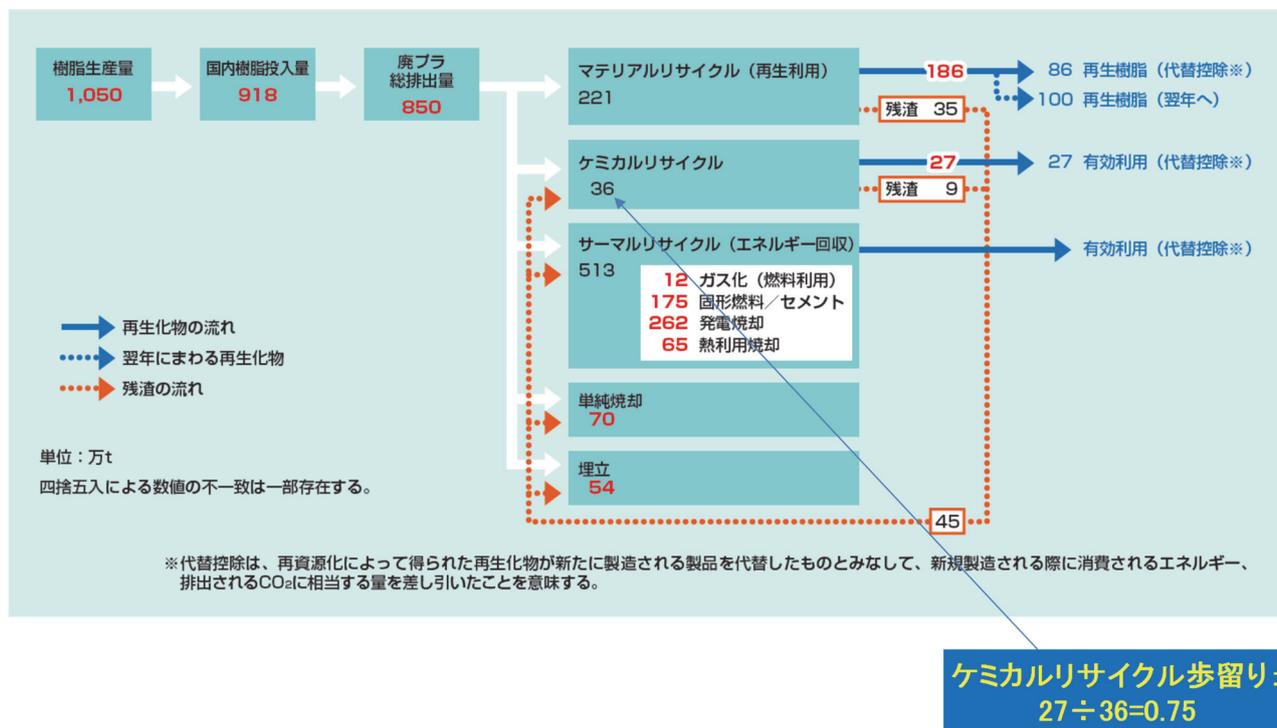


図 II-7 ケミカルリサイクルの歩留まりの想定

出典：プラスチック循環利用協会「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図」2020年12月発行をもとに加工

(d) プラスチック油化収率の想定

循環型社会システム動向調査「プラスチックのケミカルリサイクルの動向調査」(2005年3月、経済産業省)をもとに下記のとおり設定した。

表 II-5 プラスチック油化収率の想定

各社油化プロセスの比較

| | 歴世鉱油 | 札幌プラスチックリサイクル | 道央油化センター* |
|-------------------------|---------------|----------------------|-----------|
| 処理能力(T/Y) | 6,000 | 14,800 | 6,500 |
| 設計 | シナネン 千代田化工 | 東芝 | クボタ |
| 分解温度(°C) | 340-390 | | 315-390 |
| 触媒 | 無し | | ZSM-5 |
| 生成物 | 軽質、中質、重質 | 軽質、中質、重質 50:10:40 | 軽質、重質 |
| 油収率(%) | 50.7 | 65 | 48 |
| 塩酸(%) | 5.2 | 2.0 | 6.0 |
| 油化残渣(%) | 28.2 | 13.0 | 12.0 |
| オフガス(%) | 15.9 | 20 | 10 |
| 電力原単位(KWH/T) (前処理含む) | 644 | 911 | |
| 燃料(Kg/T) | 340 | 165 | 50(自燃) |

* 道央油化センターは、2004年3月にプラント停止している。

(参考) 諸外国における廃プラスチックのケミカルリサイクル事例

| 企業名 | プラスチック種類 | CR技術 | 収率 | 事業内容等 |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BASF/ Quantafuel※1 | 混合廃プラスチック | 熱分解 | 約70% | <ul style="list-style-type: none"> 2025年以降、年間25万tの廃プラスチックの処理が目標 Quantafuel社は、年間20,000トンの混合廃プラスチックの処理が可能 CRプロセス: 熱分解→灰分・塩素・硫黄等の有害不純物の浄化→気相での2段階触媒プロセスによる炭化水素品質向上→ガスの凝縮・蒸留により油留分の分離。 |
| SABIC/ Plastic Energy※2 | 混合・多層の汚れた廃LDPE, HDPE, PP, PSに限る(PET, PVC不可) | 熱分解 | 約850L-炭化水素油/t-廃プラスチック仕向量 | <ul style="list-style-type: none"> Plastic Energy社は2025年までに年間30万tの低品質廃プラスチックの処理を目指す(2025年までに10施設のCRプラントを新設予定) CRプロセス: 前処理(金属や受入対象外のプラスチック除去)→無酸素下で熱分解(300~400°C)→ディーゼル、ナフタレン、ガスを精製 |
| NESTE/ Recycling Technologies, Alterra)※3 | 多層・着色・複合フィルム等のリサイクルが困難な廃プラスチック | 熱分解 | 40%超(MR後の残渣をCR) | <ul style="list-style-type: none"> 2030年以降、年間100万tの廃プラスチックの液化処理を目標 2020年12月21日のプレスリリースにて、フィンランドで工業規模の廃プラスチックの液化処理に成功と発表。 Alterra社の処理規模は、60t/日(米国オハイオ州) CRプロセス: 回収・選別→液化(熱化学的液化プロセス)→精製・アップグレード→最終製品 |
| MICHELIN/ Pyrowave※4 | PS | 解重合 | 約90%(2020年)(95%まで向上する可能性あり) | <ul style="list-style-type: none"> CRプロセス: 廃PSの不純物除去→反応器においてマイクロ波照射→解重合してスチレンモノマー化 モジュールあたり500~1,000t/年の生産が可能 |

※1 BASF社ウェブサイト<https://www.basf.com/jp/en/who-we-are/sustainability/management-and-instruments/circular-economy/carbon-management1.html> (2021年6月24日閲覧)
Quantafuel社ウェブサイト<https://www.quantafuel.com/our-solution/technology> (2021年6月24日閲覧)

※2 Plastic Energy社ウェブサイト<https://plasticenergy.com/technology/> (2021年6月24日閲覧)
SCALING UP CHEMICAL RECYCLING AND THE ROLE OF CERTIFICATION(Plastic Energy社)

<https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2020/12/Plastic-Energy-PE-ISCC-Presentation-12.2020-compressed.pdf> (2021年6月24日閲覧)

※3 NESTE社ウェブサイト<https://www.neste.com/products/all-products/plastics/combating-plastic-pollution/chemical-recycling-clarified#b3985237> (2021年6月24日閲覧)

NESTE社ウェブサイト<https://www.neste.com/releases-and-news/plastics/neste-successfully-completed-its-first-industrial-scale-processing-run-liquefied-waste-plastic> (2021年6月24日閲覧)

Lodestar: A case study for plastics recycling(Recycling Technologies社)
<https://recyclingtechnologies.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/RT-Lodestar-A-case-study-for-plastic-recycling-2018-Report.pdf> (2021年6月24日閲覧)

Alterra社ウェブサイト<https://alterraenergy.com/> (2021年6月24日閲覧)

※4 THE ENDLESS REGENERATION OF PLASTICS THROUGH MICROWAVES(Pyrowave社)https://www.pyrowave.com/medias/jw/Brochure-PYROWAVE_2020_ENG_PDF.pdf (2021年6月24日閲覧)

Pyrowave社ウェブサイト<https://www.pyrowave.com/en/pyrowave-technology> (2021年6月24日閲覧)

3) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

表 II-6 廃プラスチック対策によるシナリオ別 GHG 削減効果試算結果（対 BAU シナリオ）

単位 千 tCO₂

| シナリオ | 2030 | 2050 |
|-------------------------------------|-------|--------|
| 拡大計画シナリオ | 5,724 | 7,983 |
| イノベーション実現シナリオ | 5,949 | 12,406 |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | 6,174 | 13,690 |

(2) 廃油対策

1) 対策技術の概要

2050 年度に向け、諸外国の施策等を参考に、廃油の MR 促進に向けた施策を導入するとともに、廃油の排出事業者による分別排出の徹底等により、諸外国における回収廃潤滑油の MR 割合の最高水準（80%）程度の MR 割合を見込むこととした。

一部の潤滑油の基油、絶縁油、溶剤についてはバイオマス原料が用いられており、2050 年においては一定量の原料のバイオマス化を見込むこととした。

対策技術としては、マテリアルリサイクル、油のバイオマス化が挙げられる。

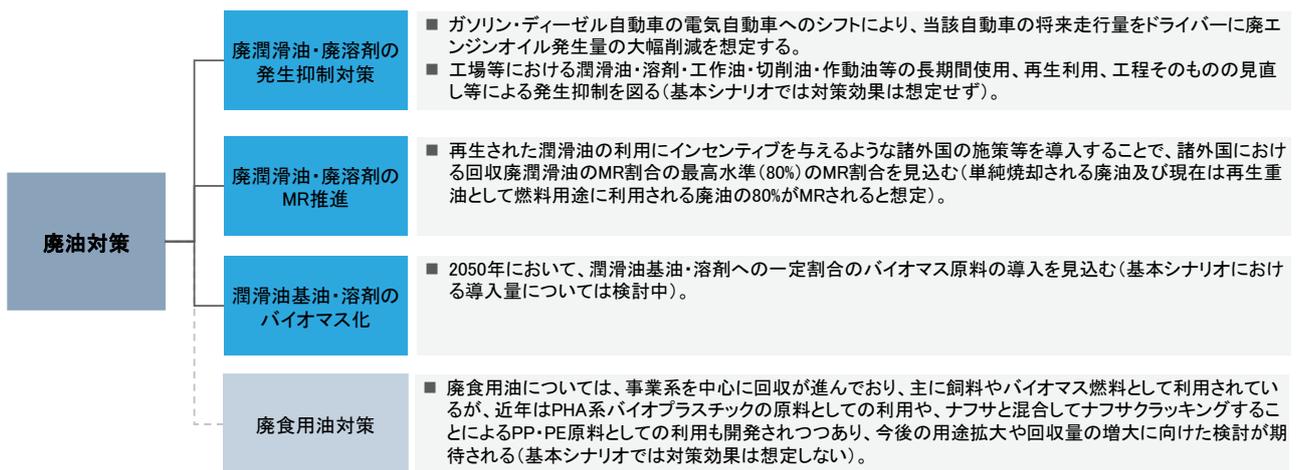


図 II-8 廃油対策の考え方

2) 対策導入の見通し

表 II-7 各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（廃油）

| シナリオ | 重点対策領域I (資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化) |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 計画シナリオ 拡大計画シナリオ | ・焼却されている廃溶剤のマテリアルリサイクル（2030年30%） |
| イノベーション実現シナリオ | ・燃料化されている廃油のマテリアルリサイクル（2050年80%） ・焼却されている廃油のマテリアルリサイクル（2050年30%） |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | ・焼却されている廃油のマテリアルリサイクル（2050年50%） ・焼却せざるを得ない用途の油のバイオマス化（2050年10万t） |

2019 年度の廃油由来の CO₂ 排出量（約 980 万トン CO₂）のうち、約半分の排出を燃料利用（廃潤滑油の再生重油としての利用等）が占めており、工場等における重油・燃料油由来の CO₂ 削減に貢献

している。単純焼却されている廃油の燃料利用を更に進めることは工場等における CO2 削減に貢献するが、今後、工場等での 2050 年実質排出ゼロ化に向けた取組が進むに伴い、燃料としての利用は減少する方向に向かうと考えられる。

今後、エンジン自動車の EV 化に伴い廃エンジンオイル発生量の減少が見込まれるものの、現時点ではその他の有効な GHG 削減対策が乏しく、BAU シナリオでの 2050 年の廃油由来の CO2 排出量は約 500 万トン CO2 と見込まれる。

3) 対策導入に必要な基盤整備

諸外国では、廃潤滑油の基油への MR を誘導する政策が導入されており、イタリアでは、回収した廃潤滑油の基油への MR 割合が 80%を超えている。

基油や溶剤のバイオマス化については、今後の対策導入の可能性について検討を進める。

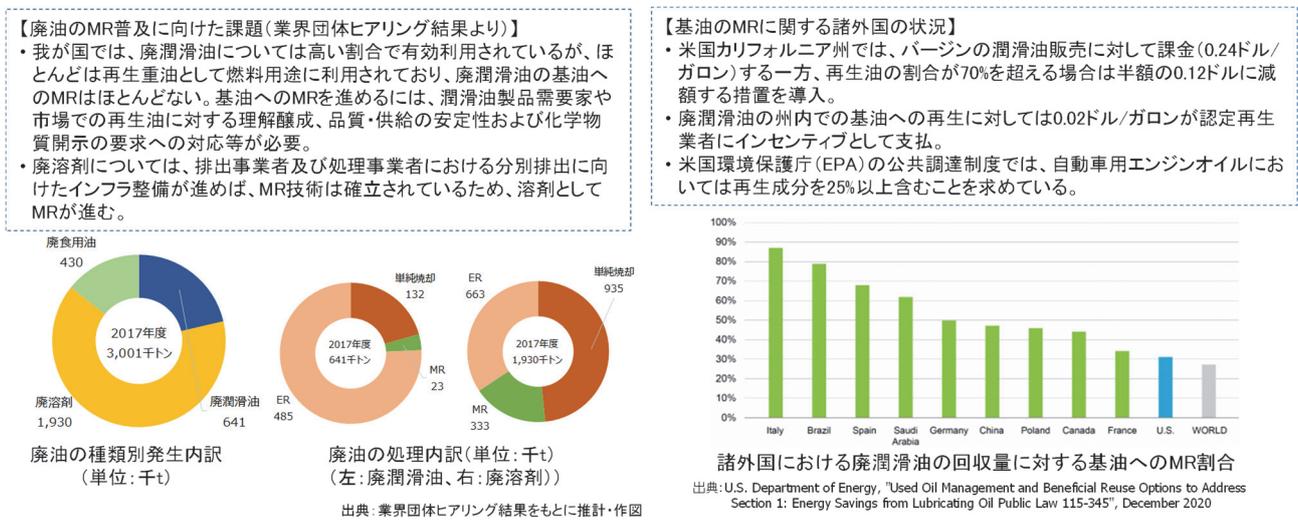


図 II-9 廃油対策の検討材料

(参考) 諸外国における廃油対策の現状

表 II-8 諸外国における廃油対策の現状 (米国)

| 国名等 | 補助・支援策の内容 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 米国カリフォルニア州 | 潤滑油販売時の徴収料金の減額 <ul style="list-style-type: none"> カリフォルニア州で販売された潤滑油について、製造業者は1ガロンあたり0.24ドルの料金を同州の資源リサイクル・回収局(CalRecycle)に支払う必要があるが、再精製された潤滑油を70%以上含む場合は、この料金が0.12ドルに減額される。 カリフォルニア州の外へ出荷された潤滑油等に対しては、上記料金の支払い義務は生じないが、その後、州内での使用を目的として販売・輸送された場合は、支払いの義務が生じる。 2009年の法改正により、徴収料金が、それまでの0.16ドル/ガロンから0.26ドル/ガロンに引き上げられた。なお、2014年以降は、料金が0.24ドル/ガロンに引き下げられた。 |
| | 廃油の回収ならびに基油の再生に対するインセンティブ <ul style="list-style-type: none"> 使用済みオイルから製造された再精製潤滑油基油に対して、認定再精製業者に0.02ドル/ガロンの再精製インセンティブが支払われる。なお、使用済みオイルの収集ならびに基油の再生はカリフォルニア州内で行われる必要がある。 認定回収センター(Certified Collection Centers: CCC)とカーブサイド回収業者(curbside collection operators)によるDIY油の回収(Do-It-Yourself oil collection)には、1ガロン当たり0.40ドルのインセンティブが支払われる。なお、2009年の法改正により、支払われるインセンティブが、それまでの0.16ドル/ガロンから0.40ドル/ガロンに引き上げられた。 |
| 米国 | 2018年5月にトランプ大統領により署名された大統領命令(Executive Order, EO) 13834の実施指針(Implementing Instructions)では、政府機関による自動車用潤滑油ならびに不凍液(クーラント)の調達の際は、CPGにおける以下の要件等を満たす必要があると定めている。 <ul style="list-style-type: none"> 自動車用潤滑油(エンジン油、油圧作動油、ギアオイル): 再精製された潤滑油を25%以上含むこと。 自動車用クーラント: 再生品であること。なお、クーラントはリサイクルの過程で硬水由来の塩化物が減少するため、バージンのクーラントよりも高純度になることもある。 |

※カリフォルニア州における補助・支援策は、CalRecycleが管轄している「使用済みオイルリサイクル強化法」(Oil Recycling Enhancement Act)により規定されている。なお、MRIに限定したものではないが、同法において、廃油のリサイクルに関する地方自治体への補助ならびに実証事業への助成についても規定されている。

出典:
California's Department of Resources Recycling and Recovery(CalRecycle)WEBサイト <https://www.calrecycle.ca.gov/UsedOil/PolicyLaw/SB546/> (2021年5月6日閲覧)
Implementing Instructions for Executive Order 13834 Efficient Federal Operations https://www.sustainability.gov/pdfs/eo13834_instructions.pdf (2021年5月10日閲覧)
United States Environmental Protection Agency(EPA)WEBサイト <https://www.epa.gov/smm/comprehensive-procurement-guidelines-vehicular-products> (2021年5月10日閲覧)

表 II-9 諸外国における廃油対策の現状 (欧州、カナダ、豪州、中国、ブラジル)

| 国名等 | 補助・支援策の内容 | |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 欧州 | EU | EUの規則では、使用済みオイルの燃焼は、厳格なガイドラインの範囲内で、 再精製が不可能であることが実証された場合にのみ承認 される。 |
| | イタリア・スペイン等 | 使用済み潤滑油の回収と再精製に対する政府の補助がある。なお、イタリアにおける国内資源再生施設(resource recovery facility, RRF)への補助金は、世界の石油価格の変化に連動するよう設計されている。 |
| | ドイツ | 使用済み油の再精製に対するインセンティブを2002年に導入したが、これにより国内資源再生施設RRFの能力が2倍以上になったため、2007年にインセンティブ制度は廃止された。 |
| カナダ | 各州の廃油管理協会は、すべての小売業者、卸売業者、潤滑油製品の販売業者から \$0.08~\$0.17/ガロンの環境処理料金(Environmental Handling Charge, EHC) を徴収している。これらは、収集業者・加工業者が、使用済み油を回収し、政府が承認したリサイクル施設に配送するためのインセンティブに使用される。 | |
| オーストラリア | 2000年製品スチュワードシップ(石油)法(Product Stewardship (Oil) Act 2000)において設定されている、オイルスキームへの製品スチュワードシップ(Product Stewardship for Oil Program, PSO)に基づき、下記の通り給付金が支給される。 <ul style="list-style-type: none"> 指定された基準*を満たす再精製された基油(潤滑油、油圧または変圧器油)・・・50セント/L その他の再精製された基油(例:チェーンバーオイル、製造された製品に組み込まれたオイル)・・・10セント/L *「指定された基準」とは、2000年製品スチュワードシップ(石油)法において設定されている、バージン製品の要件に匹敵するレベルの健康・安全・環境面の基準のことである。 | |
| 中国 | 鉱物系廃油からリサイクルされた潤滑油基油、ガソリン、ディーゼルオイル等の産業油に対して、消費税が免除される(2023年10月31日まで)。免税の条件として、再生品の原料の90%以上が鉱物系廃油であること、また1トンの鉱物系廃油から0.65トン以上の潤滑油基油を製造する必要があること等が定められている。 | |
| ブラジル | あらゆる 使用済み油の燃焼を禁止 している。 | |

出典:
Department of Energy, "Used Oil Management and Beneficial Reuse Options to Address Section 1"
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/12/f81/Used%20Oil%20Management%20and%20Beneficial%20Reuse%20Options%20to%20Address%20Section%201.%20E....pdf> (2021年5月10日閲覧)
Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment WEBサイト <https://www.environment.gov.au/protection/used-oil-recycling/product-stewardship-oil-program/benefits> (2021年5月6日閲覧)
国家税务总局财政部 国家税务总局关于对废旧矿物油再生油品免征消费税的通知 财税[2013]105号 <http://www.chinatax.gov.cn/chinatax/n810341/n810765/n812146/n812300/c1079940/content.html> (2021年5月11日閲覧)
国家税务总局财政部 税务总局关于延长对废旧矿物油再生油品免征消费税政策实施期限的通知 财税[2018]144号 <http://www.chinatax.gov.cn/n810341/n810755/c3941300/content.html> (2021年5月11日閲覧)

4) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

表 II-10 廃油対策によるシナリオ別 GHG 削減効果試算結果（対 BAU シナリオ）

単位 千 tCO₂

| シナリオ | 2030 | 2050 |
|-------------------------------------|------|-------|
| 拡大計画シナリオ | 563 | 408 |
| イノベーション実現シナリオ | 563 | 4,777 |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | 563 | 5,838 |

(3) 紙おむつ対策

1) 対策技術の概要

廃紙おむつの発生量は、今後の更なる高齢化による大人用製品の増加等に伴い、当分の間は増加し続ける見込みである。

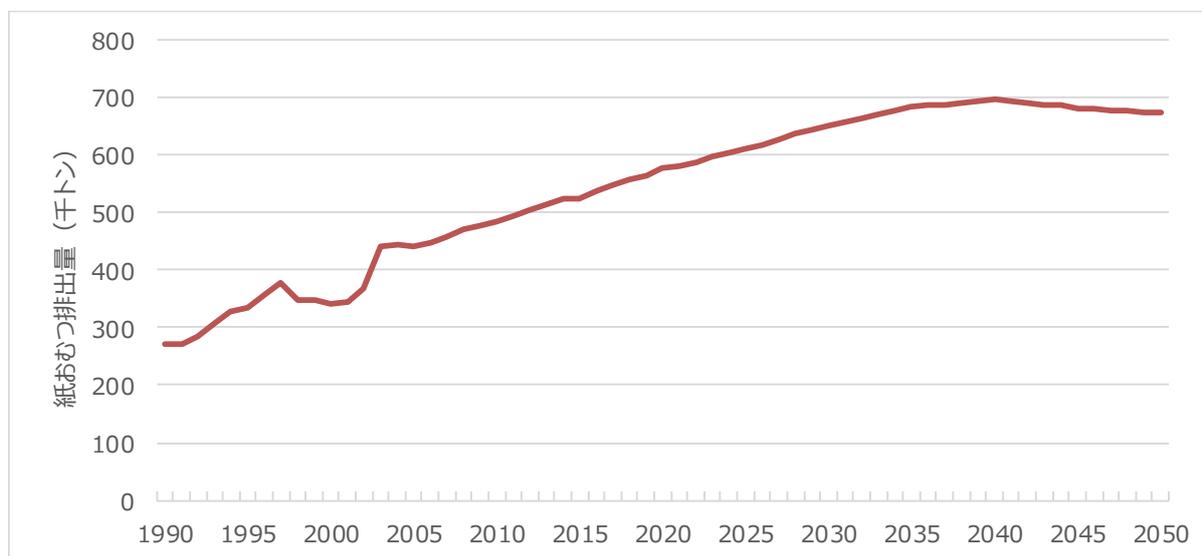


図 II-10 廃紙おむつの将来排出見通し (BAU シナリオ)

出典：「使用済み紙おむつの再生利用等に関するガイドライン，令和 2 年 3 月，環境省」の紙おむつ排出原単位に、「男女年齢 5 歳階級別人口、年齢構造係数および性比(総人口)：出生中位(死亡中位)推計，国立社会保障・人口問題研究所」から把握される年齢階級別人口を乗じて推計。

2) 対策導入の見通し

表 II-11 各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（紙おむつ）

| シナリオ | 重点対策領域I (資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化) |
|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 計画シナリオ 拡大計画シナリオ | — |
| イノベーション実現シナリオ | ・マテリアルリサイクル（2050年10%） ・バイオ素材化（2050年100%） |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | ・マテリアルリサイクル（2050年20%） |

3) 対策導入に必要な基盤整備

現在、廃紙おむつを素材として再生利用する「水溶化・分離処理によるパルプ・プラスチック回収方式」や「水溶化・分離・オゾン処理による水平リサイクルに向けたパルプ回収方式」等の取組が進められており、技術イノベーションによって循環的な利用が確立されることが期待される。

一方、現状では、廃紙おむつの発生抑制の大幅な進展を想定することは難しく、実質排出ゼロ化に向けては、紙おむつ中の重量のほぼ半分を占める石油由来素材のバイオマス化を進めることが必要である。

表 II-12 紙おむつの素材構成と素材バイオマス化の状況

| 紙おむつ素材 | 素材構成比 (重量比) | 炭素の 起源 | バイオマス化の状況 |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------|
| パルプ | 52% | 生物起源 | --- |
| アクリル酸ポリマー (SAP) | 20% | 石油起源 | 発酵法については実証中、マスバランス品は欧州で一部上市 |
| ポリエチレン (PE) | 6% | 石油起源 | 発酵法については実用化済、マスバランス品はまもなく上市 |
| ポリプロピレン (PP) | 17% | 石油起源 | 発酵法については実証中、マスバランス品はまもなく上市 |
| スチレン樹脂 (PS) | 5% | 石油起源 | マスバランス品が今後上市の見込み |

4) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

表 II-13 紙おむつ対策によるシナリオ別 GHG 削減効果試算結果（対 BAU シナリオ）

単位 千 tCO₂

| シナリオ | 2030 | 2050 |
|-------------------------------------|------|------|
| 拡大計画シナリオ | 0 | 0 |
| イノベーション実現シナリオ | 0 | 820 |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | 0 | 820 |

(4) 紙くず対策

1) 対策技術の概要

紙くずを焼却した場合、紙の中に含まれる顔料・填料・サイズ剤等の紙製造時の添加剤や、紙製品の製造時に用いられる接着剤・インキ・コーティング等を起源とする CO₂ が排出される。

2019 年度の紙くずの焼却に伴う CO₂ 排出量は約 120 万トン CO₂ であり、大きな流れとしては減少傾向にあるものの、近年は横ばいで推移している。

対策技術としては、発生抑制、マテリアルリサイクルが挙げられる。

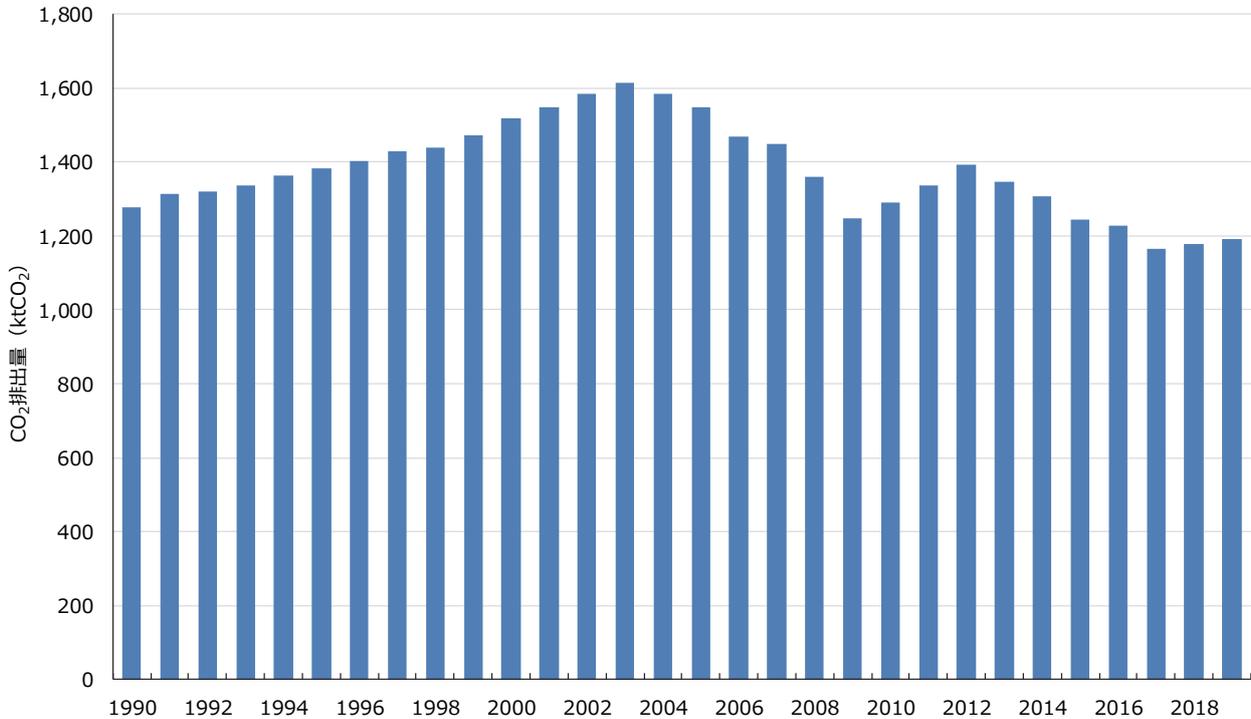


図 II-11 紙くずの焼却に伴う化石由来の CO₂ 排出量の経年変化

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

2) 対策導入の見通し

京都市の令和元年度のごみ組成調査結果より、発生抑制に関しては、使い捨てられている紙くずの割合（約 20%）に基づいて設定した（イノベーション発展シナリオ）。マテリアルリサイクル率も同調査結果より、再資源化可能物割合（約 60%）に基づいて、焼却からマテリアルリサイクルに回る割合として設定し（イノベーション実現シナリオ）、イノベーション発展シナリオは 15% 積み増した。

表 II-14 各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（紙くず）

| シナリオ | 重点対策領域I (資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 計画シナリオ 拡大計画シナリオ | — |
| イノベーション実現シナリオ | ・マテリアルリサイクル (2050年60%) |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | ・発生抑制 (2050年20%、一般廃棄物) ・マテリアルリサイクル (2050年75%) |

3) 対策導入に必要な基盤整備

当該 CO2 排出の実質ゼロ化に向けて、リサイクルによる焼却回避だけでなく、本格的なペーパーレス化による発生抑制が求められる。また、紙の製造に用いられる物質由来の GHG 削減対策についても検討が必要と考えられる。

4) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

表 II-15 紙くず対策によるシナリオ別 GHG 削減効果試算結果（対 BAU シナリオ）

単位 千 tCO₂

| シナリオ | 2030 | 2050 |
|-------------------------------------|------|------|
| 拡大計画シナリオ | 0 | 0 |
| イノベーション実現シナリオ | 0 | 638 |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | 0 | 865 |

(5) 廃合成繊維対策

1) 対策技術の概要

サステイナブルファッション、長期使用、古着等利用（リユース）、適正な在庫・販売管理、アップサイクル、店頭回収の推進等により合成繊維くずの 2R 化が見込まれるが、定量的な見込みが困難であり、本試算では人口減少による発生抑制のみを想定した。

既に上市されている PLA・バイオ PET・PTT・バイオ PA・バイオ PBS に加え、PP（マスバランス）、バイオ PETS・PHBH 等の製品化準備が進められており、2050 年時点で現行の合成繊維くずの 5 割がバイオマス化されていると想定した。

エッセンシャルユースとして不織布用途の合繊繊維（マスク用途の PP）については優先的なバイオマス化を想定した。

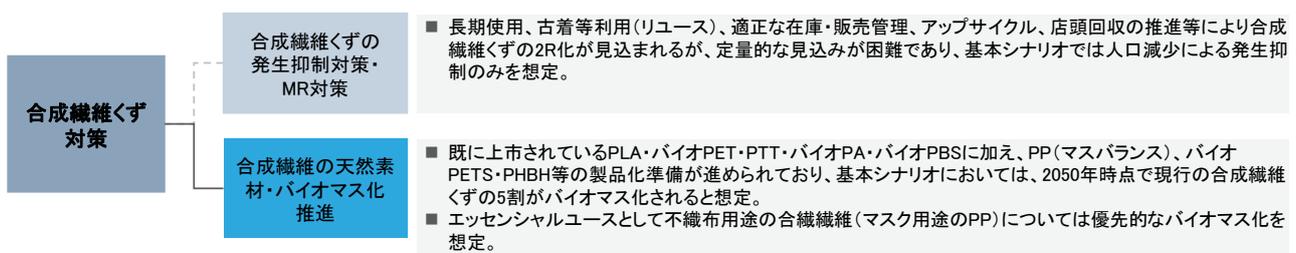


図 II-12 廃合成繊維対策の考え方

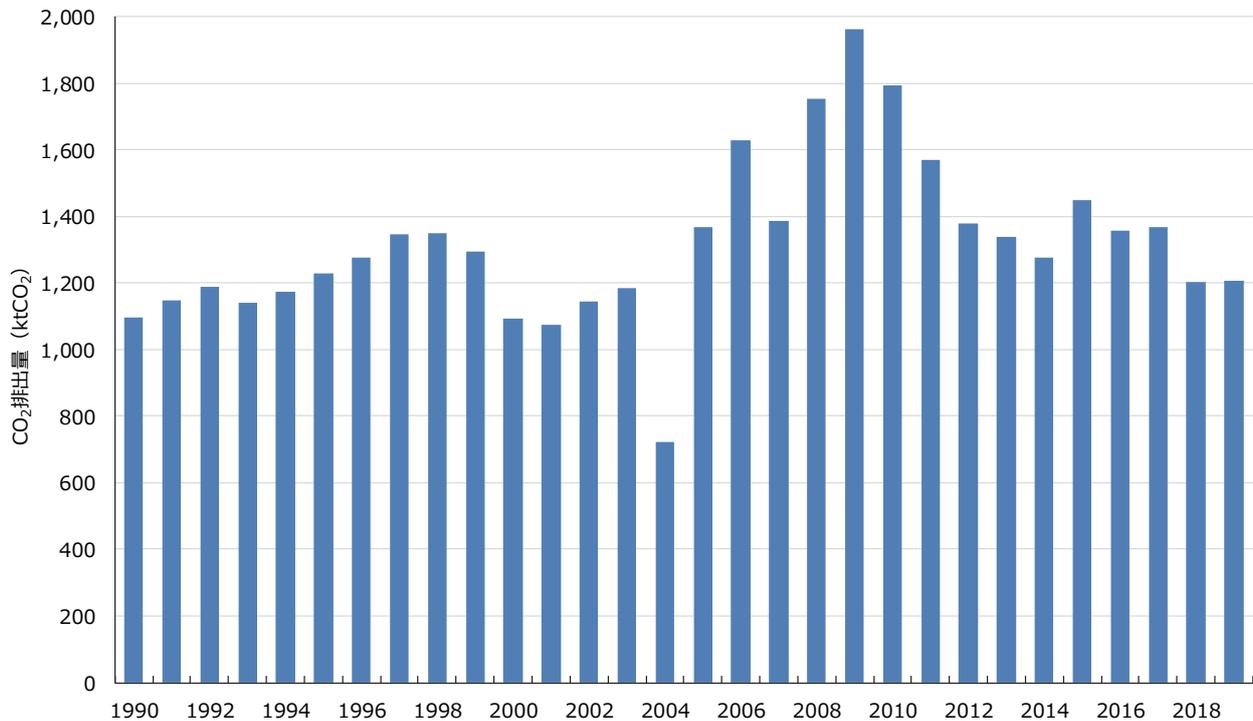


図 II-13 合成繊維くずの焼却に伴う化石由来のCO₂排出量の経年変化

2) 対策導入の見通し

表 II-16 各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要（廃合成繊維）

| シナリオ | 重点対策領域I (資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 計画シナリオ 拡大計画シナリオ | — |
| イノベーション実現シナリオ | ・マテリアルリサイクル (2050年30%) ・循環型ケミカルリサイクル (2050年10%) |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | ・循環型ケミカルリサイクル (2050年20%) |

3) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

表 II-17 廃合成繊維対策によるシナリオ別 GHG 削減効果試算結果（対 BAU シナリオ）

単位 千 tCO₂

| シナリオ | 2030 | 2050 |
|-------------------------------------|------|------|
| 拡大計画シナリオ | 0 | 0 |
| イノベーション実現シナリオ | 64 | 458 |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | 127 | 601 |

(6) 廃タイヤ対策

1) 対策技術の概要

廃タイヤは年間約 100 万トン発生するが、多くは ER されており、単純焼却や埋立はほとんどない。ただし、廃タイヤの ER に伴う石油由来の CO2 は年間 100 万トン CO2 程度発生している。

対策としては、①タイヤの長寿命化による発生抑制、②使用済みタイヤのリトレッドによる再使用、③廃タイヤの循環型 CR による再原料化、④天然素材（天然ゴムやバイオマス由来のカーボンブラック等）割合の増加が挙げられる。

