

廃棄物・資源循環分野における
2050年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ(案)

(抜粋)

令和3年8月5日

環境省 環境再生・資源循環局

はじめに -背景と趣旨-

策定の背景と目的

- 地球温暖化問題は、その予想される影響の大きさや深刻さから見て、人類の生存基盤に関わる安全保障の問題と認識されており、最も重要な環境問題の一つであり、地球温暖化を防止することは人類共通の課題である。
- 既に世界的にも平均気温の上昇、雪氷の融解、海面水位の上昇が観測されているほか、我が国においても平均気温の上昇、暴風、台風等による被害、農作物や生態系への影響等が観測されている。

「地球温暖化対策計画」（平成28年5月13日閣議決定）

- 中期目標：2030年度に2013年度比で26%削減、各主体が取り組むべき対策や国の施策
- 長期的目標：2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す

- 第203回国会 菅内閣総理大臣所信表明演説（令和2年10月26日）：「グリーン社会の実現」として、「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」

各分野において
「2050年温室効果
ガス排出実質ゼロ」
に向けた排出削減
策の検討が必要

令和3年4月22日 第45回地球温暖化対策推進本部 菅総理「2050年目標と整合的で、野心的な目標として、2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指します。さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けてまいります。この後、気候サミットにおいて、国際社会へも表明いたします。」

廃棄物・資源循環分野の2050年GHG排出実質ゼロ達成に向け、**対象とするGHG排出の範囲やGHG削減対策の実施にあたっての基本的な考え方を整理**し、今後、政府・地方自治体・民間企業・NGO/NPO・国民等の各主体が取り組むべき方向性を明らかにする。

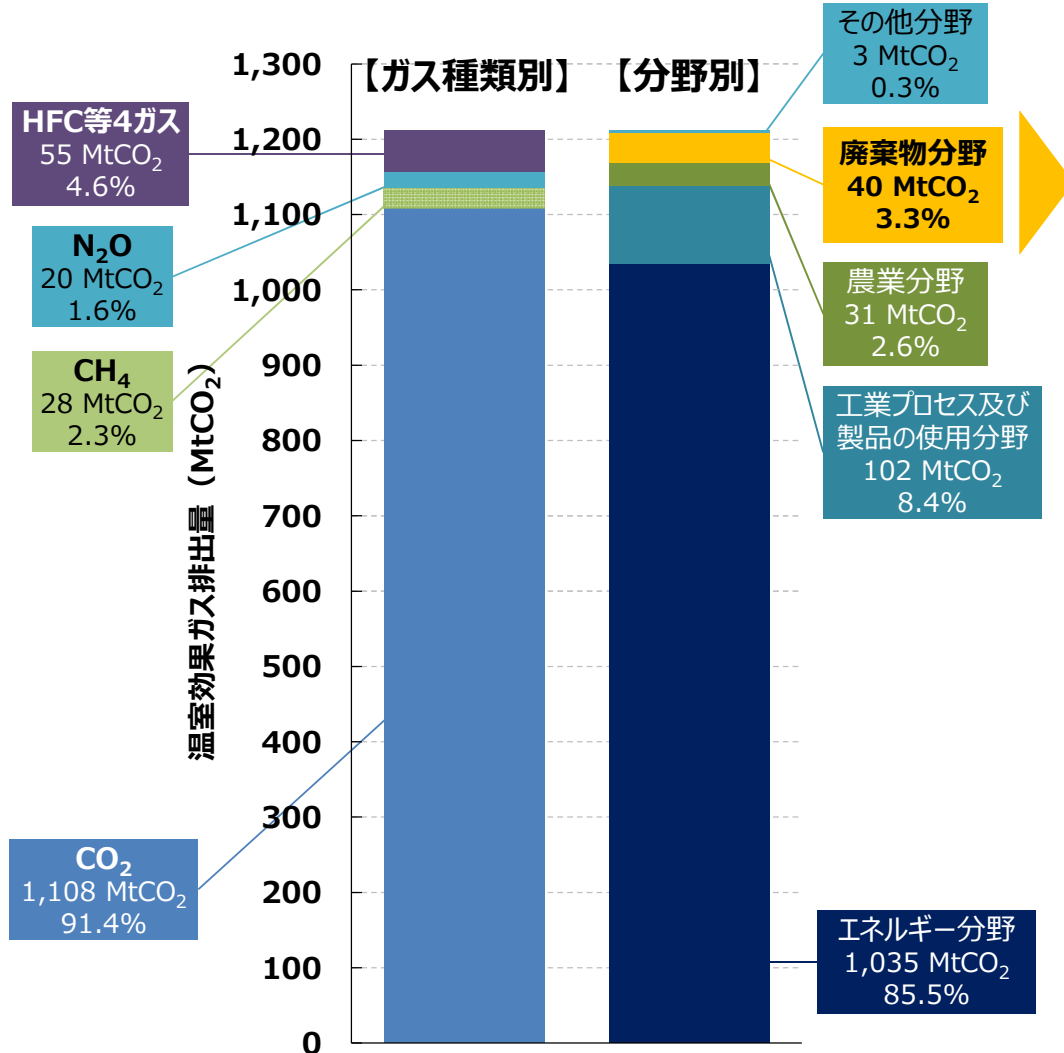
「廃棄物・資源循環分野における中長期シナリオ」の策定

各分野との意見交換へ

我が国全体及び廃棄物分野のGHG排出量(2019年度)

我が国全体のGHG排出内訳

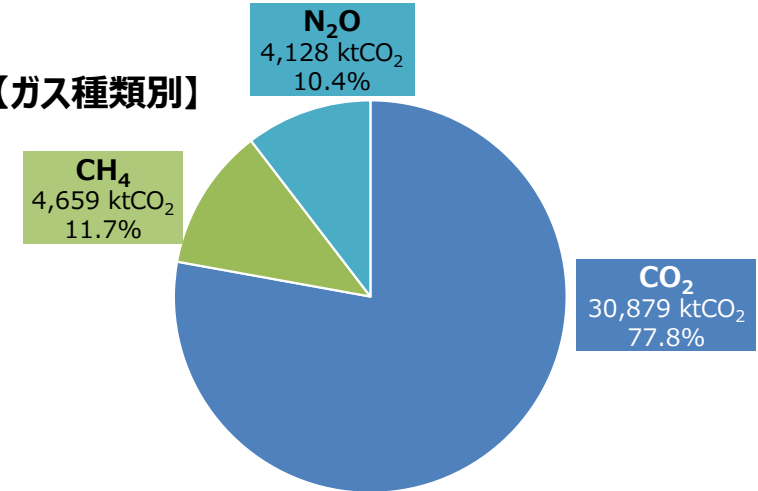
1,212 MtCO₂ (2019年度)



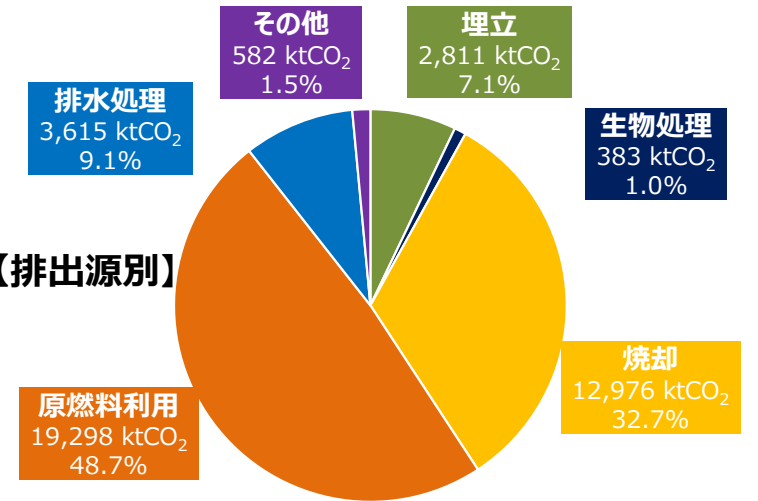
廃棄物分野のGHG排出※内訳

40 MtCO₂ (2019年度)

【ガス種類別】



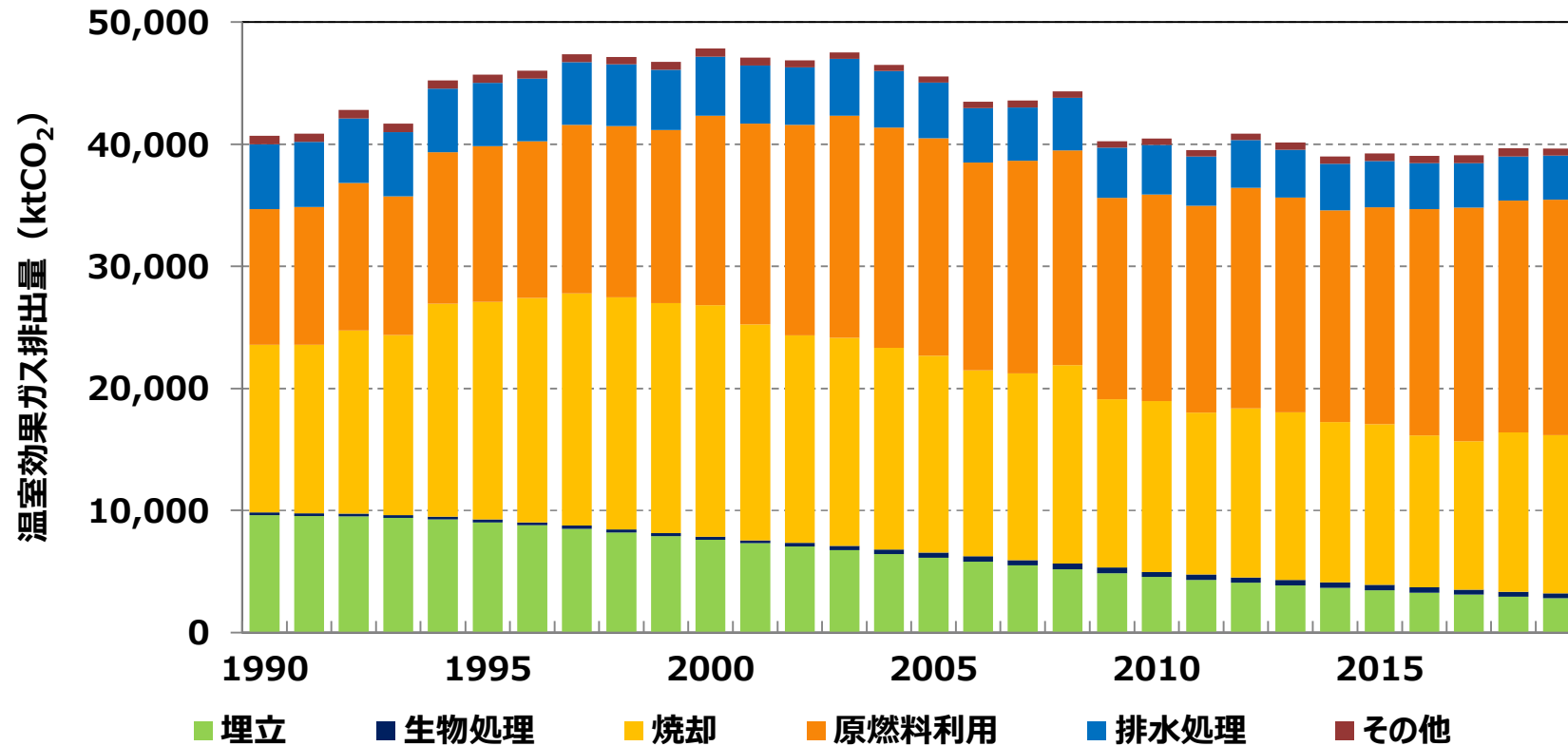
【排出源別】



※「2019年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について」(環境省)におけるGHG排出分野の定義に基づき集計しており、後述する「廃棄物・資源循環分野のGHG排出」とは集計対象が異なる。
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)確報値をもとに作成

