

「廃棄物・資源循環分野におけるカーボン ニュートラル実現」プロジェクトの 研究開発・社会実装の方向性

2023年3月

環境省 環境再生・資源循環局

廃棄物適正処理推進課

目次

□ CN型炭素循環プラントの位置づけと研究開発の方向性

□ 廃棄物処理プラントに係る国内外の市場概況

□ プロジェクト①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発

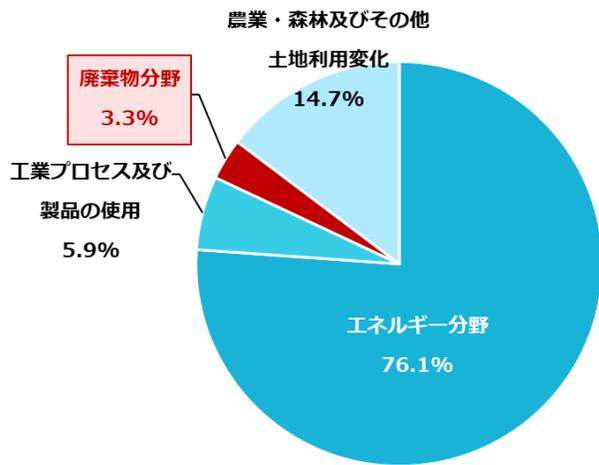
□ プロジェクト②：高効率熱分解処理施設の大規模実証

□ プロジェクト③：高効率なバイオメタン等転換技術の開発

□ プロジェクトの進捗管理、社会実装に向けた取組

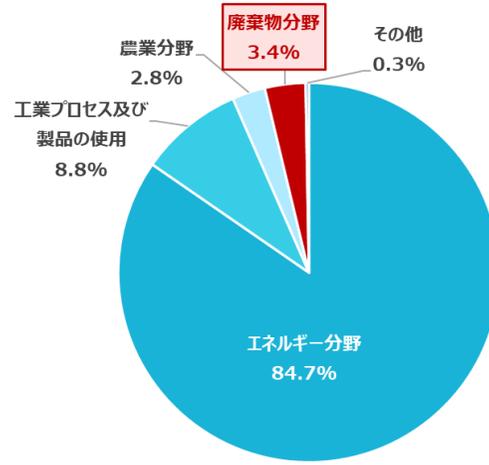
廃棄物分野からのGHG排出の現状（日本・世界）

- 廃棄物分野は、日本では約40,000kt-CO₂、世界では約1,600,000kt-CO₂と、GHGを排出する主要な分野のひとつ。日本では、エネルギー分野、工業プロセス及び製品の使用に次ぐ第3の分野。
- 廃棄物・資源循環は各産業共通の基盤的な分野であり、産業全体の脱炭素化のためには同分野の脱炭素化が必須。日本・世界ともに、エネルギー分野等の他分野と同時並行で、廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラルのためのイノベーションを実現しなければならない。
- また、同分野から他分野への資源循環を行うことで、産業や社会全体のCO₂排出削減にも貢献。



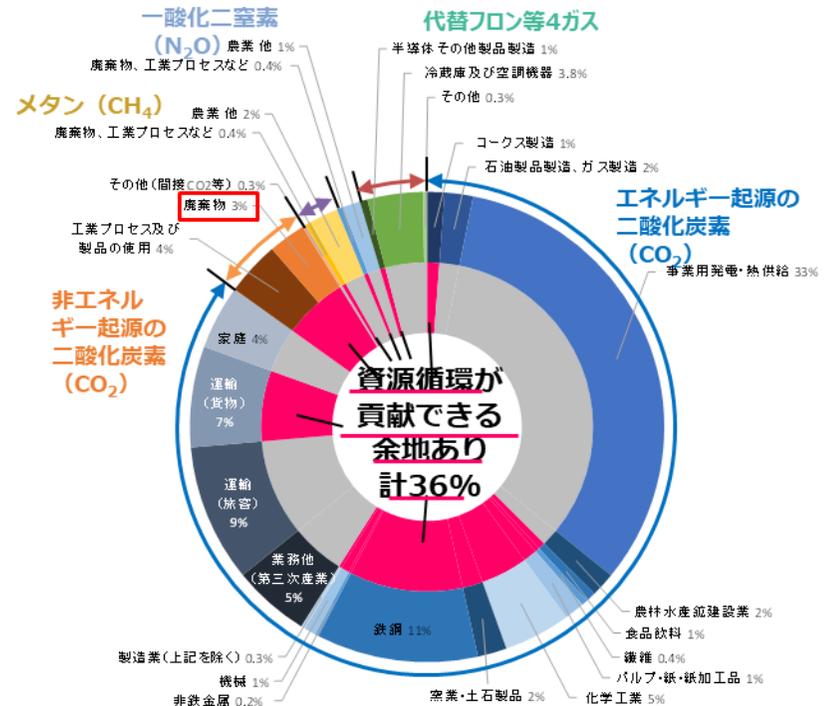
世界の分野別GHG排出量の主な割合（2018年）

出典：WORLD RESOURCES INSTITUTE, World Greenhouse Gas Emissions:2018 (2021年10月)をもとに作図



日本の分野別GHG排出量の主な割合（2020年度）

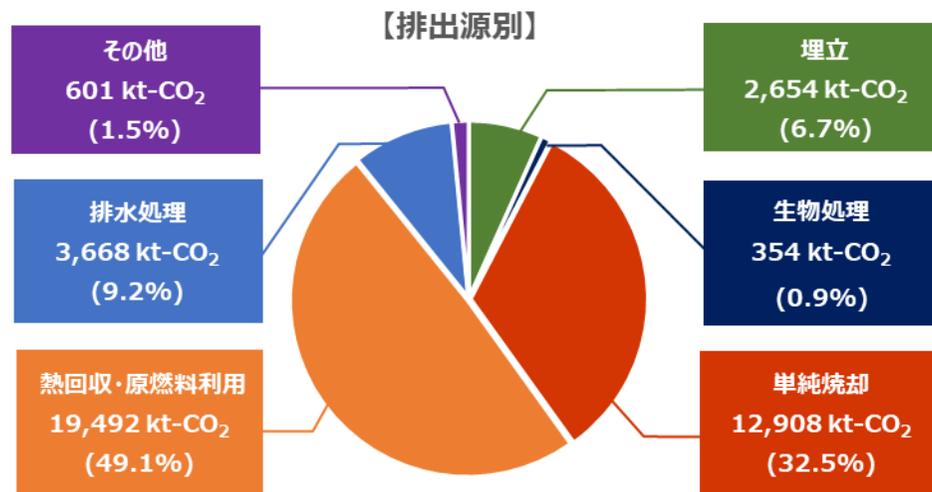
出典：（国研）国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス, 日本の温室効果ガス排出量データ（2020年度）確報値（2022年4月15日）をもとに作図



出典：中央環境審議会循環型社会部会（第43回）参考資料3に一部追記

カーボンニュートラルに向けた廃棄物処理の状況（日本）

- 日本の廃棄物分野のGHG排出のうち、廃棄物の焼却等（単純焼却及び熱回収・原燃料利用）に伴うものが約8割を占める。
- 一方、日本は国土が狭く、最終処分場（埋立地）の残余容量確保のためには減量化が必要であることや、有機性廃棄物の直接埋立に伴うメタン発生を防ぐため、焼却等の処理は重要。加えて、感染性や有害性の廃棄物の処理のため、衛生面からも最小限の熱処理は避けらず、将来的にも焼却等をゼロにすることは困難。
- そのため、本分野からの排出を実質ゼロ化するためには、CO₂を大気に排出する従来型の焼却等に代替するカーボンニュートラル型の処理への移行が必要不可欠と考えられる。



有機性廃棄物を埋立した場合に発生するメタンは、温室効果がCO₂の25倍大きい。



現状では、CO₂を大気に放出する焼却等（単純焼却及び熱回収・原燃料利用）によるGHGが中心。

我が国における廃棄物分野の排出源別GHG排出内訳（2020年度）

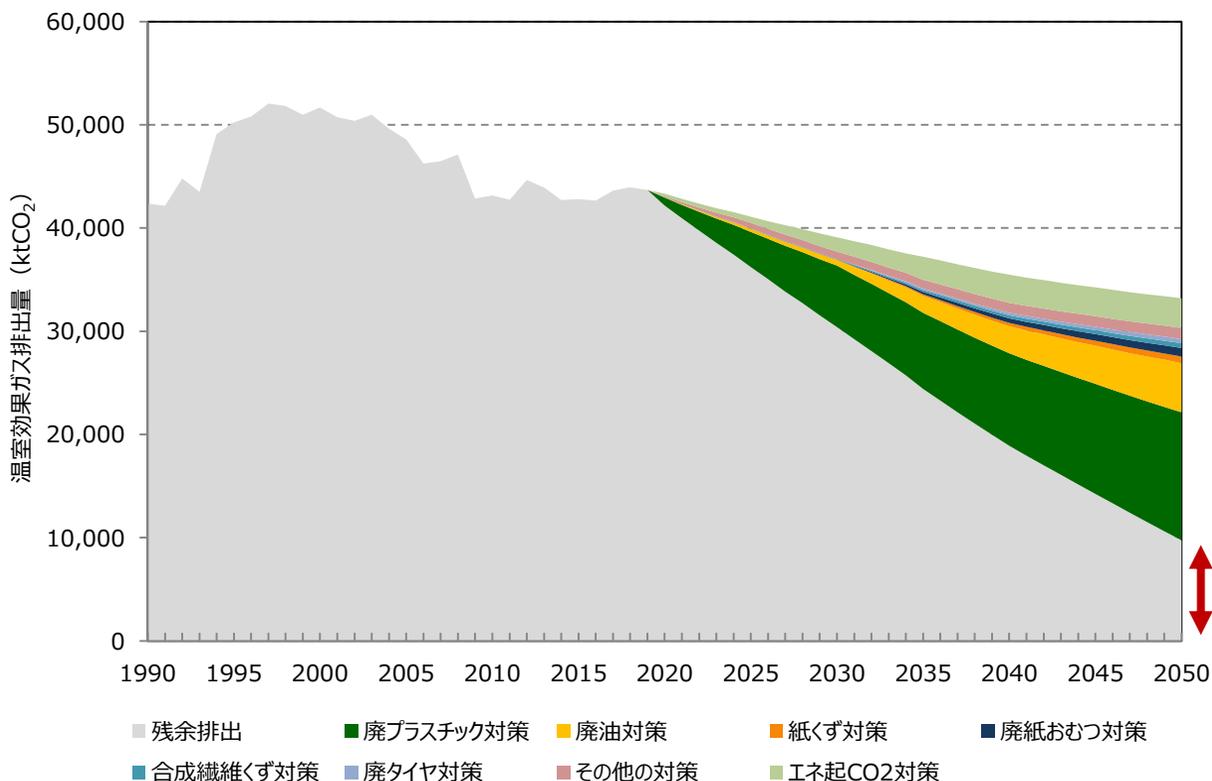
熱回収・原燃料利用：GHG排出原因活動としての

- ①エネルギー回収（熱回収）を伴う廃棄物の焼却、
- ②廃棄物の原燃料としての利用（循環型以外のケミカルサイクル等）、
- ③廃棄物を原料として製造された燃料の使用（RDF・RPF・再生重油等）のこと。

参考：2050年に向けて必要となる技術

- 2050カーボンニュートラルに向けて、3Rの強化や素材のバイオマス化等を最大限進めるとしても、衛生面から不可避となる焼却処理等には、温室効果ガス(GHG)の大気放出を最小限にする**カーボンニュートラル型の技術を活用する必要がある**。

3Rが大幅に進展したシナリオでのGHG削減効果試算結果



試算条件抜粋

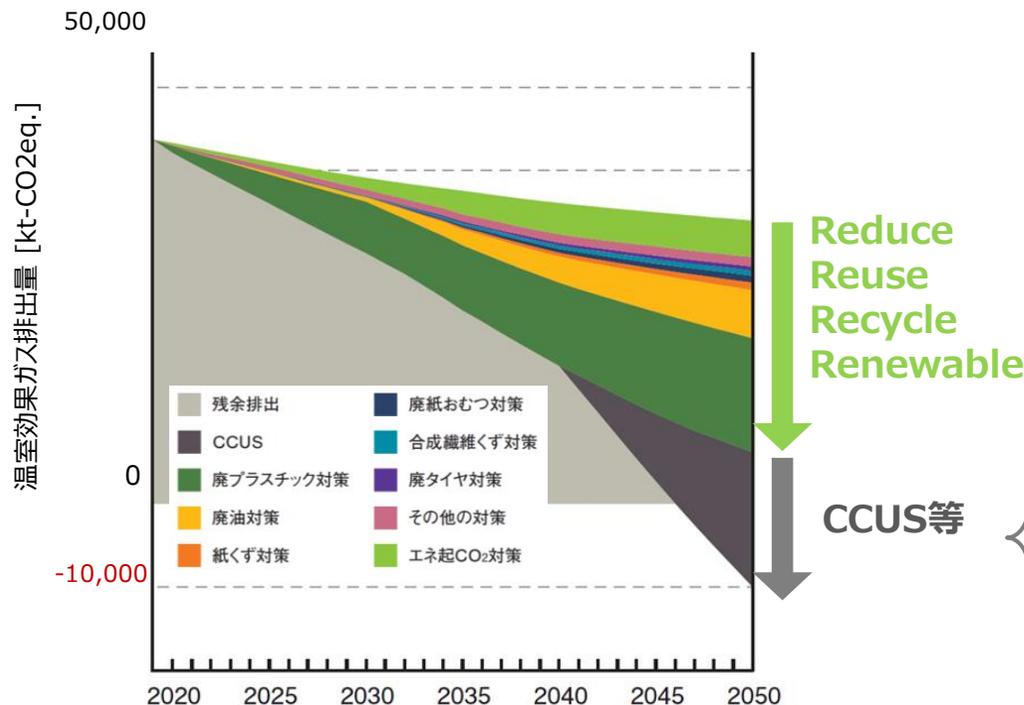
- ・廃プラスチック類のケミカルリサイクル収率向上(2050年90%)
- ・バイオマスプラスチック導入(2050年250万トン)
- ・廃プラスチック類(2050年25%発生抑制)
- ・焼却されている廃油の材料リサイクル(2050年50%)
- ・焼却せざるを得ない油のバイオマス化(2050年10万トン)
- ・紙くずの材料リサイクル(2050年75%)
- ・廃紙おむつの材料リサイクル(2050年20%)
- ・合成繊維くずの材料リサイクル(2050年30%)
- ・合成繊維くずのケミカルリサイクル(2050年20%)
- ・廃タイヤのケミカルリサイクル(2050年20%)
- ・廃タイヤのリトレッド化(2050年20%)

このままでは、廃棄物焼却施設等からの、**焼却・原燃料利用に伴うCO₂放出等**が残る。

⇒ **カーボンニュートラル型の技術が必要**

参考：国内の他分野への貢献

- 現状では、ごみ焼却施設の廃棄物発電により、**約238万世帯分**に相当する電力を供給している。
- 廃棄物処理施設へのCCUSの導入等によって、廃棄物・資源循環分野におけるGHG排出マイナスを実現すると、**廃棄物中のバイオマス由来炭素から製造したカーボンフリー燃料や原料を、エネルギー分野や化学品製造分野等の他分野へ供給**することを通じて、当分野のGHG排出量削減への寄与のみならず、他分野においてもさらなるGHG削減効果がもたらされる。



■ 熱処理（焼却・熱分解）

石油起源：約2,000 kt-CO₂

バイオマス起源：約14,000 kt-CO₂

■ メタン発酵

バイオマス起源：約850 kt-CO₂相当

（一般廃棄物（ごみ）の分のみを計上。より多量の可能性がある家畜ふん尿や下水汚泥のポテンシャルは計上していない。）

バイオマス起源のCO₂全量を循環利用する場合に期待される他分野での削減効果を、概算で廃棄物からのバイオマス由来炭素（収率非考慮）とすると、**約14,000 kt-CO₂**（=エネルギー起源CO₂排出量のうち約1.4%の貢献）

⇒ **国内航空又は国内船舶のカーボンニュートラル化に必要な規模と同等のGHG削減効果**

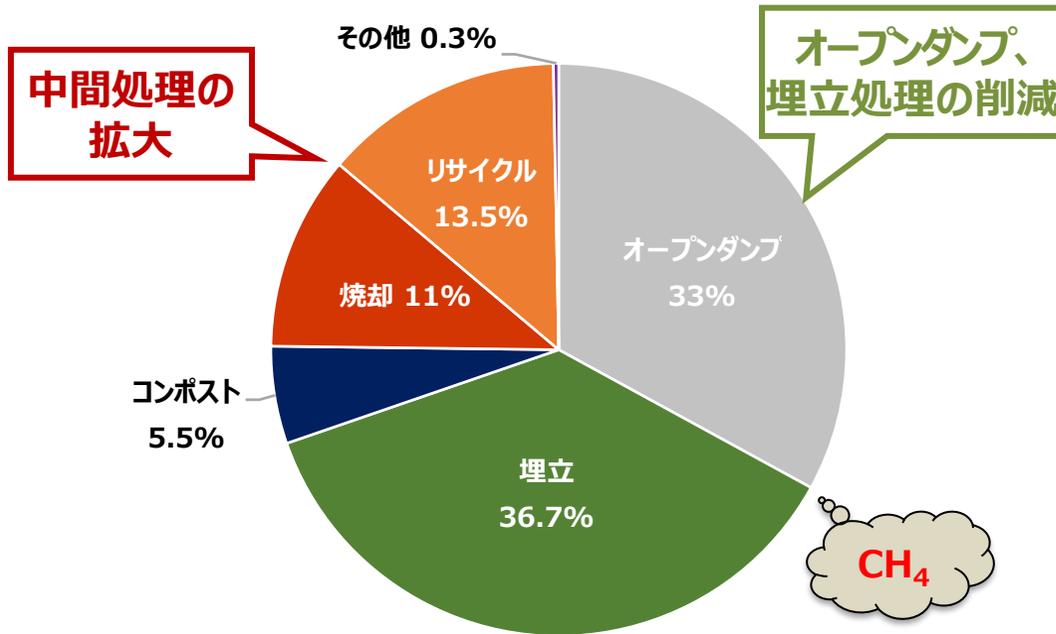
【参考】

- ・ 運輸部門のCO₂排出量（2019年度）
（国内航空）…約10,000 kt-CO₂
（国内船舶）…約10,000 kt-CO₂

（出典：日本国温室効果ガスインベントリ報告書）

カーボンニュートラルに向けた廃棄物処理の状況（世界）

- 国際的には、未だ廃棄物処理を処分場への埋立に頼る割合が大きい。特に新興国を中心に、処分場以外の道路、空地、水路などへそのまま投棄（オープンダンプ）されている割合も高く、**大量のメタンが発生している点が課題となっている。**
- 世界全体では廃棄物分野からのGHG排出は経年的に増加しており、衛生処理や最終処分場確保の観点、さらには最終処分場からのメタンガス発生抑制の観点から、欧州、アジアを中心として、**オープンダンプ・埋立処理を削減するために、カーボンニュートラル型の中間処理技術に対して世界的なニーズが高まっている。**