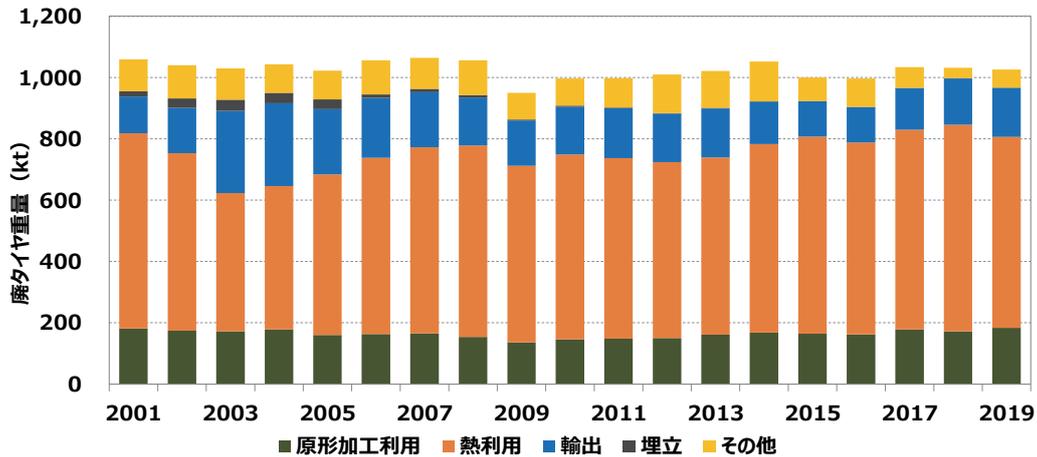


図 II-14 ER を中心とした廃タイヤ処理方法別の処理量の推移

出典：日本のタイヤ産業（一般社団法人日本自動車タイヤ協会）をもとに作図

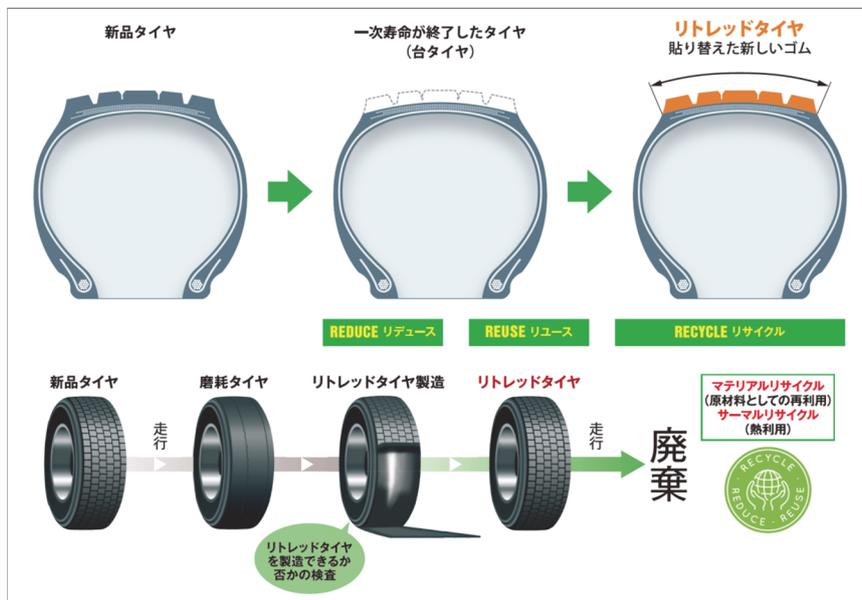


図 II-15 タイヤをリトレッドして再利用する事例

表 II-18 諸外国における廃タイヤのケミカルリサイクル事例

| 企業名 | CR技術 | 生成物・収率 | 用途・利用先 | その他 |
|-----------------------|------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BASF/ New Energy※1 | 熱分解 | 油分:47±4% カーボンブラック:40±4% | ・【油分】製油所、発電所燃料 ・【カーボンブラック】プラスチック産業、ゴム産業原料 | ・処理能力は10,000t/年 ・処理プロセス:タイヤのチップ化・スチールコード分離→熱分解(450°C、触媒無)→蒸気分離→油分・ガス・カーボンブラックに分離 |
| BASF/ Pyrum※2 | 熱分解 | 油分:40~50% コークス:38~45% | ・【油分】化学工業、製油所、カーボンブラック生産工場燃料 ・【コークス】カーボンブラック、土壌改良剤、代替燃料、ファイバー等 | ・処理能力は10,000t/年で、今後最大10万tまで増強予定 ・処理プロセス:粒径12mmに細断→熱分解リアクターで蒸気と固形物(コークス)に分離→油分の精製 ・タイヤ以外にPE、PET等も処理可能 |
| MICHELIN/ Enviro※3 | 熱分解 | 油分:46% カーボンブラック:33% | ・【油分】産業用燃料等 ・【カーボンブラック】ゴム用途(ファイバー)、黒色顔料等 | ・処理能力は30,000t/年 ・処理プロセス:前処理(細断等)→熱分解リアクター→油分、ガス、カーボンブラック、スチールに分離 |

※1 New Energy社ウェブサイト<https://newenergy.hu/technologie/technologie/> (2021年6月24日閲覧)

※2 Pyrum社ウェブサイト<https://www.pyrum.net/en/about-us/technology/> (2021年6月24日閲覧)

[https://www.pyrum.net/en/about-us/press/news/news-detail/news/dillinger-start-up-setzt-massstaebe-beim-altreifenrecycling/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx=Pyrum+Innovations+AG+Company+and+Technology+presentation\(Pyrum社\)+https://www.pyrum.net/fileadmin/user_upload/2019+Presentation+PyrumInnovationsAG.pdf?v=1551708462](https://www.pyrum.net/en/about-us/press/news/news-detail/news/dillinger-start-up-setzt-massstaebe-beim-altreifenrecycling/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx=Pyrum+Innovations+AG+Company+and+Technology+presentation(Pyrum社)+https://www.pyrum.net/fileadmin/user_upload/2019+Presentation+PyrumInnovationsAG.pdf?v=1551708462)

※3 Enviro社ウェブサイト<https://www.envirosystems.se/en/plants-circular-materials/> (2021年6月24日閲覧)

High quality carbon black from tyres(Enviro社)<https://www.envirosystems.se/app/uploads/Broschyr2017-smallfilesize.pdf> (2021年6月24日閲覧)

2) 対策導入の見通し

表 II-19 各シナリオで想定した温室効果ガス削減対策等の想定条件の概要 (廃タイヤ)

| シナリオ | 重点対策領域I (資源循環を通じた素材毎のライフサイクル全体の脱炭素化) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 計画シナリオ 拡大計画シナリオ | — |
| イノベーション実現シナリオ | ・リトレッド (2050年10%) ・循環型ケミカルリサイクル (2050年18%) ・石油成分のバイオマス化 (2050年34%) |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | ・リトレッド (2050年20%) ・循環型ケミカルリサイクル (2050年20%) ・石油成分のバイオマス化 (2050年44%) |

3) 対策導入に必要な基盤整備

自動車メーカーにおいては、自動車のライフサイクルでの排出ゼロ化に向けた取り組みが進められており、タイヤメーカーにおいても、そのサプライチェーンの一部としての対策が求められつつある。

4) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

表 II-20 廃タイヤ対策によるシナリオ別 GHG 削減効果試算結果 (対 BAU シナリオ)

単位 千 tCO₂

| シナリオ | 2030 | 2050 |
|-------------------------------------|------|------|
| 拡大計画シナリオ | 0 | 0 |
| イノベーション実現シナリオ | 0 | 403 |
| イノベーション発展シナリオ 実質排出ゼロ 最大対策シナリオ | 0 | 504 |

1.3 重点対策領域Ⅱ：地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システムの構築

(1) 有機性廃棄物対策

有機性廃棄物対策としては以下の2件が挙げられる。これらについて、対策技術の概要、対策導入の見通し、対策導入に必要な基盤整備及び対策導入コスト、対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果などの整理を行った。

- ✓ 食品ロス削減とバイオメタンの供給拡大（焼却施設の新規整備と合わせたメタン発酵施設の導入）
- ✓ 有機性廃棄物の埋立回避

1) 食品ロス削減

(a) 対策の概要

有機性廃棄物のうち、生ごみについては、食品ロスの削減（発生抑制）が重要となる。

食品廃棄物等は、平成30年度時点で、約2,500万トン/年、食品ロス発生量は約600万トン/年（家庭系276万トン、事業系324万トン）発生している。

「第四次循環型社会形成推進基本計画（平成30年6月19日閣議決定）」及び「食品リサイクル法に基づく基本方針（令和元年7月12日）」では、食品ロスは、2030年度までに2000年度比で半減を目標（2000年度、家庭系433万トン、事業系547万トンからの半減）としている。

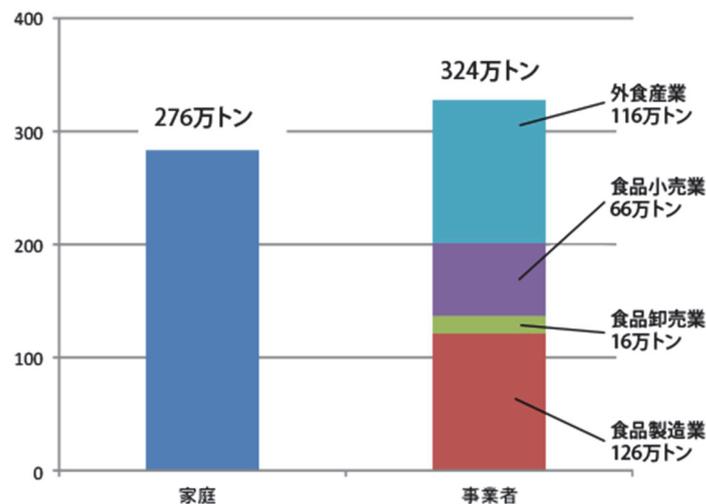


図 II-16 食品ロス発生量（平成30年度）

出典：環境省「食品ロスポータルサイト（<https://www.env.go.jp/recycle/foodloss/general.html>）」
（最終アクセス2021年9月17日）

(b) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

食品ロスの削減（発生抑制）は、農業生産、加工、流通、消費、処分の各過程でのGHG削減に寄与する対策となり、食品ロス分をLCAで評価すると1,727万t（日本のGHG総排出量の1.3%）（2015年度）に相当する^{※1}。

※1：環境研究総合推進費3-1903 我が国の食品ロス削減による環境・経済・社会への影響評価に関する研究（2020年9月19日シンポジウム講演資料）（東京工業大学 棟居洋介、国立環境研究所 増井利彦、金森有子）
<https://www.erca.go.jp/suishinhi/kenkyuseika/pdf/symposium_r02_Munesue.pdf>（最終アクセス2021年10月1日）

2) バイオメタンの供給拡大（焼却施設の新規整備と合わせたメタン発酵施設の導入）

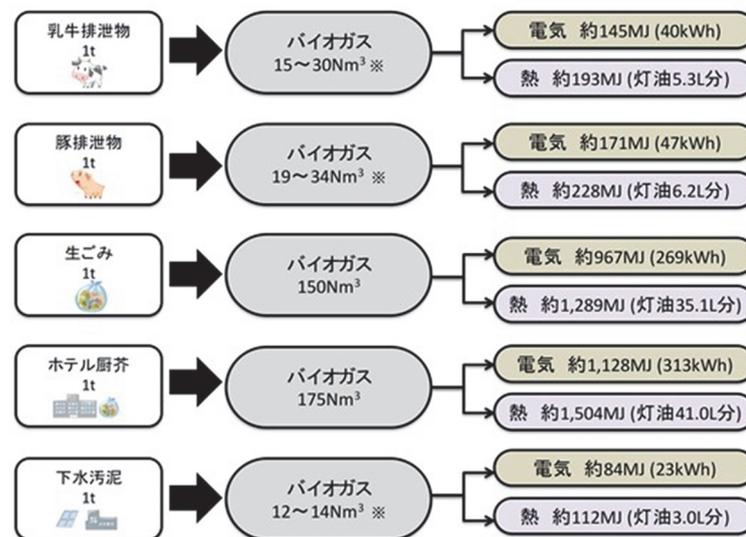
(a) 対策技術の概要

食品ロスの削減を進めても、調理くず等で一定量の生ごみは発生すると考えられ、また、家畜ふん尿や、し尿・浄化槽汚泥、下水汚泥など、人間・動物の排せつ物由来の廃棄物などは発生抑制困難な面がある。これらの含水率の高い有機性廃棄物は、既に適用できる技術であるメタン発酵によって有機性廃棄物からバイオガスと肥料成分を回収することで、燃料回収・循環利用が可能となる。

【参考】バイオマス種類別のバイオガス発生量

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）資料によれば、バイオマス資源1トン当たりのバイオガス発生量は以下の通りであり、家畜ふん尿で約15～34Nm³、生ごみで約150Nm³となっている。

また、乾式メタン発酵が対象とする紙ごみは食品廃棄物や家畜ふん尿と比較してガス発生量が大きいとされており、エネルギー利用または販売の観点で紙ごみ調達は有効としている。環境省資料によれば紙ごみ（紙系廃棄物）のバイオガス発生原単位は490m³/トンとなっている。



※ バイオガス発生量に幅があるバイオマスについては、中央値を用いて電気および熱を試算
 (前提) 発電効率30%、熱利用効率40%、メタン発熱量35.8MJ/Nm³、メタン濃度60%、灯油発熱量36.7MJ/Lを用いて算定

図 II-17 【参考】バイオマス種類別のバイオガス発生量及びエネルギー発生量

出典：バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第5版 実践編（メタン発酵系バイオマス）（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））

表 II-21 バイオマス種類別のバイオガス発生量及びメタン濃度

| | バイオガス発生原単位 (Nm ³ /t) | メタン濃度 (%) | 出 所 |
|--------|---------------------------------|-----------|--------------------------------------------------|
| 食品廃棄物 | 150 | 50～60 | 循環型社会形成推進交付金の交付標準値 |
| ホテル厨芥 | 175 | 55～60 | バイオガス研究会、京都バイオガス化技術実証プラント実証試験報告書 |
| 紙系廃棄物 | 490 | 55～60 | 同上 |
| 草木系廃棄物 | 85 | 55～60 | 同上 |
| 豚排せつ物 | 19～34 | 65～75 | バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価、農工研技法 204、2006 年 |
| 乳牛排せつ物 | 15～30 | 55～60 | 同上 |
| 下水汚泥 | 12～14 | 57～63 | 下水処理場へのバイオマス(生ごみ)受け入れマニュアル、下水道新技術推進機構、2011 年 3 月 |

出典：廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル（2017年、環境省）

表 II-22 紙ごみを含めた場合のバイオガス発生率の試算

| 項目 | | 東京二十三区清掃 一部事務組合 | 横浜市 | 札幌市 |
|--------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 選別後の組成 | 紙ごみ類 | 54.5% | 31.5% | 36.4% |
| | 生ごみ | 32.8% | 53.8% | 54.8% |
| | 草木類 | 3.9% | 6.3% | 0.9% |
| | プラスチック類、その他 | 8.8% | 8.4% | 7.9% |
| | 合計 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| バイオガス発生率(試算) | | 263 Nm ³ /t | 198 Nm ³ /t | 214 Nm ³ /t |

出典：バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第5版 実践編（メタン発酵系バイオマス）（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））

また、バイオガスには、メタン成分が多く含まれており、化石燃料から脱却する必要のある脱炭素社会では、貴重なカーボンニュートラル燃料となると考えられる。

EU での脱炭素シナリオにおいては、バイオガスがエネルギー供給（キャリア）全体の中で一定の役割を果たす想定となっている。また、欧州のガス業界の調査研究においてもガスの脱炭素化のためには水素と並び、バイオメタンもガスの脱炭素化の主力であり、2030年時点では水素よりもバイオメタンの方が供給量が圧倒的に多い想定が示されている。なお、電気から変換したメタンの供給割合は、バイオメタンや水素に比べて小さい。また、ガスの供給量（＝需要量）は2020年から2050年にかけてエネルギー量で見ると、5000TWh弱から3000TWhへと大きく減少する想定となっており、その中でメタンは、建物用途や発電・産業用は縮小し、重量貨物で多く用いられる将来の想定となっている。

（“Gas Decarbonisation Pathways 2020–2050”, April 2020, Gas for Climate（欧州の主導的送ガス10事業者と再生可能ガス業界2団体）より）

国内では、「カーボンニュートラルチャレンジ2050（2020年11月、一般社団法人日本ガス協会）」では、「バイオガスも活用して、ガス自体の脱炭素化を進めていきます。」とされており、「2050年に向けたガス事業の在り方研究会中間とりまとめ（概要）（令和3年4月、資源エネルギー庁）」においては、対応の方向性・具体的な取組として、「バイオガスの導入促進」等も記載されている。（表 II-23 参照）

ただし、中長期シナリオ（案）の試算では従来型のオンサイトの発電用途を想定しており、バイオメタンとしての供給をシナリオに含めることも今後の課題となる。

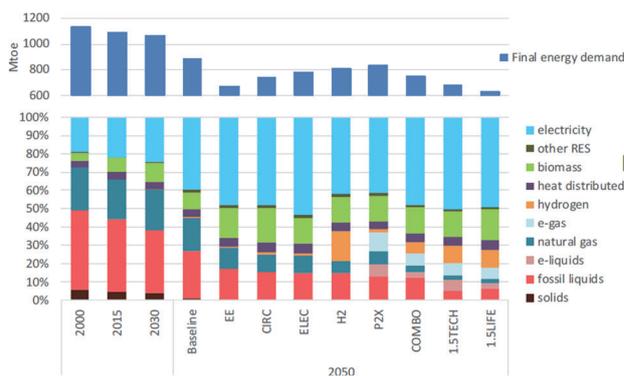
【参考】バイオメタンについて

バイオメタンとは、IEA（“Outlook for biogas and biomethane”,2020）も参考にすれば、（メタン発酵で得られる）バイオガスまたは固体バイオマスのガス化に由来する、ほぼ純粋なメタンのことを指し、現状では前者によるものが大半となる。

バイオガスからバイオメタンへの転換は、従来はアップグレードと呼ばれるバイオガスに含まれるCO₂などの不純物を除去するプロセスによっていたが、近年では、アップグレード後に分離されたCO₂もメタネーションする方法やアップグレードせずにバイオガスのメタネーションを行う直接メタネーションなどの手法の研究開発が進んでいる（参考：Colletら2017）。

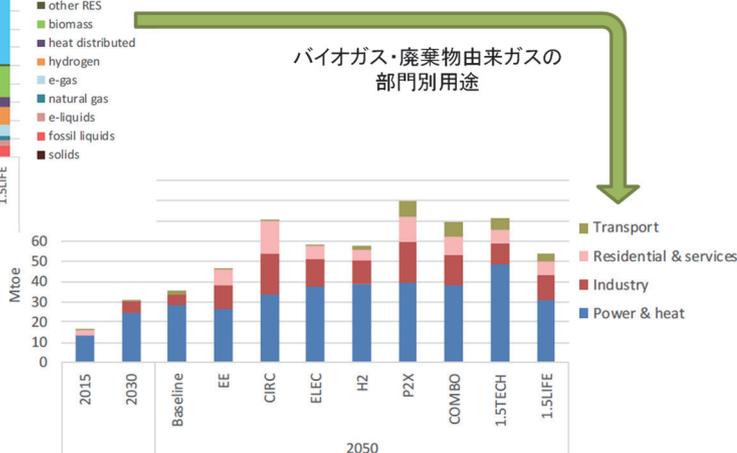
例えば、EUの脱炭素シナリオでも、バイオガスはエネルギーキャリア全体のうち一定の割合を占

めている。



最終消費に占めるエネルギーキャリアの構成
("biomass" は廃棄物が含まれたカテゴリ)

バイオマス・廃棄物からのエネルギー供給のうち、
バイオガスが大きな割合を占めている。
=エネルギーキャリア全体でみても一定の割合を占める。



Note: "Residential & services" also includes agriculture.

図 II-18 バイオガス・廃棄物由来ガスの部門別用途

参考：EUの長期戦略の策定に用いられた8つの脱炭素シナリオにおけるバイオガスの状況

出典：「IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773, EUROPEAN COMMISSION」より作成

表 II-23 日本におけるガス事業に関する対応の方向性/具体的な取組

| 対応の方向性・具体的な取組 | | |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 脱炭素化に資するガスの役割 | | |
| 手段 | 主な課題 | 対応の方向性/具体的な取組 |
| 全体 | <ul style="list-style-type: none"> ガスの脱炭素化(合成メタン等カーボンニュートラルガス導入促進) ガスの脱炭素化に資する熱管理制度の整備 CO2削減量のカウンットの整理 熱の有効利用に資する分散型エネルギーシステムの推進 | <ul style="list-style-type: none"> (官)ガスの脱炭素化に資する制度の整備(例えばエネルギー供給構造高度化法への位置づけ等) (官民)カーボンニュートラルガスの導入促進に向け官民で取組を推進する体制の整備 (民)低熱量のカーボンニュートラルガスの比率増加を踏まえた熱量引き下げ (官)カーボンニュートラルに資するCO2削減量のカウンットの整理 (官民)再生可能エネルギー、ガスコジェネ、VPPなどデジタル技術等を活用した分散型エネルギーシステム(エネルギーの画期的利用)の推進 |
| メタネーション | <ul style="list-style-type: none"> メタネーション設備の大型化、更なるイノベーション 安価な水素・CO2の調達 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)技術開発の促進、実証事業の実施(NEDO事業等) (官民)海外サプライチェーン構築に向けた取組の推進(FS調査・実証の検討) (民)安価な水素製造の技術開発 |
| カーボンニュートラルLNG | <ul style="list-style-type: none"> クレジット付LNG(カーボンニュートラルLNG、CNL)導入促進 | <ul style="list-style-type: none"> (民)ガス事業者・民間団体等によるCNLの社会的価値向上に向けた取組の推進 |
| 天然ガス+CCS/CCU | <ul style="list-style-type: none"> CCSの実施場所の確保 CCUSの技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> (官)CCSの適地選定 (官民)CCUS技術開発の推進(需要家側でのCCUS事業の実用化等) |
| DACCS | <ul style="list-style-type: none"> DACの技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)技術開発の促進 |
| 水素直接利用 | <ul style="list-style-type: none"> 安価な水素供給 需要側機器等での対応 国内輸送・貯蔵のためのインフラ整備 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)国内外水素サプライチェーン構築・水電解装置大型化等のための技術開発・実証 (官民)水素発電や水素バーナー等の実装に向けた技術開発等 (民)地域ポテンシャル可能性調査、適地等選定(地方ガス事業者参画)、モデル事業検討 |
| バイオガス | <ul style="list-style-type: none"> バイオガスの導入促進 | <ul style="list-style-type: none"> (民)ガス事業者の主体的取組の推進、日本ガス協会等による積極的支援(地域ポテンシャル可能性調査の実施) |
| トランジションにおける燃料転換 | <ul style="list-style-type: none"> 産業部門の需要家等の熱需要の脱炭素化 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)石炭・石油等から天然ガスへの燃料転換の推進、高効率ガスコジェネ等導入支援 (官民)トランジション・ファイナンスの促進 |
| 高いレジリエンスに資するガスの役割 | | |
| 手段 | 主な課題 | 対応の方向性/具体的な取組 |
| 電気・ガスの安定供給 | <ul style="list-style-type: none"> 安定供給に資する燃料の確保 ガスインフラの整備 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)緊急時も含めたLNGの安定供給確保 (官民)ガスインフラの強靱性の向上 |
| デジタル化 | <ul style="list-style-type: none"> スマートメーターの普及 保安の高度化 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)ガス・電気等の共同検討の検討、デジタルなどデジタル技術等を活用した分散型エネルギーシステム(エネルギーの画期的利用)の推進 (官)スマート保安の取組の推進 |
| 分散型エネルギーシステム | <ul style="list-style-type: none"> 分散型エネルギーシステムの推進 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)再生可能エネルギー、ガスコジェネ、VPPなどデジタル技術等を活用した分散型エネルギーシステム(エネルギーの画期的利用)の推進 (官)強靱化に向けガスコジェネ等導入支援 |
| 電気・ガスの融合 | <ul style="list-style-type: none"> セクターカップリングの推進 | <ul style="list-style-type: none"> (官民)PtG: 合成メタン製造等技術開発、GtoP: 分散型エネルギーシステムの推進 (官)セクターカップリングの導入推進策等の検討 |
| 総合エネルギー企業としてのガス事業者の役割 | | |
| 手段 | 主な課題 | 対応の方向性/具体的な取組 |
| 総合エネルギー企業化 | <ul style="list-style-type: none"> 国内外への事業展開の更なる促進 | <ul style="list-style-type: none"> (民)LNGサプライチェーンにおける取組(調達先の多様化、トレーディング、LNG取引の最適化、海外ガスサービス事業の展開、連携、デジタルを活用した新たなサービス等)の推進 (官)LNGサプライチェーンにおける取組を促進する環境整備 |
| 地域課題解決に資するガス事業者の役割 | | |
| 手段 | 主な課題 | 対応の方向性/具体的な取組 |
| 地域における脱炭素化・低炭素化 | <ul style="list-style-type: none"> 地域資源を活用した地域の脱炭素化(エネルギーの地産地消) 脱炭素化技術の地方展開 地域におけるセクターカップリングの推進 トランジションにおける地域の熱需要のCO2削減 | <ul style="list-style-type: none"> (民)ガス事業者の主体的取組の推進(再生エネルギー等の積極的な取組)、日本ガス協会等の積極的支援(地域ポテンシャル可能性調査等)、同業種・他業種・金融・自治体との連携 (官民)石炭・石油等から天然ガスへの燃料転換の推進、高効率ガスコジェネ等導入支援 |
| ガス事業者の経営基盤強化 | <ul style="list-style-type: none"> 電気・ガスの両事業に取り組むなど経営の多角化 デジタル技術の活用 同業種・他業種・金融・自治体等ステークホルダーと連携 地域社会の課題解決へ貢献 | <ul style="list-style-type: none"> (民)ガス事業者自らの主体的取組の推進(電気・LPGなど経営多角化の推進、業務効率化や新サービス創出に資するデジタル技術の活用、同業種・他業種との連携、脱炭素化やまちづくりなど地域社会の課題解決に関する自治体・金融等との連携) (官民)日本ガス協会・経済産業局等による積極的支援(成功事例の構築、推進型支援等) |

出典：「2050年に向けたガス事業の在り方研究会中間とりまとめ(概要)(令和3年4月、資源エネルギー庁)」に赤点線枠を追加

(b) 対策導入の見通し

a) これまでの状況

環境省では、平成 23～24 年度に実施した「廃棄物系バイオマス利用推進事業」において、バイオマス活用推進基本計画に定められた利用率の目標達成のために必要な技術や施策及びこれらの導入時期の見込み等を示したロードマップを作成している。

廃棄物系バイオマス（食品廃棄物）のロードマップでは、2020 年度の利用率 40%を目標として掲げているが、一般廃棄物での利用率は近年概ね横ばいで推移している。（図 II-19 参照）

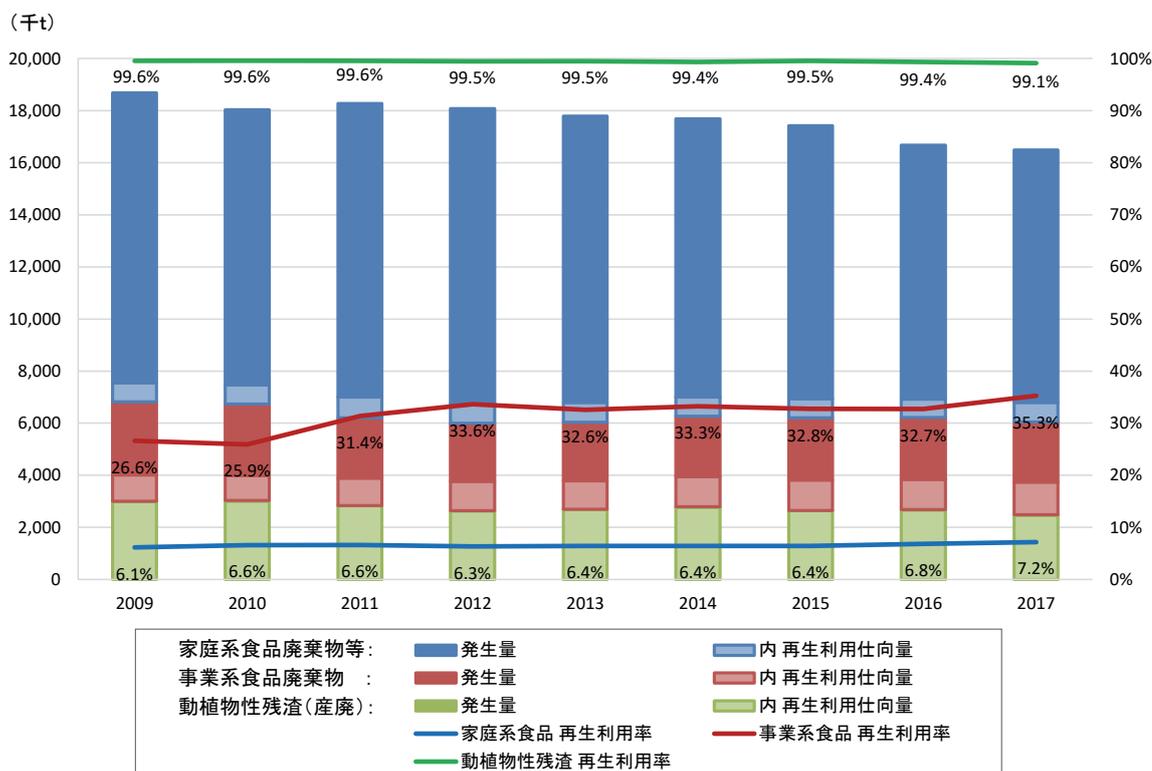


図 II-19 廃棄物系バイオマス（食品廃棄物）利用率の推移

出典：令和 2 年度「中小廃棄物処理を通じた資源循環・エネルギー回収促進方策モデル調査検討委託業務報告書」（令和 3 年）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より作成

なお、現在の「バイオマス活用推進基本計画」は平成 28 年 9 月 16 日閣議決定されたものであるが、令和 3 年 12 月 20 日に開催された「第 9 回 バイオマス活用推進会議」において、武部農林水産副大臣より「我が国は、2050 年カーボンニュートラルという目標を掲げ、政策を総動員してグリーン社会の実現に注力していくこととしています。その中で、国内の再生可能な資源であるバイオマスを利用することは、近年ますます重要になっております。このような情勢も踏まえながら、平成 28 年の策定から約 5 年が経過したバイオマス活用推進基本計画について、これまでの実績や成果を考慮しつつ、基本計画の見直し作業を進めていきたい」ことが述べられている。そして、バイオマス活用推進専門家会議を設置し、年度内を目途に推進会議に報告ができるよう検討を進めることとされた。

バイオマス活用推進専門家会議第 1 回会議（令和 4 年 1 月 6 日）では、「資料 5 新たな目標設定の方向性について（たたき台）」において、現在の利用状況と 2030 年度の発生量の推定結果が示されている。第 2 回会議（令和 4 年 3 月 15 日）では、「資料 1 バイオマス活用推進基本計画骨子（案）のポイント及び目標（案）について」が提出された。その中では、食品廃棄物は現在の計画よりも大幅に高い目標水準が示されている。ここで、「新たな目標（案）の参考資料」をみると、今回からは有価物

や熱回収等も活用量に含める方向での数値であることが分かる。また、含水率の想定が大きく見直された結果、食品廃棄物の炭素量の数値も大幅に増大している。その他に、新たに設定されている「下水道バイオマスリサイクル率」についても説明がなされている。

○ 各バイオマスの利用の現状について、詳細は以下のとおり。また、過去のトレンドや既存の計画等に基づいて、バイオマスの種類毎の2030年の発生量を以下のとおり推計すると、バイオマス全体の賦存量はほぼ横ばいになる見込み。

| バイオマスの種類 | 2021年とりまとめ | | | 2030年賦存量の推計 | |
|------------------------------------|------------|-------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| | 年間発生量 | 利用率 | 利用の現状 | 年間発生量(推計) | 発生量推計の考え方 |
| 家畜排せつ物 (目標: 約90%) | 約8,000万ト | 約86% | 農地還元やエネルギー利用で利用される。90%が物理的な回収限界 | 約8,335万ト | 主に肉用牛の増頭が見込まれるため、家畜排せつ物の発生量も増加と推計 |
| 下水汚泥 (目標: 約85%) | 約7,900万ト | 約75% | 建設資材、緑農地利用、燃料化等で利用。経済性の問題から利用が困難なものもある | 約7,400万ト | 将来の人口減少等傾向を踏まえ、減少と推計 |
| 黒液 (目標: 約100%) | 約1,200万ト | 約100% | ほぼ全量がボイラー燃焼でエネルギー利用 | 約1,127万ト | 過去のトレンドを反映し、パルプ製造の減少に伴い減少と推計 |
| 紙 (目標: 約85%) | 約2,500万ト | 約80% | 8割が古紙回収され、再生紙として利用。再生不能なものもある | 約2,171万ト | 過去のトレンドを反映し、減少と推計 |
| 食品廃棄物 (目標: 約40%) | 約1,500万ト | 約29% | 肥料化、飼料化、メタン化等に利用。特に小売業・外食産業や、家庭系廃棄物の利用が課題 | 約1,157万ト | 2030年に食品ロスを2000年比50%削減する目標や、過去のトレンドを反映して減少と推計 |
| 製材工場等残材 (目標: 約97%) | 約510万ト | 約98% | ほぼ回収限界と考えられる約98%が木質ボードや製紙原料、エネルギー利用等で利用される | 約690万ト | 過去のトレンドを反映して増加と推計 |
| 建設発生木材 (目標: 約95%) | 約550万ト | 約96% | 処理施設の立地条件を考慮するとほぼ限界まで利用していると考えられる | 約550万ト | 2010年以前の推移及び昨今の公共事業規模を反映し、横ばいと推計 |
| 農作物非食用部 (すき込みを除く) (目標: 約45%) | 約1,200万ト | 約31% | 畜舎敷料、堆肥、粗飼料、マルチ、厩舎資材等に利用されている一方、発生量の約6割はすき込みされている | 約1,176万ト | 過去のトレンドを反映して減少と推計 |
| 林地残材 (目標: 約30%以上) | 約970万ト | 約29% | バイオマス発電の利用が増える中で利用率は伸びているが、経済性を確保するためには更なる未利用材の効率的な運搬収集システムの構築を進めることが前提となる | 約1,080万ト | 林業・木質バイオマス発電の成長産業化に向けた研究会(第1回研究会)で2025年に1,040万トンに増加する見込みであり、そのままの増加傾向が続く場合の推計 |
| 合計 | 約24,330万ト | | | 約23,704万ト | |

図 11-20 バイオマスの現在の利用状況と 2030 年の発生量の推定

出典：バイオマス活用推進専門家会議第1回会議(令和4年1月6日)「資料5 新たな目標設定の方向性について(たたき台)」

- 化石燃料由来の製品やエネルギーの代替に資するバイオマスの利活用は、2050年カーボンニュートラルの実現に向けてバイオマスのフル活用が重要。
- 現在主要指標に含まれていないバイオマス以外にも様々なバイオマスが存在することから、主要指標以外のバイオマスにおいても利活用の可能性があると思慮。また、賦存量や利用量を把握し、地域にある様々なバイオマスの活用を推進してはどうか。
- 様々なバイオマスの利活用を含め、バイオマスの年間産出量約80%を2030年目標値として目指してはどうか。

| | 最新とりまとめ(2019) | | | 2030年目標 (利用率) |
|--------|---------------|-----------|------|------------------|
| | 発生量 | 利用量 | 利用率 | |
| 主要指標合計 | 約24,330万ト | 約18,120万ト | 約74% | 約80% |

| バイオマスの種類 (主要指標) | 2025年 目標 | 2019年時点 | | | 2030年 目標 |
|----------------------|-------------|----------|----------|-------|-------------|
| | | 発生量 | 利用量 | 利用率 | |
| 家畜排せつ物 | 約90% | 約8,000万ト | 約6,900万ト | 約86% | 約90% |
| 下水汚泥 下水汚泥リサイクル率 | 約85% | 約7,900万ト | 約5,900万ト | 約75% | 約85% |
| 下水道バイオマスリサイクル率 | - | - | - | 35% | 約50% |
| 黒液 | 約100% | 約1,200万ト | 約1,200万ト | 約100% | 約100% |
| 紙 | 約85% | 約2,500万ト | 約2,000万ト | 約80% | 約85% |
| 食品廃棄物 | 約40% | 約1,500万ト | 約440万ト | 約29% | 約63% |
| 製材工場等残材 | 約97% | 約510万ト | 約500万ト | 約98% | 約98% |
| 建設発生木材 | 約95% | 約550万ト | 約530万ト | 約96% | 約96% |
| 農作物非食用部 (すき込みを除く) | 約45% | 約1,200万ト | 約370万ト | 約31% | 約45% |
| 林地残材 | 約30%以上 | 約970万ト | 約280万ト | 約29% | 約33%以上 |

※総バイオマスの合計は、主要指標及び主要指標以外のバイオマスの総重量

(例) 主要指標以外のバイオマス

- ・サトウキビ残渣(バカス)
- ・果樹剪定枝
- ・きのこ廃菌床
- ・野菜や花きの残渣・残幹(トマト、キュウリ等)
- ・竹
- ・街路樹の剪定枝
- ・河川敷の雑草
- ・ダム等の流木
- ・水草
- ・わかめの茎
- ・廃食油
- 等

図 11-21 国が達成すべき目標(バイオマスの利用率)

出典：バイオマス活用推進専門家会議第1回会議(令和4年3月15日)「資料1 バイオマス活用推進基本計画骨子(案)のポイント及び目標(案)について」

b) 中長期シナリオ（案）における想定

平成 30 年度時点の食品産業（食品製造業、食品卸売業、食品小売業、外食産業）全体の食品廃棄物等の発生量は 1,765 万トン/年、うち食品リサイクル法に基づく再生利用の実施量は 1,218 万トン/年であり、再生利用の用途別内訳は、飼料（74%）、堆肥（17%）、メタン（4%）、油脂・油脂製品（4%）となっている。

一方、家庭由来の食品廃棄物（厨芥類）については、その多くが焼却処理されている。メタン発酵施設の整備は、ごみ焼却施設の稼働率に余裕がある場合などは、市町村からみていわば二重投資になる恐れもある。そのため、ごみ焼却施設の更新時期に合わせてメタン発酵による処理も導入することが合理的と考えられ、当該部分を中長期シナリオ（案）におけるメタン発酵施設導入拡大の想定部分とした（図 II-22 参照）。