廃棄物分野のGHG排出量の推移

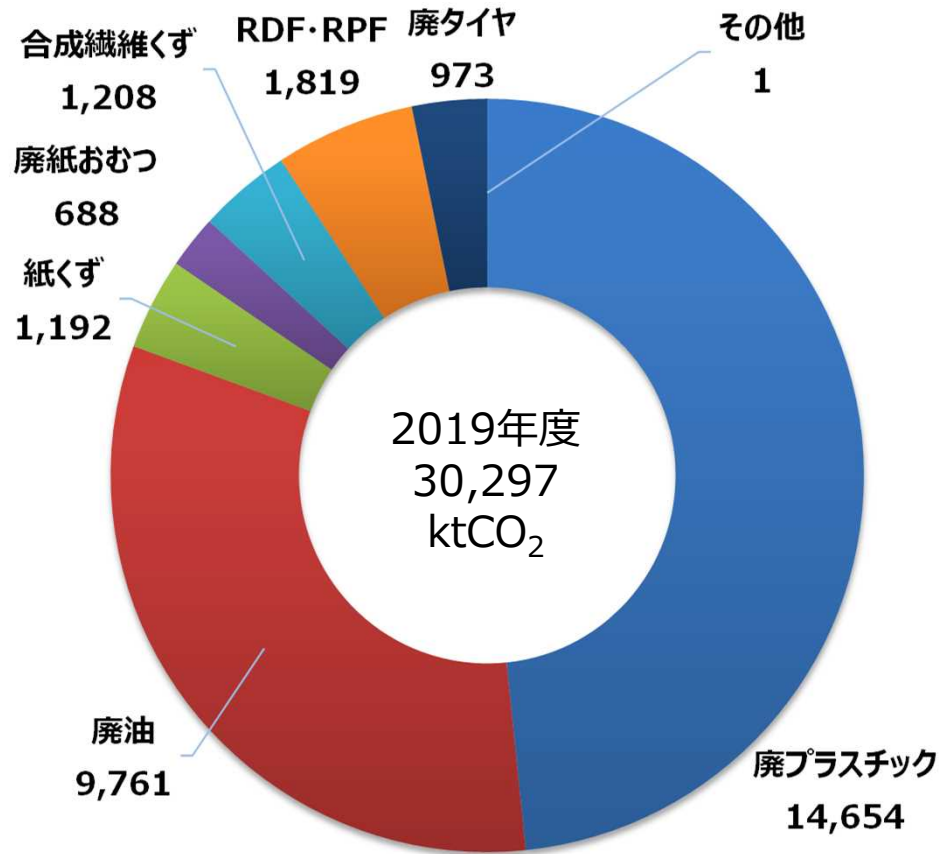
- ・廃棄物分野のGHG排出量は2000～2003年度をピークに、その後は2009年度まで減少傾向が続いたが、**近年は横ばいで推移**している。2019年度の廃棄物分野全体のGHG排出量は約3,970万トンCO₂であり、1990年度からは約100万トンCO₂、2013年度からは約50万トンCO₂の減少となっている。
- ・2019年度の内訳をみると、「廃棄物の焼却及び原燃料利用に伴うCO₂・CH₄・N₂O排出」が約3,230万トンCO₂と廃棄物分野全体の約81%を占めており、「排水処理に伴うCH₄・N₂O排出」が約360万トンCO₂(約9%)、「埋立に伴うCH₄排出」が約280万トンCO₂(約7%)と続いている。



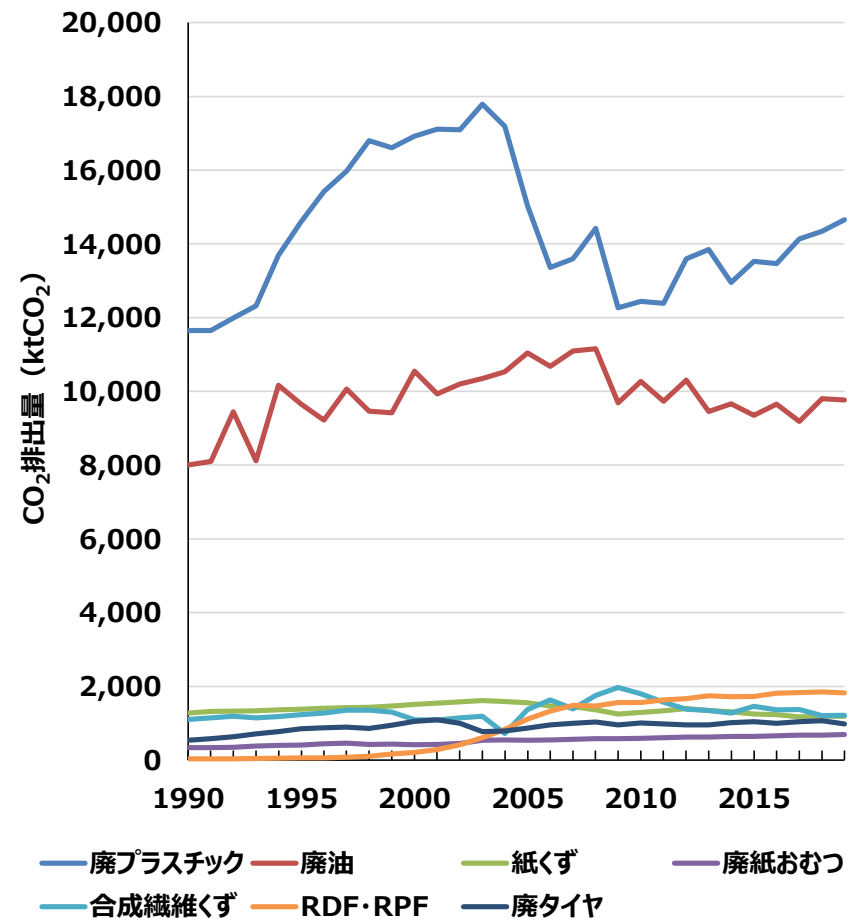
廃棄物分野*のGHG排出量の推移

廃棄物の焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出の内訳

・2019年度の廃棄物分野のGHG排出量の約76%を「廃棄物の焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出」が占める(約3,030万トンCO₂)。うち、**廃プラスチック(一般廃棄物・産業廃棄物)及び廃油(産業廃棄物)からのCO₂排出が約4分の3**を占める。



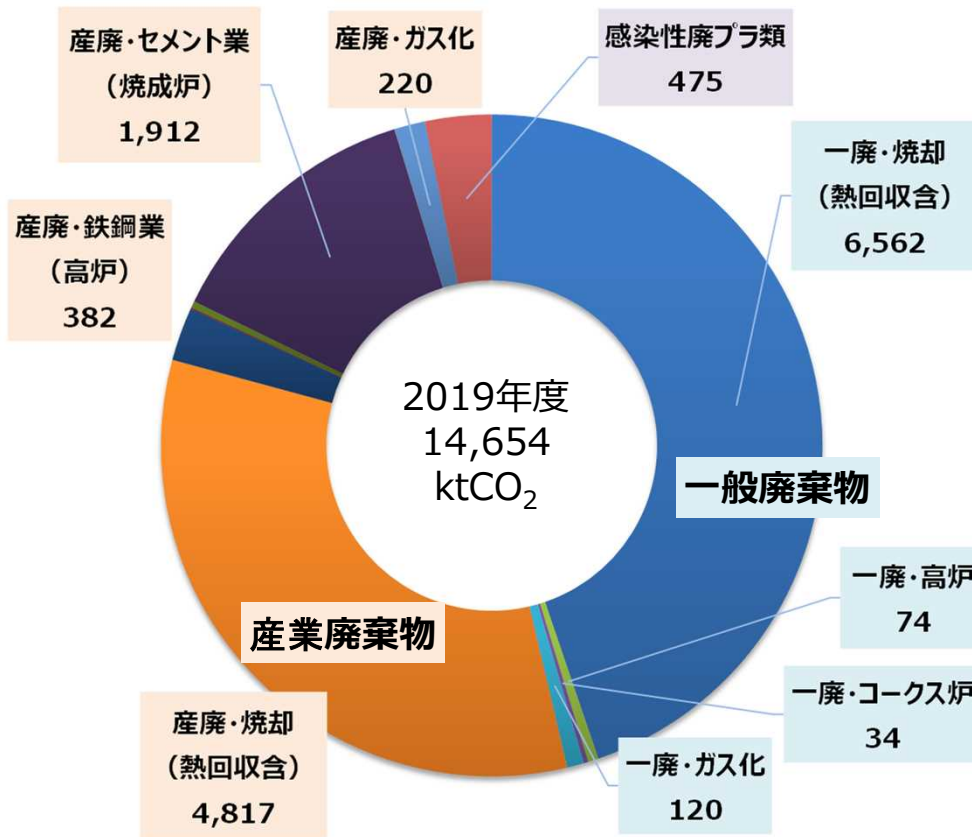
廃棄物の焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出量の内訳
(2019年度)(単位:ktCO₂)



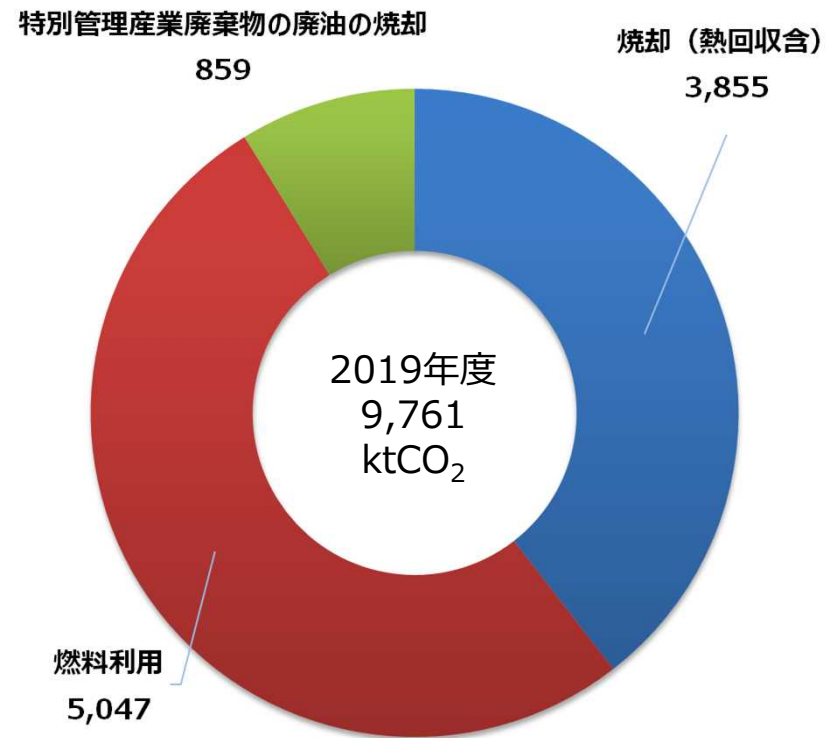
廃棄物の焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出量
の経年変化

廃プラスチック・廃油由来のCO₂排出の内訳

- ・廃プラスチックの焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出量は約1,470万トンCO₂であり、一般廃棄物由来は約680万トンCO₂(約46%)、産業廃棄物由来は約740万トンCO₂(約50%)とほぼ同程度となっている。**一般廃棄物・産業廃棄物とも、焼却に伴うCO₂排出が最も多い。**
- ・廃油の焼却に伴うCO₂排出量は2000年代後半以降、1,000万トンCO₂前後で推移している。2019年度は**約半分の排出を燃料利用(廃潤滑油の再生重油としての利用や廃溶剤の燃料利用等)**が占めている。



廃プラスチックの焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出量の内訳
(2019年度) (単位: ktCO₂)