国際情勢) Global Methane Pledge

2021年11月のCOP26において、世界のメタンの排出量を2030年までに2020年比30%削減することを目指す「**グローバル・メタン・プレッジ**」が発足した。米国と欧州連合が主導するイニシアティブで、日本を含め、100を超える国と地域が参加を表明している。

メタン削減のフロントランナーである我が国に対しては、特に、**国内でメタンの排出削減に成功した取組を優良事例として各国に共有する**等のイニシアティブが期待されている。

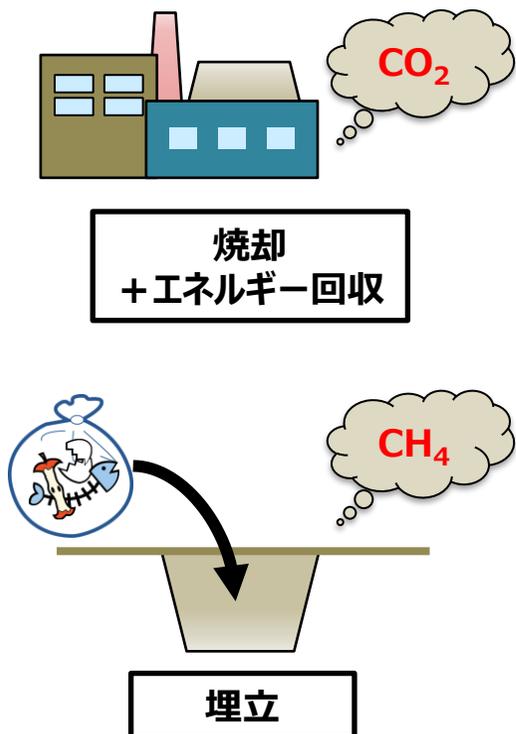
有機性廃棄物を埋立した場合に発生する**メタンは、温室効果がCO₂の25倍大きい。**

出典：世界銀行(2018)「What a Waste 2.0：2050年に向けた世界の廃棄物管理の現状と展望」データより作成

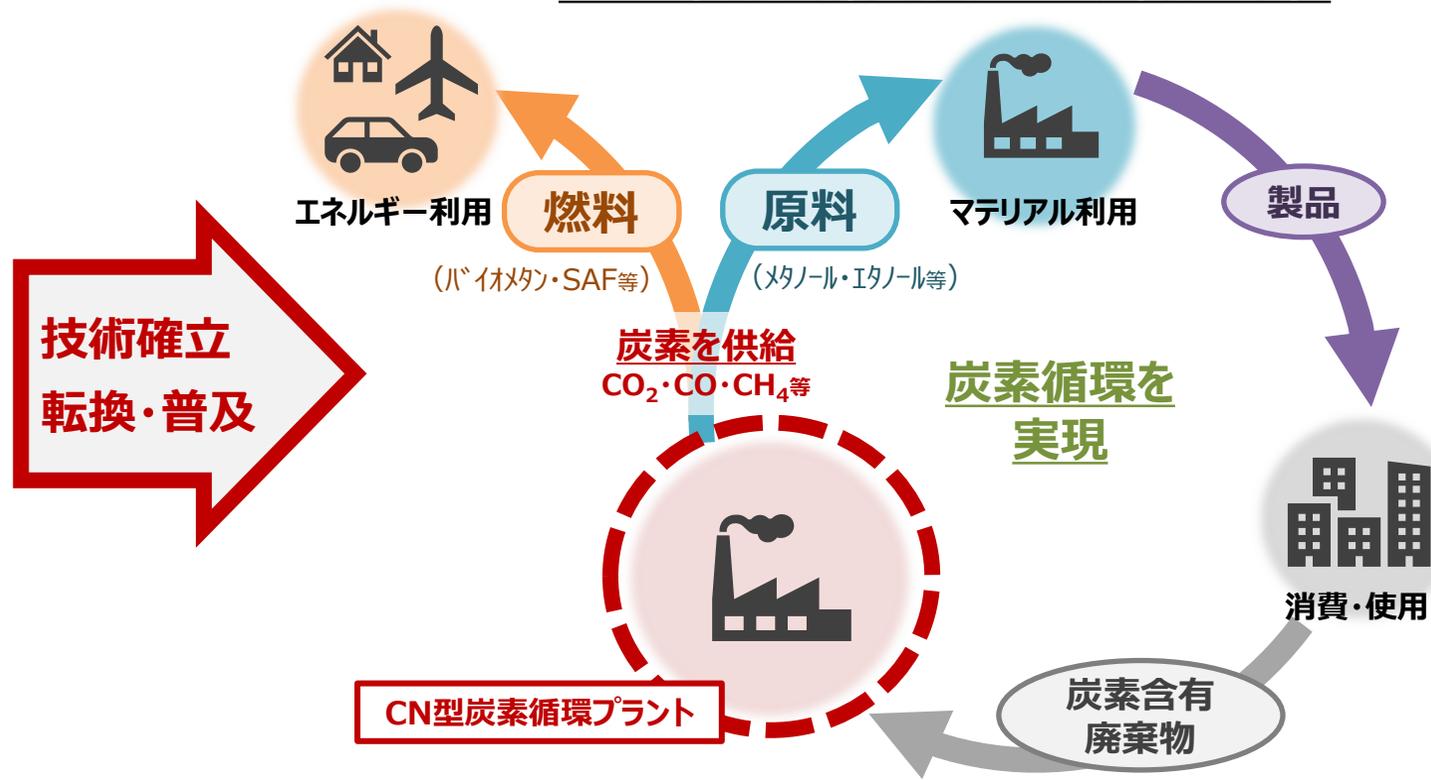
カーボンニュートラルの実現に向けた廃棄物処理システムの方向性

- プラスチック等の焼却によるCO₂や有機性廃棄物の埋立処分によるメタン(CH₄)等のGHGの大気放出を最小化し、廃棄物中の炭素を安定的・効率的に回収してGHG排出実質ゼロを目指すとともに、バイオマス由来炭素を資源として産業に循環・供給するカーボンニュートラル型（CN型）炭素循環プラントへの転換
- 国内では、地域特性に合わせ、広域・集約型の処理と、局所最適のサイズや廃棄物の種類に合わせた方法による分散型の処理が相補的に機能する、安定的・効率的でバランスの取れた処理システムの構築
- 国際的には、各国のニーズを踏まえた全方位的な技術開発を進めることで、我が国が既に得ている市場の維持・拡大と新市場の開拓を並行して進め、国際的な脱炭素化に貢献しつつ経済効果を獲得

従来の廃棄物処理システム



2050年の廃棄物処理システム（イメージ）



本プロジェクトにおける研究開発項目

- 廃棄物は地域、季節、天候によっても性状（成分、熱量、含水率等）が大きく異なり、多様な廃棄物の熱処理は短時間で変動して排ガス量・性状が常に変化するため、安定的・効率的に炭素回収・利用することが難しい。
- 地域特性に合わせ、広域・集約型の処理と、局所最適のサイズや廃棄物の種類に合わせた方法による分散型の処理が相補的に機能する、安定的・効率的でバランスの取れた処理システムの構築が必要。
- 従来の焼却等処理に代替するカーボンニュートラル型の廃棄物処理施設・付帯設備を開発する。

① CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発

- ・既設の焼却施設への後付けや基幹改良における設備導入も可能
※廃棄物の処理では、投入する廃棄物が雑多で極めて不均質であり、量や組成・成分の変動が大きく、分離回収を阻害する微量成分も含有することから、他分野のCCU技術をそのまま適用することはできない

② 高効率熱分解処理施設の大規模実証

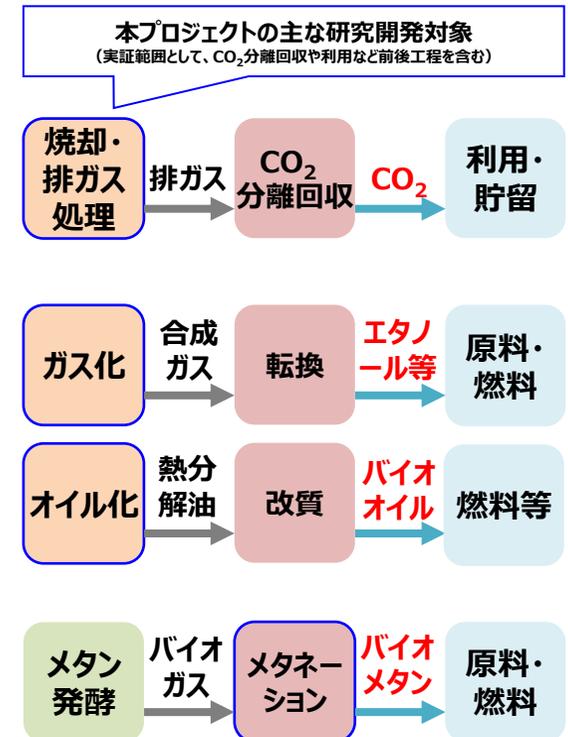
（合成ガス・熱分解油等を直接生成可能な熱分解処理）

- ・CO₂分離回収を経ず、廃棄物処理プロセスと一体的に原料・燃料を作り出すことができ、外部からの水素供給が不要

③ 高効率なバイオメタン等転換技術の開発

（メタン発酵バイオガスの直接メタネーション技術）

- ・小規模、低コストで分散型の処理を実施可能
- ・既設のメタン発酵施設への後付けや基幹改良における設備導入も可能
- ・CO₂分離回収を経ず、廃棄物処理プロセスと一体的に原料・燃料を作り出すことが可能

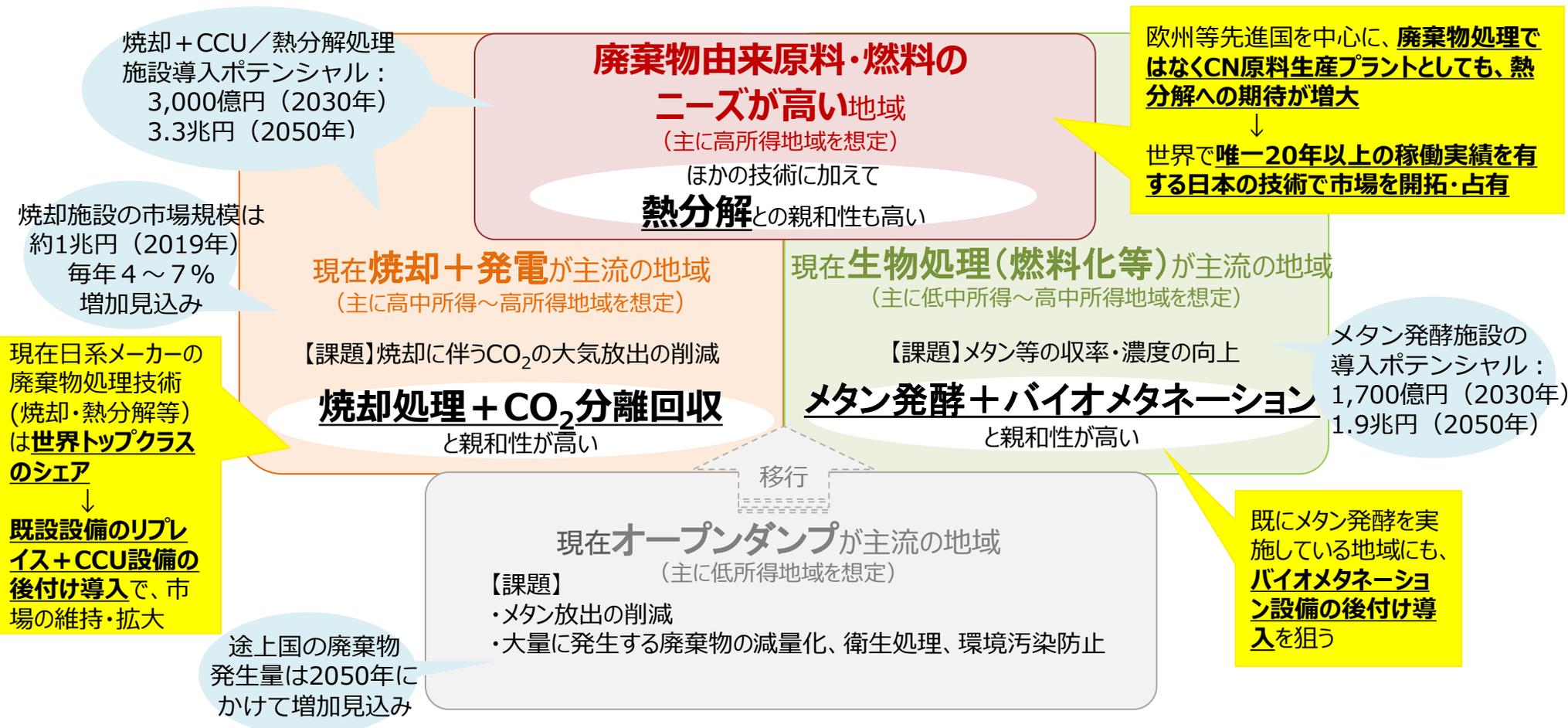


熱処理

生物処理

廃棄物処理プラントの国際マーケットとニーズ

- 各地域の廃棄物処理の方式、産業、規模等によって技術ニーズが異なる。
- 本プロジェクトでは、多様なニーズに合わせて**全方位的な技術開発**を行うことで、**複数方式のコンバインドも含む柔軟なメニュー展開**を強みとして、**廃棄物・資源循環産業の世界的マーケット全体の獲得**を狙う。



アジア等の水分含有過多な廃棄物が多い地域や、市街地と農村部の中間地域などに対しても、
「焼却 + CCU」と「メタン発酵 + バイオメタネーション」のコンバインドなど、**組み合わせによる多様なメニュー展開が可能**

2050年に向けたCN型炭素循環プラントの導入拡大イメージ

全方位的な技術開発による包括的な市場展開により
国内CN達成 + 産業全体でのGHG削減
経済波及効果 5兆円超

フェーズ3
 国内・先進国で市場を維持・拡大

フェーズ3
 拡大するアジア等新興市場
 に展開

フェーズ2
 主に国内・先進国に展開

フェーズ1
 GIで技術開発・実証

炭素価値の上昇
 水素価格の更なる低下
 SAF等の原料ニーズの一層の拡大

フェーズ3	フェーズ2の時点では非CN型プラントを選択していた国内のプラント設置者にも導入を進め、新興市場も開拓していく。廃棄物由来原料の市場を確立し、国際的なシェアを獲得していく。
フェーズ2	グリーンイノベーション基金の大規模実証を前例として、脱炭素化に取り組む複数市町村等で導入を進め、先進国の市場、SAF市場等に参入していく。
フェーズ1	グリーンイノベーション基金において、要素技術開発から大規模実証まで実施し、炭素循環プラントの商用化技術を確立する。

2030 2040 2050

参考：カーボンニュートラルに向けた廃棄物・資源循環政策の対策

- 令和3年8月5日に開催された第38回中央環境審議会循環型社会部会では、「**廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ(案)**」において、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削減対策の実施に当たっての基本的な考え方を整理し、政府・地方自治体・民間企業等が取り組むべき方向性を提示した。
- そのなかで、**廃棄物の処理を通じて地域のGHG削減に貢献するポテンシャルの大きい方策・技術として「有機性廃棄物対策」「CCUS」**等が挙げられている。これらを進めるための技術について、本プロジェクトによる社会実装モデルの創出を目指す。（技術要素としては、他重点対策領域の要素も含まれる。）