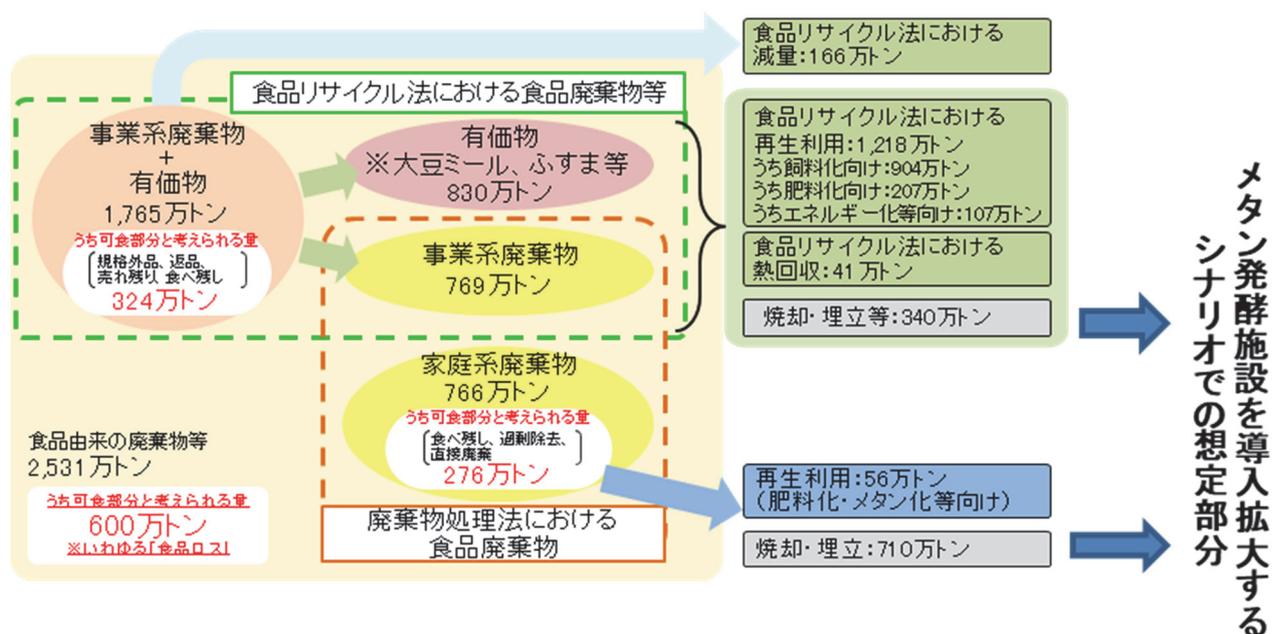


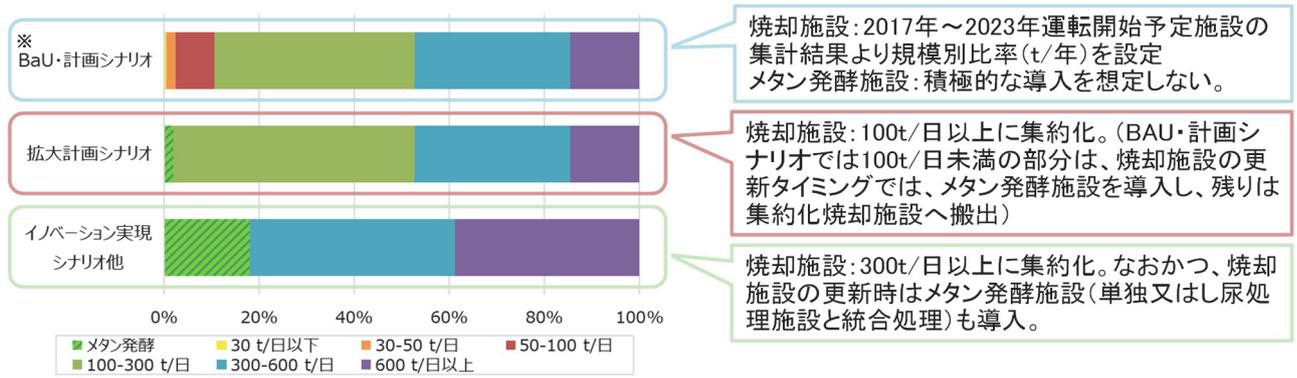
図 II-22 食品廃棄物等の利用状況等（平成 30 年度推計）

出典：「食品廃棄物等の利用状況等（平成 30 年度推計）＜概念図＞（環境省）」より抜粋・加筆

焼却施設は 100t/日以上、300t/日以上と集約化が進み、メタン発酵施設は焼却施設との同時導入が進むことを想定すると、2031 年以降の運転開始分について、焼却施設の新設時における構成比率は図 II-23 に示すとおりとなった。

なお、メタン発酵施設の導入時の想定は、市町村毎の一人当たりメタン発酵の年間処理量（図 II-24 参照）をみると、機械選別の 1 事例で最も大きくなっている（100kg/人年を上回る）が、比較的以前より生ごみの分別収集を実施している市町（例：大木町）もそれに次ぐ水準となっている。

そのため、本試算では、新規に整備する「焼却施設での処理量＋メタン発酵施設の処理量」のうち、メタン発酵施設での処理量は一人当たり 50kg/人年を想定した（残りは焼却されると想定）。



※ 2017年度～2030年度の新規導入施設は、全シナリオにおいてこの構成比率を設定

図 II-23 焼却施設の新設時における構成比率（2031年以降の運転開始分）

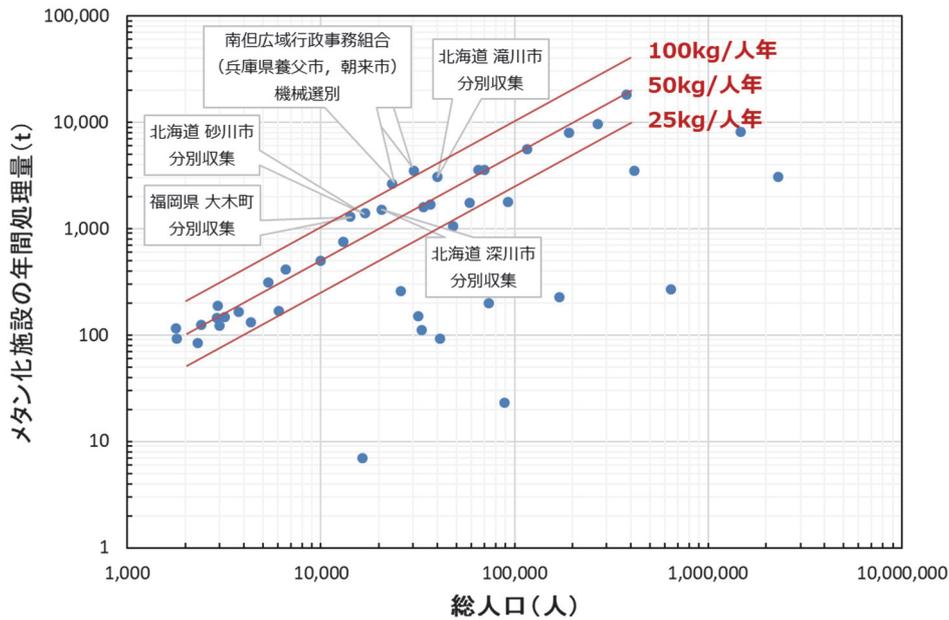


図 II-24 市町村毎の一人当たりメタン発酵の年間処理量

出典：「令和元年度一般廃棄物処理実態調査結果（環境省）」より作成

c) 既往研究事例

以下に既往研究事例として、酒井・矢野（2014）の概要を示す。施設更新後にバイオガス化施設を導入し食品廃棄物をバイオガス化、かつ残りの可燃ごみは焼却処理することで発電が増加することが示されており、バイオガス化施設の発電ポテンシャルは2020年で1,200GWh/年（発電能力17万kW）、2030年で2,800GWh/年（発電能力41万kW）とされている。

【参考】食品廃棄物のバイオガス化ポテンシャル推計研究事例

「食品廃棄物のリデュース・リサイクルによる都市廃棄物処理戦略に関する展望（酒井伸一・矢野順也）」

■食品廃棄物のエネルギーポテンシャル

2010年度の食品廃棄物発生量は1,713万ton（事業系641万ton、家庭系1,072万ton）であり、バイオガス化によるエネルギーポテンシャルは50.4PJ/年（1,713万ton/年×2,942MJ/ton）、未利用量1,337万ton/

年に対しては39.3PJ/年（1,337万ton/年×2,942MJ/ton-waste）と試算され、同年度の国内家庭部門年間最終エネルギー消費量の1.8%に相当する。

これは、生成ガス量ベースのポテンシャルであることから、施設稼働時の消費電力等も考慮すれば全量利用できるわけではないものの、相当量のエネルギーが廃棄されていることを示唆している。

■ 中小都市の廃棄物処理戦略とバイオガス化利用 施設更新に伴う食品廃棄物を含むMSW処理の中期戦略

2020年、2030年までに更新を迎える焼却施設に対して、処理シナリオを設定している。

・「中小都市焼却施設未発電」シナリオ（「S2020-A」、「S2030-A」）

現在発電を伴っている一部焼却施設が更新後に発電能力を失うシナリオ。ただし、更新後の規模として100ton/日以上処理能力となる施設において発電効率15%で発電可能とする。

・「高効率焼却発電+AD導入シナリオ」（「S2020-B」、「S2030-B」）

施設更新後にバイオガス化施設を導入し食品廃棄物をバイオガス化、かつ残りの可燃ごみは焼却処理。焼却施設規模100ton/日以上300ton/日未満の施設は発電効率15%、300ton/日以上の施設は発電効率20%、バイオガス化導入ケースでは発電効率40%のガスエンジン発電とする。

出典：酒井伸一、矢野順也、食品廃棄物のリデュース・リサイクルによる都市廃棄物処理戦略に関する展望。

(2014)．廃棄物資源循環学会誌，Vol.25，No.1，pp.55-68

※：論文中、全国規模での食品廃棄物のバイオガス化ポテンシャル推計に関連する箇所を抜粋。

表 II-24 2020年および2030年までに更新を迎える施設の更新時の建設施設数内訳

| 施設規模 (ton/日) | | 焼却施設のみ建設 | | 焼却施設+AD 施設建設 | |
|--------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 2020年 (S2020-A) | 2030年 (S2030-A) | 2020年 (S2020-B) | 2030年 (S2030-B) |
| 焼却施設 | 50未満 | 80 | 278 | 137 | 394 |
| | 50～100未満 | 68 | 165 | 80 | 198 |
| | 100～300未満 | 131 | 280 | 101 | 211 |
| | 300以上 | 62 | 134 | 23 | 54 |
| | 合計 | 341 | 857 | 341 | 857 |
| AD施設 | 20未満 | — | — | 124 | 386 |
| | 20～50未満 | — | — | 103 | 231 |
| | 50～100未満 | — | — | 67 | 129 |
| | 100以上 | — | — | 47 | 111 |
| | 合計 | — | — | 341 | 857 |

出典：酒井伸一、矢野順也「食品廃棄物のリデュース・リサイクルによる都市廃棄物処理戦略に関する展望」(2014)．廃棄物資源循環学会誌，Vol.25，No.1より作成

※：網掛けセル：発電を伴う施設

※：継続使用される焼却施設は除く

表 II-25 各施設の処理内訳

| | S2011 | S2020-A | S2020-B | S2030-A | S2030-B | |
|------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 焼却施設 | 35.1 | 34.2 | 30.8 | 32.1 | 24.1 | 百万 ton/年 |
| AD施設 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 0.0 | 8.0 | 百万 ton/年 |
| 合計 | 35.1 | 34.2 | 34.2 | 32.1 | 32.1 | 百万 ton/年 |

出典：酒井伸一、矢野順也「食品廃棄物のリデュース・リサイクルによる都市廃棄物処理戦略に関する展望」(2014)．廃棄物資源循環学会誌，Vol.25，No.1より作成

■施設更新に伴う発電ポテンシャル推計結果

2011年度実績と比較して、S2020-A : 27%増、S2030-A : 43%増、S2020-B : 37%増、S2030-B : 64%増。

バイオガス化施設の発電ポテンシャルは2020年で1,200GWh/年（発電能力17万kW）、2030年で2,800GWh/年（発電能力41万kW）。

(c) 対策導入に必要な基盤整備

食品製造業に比べ、食品小売業、外食産業においては、分別排出・収集運搬の負担、コスト等から、再生利用の実施率は低く、更なる再生利用が求められている。

また、事業系食品廃棄物のうち、食品リサイクル法対象業種では、外食産業での取組が不十分とされている。その原因としては、「食品関連事業者の取組意欲の不足、食品関連事業者に対する指導不足」、「再生利用事業者の偏在」、「市町村と再生利用事業者の処理価格の差」、「市町村の廃棄物処理計画における位置づけ不足」が指摘されており、対策の方向性も示されている。

市町村にあっては、「食品廃棄物の発生抑制や再生利用について一般廃棄物処理計画への位置づけ促進」、「事業系一般廃棄物の処理の有料化²等による経済的ディスインセンティブの解消の促進」、「多量に一般廃棄物を排出する事業者に対する指導の徹底の促進」が求められている。（「新たな基本方針の策定等について」（令和元年7月公表））

(d) 対策導入コスト

a) メタン発酵施設に関するコスト

表 II-26 によれば、メタン発酵施設の建設、維持に要するコストは、消化液を下水処理場での処理を行うよりも水処理を行う場合の方が大きいと試算されている。

具体的には、FIT を活用して 20 年間の施設を運用するとした場合、水処理の方が建設費は約 1.7 倍、維持管理費は約 1.1 倍となり、販売利益を差し引いた総コストベースでは、約 1.38 倍のコストを要するとされている。

また、現在は、バイオガス発電の FIT 売電価格が 39 円/kWh であり、バイオガス発電の促進要因と考えられる。これは含有メタンに換算（LHV 発電効率 35%と仮定）して、136 円/Nm³-CH₄（ただし発電機等の投資回収分を含む。）と試算され、バイオガスの燃料としての販売は経済的な優位性に劣っている可能性がある。

なお、メタン発酵の消化液を液肥として利用できない場合には、排水処理・下水道放流が必要となり、コスト・エネルギー面でマイナス要因となる。

² 有料化の手数料の水準設定の考え方が重要と考えられる。また、民間が生ごみのメタン発酵施設を整備するうえで、施設の許可だけでなく、市町村から業の許可が与えられる必要がある。

表 II-26 メタン発酵導入に伴うコスト比較

【バイオマス原料量：25 t/日】

| | 建設費 【百万円】 | 維持管理費 【百万円/年】 | 販売利益 【百万円/年】 | 総コスト：20年 【百万円】 (FIT活用の場合) |
|----------------------|--------------|------------------|-----------------|---------------------------------|
| 堆肥化 | 930 | 46.98 | 51.42 | 1,215 |
| メタン発酵（消化液は未処理） | 540 | 24.25 | 9.43 | 1,015（979） |
| メタン発酵（消化液を下水処理場で処理）※ | 540 | 46.05 | 12.46 | 1,482（1,446） |
| メタン発酵（消化液を水処理） | 900 | 51.77 | 12.46 | 2,045（1,982） |
| 炭化 | 480 | 86.67 | 5.49 | 2,252 |

【バイオマス原料量：50 t/日】

| | 建設費 【百万円】 | 維持管理費 【百万円/年】 | 販売利益 【百万円/年】 | 総コスト：20年 【百万円】 |
|----------------------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 堆肥化 | 1,350 | 76.21 | 102.83 | 1,310 |
| メタン発酵（消化液は未処理） | 940 | 33.47 | 19.22 | 1,512 |
| メタン発酵（消化液を下水処理場で処理）※ | 940 | 57.07 | 25.20 | 2,447 |
| メタン発酵（消化液を水処理） | 1,567 | 86.13 | 25.20 | 3,387 |
| 炭化 | 850 | 137.10 | 10.98 | 3,615 |

出典：バイオマス変換施設の性能コスト評価（国立研究開発法人農業食品産業技術総合研究機構）をもとに環境省が作成

出典：令和元年度 環境省行政事業レビュー公開プロセス（環境省・国土交通省連携事業「環境調和型バイオマス資源活用モデル事業」に関する説明資料）（環境省）

※：下水道利用料 200 円/t、運送費 20 百万円/年として環境省が試算

b) 生ごみの収集に関するコスト

岡田進太郎，古市徹，翁御棋，石井一英，藤山淳史（2014）「家庭系食品廃棄物の分別収集促進のためのシステム解析—北海道の市町村を対象として—」（第 42 回環境システム研究論文発表会講演集）では、「分別率(SR)」[%]、「単位収集コスト(Cunit.collect)」[円/トン]を評価指標とした研究が実施された。

分別率については、北海道内 179 市町村のうち、生ごみの分別収集を行っている 78 市町村を対象に生ごみの収集量と他のごみに混入している生ごみの量を問い合わせ、双方とも把握できた 23 市町村がサンプルとして採用（他のごみに混入している生ごみ量は、ごみ組成調査より可燃ごみ中の生ごみの割合を、全体の可燃ごみ収集量に乗じて算出）されており、分別率は平均 0.758（標準偏差 0.235）であった。一方、単位収集コストについては、北海道内 179 市町村のうち、収集費用を把握できた 152 市町村が有効サンプルとされた。

この 2 つの評価指標を目的関数とした重回帰分析結果より、以下のことが示されている。特に、生ごみの戸別収集については収集コストと正の相関がみられ、単位収集コストは 1.13 倍と増加が示唆されたとしつつ、係数が有意とは言えないので、生ごみの戸別収集によるコストの増加は影響がないとしつつ、直感と適合しないことから、データの精度を含めて検討の余地があるとしている。

住民の協力度（分別率）について：

- ・戸別収集の導入で分別率向上
- ・変換技術の適切な選択は住民の協力につながる
- ・行政の積極的な取組が住民の協力を促す
- ・都市化によって住民の協力度が低下する

- ・ 老年人口割合による分別率への正の相関

収集コストについて：

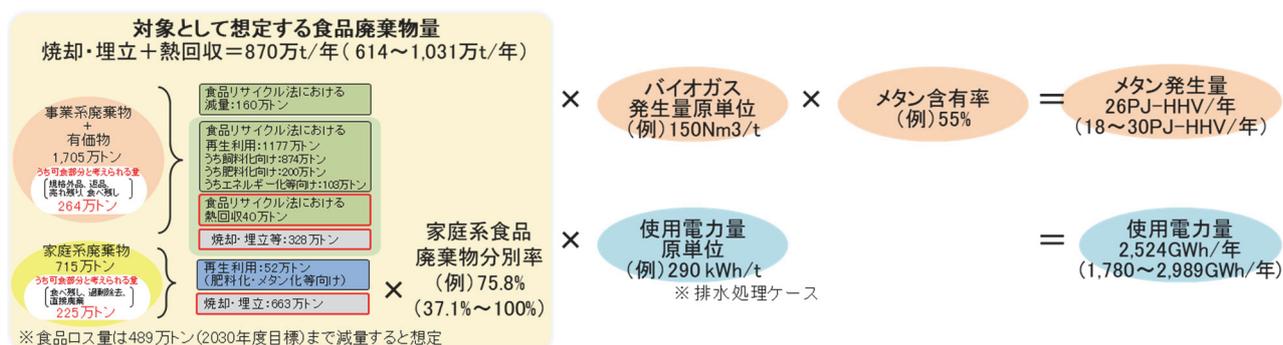
- ・ 生ごみの戸別収集の有無によるコストへの有意な影響差は見られなかった（検討の余地有り）
- ・ 単位収集コストについてごみ収集量の面から規模経済性を確認

(e) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

a) エネルギー回収ポテンシャルの概算

食品廃棄物からのバイオガス化エネルギーポテンシャルについて、2通りの方法で推計を行った。推計結果を以下に示す。

i. 食品廃棄物推計量より試算



ii. 食品廃棄物の分別・バイオガス化事例をもとに試算



b) メタン発酵技術ごとの温室効果ガス排出量削減効果等

国内で導入されているメタン発酵技術について、表 II-27 に示す文献について調査を行った。エネルギー消費量もしくは温室効果ガス排出量に関する記載について、概要を以降に示す。

表 II-27 国内で導入されているメタン発酵技術についての文献

| No. | 対象とするメタン発酵技術 | 文献名称等 |
|-----|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 湿式メタン発酵 (液肥利用・排水処理) | 中村ら (2008) 「消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果」 |
| 2 | | 農林水産省 (2014) 「食品産業リサイクル状況等調査委託事業 (リサイクル進捗状況に関する調査)」 |
| 3 | 乾式メタン発酵 (排水処理あり) | 矢野ら (2011) 「都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果」(廃棄物資源循環学会論文誌, Vol.22, No.1, pp.38-51, 2011) |

① 湿式メタン発酵技術（液肥利用／排水処理）に関するインベントリデータ

✓ 「消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果」

千葉県香取市における乳牛ふん尿（4.11 トン）・野菜加工残渣（0.69 トン）の計 4.8 トンの処理を対象に、湿式メタン発酵技術を用いた場合の温室効果ガス削減効果について検討している。

単位処理量当たりで、メタン発酵に伴う電力消費 100.4kWh のうち約 90%が加温に伴う消費である。

本文献は消化液の扱いとして液肥利用と排水処理の 2 パターンを想定し、CO₂ 排出量について比較している点が特徴的である。システム全体で見た場合、液肥利用を行うケースでは、主に化学肥料製造と排水処理の代替効果による約 15.9kg-CO₂/トンの排出削減効果があると試算されている。

表 II-28 メタン発酵システムの CO₂ 排出相当量及びメタン発酵・精製過程における電力消費量

| プロセス | 内訳等 | CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /トン] | 電力消費量 [kWh/トン] |
|---------|---------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|
| メタン発酵 | 加温に伴う電力消費 | 53.2 | 92.3 |
| | その他の電力消費 | 4.8 | 8.1 |
| メタン精製 | 電力消費 | 12.2 | 21.0 |
| | メタン生成※ | ▲24.8 | |
| 消化液輸送 | バキューム車 | 0.842 | |
| | 2 トントラック | 0.662 | |
| 消化液散布 | 液肥散布機 | 1.12 | |
| 土壌からの揮散 | 土壌からの N ₂ O 発生 | 5.09 | |
| 合計 | | 53.1 | |

出典：「中村ら. 消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果. (2008). 農業農村工学会誌, 第 76 巻, 11 号, pp.13-16」より作成

※：メタン生成による CO₂ 削減効果については、本文献で想定されている日量 4.8 トンの処理でメタン濃度 58%のバイオガスが 94.4Nm³ が生成するケースの数値であり、単位処理量当たりのバイオガス発生量は約 19.7m³/トンとなる。なお、NEDO「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第 5 版 実践編（メタン発酵系バイオマス）」によれば、生ごみ 1 トン当たりのバイオガス発生量は 150Nm³ とされている。したがって、本文献ではバイオガス発生量が少ない乳牛ふん尿の処理割合が大きいため、メタン生成による CO₂ 削減効果が小さい値となっていると考えられ、上表が基になっている右表のメタン発酵・精製に伴う CO₂ 排出量も正の値として試算されている点に留意が必要。

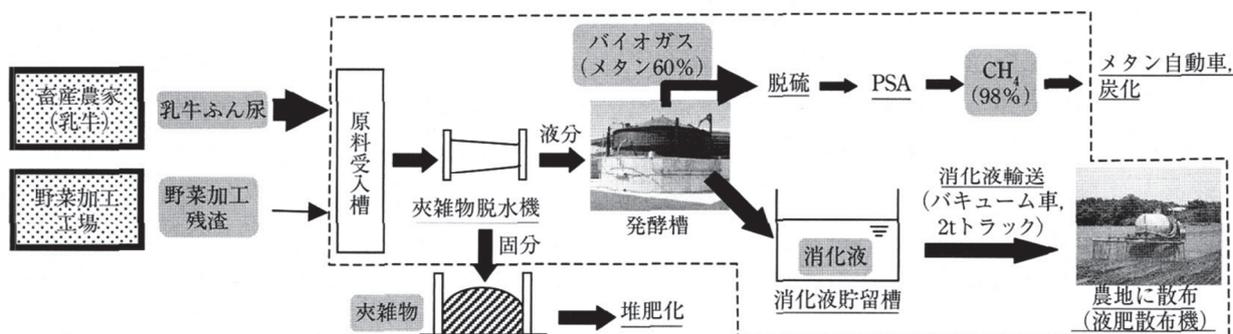


図 II-25 メタン発酵プロセス

出典：中村ら. 消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果. (2008). 農業農村工学会誌, 第 76 巻, 11 号, pp.13-16

表 II-29 液肥利用と排水処理の CO2 排出量の比較

| [kg-CO2/トン] | 液肥利用 | 排水処理 |
|-------------|------|-------|
| メタン発酵・精製※ | 45.4 | 45.4 |
| 化学肥料製造 | - | 3.95 |
| 排水処理 | - | 18.1 |
| 肥料輸送 | 1.50 | 0.218 |
| 散布 | 1.12 | 0.171 |
| 圃場での揮散 | 5.09 | 1.23 |
| 合計 | 53.1 | 69.0 |

出典：「中村ら. 消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果. (2008). 農業農村工学会誌, 第 76 巻, 11 号, pp.13-16」より作成

※：メタン生成に関する留意事項は表 II-28 注釈を参照

✓ 「食品産業リサイクル状況等調査委託事業（リサイクル進捗状況に関する調査）」

農林水産省（2014）より、消化液を液肥利用している場合「メタン化（消化液の有効利用）」と、消化液を下水処理している場合「メタン化（単独）」における、それぞれの電力消費量・売電量と CO2 排出量の比較を行った。

消化液を有効利用する場合には、排水処理を行う場合と比べて売電量が+98 [kWh/トン]、GHG 排出量が-43 [kg-CO2eq/トン] という推計結果となった。

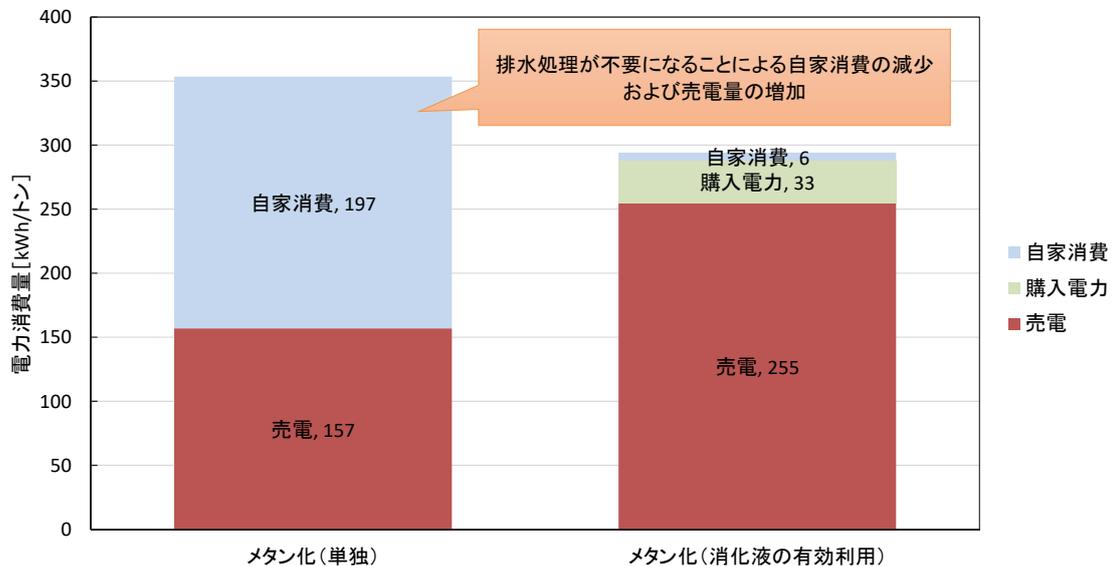


図 II-26 消化液の処理方法別の電力消費量・売電量

出典：「食品産業リサイクル状況等調査委託事業（リサイクル進捗状況に関する調査）（2014年、農林水産省）」より作成

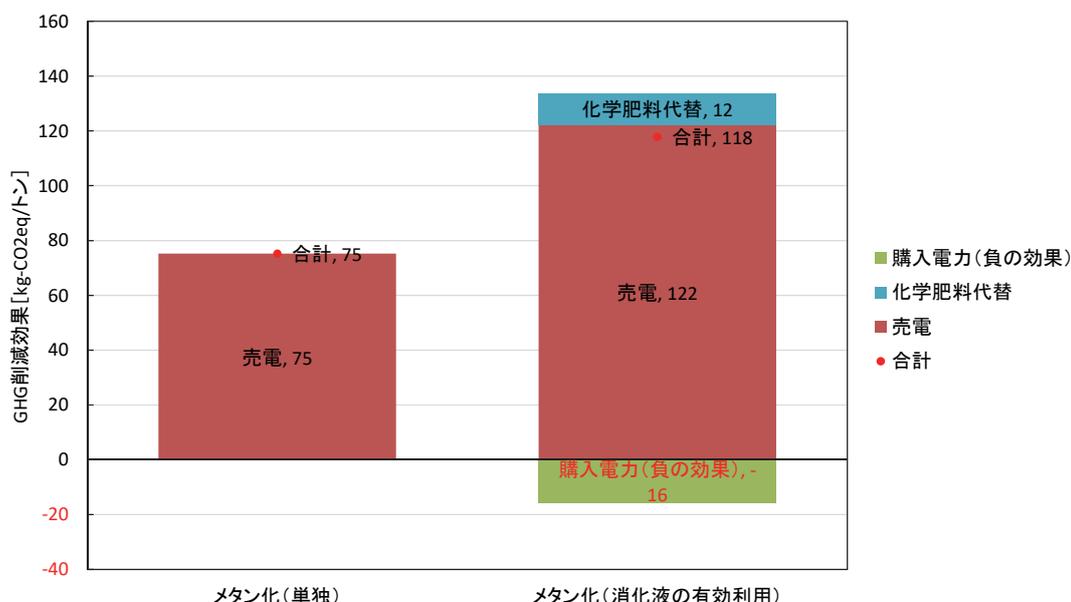


図 II-27 消化液の処理方法別の GHG 排出量

出典：「食品産業リサイクル状況等調査委託事業（リサイクル進捗状況に関する調査）（2014年、農林水産省）」より作成

※注：液肥中のアンモニア態窒素の割合：0.3%と想定

② 乾式メタン発酵技術に関するインベントリデータ

✓ 「都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果」

京都市における厨芥類及び紙類の処理（日量 60 トン、厨芥：紙＝7：3）を対象に、従来の高温乾式メタン発酵と超高温可溶化技術を用いたメタン発酵について、比較検討を行っている。

高温乾式メタン発酵の場合、単位処理量当たりの発電量は 469kWh/t、所内電力消費は 190kWh/t、システム全体の GHG 排出削減量は 89.2kg-CO₂/トンと試算されている（バイオガス発生量は 279Nm³/トン-wet と想定）。

表 II-30 バイオガス化時の電力収支

| [kWh/トン] ※1 | | 従来の高温乾式メタン発酵 | 超高温可溶化技術 |
|-------------|--------|--------------|----------|
| 発電 | | 469 | 516 |
| 消費※2 | バイオガス化 | 137 | 121 |
| | 残渣焼却 | 54 | 44 |
| | 小計 | 190 | 165 |
| 余剰 | | 256 | 325 |
| ロス等※3 | | 23 | 26 |

出典：「矢野ら、都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果. (2011) . 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol. 22, No. 1, pp. 38 - 51)」より作成

※1：本文献で想定されている機能等価量（日量 60 トンの処理）で除して単位処理量当たりの電力収支を算定した。

※2：文献中に明示はされていないが、GHG 排出量に関するデータ（次表※2）から、排水処理の電力消費込みの数値と考えられる。

※3：ロス等は文献上に明記されていないが、発電電力量から消費電力量と余剰電力量を差し引いた電力量を算出したもの。

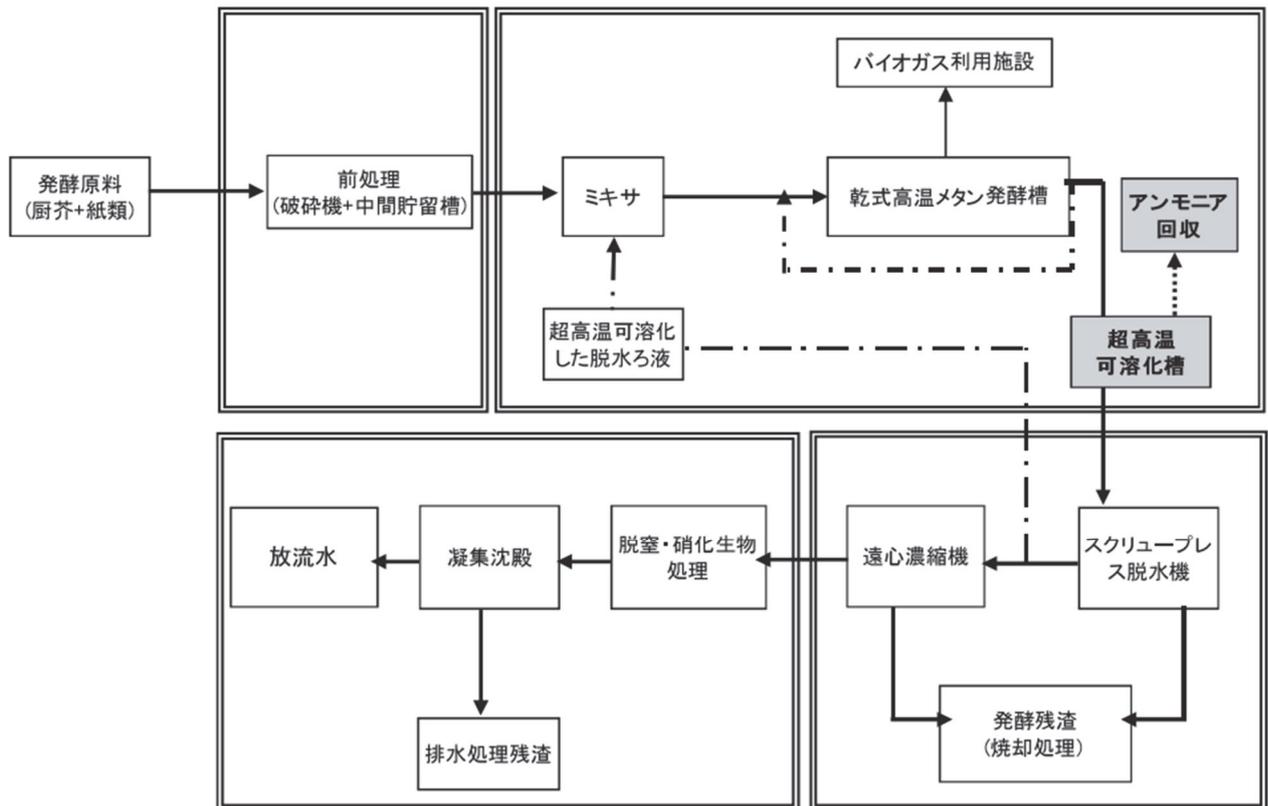


図 II-28 想定されている可溶化バイオガス化システムのフロー図

出典：矢野ら.都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果. (2011) . 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol. 22, No. 1, pp. 38 - 51

※：超高温可溶化技術は以下の特徴を持つ。

脱水ろ液の一部を希釈水として発酵槽へ返送することで排水発生量の低減が可能である。

可溶化槽内でのアンモニア回収で窒素濃度を低減でき、上記の希釈水としての利用や脱窒処理を要する廃液を低減できる。

可溶化槽は発酵槽の前段・後段のいずれかに配置される。

(本文献では消費電力がより少なく余剰電力が多いなどのメリットがある後段配置のケースを扱っている)

表 II-31 バイオガス化時の GHG 排出量

| [kg-CO ₂ /トン] ※1 | 従来的高温乾式メタン発酵 | 超高温可溶化技術 |
|-----------------------------|--------------|----------|
| 原料収集 | 6.67 | 6.67 |
| 電力由来 | ▲96.7 | ▲123.3 |
| 排水処理※2 | 0.133 | 0.033 |
| 残渣搬出 | 0.667 | 0.667 |
| 合計 | ▲89.2 | ▲115.5 |

出典：「矢野ら.都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果. (2011) . 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol. 22, No. 1, pp. 38 - 51)」より作成

※1：本文献で想定されている機能等価量（日量 60 トンの処理）で除して単位処理量当たりの GHG 排出量を算定した。

※2：「排水処理」における GHG 排出量は、処理工程における電力由来の排出量ではなく、排水由来の CH₄ 及び N₂O の排出量である。

③ メタン発酵技術のインベントリデータ調査のまとめ

【脱炭素化の観点における類型間の差異について】

- 湿式メタン発酵における消化液処理（液肥利用/排水処理）の差異の影響
 - 排水処理に比べて液肥利用の場合は CO₂ 排出削減効果が高い。（15.9kg-CO₂/トン（表 II-27 文献 1） ～43kg-CO₂eq/トン（表 II-27 文献 2））

- 乾式メタン発酵におけるバイオガス発生量の増加
 - 一般的に湿式メタン発酵に比べ、乾式メタン発酵はバイオガス発生原単位が大きい紙ごみを処理対象にできるため、単位処理量当たりのバイオガス発生量が大きいと言われる。
 - ✓ 乾式メタン発酵のバイオガス発生量 : 279Nm³/トン-wet（表 II-27 文献 3）
 - ✓ 湿式メタン発酵のバイオガス発生量（例※）: 150Nm³/トン-wet ※

※：「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第5版 実践編（メタン発酵系バイオマス）（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）」より厨芥の湿式メタン発酵処理の場合の数値

【参考】排水処理方法による所内電力消費量の違いについて

食品リサイクル法に係る省令の検討に当たって、メタン発酵と廃棄物発電のエネルギー収支の比較を行う際に、メタン発酵施設の排水処理のバリエーションを考慮した検討がなされている。各バリエーションにおける所内電力消費量と余剰電力消費量の想定値は以下の通りである。

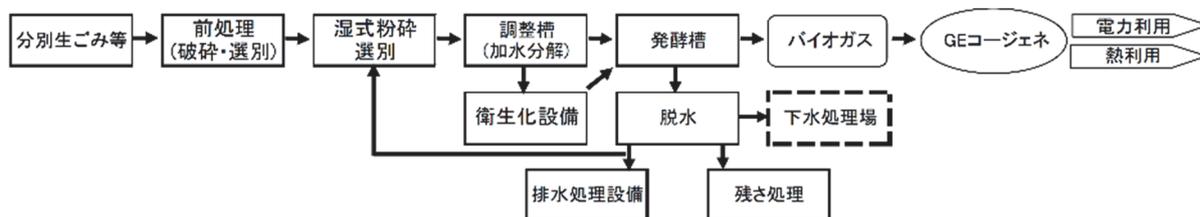


図 II-29 メタン化システムのプロセスフロー図

出典：中央環境審議会食品リサイクル専門委員会（第9回）食料・農業・農村政策審議会食品産業部会（第11回）食品リサイクル小委員会第9回合同会合（2014）「食品リサイクル法に基づく食品廃棄物等の熱回収条件のあり方の検討結果」、農林水産省「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律第2条第6項の基準を定める省令案の骨子」より作成