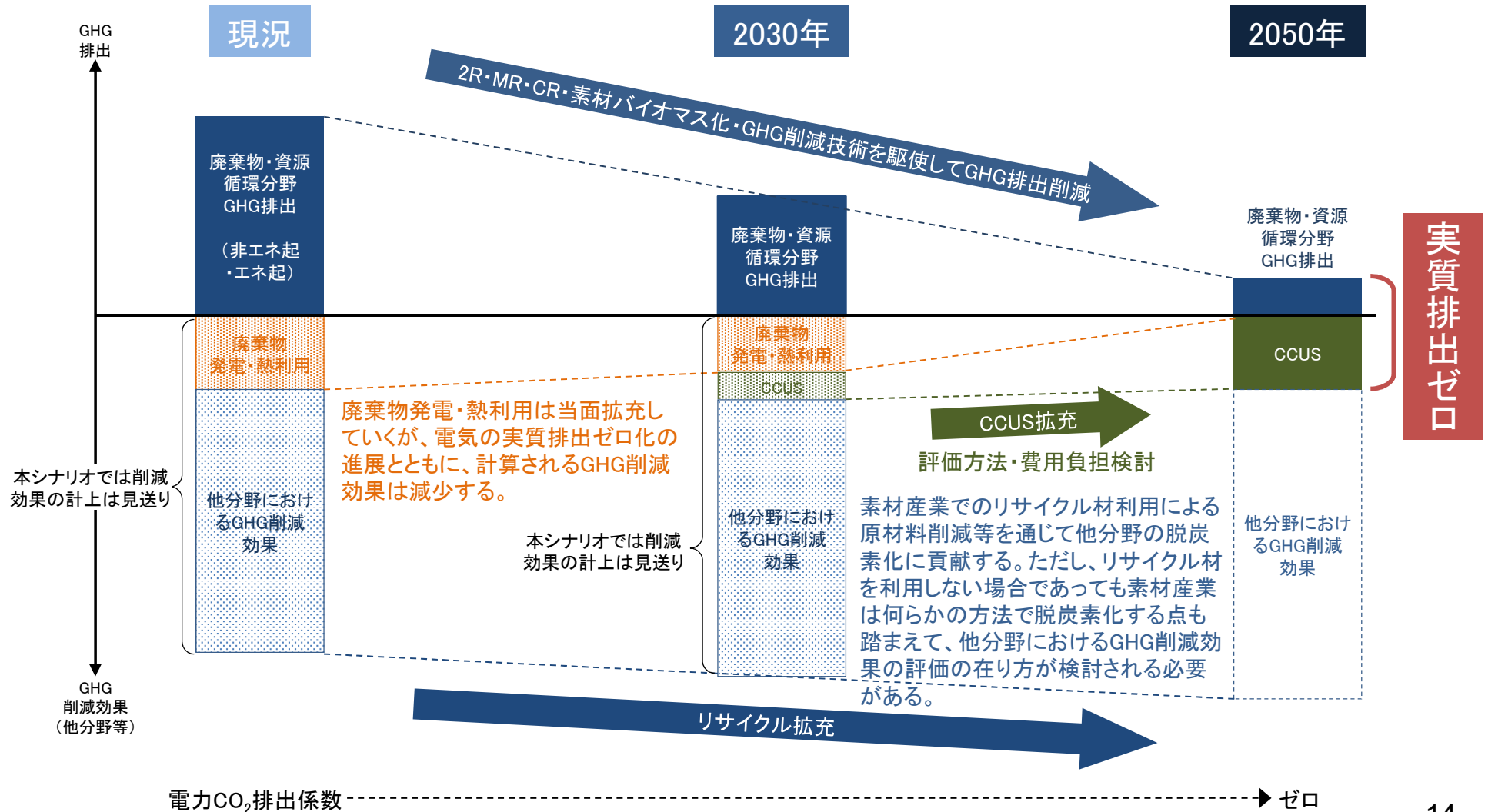


廃油の焼却・原燃料利用に伴うCO₂排出量の内訳
(2019年度) (単位: ktCO₂)

第1章 廃棄物・資源循環分野の目指す方向性

2050年CNに向けた廃棄物・資源循環分野の基本的考え方

・3R+Renewableの考え方に則り、廃棄物の発生を抑制するとともにマテリアル・ケミカルリサイクル等による資源循環と化石資源のバイオマスへの転換を図り、焼却せざるを得ない廃棄物についてはエネルギー回収とCCUSによる炭素回収・利用を徹底し、2050年までに廃棄物分野における温室効果ガス排出をゼロにすることを旨とする。



第2章 2050年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた 廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオ

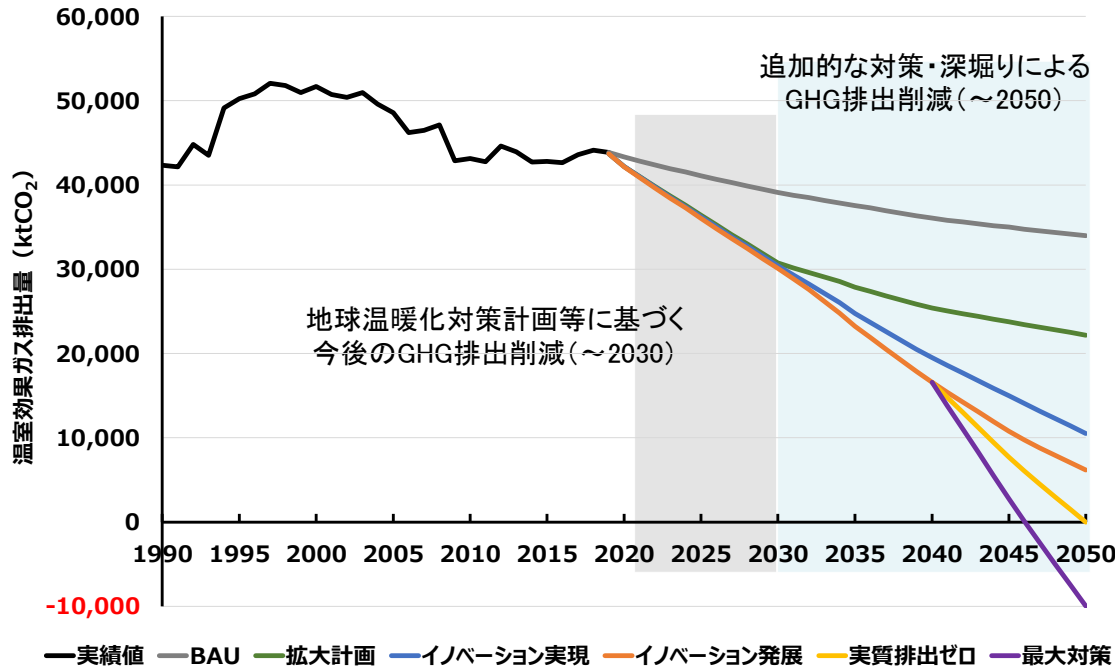
廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオと温室効果ガス排出量の見通し

中長期シナリオ総括表

廃棄物・資源循環分野で想定するシナリオ	2050年GHG排出量 (千トンCO ₂) 試算結果※			
	非エネ起	エネ起	CCUS	合計
【BAUシナリオ】 ・現況年度(2019年度)付近の対策のままで2050年まで推移することを想定したシナリオ。 ・以下で試算する各シナリオによる削減効果はBAUシナリオのGHG排出量との差分で示す。	29,602	4,367	-	33,968
【計画シナリオ】 ・地球温暖化対策計画、プラスチック資源循環戦略、バイオプラスチック導入ロードマップ、プラスチック資源循環促進法等のGHG削減・資源循環に資する既存の計画・法制度や、業界団体等の目標値に基づき対策導入量を想定するシナリオ。	20,270	1,933	-	22,203
【拡大計画シナリオ】 ・計画シナリオに加え、廃棄物処理施設や収集運搬車両等におけるエネルギー起源CO ₂ 対策を計画シナリオの対策導入強度に準じて導入するシナリオ。	20,270	1,911	-	22,180
【イノベーション実現シナリオ】 ・拡大計画シナリオをベースに、現状の技術開発動向等を踏まえ、各重点対策領域におけるGHG削減技術のイノベーションによる削減量の深掘りを見込むシナリオ。	9,031	1,468	-	10,499
【イノベーション発展シナリオ】 ・イノベーション実現シナリオをベースに、現状の技術水準や技術開発動向では必ずしも十分に担保されない水準まで対策導入量の深掘りを見込むシナリオ。	6,164	0	-	6,164
【実質排出ゼロシナリオ】 ・イノベーション発展シナリオをベースに、廃棄物・資源循環分野のGHG排出量を相殺する量のCCUS(本シナリオではCCSとして想定)導入を廃棄物処理施設で見込むシナリオ。	6,164	0	-6,164	0
【最大対策シナリオ】 ・実質排出ゼロシナリオをベースに、廃棄物処理施設におけるCCUS量を最大限まで見込むシナリオ。	6,164	0	-16,138	-9,975

※ 試算結果は現時点での推計値であり、今後の想定等の見直しにより変更する可能性がある。

廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオと温室効果ガス排出量の見通し

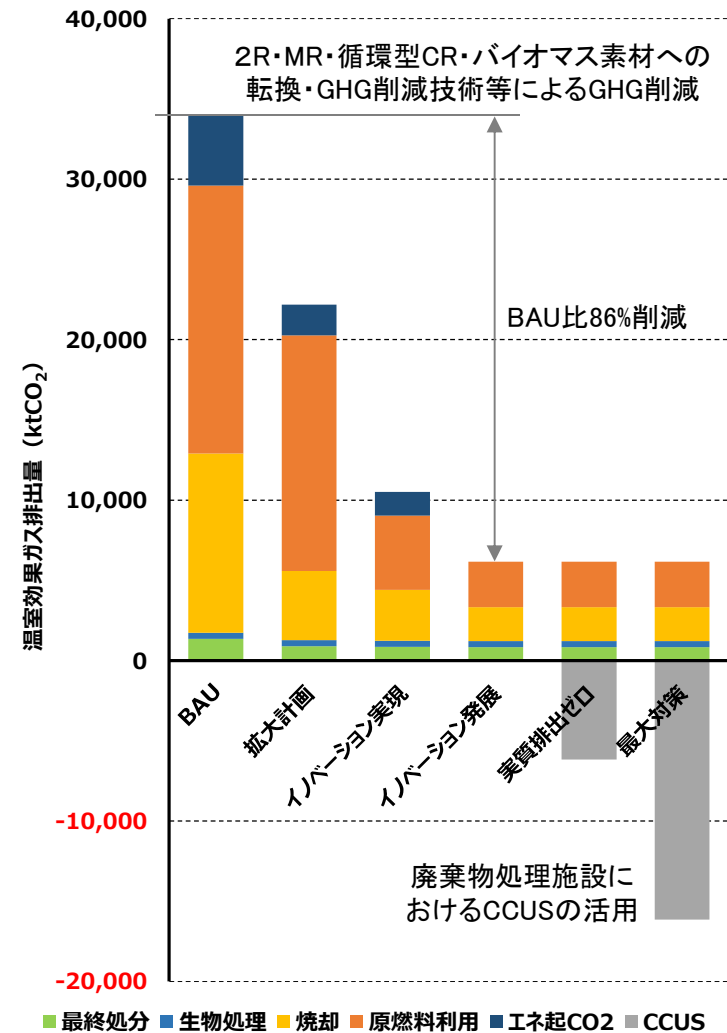


シナリオ別の廃棄物・資源循環分野の実質排出ゼロ化に向けた経路の試算結果

2050年のシナリオ別・排出源別のGHG排出量試算結果

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

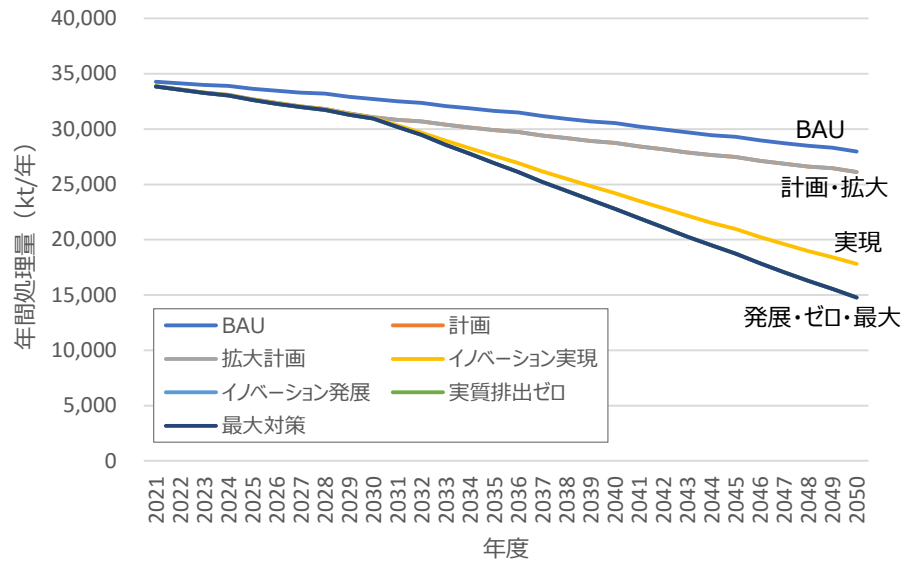
※ 廃棄物焼却施設から排出される排ガス中のCO₂をCCSLした場合の削減効果を計上