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

非エネルギー起源GHG排出量が多い素材群に着目

- ・廃プラスチック
- ・廃油
- ・その他、紙・繊維等

他事業等

例：バイオマスプラスチックの開発・普及

重点対策領域Ⅱ

地域の脱炭素化に貢献する**廃棄物処理システム**構築

廃棄物の処理を通じて地域のGHG削減に貢献するポテンシャルの大きい方策・技術に着目

- ・**有機性廃棄物対策**
- ・**廃棄物エネルギー利活用高度化**
- ・**CCUS**

(本プロジェクト) CN型炭素循環プラント

重点対策領域Ⅲ

廃棄物処理施設・車両等の脱炭素化

施設等からの排出の早期かつ着実な削減が必要であることに着目

- ・省エネ化
- ・電化
- ・バイオマスエネルギー利用

他事業等

例：収集運搬車のEV化

参考：廃棄物由来バイオガス・バイオメタンの現状

- バイオガスの原料として、有機性廃棄物（産業廃棄物を含む都市固形廃棄物のうち有機性廃棄物、家畜糞尿、下水汚泥）が有力である。

◆各国のバイオガス生産量とその原料

- 欧州：バイオガスの最大の生産地

特にドイツは欧州のバイオガスプラントの2/3を占めている（エネルギー作物中心、最近は農作物残渣や家畜排泄物、埋立地からのメタンの回収などに政策がシフト）

- 中国：農村部における家庭規模の消化装置の設置を政策的に支援（バイオガス容量の70%を占める）

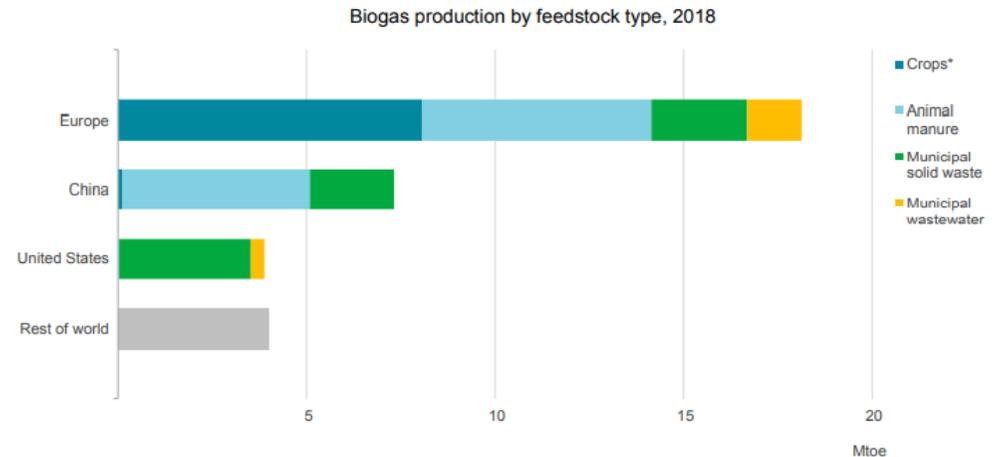
近年では、コジェネレーション支援やバイオガスの工業化、バイオメタンへの純化、運輸部門でのバイオメタン利用支援など

- 米国：埋立地のガス回収が主（生産量の90%）

近年では、農業廃棄物の利用への関心も高まっている（USDA, 2016）

州と政府の支援を受けて、運輸部門でのバイオメタンの利用においても世界をリード

Biogas: Most production today comes from crops and animal manure

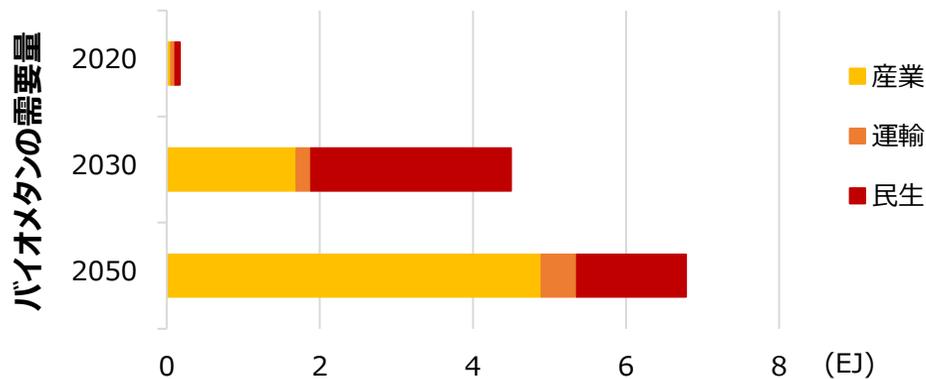


* Crops include energy crops, crop residues and sequential crops.
Note: 1 Mtoe = 11.63 terawatt-hours (TWh) = 41.9 petajoules (PJ).

出典：IEA(2020) Outlook for biogas and biomethane, p.16

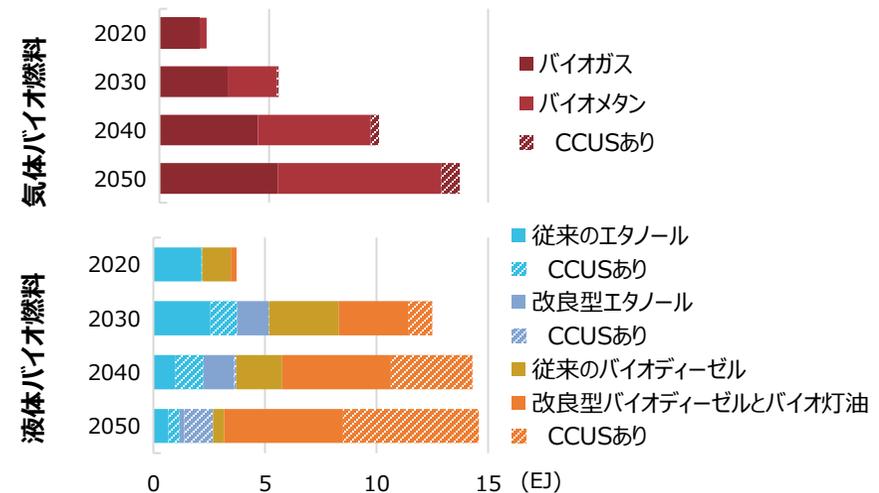
参考：バイオメタン・液体バイオ燃料等の今後の可能性

- IEA NetZeroシナリオ (2021)では、2050年ゼロエミッション達成に向けて、バイオメタンの需要量が増加すると想定されている。(バイオメタンは、バイオマス由来のメタンであり、メタン発酵により発生するバイオガス等から製造される。)
- また、現在はバイオガスをそのまま使用する比率が高いが、将来はバイオメタンへの転換量が増加すると想定されている。
- 同様に液体バイオ燃料も大幅な増加が想定されている。その製造経路の一部としては固体バイオマスの熱分解ガスからの製造法も含まれる。



世界のセクター別バイオメタンの需要量
(IEA Net Zero Emissions by 2050 Scenario)

(出典) <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
(2022年10月)より作成

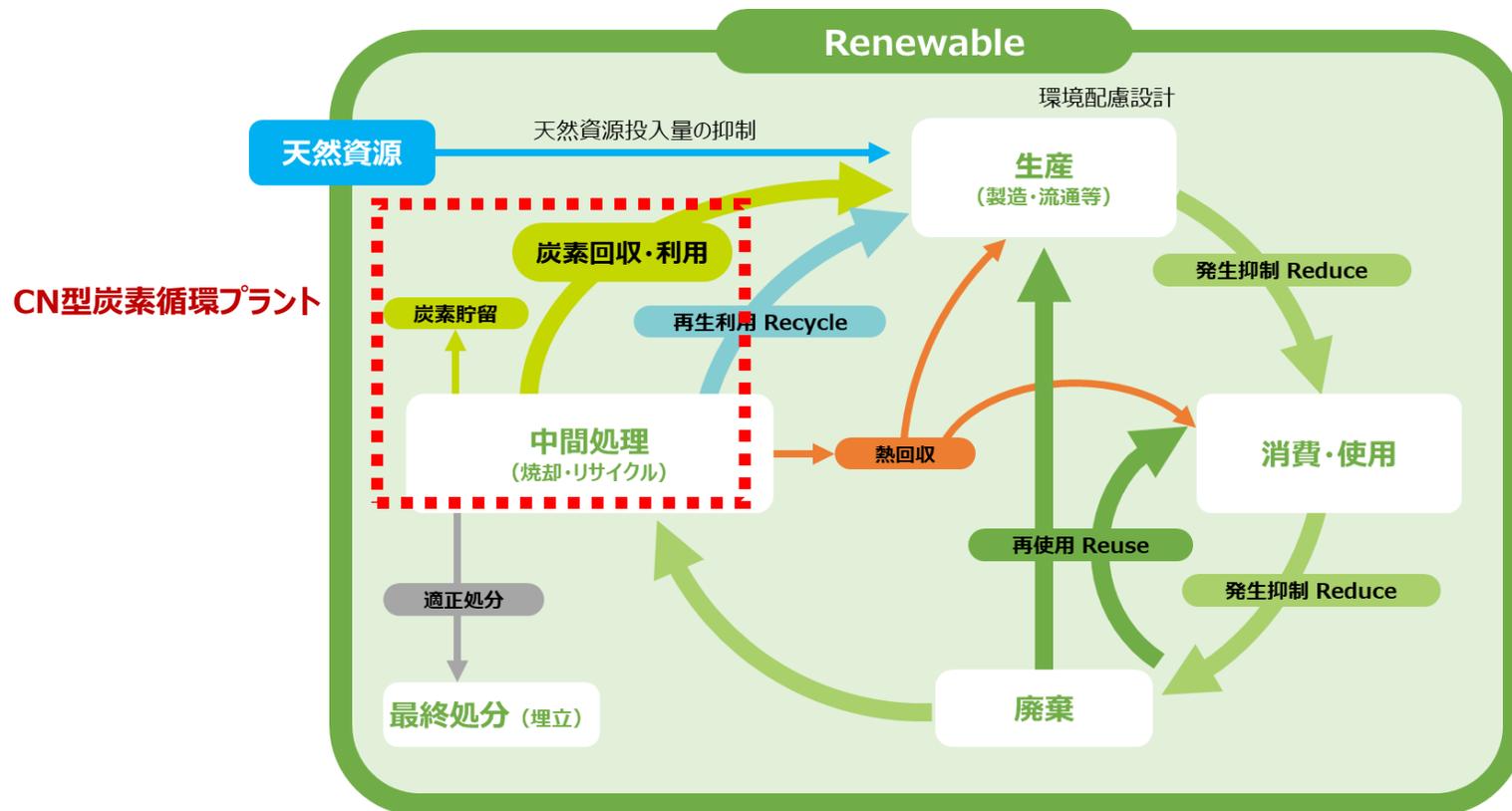


世界のバイオ燃料生産量の種類と技術別内訳
(IEA Net Zero Emissions by 2050 Scenario)

(出典) <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
(2021年5月)を仮訳

参考：循環型社会におけるCN型炭素循環プラントの位置づけ

- リサイクルを行う場合、通常、その度に品質の劣化が起こる。このため、これまで、無理に元の製品から同じ製品にリサイクルせずに、品質劣化に応じて、より品質の悪い原材料でも許容できる製品へと、段階的なりサイクル（カスケード利用）を行う場合もある。
（例：紙について、コピー用紙、新聞紙、段ボールへと段階的に利用する等）
- これからは、**CN型炭素循環プラントにより炭素をリサイクルすることで、価値を損なわず、質が同等以上に上がっていく高度なりサイクル**を行うとともに、**CO₂やメタンの排出削減**を行っていく。
（例：生ごみを熱分解して、精製したエタノールを化学原料とする、バイオガスを都市ガスに利用する等）



目次

□ CN型炭素循環プラントの位置づけと研究開発の方向性

□ 廃棄物処理プラントに係る国内外の市場概況

□ プロジェクト①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発

□ プロジェクト②：高効率熱分解処理施設の大規模実証

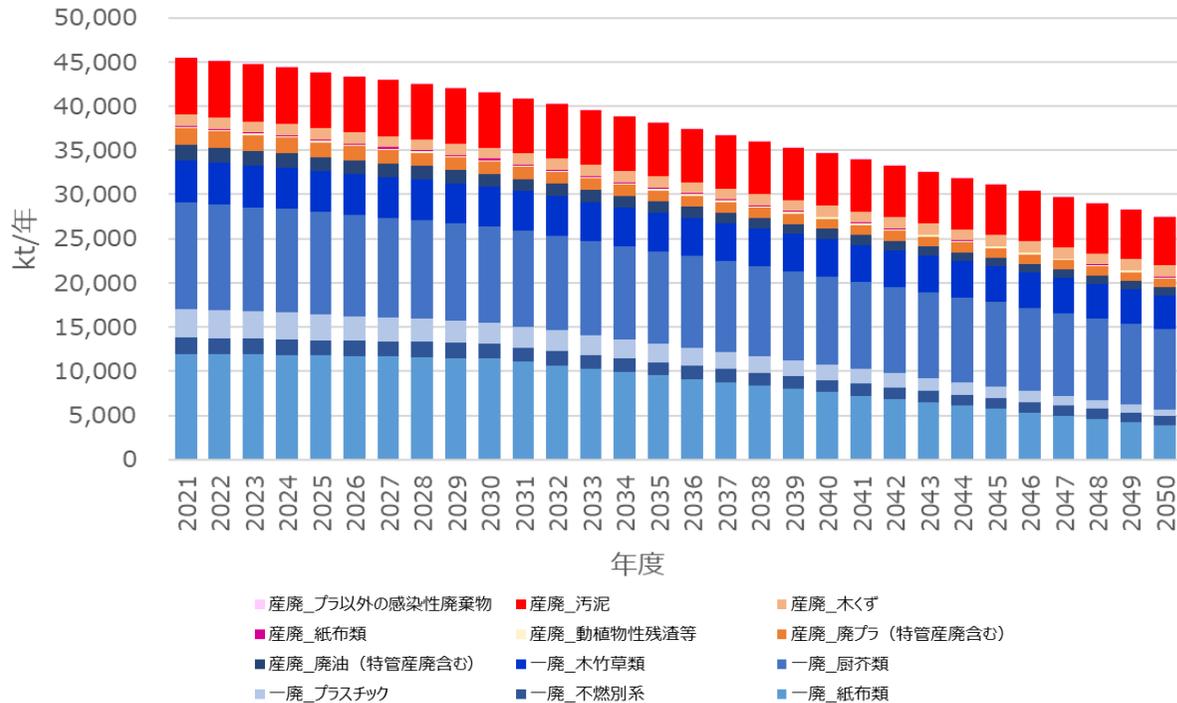
□ プロジェクト③：高効率なバイオメタン等転換技術の開発

□ プロジェクトの進捗管理、社会実装に向けた取組

廃棄物処理プラント市場の見通し（日本）

- 廃棄物処理プラント（焼却＋メタン発酵）の市場は3～5千億円規模。
- 今後の大幅な3Rの進展を考慮した場合でも、2050年時点で約2,900万tの熱処理（焼却・熱分解）・メタン発酵等による処理が引き続き必要となる。

廃棄物処理量（焼却＋メタン発酵）の見通し
（大幅な3R進展ケース）



出典：「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)」
第38回中央環境審議会循環型社会部会（令和3年8月5日）より作成

処理量を踏まえた国内市場規模（推計）

※廃棄物処理プラント（熱処理＋メタン発酵）
2030年：約3千億円～5千億円
2050年：約2千億円～3千億円

産業廃棄物

事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、廃プラスチック類・廃油などの廃棄物。
排出事業者の処理責任に基づき、民間事業者により処理される。

一般廃棄物

家庭ごみ等、産業廃棄物以外の廃棄物。
市町村の統括的処理責任に基づき処理される。

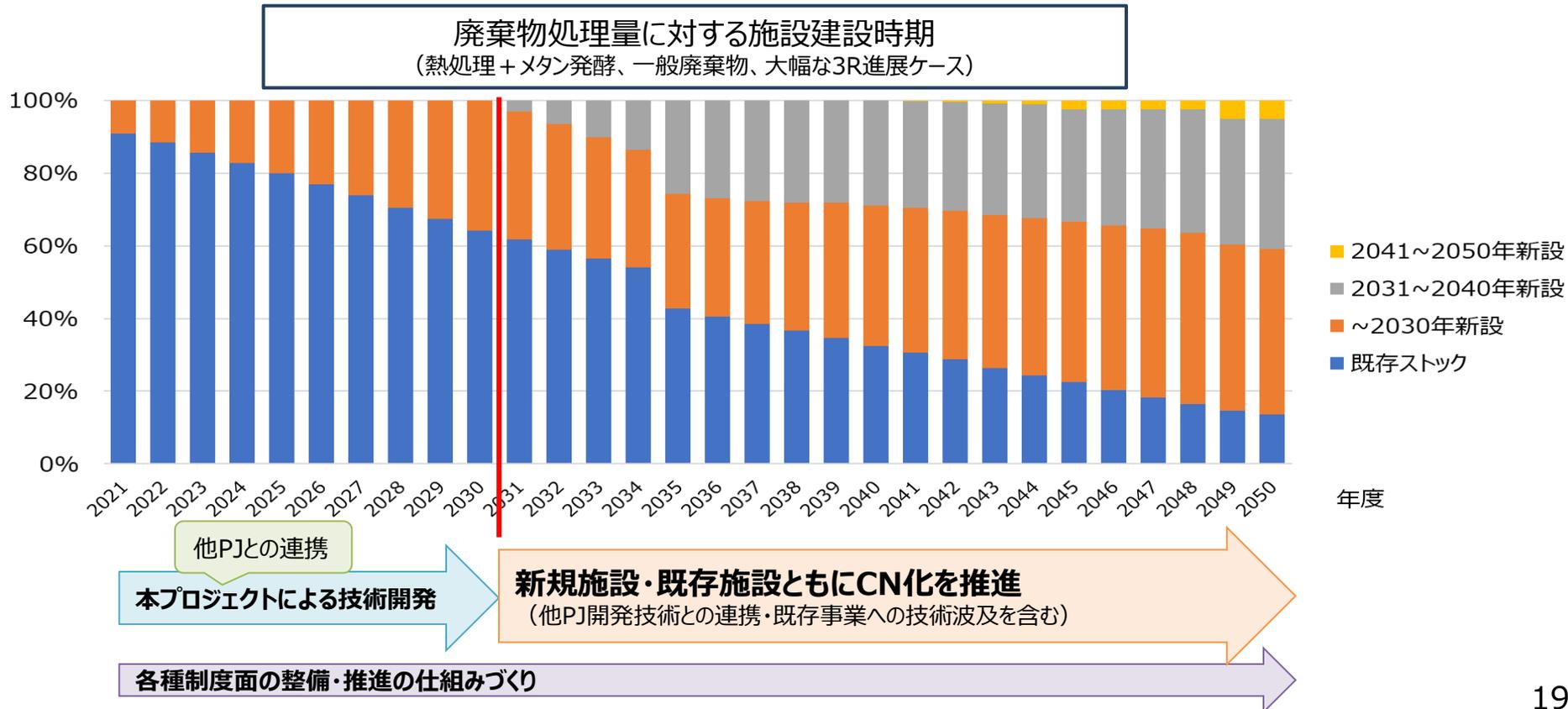
【環境省既存事業】

一般廃棄物処理施設の整備事業

国は、市町村等が行う一般廃棄物処理施設の整備に対して、1/3～1/2の交付金・補助金により財政面での支援を行っている。

施設導入時期を踏まえた技術開発の必要性

- 今後の大幅な3Rの進展を考慮した場合、2050年度時点の残存施設のうち、**約46%が2030年までに建設**されており、**約36%が2030年から2040年までの間に新設される**可能性が示唆されている。
- 施設建設の構想から地元調整等を経て着工・竣工するまでに10年程度を要する場合もあること、焼却施設は20～30年程度稼働することを踏まえれば、**一般廃棄物及び産業廃棄物の両方を対象としたCN型炭素循環プラントに関する技術開発を早急に進める必要がある**。また、**既存の処理施設に後付け・基幹改良する場合と、新規プラントを建設する場合の、どちらにも対応**できるよう、技術開発を進める必要がある。