図 II-30 メタン化システムのエネルギー収支フロー図

出典：中央環境審議会食品リサイクル専門委員会（第9回）食料・農業・農村政策審議会食品産業部会（第11回）食品リサイクル小委員会第9回合同会合（2014）「食品リサイクル法に基づく食品廃棄物等の熱回収条件のあり方の検討結果」、農林水産省「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律第2条第6項の基準を定める省令案の骨子」より作成

表 II-32 所内電力消費量及び余剰電力の想定

| | | [kWh/トン] | 実績値 | モデル想定値 |
|-----------------|----------|----------|-------|--------|
| 所内 電力 消費量 | 下水 投入 | 脱水 | 152 | 150 |
| | | 乾燥 | 224 | 223 |
| | 河川 放流 | 脱水 | — | 249 |
| | | 乾燥 | 319 | 322 |
| 余剰 電力量 | 下水 投入 | 脱水 | 183 | 144 |
| | | 乾燥 | 87.2 | 71.0 |
| | 河川 放流 | 脱水 | — | 45.0 |
| | | 乾燥 | -83.6 | ▲28.0 |

出典：中央環境審議会食品リサイクル専門委員会（第9回）食料・農業・農村政策審議会食品産業部会（第11回）食品リサイクル小委員会第9回合同会合（2014）「食品リサイクル法に基づく食品廃棄物等の熱回収条件のあり方の検討結果」、農林水産省「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律第2条第6項の基準を定める省令案の骨子」より作成

※：実績値は検討当時稼動していた実施施設3事例を基にした数値であり、河川放流かつ脱水処理を行うケースは事例が存在していなかったため数値の記入がない。

※：モデル想定値は3事例を基にモデル化したデータ

3) 有機性廃棄物の埋立回避

(a) 対策技術の概要及び対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

有機性廃棄物の最終処分量は削減が進められており、それに伴い 1990 年度から 2019 年度にかけて、約 680 万トン-CO₂ のメタン排出量が削減されている。ただし、最終処分場に埋め立てられた有機性廃棄物からは数十年にわたり経年的にメタンが排出されるため、仮に 2022 年度から有機性廃棄物の埋立を全廃したとしても、2050 年に約 80 万トン-CO₂ のメタンが排出される*。

2050 年の BAU シナリオのメタン排出量は約 140 万トン-CO₂ であり、全廃した場合との差分である約 60 万トン-CO₂ の削減に向け、早期の対策徹底(有機性廃棄物の最終処分の回避)が求められる。また、有機性廃棄物の最終処分実態の把握・統計値の精度向上も合わせて必要である。

※:既に最終処分された有機性廃棄物からのメタン削減対策としては、「①最終処分場から発生するメタンガスの回収・利用又は破壊」及び「②最終処分された廃棄物の掘り起こし・焼却処理」がある。

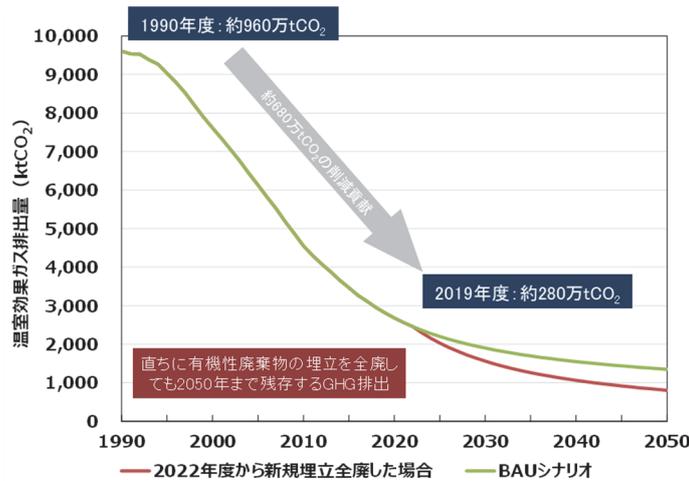


図 II-31 2022 年度から有機性廃棄物の新規埋立を仮に全廃した場合の CH₄ 排出見通し
 出典：(国研) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス，日本の温室効果ガス排出量データ (1990～2019 年度) 確報値をもとに作図

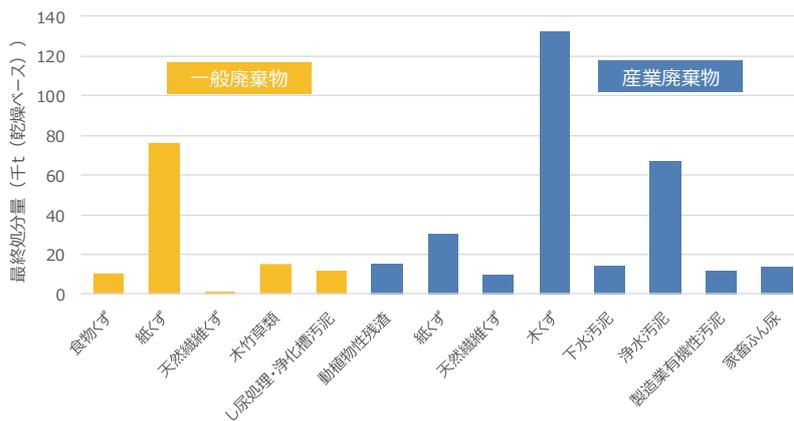


図 II-32 2019 年度の有機性廃棄物最終処分量 (単位：千 t (乾燥ベース))
 出典：(国研) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス，日本の温室効果ガス排出量データ (1990～2019 年度) 確報値をもとに作図

※：最終処分場からのメタン排出量への寄与を示すため、焼却を経ずに最終処分された一般廃棄物・産業廃棄物量を乾燥重量ベースで図示

(b) 対策導入の見通し及び対策導入に必要となる基盤整備

a) 対象となり得る廃棄物フローの精査

前項で述べた有機性廃棄物の最終処分に関するフローについて、数値の精査を行った。

「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」(国立環境研究所)では、有機性廃棄物の種類ごとに最終処分量が示されている。本項では、それらの収集区分別排出量を推計し、現状の推計の課題を明らかにするために、「令和2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(廃棄物等循環利用量実態調査編)」(環境省、以下循環利用量調査報告書)のデータを基にフロー図を作成し、各項目の推計を実施した。

i. 一般廃棄物

図 II-33 に一般廃棄物の処分フローを示す。循環利用量調査報告書に記載されていた推計結果から、災害廃棄物を除く一般廃棄物の発生量、直接最終処分量、直接循環利用量、自家処理量、中間処理量、減量化量、処理後循環利用量、焼却処理後最終処分量の値を引用した。また、中間処理量から減量化量、処理後循環利用量、焼却処理後最終処分量を除いたものを焼却以外の最終処分量とした。

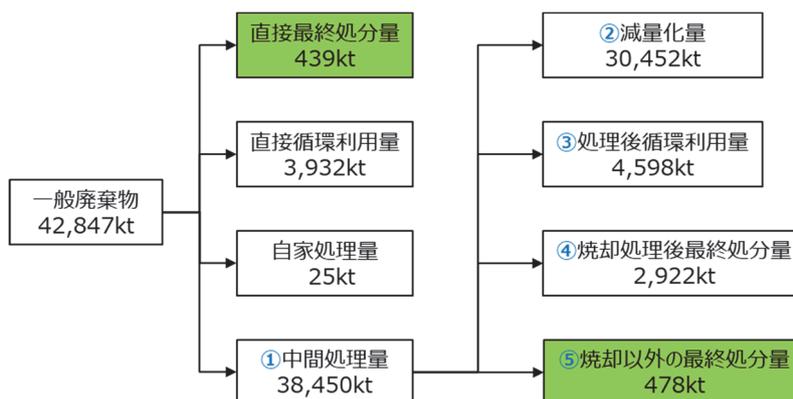


図 II-33 一般廃棄物の最終処分フロー

出典：「令和2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(廃棄物等循環利用量実態調査編)」より作成

有機性廃棄物は紙、厨芥、繊維、木竹草類等の4種類とし、直接最終処分量と焼却以外の最終処分量の合計から有機性廃棄物最終処分量を算出した。

▶ 直接最終処分量

直接最終処分量の算出方法を以下に示す。収集ごみと直接搬入ごみについて、「平成30年度一般廃棄物処理実態調査結果」(環境省、以下一廃処理実態調査結果)の収集区分別の直接最終処分量及び循環利用量調査報告書の収集区分別組成推計結果(表 II-33)を用いて、収集区分別・組成別の直接最終処分量を算出した(表 II-34)。なお、有機性廃棄物の直接最終処分量の際には、組成「その他可燃」は「木竹草類等」であるとして算定した。循環利用量調査報告書に記載されている組成別最終処分量(表 II-34 最下行)は、紙 88kt、金属 129kt、ガラス 47kt、ペットボトル 7kt、プラスチック 34kt、厨芥 40kt、繊維 3kt、その他可燃 23kt、その他不燃 68ktであり、各項目で差は見られるものの、最大で3%程度であった。

表 II-33 収集区分別の組成推計結果と直接最終処分量

| 収集区分 | | 紙 | 金属 | ガラス | ペット ボトル | プラス チック | 厨芥 | 繊維 | その他 可燃 | その他 不燃 | 直接最終 処分量(kt) |
|----------------|------|-----|-----|-----|------------|------------|-----|----|-----------|-----------|-----------------|
| 収集 ごみ | 混合ごみ | 33% | 11% | 5% | 2% | 9% | 25% | 3% | 9% | 5% | 32.654 |
| | 可燃ごみ | 31% | 0% | 0% | 1% | 10% | 40% | 3% | 15% | 0% | 16.478 |
| | 不燃ごみ | 0% | 46% | 18% | 1% | 10% | 0% | 0% | 0% | 25% | 165.582 |
| | 資源ごみ | 46% | 11% | 17% | 8% | 17% | 0% | 3% | 0% | 0% | 1.634 |
| | その他 | 5% | 48% | 40% | 0% | 1% | 2% | 0% | 1% | 2% | 13.712 |
| | 粗大ごみ | 2% | 29% | 0% | 0% | 15% | 1% | 0% | 29% | 24% | 5.537 |
| 直接 搬入 ごみ | 混合ごみ | 34% | 21% | 5% | 2% | 6% | 12% | 1% | 8% | 12% | 14.737 |
| | 可燃ごみ | | | | | | | | | | 7.158 |
| | 不燃ごみ | | | | | | | | | | 158.951 |
| | 資源ごみ | | | | | | | | | | 0.223 |
| | その他 | | | | | | | | | | 23.223 |
| | 粗大ごみ | | | | | | | | | | 8.351 |

出典：「令和2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（廃棄物等循環利用量実態調査編）」より作成

表 II-34 収集区分別・組成別の直接最終処分量

| | | 直接最終処分量（収集区分別・組成別）(kt) | | | | | | | | | | 割合 |
|-------------------|------|------------------------|-------|------|------------|------------|------|-----|-----------|-----------|-------|--------|
| | | 紙 | 金属 | ガラス | ペット ボトル | プラス チック | 厨芥 | 繊維 | その他 可燃 | その他 不燃 | 計 | |
| 収集 ごみ | 混合ごみ | 10.8 | 3.4 | 1.5 | 0.7 | 2.8 | 8.1 | 0.8 | 2.8 | 1.7 | 32.7 | 7.3% |
| | 可燃ごみ | 5.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.6 | 6.6 | 0.5 | 2.5 | 0.0 | 16.5 | 3.7% |
| | 不燃ごみ | 0.0 | 75.7 | 29.5 | 2.2 | 16.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 41.9 | 165.4 | 36.9% |
| | 資源ごみ | 0.7 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 0.4% |
| | その他 | 0.7 | 6.6 | 5.5 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 13.7 | 3.1% |
| | 粗大ごみ | 0.1 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 1.3 | 5.5 | 1.2% |
| 直接 搬入 ごみ | 混合ごみ | 5.0 | 3.0 | 0.8 | 0.3 | 0.9 | 1.8 | 0.1 | 1.1 | 1.7 | 14.7 | 3.3% |
| | 可燃ごみ | 2.4 | 1.5 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 0.9 | 0.1 | 0.6 | 0.8 | 7.2 | 1.6% |
| | 不燃ごみ | 53.9 | 32.7 | 8.6 | 2.7 | 10.0 | 19.2 | 1.3 | 12.2 | 18.3 | 159.0 | 35.5% |
| | 資源ごみ | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0% |
| | その他 | 7.9 | 4.8 | 1.3 | 0.4 | 1.5 | 2.8 | 0.2 | 1.8 | 2.7 | 23.2 | 5.2% |
| | 粗大ごみ | 2.8 | 1.7 | 0.5 | 0.1 | 0.5 | 1.0 | 0.1 | 0.6 | 1.0 | 8.4 | 1.9% |
| 合計 | | 89.7 | 131.3 | 48.3 | 6.7 | 35.0 | 40.8 | 3.1 | 23.6 | 69.6 | 448.0 | 100.0% |
| 循環利用量調査 報告書の数値 | | 88 | 129 | 47 | 7 | 34 | 40 | 3 | 23 | 68 | 439 | |

出典：「平成30年度一般廃棄物処理実態調査結果」及び「令和2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（廃棄物等循環利用量実態調査編）」より作成

※：小数点以下を四捨五入しているため、内訳と合計が一致しない場合がある。

▶ 焼却以外の最終処分量

中間処理施設に搬入される廃棄物のうち、焼却処理されずに最終処分される量を中間処理施設種類別・組成別に推計するための手順の概要は図 II-34 のとおりである。図中の①～⑤は図 II-33 に示した数字と対応している。

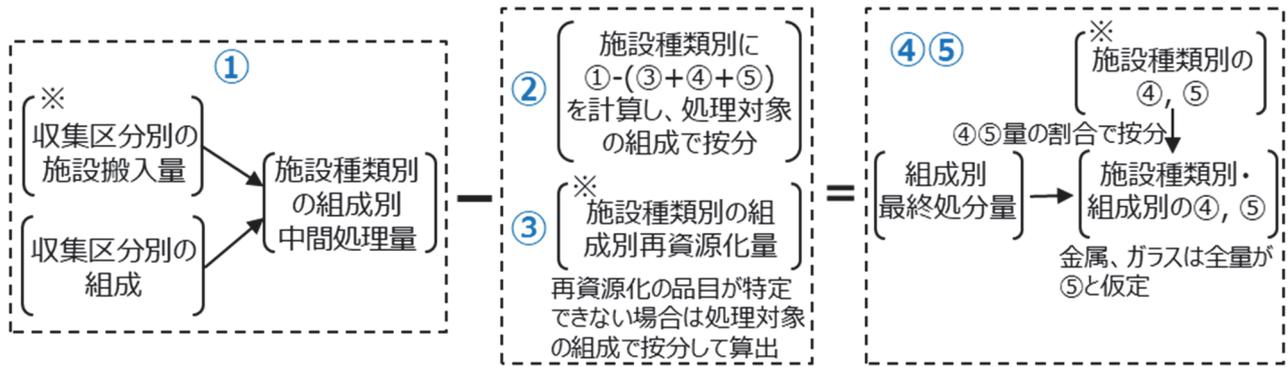


図 II-34 施設種別・組成別の内訳推計方法

※：図中の（※）部分の出典：「平成 30 年度一般廃棄物処理実態調査結果」（令和 2 年 4 月 17 日、環境省）

まず初めに、施設種別・収集区分別の中間処理量の推計方法（①）については、一廃処理実態調査結果の施設種別・収集区分別の搬入量（表 II-35）及び循環利用量調査報告書の収集区分別組成推計結果（表 II-33）を用いて施設種別のごみ組成比率を算出し、そこに各施設での処理量を乗じることによって、施設種別・組成別の中間処理量（表 II-36）を算出した。なお、循環利用量調査報告書と同様に、ごみ堆肥化施設は厨芥とその他可燃、ごみ飼料化施設は厨芥、メタン化施設は厨芥とその他可燃、ごみ燃料可施設は金属、プラスチック、厨芥のみを処理対象とした。

表 II-35 施設種別・組成別搬入量

| | 処理量 (kt) | 割合 | 収集区分別搬入量 (t) | | | | | | | 合計 (kt) |
|----------|----------|--------|--------------|------------|---------|-----------|--------|---------|-----------|---------|
| | | | 混合 | 可燃 | 不燃 | 資源 | その他 | 粗大 | 直接搬入 | |
| ごみ堆肥化施設 | 212 | 0.55% | | 1,395 | 3,615 | 120,735 | 6,884 | 96 | 78,380 | 211 |
| ごみ飼料化施設 | 13 | 0.03% | | 126 | | 9,834 | | | 4,219 | 14 |
| メタン化施設 | 78 | 0.20% | | 11,530 | | 55,125 | 3,125 | | 8,216 | 78 |
| ごみ燃料化施設 | 645 | 1.68% | 1,395 | 524,002 | 3,196 | 30,735 | 136 | 5,482 | 72,692 | 638 |
| 粗大ごみ処理施設 | 1814 | 4.72% | 8,187 | 11,296 | 632,928 | 136,975 | 6,000 | 397,739 | 581,978 | 1,775 |
| 資源化施設 | 2979 | 7.75% | 12,397 | 6,948 | 253,420 | 2,280,940 | 14,486 | 47,344 | 283,395 | 2,899 |
| その他施設 | 56 | 0.15% | 167 | 9,839 | 22,955 | 25,951 | 4,459 | 2,693 | 25,796 | 92 |
| 焼却施設 | 32654 | 84.93% | 2,553,712 | 27,668,869 | 22,266 | 10,752 | 9,191 | 80,949 | 2,339,348 | 32,685 |

出典：「平成 30 年度一般廃棄物処理実態調査結果」より作成

表 II-36 施設種類別・組成別中間処理量 (kt)

| | 紙 | 金属 | ガラス | ペット ボトル | プラス チック | 厨芥 | 繊維 | その他 可燃 | その他 不燃 | 計 |
|----------|------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|
| ごみ堆肥化施設 | | | | | | 130.5 (62%) | | 81.6 (38%) | | 212.1 (100%) |
| ごみ飼料化施設 | | | | | | 12.6 (100%) | | | | 12.6 (100%) |
| メタン化施設 | | | | | | 54.9 (70%) | | 23.2 (30%) | | 78.1 (100%) |
| ごみ燃料化施設 | | 46.1 (7%) | | | 131.7 (20%) | 466.9 (72%) | | | | 644.7 (100%) |
| 粗大ごみ処理施設 | 280.8 (15%) | 556.4 (31%) | 174.7 (10%) | 29.7 (2%) | 184.1 (10%) | 81.6 (5%) | 9.3 (1%) | 165.6 (9%) | 330.9 (18%) | 1813.0 (100%) |
| 資源化施設 | 1178.2 (40%) | 455.0 (15%) | 460.2 (15%) | 184.5 (6%) | 439.4 (15%) | 41.9 (1%) | 68.5 (2%) | 39.0 (1%) | 112.1 (4%) | 2978.8 (100%) |
| その他施設 | 14.6 (26%) | 13.1 (23%) | 7.1 (13%) | 1.7 (3%) | 5.8 (10%) | 4.4 (8%) | 0.8 (1%) | 2.6 (5%) | 5.8 (10%) | 55.7 (100%) |
| 焼却施設 | 10271.0 (30%) | 788.9 (21%) | 255.8 (13%) | 313.1 (5%) | 3061.2 (13%) | 11976.0 (3%) | 995.0 (2%) | 4541.5 (4%) | 424.3 (9%) | 32626.8 (100%) |

施設種類別の組成別再資源化量(③)については、一廃処理実態調査結果より集計した施設種類別・処理後組成別の再生利用量(表 II-37)と処理量の組成割合(表 II-36)を用いて算定したのち、品目を集約して組成の分類を整理した(表 II-39)。なお、循環利用量調査報告書に従い、ごみ燃料化施設の再資源化は「燃料製造(プラスチック、厨芥)」及び「素材(金属、プラスチック)」に、その他施設(粗大ごみ処理施設、資源化施設、その他施設)の再資源化は「素材(紙、金属、ガラス、ペットボトル、プラスチック、繊維、厨芥)」及び「複合品(紙、金属、ガラス、繊維、その他可燃、その他不燃)」に、焼却施設の再資源化は「素材(金属)」、「スラグ等(すべて)」及び「その他(金属以外すべて)」に分割して計算した。

表 II-37 中間処理施設別の処理後組成別再生利用量 (kt) (1/2)

| | 紙 | | | 金属類 | ガラス類 | ペット ボトル | プラスチック | | | 繊維 |
|----------|----------------------|----------|------------|--------|---------|------------|-----------|-------------------|-------------------|--------|
| | 紙類 (02、03 を除く) | 紙パ ック | 紙製容 器包装 | 金属類 | ガラス類 | ペット ボトル | 白色 トレイ | 容器包装プラ (07を除く) | プラ類(07,08 を除く) | 布類 |
| ごみ堆肥化施設 | | | | | | | | | | |
| ごみ飼料化施設 | | | | | | | | | | |
| メタン化施設 | | | | | | | | | | |
| ごみ燃料化施設 | 2.279 | | 0.023 | 0.56 | 0.02 | 0.098 | 0.002 | 2.084 | 1.898 | 0.603 |
| 粗大ごみ処理施設 | 15.062 | 0.387 | 0.499 | 301.19 | 35.75 | 9.532 | 0.06 | 22.752 | 7.726 | 2.398 |
| 資源化施設 | 410.831 | 2.838 | 41.318 | 316.68 | 499.715 | 228.751 | 8.481 | 553.94 | 38.069 | 34.508 |
| その他施設 | | | | | | | | | | |
| 焼却施設 | 3.211 | 0.004 | 0.08 | 73.503 | 0.597 | 0.178 | 0.008 | 2.971 | 0.799 | 0.253 |

表 II-38 中間処理施設別の処理後組成別再生利用量 (kt) (2/2)

| | 厨芥(その他可燃の場合あり) | | その他 | | | | | | | 合計 | |
|----------|----------------|-------|---------|---------------|-----------|----------------|-------------|---------|-----------|---------|----------|
| | 肥料 | 飼料 | 熔融スラグ | 固形燃料(RDF,RPF) | 燃料(14を除く) | 焼却灰・飛灰のセメント原料化 | セメント等への直接投入 | 飛灰の山元還元 | 廃食用油(BDF) | | その他 |
| ごみ堆肥化施設 | 120.851 | 0.381 | | | | | | | | 36.427 | 157.659 |
| ごみ飼料化施設 | | 5.712 | | | | | | | | 0.229 | 5.941 |
| メタン化施設 | 5.098 | | | | 5.708 | | | | | 25.175 | 35.981 |
| ごみ燃料化施設 | | | | 332.535 | 26.281 | | | | 0.703 | 3.535 | 370.621 |
| 粗大ごみ処理施設 | | | | | | | | | | 33.549 | 428.905 |
| 資源化施設 | 14.621 | 0.188 | | | | 4.08 | 15.371 | 2.317 | 0.845 | 190.207 | 2362.757 |
| その他施設 | | | | | | | | | | | 0 |
| 焼却施設 | | | 531.533 | | | 378.223 | | 35.803 | | 208.797 | 1235.96 |

出典：「平成 30 年度一般廃棄物処理実態調査結果」より作成

表 II-39 中間処理施設別の組成別再資源化量 (kt)

| | 紙 | 金属 | ガラス | ペットボトル | プラスチック | 厨芥 | 繊維 | その他可燃 | その他不燃 | 計 |
|----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|-------|--------|
| ごみ堆肥化施設 | | | | | | 97.0 | | 60.6 | | 157.7 |
| ごみ飼料化施設 | | | | | | 5.9 | | | | 5.9 |
| メタン化施設 | | | | | | 25.3 | | 10.7 | | 36.0 |
| ごみ燃料化施設 | | 2.9 | | | 87.3 | 280.4 | | | | 370.6 |
| 粗大ごみ処理施設 | 470.9 | 617.9 | 535.5 | 238.3 | 631.0 | | 36.9 | | | 2530.5 |
| 資源化施設 | 989.1 | 401.1 | 101.5 | -0.3 | 0.0 | 130.0 | 42.1 | 207.0 | 447.0 | 2317.5 |
| その他施設 | 99.1 | 69.1 | 43.2 | | | | 5.4 | 14.0 | 30.3 | 261.2 |
| 焼却施設 | 365.0 | 104.5 | 9.1 | 11.1 | 108.8 | 425.6 | 35.4 | 161.4 | 15.1 | 1236.0 |

出典：「平成 30 年度一般廃棄物処理実態調査結果」より作成

次に、施設種類別の組成別減量化量の推計結果を表 II-40 に示す。施設種類別に、処理対象量から再資源化量、焼却処理量、焼却以外の最終処分量を差し引くことで減量化量を算出し、そこに各施設の処理対象組成割合（表 II-36）を乗じることで施設種類別・組成別の減量化量とした。

表 II-40 施設種類別の組成別減量化量 (kt)

| | 減量化量 (中間処理施設別・組成別) | | | | | | | | | |
|----------|--------------------|----|-----|--------|--------|---------|-------|--------|-------|---------|
| | 紙 | 金属 | ガラス | ペットボトル | プラスチック | 厨芥 | 繊維 | その他可燃 | その他不燃 | 計 |
| ごみ堆肥化施設 | | | | | | 29.9 | | 18.7 | | 48.6 |
| ごみ飼料化施設 | | | | | | 6.7 | | | | 6.7 |
| メタン化施設 | | | | | | 19.0 | | 8.0 | | 27.1 |
| ごみ燃料化施設 | | | | | 50.5 | 179.1 | | | | 229.7 |
| 粗大ごみ処理施設 | 163.8 | | | | | 14.6 | 8.9 | 23.2 | | 210.4 |
| 資源化施設 | | | | | | | | | | |
| その他施設 | | | | | | | | | | |
| 焼却施設 | 9856.7 | | | 300.5 | 2937.7 | 11492.9 | 954.9 | 4358.3 | | 29901.1 |

最後に、施設種類別・組成別の焼却処理後最終処分量 (= 焼却残渣量) 及び焼却以外の最終処分量 (= 焼却以外の残渣量) については、式(1), (2)のとおり、処理対象量から再資源化量及び減量化量を差し引き (それぞれ表 II-36、表 II-39、表 II-40 の施設種類別・組成別の値を使用)、一廃処理実態調査結果に記載のある施設種類別の焼却処理量及び焼却以外の最終処分量の比率で按分することで算出した。

$$\text{焼却残渣量} = (\text{処理対象量} - \text{再資源化量} - \text{減量化量}) \times \frac{\text{焼却処理量}}{\text{焼却処理量} + \text{焼却以外の最終処分量}} \quad \text{式(1)}$$

$$\text{焼却以外の残渣量} = (\text{処理対象量} - \text{再資源化量} - \text{減量化量}) \times \frac{\text{焼却以外の最終処分量}}{\text{焼却処理量} + \text{焼却以外の最終処分量}} \quad \text{式(2)}$$

結果は表 II-41、表 II-42 のとおりである。なお、その他施設 (粗大ごみ処理施設、資源化施設、その他施設) の金属及びガラスは焼却処理の対象にはならないと仮定し、再資源化分以外はすべて焼却以外の最終処分量として計上した。

表 II-41 施設種類別・組成別の焼却処理後最終処分量 (kt)

| | 焼却残渣量 (中間処理施設別・組成別) | | | | | | | | | |
|----------|---------------------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|-------|--------|
| | 紙 | 金属 | ガラス | ペットボトル | プラスチック | 厨芥 | 繊維 | 木竹草類等 | その他不燃 | 計 |
| ごみ堆肥化施設 | | | | | | 1.7 | | 1.1 | | 2.8 |
| ごみ飼料化施設 | | | | | | 0.0 | | | | 0.0 |
| メタン化施設 | | | | | | 9.4 | | 4.0 | | 13.4 |
| ごみ燃料化施設 | | 38.9 | | | -5.5 | 6.6 | | | | 40.0 |
| 粗大ごみ処理施設 | 687.0 | | | -0.3 | 0.0 | 109.2 | 26.4 | 160.6 | 394.2 | 1377.1 |
| 資源化施設 | | | | | | | | | | |
| その他施設 | | | | | | | | | | |
| 焼却施設 | 736.3 | 723.3 | 246.7 | 1.2 | 9.1 | 184.4 | 31.1 | 187.4 | 803.4 | 2922.9 |

表 II-42 施設種類別・組成別の焼却以外の最終処分量 (kt)

| | 残焼却以外の残渣量 (中間処理施設別・組成別) | | | | | | | | | 計 |
|----------|-------------------------|-------|------|------------|--------|-----|-----|-----------|-------|-------|
| | 紙 | 金属 | ガラス | ペット ボトル | プラスチック | 厨芥 | 繊維 | 木竹草 類等 | その他不燃 | |
| ごみ堆肥化施設 | | | | | | 1.8 | | 1.1 | | 3.0 |
| ごみ飼料化施設 | | | | | | 0.0 | | | | 0.0 |
| メタン化施設 | | | | | | 1.2 | | 0.5 | | 1.7 |
| ごみ燃料化施設 | | 4.3 | | | -0.6 | 0.7 | | | | 4.4 |
| 粗大ごみ処理施設 | | | | | | | | | | |
| 資源化施設 | 39.2 | 332.0 | 58.3 | | | 6.2 | 1.5 | 9.2 | 22.5 | 468.9 |
| その他施設 | | | | | | | | | | |
| 焼却施設 | | | | | | | | | | 0.0 |

➤ 結果

算出した有機性廃棄物の直接最終処分量と焼却以外の最終処分量を表 II-43 に示す。湿重量で算出した有機性廃棄物量を、日本国温室効果ガスインベントリ報告書の表 7-10 に記載されている含水率を利用することで乾燥重量に変換した。なお、繊維中の天然繊維の割合は、日本国温室効果ガスインベントリ報告書と同様に 36.4%とし、「合計 (乾燥重量)」の行では天然繊維分のみを有機性廃棄物として計上した。

表 II-43 一般廃棄物中の有機性廃棄物最終処分量

| | | 紙 | 厨芥 | 繊維 | 木竹草類等 |
|----------------|-----------|----------------|--------------|-------------------|--------------|
| 直接最終処分 | 湿重量 (kt) | 89.7 | 40.8 | 3.1 | 23.6 |
| | 含水率 | 20% | 75% | 20% | 45% |
| | 乾燥重量 (kt) | 71.7 | 10.2 | 2.5 | 13.0 |
| 焼却以外の最終処分 | 湿重量 (kt) | 39.2 | 10.0 | 1.5 | 10.8 |
| | 含水率 | 20% | 30% | 20% | 45% |
| | 乾燥重量 (kt) | 31.4 | 7.0 | 1.2 | 5.9 |
| 合計 (乾燥重量) (kt) | | 103.1 (102) | 17.2 (13) | 1.3 (天然のみ) (1) | 18.9 (19) |

※：合計の行のカッコ内は「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」に記載の数値

※：繊維中の天然繊維の割合は 36.4%として計算

➤ 推計データ上の課題

表 II-34 より、有機性廃棄物 (紙、厨芥、繊維、その他可燃) の直接最終処分量の最も大きい収集区分は、直接搬入ごみ中の不燃ごみであり、次いで収集ごみ中の混合ごみである。直接搬入ごみの不燃ごみ中に有機性廃棄物が多く含まれていることになっている原因として、直接搬入ごみの組成を「ごみ排出原単位等実態調査結果」(東京二十三区清掃一部事務組合) の事業系「可燃ごみ」、「不燃ごみ」及び「資源ごみ」の組成割合の単純平均の3カ年度平均値としていることが挙げられる。つまり、生活系/事業系の区別や収集区分による区別を一切行っていないため、組成の妥当性に大きな課題があることが考えられる。また、収集ごみの混合ごみについては、生活系と事業系に区

別して集計されてはいるものの、資源ごみも含めた単純平均値を使用しており、資源物の割合が高くなっているという課題がある。

そこで、「廃棄物統計等の精度向上に関する検討調査報告書」（環境省）の中では、表 II-44 のとおり組成比率の設定方法の修正が検討されており、上述の課題の改善が図られている。例えば、表 II-44 の修正を適用した場合の直接最終処分量の試算結果（平成 29 年度確定値）は表 II-45 のとおり、現行設定との差は紙が-52kt、厨芥が-6kt、繊維が+3kt、その他可燃物（木竹草類等）が-0ktとなっており、その変化量の大半を直接搬入ごみが占めていた。このことから、特に直接搬入ごみの組成比率の精度向上は有機性廃棄物の最終処分量の推計値の精度に大きな影響を与え、現行設定では有機性廃棄物の最終処分量を過大評価している可能性が示唆された。

表 II-44 収集区分別の組成比率の設定方法の修正案

| 収集区分 | 修正方法（案） | 検討のポイント |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 生活系混合ごみ | 清掃一組のごみ排出原単位等実態調査の生活系の「可燃ごみ」と「不燃ごみ」の加重平均の3カ年度平均値を用いる。 | ・現行の設定方法で資源物の割合が高くなる問題点は解消される。 ・自治体調査結果との差異が小さくなる。 |
| 事業系混合ごみ | 清掃一組のごみ排出原単位等実態調査の事業系の「可燃ごみ」と「不燃ごみ」の加重平均の3カ年度平均値を用いる。 | ・現行の設定方法で資源物の割合が高くなる問題点は解消される。 ・自治体組成調査結果と比較して、修正案では紙類の割合が高く、その他可燃物の割合が低い。 |
| 生活系可燃ごみ | 清掃一組のごみ排出原単位等実態調査の生活系の「可燃ごみ」の3カ年度平均値を用いる。 | ・自治体調査結果との差異が小さくなる。 ・ただし、厨芥類については修正案のほうが自治体組成調査結果よりも高くなる。 |
| 生活系不燃ごみ | 清掃一組のごみ性状調査の「不燃ごみ」の3カ年度平均値を用いる。 | ・自治体調査結果との差異が小さくなる。 ・ただし、紙類については修正案のほうが自治体組成調査結果よりもやや高くなる。 |
| 生活系粗大ごみ | 環境省が過去に行った4市の粗大ごみの組成調査結果を用いる。 | ・昨年度アンケート調査で把握した粗大ごみの品目別収集数から試算した結果と比較して修正案は大きな乖離は見られない。 ・ガラスなど、修正案では考慮していない品目もある。 |
| 生活系/事業系直接搬入ごみ ³ | 自治体からのデータが得られないため、直接搬入ごみの設定は、生活系/事業系ごとに収集ごみとして区分ごとに設定した組成比率と同値とする修正案で検討する。 | ・自治体の調査結果などデータに基づく検討は行っていないが、現行設定のように事業系混合ごみで代替するロジックよりも、現状に近いと考えられる。 |

出典：令和2年度廃棄物統計等の精度向上に関する検討調査報告書（令和3年3月、環境省）

表 II-45 修正案適用後の試算結果（H29 年度確定値）

| 直接最終処分量（千トン/年度） | | 紙 | 金属 | ガラス | ペットボトル | プラスチック | 厨芥 | 繊維 | その他可燃物 | その他不燃物 |
|-----------------------------------|-----------|-----|-----|-----|--------|--------|-----|----|--------|--------|
| 現行設定 | | 78 | 111 | 61 | 6 | 35 | 37 | 3 | 21 | 66 |
| 全修正適用後 | | 26 | 87 | 73 | 1 | 42 | 31 | 7 | 21 | 131 |
| 現行設定と全修正適用後の差 | | -52 | -24 | 12 | -5 | 7 | -6 | 3 | -0 | 65 |
| 参考 各組成のみ 修正した場合 | 生活系混合ごみのみ | 76 | 110 | 60 | 6 | 36 | 40 | 4 | 21 | 66 |
| | 事業系混合ごみのみ | 77 | 109 | 61 | 6 | 35 | 40 | 4 | 23 | 65 |
| | 生活系可燃ごみのみ | 78 | 111 | 61 | 6 | 35 | 38 | 3 | 21 | 66 |
| | 生活系不燃ごみのみ | 81 | 85 | 51 | 5 | 36 | 38 | 4 | 25 | 95 |
| | 生活系粗大ごみのみ | 78 | 111 | 61 | 6 | 34 | 37 | 4 | 22 | 65 |
| | 直接搬入のみ | 27 | 117 | 85 | 3 | 39 | 25 | 5 | 16 | 104 |
| 参考 各組成のみ 修正した場合 の現行設定との差 | 生活系混合ごみのみ | -2 | -1 | -1 | -0 | 1 | 3 | 0 | -0 | 0 |
| | 事業系混合ごみのみ | -1 | -2 | -1 | -0 | 1 | 3 | 0 | 1 | -1 |
| | 生活系可燃ごみのみ | -1 | 0 | 0 | -0 | 1 | 1 | -0 | -0 | 0 |
| | 生活系不燃ごみのみ | 3 | -27 | -11 | -1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 29 |
| | 生活系粗大ごみのみ | 0 | 0 | 0 | 0 | -0 | 0 | 1 | 0 | -1 |
| | 直接搬入のみ | -52 | 5 | 24 | -3 | 4 | -12 | 1 | -5 | 38 |

出典：令和2年度廃棄物統計等の精度向上に関する検討調査報告書（令和3年3月、環境省）

ii. 産業廃棄物

産業廃棄物のうち、一部の有機性廃棄物（紙くず、木くず、繊維くず、食物くず）についても、一般廃棄物と同様に循環利用量調査報告書のデータを基にフロー図を作成し、各項目の推計を実施した。ただし、一般廃棄物とは異なり、発生する焼却灰のうち、再資源化されずに最終処分される割合が把握できないため、その割合を0%及び100%と仮定した2パターンの推計を行った。理論的には、日本国温室効果ガスインベントリ報告書に記載されている最終処分量は、焼却後最終処分割合を0%及び100%で計算した結果の間の数値となる。

➤ 推計パターン①（発生した焼却灰のうち最終処分される割合が0%の場合）

図 II-35 に、発生した焼却灰のうち最終処分される割合が0%（焼却灰は全量が循環利用され、処理後最終処分量に焼却灰は含まれない）の場合の産業廃棄物の処分フローを示す。「令和2年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成30年度実績（概要版）」（環境省、以下産廃排出・処理状況調査報告書）の推計結果をもとに、フロー図上の各値を設定した。