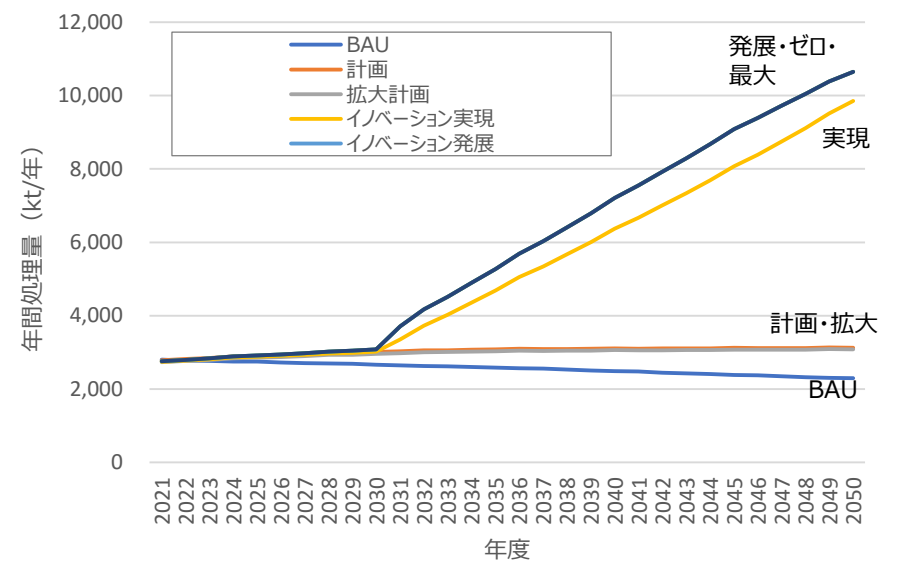
2050年のシナリオ別の廃棄物・資源循環分野のGHG排出量試算結果

シナリオ別の一般廃棄物(ごみ)処理量

・年間焼却処理量(シナリオ別)

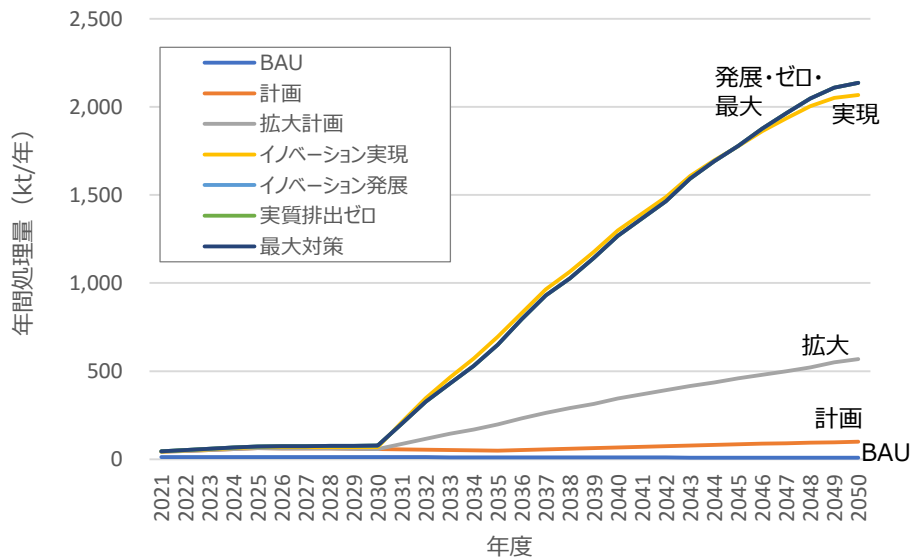


・年間資源化施設処理量(シナリオ別)



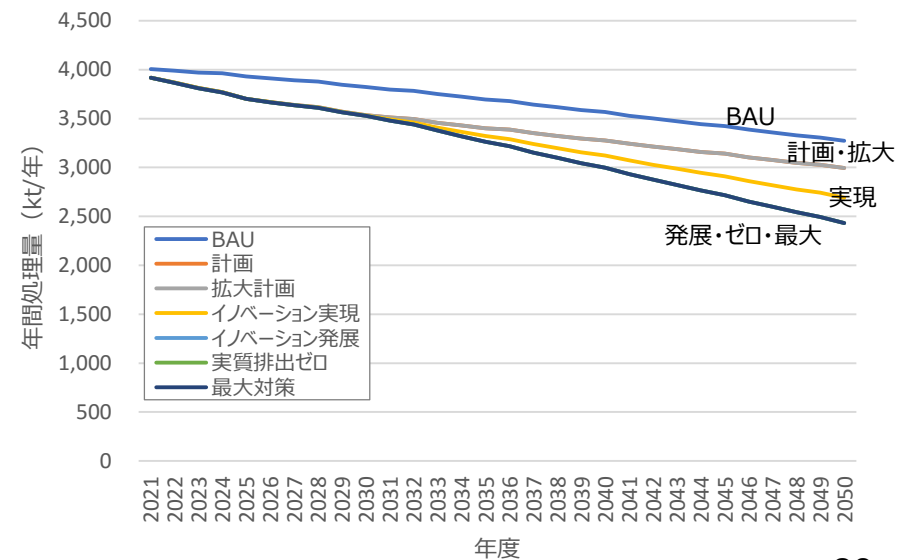
・メタン発酵処理量(シナリオ別)

※尿処理施設での生ごみ処理量は含まれない



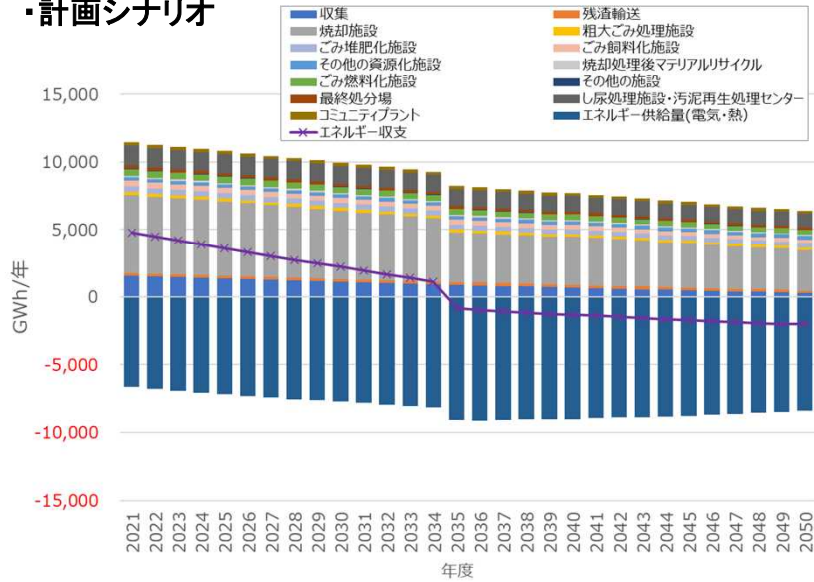
・最終処分量(シナリオ別)

※処理後残渣(焼却灰等)を含む



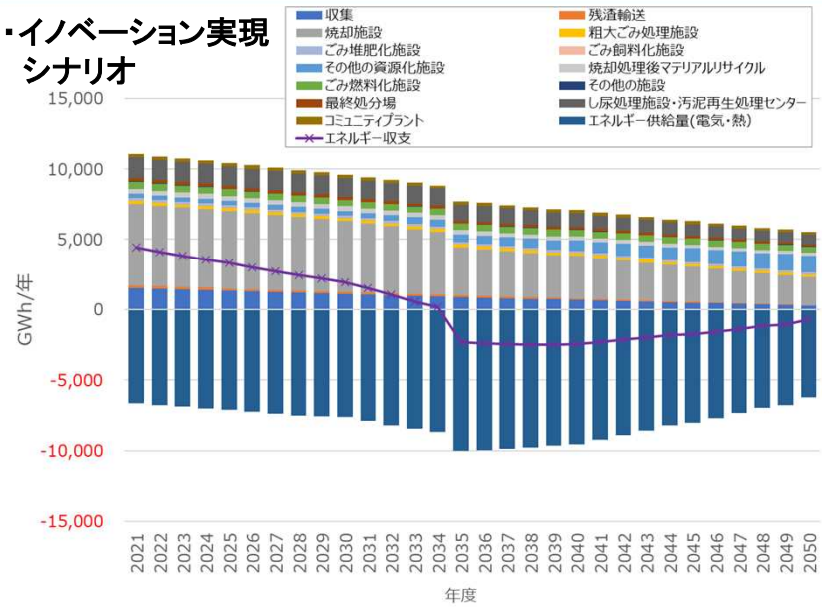
シナリオ別のエネルギー収支(一般廃棄物処理)