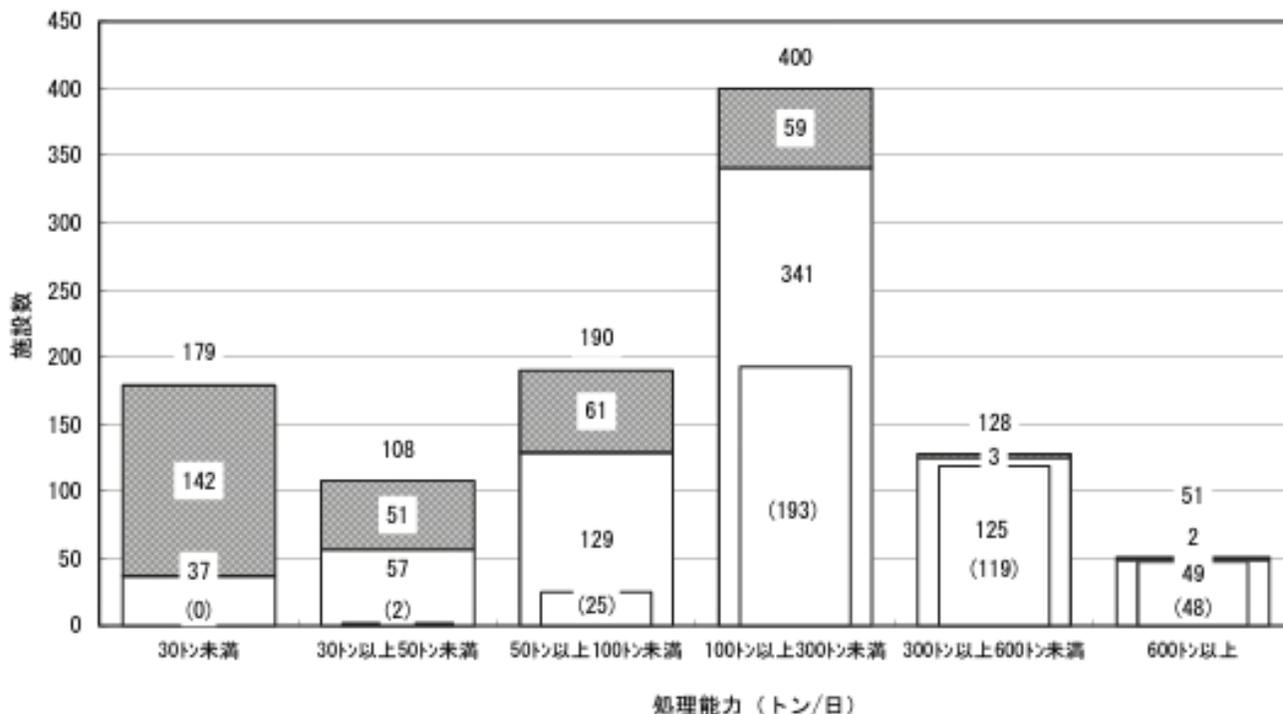


参考：日本での廃棄物処理プラントの規模

- 現状では、施設数ベースでは、300t/日未満の規模の施設が大半を占める。
- 持続可能な適正処理の確保、気候変動対策、資源化・バイオマス利活用、災害対策、地域への新たな価値の創出といった観点から、環境省では、都道府県が主体となり、管内市町村と密に連携して**広域化・集約化**を進めることを求めている。

ごみ焼却施設の処理能力別の余熱利用状況（令和2年度実績）

□余熱利用あり(カッコ内は発電施設) ■余熱利用無し



ごみ焼却施設の広域化・集約化の状況

	平成10年度	令和2年度
ごみ焼却施設	1,769施設	1,056施設
(うち、100t/日以上)	550施設 (全体の31%)	579施設 (全体の55%)
(施設の平均規模)	109t/日	167t/日

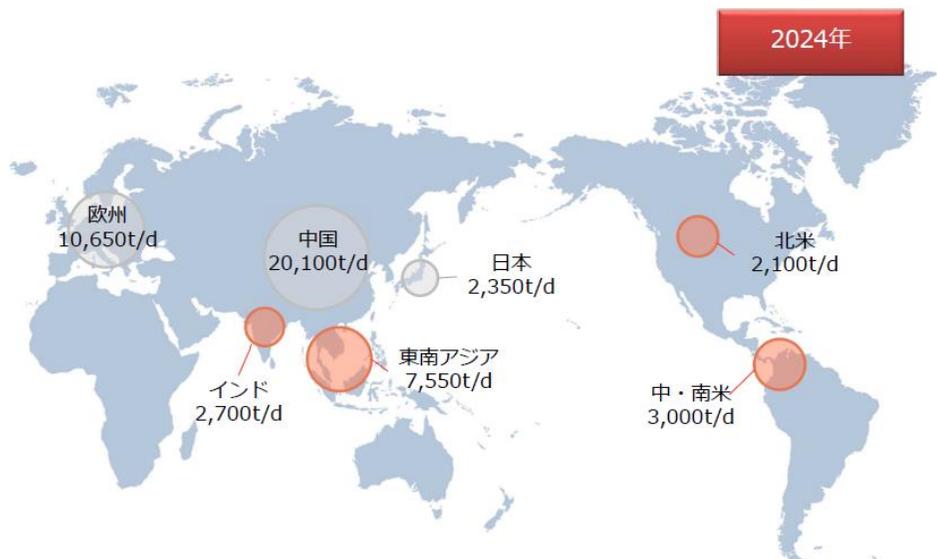
平成9年5月に発出した通知において、最終処分場の確保難、リサイクルの必要性の高まり、ダイオキシン対策等の高度な環境保全対策の必要性等の課題に対応するため、各都道府県で、**可能な限り焼却能力300t/日以上(最低でも100t/日以上)の全連続式ごみ焼却施設を設置できるように**広域化ブロック区割りを行うよう求めた。

廃棄物処理プラント市場の見通し（世界）

- 廃棄物処理プラント（焼却処理・生物処理）の**世界市場は、約3～5兆円規模に成長**するものと推計。
- この市場成長の好機を捕らえるため、日系メーカーが国際的に一定の市場シェアを有する焼却技術、世界的に我が国が顕著に実績豊富なガス化を中心とした熱分解技術、及び、将来の導入拡大が見込まれるバイオメタン化技術について、規模が比較的小さな施設でもビジネス化しうる強み等の我が国の技術の強みも活用しつつ、シェア維持・強化していくことが重要。

廃棄物処理・発電事業を取り巻く海外の状況

地域別マーケット推計(発注処理能力ベース)



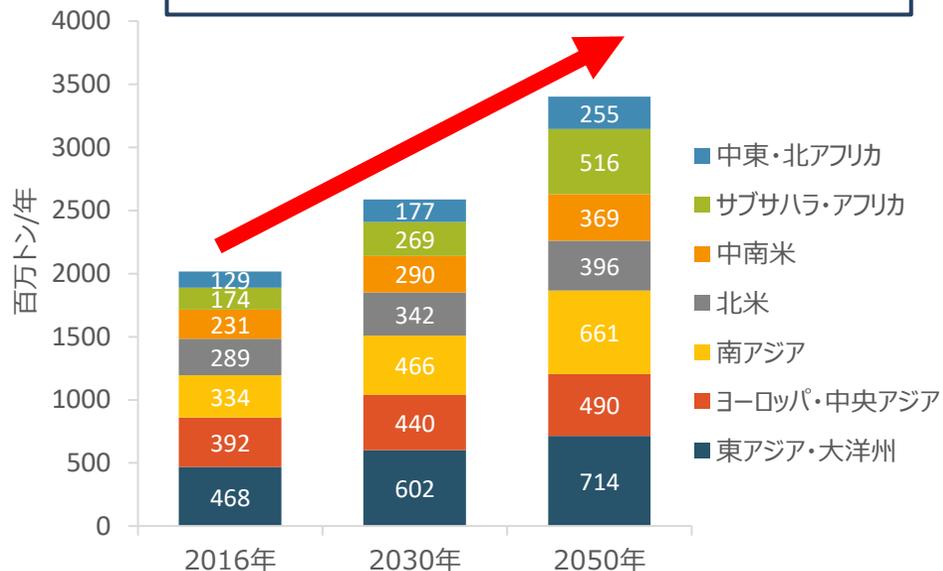
*当社推計に基づく。

Copyright Hitachi Zosen Corp.

19

http://gec.jp/jcm/news/jcmsympo2019/07_Hitz.pdf

世界における廃棄物発生量の見通し



出典：世界銀行(2018)「What a Waste 2.0 : 2050年に向けた世界の廃棄物管理の現状と展望」データより作成

発生量を踏まえた世界市場規模（推計）

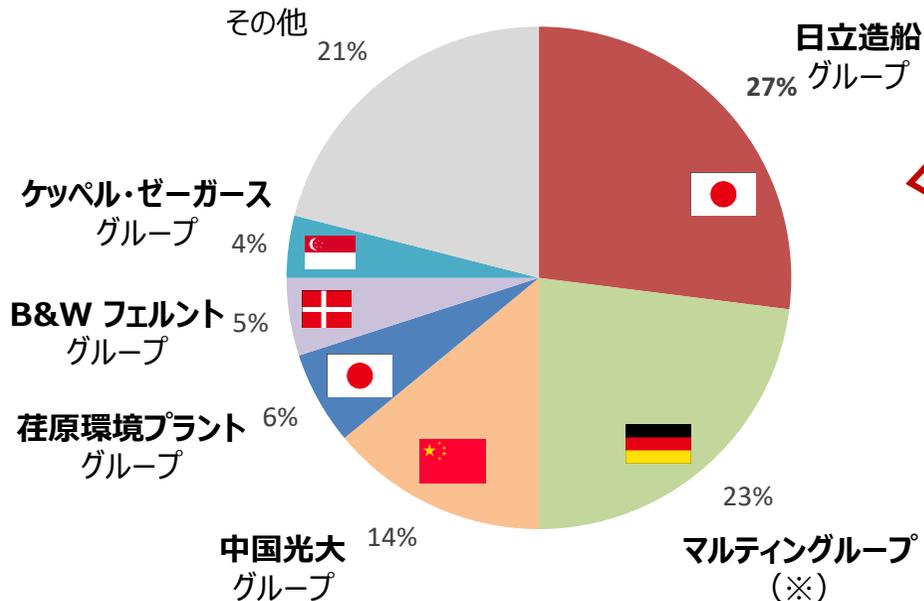
2030年：約3兆円規模

2050年：約4～5兆円規模

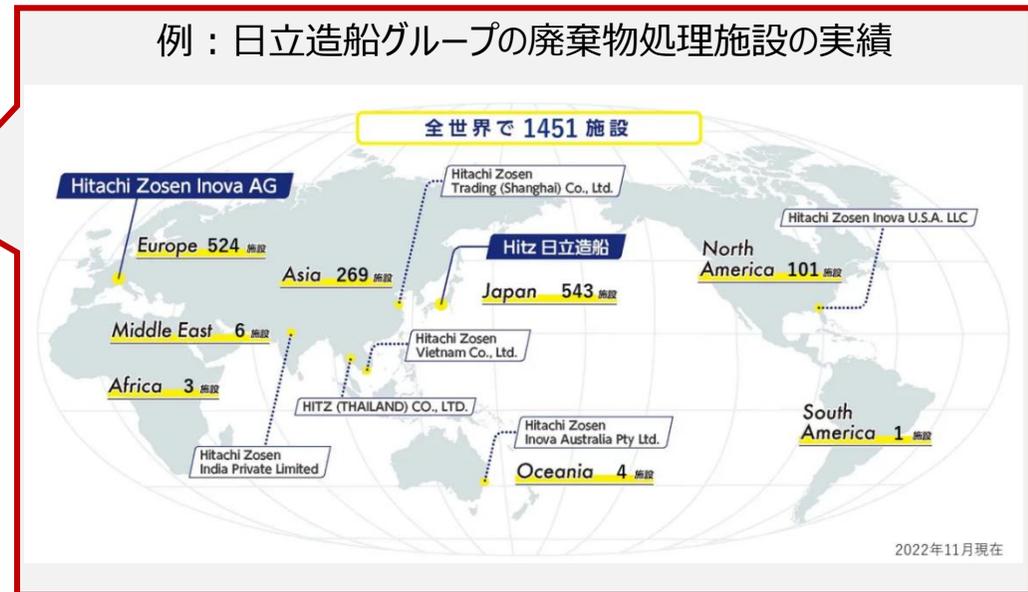
参考：廃棄物処理技術の現状：世界シェア及び国際競争力

- 現状での**日系メーカーの廃棄物処理技術は、熱処理(焼却・熱分解)をはじめ、内容・実績・シェアは世界トップクラス**である。日系メーカーが持つ世界的に高いシェアを活かし、更なるシェアの拡大が期待できる。
- 一方で、**カーボンニュートラルのために必要になる技術は欧州での技術投資が先行**しており、シェアの維持・拡大のためには**多角的に国際競争力を有するCN型炭素循環プラント**が必要不可欠である。

世界市場でのメーカー別シェア
(焼却+発電施設) (2011-2020累計)



例：日立造船グループの廃棄物処理施設の実績



画像出典：日立造船株式会社ウェブサイトより
<https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/energy/garbage.html>

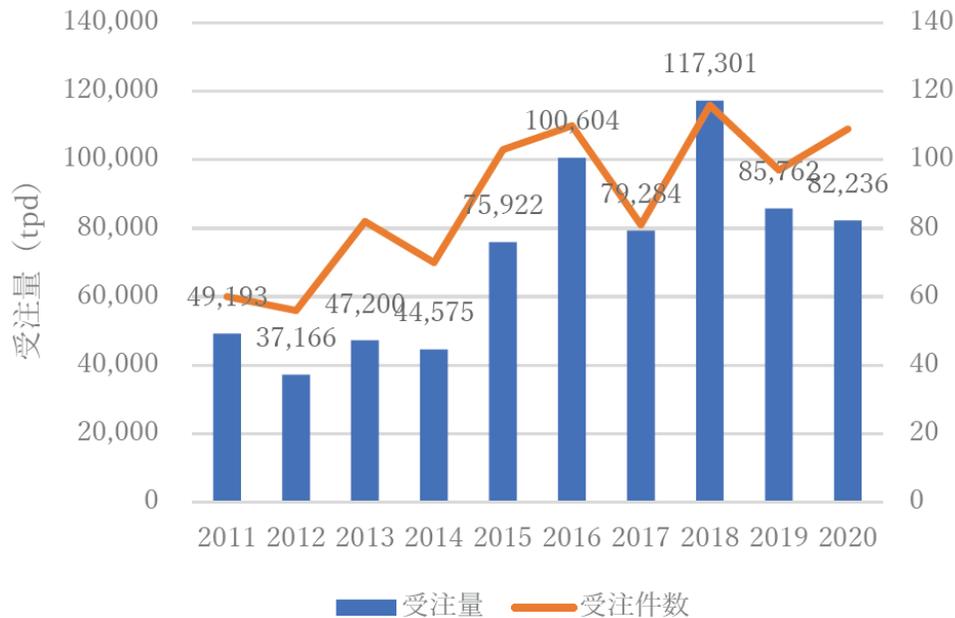
※：マルティン社の技術供与下で、CNIM社（フランス）など他社が実施した案件も含まれる。