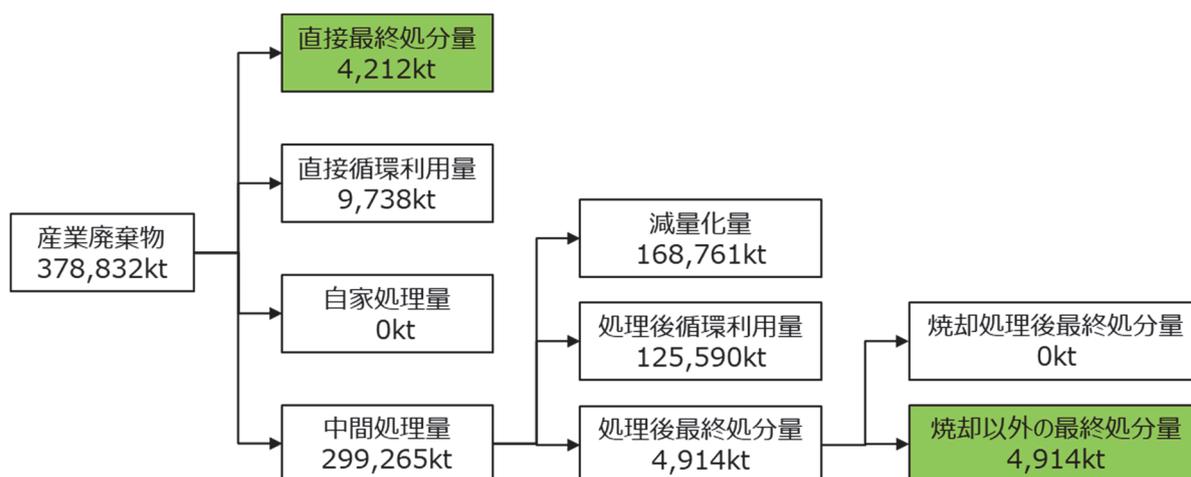


図 II-35 産業廃棄物の最終処分フロー（推計パターン①）

出典：「令和2年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成30年度実績（概要版）」より作成

産廃排出・処理状況調査報告書の「表-III・9 産業廃棄物排出・処理状況一覧表（平成30年度実績値）」によると、紙くず、木くず、繊維くず、食物くずに該当する有機性廃棄物の排出処理状況は表 II-46 のとおりである。次表中の動植物性残渣、動物系固形不要物及び動物の死体が食物くずに該当する。

表 II-46 産業廃棄物排出処理状況

| 廃棄物名 | 排出量 | 直接再生 利用量 | 直接最終 処分量 | 中間処理 | | | | 再生利用 量計 | 減量化量 | 最終処分 量計 |
|--------------|-------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------------|----------------|------------|-------|------------|
| | | | | 中間処 理量 | 処理残 渣量 | 中間処理後再 生利用量 | 中間処理後最 終処分量 | | | |
| | | | | (A) | (B) | (C) | (D) | | | |
| 紙くず | 1,094 | 98 | 6 | 990 | 769 | 739 | 30 | 837 | 221 | 36 |
| 構成比 | | 9% | 1% | 90% | 70% | 68% | 3% | 77% | 20% | 3% |
| 木くず | 7,532 | 72 | 62 | 7,398 | 6,263 | 6,072 | 192 | 6,144 | 1,135 | 254 |
| 構成比 | | 1% | 1% | 98% | 83% | 81% | 3% | 82% | 15% | 3% |
| 繊維くず | 72 | 2 | 1 | 69 | 49 | 41 | 8 | 43 | 20 | 9 |
| 構成比 | | 3% | 2% | 95% | 67% | 56% | 11% | 60% | 28% | 13% |
| 動植物性残渣 | 2,407 | 179 | 14 | 2,213 | 1,382 | 1,356 | 26 | 1,536 | 830 | 40 |
| 構成比 | | 7% | 1% | 92% | 57% | 56% | 1% | 64% | 35% | 2% |
| 動物系固形 不要物 | 66 | 0 | 0 | 66 | 48 | 46 | 2 | 46 | 18 | 2 |
| 構成比 | | 0% | 0% | 100% | 72% | 69% | 3% | 69% | 28% | 3% |
| 動物の死体 | 123 | 0 | 1 | 122 | 57 | 56 | 1 | 56 | 65 | 2 |
| 構成比 | | 0% | 1% | 99% | 46% | 45% | 1% | 45% | 53% | 2% |

出典：「令和2年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成30年度実績（概要版）」より作成

直接最終処分量は表中C列であり、推計パターン①の場合、焼却以外の最終処分量は中間処理後最終処分量に等しいため、G列となる。

▶ 推計パターン②

図 II-36 に、発生した焼却灰のうち最終処分される割合が 100%（焼却灰の全量が最終処分される）の場合の産業廃棄物の処分フローを示す。推計パターン①と同様に、産廃排出・処理状況調査報告書の推計結果をもとに、フロー図上の各値を設定した。

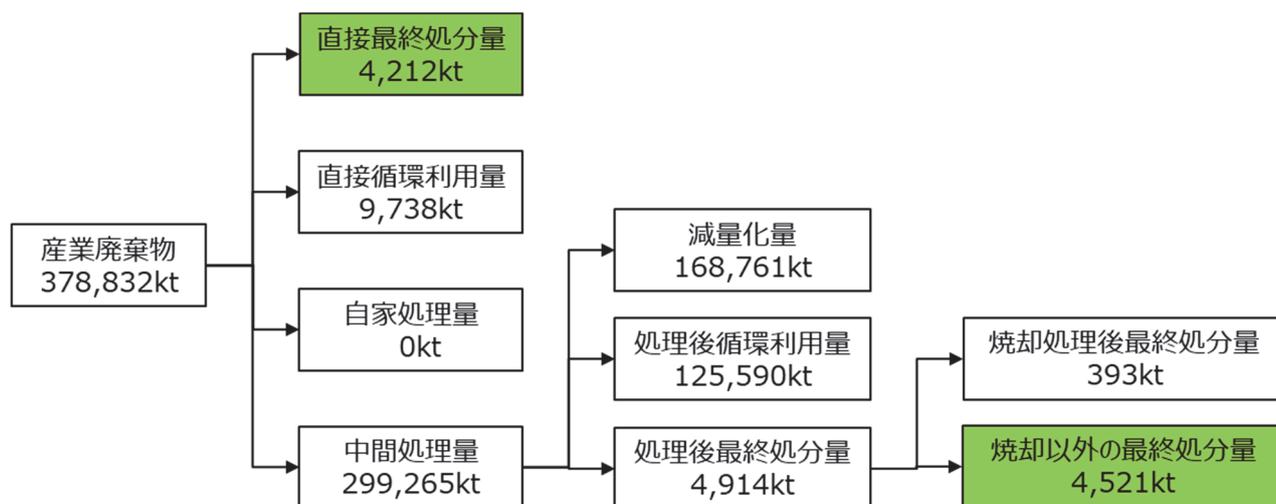


図 II-36 産業廃棄物の最終処分フロー（推計パターン②）

出典：「令和2年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成30年度実績（概要版）」より作成

直接最終処分量は推計パターン①と同様に、表 II-46C 列のとおりである。焼却以外の最終処分量については、表 II-46 の中間処理後最終処分量（G 列）と焼却による減量化量（I 列）を用いて、以下の式で推計した。焼却処理残渣率は「産業廃棄物排出・処理実態調査指針 改訂版」（環境省）の値を用いた（表 II-47）。なお、動物系固形不要物、動物の死体については動植物性残渣の焼却処理残渣率を用いて計算した。

(焼却以外の最終処分量)

$$=(\text{中間処理後最終処分量})-(\text{焼却による減量化量})\times((\text{焼却処理残渣率})/(1-\text{焼却処理残渣率})) \quad \text{式 (3)}$$

表 II-47 産業廃棄物の種類別の焼却処理残渣率

| 有機性汚泥 | 廃油 | 廃プラスチック | 紙くず | 木くず | 繊維くず | 動植物性残渣 |
|-------|----|---------|-----|-----|------|--------|
| 20% | 3% | 10% | 5% | 9% | 6% | 6% |

出典：産業廃棄物排出・処理実態調査指針 改訂版（平成 22 年 4 月、環境省）

➤ 結果

算出した有機性廃棄物の直接最終処分量と焼却以外の最終処分量を表 II-48（推計パターン①）及び表 II-49（推計パターン②）に示す。一般廃棄物の計算と同様に、湿重量で算出した有機性廃棄物量を、日本国温室効果ガスインベントリ報告書の表 7-10 に記載されている含水率を利用することで乾燥重量に変換した。ただし、中間処理後の食物くずの含水率については表中に記載がなかったため、一般廃棄物の中間処理後の食物くずの含水率（30%）を適用して計算した。なお、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の規定に従い、産業廃棄物の繊維くずは全量が天然繊維であると仮定して計算した。

表 II-48 産業廃棄物中の有機性廃棄物最終処分量（推計パターン①）

| | | 紙くず | 木くず | 繊維くず | 食物くず |
|--------------|-----------|--------------|----------------|------------|--------------|
| 直接最終処分 | 湿重量 (kt) | 6 | 62 | 1 | 14 |
| | 含水率 | 15% | 45% | 15% | 75% |
| | 乾燥重量 (kt) | 5.1 | 34.1 | 0.9 | 3.5 |
| 焼却以外の最終処分 | 湿重量 (kt) | 30 | 192 | 8 | 29 |
| | 含水率 | 15% | 45% | 15% | 30% |
| | 乾燥重量 (kt) | 25.5 | 105.6 | 6.8 | 20.3 |
| 合計（乾燥重量）(kt) | | 30.6 (29) | 139.7 (129) | 7.7 (7) | 23.8 (14) |

※：合計の行のカッコ内は「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」に記載の数値

表 II-49 産業廃棄物中の有機性廃棄物最終処分量（推計パターン②）

| | | 紙くず | 木くず | 繊維くず | 食物くず |
|--------------|-----------|------|-------|------|------|
| 直接最終処分 | 湿重量 (kt) | 6 | 62 | 1 | 14 |
| | 含水率 | 15% | 45% | 15% | 75% |
| | 乾燥重量 (kt) | 5.1 | 34.1 | 0.9 | 3.5 |
| 焼却以外の最終処分 | 湿重量 (kt) | 18 | 80 | 7 | 19 |
| | 含水率 | 15% | 45% | 15% | 30% |
| | 乾燥重量 (kt) | 15.6 | 43.9 | 6.0 | 13.3 |
| 合計（乾燥重量）(kt) | | 20.7 | 78.0 | 6.9 | 16.8 |
| | | (29) | (129) | (7) | (14) |

※：合計の行のカッコ内は日本国温室効果ガスインベントリ報告書に記載の数値

食物くず以外の品目については、日本国温室効果ガスインベントリ報告書に記載されている最終処分量の数値が、焼却後最終処分割合を 0%及び 100%で計算した結果の間に収まっており、実際には焼却灰の一部が循環利用され、残りは埋立処分が行われていると推測できる。食物くずについては、推計パターン②においても日本国温室効果ガスインベントリ報告書の数値を上回っているが、これは一般廃棄物の中間処理後の食物くずの含水率を使用したためであり、実際の報告書の計算では 30%よりも高い含水率で計算されたことが考えられる。

紙くず、木くず、繊維くずの乾燥重量の合計は、推計パターン①で 178kt、推計パターン②で 105.6kt、日本国温室効果ガスインベントリ報告書で 165kt となっており、単純計算をすると発生した焼却灰のうち最終処分される割合は約 2 割となり、残りの 8 割は循環利用されていることになる。

b) 国外の状況の確認

英国、フランス、ドイツ、EU における最終処分の状況と今後の方針について調査し、表 II-50 に示すとおり整理を行った。

表 II-50 欧州における最終処分の状況と今後の方針

| | 最終処分の状況 | 今後の方針 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 英 | <ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物処理量は2億1,430万トンであり、うち24.4%が埋立処理であった（2016年）。 ● 2018年の有機性廃棄物の埋立処理量は7,200万トンであった（1995年比で25%減）。EU埋立指令の目標は2020年までに1995年比で35%削減することであり、目標達成まで至っていない。 ● 最終処分場は604か所ある（2016年）。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 英国：2035年までに埋立処理される一般廃棄物の量を10%以下にする（サーキュラーエコノミーパッケージ政策声明、2020）。 ● イングランド：2016年のイングランドの埋立率は15.7%であり、2035年までに10%以下にする。そのための方策の一つとして、2030年までに食品廃棄物の埋立をなくす。（資源・廃棄物戦略、2018） ● 埋立禁止にする方針・目標は掲げられていない。 |
| 仏 | <ul style="list-style-type: none"> ● 2018年の埋立（有害廃棄物除く）による廃棄物処理量の合計は約8,000万トンであった。うち、埋立処理された一般廃棄物は738万トンであった（50%がプラスチック、18%が食品廃棄物）。 ● 国内に230か所の最終処分場がある。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 非有害廃棄物について、埋立処理される量を2025年までに20年比で50%削減する（グリーン成長のためのエネルギー移行法、2015）。 ● 埋立禁止にする方針・目標は掲げられていない。 |
| 独 | <ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物処理量は4億2,2583万トンであり、うち18%が埋立処理（2019年）。埋立処理のほとんどが、建築廃棄物等の不活性廃棄物である。 ● 1,027か所の最終処分場があり、うち148か所が一般廃棄物（住宅系廃棄物、生活系廃棄物、生活系廃棄物系類似の事業系廃棄物）の最終処分場である。 ● 2005年に生分解性廃棄物の埋立が禁止。その結果、300か所程度あった一般廃棄物の最終処分場の施設数が半減した。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 2005年に生分解性廃棄物の埋立が禁止されたことから、2006年以降、生活系廃棄物やその他の生分解性廃棄物は、焼却／機械的・生物処理後に処理され、メタン発生を伴う廃棄物の埋立はほとんど行われなくなっている。 |
| EU | <ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物処理量は21億6,900万トンであり、うち38.4%が埋立処理であった（2018年）。 ● EU加盟国平均の一般廃棄物埋め立て率は23.5%であるが、国によって大きく差がある。 (施設数はEUのHPや公表資料からは確認できていない) | <ul style="list-style-type: none"> ● Landfill Directive（1999）において、2030年までに一般廃棄物の埋め立てを10%に段階的に制限すること、有機性廃棄物の埋立の段階的な削減すること（1995年の排出量から、2014年までに35%まで削減する）をEU加盟国に求めている。 ● 埋立禁止にする方針・目標は掲げられていない。 |

出典：

英国

- Defra, 2020, UK Statistics on Waste
- Defra & Daera, 2020, Circular Economy Package policy statement
- Defra, 2020, Resources and waste strategy for England: monitoring and evaluation

仏

- Ministry of Ecological Transition, 2020, The Anti-waste law in the daily lives of the French people, what does that mean in practice
- European Commission, eurostat- waste generation and treatment
(https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASTRT__custom_1004469/default/table?lang=en)
- France government, 2015, The Energy Transition for Green Growth Act

独

- Federal Ministry for the Environment, 2020, Waste Management in Germany 2020 Facts, data, diagrams
- EU, eurostat- waste generation and treatment
(https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASTRT__custom_1004469/default/table?lang=en)

EU

- European Commission, 1999, Landfill Directives
- EU, eurostat- waste generation and treatment
(https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASTRT__custom_1004469/default/table?lang=en)

(c) 対策導入コスト

有機性廃棄物から発生するメタン排出量を削減するための対策として、埋立処分から他の処理方式に変更することによる処理コストの増加について考える。

一般廃棄物においては、現在の GHG インベントリに用いられているデータからすれば、第一に直接搬入ごみ中の不燃ごみ、第二に収集ごみ中の混合ごみ・可燃ごみが有機性廃棄物の直接埋立量が多いということになる。しかし、このうち前者については、組成比率の推定に課題があることを指摘した。後者は収集したごみを直接埋立している場合であるが、焼却施設等を有さず通年で最終処分場に搬入している場合と焼却施設の点検時等に限って搬入している場合とが考えられる。

焼却施設等を有さず通年的に最終処分場に搬入している場合の対策コストについて、例えば、「平成 29 年度地域課題適応型廃棄物エネルギー利活用による地域低炭素化対策検討調査委託業務報告書（株式会社エックス都市研究所、平成 30 年 3 月）」では、一般ごみ（可燃＋不燃の混合収集）、粗大ごみ、及び、し尿処理汚泥（脱水汚泥）の直接埋立が行われている夕張市をモデル事例として、直接埋立を廃止して廃棄物エネルギーの利活用（RDF 化または固形燃料原料化）を行った場合のシナリオを検討している。当該報告書によると、現状の単年度事業費が約 116 百万円/年であるのに対し、RDF 化が約 279 百万円/年、固形燃料原料化が約 198 百万円/年と、現状と比較してそれぞれ 2.4 倍、1.7 倍となることが示唆されている。

また、産業廃棄物のうち木くず等の有機性廃棄物の直接埋立が行われる要因としては、分離排出された「木くず」をあえて直接埋立するというよりは、混合廃棄物中の有機物がそのまま埋め立てられる可能性が想定される。この場合に直接埋立を回避するためには、分別・選別や追加の収集運搬に係る費用増加分と処理処分費用の変化分（低減することも考えられる。）の差分に相当する追加費用が必要となると考えられる。例えば、前者は排出態様・規模、後者は地域によって相違することが考えられる。

(2) 廃棄物エネルギー利活用高度化と CCUS

1) 廃棄物エネルギー利活用高度化

廃棄物エネルギー利活用高度化対策としては以下の2つのエネルギー形態が代表的なものと考えられる。これらについて、対策技術の概要、対策導入の見通し、対策導入に必要な基盤整備及び対策導入コスト、対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果などの整理を行った。

- ✓ 発電
- ✓ 熱（高温蒸気等）供給

(a) 発電

a) 対策技術の概要

廃棄物焼却施設では、これまで主に廃棄物発電の増強により、施設のエネルギー消費を賄うだけでなく、外部にエネルギーを供給し、社会全体としてのCO₂排出量削減へ貢献してきた。地域の脱炭素化への貢献、地域資源の活用の観点から、引き続き、発電効率・エネルギー回収率だけでなく、外部へ供給するエネルギー量の増大（電気ならば送電端効率）を図ることが重要である。（施設規模拡大に伴う送電端効率の増加率上昇は、発電端効率の増加率上昇よりも大きい。）

一方で、発電効率はCO₂大幅削減に見合うような意味での飛躍的な向上は困難であり、また、将来的には再エネ大量導入等により、廃棄物発電のCO₂排出量削減効果が低下していくことも想定される。

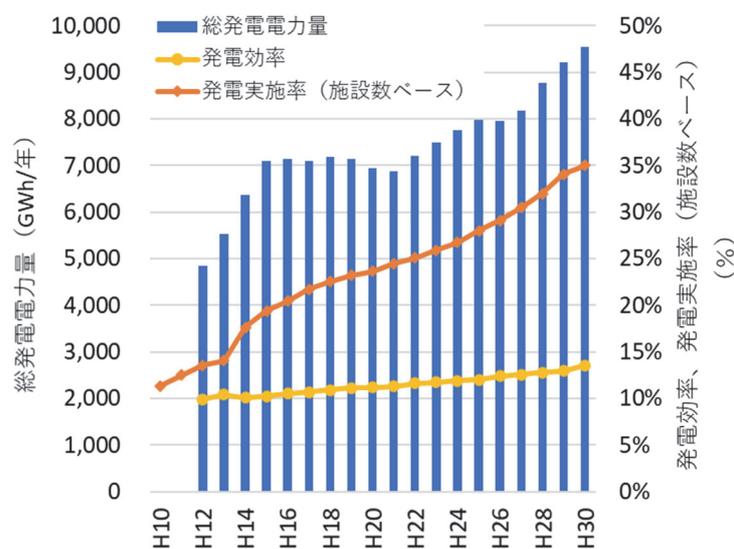


図 II-37 発電電力量と発電実施率、発電効率

出典：環境省(各年度)「日本の廃棄物処理」より作成

b) 対策導入の見通し

社会導入される廃棄物発電の効率は、国の政策と民間事業者の技術開発が相まって向上してきた。発電効率決定の主要因となるボイラ蒸気条件は、従来の高効率発電の目安の4MPa・400℃を最近の導入事例では超えつつある。

中長期シナリオ（案）では、「6MPa・450℃」への高温高压化を対策として見込んだ（図 II-38）。廃棄物発電の発電効率は端的には熱サイクルの断熱熱落差（タービンの入り口と出口の比エンタル

ピーの差) に比例することから、蒸気条件が 4MPa・400℃から 6MPa・450℃になった場合の断熱熱落差の増加率を、現行の循環交付金水準の発電効率に適用することで、高温高压化による発電効率の向上を推計した。その結果、規模による多少の違いはあるものの約 1%分の増加となった。ここで、4MPa・400℃の加熱蒸気の比エンタルピーは 3227 MJ/kg、6MPa・450℃の加熱蒸気の比エンタルピーは 3303 MJ/kg、タービン出口における比エンタルピーは 2181 MJ/kg として推計した。図 II-38 の紫の直線が高温高压化による発電効率の向上効果を反映したものである。

ただし、200t/日未満でみると、この過去の実績(～平成 29 年度)においても、現在最新の循環交付金での基準値³は無論、ここで想定した 6MPa×450℃換算の水準(紫点線)よりも、プラントでの発電効率が上回っている過去事例が複数見られる。すなわち、200t/日以下について現行の循環交付金基準を基準として試算することは、技術的実現可能性の観点から過小評価になっている可能性が示唆される。

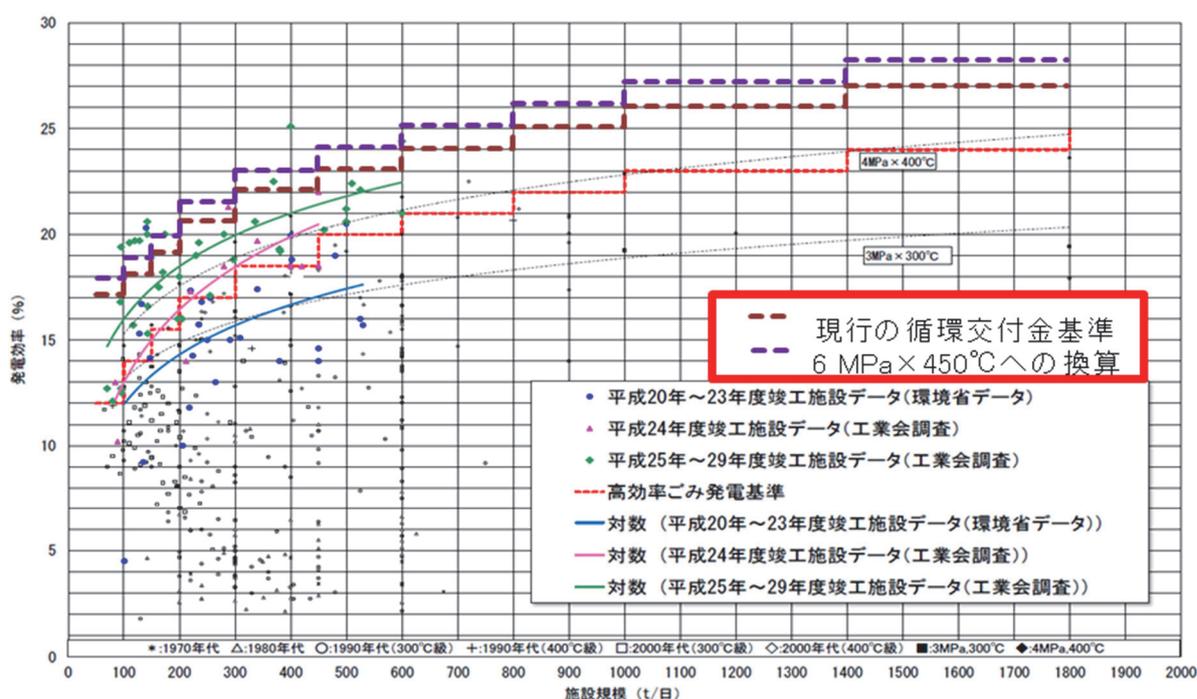


図 参 1-1 発電効率の変遷 (日本環境衛生施設工業会調査による)

図 II-38 発電効率の変遷と今回の計算での設定水準

出典:「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル 参考資料 1 (環境省)」に追記

c) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

高温高压化(6MPa・450℃)した場合の発電効率と現行の循環交付金水準の発電効率から発電量の増加分を推計(ごみの低位発熱量を 10 MJ/kg とした。)し、それによる CO2 削減効果を推計した。ここで、施設規模による発電効率の差異を考慮するために、100t/日、150t/日、300t/日、450t/日、600t/日の 5 つの施設規模で推計した。また、火力発電の排出係数(0.6 kg-CO2/kWh)を利用する場

³ 現在のエネルギー回収率は、以下の 3 点を考慮して決定したものとされている。(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))

- ・廃棄物処理施設整備計画(平成 30 年 6 月閣議決定)において重点目標に掲げられている、期間中(2018 年度～2022 年度)に整備された焼却施設の発電効率の平均値 21%へ向けた、より高効率な基準設定
- ・すでに建設中又は建設予定の 2018 年度から 2022 年度の間に竣工するごみ発電施設の発電効率の調査結果
- ・施設建設のプラントメーカーへのヒアリングにより把握した、現状の技術により到達可能な発電効率のレベル

合(表中「火力代替」と、地球温暖化対策計画における 2030 年の排出係数見込み(0.25 kg-CO₂/kWh)を利用する場合(表中「温対 2030」)の 2 つのパターンで推計した。

火力発電の排出係数を利用する場合、廃棄物発電の高温高压化によって、100t/日規模の施設であれば年間 360 t-CO₂ 程度、600t/日規模の施設であれば年間 3,000 t-CO₂ 程度の追加的削減効果が期待される。

表 II-51 高温高压化による CO₂ 削減効果 (試算例)

| 施設規模 | 発電効率 [%] | | 発電電力量 原単位[kWh/t] | | 対策前削減効果 [t-CO ₂ /年] | | 追加的削減効果 [t-CO ₂ /年] | | 追加的削減効果 (処理量当たり) [kg-CO ₂ /t] | |
|--------|----------|--------|------------------|--------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|------------------------------------------|---------|
| | 循環 交付金 | 高温 高压化 | 循環 交付金 | 高温 高压化 | 排出係数 | | 排出係数 | | 排出係数 | |
| | | | | | 火力 代替 | 温対 2030 | 火力 代替 | 温対 2030 | 火力 代替 | 温対 2030 |
| 100t/日 | 17.00 | 17.78 | 472 | 494 | 7,933 | 3,305 | 363 | 151 | 13.0 | 5.4 |
| 150t/日 | 18.00 | 18.82 | 500 | 523 | 12,600 | 5,250 | 577 | 240 | 13.7 | 6.0 |
| 300t/日 | 20.50 | 21.44 | 569 | 596 | 28,700 | 11,958 | 1,314 | 547 | 15.6 | 6.5 |
| 450t/日 | 22.00 | 23.01 | 611 | 639 | 46,200 | 19,250 | 2,114 | 881 | 16.8 | 7.0 |
| 600t/日 | 23.00 | 24.05 | 639 | 668 | 64,400 | 26,833 | 2,948 | 1,228 | 17.5 | 7.3 |

なお、地球温暖化対策計画(令和 3 年 10 月 22 日閣議決定)の対策評価指標である「ごみ処理量当たりの発電電力量」は、2013 年度 231kWh/t に対して、2030 年度 359~445kWh/t である。後者は、現況年度(2013 年度)以降、設置から 20 年経過した施設については基幹改良、35 年経過した施設については更新が行われ、その際にエネルギー回収型廃棄物処理施設の交付要件を満たす高効率発電設備が施設規模に応じて導入されると想定した結果である。

d) 対策導入に必要な基盤整備

横山・高岡(2015)⁴では、高効率ごみ発電施設の積極的な拡充支援を目的として 2009 年度より 5 年間の時限付きで施行された「循環型社会形成推進交付金」の交付率を 1/2 に割り増す制度により発電効率向上手段として推奨された各技術的要素等が、実際にどの程度採用され発電効率向上に寄与したかについて検証している。その結果、低空気比燃焼、高温高压ボイラ、抽気復水タービン等の採用施設が増加し、その一方で排水クローズドシステムの廃止等の立地やインフラ整備状況により必ずしも広く採用に至らなかった技術的要素があることがわかったとしている。また、発電効率の向上は、とりわけこれまで発電が重視されてこなかった小規模施設においてその変化は顕著であったとされている。

このように交付金制度・要件の設定次第で、中長期シナリオ(案)で想定されているボイラ蒸気条件の高温高压化を促進することには十分に実現可能性があると考えられる。一方で、他の重点対策領域で提示されているように発電だけではなく省エネルギー等の措置も必要であって地域の脱炭素化への貢献という観点からは外部エネルギー供給が重要となることや、次項で示す外部熱供給対策の重要性(温室効果ガス排出削減効果の大きさや経済的合理性)、また、食品廃棄物等の湿潤なバイオマスの有効利用方法などを考えれば、例えば単純に現在のエネルギー回収率の要件(数値)を今回試算のように若干向上させるといった方策でよいのかどうかは十分検討される必要があるのではないかと考えられる。加えて、CCUS の導入可能性も重要な検討事項となり得ると考えられる。

⁴ 横山唯史・高岡昌輝「高効率ごみ発電技術の普及に対する交付金制度の役割」廃棄物資源循環学会誌, Vol.26, No.2, pp.105-113, 2015

また、上述のとおり、例えば 200t/日以下の施設では現在の交付金のエネルギー回収率の水準が現状の技術により到達可能な発電効率のレベルと比較して意欲的な水準といえるのかなども、広域化・集約化の方針の観点も踏まえて、検証される必要があると思われる。

これらの論点については、廃棄物処理施設整備計画の見直しとも相まって検討されることが期待される。

e) 対策導入コスト

熱回収施設の導入事例のうち蒸気条件が 4MPa・400°C を超える事例を調査し、従来プラントと建設費単価を比較することで、高温高圧化による整備コストへの影響を考察した。従来プラントは 2011 年から 2021 年までの 10 年間で循環型社会形成推進交付金の対象となった施設のうち、DBO 方式で、粗大ごみ処理施設やマテリアルリサイクル施設を含まない設計建設費と運営委託費が把握できる施設を抽出した。図 II-39 に 4MPa・400°C を超えるプラントと従来プラント別に縦軸に単価：設計建設費、横軸に運営委託費単価をとったグラフを示す。円の大きさは、施設の規模 (t/日) を表す。

グラフにおいて、4MPa・400°C を超えるプラントの設計建設費単価は、従来プラントの設計建設費単価が分布する範囲に収まっている様子が確認でき、蒸気条件の高温高圧化により顕著に施設整備コストが高くなるといった傾向は確認されなかった。また、高温高圧化によるコストへの影響とは直接的に関連しないが、処理量の規模が大きいほど単価が低い傾向が確認され、4MPa・400°C を超えるプラントは本調査の対象範囲においては、中～大規模プラントでの導入が目立つ。

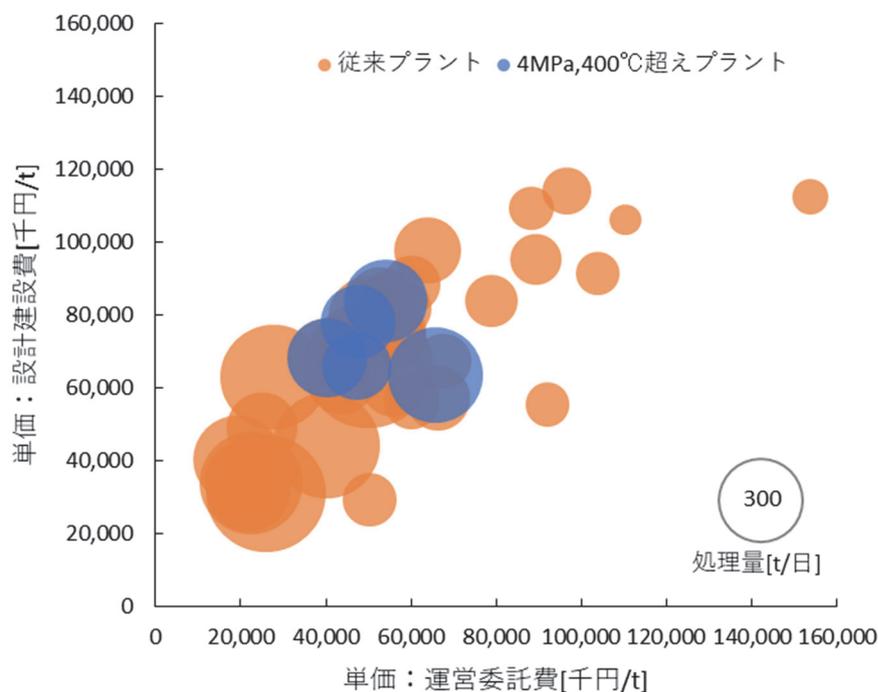


図 II-39 高温高圧蒸気条件のプラントの設計建設費単価及び運営委託費単価

出典：各事例の落札状況等の調査に基づき作成

(b) 熱（高温蒸気等）供給

a) 対策技術の概要

熱は、低温熱は太陽熱など再エネやヒートポンプなどで賄えるが、産業での高温用途（直接加熱のほかボイラ蒸気を含む）には、電化等による脱炭素化対応が容易ではない可能性がある。

廃棄物焼却施設から電気だけでなく熱も外部に供給することでも社会全体としての CO2 排出量削減に貢献可能であるが、我が国では大規模な熱供給事例は限られる。しかし、例えば、廃棄物焼却施設からの蒸気供給は、施設内の追加的設備は蒸気配管程度である一方、供給した蒸気の熱量と同等の化石燃料を代替できるため、供給先が近傍ならば経済的にもメリットは大きく、今後の有望な選択肢であると考えられる。

一般廃棄物（ごみ）の場合、現状のバイオマス比率でも都市ガスよりも低炭素な「燃料」でありえ、将来的なごみ質の変化によって、焼却蒸気の CO2 排出係数はさらに低下すると考えられる。さらに、低温熱需要に復水排熱を供給できれば、エネルギー回収率の大幅な向上が可能となる。

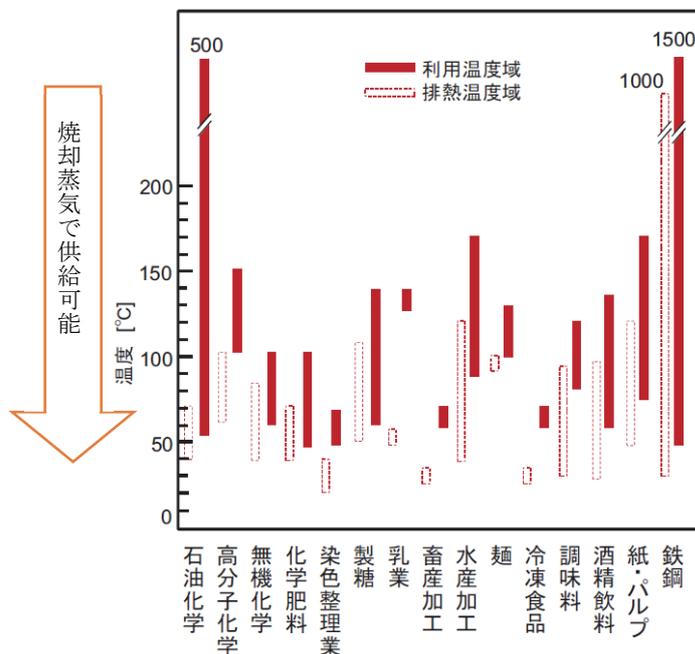


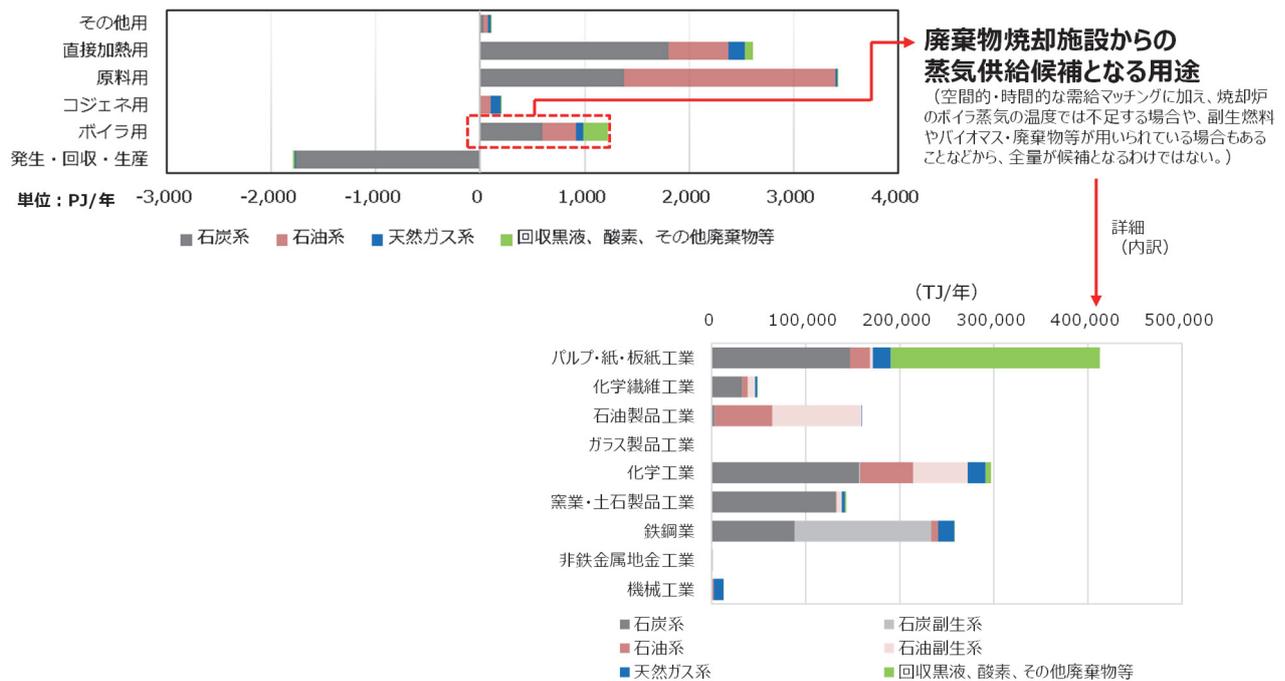
図 II-40 産業部門の熱利用の温度域

出典：JST 研究開発戦略センター(2013)「中低温熱利用の高度化に関する技術調査報告書」

b) 対策導入の見通し

① 素材産業等における燃料消費量に占めるボイラ用の状況

廃棄物焼却施設からの蒸気供給候補となり得る用途として、素材産業等における燃料消費量に占めるボイラ用の状況を上図 II-41 に示すとおり整理した結果がある。このうち、ボイラ用における業種別・燃料別の詳細（内訳）を下図 II-42 に示す。