・計画シナリオ

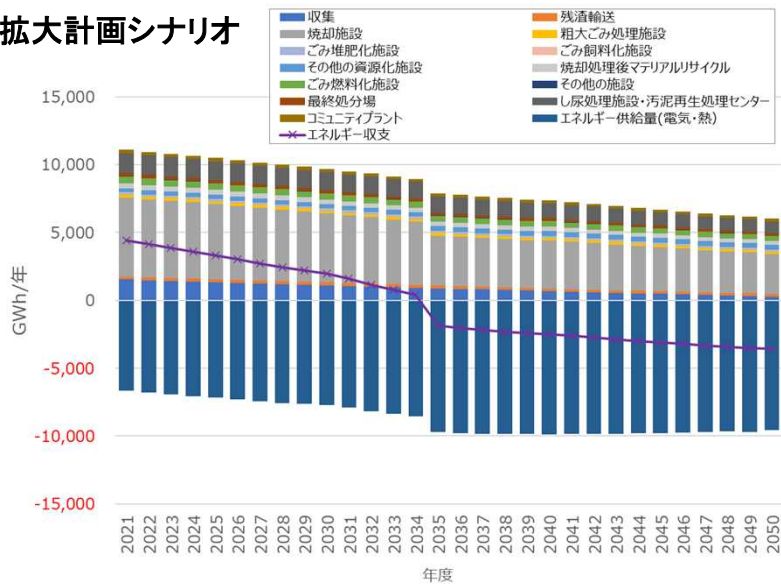


※エネルギー使用量: 各施設を受電量と燃料使用量の合計
 ※エネルギー供給量: 焼却施設を送電量・外部熱供給量、メタン化施設を送電量

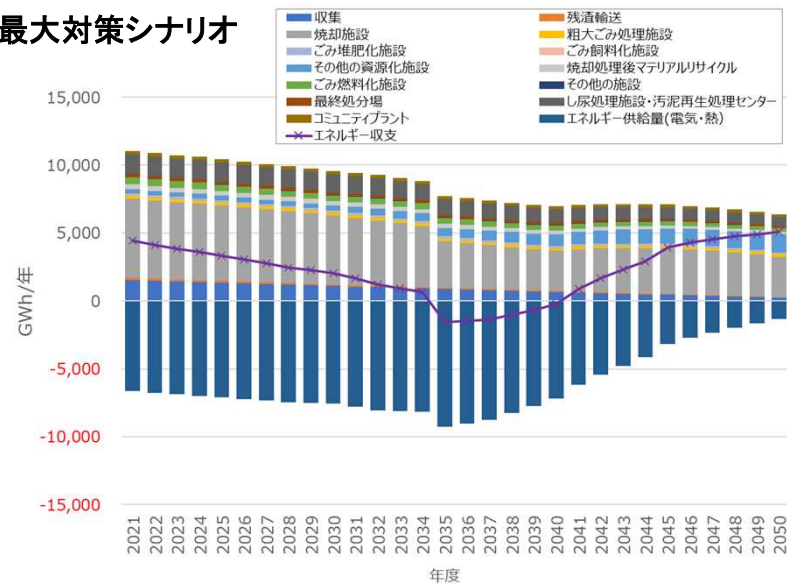
・イノベーション実現シナリオ



・拡大計画シナリオ



・最大対策シナリオ



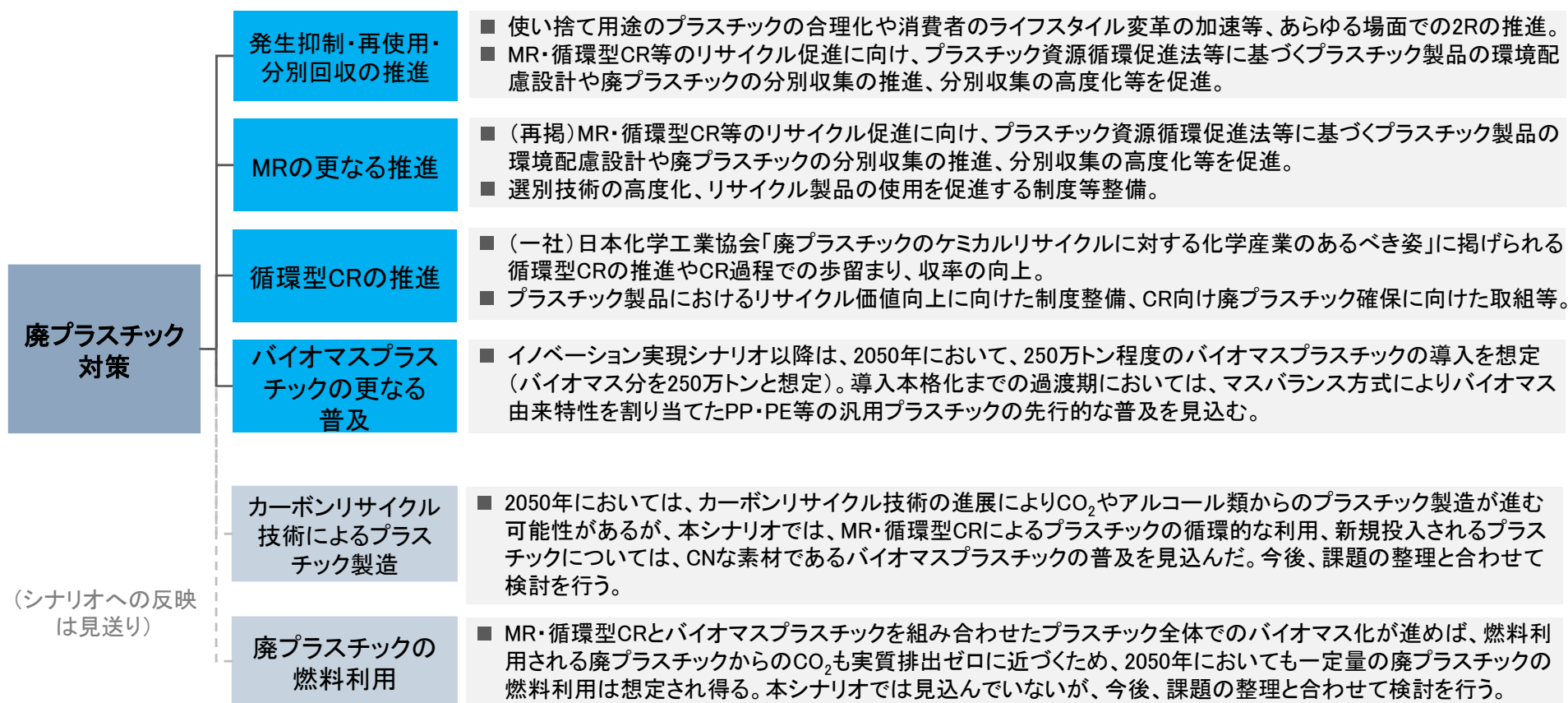
※ CO₂液化までを見込んだところ処理施設内でのエネルギー消費が増加している。(資料編参照)

第3章 中長期シナリオにおいて見込んだ対策： 実質ゼロに向けて必要となる取組と留意点

1. 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

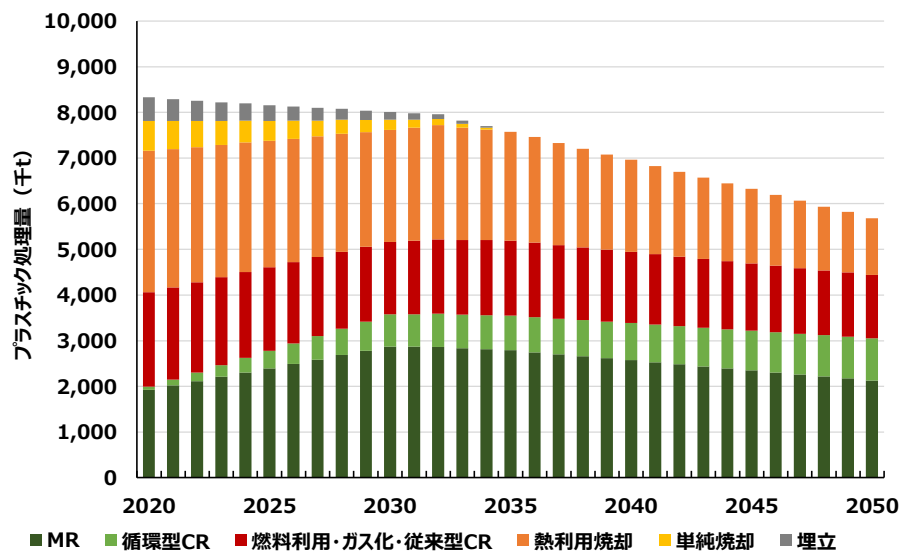
(1) 廃プラスチック対策の基本的な考え方

- ・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・再利用・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、**MR及び循環型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。
- ・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。

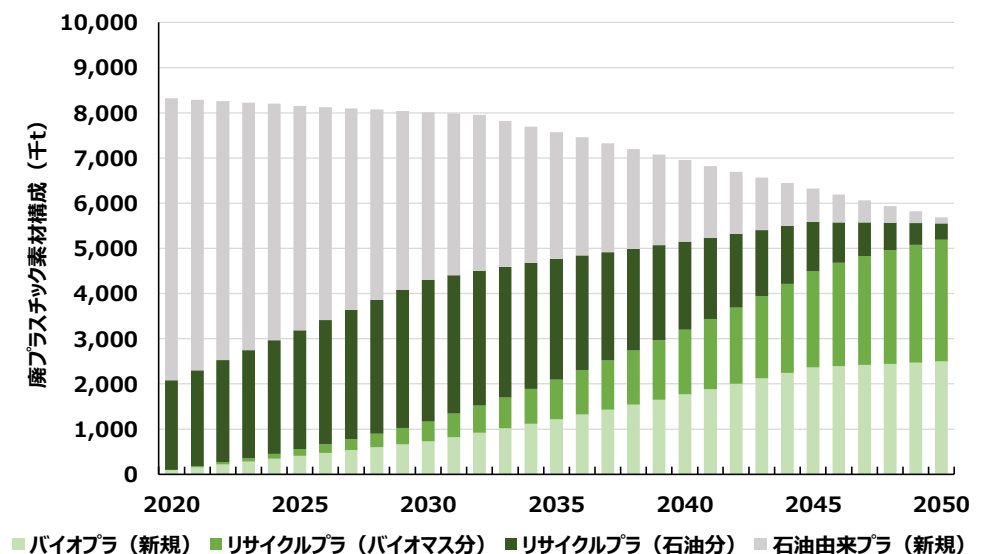


(1) 廃プラスチック対策の基本的な考え方

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



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



廃棄されたプラスチックの素材構成の試算結果(イノベーション発展シナリオ)

【試算にあたっての想定内容】

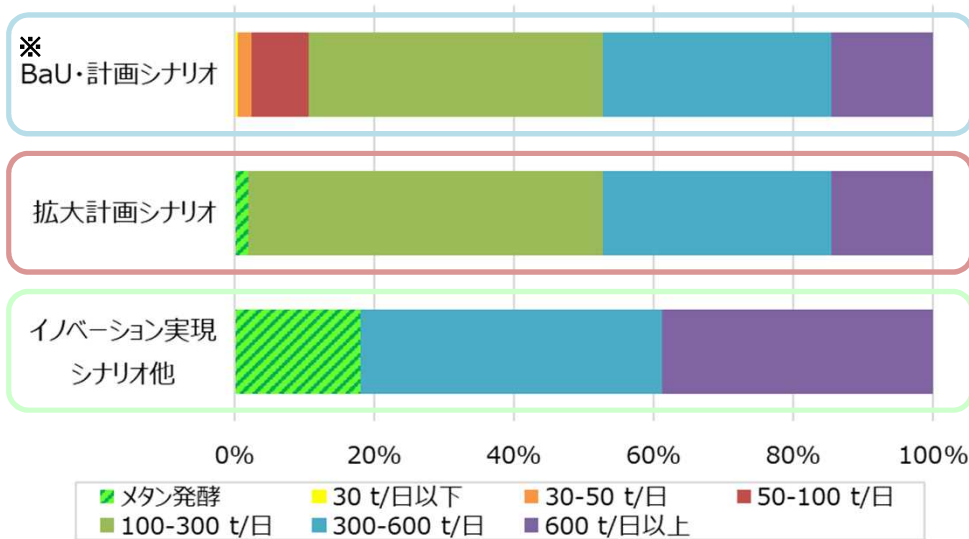
- ・ プラスチックの廃棄量は、将来人口(一般廃棄物)及び将来エチレン生産量等(産業廃棄物)をドライバーに用い、プラスチック製買物袋の有料化等の発生抑制対策の効果を加味して推計した。特にイノベーション発展シナリオにおいては、カトラリーや食品向けのフィルム・容器・ボトルについてプラスチック資源循環促進法に基づく重点的なリデュース等を想定し、プラスチック製品種類毎のプラスチックの廃棄量データをもとにプラスチック全体として25%程度のリデュースの深堀りを見込んだ。
- ・ MR・循環型CRについては、廃プラスチック対策の中心的な役割を担う技術として位置付け、「廃プラスチックのケミカルリサイクルに対す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

第3章 中長期シナリオにおいて見込んだ対策： 実質ゼロに向けて必要となる取組と留意点

2. 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 (本資料では一般廃棄物処理システムを中心に提示)

(1) 有機性廃棄物対策: 焼却施設の新規整備と合わせたメタン発酵施設導入の想定

・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と想定。



焼却施設: 2017年~2023年運転開始予定施設の集計結果より規模別比率(t/年)を設定
メタン発酵施設: 積極的な導入を想定しない。

焼却施設: 100t/日以上に集約化。(BAU・計画シナリオでは100t/日未満の部分は、焼却施設の更新タイミングでは、メタン発酵施設を導入し、残りは集約化焼却施設へ搬出)

焼却施設: 300t/日以上に集約化。なおかつ、焼却施設の更新時はメタン発酵施設(単独又はし尿処理施設と統合処理)も導入。

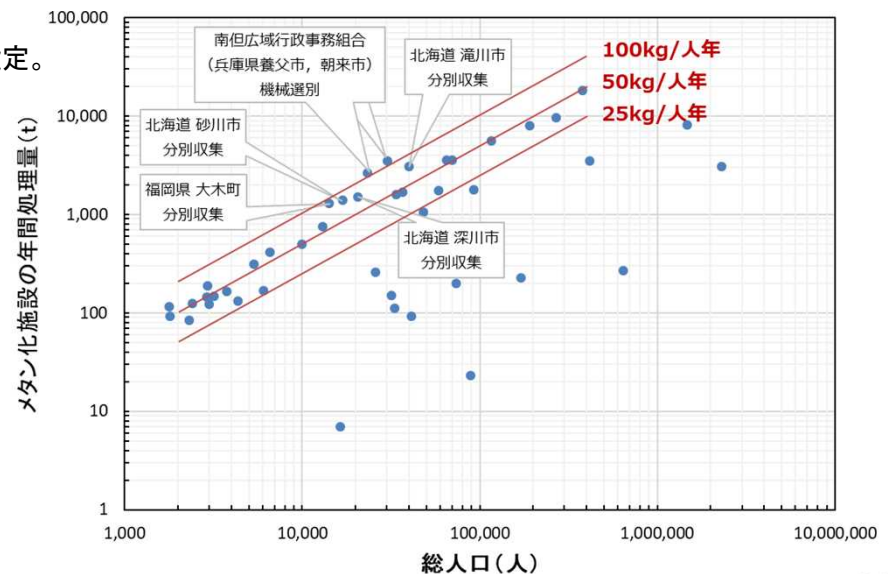
焼却施設の新設時における構成比率(2031年以降の運転開始分)

※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。

【メタン発酵施設の導入時の想定】

・市町村毎の一人当たりメタン発酵の年間処理量(右図)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。

⇒今回の計算では、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。(残りは焼却されると想定)



(1) 有機性廃棄物対策: 食品ロス削減とバイオメタンの供給拡大について

- ・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**。
- ・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る。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、熱回収率が高く、**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、さらなる循環利用が可能**。
- ・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、**バイオメタンは貴重なカーボンニュートラル燃料**となる。
- ・ただし、今回の中長期シナリオ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。