出典：環境省調査（公益財団法人 廃棄物・3R研究財団「令和3年度我が国の循環産業の海外展開促進に向けた実現可能性調査等統括業務報告書」）より

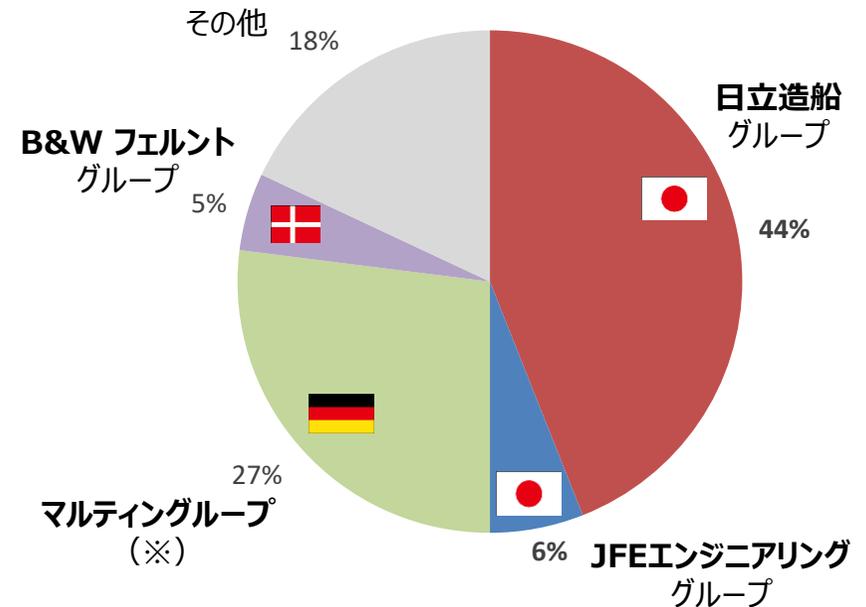
参考：廃棄物処理技術の現状：世界シェア及び国際競争力

- 過去10年程度のトレンドとしても、廃棄物処理プラントの需要は世界全体として増加傾向にある。
- 日系メーカーは、どの地域でもトップクラスのシェアを誇っている。特に、欧州を含むエリア区分(欧州・中東・アフリカ)では、直近でも英国・ロシア・ドイツ等での受注増が寄与して更にシェアを伸ばしており、日系メーカーグループが約半分のシェアを有している。

世界全体での年間受注量及び受注件数の推移
(焼却+発電施設)



欧州・中東・アフリカ地域でのメーカー別シェア
(焼却+発電施設) (2011-2020累計)

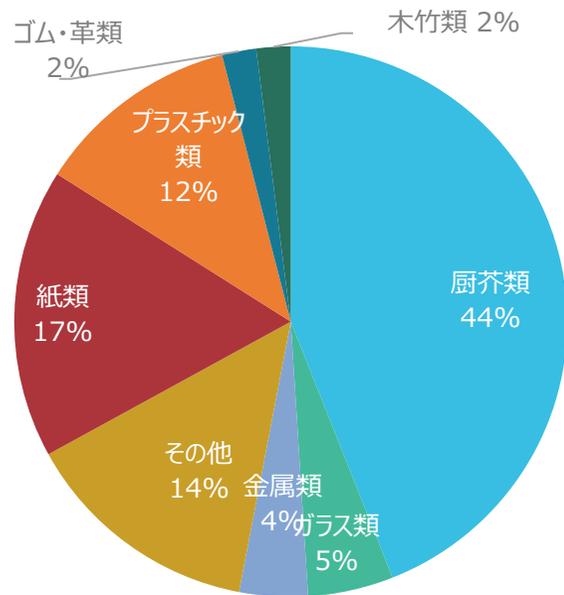


※：マルティン社の技術供与下で、CNIM社（フランス）など他社が実施した案件も含まれる。

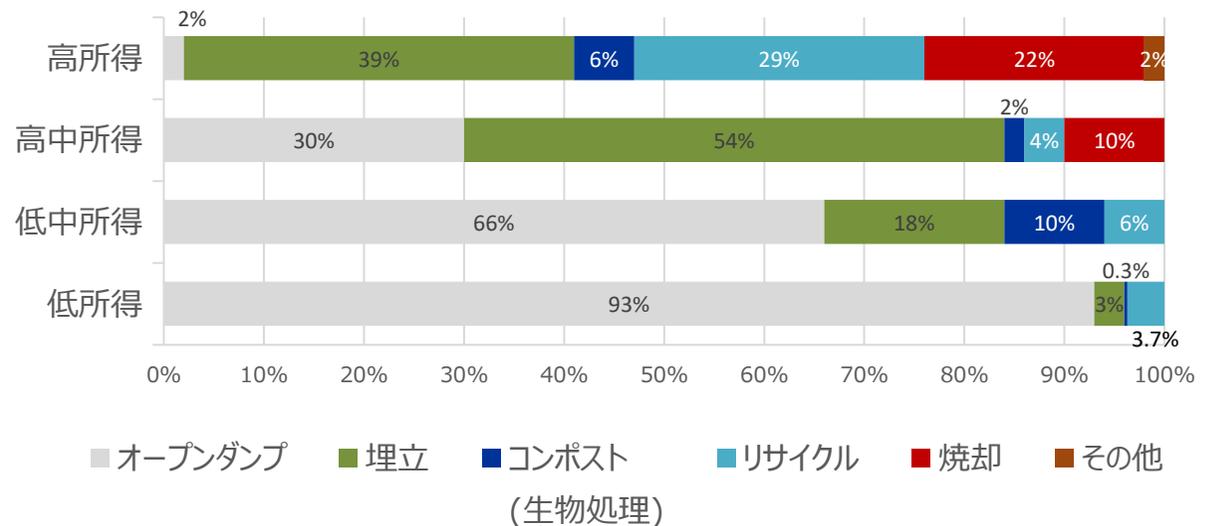
参考：所得区分に応じた処理方法の内訳

- 低所得や低中所得の国・地域では、オープンダンプが主な廃棄物処理方法となっている。廃棄物のオープンダンプ回避・衛生的な処理を行うために、所得が上がるにつれ、廃棄物処理プラントの需要が拡大する傾向。
- 低所得・低中所得の国・地域において、所得増加によりプラント設置が可能となった場合、まずは、主な廃棄物である有機性廃棄物(厨芥類・木竹類・紙類等)を処理可能で、価格的にも調達しやすい【生物処理(メタン発酵等)施設】が導入されると考えられる。
- 更に所得増加するにつれて、処理能力が高くエネルギー回収等のメリットがある【熱処理(焼却・熱分解)施設】の導入が期待される。

廃棄物の組成 (世界)



所得区分別処理方法の内訳



参考：廃棄物処理プラントのニーズの見通し（世界）

- WtE(廃棄物発電)志向の国々では、焼却に伴うCO₂の大気放出の課題に直面している。MBT(生物的処理)志向や埋立・オープンダンプ主流の国々を中心として、メタン削減の課題に直面している（⇒グローバル・メタン・プレッジの発足）。
- 本プロジェクトにより開発する技術により、各国・地域の**制約条件や志向に応じて、それぞれの需要に対応していく。**

廃棄物処理装置の世界のマーケット

施設整備需要	埋立のみの市場	新興市場 (現状では埋立等が主流)	成長市場	安定成長市場	飽和市場
需要量			新設	New Plants	Replacement 建替
WtE (廃棄物発電) 志向の国々		フィンランド 米国・カナダ イタリア トルコ ロシア・ポーランド	イギリス	ベネルクス フランス	デンマーク スイス スウェーデン ノルウェー
アジア		タイ マレーシア ※インド、フィリピン、 ベトナム、インドネシア	韓国 中国	台湾	シンガポール 日本
MBT (生物的処理) 志向の国々	オーストラリア 東欧・中東 バルカン ハンガリー	チェコ ギリシア ポルトガル スペイン アイルランド		ドイツ	オランダ オーストリア

注) WtE:廃棄物焼却発電施設 (Waste to Energy)、MBT: 機械選別と生物的処理の組合せ (燃料化等) (Mechanical Biological Treatment)

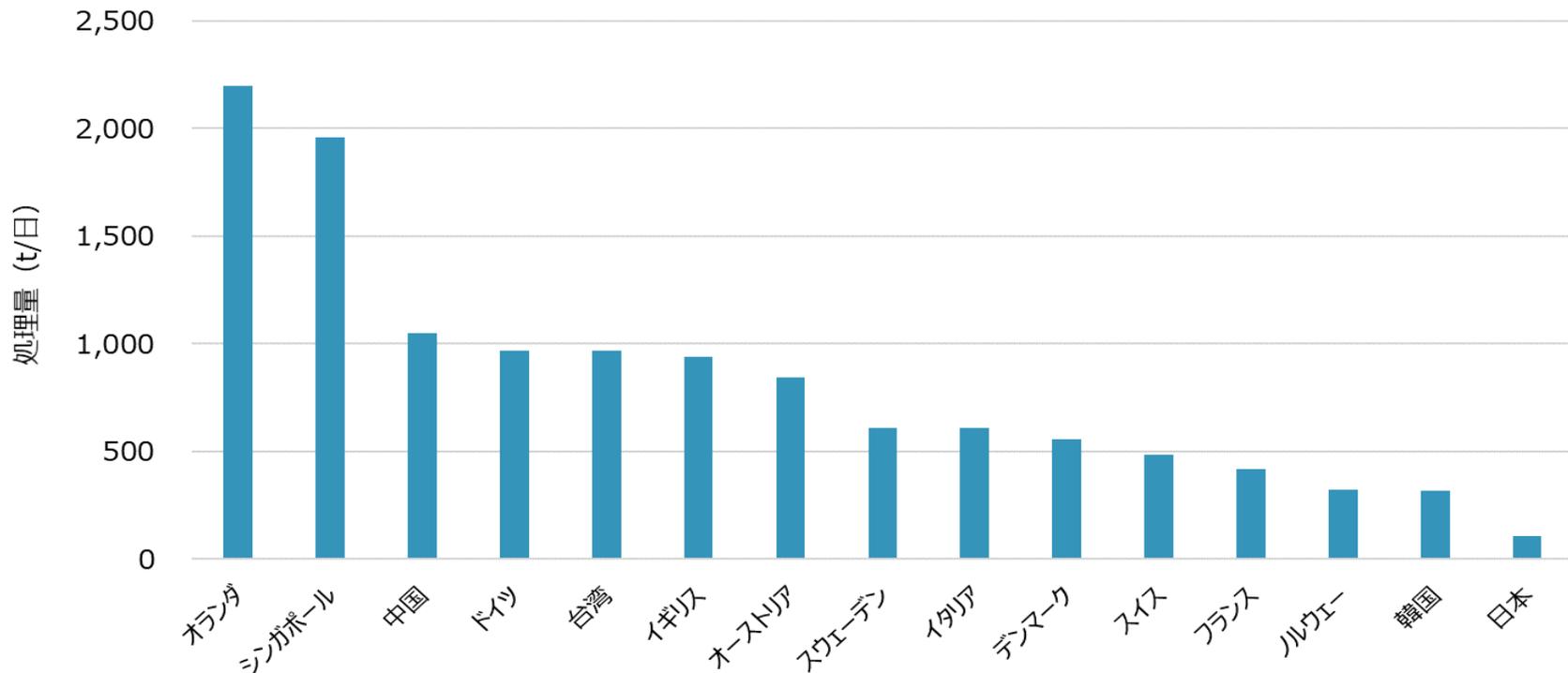
出典: 藤吉秀昭・滝澤元「わが国の循環産業のアジア展開の戦略と課題」廃棄物資源循環学会誌、26(6)、2015

※最近では、これらの4か国もWTEの導入を進めていることから、出典資料から分類(「埋め立てのみ開拓可能」)を修正し、新興市場になったとみなした。また、ドバイ初で世界最大級の廃棄物焼却発電施設の建設・運営・移転方式のコンセッション契約を、日本の商社及び日系プラントメーカー等のコンソーシアムで請け負った事例も公表されるなど、上表の状況を越えた廃棄物焼却発電施設の導入の広がりもみられる。

参考：世界での廃棄物処理プラントの施設規模

- 国・地域によって、求められる焼却施設の規模(処理能力)は大きく異なる。

国別の焼却施設の平均処理量



※1：1日あたりの処理量が不明な場合は年間280日稼働と仮定して試算

※2：日本は2020年、欧州は2019年、中国とシンガポールは2017年、台湾は2013年、韓国は2010年のデータを利用した1施設あたりの処理量（算術平均）

出典：以下より作成

環境省「日本の廃棄物処理 令和2年度版（令和4年3月）」

<https://www.cewep.eu/interactive-map/>（2022年11月14日閲覧）

世界銀行(2019)「Urban and Rural Municipal Solid Waste in China and the Circular Economy」

National Environment Agency of Singapore (2018)「Waste-to-Energy Experience: The Case of Singapore」

Ying-Chu Chen et al. 「Municipal Solid Waste (MSW) Incineration's Potential Contribution to Electricity Production and Economic Revenue in Taiwan」

Yoonjung Seo 「Current MSW Management and Waste-to-Energy Status in the Republic of Korea」

目次

- CN型炭素循環プラントの位置づけと研究開発の方向性
- 廃棄物処理プラントに係る国内外の市場概況
- プロジェクト①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発**
- プロジェクト②：高効率熱分解処理施設の大規模実証
- プロジェクト③：高効率なバイオメタン等転換技術の開発
- プロジェクトの進捗管理、社会実装に向けた取組

研究開発項目①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発

CO₂分離回収と焼却処理の概要

- 焼却処理は、酸素濃度を下げず、できるだけ燃焼させる熱化学的処理。
- CO₂分離回収は、排ガス中のCO₂が大気放出されないよう、**排ガス中に含まれるCO₂の分離回収**を行う。

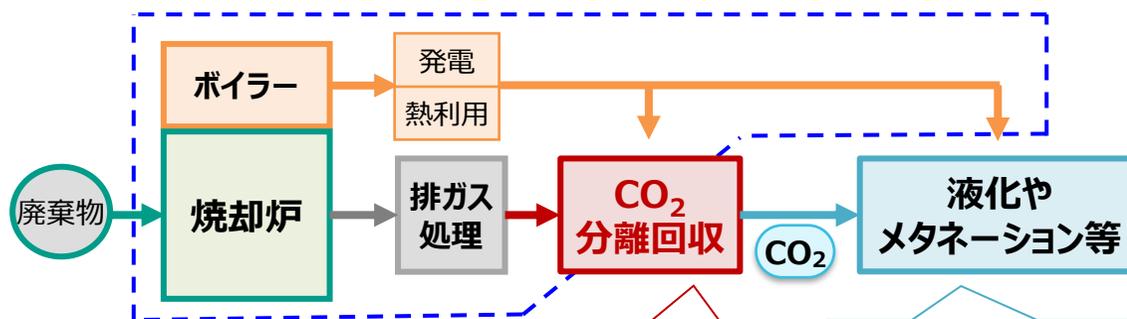
CO₂分離回収と焼却処理のメリット

- ✓ 焼却処理は、**無害化・安定化・減容化**に優れ、現在主流の処理方式。CO₂分離回収を前提とした焼却処理技術の開発は、既存の処理施設への**後付けでの設備導入のためにも不可欠**。
- ✓ 他技術開発・導入が難しい場合にも廃棄物の適正処理は必須であり、その場合は**安定的処理の確実性の面で焼却施設が欠かせない**。
- ✓ CO₂を分離回収⇒原料化・燃料化して利用（※他PJと連携）

CO₂分離回収と焼却処理の状況

- ✓ 含水率の高い厨芥類も燃焼するため潜熱分のエネルギーを喪失している。近年、新設でも廃棄物発電の発電効率向上は頭打ち。他の電源のゼロエミ化に伴い**廃棄物発電の環境価値の相対的低下が懸念**。
- ✓ 現状では、廃棄物中炭素のほぼ全量をCO₂へ完全酸化して大気に排出している。
- ✓ **廃棄物の焼却排ガスの性状変動に対応したCO₂の分離・回収技術が確立されていない**。

焼却処理＋エネルギー回収＋分離回収のイメージ（例）



① CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発

本プロジェクトの主な研究開発対象
(実証範囲としては、CO₂分離回収や液化・メタネーション等を含む)

関連GI基金プロジェクト
CO₂の分離回収等技術の技術連携等
⑩ CO₂の分離回収等技術開発

関連GI基金プロジェクト
回収したCO₂等の燃料化・原料化技術の情報交換等
⑦ CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発
⑧ CO₂等を用いた燃料製造技術開発
⑨ CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発
⑯ バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進

【項目①】研究開発目標（アウトプット）及び設定の考え方

- 廃棄物は地域、季節、天候によっても性状（成分、熱量、含水率等）が大きく異なり、多様な廃棄物の燃焼は短時間で変動して排ガス量・性状が常に変化し、かつ酸性ガス及び微量成分によりCO₂分離回収の阻害・設備劣化など、一般の工業プロセスや発電施設とは異なる廃棄物処理施設特有の課題から、安定的・効率的に炭素回収・利用することが難しい。
- 社会実装に向けて開発した技術が市場で競争力を持つためには、現在の主流である廃棄物焼却(+発電)に出来る限り近い「処理コスト」を達成することが不可欠。
- したがって、上記の必要条件を達成したうえで、諸外国の開発規模よりも小さい規模の施設においても国際的に高水準の炭素回収率を安定的に維持することを、本研究開発項目のアウトプット目標として設定する。



研究開発目標（アウトプット）：

上記のような制約条件下において、

炭素回収率90%以上の安定的維持を達成する。

※1：炭素回収率 …焼却施設に投入された廃棄物に含まれる炭素分に対して、どの程度の炭素をCO₂分離回収することができたか。

※2：正味処理コスト増…現在主流となっている焼却施設（300t/日規模のごみ焼却発電施設）と比べて、正味処理コスト※3がどの程度増加するか。

※3：正味処理コスト …焼却施設及びCO₂分離回収設備に係る償却費、用役費、O&M（オペレーション及びメンテナンス）の費用を加味し、電力等の売却による収入を控除したものを、廃棄物1tを処理するために必要となる原単位で計算したもの