上図 II-41 石油等消費動態統計対象業種における燃料受払の状況（一部項目を独自に集計）

出典：「平成 31 年・令和元年石油等消費動態統計年報（燃料受払（総合表）－熱量単位表）」より独自に集計（ここではコークス炉ガス・高炉ガス・転炉ガスに加え電気炉ガスも石炭系に含めて図示した。）

下図 II-42 ボイラ用における業種別・燃料別の内訳

出典：平成 31 年・令和元年石油等消費動態統計年報より独自に集計

※：業種別の合計は、上図の総合表数値とは、必ずしも一致しない。

※：副生燃料については、廃棄物焼却施設からの蒸気供給による代替が相対的に困難な場合があると想定される。ここでは、便宜的に、各種燃料のうち、「タール、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス、電気炉ガス」を石炭副生系、「石油系炭化水素ガス、オイルコークス、アスファルト、再生油（石油由来）」を石油副生系として、それぞれ独自に分類した。副生燃料の区分として、必ずしも一般的な整理ではない可能性もあることに留意されたい。

② 海外における廃棄物焼却施設から民間工場への蒸気供給事例

廃棄物焼却施設から民間工場への蒸気供給事例は、国内では一事例しか知られていないが、欧州（国内メーカーの欧州子会社による事例を含む。）や韓国では、主に化学工場に対する複数の事例が存在し、新規にも整備されつつあることが、国内でも知られつつある。化学産業の盛んなベルギーでは、16 万 kW（約 580GJ/h）もの蒸気を供給可能とした事例もある。

海外における廃棄物焼却施設から民間工場への蒸気供給事例について、文献等調査結果を基に表 II-52 に示すとおり整理を行った。これらの事例では、化学工場等のコスト競争力向上と低炭素化が同時に実現していると考えられる。

表 II-52 海外における廃棄物焼却施設から民間工場への蒸気供給事例

| 国 | 都市 | 供給先産業 | 出典 |
|------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----|
| 韓国 | ウルサン 2008年第1清掃工場 (200t/日×2炉)より 2012年第2清掃工場 (250t/日×1炉)より | 化学工場(テレフタル酸製造、トリアセチルセルロース製造等) ・5万tCO ₂ /年削減 | ① |
| ドイツ | ハンブルグ | 製油所 | ② |
| ドイツ | シュターズフト (2008年竣工)約500t/日×2炉 | 化学工場(ソーダ生産と発電) | ③④他 |
| ドイツ | クナザック | 化学工場(化学工業団地) | ③④ |
| ドイツ | ベルンベルグ (2010年竣工)500t/日×3炉 | 化学工場(ソーダ生産と発電) ・15万tCO ₂ /年削減 | ⑤ |
| フランス | シャランペ (2023年竣工予定)600t/日×1炉 | 化学工場(化学原料生産) ・8万tCO ₂ /年削減(推定) | ⑤ |
| ベルギー | アントワープ (2019年蒸気供給開始) | 化学工場(複数) ※ECLUSEプロジェクト ・10万tCO ₂ /年削減(ポテンシャル) | ⑥ |
| スイス | ヴァインフェルデン | 製紙工場 | ③ |

出典：①大西(2019)など ②小野田(2021) ③産業廃棄物振興財団(2019) ④日本環境衛生センター・パシフィックコンサルタンツ(2020) ⑤有識者ヒアリング(2021)、⑥日本環境衛生センター・パシフィックコンサルタンツ(2021)

【参考】発電をやめて産業(工場)への熱供給に特化した事例(韓国)

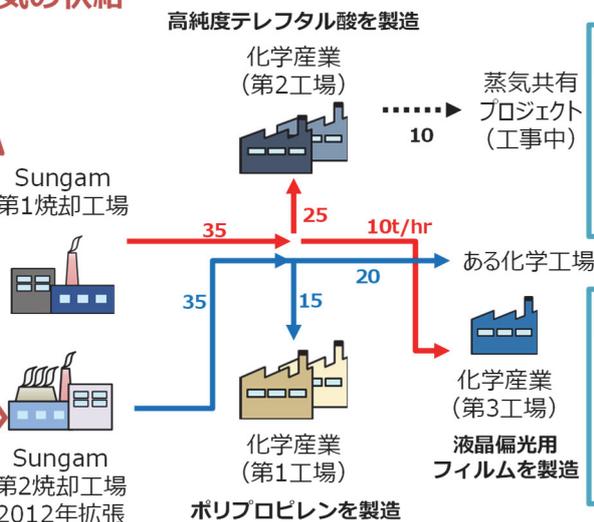
蔚山(ウルサン)インダストリアルパークの事例を以下に示す。

焼却施設

➡ 化学工場への高圧蒸気の供給

効果1
発生させた蒸気を化学工場へ供給。
第1焼却工場から周辺に立地した化学工場へ蒸気を供給したところ、短い投資回収年で大きな効果が実現。

効果2
発電設備を導入せず、事業費を削減。
第2焼却工場の建設では発電設備の導入を取り止め、当該工場へ高圧蒸気を供給することに。蒸気販売に伴う収益を得ることができ、コストメリットも実現。



化学工場

効果3
このプロジェクトに伴い、**新たな化学工場が立地**。約150百万ドルの投資と140人の雇用創出。

効果4
CO₂排出量は**45,500t削減と試算**。
熱源転換(B・C重油→蒸気)により3.7百万ドルの節約。

図 II-43 蔚山(ウルサン)インダストリアルパークの事例

出典：「平成27年度廃棄物発電高度化事業報告書(平成28年3月、一般社団法人日本環境衛生センター・公益財団法人廃棄物・3R財団)」より作成
参考：大西 悟. 韓国・地域EIPセンターが促す焼却熱の工場利用の実態. 2019. 廃棄物資源循環学会誌, 30(4)

【参考】ベルギー（フランダース地域）アントワープのECLUSEプロジェクトについて

■地域特性

フランダースは、欧州最大の石油化学品生産地。1人当りの石油化学品およびプラスチック製品の売り上げは、世界一。世界上位20の化学会社のうち10社が拠点を置く。

(<https://www.flandersinvestmentandtrade.com/invest/ja/産業分野/化学>)

アントワープ港は、アメリカのヒューストンにつぐ世界第2位の化学・石油化学製品の生産地でもある。港内には、バイエル、モンサント、日本触媒などの多国籍化学企業が製造拠点を設置。(<https://www.mlit.go.jp/kowan/minatodayori/44/18.pdf>)

表 II-53 ECLUSEの概要

| 項目 | 概要 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 焼却施設 | 同地区には3ストーカ（Indaver社：非有害の家庭系及び同様の産廃）、3流動床（SLECO社：非有害の産廃・産業排水処理汚泥・浄水汚泥）（2社合計で年間1百万t、およそ半分がバイオマス系廃棄物）をはじめ、各種処理施設や異なる種類の最終処分場が存在 |
| 熱供給配管等 | 40気圧・400℃、160MWの熱の容量、延長5km（4km地上、1km地下）、道路横断：架空15か所、地下7か所、240mm断熱 ※熱供給網は現状需要の2倍の供給能力で設計 |
| 供給先 | 供給先全てが、Waasland港に位置し、最低10年の蒸気購入にコミットしたEssenscia（ベルギーの化学・生命科学産業協会）会員 ●生産プロセスへの蒸気使用： ・ADPO（化学産業プロセス：タンク加熱、タンクパイプの洗浄） ・Ashland（化学品製造） ・Monument Chemical（化学品製造） ・Ineos Phenol（化学品製造（フェノール、アミン）：主に蒸留に使用） ・Lanxess（ゴム・プラスチック製造） ●還水パイプがDP World通過時にオフィス建物で暖房に使用 |
| 効果 | 年間10万t CO2削減（ポテンシャル） |

出典：<<https://www.ecluse.be/>>（最終アクセス 2021年10月1日）より引用及び以下と合わせて要約
<<https://www.indaver.com/pt-en/news-media/industry-news-detail/ecluse-wins-belgian-energy-and-environmental-award-1/>>（最終アクセス 2021年10月1日）

【官民連携】

フランダース政府はECLUSEプロジェクトに1千万ユーロ（約13億円）を資金拠出。

<<https://www.businessinantwerp.eu/stories/ecluse-another-asset-port-antwerp>>（最終アクセス 2021年10月1日）

c) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

現在の事業者別・事業所別の GHG 排出量算定（算定報告公表制度等）では、廃棄物の焼却等に伴う回収エネルギーを電気又は熱として外部に供給しても、廃棄物処理施設の GHG 排出量からは控除されない。一方、当該電気又は熱は、化石燃料自体の直接的な使用・燃焼でないことから、供給を受けて使用する側（別の事業者・事業所）では、廃棄物焼却施設由来の電気又は熱の CO2 排出係数はゼロである。

ただし、廃棄物の焼却施設自体を、電気又は熱の使用者が、その事業所の一部に設置したケース等においては、化石燃料や系統電力の CO2 排出係数との大小関係が、当該事業者の GHG 計算上、重要性を増すことがありうると考えられる。

以上も踏まえ、参考として外部供給（電気は送電端）する電気・熱について、焼却で廃棄物（プラスチック等）から発生する CO2 排出量全量を、電気又は熱に割り当てた場合の“仮の CO2 排出係数”を計算すると、図 II-44 に示すとおりとなった。（全期間にわたり 6Mpa・450℃、600t/日のモデ

ル計算。)

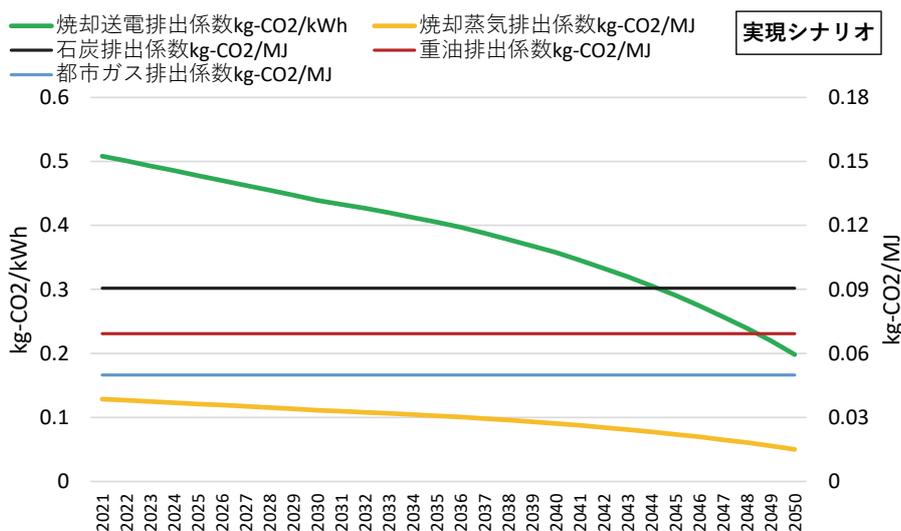


図 II-44 廃棄物焼却施設からの供給蒸気の”CO2 排出係数”の試算例 (イノベーション実現シナリオ)

※：廃棄物焼却蒸気の係数はボイラ効率を考慮しているが、化石燃料（石炭、重油、都市ガス）は燃料自体の排出係数であるために、廃棄物焼却蒸気の方が、CO2 排出係数の計算上、実際よりも「不利」になっている。化石燃料の発熱量は高位基準である。

d) 対策導入に必要な基盤整備

既に指摘されているが以下の2点が重要と考えられる。加えて、発電と同様に循環交付金の対象事業の考え方やエネルギー回収率などの要件設定も実現を促進する重要な方策となりうるのではないかと考えられる。

熱供給の成立には、輸送距離と熱需要との関係（需給マッチング）が必要となるため、廃棄物焼却施設の立地選定段階から考慮が必須である。

また、供給先の決定・契約の進め方も明確化されることが望ましいと考えられる。すなわち、電気は電力システムを介して一般競争入札で売却しやすいのに対して、近隣への熱供給は供給先が事実上（少なくとも相当の期間）固定されることになると考えられるためである。地域熱供給網が整備されている地域でも、自由化されて送配電（インフラ）と発電・小売が分離された電力とは異なり、卸売先は当該地域熱供給事業者に限定されやすいのではないかと考えられる（ただし、需要家が不特定多数となる点は、工場への相対供給とは異なる面もあるとも考えられる。）。

e) 対策導入コスト

近隣への蒸気供給は、現状の条件においても発電と比較して経済的及び環境的に有利となる可能性がある。例えば、100GJの発熱量をもつ廃棄物（現状の組成の廃棄物約10tに相当）を焼却して製造した蒸気を利用して発電効率22%で発電し、単価10円/kWh、CO2排出係数0.5kg-CO2/kWhの電力を代替した場合、経済的便益は約60,000円、CO2削減効果は約3.1t-CO2となる。一方で、製造した蒸気を近隣の工場に供給し、C重油（54円/L）を燃料とするボイラからの蒸気供給を代替した場合、経済的便益は約130,000円、CO2削減効果は約7.7t-CO2となり、発電と比較して2倍以上の経済的便益及びCO2削減効果が得られる（藤井実「廃棄物エネルギー利用の高効率化に向けた展望」廃棄物資源循環学会誌、30(4), 2019より）。

今後、熱よりも先行して電力の CO2 排出係数が低下すると考えられる中で、短期的には、廃棄物焼却施設で発生した蒸気を近傍の工場に供給する環境的意義はさらに大きくなる可能性がある。

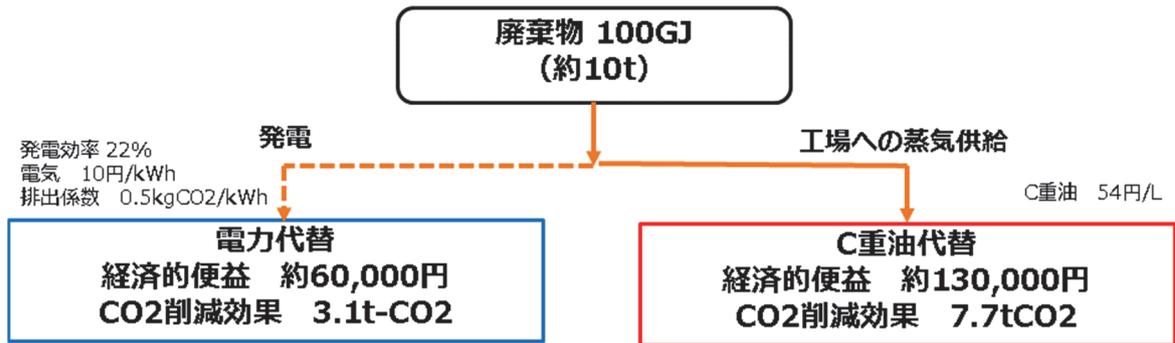


図 II-45 廃棄物焼却蒸気を利用した発電と熱供給の経済的便益及び CO2 削減効果の比較
 出典：藤井実「廃棄物エネルギー利用の高効率化に向けた展望」廃棄物資源循環学会誌、30(4), 2019 より改変

2) CCUS

CCUS について、対策技術の概要、対策導入の見通し、対策導入に必要な基盤整備、対策導入コスト、対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果などの整理を行った。

(a) 対策技術の概要

CCUS とは、火力発電所、工場、廃棄物焼却施設等の排ガス中の二酸化炭素（Carbon dioxide）を分離・回収（Capture）し、有効利用（Utilization）、又は地下へ貯留（Storage）する技術である。

CCS（貯留）は、CO₂ を大量回収・貯留する抜本的な方策となりうるが、単独では経済的メリットがないため、社会導入されている国ではインセンティブの仕組みが存在する。いずれにしても、現状で日本全体の CO₂ 排出量に占める割合が限定的である廃棄物分野が単独で取り組むことは困難であることが考えられる。

CCU（有効利用）は、国内の焼却施設等でも既に事例がある。将来的にも廃棄物には炭素が一定量含まれると考えられ、廃棄物からエネルギー回収時に発生する CO₂ を炭素資源として、特に素材原料として活用することには、廃棄物は「モノ」由来であることから、化石燃料からの脱却時の物質収支的にも見合う可能性があると考えられる。

脱炭素化社会においては、化石燃料の燃焼はできる限り回避される必要がある一方、廃棄物からのエネルギー回収は、3R が優先であり最小化が求められつつも、適正処理の観点から回避が難しい部分が残る可能性が高いことが考えられる。将来も残る焼却施設等からの排ガスについては、CCUS を適用することで大気中への排出を回避することが可能となる。

焼却される廃棄物は、現状でもバイオマス由来が一定を占め（メタン発酵ならば基本全量がバイオマス）、将来にはさらにその割合が増大すると想定され、バイオマス起源の排ガスの CCUS により、ネガティブエミッションも可能となる。また、ごみ処理施設は全国に分散しており、小規模でも有望な CCU 技術を開発して適用することができれば、地域の素材・資源の供給施設ともなることが期待される。

化石資源を原料とする製品の製造に廃棄物処理由来の CCU を組み合わせ、廃棄物が有するエネルギーの高効率での利用と併せて、産業分野の化石燃料からの脱却による炭素循環の実現にも貢献しうると考えられる。

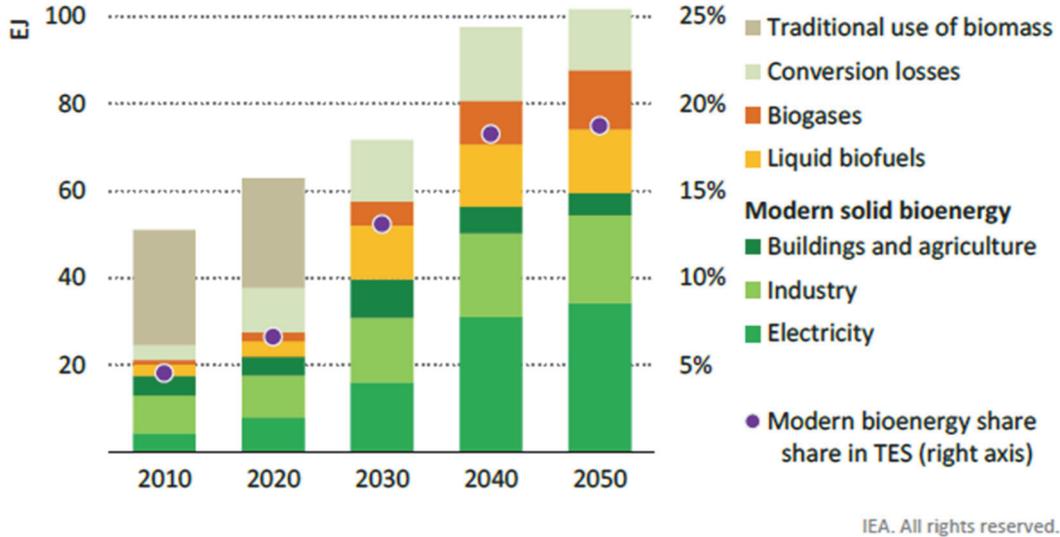


図 11-46 CCUS の概要

出典：「環境省 CCUS 事業の概要（平成 31 年 3 月 5 日）」などより作成

(b) 対策導入の見通し

世界の 2050 年までに排出実質ゼロへの経路を示した IEA 報告書（2021）では、固体バイオマスの燃焼による発電やバイオ燃料（バイオガス類やバイオ液体燃料）によるバイオエネルギーの供給量が、総エネルギー供給量の 2 割程度を賄う水準へ増加すると見込まれている（図 II-47）。また、その供給源内訳として、有機性廃棄物の量が 4 割程度まで拡大される見通しとなっている（図 II-48）。

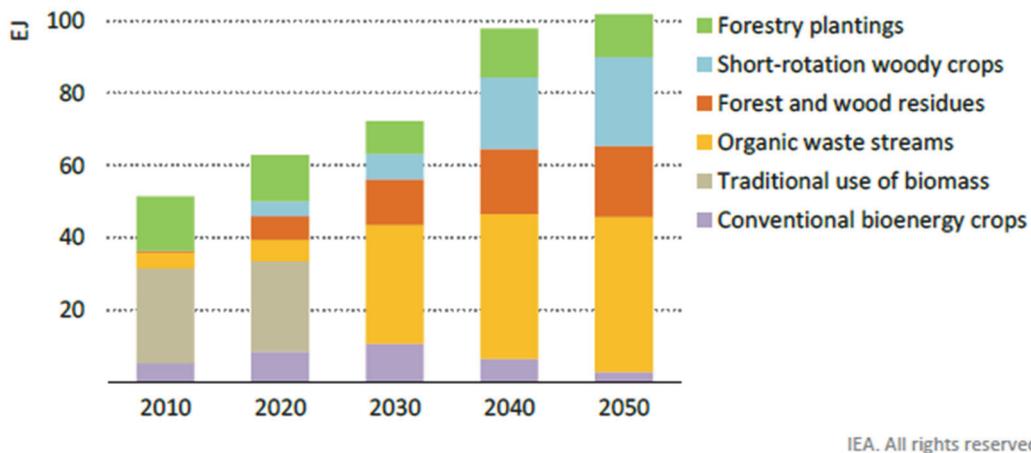


Modern bioenergy use rises to 100 EJ in 2050, meeting almost 20% of total energy needs. Global demand in 2050 is well below the assessed sustainable potential

Notes: TES = Total energy supply. Conversion losses occur during the production of biofuels and biogases.

図 II-47 世界のバイオエネルギーの供給見通し

出典：「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）、図 2.20）
 (Source: IEA (2021), Net Zero by 2050-A Roadmap for the Global Energy Sector, All rights reserved.)



Bioenergy use increases by around 60% between 2020 and 2050, while shifting away from conventional feedstocks and the traditional use of biomass

Note: Organic waste streams include agricultural residues, food processing, industrial and municipal organic waste streams; they do not require land area.

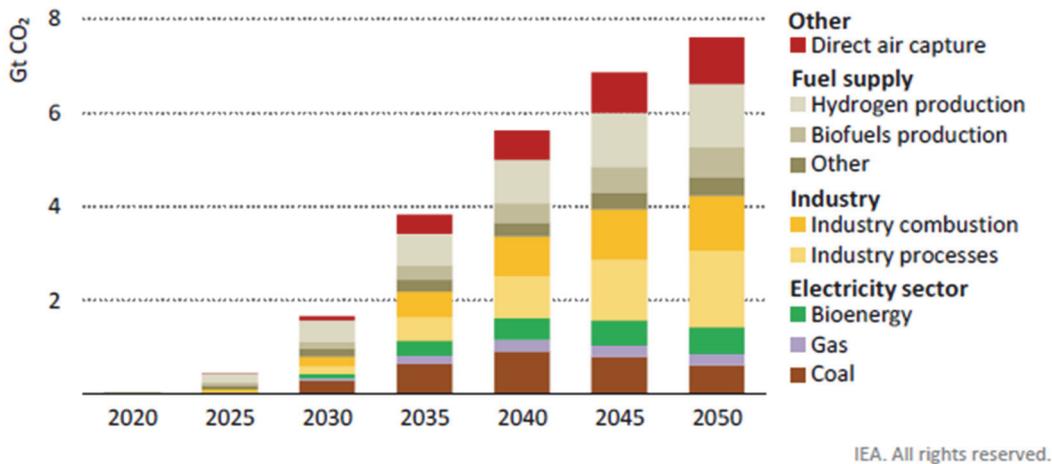
Source: IEA analysis based on IIASA data.

図 II-48 供給源別の世界のバイオエネルギー供給量見通し

出典：「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」（2021 年、国際エネルギー機関（IEA）、図 2.28）
 (Source: IEA (2021), Net Zero by 2050-A Roadmap for the Global Energy Sector, All rights reserved.)

そして、同報告書では、バイオマス発電のうち2割強はCO2分離回収設備を付帯し、バイオマス・廃棄物の燃焼に伴うCO2排出量は、2030年以降マイナスとなり化石燃料からの排出を一部相殺する見通しとなっている（表 II-54）。

ここで、同シナリオはIPCC 1.5°C特別報告書における90個のシナリオに比してバイオエネルギーの供給量及びCCUS導入量がいずれも大幅に少ないとされている。



By 2050, 7.6 Gt of CO₂ is captured per year from a diverse range of sources. A total of 2.4 Gt CO₂ is captured from bioenergy use and DAC, of which 1.9 Gt CO₂ is permanently stored.

図 II-49 世界の排出源別CO2回収量の見通し

出典：「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」（2021年、国際エネルギー機関（IEA）資料、図 2.21）
 (Source: IEA (2021), Net Zero by 2050-A Roadmap for the Global Energy Sector, All rights reserved.)

表 II-54 燃焼活動別CO2排出量の見通し

| | CO ₂ emissions (Mt CO ₂) | | | | | CAAGR (%) | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | 2019 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2030 | 2020-2050 |
| Total CO₂* | 35 926 | 33 903 | 21 147 | 6 316 | 0 | -4.6 | -55.4 |
| Combustion activities (+) | 33 499 | 31 582 | 19 254 | 6 030 | 940 | -4.8 | -11 |
| Coal | 14 660 | 14 110 | 5 915 | 1 299 | 195 | -8.3 | -13 |
| Oil | 11 505 | 10 264 | 7 426 | 3 329 | 928 | -3.2 | -7.7 |
| Natural gas | 7 259 | 7 138 | 5 960 | 1 929 | 566 | -1.8 | -8.1 |
| Bioenergy and waste | 75 | 71 | -48 | -528 | -748 | n.a. | n.a. |
| Industry removals (-) | 1 | 1 | 214 | 914 | 1 186 | 75 | 28 |
| Biofuels production | 1 | 1 | 142 | 385 | 553 | 68 | 24 |
| Direct air capture | - | - | 71 | 528 | 633 | n.a. | n.a. |

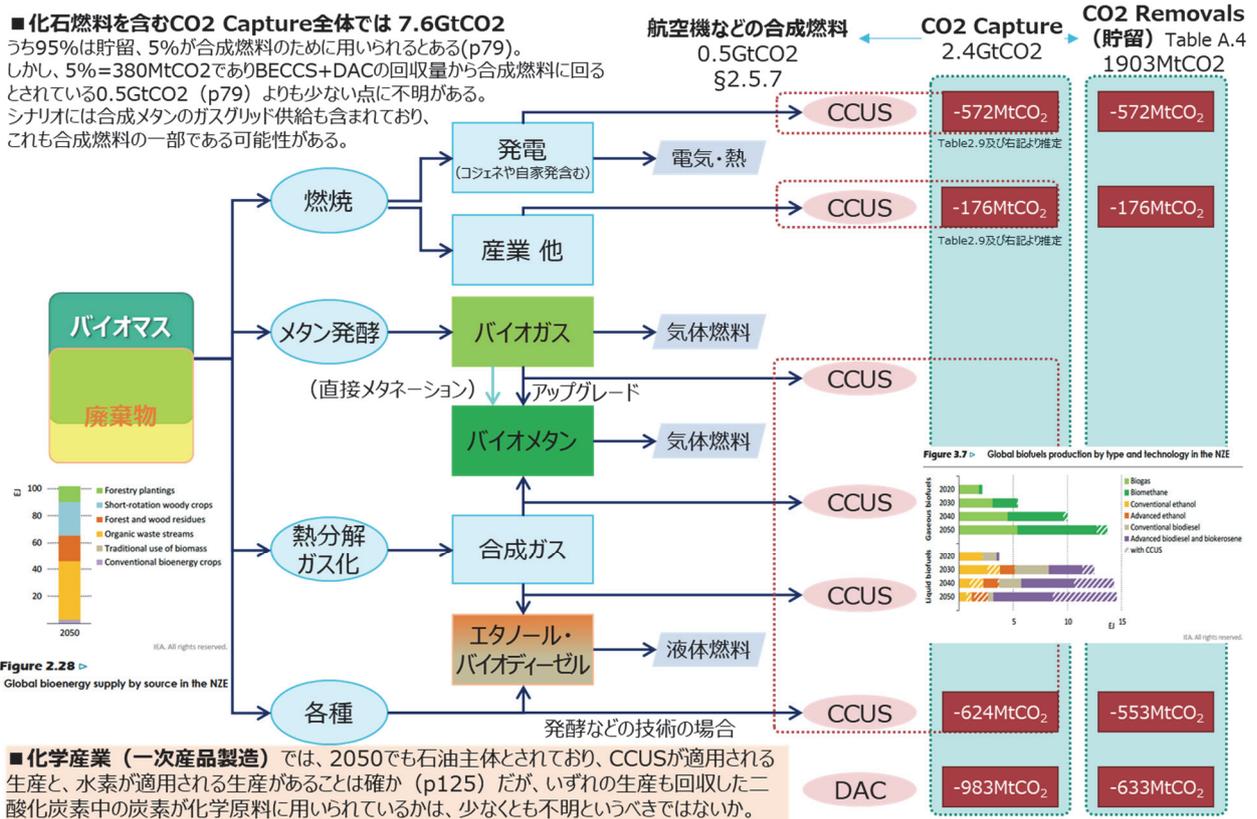
*Total CO₂には、工業プロセスの排出を含む。

出典：「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」（2021年、国際エネルギー機関（IEA）、表 A.4）
 (Source: IEA (2021), Net Zero by 2050-A Roadmap for the Global Energy Sector, All rights reserved.)

以下に、同報告書の関連内容を確認した結果に基づき、確認内容を集約整理して取りまとめた図を示す。

■化石燃料を含むCO2 Capture全体では 7.6GtCO2

うち95%は貯留、5%が合成燃料のために用いられるとある(p79)。しかし、5%=380MtCO2でありBECCS+DACの回収量から合成燃料に回るとされている0.5GtCO2 (p79) よりも少ない点に不明がある。シナリオには合成メタンのガスグリッド供給も含まれており、これも合成燃料の一部である可能性がある。



■化学産業（一次産品製造）では、2050でも石油主体とされており、CCUSが適用される生産と、水素が適用される生産があることは確か (p125) だが、いずれの生産も回収した二酸化炭素中の炭素が化学原料に用いられているかは、少なくとも不明というべきではないか。

図 II-50 IEA NZE シナリオでのバイオマスと二酸化炭素炭素分離回収（2050年断面）

出典：「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」（2021年、国際エネルギー機関（IEA））におけるバイオマス・二酸化炭素分離回収関連内容の確認・整理結果より作成

(c) 対策導入に必要な基盤整備及び対策導入コスト

経済産業省資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会基本政策分科会で提示されたシナリオ分析では、CCUS+化石火力に関する課題について、以下のとおり整理されている。

a) 「参考値」を実現しようとした際に直面する課題・取組：CCUS/カーボンリサイクル+化石火力

※参考値=再エネ約 5～6 割、水素・アンモニア約 1 割、CCUS+化石火力と原子力で約 3～4 割

【①技術・コスト面】

- ▶ 化石火力から排出される CO₂ に見合った CCUS/カーボンリサイクルを確保するためには、効率的な分離回収技術の開発や低コストな CO₂ 輸送技術の確立、貯留コストの低減などが課題。また、カーボンリサイクルの実用化に向けても、コストの低減や用途の拡大などが課題。

<コスト低減のイメージ>

- CCS+化石火力のコストを、例えば、2019 年の太陽光発電（約 13～16 円/kWh 台）以下の水準にするには、CCS のコストを現状（約 8,400～11,000 円/tCO₂）の半分以下に低減する必要。特に、コストの多くを占める CO₂ の分離回収は、新技術の開発を通じ、1/4 程度（1500～2000 円/tCO₂）にまでコストを低減する必要。
- カーボンリサイクルを実用化していくためには、例えば、CO₂ を吸収するコンクリートであれば、既存の同等製品以下の水準にするには、現状（約 100～150 円/kg）の 1/3～1/5 以下に低減する必要。（パラキシレンなどの化学品では、1/100 以下のコスト低減が必要。）
- ▶ 低コストかつ効率的な CCS の社会実装のためには、CO₂ 輸送の柔軟性確保や、国内長距離の輸送のみならず、国内だけでは CO₂ を貯留できない場合の海外への輸送に向けて、CO₂ の船舶輸送技術の確立など、更なる技術的課題の克服や積出港などのインフラ整備が課題。

出典：2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた検討（令和 3 年 5 月 13 日、基本政策分科会、資源エネルギー庁）

【モデルへのインプット<CCUS>】

開発における想定：CCS やカーボンリサイクルの実用化に向けた技術的課題（分離回収の効率化に向けた技術など）の克服が大前提であり、技術開発を通じて、コストが現状の 7 割以下等に低減される想定。

大規模貯留における想定：そのうえで、産業・民生・運輸部門や非エネルギー起源に優先的に利用されたうえで、更に年間約 3 億 t を超える CCS の実施がされることを想定。今回の参考値のケースでは、海外への輸送が 2 億 t 程度可能となることを見込む。

⇒ 発電コストは約 13～16 円程度を想定。参考値のケースでは、CCS の貯留ポテンシャルは、国内 0.9 億 t-CO₂、海外輸送 2.4 億 t-CO₂ を想定

出典：2050 年カーボンニュートラルのシナリオ分析（中間報告）（令和 3 年 5 月 13 日（5 月 18 日差替）、RITE 秋元・佐野、基本政策分科会）

【②適地の確保や用途拡大への対応】

- ▶ 産業・民生・運輸部門においては、電化や水素・アンモニアの活用が難しい分野が存在し、これらの分野におけるカーボンニュートラルを実現するためには、排出が避けられない CO₂ やネガティブ排出となる CO₂（DAC やバイオマス発電）を CCUS/カーボンリサイクルで回収・利用・

貯留することが優先され、発電用で CCUS を活用するためには、相当量の適地の確保や用途開発が課題。

(例えば、電化が困難な産業部門、非エネルギー起源の温室効果ガス(廃棄物処分場からの CO₂ や農業部門からのメタンなど)など、脱炭素化が困難な部門の太宗は CCS を活用せざるを得ない。さらに、こうした排出源から直接の CCS が困難な場合は、CO₂ 排出を国全体でキャンセルアウトするために直接空気回収設備やバイオマス発電からの CCS (DACCS・BECCS) を優先せざるをえない。仮に、2050 年の発電電力量の約 1 割に相当する量を CCUS+化石火力発電で対応しようとする、こうした脱炭素化が困難な部門に加えて、毎年 1 億 t 程度の CCUS を化石火力発電のために確保することが必要。(※2019 年度実績として、7800 億 kWh の火力発電で 4.4 億 t の CO₂ を排出。仮に、2050 年の発電電力量の約 1 割相当分の火力発電由来の CO₂ を回収しようすると、約 1 億 t の回収が必要となる計算。)

<CCS 適地確保の規模感のイメージ>

- CCS で年間 1 億 t 埋めるためには、2050 年までに 200 本(1 本当たりの圧入レート 50 万 t/y) の掘削井が必要。現在の油井・ガス井の本数は日本全体で 200 本であり、2030 年からの 20 年間でこれと同等の 200 本の掘削井を実現し、2050 年には、単年で、苫小牧実証事業の累計圧入量(約 3 年で 30 万 t) の 300 倍以上の規模の CCS を実現する必要。このため、早期に適地候補の選定を進め、分離回収・輸送・圧入設備等の社会インフラ整備が必要。(2020 年度までの貯留適地調査事業における 3D 探査解析結果では、国内総計約 90 億 t の貯留可能性が示されている。)
- ▶ 社会実装に向け、CO₂ 排出源と再利用・貯留の集積とのネットワーク最適化(ハブ&クラスター)が課題。
- ▶ CCS を実施する際の関係法令の整備や官民の役割分担やコスト分担を含めた事業環境整備が課題。
 - ⇒ 2050 年において、発電量の一定程度を CCUS 付き火力で対応するには、早期に CCS の適地候補の選定を進め、分離回収・輸送(海外輸送の場合には、積出港などを含む)・圧入設備等の社会インフラ整備を進めるとともに、カーボンリサイクルにおいては、原料となる水素調達の確保と製品用途拡大に取り組むことが必要。

出典：2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた検討(令和 3 年 5 月 13 日、基本政策分科会、資源エネルギー庁)

(d) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

a) 日本のインベントリにおける CCS に関する報告

日本における CO₂ の地中圧入の事例は 5 件。直近では、苫小牧における CO₂ 地中貯留実証試験が該当する。

CO₂ 圧入量については、CO₂ 分離・回収施設から控除している。2019 年度の場合、圧入に使用された CO₂ の排出源である 1.A.1.b 石油精製から 64.51ktCO₂ が控除されている。

CO₂ 漏えい量については、CO₂ の輸送と貯留 (1.C.) において NA、NO、または NE⁵と報告している。

【日本における CO₂ の地中圧入の 5 事例】

- ・ 頸城 (1991 年 3 月～1993 年 6 月) : 石油増進回収
- ・ 申川 (1997 年 9 月～1999 年 9 月) : 石油増進回収
- ・ 長岡 (2003 年 7 月～2005 年 1 月) : CO₂ 地中貯留実証試験
- ・ 夕張 (2004 年 11 月～2007 年 10 月) : コールベッドメタン増進回収
- ・ 苫小牧 (2016 年 4 月～) : CO₂ 地中貯留実証試験

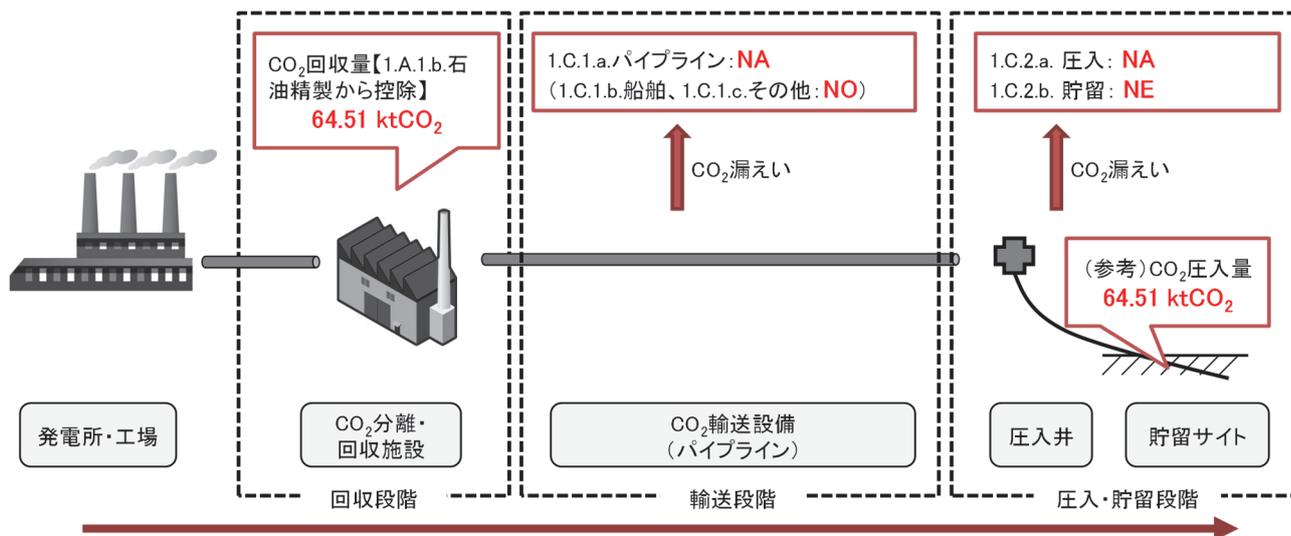


図 II-51 2019 年度のインベントリにおける CCS に伴う CO₂ 漏洩量と圧入量・控除量の関係

出典：2019 年度のインベントリにおける CCS に伴う CO₂ 漏洩量と圧入量・控除量の関係

【記号の意味】 NA : Not Applicable (該当しない)、NO : Not Occurring (発生しない)、NE : Not Estimated (未推計)