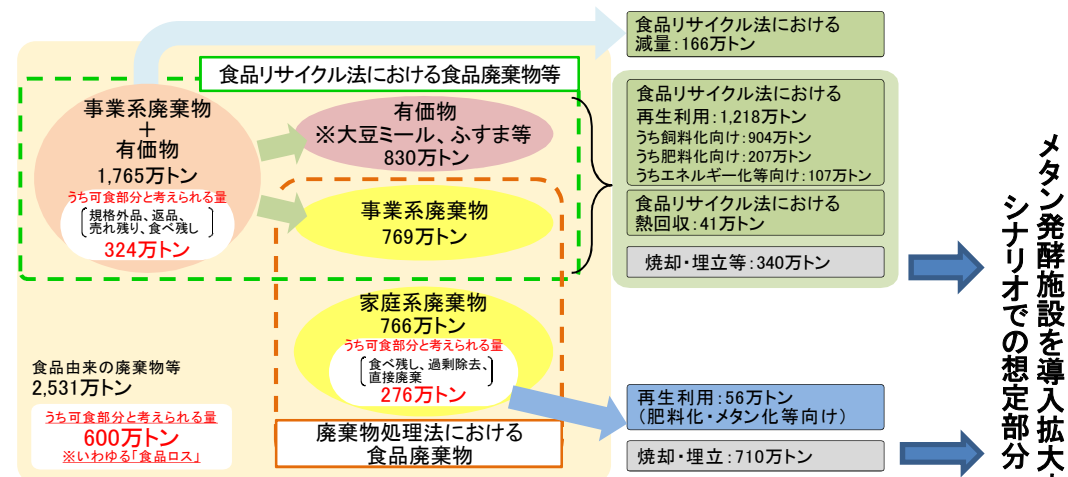
食品ロスの削減(発生抑制)

- ・食品廃棄物等の発生量は約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)。
- ・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)。(循環基本計画/食り法基本方針)
- ・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る。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※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」(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)。2020年9月19日シンポジウム講演資料 (https://www.erca.go.jp/suishinhi/kenkyuseika/pdf/symposium_r02_Munesue.pdf)

食品廃棄物のメタン発酵

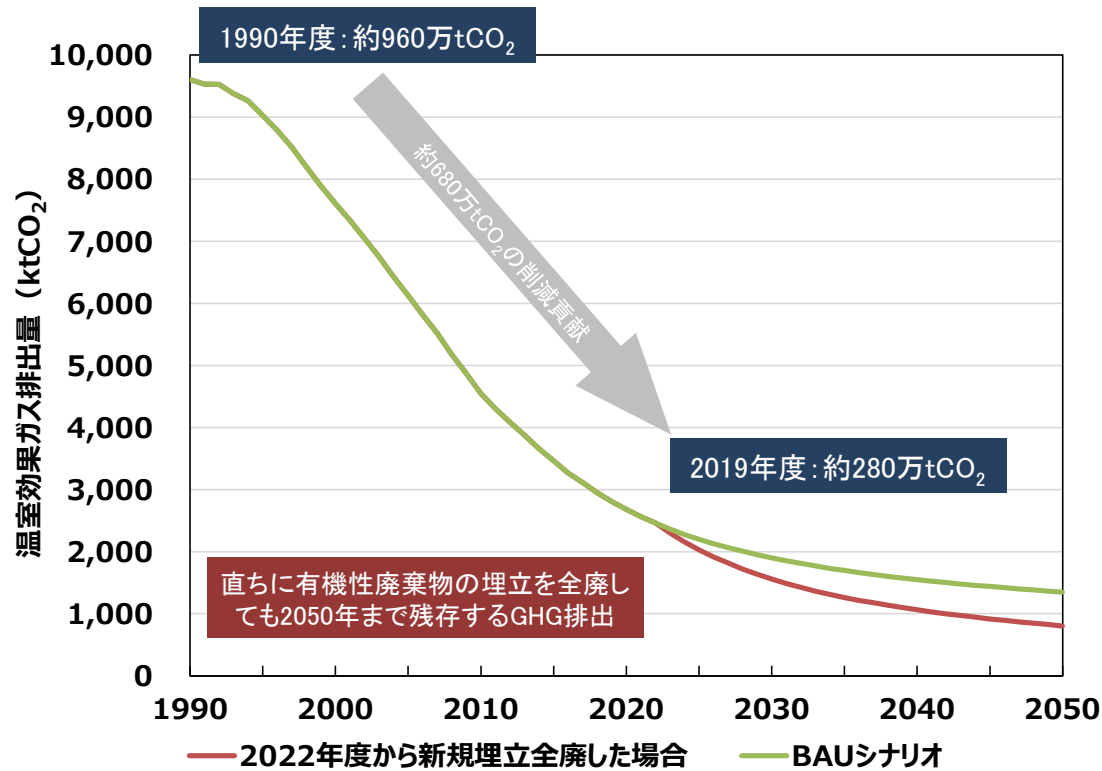
- ・一般廃棄物中の食品廃棄物は多くが焼却処理され、再生利用率は近年横ばい。
- ・ごみ焼却施設の稼働率に余裕がある場合などは、メタン発酵施設の整備は、市町村からみていわば二重投資になる恐れもある。ごみ焼却施設の更新時期に合わせて、メタン発酵による処理も導入することが合理的と考えられる。⇒シナリオで設定



食品廃棄物等の利用状況等(平成30年度推計) <概念図>より抜粋・加筆

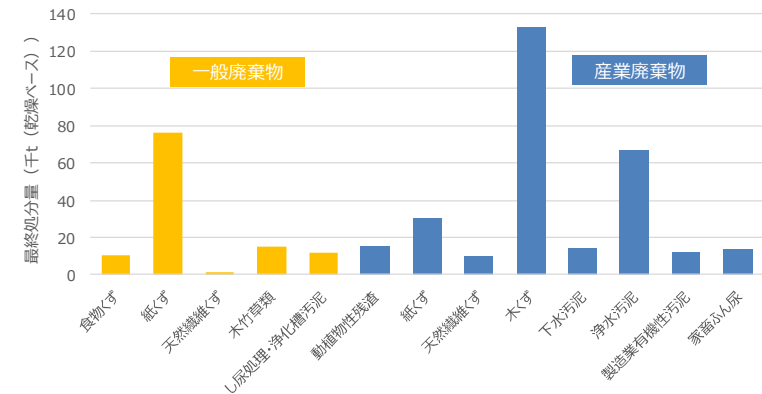
(1) 有機性廃棄物対策: 有機性廃棄物の埋立回避

- ・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→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。



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

※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。



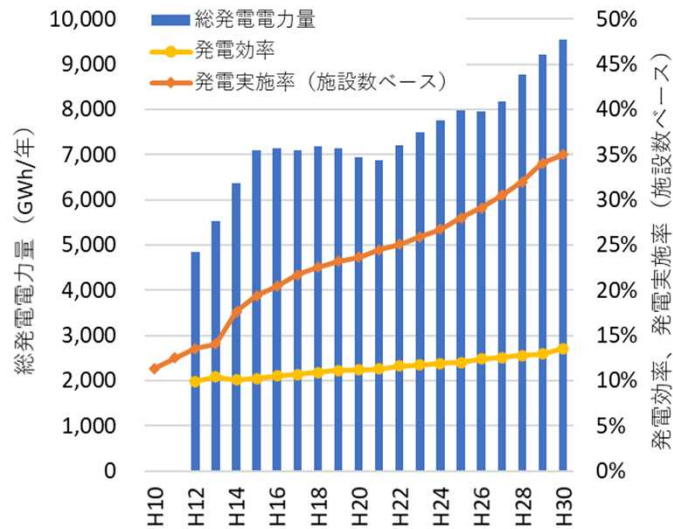
2019年度の有機性廃棄物最終処分量
(単位: 千t(乾燥ベース))

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

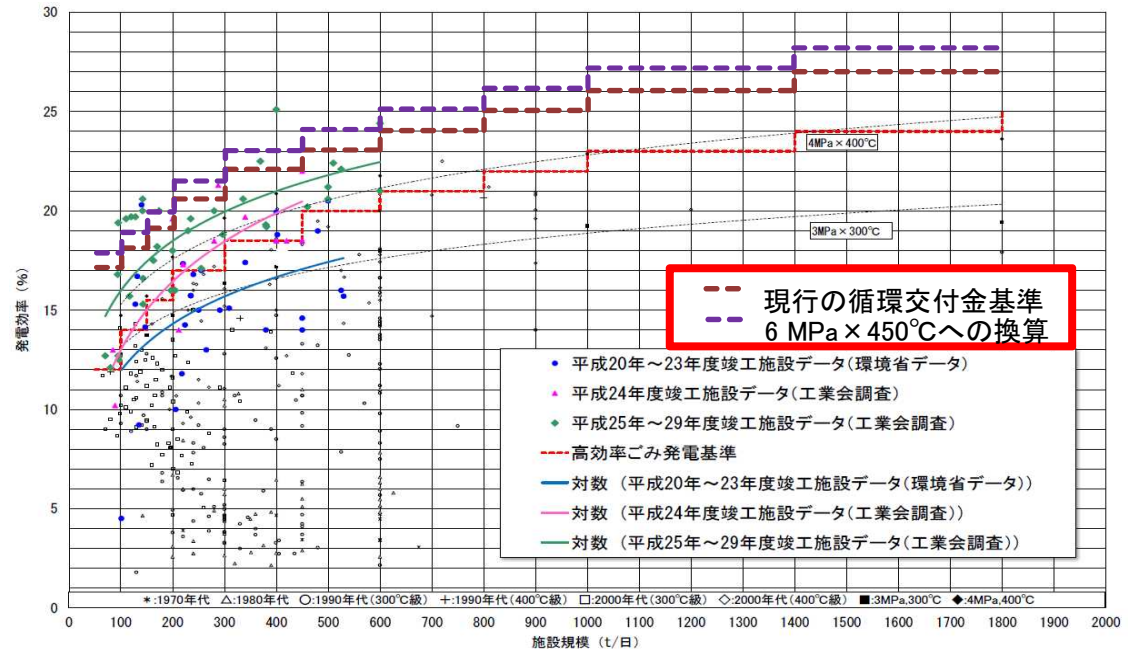
(2) 廃棄物エネルギー利活用(発電)

- ・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はなく、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はなく、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。
(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。)

- ・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。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。



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



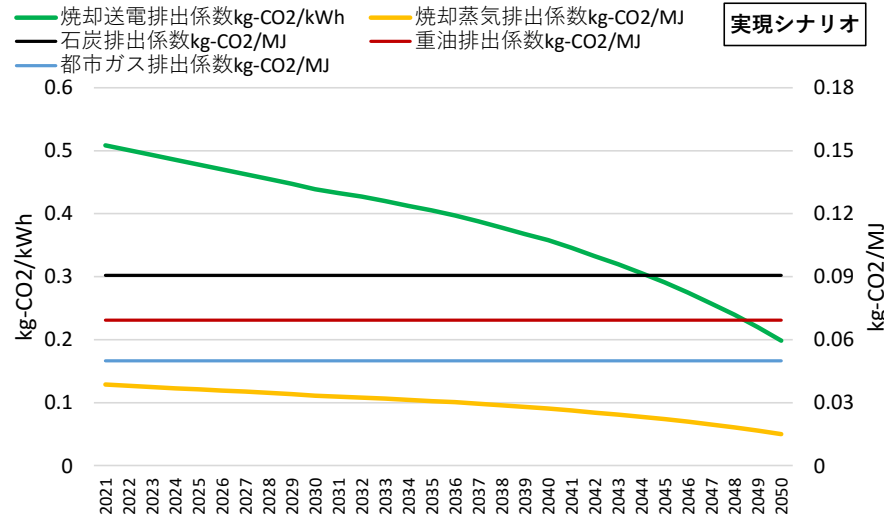
発電効率の変遷と今回の計算での設定水準
出典：<https://www.env.go.jp/recycle/misc/energy/ref-01.pdf> に追記

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°Cを最近の導入事例では超えつつある。⇒「6MPa, 450°C」への高温高圧化を対策として見込んだ(右図)。

(2) 廃棄物エネルギー利活用(熱供給)

- ・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い。
- ・国外では、ドイツなど欧州や韓国で、主に化学産業を供給先として複数の事例が存在。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。
- ・**廃棄物焼却施設から産業へ蒸気供給することが、今後の有望な選択肢**。例えば、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、エネルギー回収率を大幅に向上可能。

・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)