※4：上記の炭素回収率は、施設規模300t/日程度、従来型の焼却処理（+廃棄物発電）からの正味処理コスト増約1万円/t-廃棄物以内の条件下での数値とする。

参考：他国の事例やシミュレーション研究におけるCO₂分離回収率の想定

- 排ガス全量を対象としたCO₂分離回収を構想している海外事例での回収率は90%に近い想定である。また、廃棄物処理施設の排ガス量変動を考慮したCO₂分離回収のシミュレーション研究においては、90%にやや至らない回収率が想定されている。回収率90%は世界の市場を狙う上で国外の動向と遜色ない水準といえる。

廃棄物焼却施設排ガスCO₂分離回収のパイロット試験中であり将来には全量対象構想を有する事例

	デンマーク (コペンハーゲン/ARC社)	ノルウェー (オスロ/Fortum Oslo Varme社)
処理能力 (施設規模)	35t/h×2炉 (計 1,680t/日)	20t/h×1炉、10t/h×2炉 (計 960t/日)
ごみ処理量※1	60万トン/年	32万トン/年
CO ₂ 排出量※1	56万トン/年	46万トン/年
CO ₂ 用途	(将来的には北海に貯留)	(将来的には北海に貯留)
CO ₂ 回収施設稼働状況	2021年6月パイロット試験開始済	2019年2月パイロット試験開始済
将来的なCO ₂ 回収量	2025年までに年間50万トンのCO ₂ 回収を 計画中 (回収率89%※2)	2024年以降に年間40万トンのCO ₂ 回収を 計画中 (回収率87%※3)

※1 ごみ処理量やそれに伴うCO₂排出量は年次によっても相違するところ、各種文献により幅がある。また、本表中の施設でも、竣工後に処理能力を拡張している事例もある。

(出典) ・Global CCS Institute (2019) Waste-to-Energy with CCS: A pathway to carbon-negative power generation
 ・ARC(2021) Market dialogue - Project ckimAid Copenhagen
 ・ARC, CO₂ capture at ARC ClimAid CPH - Ground-breaking project can make Copenhagen CO₂-neutral by 2025
 ・V Bisinella et,al (2022)Environmental assessment of amending the Amager Bakke incineration plant in Copenhagen with carbon capture and storage
 ・Norwegian Ministry of Petroleum and Energy (2020) Longship - Carbon capture and storage
 ・GP Helsing (2015) Options for Carbon Capture with Storage or Reuse in Waste Incineration Processes
 ・Johnny Stuen (2016) Feasibility Study of Capturing CO₂ from the Klemetsrud CHP Waste-to-Energy Plant in Oslo
 ・Fortum Oslo Varme AS (2020) FOV Design Basis for CC Plant
 ・<https://www.fortum.com/about-us/media/press-kits/carbon-removal/fortum-oslo-varme-and-our-carbon-capture-project>

※2 ARC, “CO₂ capture at ARC ClimAid CPH – Ground-breaking project can make Copenhagen CO₂-neutral by 2025” からCO₂排出量と回収量より逆算

※3 Fortum Oslo Varme AS (2020) “FOV Design Basis for CC Plant” からCO₂排出量と回収量より逆算

なお、廃棄物処理施設の排ガス量変動を考慮したシミュレーション研究において、CO₂全量回収を想定しているケースでは、CO₂分離回収率として83.9%と示されている。

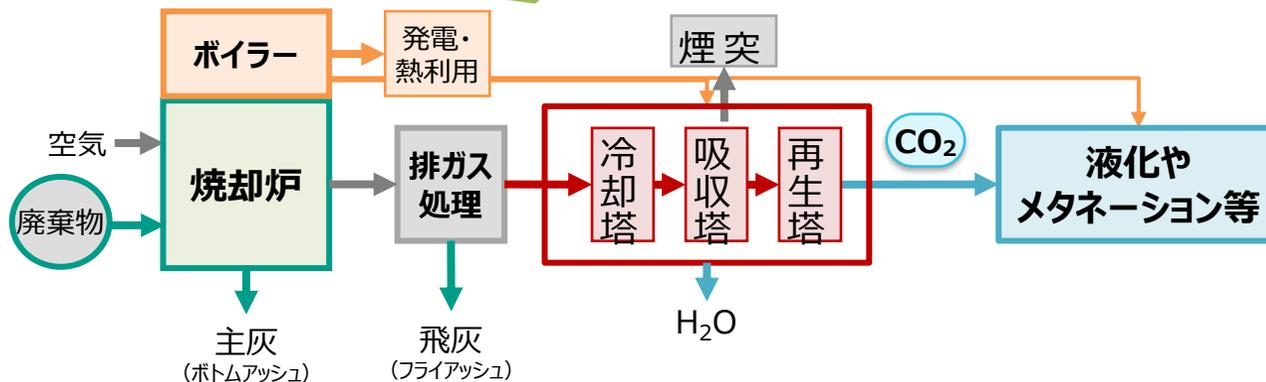
(出典) Magnanelli et al., Scenarios for carbon capture integration in a waste-to-energy plant, Energy 227 (2021) 120407

参考：研究開発項目①で想定される要素技術の技術開発要素（例）

化学吸収法をベースとしたCN型廃棄物焼却施設(イメージ)

例1：新たな排ガス処理設備の開発・エネルギー利用

従来の焼却排ガス処理と安定的なCO₂分離回収のための排ガス処理を統合し、効率的な排ガス処理・熱利用を実現。300t/日級施設規模でのエネルギー自立を達成する。



【技術開発のポイント】

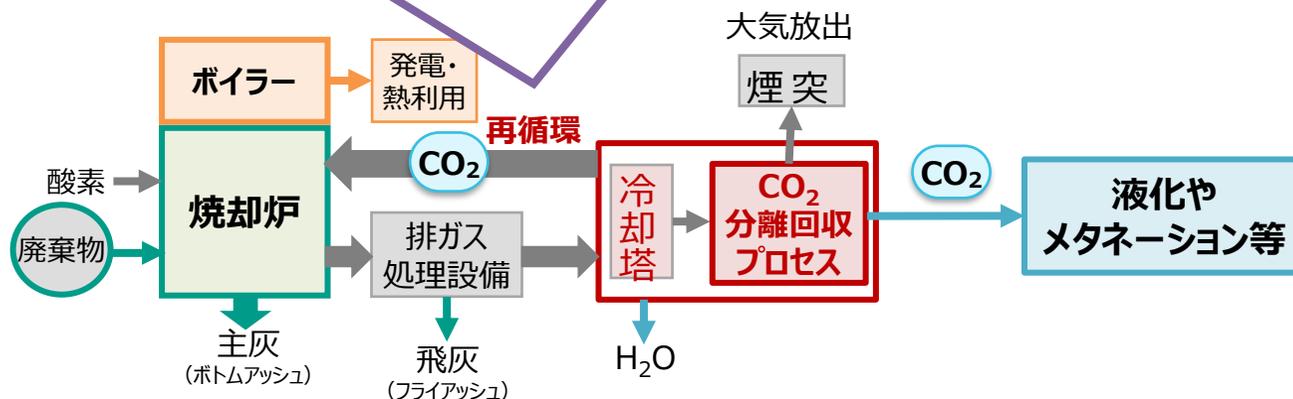
- ① 廃棄物焼却ガスには、他律的にガス量・ガス組成が変動せざるをえないという特有の排ガス処理困難性がある。そのうえ、NO_xやSO_xといった酸性ガスが含まれるため、アルカリ性であるアミン吸収液を劣化させる要因となる。コスト制約・エネルギー制約の中で、必要十分な排ガス処理を行わなければならない。また、廃棄物焼却ガスには微量有害物質が含まれることがある為、製品CO₂品質確保も重要である。
- ② 発電用に仕向けられてきた蒸気の一部及び電気が、CO₂の分離回収プロセスで消費されることによって、発電した電気の売電量が低下する。安定的な回収を達成しつつ、消費エネルギーの最小化（売電量確保によるコスト抑制）を図ることが必要である。

参考：研究開発項目①で想定される要素技術の技術開発要素（例）

酸素燃焼をベースとしたCN型廃棄物焼却施設(イメージ)

例2：CO₂高濃度化

燃焼排ガスの再循環量を増大させてO₂と混合した酸化剤により、排ガス中の窒素混入が最小限となり、排ガス中のCO₂濃度を従来よりも高濃度化(30～60%程度)させる結果、CO₂分離回収効率を90%以上、CO₂分離回収の処理排ガス量を50%以下と省力化を実現する。



【技術開発のポイント】

- ① 微粉炭バーナ燃焼において排ガス再循環ガスとO₂を混合したガス（CO₂とO₂が主体）を酸化剤として排ガス中のCO₂濃度を向上させ、CO₂回収を高効率化させる「酸素燃焼技術」がある。一方、廃棄物処理では空気中の酸素濃度を高めた酸素富化燃焼は実用化され、排ガス中のCO₂濃度は多少向上するものの、**CO₂高濃度化（分離回収の高効率化）には至っていない。**
- ② 本開発では、性状が一定でない固形廃棄物処理で最も国内外で実績のあるストーカ式焼却において、CO₂濃度を向上させて分離回収を高効率化させる燃焼技術を確立することが必要である。
- ③ 酸素を必要とするため、**酸素製造に要する設備コスト・エネルギーコスト**を考慮する必要がある。

参考：廃棄物焼却施設からのCCUSの国内外事例

分類 (CCS/CCU)	施設・企業名/ プロジェクト名	国名	対象施設	施設の処理能力 (ごみ焼却施設) [kt/y]	CO ₂ 回収施設 稼働状況	CO ₂ 回収施設 稼働開始	CO ₂ 排出量 [kt/y]	CO ₂ 回収量 [kt/y]	備考
CCS	ARC CCSプロジェクト	デンマーク	ごみ焼却施設	600	パイロット試験中	・2023~2025年実証 プラント ・2025年稼働予定	560	500	・CO ₂ は北海にて長期貯蔵 ・焼却排熱は地域熱供給に利用され、発電電力量をヒートポンプで熱に変換することで、実質的にエネルギー効率を保ちCO ₂ 回収が可能
	Fortum Oslo Varme-Klemetsrud	ノルウェー	ごみ焼却施設	320	パイロット試験中	2018年(FEED) 2023~2024年(予定)	460	400(予定)	CCS Northern Lights プロジェクトにより北海に貯蔵
	CCS PORTHOS プロジェクト	オランダ	製油、化学、水素、肥料 のプラントを検討中	—	計画遂行中	2023年(予定)	—	2,000~ 5,000	貯留容積：37,000kt
	Acornプロジェクト	英国	発電施設、ガス処理施設、 (石油)化学工場、セメント及び鋳業工場、 ごみ焼却施設、金属加工工場等 を検討中	—	計画遂行中	2023年(貯蔵施設の 稼働開始予定)	—	200以上 (第1段階、 2023年まで)	・既存の石油・ガスパイプライン、船で輸 送し、北海に貯蔵
	KVA Linth	スイス	ごみ焼却施設 (Niederurnen)	115	コスト及びリスク 調査中	—	120	—	・KVA Linthのほか、2社が参加、政府機関と自治体(グラールス州)より資金的な支援を受ける ・国内でのCO ₂ 貯蔵は地盤的に困難であるため、外国へ輸送(船・鉄道等)することを想定
CCU	佐賀市清掃工場	日本	ごみ焼却施設	74	稼働中	2016年	54	3	回収したCO ₂ を二酸化炭素貯留タンクに保管した後、パイプラインで事業者へ供給し、藻類培養や植物工場で活用
	HVC-Alkmaar Project 1	オランダ	ごみ焼却施設	682	Project 2へ移行するためのパイ ロット試験中	2018年	674	4 (Project 2では 75ktを予定)	液化CO ₂ の温室栽培利用
	AVR-Duiven	オランダ	ごみ焼却施設	361	稼働中	2019年	400	50~60	・液化CO ₂ の温室栽培利用 ・現状のCO ₂ 回収率は85%
	小田原市環境事業センター(環境省CCU実証事業、日立造船)	日本	ごみ焼却施設	27	実証プラント 建設中	2022年	N.A.	N.A.	メタネーション
	久慈市(環境省CCU実証事業、積水化学工業)	日本	ごみ焼却施設	N.A.	実証プラント 建設中	2022年	N.A.	N.A.	合成ガスに変換後、微生物によるエタノールの製造
	AEB Amsterdam	オランダ	ごみ焼却施設	1284	2019年F/S完了	N.A.	1268	450	温室栽培利用や化学薬品への再利用を検討中

出典：IEA GREENHOUS GAS R&D PROGRAMME. CCS on Waste to Energy, 環境省「令和2年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査委託業務報告書」等より作成

※施設の稼働状況等は調査時点のものであり、今後変更される可能性がある。

参考：将来の炭素価値について

- 2021年5月に、国際エネルギー機関（IEA）から、世界のエネルギー部門の2050年までの脱炭素化・CO₂排出ネットゼロの達成のために必要なアクションについて、IEAロードマップを公表した。第2章では、ネットゼロ排出シナリオ（Net-Zero Emissions by 2050 Scenario（**NZE**））を示しており、将来の炭素価値の推定についても言及されている。

Table 2.2 ▶ CO₂ prices for electricity, industry and energy production in the NZE

USD(2019) per t-CO ₂	2030	2040	2050
先進国	130	205	250
主な新興国・ 発展途上国※	90	160	200
その他の新興国・ 発展途上国	15	35	55

※中国、ロシア、ブラジル、南アフリカを含む。

NZEでは、CO₂価格は、全地域で導入される。発電、産業、エネルギー生産の各分野において、先進国全体で当面導入され、**2030年までに平均130米ドル/t-CO₂、2050年までに250米ドル/t-CO₂**に上昇すると推定する。

中国、ブラジル、ロシア、南アフリカなど他の多くの主要経済国では、これらの部門のCO₂価格は2050年に200米ドル/t-CO₂程度まで上昇すると想定する。

その他の新興国や発展途上国でもCO₂価格は導入されるが、エネルギーシステムの適応と変革のためにより直接的な政策を追求するため、CO₂価格の水準は他の国よりも低くなると想定される。

<NZEより抜粋、和訳>

参考：廃棄物焼却施設の社会応用、地域接合の例

- 日本では、廃棄物を適正に無害化・減容化するうえでの技術的な成熟に加えて、地域社会に受け入れられるプラントの設計・運用等のノウハウを有するため、廃棄物処理施設が、郊外のみならず**市街地でも立地**している事例や、塀・柵を設けず**施設外部と連続的な空間を形成して地域と接合**している事例等が存在する。
- アジア等でのプラント新設においても、電力供給・熱供給の一体的なインフラ整備により、**市街地に近接立地したエネルギー拠点**になりえる。

（武蔵野市）武蔵野クリーンセンター

- 「まちに溶け込み、まちにつながる武蔵野クリーンセンター」をコンセプトとしており、**市役所や複数の体育施設に隣接した立地**となっている。
- 施設2階フロアをぐるっと1周できる見学者通路があり、処理工程ごとに設備を見ることができる。
- 環境啓発のイベントを実施する会場としても利用されている。
- 災害による停電時にも近隣の市役所等にエネルギー供給可能な防災拠点としての役割も担う。



（広島市）環境局 施設部 中工場

- 機能面だけでなく、デザインにも配慮され、市民に親しまれる開かれた清掃工場となるように計画されている。
- 中工場の施設内部には、ガラス張りの見学者通路「エコリウム」があり、回遊式でごみ処理の過程を見学できる。
- 「エコリウム」を抜けると、**瀬戸内海を展望できる展望デッキがあり、近接する公園とつながっている**。
- 工場内には非常用電源や大容量水槽が設置されており、災害による停電時や断水時にも焼却炉の立ち上げ、運転が可能である。



目次

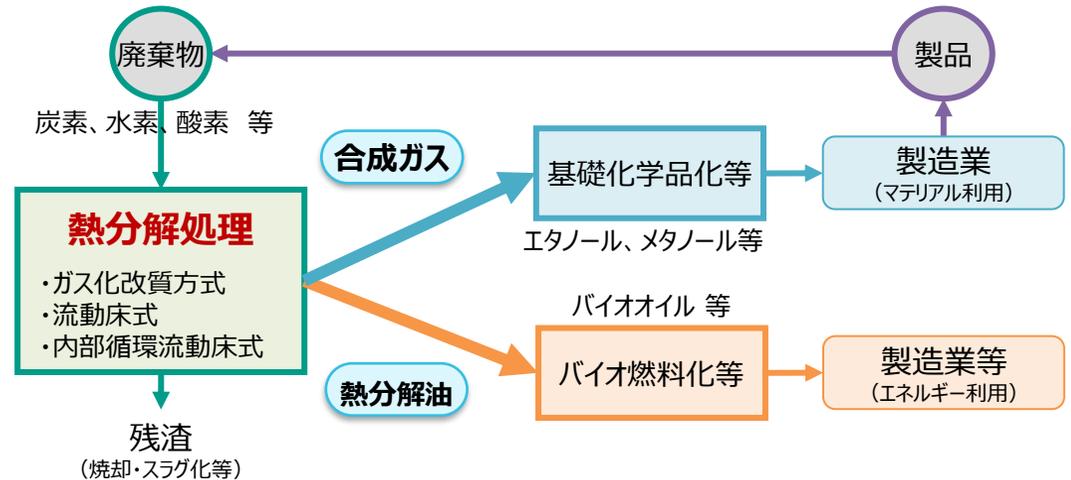
- CN型炭素循環プラントの位置づけと研究開発の方向性
- 廃棄物処理プラントに係る国内外の市場概況
- プロジェクト①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発
- プロジェクト②：高効率熱分解処理施設の大規模実証
- プロジェクト③：高効率なバイオメタン等転換技術の開発
- プロジェクトの進捗管理、社会実装に向けた取組