【参考】 IPCCガイドラインにおける CCS に関する規定

二酸化炭素の回収・貯留 (CCS) は、温室効果ガス排出量の削減を可能とする選択肢の一つである。

CCS のプロセスは、CO₂ の回収・分離、CO₂ の輸送、ならびに CO₂ の圧入の主に 3 ステップから構成される。

⁵ 2006 IPCC ガイドラインの算定式ならびにデフォルトの排出係数を基に推計した結果、年間漏出量が 3,000 tCO₂ を上回らないため、NE と報告。

CCSの輸送、圧入・貯留等の各段階で漏えいするCO₂量は「1.C. CO₂の輸送と貯留」で計上する。長期的に貯留されるCO₂量は、CO₂が分離・回収されたセクターにおいて報告・控除する。CO₂が工業プロセスや大規模燃焼源から回収された場合、適切に監視された地層貯留サイト（CCSサイト）にCO₂が貯留されていることが示されない限り、排出量はCO₂を発生している分野に割り当てられるべき（＝回収されたCO₂を控除すべきでない）とされている。

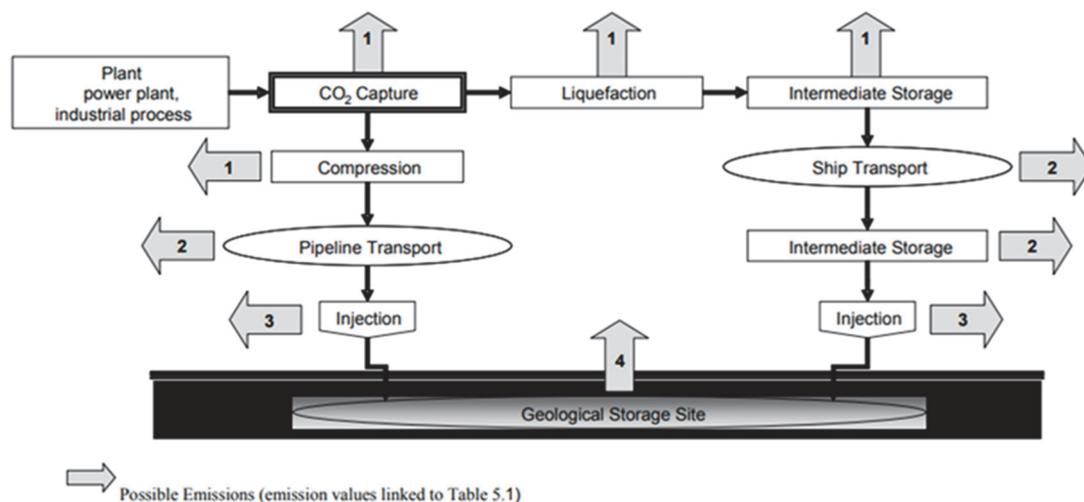


図 II-52 CCSのプロセスの概略図

出典：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy

表 II-55 CO₂の輸送及び貯留分野（1.C.）の報告対象

| 報告区分 | 報告対象 | |
|---------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.C.1.CO ₂ の輸送 | a.パイプライン | ・パイプラインによるCO ₂ 輸送時のCO ₂ 漏えい量 |
| | b.船舶 | ・船舶によるCO ₂ 輸送時のCO ₂ 漏えい量 |
| | c.その他 | ・パイプライン・船舶以外の輸送手段によるCO ₂ 輸送時のCO ₂ 漏えい量 (CO ₂ の中間貯蔵施設からのCO ₂ 漏えい等) |
| 1.C.2.圧入及び貯留 | a.圧入 | ・CO ₂ を貯留サイトに圧入する段階のCO ₂ 漏えい量 |
| | b.貯留 | ・貯留サイトからのCO ₂ 漏えい量 (過去にCCSが実施された貯留サイトからの漏えいを含む。) |
| 1.C.3.その他 | ・1.C.1、1.C.2以外の排出源からのCCSIに伴うCO ₂ 排出量 | |

出典：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories より作成

【参考】IPCCガイドラインにおけるCCUに関する規定

IPCCガイドラインでは、原則として、CCSなど長期的に固定されるCO₂は控除するが、CO₂の固定が短期的であるCCUは、他の排出源で既に排出量が計上されている場合を除いては差し引くべきでないとされている。

なお、アンモニア製造と水素製造に関しては、回収されたCO₂を使用する下流の分野で排出量を計上し、CO₂回収量を差し引くことが明記されているが、他の分野については明確な規定がないことから、上流側で排出量を計上する（＝CO₂回収量を差し引かない）ことが原則になるものと考えられる。

【2006年IPCCガイドライン・2019年改良版におけるCCUに関する規定】

1. CO₂が工業プロセスや大規模燃焼源から回収された場合、適切に監視された地層貯留サイト（CCSサイト）にCO₂が貯留されていることが示されない限り、排出量はCO₂を発生している分野に割り当てられるべき（＝回収されたCO₂を控除すべきでない）とされている。例として、グリーンハウスや飲料に使用するために回収されたCO₂からの排出量およびオフサイトへ輸送されたCO₂からの排出量を挙げ、これらはCO₂が回収されたセクターに割り当てられるべき、としている（2006年IPCCガイドライン）。
2. 加えて、工場等でCO₂回収技術が導入・使用されている場合は、高次のTierを用いてCO₂回収量を控除することがgood practiceであるとしたうえで、後で使用するためのCO₂量や短期貯蔵のためのCO₂量は、当該量がインベントリの他の排出源で計上される場合を除き、控除すべきではない、と規定している（2006年IPCCガイドライン）。
3. アンモニア製造においては、排出量の二重計上を避けるため、尿素製造用のCO₂回収量は排出量から差し引かねばならず、尿素使用に対応する分野で当該CO₂排出量を計上すべきとされている。一方、アンモニア製造から回収されたCO₂を用いて製造される他の化学製品からの排出（炭酸の使用など）は、アンモニア製造分野でカバーし、他の分野で計上すべきでない、とされている（2006年IPCCガイドライン）。同じく水素製造においても、他の製品の原料やドライアイスのためにCO₂が回収される場合は、当該CO₂が排出される下流の分野で排出量を報告し、水素製造からは当該量を差し引くべき、とされている（2019年改良版）。他の分野については、CO₂の回収および利用に伴う排出量の計上に関する具体的な規定はない。

【2006年IPCCガイドライン・2019年改良版の原文抜粋】

1. Where CO₂ emissions are captured from industrial processes or large combustion sources, emissions should be allocated to the sector generating the CO₂ unless it can be shown that the CO₂ is stored in properly monitored geological storage sites as set out in Chapter 5 of Volume 2. Emissions from CO₂ captured for use, for example in greenhouses and soft drinks, and transported offsite should be allocated to the sector where the CO₂ was captured.
2. Should CO₂ capture technology be installed and used at a plant, it is good practice to deduct the

CO₂ captured in a higher tier emissions calculation. Quantities of CO₂ for later use and short-term storage should not be deducted from CO₂ emissions except when the CO₂ emissions are accounted for elsewhere in the inventory.

3. In order to avoid double counting, the total quantities of oil or gas used (fuel plus feedstock) in ammonia production must be subtracted from the quantity reported under energy use in the Energy Sector. In addition, the quantity of CO₂ recovered for downstream use in urea production must be subtracted from the total quantity of CO₂ generated to derive CO₂ emitted. Emissions of CO₂ from urea use should be accounted for in the corresponding sectors.

3. In order to avoid double counting, activity data and emissions from production of hydrogen reported in the Hydrogen production sector must be excluded from other sectors.

出典：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

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

2050年において電気の使用に伴うCO₂排出係数は実質ゼロ化されていると想定した場合、BAUケースにおける廃棄物処理施設や収集運搬車両における化石燃料の使用に伴うCO₂排出量は約450万トンCO₂と推計される。

このCO₂排出をゼロにすることは困難であり、以下に示すような廃棄物処理施設や収集運搬車両における「エネルギー消費量の削減（省エネ化）」、「利用エネルギーの転換（電化等）」、「エネルギーの脱炭素化（バイオマスエネルギー利用等）」を進めたいうえで、前述のエネルギー回収・有機性廃棄物対策の高度化とCCUSを組み合わせる実質ゼロ化する必要がある。

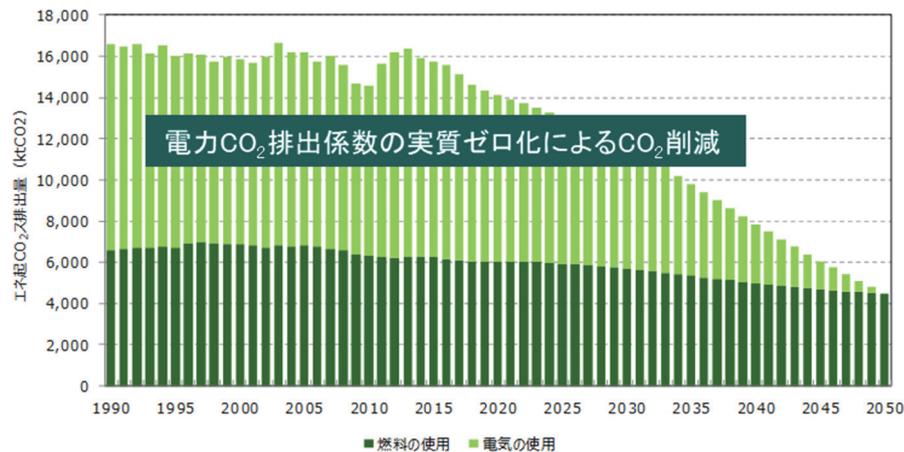


図 II-53 廃棄物・資源分野におけるエネルギー起源CO₂排出量の見通し（BAU ケース）

出典：「廃棄物施設別エネルギー使用量データ及びマクロフレーム」を用いて推計

- エネルギー消費量の削減（省エネ化）
 - ・ 高効率照明、高効率空調、高効率制御機器
 - ・ 廃棄物収集運搬のモーダルシフト
 - ・ AI・IoTを活用した廃棄物収集・処理プロセス改善
 - ・ 省エネルギー化技術
 - ・ 施設の統廃合と最新化による効率化
 - ・ 廃棄物の性状等に即した処理方式・規模実現による効率化
- 利用エネルギーの転換（電化等）
 - ・ 廃棄物処理施設の燃料需要の電化
 - ・ 収集運搬車両のEV化
- エネルギーの脱炭素化（バイオマスエネルギー利用等）
 - ・ バイオコークス、バイオ固形燃料、バイオディーゼル、バイオ再生重油、バイオガス
 - ・ 廃棄物エネルギー（電気・熱）利活用

中長期シナリオ（案）においては、エネルギー消費量の大きい施設等として、①焼却施設、②し尿処理施設、③それら以外の施設、④収集（自動車）が想定されるため、これらについて整理を行い、①②④については、「エネルギー消費量の削減」及び「利用エネルギーの転換」を想定し計算を行った（表 II-56 参照）。(③それら以外の施設についての対策の調査・整理を踏まえた将来試算の見直しは、今後の課題である。)

表 II-56 中長期シナリオ（案）で想定した対策と将来のエネルギー収支の計算方法

| | エネルギー消費量の削減 | 利用エネルギーの転換 エネルギーの脱炭素化 |
|-----------|--------------------------------------------------|--------------------------|
| ①焼却施設 | 省エネ化(所内動力削減、助燃燃料の削減) | 使用電気の脱炭素化 |
| ②し尿処理施設 | 省エネ化(化石燃料による汚泥の乾燥・焼却の回避、生ごみとの統合処理でのメタン発酵による液肥利用) | バイオマスエネルギーの利用※ |
| ③それら以外の施設 | | |
| ④収集(自動車) | | 電動化 |

既存の各処理施設での処理量が経年的に減少し、将来の処理量の不足分を将来の各年度の新設施設で処理する形で計算。新設施設は対策導入に応じたエネルギー原単位を設定。

処理量とエネルギー消費量の変化率は処理量の変化率と同一とした。

※メタン発酵ではエネルギー収支改善を見込んだシナリオもある。

※収集では電動化に伴いエネルギー効率も向上

※バイオマスエネルギーに限定する必要はなく、水素など二酸化炭素排出係数がゼロの燃料の利用、または、本シナリオでは具体的に想定できていないが電化によることも考えられる。あるいは、化石燃料を燃焼する処理施設ではCCUS導入を前提とすることも方策として考えられる。

系統電力並びに「エネルギー消費量の削減」及び「利用エネルギーの転換」を図っても使用量が残存する燃料については、「エネルギーの脱炭素化」が図られる（シナリオに応じて程度は異なる。）と想定したが、廃棄物・資源循環分野においても「エネルギーの脱炭素化」を進めるための取組が求められる。

廃棄物処理施設・車両等の脱炭素化対策としては以下の4つに注目した。これらについて、対策技術の概要、対策導入の見通し、対策導入に必要な基盤整備及び対策導入コスト、対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果などの整理を行った。

- ✓ 焼却施設における所内動力の削減
- ✓ 焼却施設における助燃燃料の削減
- ✓ し尿処理施設の省エネ化
- ✓ 収集・運搬車両の電動化

(1) 焼却施設における所内動力の削減

1) 対策技術の概要

焼却施設における電気使用量（原単位）は、同一の処理方式の中でも差が見られる（図 II-54 参照）。外部へのエネルギー供給の拡大の観点からも、省エネルギー化が必要である。

本検討では、現状の電気使用量原単位の水準（分布状況）を踏まえ、100kWh/t とすることを想定して試算した（焼却炉、灰溶融無）。

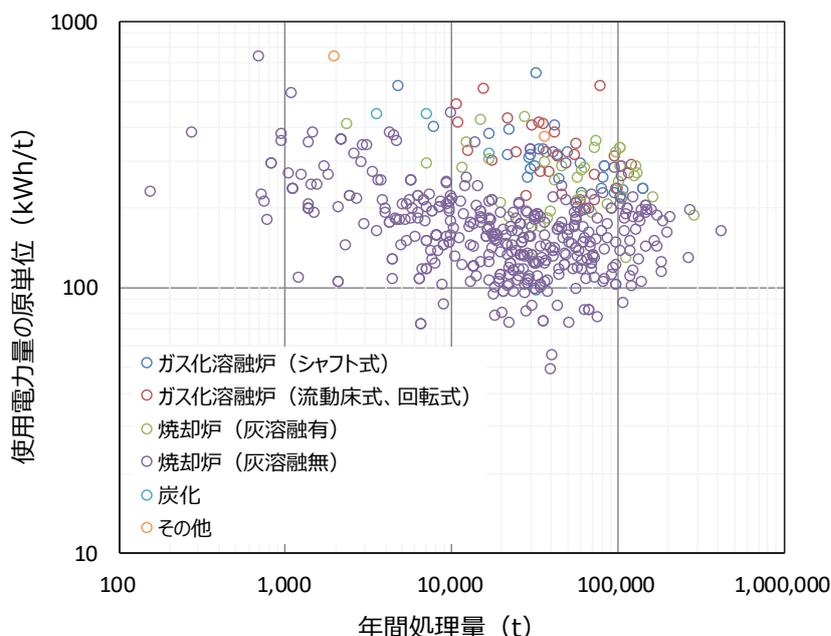


図 II-54 使用電力量原単位の水準（分布状況）

出典：「平成 28 年度一般廃棄物処理実態調査」データに基づき作成

※：元データでは 70kWh/t 未満だった施設の自治体に個別に問い合わせたところ、数値の訂正等があり、結果として 70kWh/t 未満の施設は無かった。（現時点で廃止済みであり、回答内容について確認できなかった 2 施設を除く。）

2) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

中長期シナリオ（案）では、電気使用量原単位を 100 kWh/t に設定したが、現状の電気使用量の原単位は図 II-54 に示す通り、100 kWh/t よりも高い水準にあることが確認される。焼却処理量の変化、ストックの更新等を考慮した詳細な試算は中長期シナリオ（案）に示した通りであるが、大まかに図 II-54 において電気使用量原単位が 100 kWh/t 以上の施設をすべて 100 kWh/t に更新する対策を実施した場合の削減ポテンシャルを計算する。

図 II-54 と同様のデータを利用して計算した結果、平成 28 年度の総電気使用量 3,715 GWh/年が、対策導入によって 1,735 GWh/年に削減され、電気使用量自体では約 53%の省エネ効果となることが確認された。また、発電量も考慮した受電量で計算した場合は、約 66%の受電量が削減される結果となった。温室効果ガス削減を、受電量の削減による系統から購入した電気の使用に係る排出量の削減として、2013 年度の全電源平均の排出係数 (0.57 kg-CO₂/kWh) を利用して計算した場合は、260 kt-CO₂/年、2030 年度の全電源平均の見込み (0.25 kg-CO₂/kWh) を利用して計算した場合は、114 kt-CO₂/年の削減効果があると試算された。これを年間処理量で除すと、ごみトン当たりの削減効果が、それぞれ 12.3 kg-CO₂/t、5.4 kg-CO₂/t になると試算された。

3) 対策導入の見通し及び対策導入に必要な基盤整備

使用電力量原単位の経年的な変化の分析は今後の課題であるが、現在のところ施設整備において使用電力量の削減はエネルギー回収率ほどには直接的に明確に求められていないことが多いのではないかと想像される。

すなわち、交付金制度においては、新設施設については、エネルギー回収率は指標として設けられているが、エネルギー消費・省エネについては同様な要件化はなされていない。既設の基幹的設備改

良事業では、CO2 排出削減も求められており、方法としては廃棄物エネルギー回収によるものも含まれる得るが、設備の省エネ化等も行われている。

指標の面について補足すると、現在のエネルギー回収率は発電効率と熱利用率の和であるために、内部の使用電力量の多寡が考慮されない。一方、エネルギーCO2 排出量については、通常はエネルギー使用量に比例的であるが、焼却施設で一定以上の効率の発電を行えば所内電力は停止時等を除き基本的には全量賄えることが多いと考えられるため、電気の使用に伴う排出量は極小となるため、外部供給分を控除するなどしない限り、使用電力量の多寡がやはり反映されにくいことになる。

※：交付金制度により既設の廃棄物処理施設の基幹的設備改良事業が実施されている。ごみ焼却施設について現在の交付要件では、「基幹的設備改良事業を通じて、処理施設の稼働に必要なエネルギーの消費に伴い排出される CO2 の量が一定以上削減されること」が求められており、具体的には以下の通り。（環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課「廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル ごみ焼却施設 し尿処理施設 マテリアルリサイクル推進施設」（平成 22 年 3 月、令和 3 年 4 月改訂）による。）

- ・エネルギー対策特別会計補助金：基幹改良 CO2 削減率 5%以上
- ・エネルギー対策特別会計交付金、一般会計交付金：基幹改良 CO2 削減率 3%以上
- ・エネルギー対策特別会計交付金、一般会計交付金：基幹改良 CO2 削減率 1.5%以上
(CO2 排出量が一定の水準を満足する場合)

(2) 焼却施設における助燃燃料の削減

1) 対策技術の概要

焼却施設における燃料使用量は、処理方式（施設種類）による違いも大きい。多数を占める焼却炉方式では立上時等の使用割合も多いとみられ、ダイオキシン類発生防止等と両立した省エネルギー化が必要である。

本検討では、下図を踏まえて、燃料使用量が、例えば現状の 2/3（立上時半減）になると想定して試算した（焼却炉、灰溶融無）。

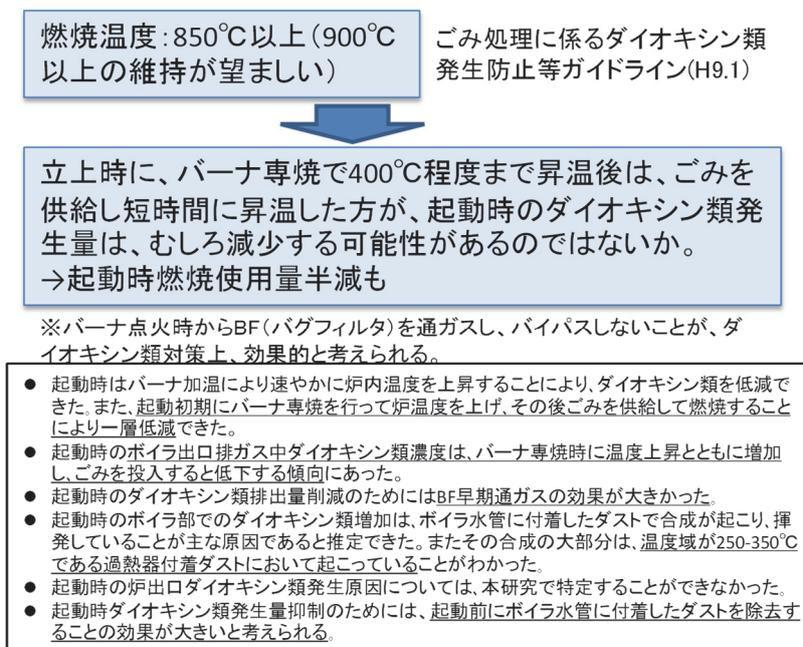


図 II-55 助燃燃料の削減について

出典（枠内）：「手島肇. 廃棄物処理におけるダイオキシン類対策と複合型中間処理・再資源化システムの研究. (2007). 京都大学学位請求論文」より引用

2) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

助燃剤削減の効果は、中長期シナリオ（案）においては、燃料消費量の削減として計算に反映されている。ただし、中長期シナリオ（案）で計算される排出量においては、ごみの処理量や施設種類の処理量等による影響が含まれ、単純にシナリオ間の比較から本対策効果を定量的に把握できない。なお、「灰溶融無しの焼却施設」に限定して助燃剤の削減効果を見込んでいることに留意が必要である。

本項の検討では、単純化して、2016年度の焼却施設の燃料消費量（総量：12,892,790 GJ）を用いて、助燃剤削減によるCO₂削減ポテンシャルを推計する。中長期シナリオ（案）で見込んだ燃料消費量が2/3となるという条件で、燃料種別CO₂排出量からCO₂排出削減のポテンシャルとして大まかに試算したところ、そのCO₂削減量は162 kt-CO₂と推計された。なお、コークスについては、溶融炉において利用される場合がほとんどと想定されることから助燃剤の削減効果の対象からは除外した。

表 II-57 助燃剤削減によるCO₂排出削減効果

| 燃料種 | ①燃料使用量 [GJ] | ②CO ₂ 排出量 [t-CO ₂ /年] | ③CO ₂ 排出削減量 (③=②×1/3) [t-CO ₂ /年] |
|----------|----------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 灯油 | 314,362 | 234,189 | ▲78,063 |
| ガソリン | 3,171 | 218 | ▲73 |
| 軽油 | 19,146 | 1,319 | ▲440 |
| A重油 | 1,195,418 | 84,697 | ▲28,232 |
| B重油又はC重油 | 7,288 | 539 | ▲180 |
| LPG | 461,988 | 27,755 | ▲9,252 |
| LNG | 347,836 | 17,793 | ▲5,931 |
| 都市ガス | 2,229,759 | 114,749 | ▲38,250 |
| コークス | 5,213,822 | 577,664 | 0 |
| 合計 | 12,892,790 | 1,058,923 | ▲160,421 |

3) 対策導入の見通し及び対策導入に必要な基盤整備

「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン（ダイオキシン類削減プログラム）」（平成9年1月）に基づいた施設運用が行われていると考えられるので、ガイドラインの変更がなければ、対策は導入されないと考えられる。

よって、同ガイドラインについて、ダイオキシン類発生防止の観点を前提に、最新の技術的知見に基づき合理化のための必要な見直しを行うことが考えられる。

4) 対策導入コスト

具体的な対策としては、立ち上げ時の運用に係わるものであるもので、大きなコストを要するものではなく、むしろ燃料使用量の削減によってコストも削減され得るのではないかと考えられるが、より詳細な確認が必要である。

(3) し尿処理施設の省エネ化

1) 対策技術の概要

生ごみとメタン発酵で統合処理し、消化液を液肥利用すれば、エネルギー起源CO₂排出量は劇的に減少が可能となる。

例えば、福岡県大木町及びみやま市では、生ごみ資源化に取り組み、生ごみとし尿・浄化槽汚泥をメタン発酵により一体的に処理、発電・液肥化し、液肥の地域での利用を積極的に推進、農作物のブ

ランド化にも取り組んでいる。

2) 対策導入コスト及び対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

大木町の施設（ごみ処理施設）は、「生ごみメタン化」の事例としても知られているが、し尿処理施設と統合することで、地域の処理施設数は増やさずに、し尿処理施設の運転エネルギーの大幅削減がもたらされていることが着目される。また、生ごみをバイオマス資源として活用することで、CO₂ 排出量を年間 73%削減（推計値）しており、液肥の無償提供（町内限定）による化学肥料代金の軽減にも貢献している。^{※1}

同じく南筑後地域で最近に建設されたみやま市のメタン発酵施設は「し尿処理施設」とされている。メタン発酵による生ごみ・し尿資源化を行わなかった場合の予測値と比較して、ごみ処理経費削減効果は 0.51 億円/年の削減見込みであり、また、CO₂ 排出量は平成 26 年時点と比較して 2,012t-CO₂/年の削減見込みとされている。^{※1}

※1 参考：令和 2 年度中小廃棄物処理を通じた資源循環・エネルギー回収促進方策モデル調査検討委託業務報告書（令和 3 年 3 月、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）



図 II-56 各処理施設について

出典：【写真】パシフィックコンサルタンツ撮影（2020.2.4）

参考：前川忠久ら、福岡県みやま市の資源循環施設に関する研究. (2020.3) . 大阪産業大学 人間環境論集 19

中長期シナリオ（案）の計算では、みやま市施設での生ごみ処理量とし尿・浄化槽汚泥処理量の比率を設定し、購入電力量原単位も、同施設の実績を使用した。なお、同施設の運転開始から間もない期間のデータであり、現状では CO₂ 排出量は変化（減少）している可能性がある。

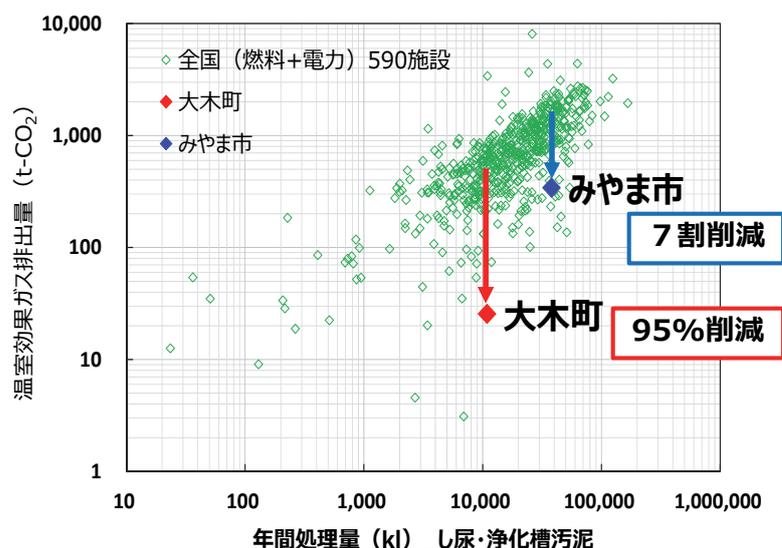


図 II-57 全国のし尿処理施設のエネルギー起源 CO2 排出量との比較

出典：一般廃棄物処理実態調査データにおいて計算に必要な項目の回答が一定充足していた施設を対象として環境省委託業務でパシフィックコンサルタンツ試算。全ての回答が正確とは限らないが、全体的な傾向を見るうえでは有効と考えられる。なお、電気の排出係数は $1\text{kWh}=0.55\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ として計算した。

3) 対策導入の見通し

現状では、このような統合型の施設整備を志向する例は少数とみられる。一方、これほどのエネルギー起源 CO2 排出量削減効果はないとみられるが、燃料使用量原単位が相対的に顕著に少ないし尿処理方式（うち汚泥の資源化方法）としては助燃剤製造があり、この方式は一定導入が進む可能性も考えられる。

4) 対策導入に必要な基盤整備

このような統合処理を行う施設は、現在の交付金制度では、「エネルギー回収施設」又は「有機性廃棄物リサイクル推進施設」が該当し得ると考えられる。

循環型社会形成推進交付金においては、「エネルギー回収施設」としてメタンガス化施設に高効率エネルギー回収に必要な設備を整備する場合は、メタンガス化施設からの熱利用率 $350\text{kWh}/\text{ごみ ton}$ 以上が（標準的な交付率 $1/3$ よりも高い）交付率 $1/2$ 要件となるが、含水率の高いし尿・浄化槽汚泥を対象に含める場合には、この条件はそもそも達成困難ではないかと思われる。また、「有機性廃棄物リサイクル推進施設」の場合には交付率は $1/3$ である。

このように現状では、生ごみリサイクルの拡大と施設数の抑制を両立させつつ、し尿処理に伴う外部エネルギー使用量の削減が図られた施設について相対的に有利な財政的支援がなされる仕組みがないように考えられる。

脱炭素化を将来的に困難とする化石燃料使用型の汚泥処理・資源化方式の新規導入はできるだけ回避されるなど、例えばエネルギー起源 CO2 排出量に応じた施設整備への支援の在り方が検討事項になり得るのではないかと考えられる。

(4) 収集・運搬車両の電動化

1) 対策技術の概要

EVトラックシャシとの組み合わせで、走行から積込までを全て電動化したパッカー車両は既に実

現している。

現在のリチウムイオン電池を前提にすると、容量約 80kWh で走行距離 100km のトラックに架装すれば、積込を含め約 85km の走行距離が確保できるが、大容量バッテリーパック重量も加わると、電費悪化に加え、最大積載量減少可能性があるため、バッテリーを縮小し、休み時間中に急速充電でカバーする運用対策が考えられる。一方、バッテリーパックを交換式とすれば、ごみ処理施設において交換することで、速やかに対応できる。

表 II-58 電動パッカー車によるエネルギー使用量変化（対策ケース試算では両者の比率を使用）

| | | | | | |
|--------|------------|--------|--------|-----------|------------|
| ディーゼル車 | 1.33L/回 × | 6回/日 × | 300/年 | | =2400L/年 |
| 電動車 | 2.0kWh/回 × | 6回/日 × | 300日/年 | +充電効率 0.8 | =4500kWh/年 |

【算定条件】車 両：2t 積みプレス車

稼働条件：1日6回満載 稼働日数：25日/月×12か月=300日/年

出典：「松本典浩. ごみ収集車電動化技術とその評価. (2018年12月). 極東開発工業(株) 技報 vol.6-2」より作成

【収集車両例】

- ✓ 川崎市・所沢市では、バッテリー交換式 EV パッカー車を 2019 年 2 月～3 月に導入している。



図 II-58 バッテリー交換型 EV パッカー車と給電・蓄電システム（電池ステーション）

出典：https://www.city.tokorozawa.saitama.jp/kurashi/seikatukankyo/kankyo/ecotown/machi_eco_kouhyou.files/smartenergy.pdf



図 II-59 EV ごみ収集車（電池交換型）と電池ステーション

出典：https://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/24-1-28-0-0-0-0-0-0-0.html

- ✓ 厚木市では、EV パッカー車 1 台を 2021 年度内に導入し、稼働を開始している。



図 II-60 EV トラックを用いたごみ収集車のイメージ

出典：三菱ふそうトラック・バス株式会社ご提供資料

2) 対策導入の見通し

地球温暖化対策計画の「20. 廃棄物処理における取組（EV ごみ収集車の導入）」においては、メーカー、地方自治体等へのヒアリングに基づき、EV ごみ収集車の 2030 年度までの導入台数を 26,700 台と見込んでいる。令和元年度の収集車の台数は 212,524 台（日本の廃棄物処理：令和元年度版）となっており、地球温暖化対策計画で見込まれる 2030 年度の EV ごみ収集車の台数は、令和元年度の収集車の導入台数の約 12.6%となる。

3) 対策導入に必要な基盤整備及び対策導入コスト

環境省の「廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業」の令和 4 年度予算（案）において、EV ごみ収集車の車両本体に対しては、軽油の収集車との差額の 3/4 の補助が行われることから、車両自体の導入コストが軽油のごみ収集車と比較して高い現状は、導入する自治体から見ると軽減されている。一方で、EV への切り替えによって必要な最終エネルギー量が削減されること及び廃棄物発電により発電した電気を利用することで軽油購入量が削減されること等によって、ランニングコストが削減される可能性が高い。加えて、原油価格の高騰などの物価動向によっては、イニシャル、ランニングを総合して EV ごみ収集車がコスト面で有利になる可能性もあり得るのではないかと。

また、交付金制度では、マテリアルリサイクル推進施設において、電動ごみ収集車が対象となっており、基準額は 2 t 車を原則として 20,000 千円×台数である（充・受電機器設備費を含む）⁶。

4) 対策を講じた場合の温室効果ガス削減効果

中長期シナリオ（案）における試算条件では、軽油ごみ収集車から EV ごみ収集車への置換により 1 台当たり約 81%の削減を効果として計上した。その後、公表された地球温暖化対策計画においては、2030 年度における EV ごみ収集車の 26,700 台導入による削減効果が 15 万 t-CO₂ と見込まれている。その算定条件は次の通り。仮に令和元年度の導入台数のすべてが EV に置換された場合の効果（ポテンシャル）は、116 万 t-CO₂ 程度（電気の排出係数は 0.25 kg-CO₂/kWh）となる。地球温暖化対策計画

⁶ 循環型社会形成推進交付金交付取扱要領より

の試算条件における軽油ごみ収集車から EV ごみ収集車への置換による省エネ効果は 1 台当たり約 60%となる。

EV ごみ収集車の導入による CO₂ 削減効果は、省エネ効果に加えて、その利用する電気の排出係数により結果が異なる。軽油の排出係数は 0.0689 kg-CO₂/MJ であり、エネルギー需給見通しで見込まれる 2030 年度の火力発電の排出係数 (0.6 kg-CO₂/kWh = 0.167 kg-CO₂/MJ) のおよそ 40%程度となる。地球温暖化対策計画で見込まれる省エネ効果を見込む場合は、火力発電の係数を利用すると CO₂ 排出量は EV ごみ収集車と軽油ごみ収集車の排出量は同程度となる。一方、2030 年度の全電源平均の排出係数 (0.25 kg-CO₂/kWh = 0.069 kg-CO₂/MJ) は軽油の排出係数と同等となるため、CO₂ 削減効果はほとんど省エネ効果と同程度で約 60%の削減効果となる。

2. 海外主要機関の温室効果ガス排出削減構想のとりまとめ、比較論的整理

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

(1) 廃棄物処理の状況

各種統計情報より整理した日本、英国、フランス、ドイツの廃棄物処理の状況を下表に示す。他国と比較すると、日本は一般廃棄物に関して、一人当たり廃棄物排出量が少なく、焼却処理量が多く、資源化量が少ない⁷。産業廃棄物に関しては、統計のデータ項目が異なることから日本と他国を比較することは困難である。

表 II-59 日本、英国、フランス、ドイツにおける廃棄物処理の状況

| | | 日本 | イギリス | フランス | ドイツ |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 産業 廃棄物※ | 総排出量 (千 t/年) | 378,83 (2018 年度) ※1 (うち、建設業：75,481) | 産業：13,600 (2016 年) ※3 建設業（掘削、浚渫を 含む）：136,200 (2016 年) ※3 その他（鉱業、農林水 産業）：17,700 (2016 年) ※3 | 産業：24,626 (2016 年) ※5 建設業：224,355 (2016 年) ※5 農業：1,304 (2016 年) ※5 | 産業（production）及び商 業：55,800 (2017 年) ※6 建設業：220,300 (2017 年) ※6 天然資源の採掘・処理： 31,000 (2017 年) ※6 |
| | 減量化量 (千 t/年) | 170,698 (2018 年度) ※1 | | | |
| | 再生利用量 (千 t/年) | 199,008 (2018 年度) ※1 | | | |
| | 最終処分量 (千 t/年) | 9,126 (2018 年度) ※1 | | | |
| | 総排出量 (千 t/年) | 42,716 (2018 年度) ※2 | 30,786 (2018 年) ※4 | 35,817 (2017 年) ※4 | 50,260 (2018 年) ※4 |
| 一般 廃棄物 ※※ | 総人口 (千人) | 127,438 (2018 年度) ※2 | 66,274 (2018 年) ※4 | 66,810 (2017 年) ※4 | 82,792 (2018 年) ※4 |
| | 1 人当たりの 排出量 (kg/人) | 335 (2018 年度) （総排出 量と総人口より計算） | 463 (2018 年) ※4 | 535 (2017 年) ※4 | 606 (2018 年) ※4 |
| | 焼却処理量 (千 t/年) | 32,622 (2018 年度) ※2 (直接焼却量) | 12,615 (2018 年, 推定) ※4 | 12,351 (2017 年) ※4 | 16,127 (2018 年, 推定) ※4 |
| | 最終処分量 (千 t/年) | 3,835 (2018 年度) ※2 | 4,613 (2018 年, 推定) ※4 | 7,681 (2017 年) ※4 | 410 (2018 年, 推定) ※4 |
| | 再生利用量 ※※ (資源化量) (千 t/年) | 8,530 (2018 年度) ※2 (資源化量合計) | 13,577 (2018 年) ※4 (マテリアルとコンポ スト・消化の資源化量 の合計) | 15,785 (2017 年) ※4 (マテリアルとコンポ スト・消化の資源化量 の合計) | 33,723 (2018 年) ※4 (マテリアルとコンポ スト・消化の資源化量 の合計) |