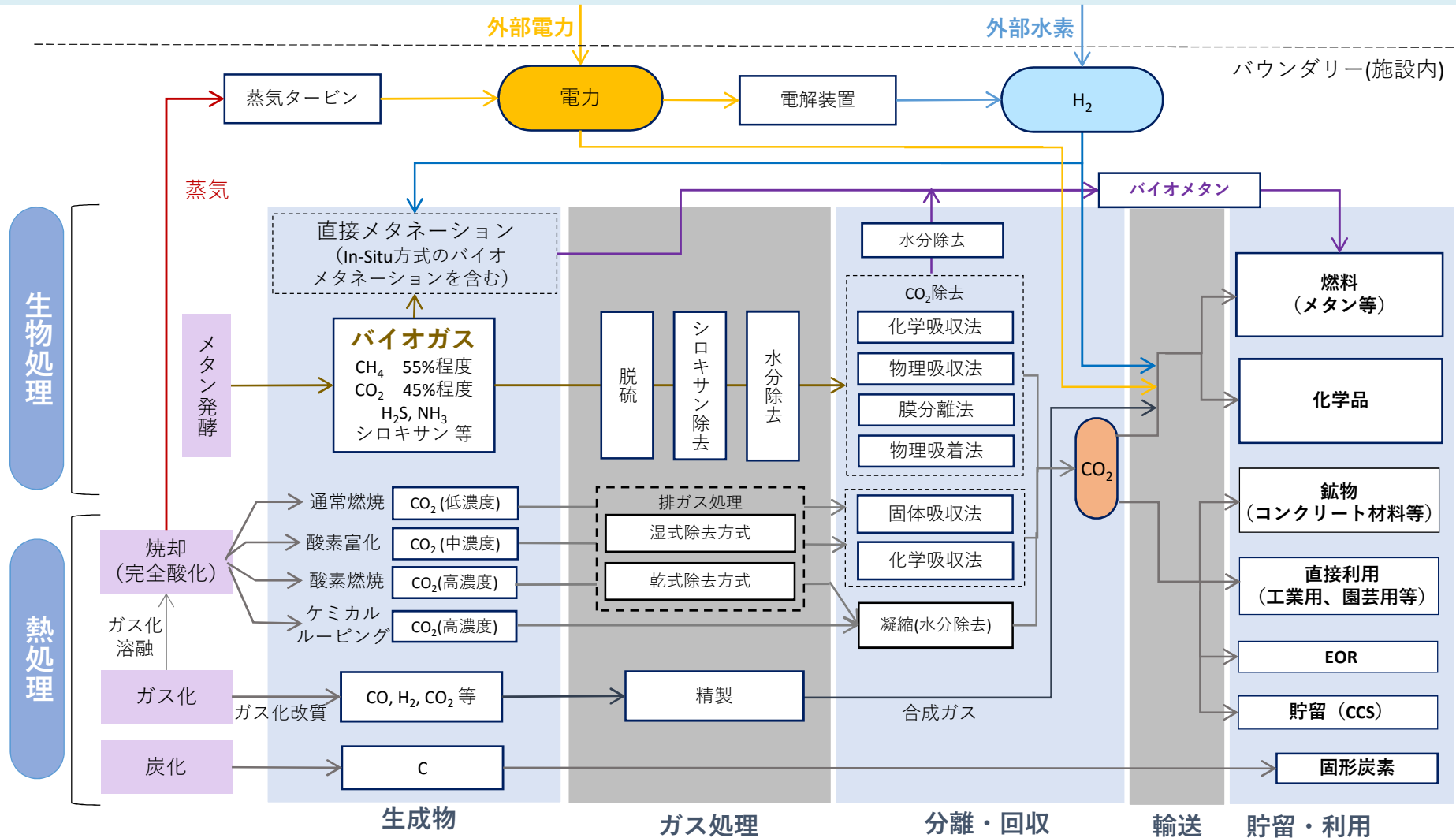


- ・そもそも、現在の事業者別・事業所別のGHG排出量算定(算定報告公表制度等)では、廃棄物の焼却等に伴う回収エネルギーを電気又は熱として外部に供給しても、廃棄物処理施設のGHG排出量からは控除されない。一方、当該電気又は熱は、化石燃料自体の直接的な使用・燃焼でないことから、供給を受けて使用する側(別の事業者・事業所)では、廃棄物焼却施設由来の電気又は熱のCO₂排出係数はゼロである。
- ・ただし、廃棄物の焼却施設自体を、電気又は熱の使用者が、その事業所の一部に設置したケース等においては、化石燃料や系統電力のCO₂排出係数との大小関係が、当該事業者のGHG計算上、重要性を増すことがありうると考えられる。
- ・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、左図の通り。(全期間にわたり6MPa, 450°C, 600t/日のモデル計算。)

※ 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。

(2) 廃棄物・資源循環分野におけるCCUSの技術要素

- ・**CCUSを前提とした廃棄物処理システム・施設のあり方を調査研究・技術開発**していく必要がある。
- ・ただし、300t/日規模の焼却施設にて二酸化炭素分離回収し、輸送のため液化まで行った場合、現状の性能の二酸化炭素分離回収施設を単純に追加すると、蒸気消費に伴う発電量の低下及び消費電力の上昇により、売電が行えなくなるとの試算もある。



**第3章 中長期シナリオにおいて見込んだ対策：
実質ゼロに向けて必要となる取組と留意点**

**3. 重点対策領域Ⅲ：
廃棄物処理施設・車両等の脱炭素化
(本資料では一般廃棄物処理施設・車両等について提示)**

(1) 省エネ化・電化・バイオマスエネルギー利用

- ・廃棄物処理施設・車両等の脱炭素化のためには、「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)が必要である。
- ・本シナリオにおける計算では、**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、④収集(自動車)について、「エネルギー消費量の削減」及び「利用エネルギーの転換」を想定した。**(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。)
- ・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。**

本シナリオ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。

①焼却施設における対策

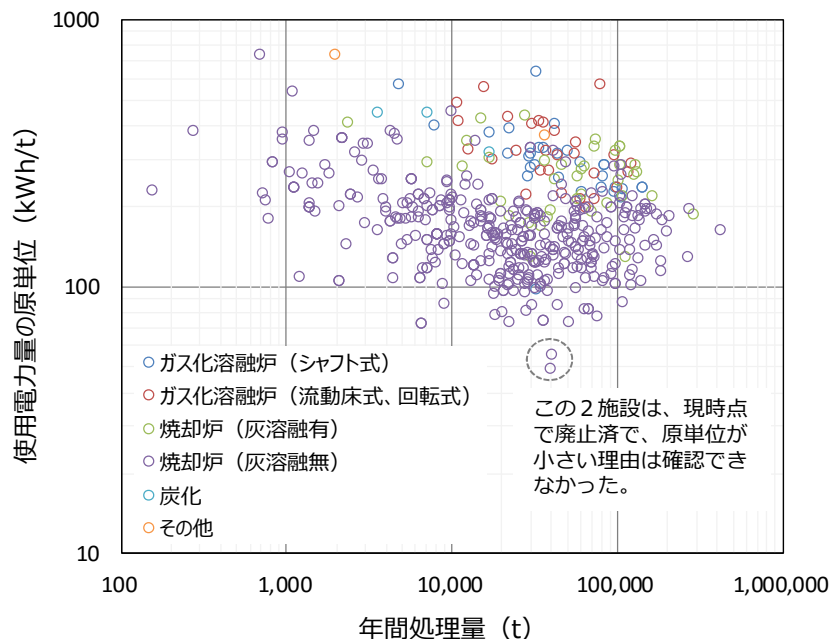
- ・**所内動力**の削減：焼却施設における電気使用量(原単位)は、同一の処理方式の中でも差が見られる。**外部へのエネルギー供給の拡大の観点からも、省エネルギー化**が必要。
- ・**助燃燃料**の削減：焼却施設における燃料使用量は、処理方式(施設種類)による違いも大きい。多数を占める焼却炉方式では立上時等の使用割合も多いとみられ、**ダイオキシン類発生防止等と両立した省エネルギー化**が必要。

【所内動力の削減】 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(焼却炉、灰溶融無)

【助燃燃料の削減】 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(焼却炉、灰溶融無)

燃焼温度：850℃以上(900℃以上の維持が望ましい)

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(H9.1)



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。)

立上時に、バーナ専焼で400℃程度まで昇温後は、ごみを供給し短時間に昇温した方が、起動時のダイオキシン類発生量は、むしろ減少する可能性があるのではないか。
 →起動時燃焼使用量半減も

※バーナ点火時からBF(バグフィルタ)を通ガスし、バイパスしないことが、ダイオキシン類対策上、効果的と考えられる。

- 起動時はバーナ加温により速やかに炉内温度を上昇することにより、ダイオキシン類を低減できた。また、起動初期にバーナ専焼を行って炉温度を上げ、その後ごみを供給して燃焼することにより一層低減できた。
- 起動時のボイラ出口排ガス中ダイオキシン類濃度は、バーナ専焼時に温度上昇とともに増加し、ごみを投入すると低下する傾向にあった。
- 起動時のダイオキシン類排出量削減のためにはBF早期通ガスの効果が大きかった。
- 起動時のボイラ部でのダイオキシン類増加は、ボイラ水管に付着したダストで合成が起こり、揮発していることが主な原因であると推定できた。またその合成の大部分は、温度域が250-350℃である過熱器付着ダストにおいて起こっていることがわかった。
- 起動時の炉出口ダイオキシン類発生原因については、本研究で特定することができなかった。
- 起動時ダイオキシン類発生量抑制のためには、起動前にボイラ水管に付着したダストを除去することの効果が大いと考えられる。

枠内の出典：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

第4章 廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオの実現に向けて

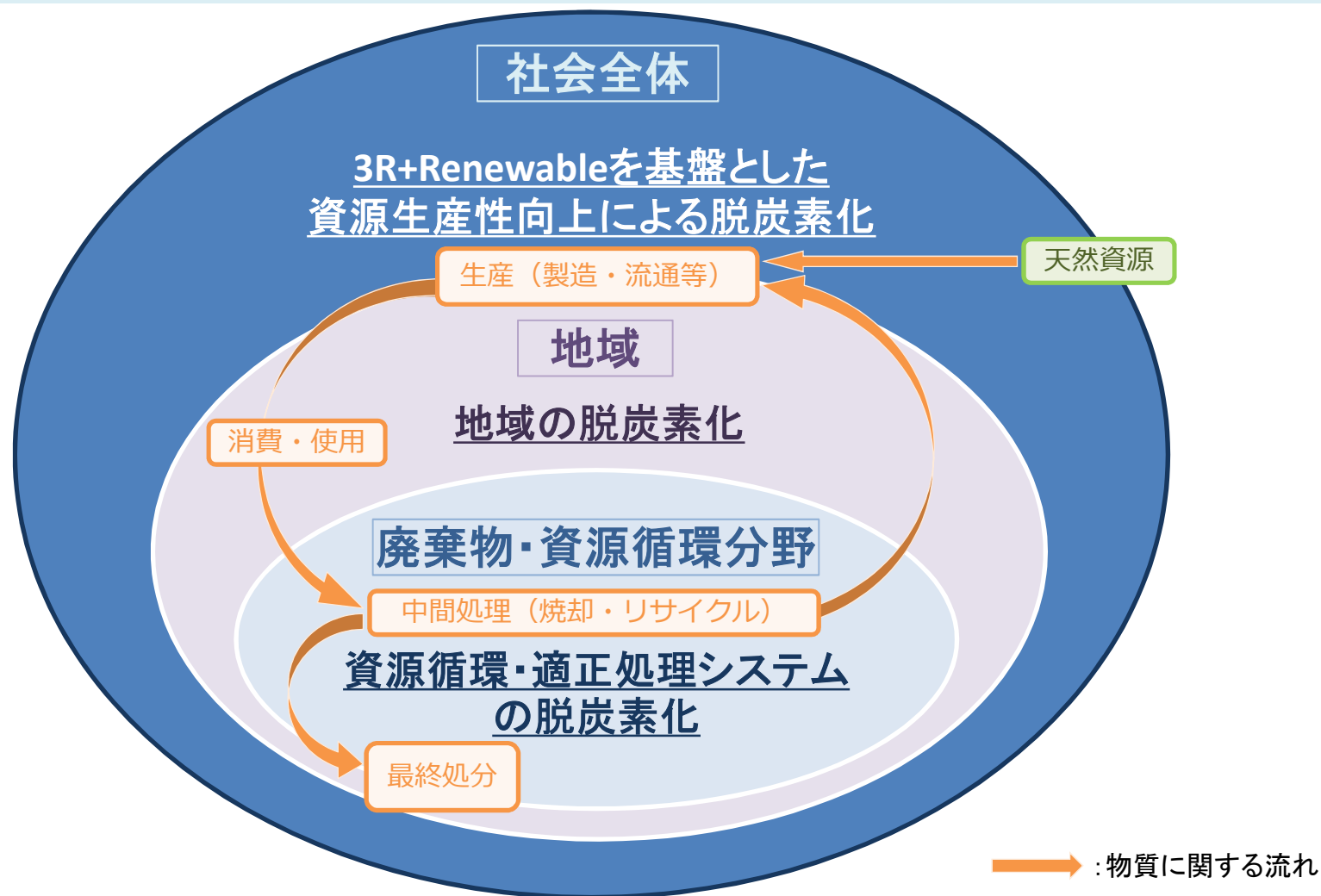
廃棄物・資源循環分野の中長期シナリオからの示唆(全体)