研究開発項目②：高効率熱分解処理施設の大規模実証

<p>熱分解処理の概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 低酸素又は無酸素の状態、ガス化・油化等を行う熱化学的処理。 直接的に有用な合成ガス・熱分解油等を得ることができる。 合成ガス、熱分解油等を生成 ⇒原料化・燃料化して利用
<p>熱分解処理のメリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 長期継続的な技術開発がなされ、日系メーカーが技術競争力を有する。 ✓ CO₂とH₂からの燃料・化学品製造よりも効率化できる可能性がある。 ✓ 廃棄物に含まれる水素を活用するため、外部からH₂を供給せず合成ガスや熱分解油を生成できるため、水素製造等の他プロジェクトを待たずに社会実装が実現し得る。
<p>熱分解処理の開発状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 運転コスト（エネルギーコスト・メンテナンスコスト等）が高く社会実装が進んでいない。 ✓ 廃棄物中炭素の一部はCO₂まで酸化されてしまう。 ✓ 欧米を中心に廃棄物から合成ガスを得て、メタノール等を製造するプロジェクトが開始されており、当技術への注目が高まっている。

② 競争する技術と同程度のコストの下で、高い技術競争力を維持しつつ様々な性状の廃棄物に対応可能な**高効率熱分解技術の開発**

熱分解処理 + 生成物利用のイメージ（例）



【項目②】研究開発目標（アウトプット）及び設定の考え方

- 廃棄物は地域、季節、天候によっても性状（成分、熱量、含水率等）が大きく異なり、多様な廃棄物の燃焼は短時間で変動して**排ガス量・性状が常に変化し、かつ酸性ガス及び微量成分によりCO₂分離回収の阻害・設備劣化**など、一般の工業プロセスや発電施設とは異なる廃棄物処理施設特有の課題から、**安定的・効率的に炭素回収・利用することが難しい。**
- 社会実装に向けて開発した技術が市場で競争力を持つためには、現在の主流である**廃棄物焼却（+発電）と同レベルの「処理コスト」を達成**が不可欠。
- したがって、**これらの必要条件を達成したうえで、諸外国の開発規模よりも小さい規模の施設においても国際的に高水準の炭素有効利用率を安定的に維持**することを、本研究開発項目のアウトプット目標として設定する。

研究開発目標（アウトプット）：

上記のような制約条件下において、

廃棄物処理システム全体として廃棄物に含まれる炭素の利用率80%以上を見込みつつ、

- ・ **合成ガス化では炭素有効利用率27%以上**
- ・ **オイル化では発熱量ベースで回収率48%以上 の安定的維持を達成**する。

※1：廃棄物処理システム全体として廃棄物に含まれる炭素の利用率は、熱分解処理を通じて有用物化された割合と、残った炭素(CO₂)を既存技術等の組み合わせにより回収し外部供給できる形にした割合の合算

※2：炭素有効利用率 …処理施設に投入された廃棄物中の炭素のうちエタノール等の製品化された炭素への利用率。上記の目標は発酵技術によるエタノールへの転換を想定した場合の数値。触媒技術など別の技術の利用や異なる製品への転換なども想定する場合は、当該技術に係る最新の国内外の技術開発・社会実装の事例等を踏まえ、同様の適切な目標値を設定することを要する。

※3：発熱量ベースの回収率…処理施設に投入された廃棄物が有する発熱量のうちバイオオイルで回収する発熱量の割合

※4：正味処理コスト増…現在主流となっている焼却施設（300t/日規模のごみ焼却発電施設）と比べて、正味処理コスト※5がどの程度増加するか。

※5：正味処理コスト …焼却施設及びCO₂分離回収設備に係る償却費、用役費、O&M（オペレーション及びメンテナンス）の費用を加味し、電力等の売却による収入を控除したものを、廃棄物1tを処理するために必要となる原単位で計算したもの

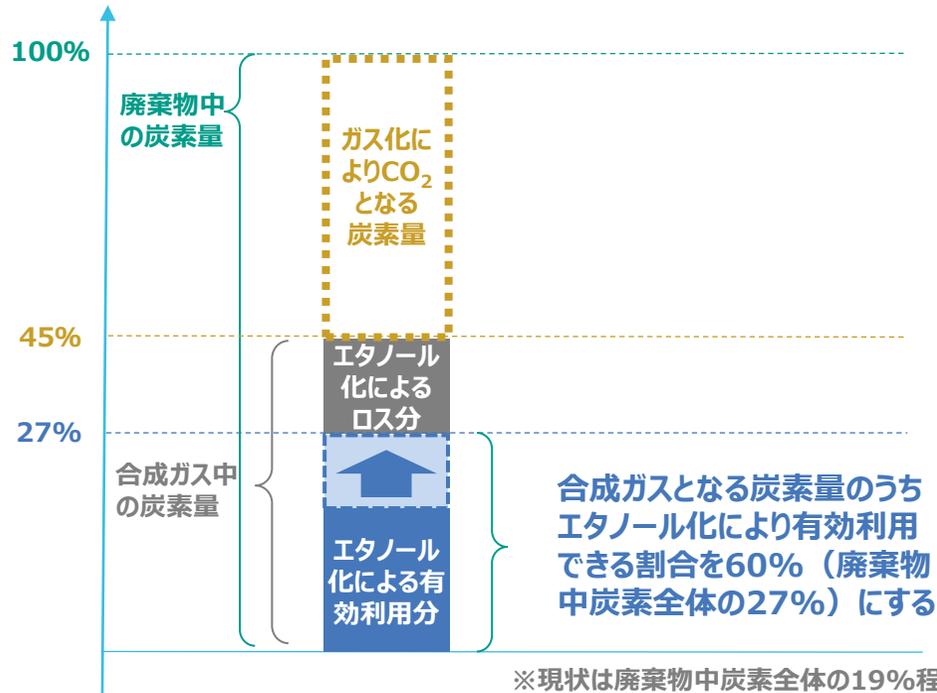
※6：上記の目標は、施設規模300t/日程度、従来型の焼却処理（+廃棄物発電）からの正味処理コスト増約1万円/t-廃棄物以内の条件下での数値とする。

参考：炭素有効利用率及び発熱量ベースの回収率の考え方について

- 熱分解処理方式やによって生成物の種類や達成可能な炭素有効利用率、発熱量の有効利用率が異なるため、ガス化及びオイル化で個別にアウトプット目標を設定する。

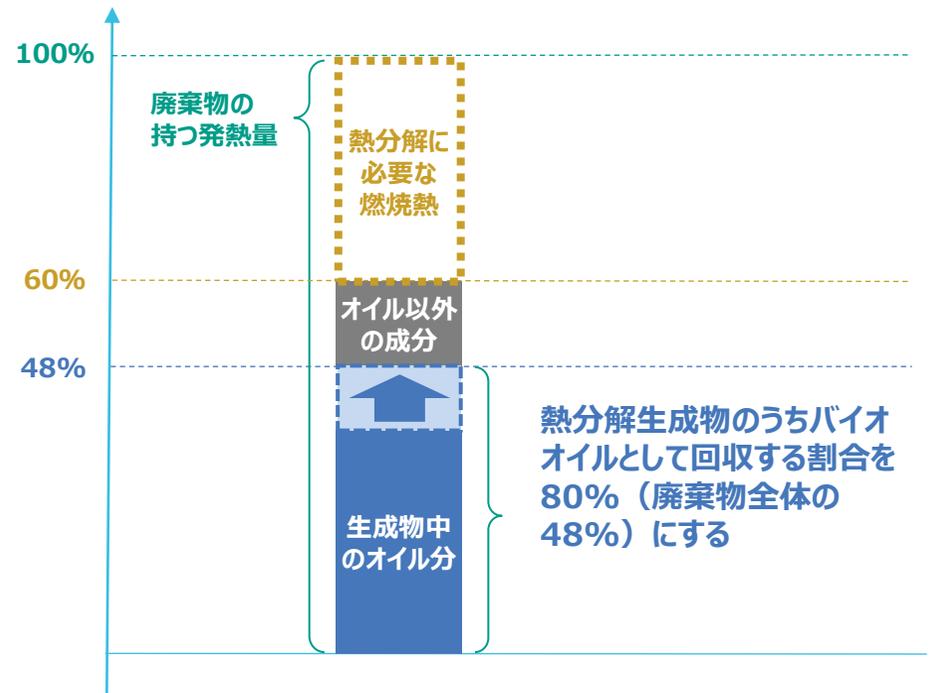
イメージ例① ガス化＋製品化 (製品としてエタノールを想定した場合)

廃棄物中の炭素



イメージ例② オイル化

廃棄物の発熱量



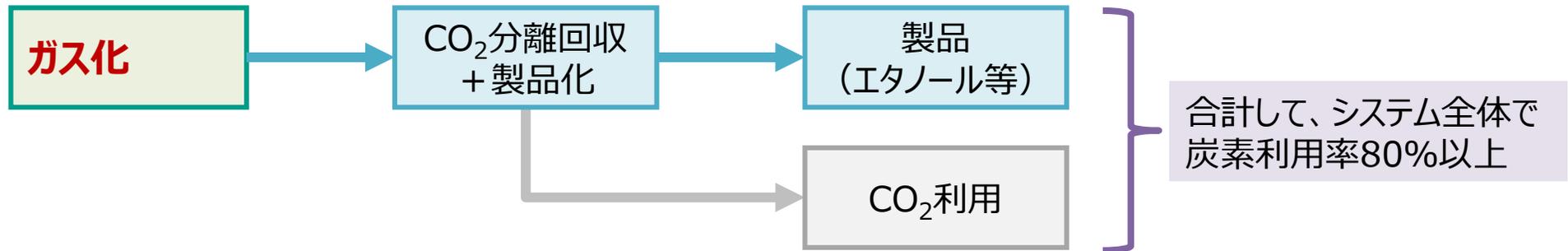
※合成ガスを製品化するための手段として、発酵技術によるエタノール化をベースに数値目標を設定しているが、発酵技術によるエタノールへの転換以外の触媒技術の利用なども想定される。その場合、同技術に係る最新の国内外の技術開発・社会実装の事例等を踏まえた適切な目標値設定を要する。

※熱分解処理で残った炭素(CO₂)を既存技術等の組合せにより回収し外部供給できる形にした割合を合算して、廃棄物に含まれる炭素利用率が80%以上となることが見込まれる。

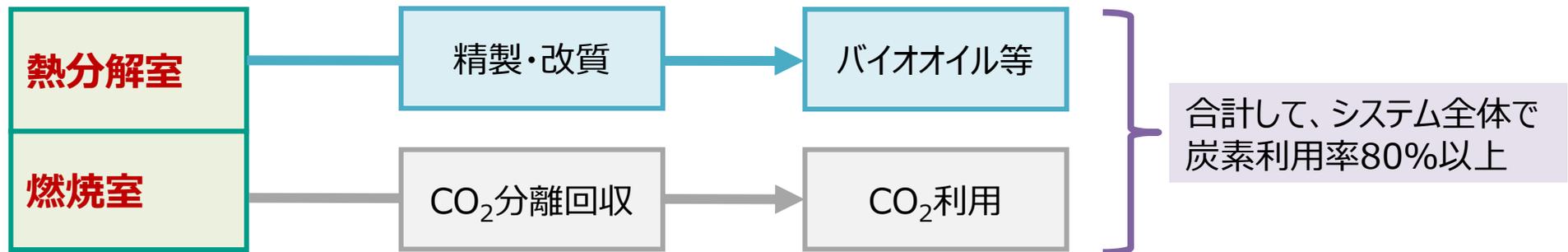
参考：炭素利用率の考え方について

- アウトプット目標の達成に加えて、熱分解処理で残った炭素(CO₂)を既存技術等の組合せにより回収し外部供給できる形にした割合を合算して、廃棄物に含まれる炭素利用率が80%以上となることが見込まれる。

イメージ例① ガス化改質方式



イメージ例② 内部循環流動床式



※炭素利用率…廃棄物中の炭素のうち原料・燃料に製品化された炭素の割合
※CO₂の分離回収や利用の技術については、本プロジェクト中での実証等の対象としない。

参考：研究開発項目②で想定される要素技術の技術開発要素（例）

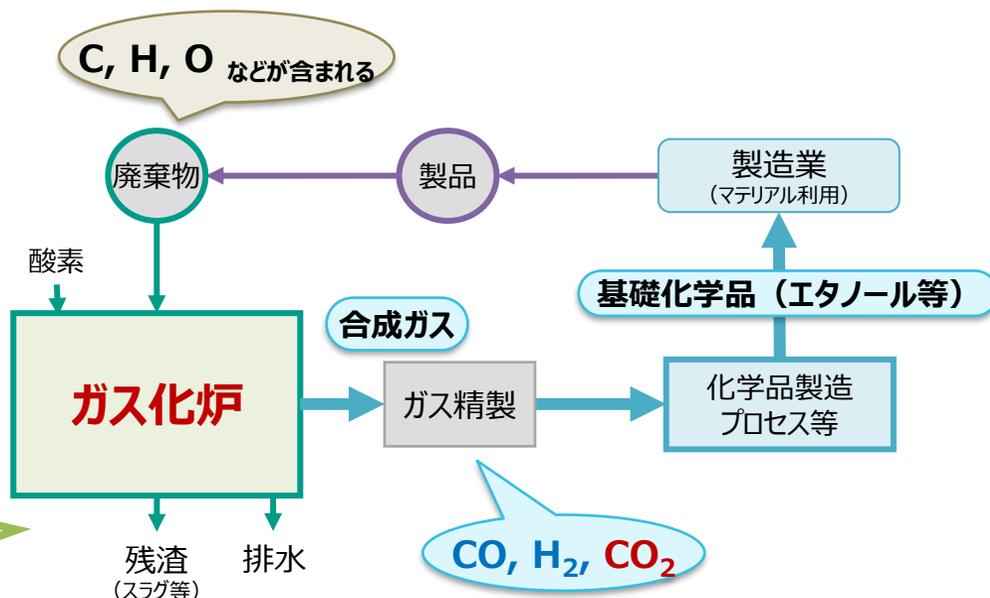
ガス化をベースとした高効率熱分解処理施設(イメージ)

例1：新たな炉本体設計・炉内制御技術の開発

ガス量の変動を抑制し化学品の収率を向上させる連続給じん技術、化学品製造後に残存するCO₂の再利用を含めたガス中のCO濃度増大のための炉体形状及び酸素吹込み位置の最適化など、炉内制御も含めた新たな熱分解技術を確立する。

例2：新たな排ガス・排水処理プロセス等の確立

ガス化側で熱回収を行い化学品製造に供給する技術の確立、化学品製造まで含めた排ガス・排水処理プロセスの最適化などにより、コスト縮減を達成する。

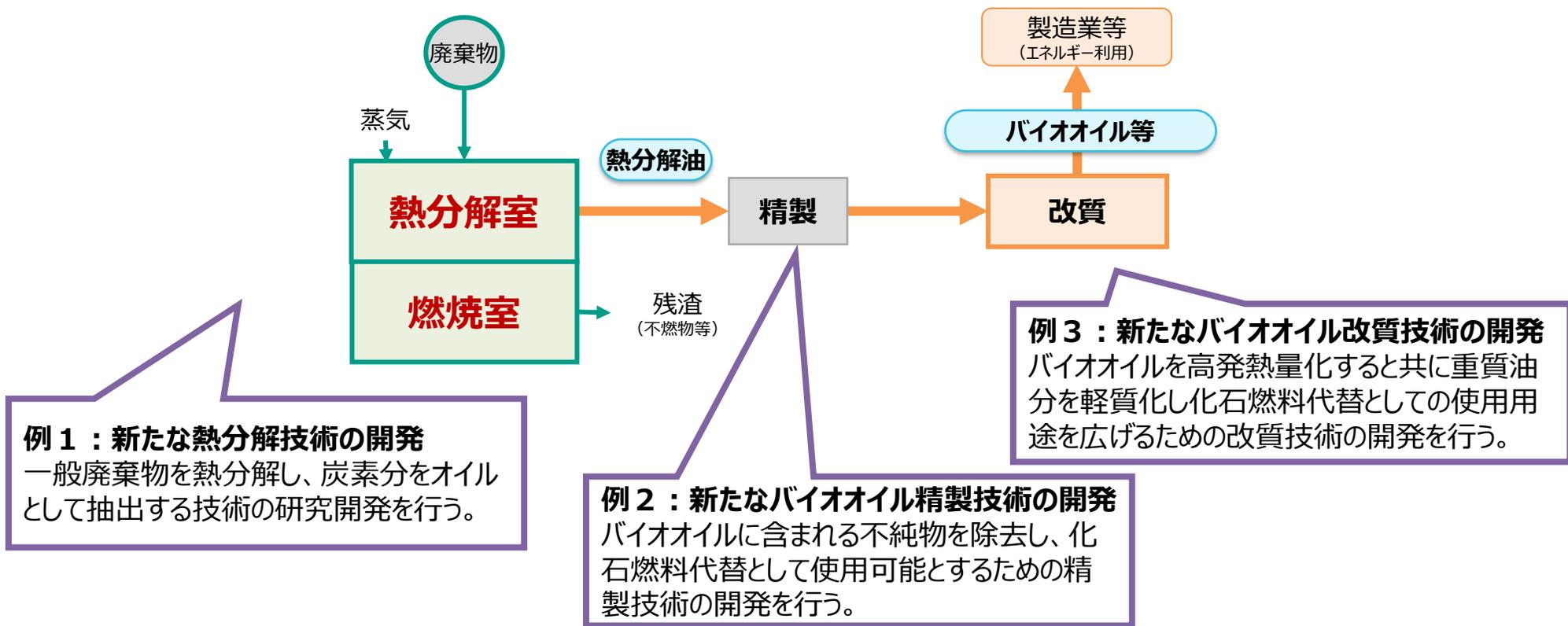


【技術開発のポイント】

- ① 合成ガスを発電等に利用していた従来のガス化技術に対し、ケミカルリサイクル用途向けの最適化を図るためには、**廃棄物中の炭素分をなるべくCO化**すること、**ガス量・質の変動を抑え安定的にガス供給**することが重要である。
- ② 従来のバッチ方式から**連続給じん方式**に変更することでガス変動を抑え、かつ**化学品製造後の残存CO₂の活用**等でガス中のCO濃度を高めることで、**廃棄物中の炭素分の化学品への転換率が最大化**される
- ③ 従来のガス化プロセスの弱みであった処理コストに関しては、**ガス化で回収した熱を化学品製造に供給する技術**や**化学品製造まで含めた排ガス・排水処理**など全体的なプロセス最適化による**コスト縮減**を達成する。