※：産業廃棄物：国により産業廃棄物の定義方法は異なると考えられるため、一概に比較できない。

・日本：廃棄物処理法で規定された 20 種類の廃棄物の総排出量

・英国：Defra(2020)では、EU NACE codes 上の C, D, E36, E37, E39, G~U の廃棄物の総排出量（EU 「NACE codes」
<https://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/index/nace_all.html>（最終アクセス 2021 年 9 月 22 日））を事業及び
産業の廃棄物としている。表中の「産業」に事業からの廃棄物は含まれない。

・フランス、ドイツ：参照した報告書に定義に関する説明は確認できない

※※：日本：災害廃棄物を除く。

⁷ 河井（2021）では、日本は中間処理後リサイクル量であるのに対して、EU は中間処理前の廃棄物の量（中間処理仕
向量）がリサイクル量の定義となっていることがある程度影響しているものの、EU と同様に計算しても日本のリ
サイクル率は EU 加盟国よりも低いことが指摘されている。（河井紘輔. (2021). 一般廃棄物のリサイクル率に関す
る課題と展望. 情報の科学と技術, 71 (2). p.60-64.）。

出典：

※1：環境省「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書_平成30年度実績（概要版）」

※2：環境省「日本の廃棄物処理（平成30年度版）」（2020年3月）（「一般廃棄物の排出量（計画収集量+直接搬入量+資源ごみの集団回収量）」を参照して入力）

※3：Defra, 2020, UK Statistics on Waste

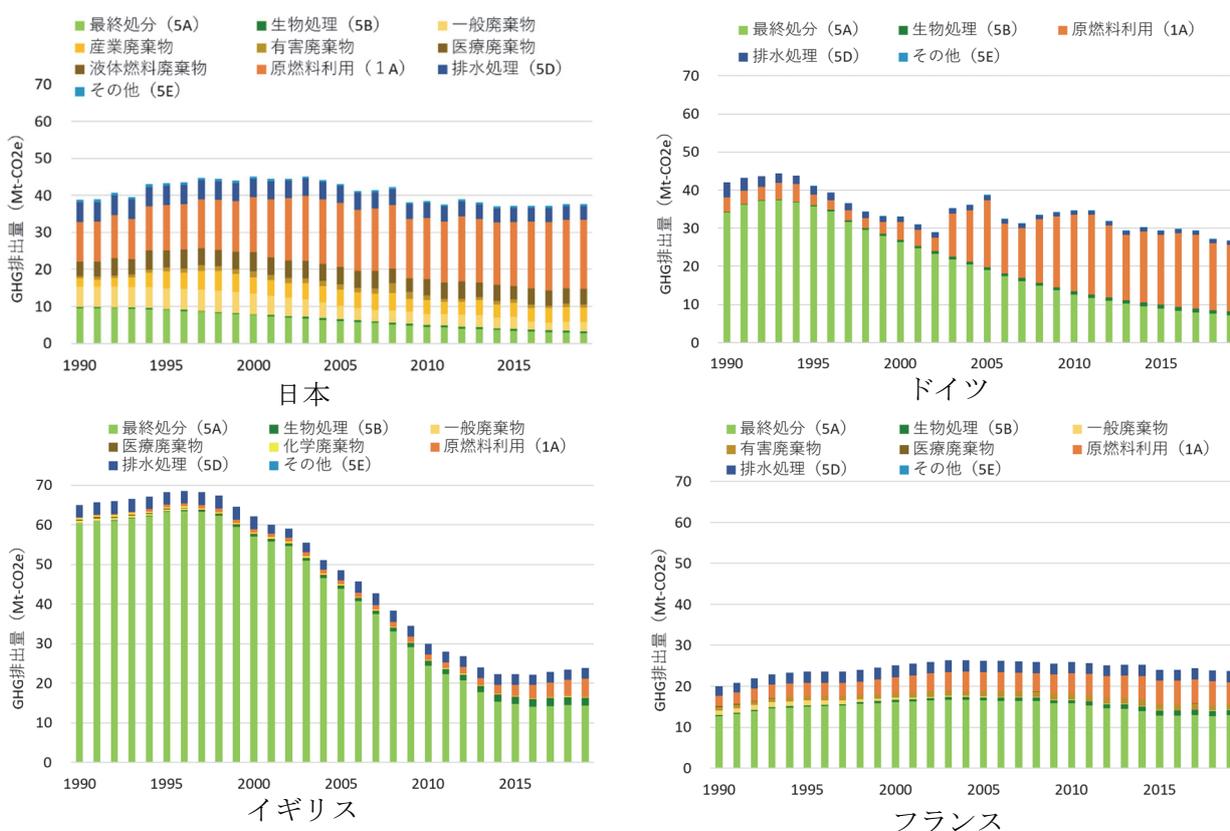
※4：eurostat statistics (municipal waste statistics)

※5：Rapport National d' Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto, 2020, Ministry for the Ecological and Solidary Transition

※6：Federal Ministry for the Environment (2020) Waste Management in Germany 2020

(2) 廃棄物処理に伴う温室効果ガス排出量

国連気候変動枠組条約に提出されている共通報告様式（Common Reporting Format: CRF）を用いて整理した日本、英国、フランス、ドイツの廃棄物処理に伴う温室効果ガス排出量を下図に示す。他国と比較すると、日本は原燃料利用による排出量が多く、最終処分による排出量が少ない。



出典：UNFCCC「National Inventory Submissions 2021」<<https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2021>>（最終アクセス日 2021年6月8日）

※：ドイツは、全てをエネルギー利用とし、5CにはCO₂排出量を計上していない。

図 II-61 日本、ドイツ、英国、フランスの廃棄物処理による温室効果ガス排出量（1990-2019年）

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

英国、フランス、ドイツ、EUの公的機関において実施されている2050年温室効果ガス正味排出量ゼロを目標としたシナリオ分析のうち、代表的なものを下表に示す。国・地域全体の温室効果ガス排出削減シナリオにおいて、英国では対策の強度、新技術の活用、行動変容の程度の異なる複数のシナリオ、EUでは対策別と対策を組み合わせた複数のシナリオが設定されている。また、ドイツを除く国・地域では、廃棄物・資源循環分野のシナリオとして、再生材の利用促進、生分解性廃棄物の埋立

量削減、廃棄物エネルギー回収の促進、シェアリング等のサーキュラーエコノミーの推進等が組み込まれている。また、英国では廃棄物エネルギー回収施設における CCS の実施も想定されている。一方、廃棄物分野では、2050 年においても埋立、焼却処理、排水処理による温室効果ガス排出が見込まれている。

表 II-60 英国、フランス、ドイツ、EUの公的機関で実施されたGHG排出削減シナリオ分析に関する報告書の概要

| | 英国 | フランス | ドイツ | EU |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 戦略/報告書名 | Six Carbon Budget | National Low Carbon Strategy | Climate Action Plan 2050 | A clean planet for all/In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication |
| 発行主体 | Climate Change Committee (2020) | Ministry for the Ecological and Solidarity Transition (2020) | Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (2016) | European Commission (2018) |
| 戦略/報告書の概要 | 本報告書では、2033年から2037年の第6期の英国の排出量(10分野:陸上交通/建築物/製造業・建設業/発電/燃料供給/農業・土地利用・土地利用変化及び林業(LULUCF)/航空/海上交通/Fガス/温室効果ガス除去)の見通しが示されている。2035年までに、1990年比で78%削減(2019年比で63%削減)、2050年までにネットゼロを達成すること目標として掲げ、目標を達成するために必要な政策提言等がClimate Change Committee (CCC)から政府に対してなされている。 | 2030年までに1990年比でGHG排出量を40%削減し、2050年までにカーボンニュートラルを達成することを目標に、7分野(交通/建物/農業/森林・木材/産業/エネルギー生産/廃棄物)それぞれの2030年と2050年の削減目標と戦略が示されている。 | 2050年までにカーボンニュートラルを達成することを目標として掲げ、2050年に1990年比で80~95%削減、その中間目標として、2030年に1990年比で55%削減することとしている。6分野(エネルギー/建築物/運輸/産業/農業/その他)の削減目標や施策・方針が示されている。廃棄物分野としての削減目標は確認できない。 ※より厳しい削減目標(2045年に正味排出量ゼロ)を盛り込んだ法改正(案)が議会に提出される予定である。(ロイター2021年5月7日) https://www.reuters.com/business/environment/germany-raise-2030-co2-emissions-reduction-target-65-spiegel-2021-05-05/ | 2050年のカーボンニュートラル経済の実現を目指すビジョンを示した「A clean planet for all」とその詳細報告書である「IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION」からなる。6分野(エネルギー供給/建築物/交通/産業/非CO2排出/土地資源)を中心に排出削減パスが示されている。(廃棄物関係は主に非CO2排出分野で扱われている) |
| 戦略/報告書の策定の経緯等 | CCCは、気候変動法(Climate Change Act, 2008年施行)に基づいて設置された政府から独立した委員会(14人の有識者で構成)であり、緩和・適応の気候変動対策について英国政府に助言する役割を担っている。Carbon Budgetについては、同法第1条「Carbon budgetting」において、CCCが排出量の推計や政策提言を政府に対して5年おきに行うことが規定されている。Six Carbon Budgetにおいても、CCCの報告を受けて、政府が2035年までの方針を決定した。 | エネルギー転換法(Energy Transition for Green Growth Act, 2015年施行)では、国全体の排出量削減のためにCarbon budgetを設けることが規定されており、その規定に基づき、政府(Ministry for the Ecological and Solidarity Transition (環境連帯移行省))が本戦略を策定した。 | 本計画は、ドイツ連邦議会での決定(パリ協定の結果を踏まえ、2050年までの排出削減の経路に関する計画を策定すること)を受けて、Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (連邦環境・自然保護・原子力安全省)により策定された。 | パリ協定で定められた目標を達成するためのビジョン・方向性をEU加盟国に示すためにEuropean Commission (欧州委員会)が策定した。 |
| 2050年目標 | ネットゼロ | ネットゼロ | ネットゼロ | ネットゼロ |

表 II-61 英国、フランス、ドイツ、EUのGHG排出削減シナリオ分析に関する報告書における廃棄物・資源循環分野に関する内容(1)

| | 英国 | フランス | ドイツ | EU |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直近のGHG排出量の傾向 | <ul style="list-style-type: none"> ・32.9 MtCO₂e (2018年、英国の総排出量の約6%に相当)(一人当たり0.51tCO₂e(本業務での試算)) ・埋立地ガス(メタンガス)の排出量が最も多く(約58%)、次いで排水処理施設と廃棄物エネルギー回収施設が多い(それぞれ15%程度)。 | <ul style="list-style-type: none"> ・14.6 Mt CO₂e (2017年、フランスの総排出量の3.1%に相当)(一人当たり0.2tCO₂e(本業務での試算)) ・埋立と排水処理によるメタンガスの排出が合計排出量の大半を占め(87.3%)、次いで焼却(エネルギー回収を伴わない)によるCO₂排出(8.8%)、排水処理や固形廃棄物の処理に伴う亜酸化窒素(3.9%)と続く。 | <ul style="list-style-type: none"> ・9.2 MtCO₂e (2019年、ドイツの総排出量の約1.1%)(一人当たり0.1tCO₂e(本業務での試算)) ・埋立によるメタン排出量が最も多く(約82%)、次いで排水処理施設と生物学的処理施設からの排出が多い(それぞれ11%、8%程度)。 ※上記は Climate Action Plan 2050ではなく、Indicator: Greenhouse gas emissions (German Environment Agency)で報告されている排出量 | <ul style="list-style-type: none"> ・117.24 MtCO₂e (2018年、EUの総排出量の約3.1%)(一人当たり0.22tCO₂e(本業務での試算)) ・メタンの排出量が最も多く(89.9%)、次いで亜酸化窒素(N₂O)が多い(7.6%)。 ※上記は A clean planet for all/IN-D EPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATIONではなく、EEA greenhouse gas -data viewerで報告される排出量 |
| シナリオの種類/概要 | <p>以下の5つのシナリオを設定；</p> <ul style="list-style-type: none"> ・均衡ネットゼロシナリオ：2050年ネットゼロを達成するシナリオ ・向かい風シナリオ：行動変容やイノベーション水準が低く、水素やCCSに依存するシナリオ ・エンゲージメント拡大シナリオ：大幅な行動変容や資源効率・エネルギー効率の向上の施策拡大等を想定したシナリオ ・イノベーション拡大シナリオ：低炭素技術のコスト低下や技術の効率向上、新技術の活用を見込んだシナリオ ・追い風シナリオ：再エネコストの大幅な低下、新技術の急速な拡大等により均衡ネットゼロシナリオよりも追加的に排出削減を達成するシナリオ | <p>以下の1つのシナリオを設定；</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AMSシナリオ(追加的施策によるシナリオ)：2050年においてカーボングレジットによる補填に頼らずにカーボンのニュートラルを達成するシナリオ。 | <p>2050年までにカーボンのニュートラルを達成するシナリオ(シナリオ名等記載なし)</p> | <p>全部で8シナリオあり、(電化/水素/Power-to-X/省エネルギー/資源循環/組み合わせ/1.5°C技術/1.5°C行動変容)のうち、以下の2シナリオで廃棄物分野の2050年排出量の数値が報告書から確認できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・組み合わせ：2050年までにGHG削減率90%を目指すシナリオ ・1.5°C行動変容：2050年までにネットゼロを目指すシナリオ |
| 代表的シナリオ | AMSシナリオ | AMSシナリオ | ー(廃棄物分野単独での検討は行われていない) | 1.5°C行動変容 |

表 II-62 英国、フランス、ドイツ、EU の GHG 排出削減シナリオ分析に関する報告書における廃棄物・資源循環分野に関する内容 (2)

| | 英国 | フランス | ドイツ | EU |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 代表的シナリオにおける2050年排出量 | <p>7.8MtCO_{2e} (主な残余排出：排水処理 4.2MtCO_{2e}、コンポスト 1.3MtCO_{2e}、埋立地メタンガス 1.1MtCO_{2e})</p> | <p>6MtCO_{2e} (主な残余排出：下水処理、有害廃棄物や病院由来の廃棄物の廃棄物焼却、その他、最終廃棄物からの残余排出) ※残余排出の排出量の内訳は確認できない。</p> | <p>— (廃棄物分野単独での検討は行われていない)</p> | <p>250 ユーロ/tCO_{2e} を下回る既存の技術を用いた場合の残余排出として； ・ CH₄: 22MtCO_{2e} (一般廃棄物：11MtCO_{2e}、産業廃棄物：7MtCO_{2e}、産業排水：1MtCO_{2e}、生活排水：3MtCO_{2e}) ・ N₂: 7MtCO_{2e} (生活排水：7MtCO_{2e})</p> |
| 代表的シナリオの内容 | <p>・ 食品廃棄物は 2025 Courtauld Commitment (2020 年に食品廃棄物を一人当たり 20%削減) や SDG12.3 の目標を達成し、2050 年までにさらに削減される。 ・ 2040 年代のリサイクル率向上の取組に焦点を当てる。70%以上のリサイクル率は大きな行動変容を必要とするため、2030 年以降、リサイクル率は向上しない。 ・ 2040 年代の初期から、廃棄物エネルギー回収施設は CCS を導入する。その他廃棄物 (Residual waste) をジェット燃料製造に活用することは行わない。 ・ 生分解性廃棄物は 2025 年に、すべての廃棄物は 2040 年に埋立が禁止される。2050 年までにメタン回収率は 80%まで向上するが、メタン酸化はメタン回収よりも不確実性が高く、高コストのため行わない。</p> | <p>・ 2050 年には、企業がエコデザインを積極的に取り入れ、再生原料を使用した製品の割合 (特に鉄鋼やアルミ、紙、プラスチック、ガラス) が 80%近くになり、生産プロセスの効率化が進む。 ※最終処分やエネルギー回収等に関するシナリオの記載は確認できない。</p> | <p>— (廃棄物分野単独での検討は行われていない)</p> | <p>資源循環に関わるシナリオとして、以下が示されている。 ・ 原材料など資源の再循環：2050 年までに、鉄製品の 75%、アルミニウム製品の 50%、プラスチック製品の 56%について、資源としての再循環を目指す。 ・ 生産物の効率性向上：製品の生産過程での原材料のロス・無駄を低減やオーバーペースペックな生産物・建造物の低減により、原材料使用の効率性を向上させる。 ・ サーキュラービジネスモデル (CBM) の構築：モビリティ及び建築分野において、シェアリングを促進して効率化を図る。欧州における鉄、セメント、アルミニウム消費の多くを占める乗り物と建築物について、それらの稼働率を高めることを目指す。</p> <p>バイオマス発電/廃棄物発電に関わるシナリオとして、以下が示されている。 ・ バイオマスと廃棄物による発電量のシェアは 2050 年に 1.5°C 技術/行動変容シナリオでは 10%に達する。(他シナリオでは、7-8%)</p> |

表 II-63 英国、フランス、ドイツ、EU の GHG 排出削減シナリオ分析に関する報告書における廃棄物・資源循環分野に関する内容 (3)

| | 英国 | フランス | ドイツ | EU |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2050 年目標に向けた主な施策、政策提言／戦略等</p> | <p>1. 廃棄物発生抑制とリサイクル: 資源・廃棄物戦略の策定に加え、製造業・建設業の効率性や材料の置換、消費者の製品需要低下などを野心的に改善する政策を導入／事業系食品廃棄物の報告義務付け／地方自治体に対する一般廃棄物のリサイクル回収に関する投資計画の策定・実施の促進／環境法の下で、全廃棄物合計のリサイクル率を 68% にする目標設定</p> <p>2. 埋立、廃棄物の輸出: 2025 年までにすべての生分解性廃棄物の埋立を禁止することを法で定め、実施／2030 年までに廃棄物の輸出を段階的に廃止／すべての廃棄物の埋立を禁止するための長期的計画の策定／埋立地のメタン回収・酸化を促進するための政策や補助スキームの導入</p> <p>3. 排水処理: 水道事業者の先進的な嫌気性消化処理システムの導入／処理工程での排出改善のための補助スキームの検討／産業排水処理施設での排出削減促進</p> <p>4. 廃棄物エネルギー回収: 廃棄物エネルギー回収施設の活用による廃棄物の削減／リサイクル目標への影響の検討／新しく廃棄物エネルギー回収施設を建設する際は、CCS を導入するか導入できる施設にする／既存の廃棄物エネルギー回収施設は 2020 年後半から CCS 導入のための改修を実施</p> | <p>2015 年比で 2030 年に 37%、2050 年に 66% を削減することを目標に、以下の 3 つの戦略を取ること。</p> <p>1. すべてのステークホルダーに対して、廃棄物削減を促す: 全ステークホルダーに向けた、廃棄物削減に向けた意識の向上と支援を通じた循環型経済の推進／ソーシャルエコノミーの地位の強化を通じた、中古利用、修理といった活動の推進／フードチェーンを通じたフードロスや食品廃棄物の削減</p> <p>2. 製造業に対して、製品の設計段階から廃棄物の発生抑制を促す: カーボンフリーエネルギーや循環型社会に着目した、エネルギー・材料の需要管理へのインセンティブを与える枠組みの提供／製品梱包に対する規制の推進／リノベーション工事により発生する大量の廃棄物処理を効率化するための、建設材に対する拡大生産者責任の設定と調査</p> <p>3. 再利用の更なる促進と処理プロセスの効率化による、廃棄物収集・管理の改善: 廃棄物再利用の促進 (第一にリユース、リサイクル、有機的再利用といった素材の再利用、次にエネルギー利用を検討) / バイオガス回収を通じた、非有害廃棄物埋め立て地の拡散排出の削減 / 排水回収・処理時のエネルギー消費の最適化と拡散排出の削減</p> | <p>— (廃棄物分野単独での検討は行われていない)</p> | <p>A clean planet for all / In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication では、具体の戦略等まで示されていない。</p> |

表 II-64 英国、フランス、ドイツ、EU の GHG 排出削減シナリオ分析に関する報告書における廃棄物・資源循環分野に関する内容 (4)

| | 英国 | フランス | ドイツ | EU |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>他分野における資源循環に関する戦略・方策等</p> | <p>一部分野で、資源循環に関連する政策提言が行われている。</p> <p>1. 陸上交通: 均衡ネットゼロシナリオ達成のためには電気自動車導入促進が必要であり、2020年代中旬頃からバッテリーの供給量を増加させる必要がある。新しい採掘場の開発や適切なバッテリーのサイズの適正化、バッテリーのリユース/リサイクルを促進することが必要を満たすために必要となる。</p> <p>2. 製造業・建設業: 製品中でリサイクルできる資源の割合や製品の修理方法等の情報開示/検討中のプラスチック税で使い捨てプラスチックも対象に含める/企業と連携した持続可能な消費行動促進</p> <p>3. 発電: 均衡ネットゼロシナリオでは、バイオエネルギー供給量を現状の175TWh/年から2050年までに225TWh/年にするとしており、森林からの廃棄物や多年草の活用、嫌気性消化処理施設の増加(埋立地ガスが減少するため)、廃棄物の発生抑制、リユース/リサイクルの促進が必要になる。</p> <p>4. 農業・土地利用・土地利用変化及び林業 (LULUCF): 公共セクターは食肉や乳製品の消費に代わり、植物性の代替肉の供給を促進/生産者から食卓までの食品廃棄物を段階的に削減する。</p> | <p>建築/農業/林業/産業分野で、資源循環に関連する戦略が示されている。</p> <p>1. 建物: 全住宅・オフィスストックにおいて低消費住宅 (BBC) 基準に達するよう、既存の全ストックでのリノベーションを促進する。</p> <p>2. 農業: 国家食料・栄養プログラム (PNAN) と関連した、フードチェーンにおける需要と消費に影響を与える。</p> <p>3. 林業: 供給と需要を転換させることにより、木材製品のカーボンストレージ効果、代替効果を最大化する。</p> <p>4. 産業: カーボンフリーエネルギーや循環型社会に着目した、エネルギー・材料の需要管理へのインセンティブを与える枠組みを提供する。</p> | <p>廃棄物分野の明確な削減目標は示されていないものの、廃棄物に係る GHG 削減方策等の記載がいくつかみられる。</p> <p>1. 産業分野における廃棄物管理: 循環経済を推進する際に、産業分野の廃棄物管理は重要な役割を果たす。特に、生分解性廃棄物の理立禁止とリサイクルの促進を図ったことにより、産業分野で、2012年には1990年比で20%の削減を達成することができた。</p> <p>2. 製品寿命の長期化による廃棄物の発生抑制: 製品を販売するときに製品寿命や製品の修理方法等の情報を開示すること。ドイツ政府はレビューを行うための施策やガイドラインの整備を行う。/ドイツ政府は製品のスベアパーツや修理ガイドの作成を支援する。/廃棄物の発生抑制を促すため、政府は2019年に廃棄物抑制プログラムの見直しを行う。</p> <p>3. 食品廃棄物の削減: 食料品の1/3が廃棄されている状況にあり、キャンペーンや2012年に策定した食品廃棄物削減戦略に基づいて、2030年までに食品廃棄物の発生を半減させる。</p> | <p>A clean planet for all/In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication では、具体の戦略等まで示されていない。</p> |

(1) 各国のシナリオを作成している組織、シナリオの改訂・見直しについて

1) 英国

(a) 発行主体の組織構成・役割等

第6期カーボンバジェット (Six Carbon Budget) (2020年) の発行主体である気候変動委員会 (Climate Change Committee) は、①温室効果ガス排出削減と気候変動対策の進捗の議会への報告、②排出目標についての政府・非政府機関への助言を目的に2008年に気候変動法 (Climate Change Act 2008) の下で設立された独立機関である。自国のカーボンバジェットの設定・助言、進捗状況のモニタリング、気候変動の科学・経済・政策に関する分析等を実施している。

気候変動委員会はエネルギーやカーボンサイクル、環境を専門とする13人の有識者で構成され、ほとんどが大学の教授と併任をしている。有識者に加え、調査・分析等を支援する事務局が35名在籍している。⁸

(b) シナリオ改訂の頻度・スケジュール等

気候変動法では、5年ごとにカーボンバジェットと削減目標達成に向けた計画を策定することが規定されており、気候変動委員会がカーボンバジェットを設定し、政府がカーボンバジェット等を考慮して、クリーン成長戦略 (Clean Growth Strategy) を策定する。気候変動委員会は、同戦略の評価を行う役割も有している。カーボンバジェットの進捗については、気候変動委員会によって毎年進捗確認が行われ、政府に報告される。

2) フランス

(a) 発行主体の組織構成・役割等

国家低炭素戦略 (National Low Carbon Strategy) (2020年) の発行主体である環境連帯移行省 (Ministry for the Ecological and Solidary Transition) は、フランスの政府省庁の一つであり、持続可能な開発、環境政策、エネルギー・気候、交通・交通インフラ、設備、海洋、海洋漁業・養殖業を所管している。

国家低炭素戦略の詳細な検討・策定の体制については同戦略内や同省ウェブサイトからは確認できない。

(b) シナリオ改訂の頻度・スケジュール等

グリーン成長のためのエネルギー移行法 (LTECV) に基づいて、5年ごとに国家低炭素戦略の見直しが行われる。戦略の見直しに当たり、政府により184の進捗評価指標が設定されており、省内の気候変動を所管する部署が2年おきに進捗確認を行う。⁹

3) ドイツ

(a) 発行主体の組織構成・役割等

気候行動計画 (Climate Action Plan 2050) (2016年) の発行主体である連邦環境・自然保護・原子力安全省 (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety) は、ドイ

⁸ Climate Change Committee 「About the Climate Change Committee」 <<https://www.theccc.org.uk/about/>> (最終アクセス 2021年9月22日)

⁹ Ministry for the Ecological and Solidary Transition 「Suivi de la Strategie Nationale Bas-Carbone」 <<https://www.ecologie.gouv.fr/suivi-strategie-nationale-bas-carbone>> (最終アクセス 2021年9月22日)

ツの政府省庁の一つであり、持続可能な開発、環境政策、気候政策、原子力安全、水管理、資源保全、自然保全等を所管している。

気候行動計画の詳細な検討・策定の体制については同計画内や同省ウェブサイトからは確認できない。

(b) シナリオ改訂の頻度・スケジュール等

気候行動計画はパリ協定で義務付けられている NDC の提出に合わせて、5 年おきに見直すこととしている。¹⁰進捗確認にあたっては、連邦環境・自然保護・原子力安全省の下で、有識者によるコンソーシアム（構成は不明）が毎年進捗確認を行い、気候行動レポート（Climate Action Report）が作成されている。レポートでは、各分野の排出量の傾向や今後の削減量の推計、対策の進捗状況の報告が行われている。¹¹

4) EU

(a) 発行主体の組織構成・役割等

クリーン・プラネット・フォー・オール（A clean planet for all）（2018 年）の発行主体は欧州委員会（European Commission）であり、本報告書は 2050 年までにネットゼロ排出を実現するシナリオを含む EU の長期戦略ビジョンであるが、本ビジョンの詳細な検討・策定の体制については報告書内や EU のウェブサイトからは確認できない。

(b) シナリオ改訂の頻度・スケジュール等

ビジョンの改訂に関する情報や進捗管理について、報告書内や EU のウェブサイトからは確認できない。

(2) 各国の運輸・交通分野の内容について

1) 英国

第 6 期カーボンバジェットでは、各分野の均衡ネットゼロシナリオを達成するための政策提言のうち、交通分野で資源循環に関する提言として、以下が記載されている。

- 均衡ネットゼロシナリオでは、2032 年までに新車のガソリン／ディーゼル車の販売中止としている。そのため、電気自動車の導入促進が必要になる。現状では、バッテリーに使用する原材料（リチウム、黒鉛、コバルト、ニッケル、マンガン等）は十分に供給できているが、2020 年代中旬頃から供給量を増加させる必要がある。新しい採掘場の開発やバッテリーのサイズの適正化、バッテリーのリユース／リサイクルを促進することが需要を満たすためには必要になる。バッテリー用の新しい素材は開発中であるが、いつ市場に出るか不確実性がある。

資源循環や廃棄物処理が運輸部門の排出にどの程度影響を与えるかについて、上述のように、バッ

¹⁰ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 「Climate Action Plan 2050」
<<https://www.bmu.de/en/topics-1/climate-energy/climate/national-climate-policy/climate-action-plan-2050-germanys-long-term-low-greenhouse-gas-emission-development-strategy>>（最終アクセス 2021 年 9 月 22 日）

¹¹ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 「Climate Action Report 2018」
<<https://www.bmu.de/en/publication/climate-action-report-2018>>（最終アクセス 2021 年 9 月 22 日）

テリーに使われる材料のリサイクルを促進することが、電気自動車導入促進にとって重要であることは記載されているが、それ以外については報告書内に記載は見られない。

2) フランス

国家低炭素戦略の交通分野の戦略のうち、資源循環に関する内容として、以下の記載が見られる。

- エネルギー転換につながる価格シグナルの提供(T1)
 - ▶ 航空輸送については、高い脱炭素能力を持つ燃料に転換することや、第2世代バイオ燃料や合成灯油を燃料として使用することに理解を得ることを支援する。また、エネルギー効率の向上や炭化水素（水素や電動航空機）の開発に対して支援を行う。

- 交通の需要増に対する管理 (T6)
 - ▶ 近距離移動や公共交通機関の範囲外の場所でカーシェアリングやシェアードモビリティに対して支援を行う。また、シェアードモビリティに必要なインフラ・ツールの開発を行う。
 - ▶ 循環経済やサプライチェーンの短縮化を支援することで、交通・輸送が増加することを抑制する。

資源循環や廃棄物処理が運輸部門の排出にどの程度影響を与えるかについて、報告書内に記載は見られない。

3) ドイツ

気候行動計画 2050 の交通分野の排出削減の取組のうち、資源循環に関する内容として、以下の記載が見られる。

- バイオ燃料の分野では、GHG quota（ドイツ政府が実施する燃料中の再生可能燃料割合を規定する政策）が GHG 削減効果の高い燃料の使用のインセンティブ創出につながる。特に、高い GHG 削減効果を持つ残渣や廃棄物を使用したバイオ燃料への転換につながる。

資源循環や廃棄物処理が運輸部門の排出にどの程度影響を与えるかについて、報告書内に記載は見られない。

4) EU

クリーン・プラネット・フォー・オールでは、交通分野の資源循環に関する明確な記載は確認できない。

(3) 各国のシナリオにおけるリサイクル率の考え方について

1) 英国

第6期カーボンバジェットの報告書では、リサイクル率の定義・考え方に関する記載は確認できない。環境・食糧・農村地域省が公表している廃棄物の統計では、排出量に対して、実際にリサイクル

された割合を示していることが確認できる。¹²

2) フランス

国家低炭素戦略では、リサイクル率の数値目標の設定等に関する記載は確認できない。

3) ドイツ

気候行動計画 2050 では、リサイクル率の明確な数値目標の設定等に関する記載は確認できない。

4) EU

クリーン・プラネット・フォー・オールでは、産業部門において、数値目標は記載されていないが、金属（アルミ等）のリサイクル率を向上させる目標が記載されている。リサイクル率の定義・考え方に関する記載は報告書では確認できないが、EU が公表している廃棄物の統計では、排出量に対して、実際にリサイクルされた割合を示していることが確認できる。¹³

(4) 英国の廃棄物分野における CCS/CCUS の導入時期に関する想定、CCS による GHG 削減量の扱い、残余排出について

1) CCS の導入時期について

均衡ネットゼロシナリオを検討するにあたっての不確実性として、最終処分禁止の時期、リサイクル・廃棄物発生抑制率、CCS の導入時期が挙げられる。

各シナリオにおける CCS の扱いは以下のとおりであり、導入時期の年次設定の具体の理由の記載は確認できない。

- ベースラインシナリオ：2019 年の既存施策をベースラインとしている。ベースラインシナリオでは、廃棄物の発生量は人口や GDP に沿って増加し、食料廃棄物の削減が現在以上に行われなく、その他の廃棄物の発生抑制も行われず、リサイクル率も現状のままであり、EfW 施設での CCS の導入は行われぬ。その結果、EfW 施設での CO₂ 排出量が増加する。
- 向かい風シナリオ：2020 年後半から、EfW 施設に CCS が導入開始される。2030 年までに最終処分場でのメタン回収やメタン酸化率に変化はなく、排水処理とコンポストが保守的に改善される。2030 年以降に CCS が EfW 施設に導入される。
- エンゲージメント拡大シナリオ：2040 年に廃棄物の埋立が完全に禁止され、同時期に EfW 施設に CCS が導入開始される。
- 均衡ネットゼロシナリオ：2040 年から EfW 施設が CCS を導入開始し、2050 年までにすべての施設が CCS を導入する。2040 年まで、EfW 施設からの排出量の増加は、廃棄物の発生抑制・リサイクル率の増加により回避することができ、EfW 施設の年間の排出量は 5～6 MtCO₂e となる。その後、2040 年より CCS の導入を開始することで、2050 年には EfW 施設の年間の排出量を 0.4 MtCO₂e にすることができる。

CCS に関する政策提言として、以下の内容が記載されている。

¹² 「UK Statistics on Waste」

<https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1002246/UK_stats_on_waste_statistical_notice_July2021_accessible_FINAL.pdf> (最終アクセス 2021 年 9 月 22)

¹³ European Environment Agency 「Waste recycling in Europe」 <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/waste-recycling-2/assessment>> (最終アクセス 2021 年 9 月 22 日)

- 新設の処理施設は CCS を導入するか、CCS を導入できる施設とすること。
- 既存の処理施設については 2020 年代後半から CCS の改修を進めるべきであり、2050 年にはすべての施設で導入されるべきである。これには、生成した電力・熱による GHG 排出量の閾値の設定、CO₂ 回収費用の低減のためのインセンティブやカーボン税の導入が必要になる。

2) CCUS について

CCUS の導入については各シナリオで考慮されていないが、政策提言として以下の内容が記載されている。

EfW 施設からの排出量は増加を続けるが、廃棄物の発生抑制、リユース、リサイクルや CCS により緩和させる必要がある。政府はカーボン税や UK ETS への統合、CCUS 導入のインセンティブの提供等を通して、EfW 施設からの排出量に関する政策にもっと焦点を当てるべきである。

3) CCS による GHG 削減量の扱い

エネルギー利用を伴う処理施設での CCS に関し、分離回収されるバイオマス起源の CO₂ は BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) として GHG 除去部門 (GHG removals sector) に計上されている。

4) 残余排出

最も野心的なシナリオの下でも、廃棄物分野における 2050 年脱炭素化は完全には達成されない。排水処理、堆肥化、埋立、コンポスト化による残余排出のほか、これらよりも少量ではあるがエネルギー利用を伴う処理施設において CCS により回収されない化石由来 CO₂ 排出、エネルギー回収なしの医療廃棄物・化学廃棄物の焼却による排出、嫌気性消化・機械的・生物学的処理施設からの排出が残る。

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

廃棄物・資源循環分野における 2050 年 CN・脱炭素社会の実現に直接的・間接的に寄与する廃棄物・資源循環分野で実施される温室効果ガス排出削減対策及びカーボンリサイクル対策等の整理にあたり、学識経験者、業界団体、メーカー等へのヒアリングを実施した。実施概要を下表に示す。

表 II-65 ヒアリング実施概要

| No. | 実施日時 | 対象者 | ヒアリング概要 |
|-----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 令和3年4月21日 13:00~14:10 | 株式会社ブリヂストン (5名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 中長期シナリオについて説明 ・ 廃タイヤ由来のCO2対策の概要 ・ ディスカッション |
| 2 | 令和3年4月27日 13:15~15:00 | 株式会社東亜オイル興業所 (1名)、全国 オイルリサイクル協同組合 (1名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃潤滑油のリサイクルの現状 ・ 廃潤滑油由来のCO2削減対策の 方向性 ・ ディスカッション |
| 3 | 令和3年5月7日 14:30~15:30 | 国立研究開発法人国立環境研究所 資源 循環領域 副領域長 倉持秀敏 氏 同 資源循環領域 資源循環基盤技術研 究室 主任研究員 小林拓朗 氏 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 中長期シナリオにおける対策技術 としてのCCUSの概要整理 |
| 4 | 令和3年5月27日 14:00~15:05 | 株式会社ブリヂストン (6名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 同社の脱炭素化に向けた取組紹介 ・ ディスカッション |
| 5 | 令和3年6月2日 13:30~14:30 | 一般社団法人日本化学工業協会 (会員企 業より計38名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 中長期シナリオについて説明、意 見交換 |
| 6 | 令和3年6月16日 15:00~16:05 | 株式会社ブリヂストン (7名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 同社の脱炭素化に向けた取組の推 進に向けた支援措置等 ・ ディスカッション |
| 7 | 令和3年6月24日 10:00~12:00 | 一般社団法人環境衛生施設工業会 (会員 計4名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー起源CO2のゼロ化に ついて ・ し尿処理について ・ 焼却施設の計算について |
| 8 | 令和3年6月25日 10:00~11:00 | 伊藤忠商事株式会社 (2名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃繊維に対するCN化対策技術 ・ ディスカッション |
| 9 | 令和3年6月25日 11:00~12:00 | 東北大学 教授 吉岡敏明 氏 | <ul style="list-style-type: none"> ・ プラスチックのリサイクル技術 |
| 10 | 令和3年7月6日 13:00~14:00 | 一般社団法人環境衛生施設工業会 (会員 計3名) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 焼却施設におけるCO2分離回収 装置設置に係る試算結果について ・ 計算の妥当性について ・ 検討会資料について |

| No. | 実施日時 | 対象者 | ヒアリング概要 |
|-----|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | 令和3年7月7日 16:00~17:30 | 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域 副領域長 倉持秀敏 氏 同 資源循環領域 資源循環基盤技術研究室 主任研究員 小林拓朗 氏 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 焼却関連（酸素富化燃焼、酸素燃焼、ケミカルルーピング、ガス化等）について ・ バイオメタネーションについて |
| 12 | 令和3年7月8日 16:00~17:00 | 一般社団法人日本化学工業協会（会員企業より計12名） | <ul style="list-style-type: none"> ・ 第2回検討会におけるプラスチック対策へのご意見 ・ 第3回検討会に向けた循環型CRの対策効果の推計に関するご相談 ・ 「蒸気産業利用」に関するご相談 ・ ディスカッション |
| 13 | 令和3年7月28日 9:30~10:15 | 日本化学工業協会（会員企業より計2名） | <ul style="list-style-type: none"> ・ 中長期シナリオにおけるプラスチックの想定について |
| 14 | 令和3年8月6日 14:00~15:10 | 株式会社ブリヂストン（7名） | <ul style="list-style-type: none"> ・ リトレッドによるCO2削減効果 ・ 中環審循環部会の結果紹介 ・ ディスカッション |