- 2050年において、廃棄物処理施設(焼却施設・バイオガス化施設等)からの排ガス等の中の炭素の大半がバイオマス起源となり、廃棄物処理施設でCCUSを最大限実装できれば、ネガティブエミッションにより廃棄物・資源循環分野の実質ゼロ、さらには実質マイナスを実現できる可能性があることが示唆された。
- 同時に、これまでの計画等の延長線上の対策では不十分なことが明らかとなった。技術、制度面での対策のみならず、関係者が一丸となり、相当な野心を持って取り組む必要がある。
- 本分野のGHG排出量を可能な限り削減するという基本原則のもと、2R対策を可能な限り強化しつつ、重点対策領域におけるGHG削減に向けた取組を可能な限り進める必要がある。
- 今後、素材産業や製造業等における将来見通しに変化があれば、それらを取り込んで試算の更新を行っていく必要がある。また、本分野の実質排出ゼロの達成に向け、これらの産業と連携した対策を講じていくことも必要である。

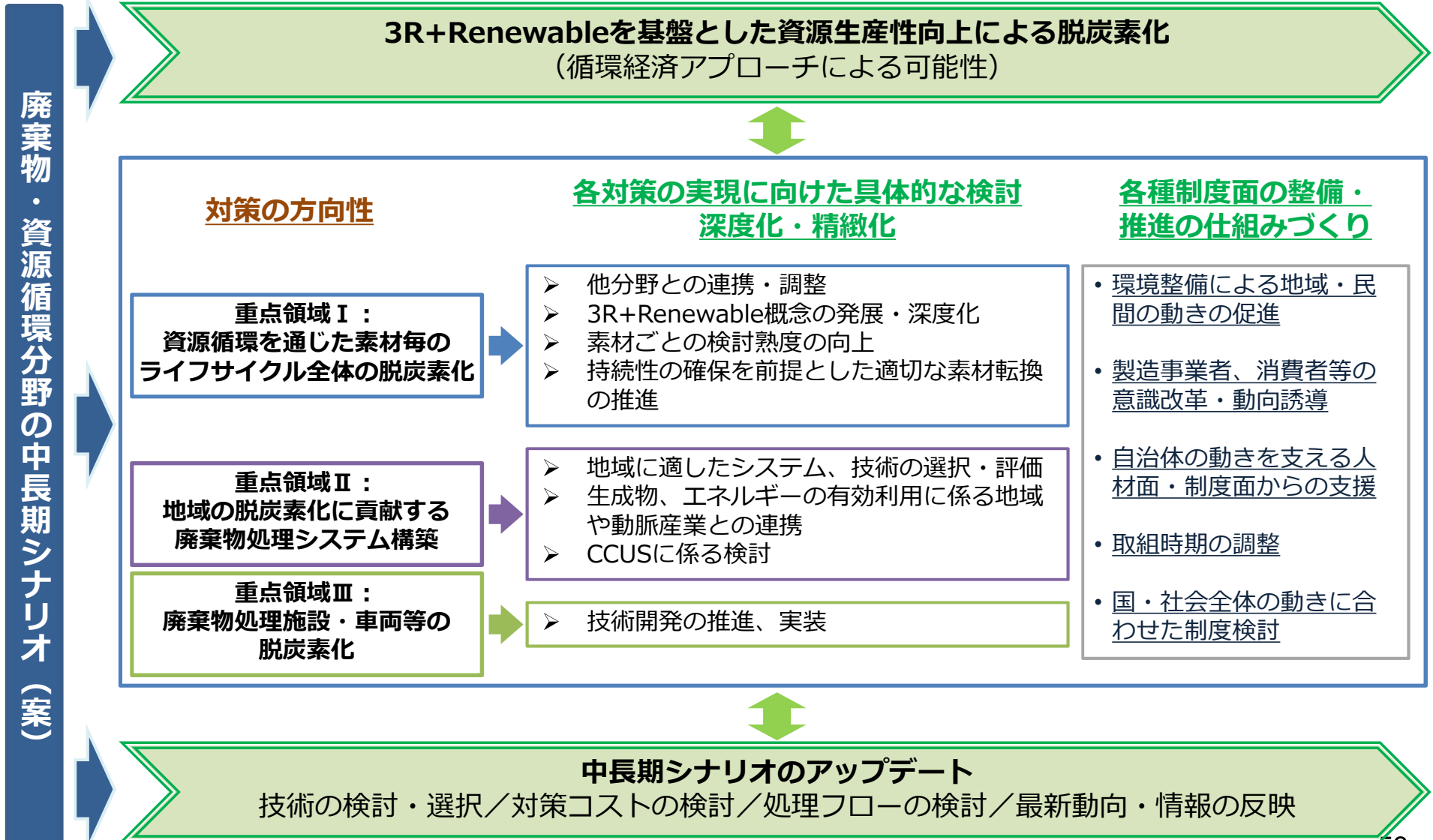
- 本分野の最大のGHG排出を占める廃プラスチック対策については、MR・循環型CRの進展や原料への収率の向上、バイオマスプラスチックへの転換に注力する必要がある。また、廃油については、先行する諸外国に倣った廃潤滑油・廃溶剤等のMRの実施に向け、新たに取組を進めていく必要がある。紙おむつ・合成繊維くずについては、MRの可能性を模索しつつ、素材のバイオマス化も主眼に置いた対策を進めていく必要がある。いずれも現状の技術水準に加えて、GHG削減技術の野心的なイノベーションが求められる。また、これらの新たな技術に対応した廃棄物回収・処理システムの対応も求められる。
- 長期間使用される廃棄物処理施設は、2050年時点のエネルギー使用量を削減し、特に燃料の燃焼をできるだけ回避するためにも、早期から脱炭素型の施設整備(更新)を進めていくことが有効である。廃棄物・資源循環分野からのGHG排出量の大幅な削減を目指すシナリオでは、廃プラスチック等の3Rの大幅進展により処理される廃棄物の単位発熱量低下が見込まれることから、し尿処理施設との統合処理も含めメタン発酵等の導入必要性が高まると同時に、処理施設の集約化を進めることなどによりエネルギー収支を向上することが期待できる。なお、これらの取組は、例えば2040年以降の新たな焼却施設の整備量にも関係することに留意が必要である。
- 廃棄物処理施設や収集運搬車両(EV)で使用する電気については、再生可能エネルギーの導入が進み、CO₂排出係数がゼロになると仮定しており、本分野でもGHG削減に大きく貢献しているが、廃棄物処理施設から回収されたエネルギーの削減効果にも影響するため、実質排出ゼロに向けた状況等を注視していく必要がある。また、バイオマス燃料の調達可能性等についても十分に留意していく必要がある。

2050年CN・脱炭素社会の実現に向けて廃棄物・資源循環分野が果たす役割

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



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



3R+Renewableを基盤とした資源生産性向上による脱炭素化

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

参考：循環経済によるGHG削減効果のEUを対象とした試算例

Figure 155: EUの循環経済による排出削減ポテンシャル

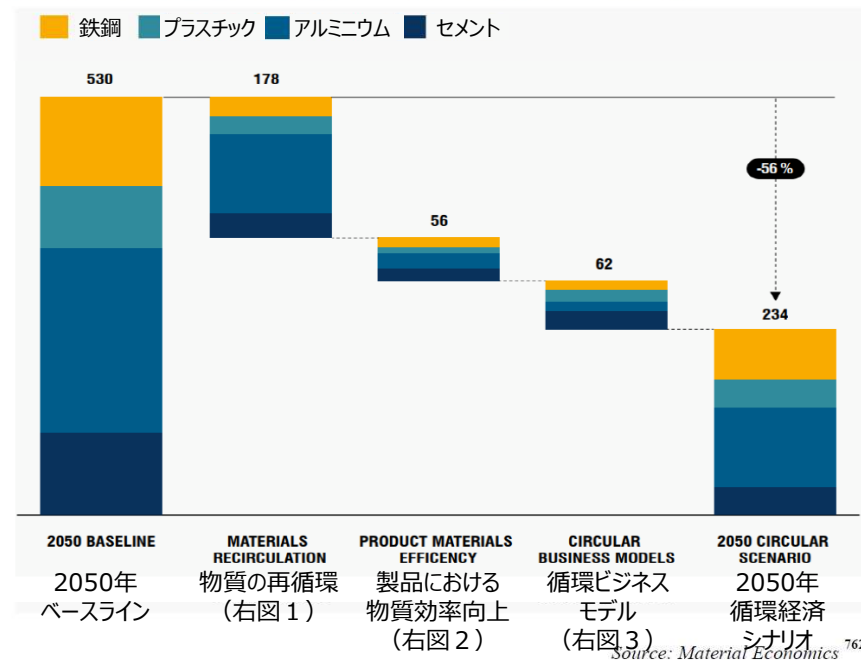


Exhibit 1.8
GHG排出量削減に向けた、物質・製品の有効活用による
3つの循環経済戦略



出典: 左図 European Commission (2018) IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION, p.379をPCKK仮訳
右図 Material Economics (2018) The Circular Economy –A Powerful Force for Climate Mitigation, p. 24 (Exhibit 1.8)をPCKK仮訳

【技術の検討・選択】

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

【対策コストの検討】

- コストパフォーマンスに重点を置いた試算など、**対策コストに係る検討**。

【処理システム・フローの検討】

- 3R+Renewableが一定程度進んだ後に必要となる廃棄物処理施設等、**廃棄物処理システム全体の検討**。
- 削減しきれず**残余排出として残るものや排出源の特定**、中でも有害物質の制御など量的には大きくはないが廃棄物の適正処分の観点で重要なものの位置付けの整理。また、不燃ごみや処理残渣の埋立等のフローについての対策を含めた検討。

【最新動向・情報の反映】

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

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

【他分野との連携・調整】

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

【3R+Renewable概念の発展・深度化】

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

【素材ごとの検討熟度の向上】

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

【持続性の確保を前提とした適切な素材転換の推進】

- バイオマス原料など素材転換に必要な供給元の確保、適切な素材転換の促進。

「地域の脱炭素化に貢献する廃棄物処理システム構築」に向けた具体的な検討

【地域に適したシステム、技術の選択・評価】

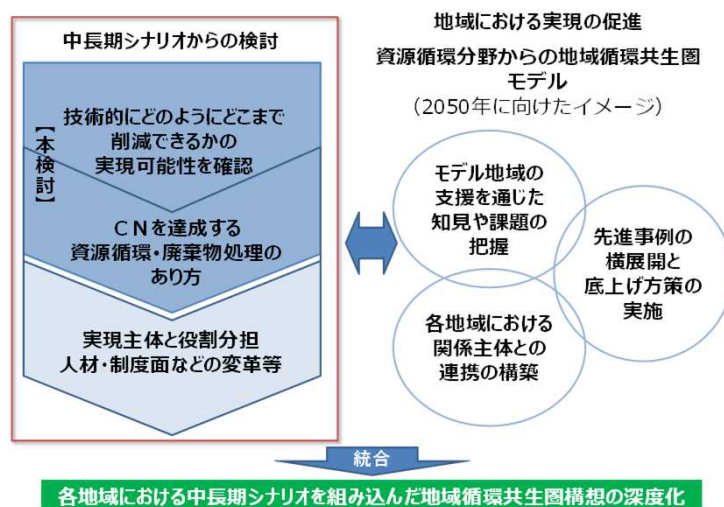
- 個々のプロセス以外に、地域システムとしての効率性評価の検討や、先進的な地域システムの評価及び活用。
- 地域循環共生圏・ローカルSDGsやスケール感を踏まえた地域に適した技術の選択。

【生成物、エネルギーの有効利用に係る地域や動脈産業との連携】

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

【CCUSに係る検討】

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



出典: 中央環境審議会循環型社会部会(第37回)資料1

各種制度面の整備・推進の仕組みづくり

【国・社会全体の動きに合わせた制度検討】

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

【環境整備による地域・民間の動きの促進】

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

【製造事業者、消費者等の意識変革・動向誘導】

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

【自治体、廃棄物処理業者を支える人材面・制度面からの支援】

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

【取組時期の調整】

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