参考：研究開発項目②で想定される要素技術の技術開発要素（例）

オイル化をベースとした高効率熱分解処理施設(イメージ)



【技術開発のポイント】

- ① バイオオイル回収率を最大化する熱分解条件の確立、及び熱分解炉形状の最適化、炉内制御技術の確立
- ② バイオオイル中に含まれるS、Cl、Nなど様々な不純物を使用目的に応じた目標含有量以下に低コストで除去する精製技術の開発
- ③ バイオオイル中に含まれる酸素の除去、及び分子量を重油、軽油相当に軽質化する技術の開発

参考：廃棄物の熱分解ガス化技術の事例

- CCU（化学品・燃料）を前提とする場合、燃焼後にCO₂を分離回収してから変換・合成せずとも、廃棄物を熱分解すれば直接的に合成ガスを得ることが可能。相対的に早期に社会実装が期待できる。
- このため、欧米でも廃棄物の熱分解ガス化を通じた有用物への変換に関心が高まっている。例えば、米国、イタリア、オランダ、カナダ、スペインにおいて、都市ごみを利用したガス化バイオメタノール製造プロジェクトが存在。

※現時点で稼働中のEnerkemのプラントでは廃棄物の前処理にMBT技術（機械的・生物的処理技術）を採用しており、ガス化対象物を限定している模様。

ガス化バイオメタノールのプロジェクト事例

技術保有企業	加熱原理	ガス化タイプ	プロジェクト実施場所	プロジェクト段階	原料	生成物	設備容量(kt/yr)
Synthesis Energy Systems（アメリカ）	DO ₂	BB	フロリダ（米国）	計画中、基本設計終了	バイオマス/都市ごみ	メタノール	875
NextChem（イタリア）	DO ₂	UO ₂	リボルノ（イタリア）	計画中	都市ごみ	メタノール	115
			ロッテルダム（オランダ）	計画中	都市ごみ/廃材	メタノール	120
Enerkem（カナダ）	DO ₂	BB	エドモントン（カナダ）	稼働中	都市ごみ	エタノール ※メタノールを経由	30
			ケベック（カナダ）	建設中 2023年稼働開始予定	都市ごみ	エタノール ※メタノールを経由	35
			ロッテルダム（オランダ）	最終意思決定中	都市ごみ	メタノール	215
			タラゴナ（スペイン）	最終意思決定中 ※EU Innovation fund 採択	都市ごみ	メタノール	240

DO₂ = 酸素による部分燃焼を用いた直接加熱, BB = 気泡型流動層, UO₂ = アップドラフト（蒸気とともに酸素を注入）

参考：EU Innovation Fundにおける資源循環産業の採択状況

- EUでは、EU Innovation Fund（2020～2030年の支援総額約380億ユーロ（5兆円程度））にて革新的な**低炭素技術の商用規模実証支援**を実施している。
- 大規模（総資本コスト750万ユーロ以上）プロジェクトの第一回募集結果が2021年11月に発表され、331のプロジェクトの中から7つのプロジェクトが採択され、そのうちの1つは資源循環関連産業（都市ごみのガス化によるバイオメタノール製造）のプロジェクトであった。

資源循環関連産業の大規模プロジェクト（前項のEnerkem社のタラゴナのプロジェクトに該当）

プロジェクト略称とタイトル	立地	コーディネーター	助成金額	プロジェクト概要
ECOPLANTA Reduction of CO2 emissions in methanol production from municipal non-recyclable waste	スペイン	ECOPLANTA MOLECULAR RECYCLING SOLUTIONS S.L.	約1億ユーロ	都市ごみのうち、リサイクル不可能な部分を化学物質やバイオ燃料に転換することを目的としている。ECOPLANTAは、スペインのタラゴナ港近くの石油化学複合施設において都市ごみから237 kt/yのメタノールを生産する。炭素回収率は70%で、操業開始から10年間で3.5 Mt-CO ₂ eqの排出削減を達成する予定である。ECOPLANTAは、発電、陸上輸送、船舶、化学産業における化石燃料使用を都市ごみ由来のメタノールで代替することにより、これらの産業の排出量削減の明確な道筋を提供する。

その他の大規模プロジェクト

プロジェクト略称	分野	立地	コーディネーター
Kairos-at-C	CCS	ベルギー、オランダ、ノルウェー	Air Liquide Large Industry SA
TANGO	次世代再生可能エネルギー（太陽光）	イタリア	Enel Green Power Italia Srl
BECCS@STHLM	CCS（BECCS）	スウェーデン	Stockholm Exergi
K6	カーボンリサイクル・マテリアル産業、CCS	フランス	EQIOM
HYBRIT	水素産業（水素還元製鉄）	スウェーデン	Hybrit Development AB
SHARC	水素産業（水素製造、サプライチェーン構築）	フィンランド	Neste Oyj

出典：European Commissionウェブサイトより作成

https://ec.europa.eu/clima/eu-action/funding-climate-action/innovation-fund/large-scale-projects_en

参考：廃棄物の熱分解ガス化技術の実績と現状

- 商用機における廃棄物ガス化は、世界でも日本が先頭に立っていると見なされている分野。
- 欧州では、廃棄物ガス化技術の構想が先行したが、雑多で変動が大きい廃棄物特有の困難性があり、技術的に安定稼働に至らず、多くのプラントが建設から数年で廃止。
- 一方、日本では、流動床などの独自技術の発展や、欧州導入技術の技術改善により、今日まで長期稼働の実績を有する。その中には、合成ガスを回収するガス化改質も含まれるが、その多くは初期（2000年頃）にコンセプトが評価されて建設・稼働中であるものの、運転コスト面から近年は新規導入されていない。

国内メーカーによる国内のガス化溶融・改質施設の導入状況

	方式	施設数 (国内)	メーカー（例）（グループ）	現時点の 最長稼働年数
ガス化溶融等	シャフト式	54	日鉄エンジニアリング、JFEエンジニアリング、川崎技研	26年
	流動床式	47	神鋼環境ソリューション、荏原環境プラント、三菱重工環境・化学エンジニアリング、日立造船	23年
	キルン式	13	タクマ、JFEエンジニアリング	23年
ガス化改質		7	JFEエンジニアリング、三菱マテリアル、極東開発	23年

出典：(一社)日本産業機械工業会エコスラグ普及委員会, エコスラグ有効利用の現状とデータ集 2020年度版などより作成

国外メーカーによるガス化溶融・改質施設の導入例

	方式	施設数	メーカー	稼働・廃止状況
ガス化溶融	プラズマ式	3（廃止含む）	AlterNRG(カナダ)	既に一部は廃止済 ※1
		1	Plasco	
ガス化改質	流動床式	1	Enerkem	カナダのエドモントンで2015年より都市ごみのガス化によるメタノール製造を開始

※1) 3施設のうち日本国内に導入された220t/日(2003年稼働)の施設は廃止済み。24t/日(2002年稼働)は稼働中とみられる。

出典：Simona Ciuta他 “Gasification of Waste Materials”, Academic Press (Elsevier), 2018 を踏まえて情報を追加

廃棄物(都市ごみ)の
熱分解ガス化技術の方式

熱分解ガス化技術

ガス化溶融等

熱分解ガスを燃焼させて、
残渣を溶融(スラグ化)等

ガス化改質

熱分解ガスを改質
⇒合成ガスを回収

※廃プラを対象としたガス化による合成ガス製造プロセスは20年以上前に実用化され、現在も商用運転継続中。

目次

- CN型炭素循環プラントの位置づけと研究開発の方向性
- 廃棄物処理プラントに係る国内外の市場概況
- プロジェクト①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発
- プロジェクト②：高効率熱分解処理施設の大規模実証
- **プロジェクト③：高効率なバイオメタン等転換技術の開発**
- プロジェクトの進捗管理、社会実装に向けた取組

研究開発項目③：高効率バイオメタン等転換技術の開発

高効率バイオメタン等 転換技術の概要

- 嫌気性発酵を行う生物化学的処理。
- 発電やガスとしての利用に適した**メタンを直接生成**することができる。
- **バイオガス(メタン+CO₂)**を生成 ⇒高濃度メタン化して利用など（※残渣の有効利用にも期待される）

高効率バイオメタン等 転換技術のメリット

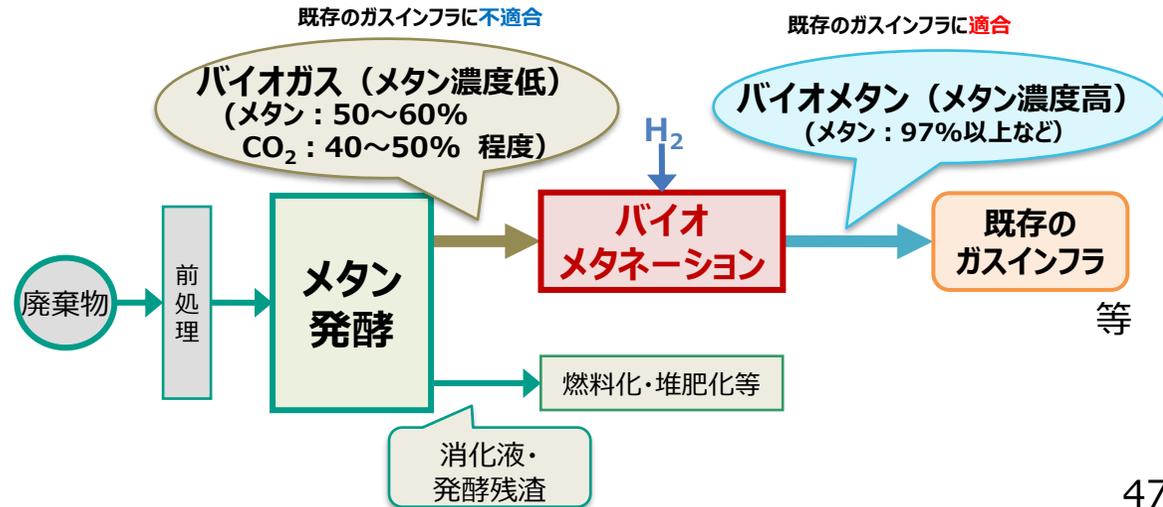
- ✓ 厨芥類などの食品廃棄物は、含水率が高く、**運搬とエネルギー回収の面**で熱処理よりも**メタン発酵技術による地域分散型処理が有利**となり得る。生ごみ（厨芥類）のみならず、し尿・浄化槽汚泥や下水汚泥、家畜ふん尿等の産業廃棄物と統合処理に向く。
- ✓ 地域の多様なバイオマス源を受入可能で、発酵残さの利用による輸入肥料の代替など地域への多面的効果が期待される。

高効率バイオメタン等 転換技術の開発状況

- ✓ 発酵で得られる**バイオガスには主成分のメタンのほかCO₂が40～50%程度と高濃度に含まれる**が、そのCO₂については現在は有効利用できていない。
- ✓ 低温低圧でのバイオメタネーションは現状では反応液相への水素の溶解速度が律速要因となり、スケールアップのためには大型のリアクタが必要となる。
- ✓ **カーボンフリーな燃料としてその需要が高まる**ことが予想されるが、**バイオメタンの都市ガスへの注入に向けてはガスのクオリティの確保が課題**となっている。

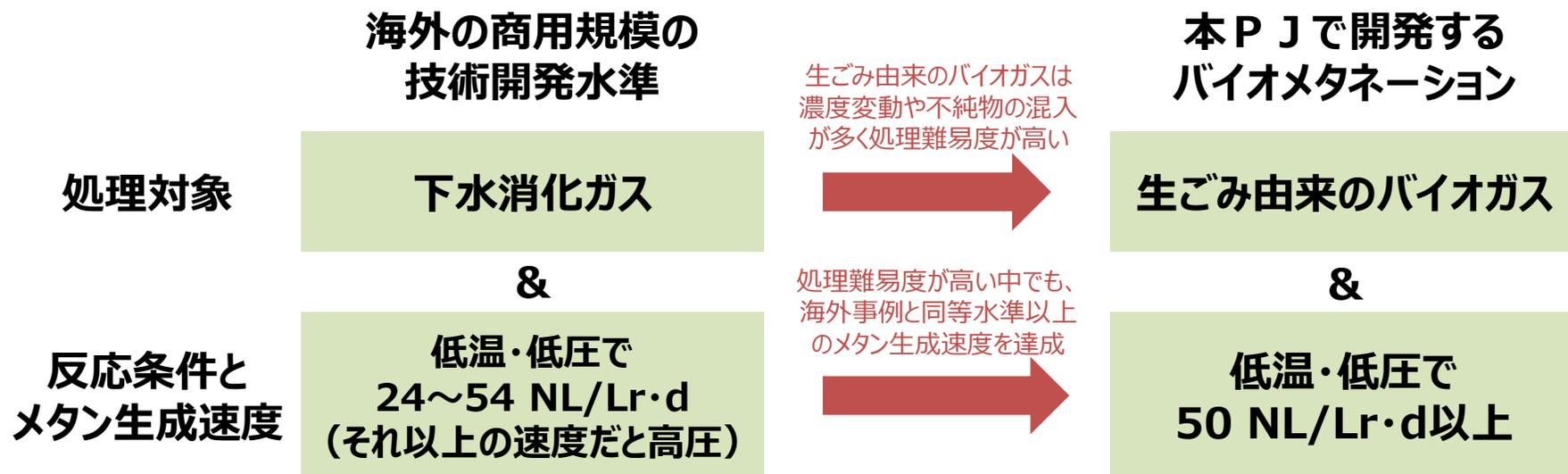
③ 有機性廃棄物から高効率にバイオメタンを製造する技術の開発

メタン発酵+バイオメタネーションのイメージ（例）



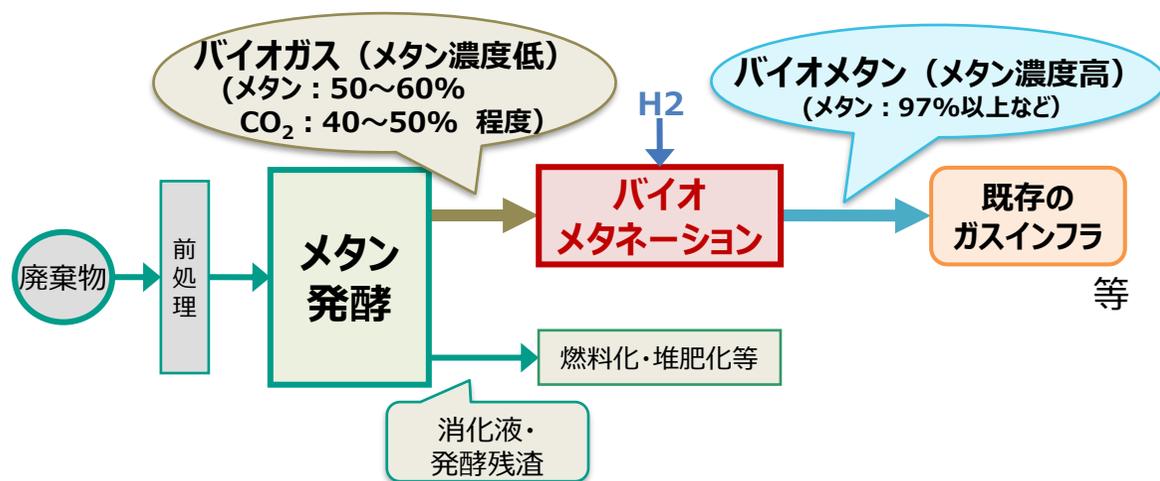
【項目③】研究開発目標（アウトプット）及び設定の考え方

- 含水率が高く長距離輸送に向かない有機性廃棄物に含まれる生物由来炭素を最大限回収しつつ、既存のガスインフラも活用して利用するために、「メタン発酵バイオガス直接メタネーションをパイロットスケールで実証（精製を含めてメタン濃度97%以上）」を目標として設定。
- また、社会実装を進めるうえで、安全性が高く、既存施設への適用が可能であると同時に、海外の商用規模の技術開発でみられるメタン生成速度[24~54 NL/Lr・d] と同等水準の技術とするために、「低温（数十度）かつ低圧（~0.8MPa）条件下でメタン生成速度50 NL/Lr・d以上」を実現することを目標として設定。



※NL/Lr・d：メタン発生速度の単位。リアクタ容量（Lr）の1日（d）当りのメタン発生量（NL）

参考：研究開発項目③で想定される要素技術の技術開発要素（例）



例1：新しいリアクタの開発

低温(数十度)かつ低圧(~0.8MPa)条件下でのメタン生成速度を向上させる、新たなバイオメタネーションリアクタを開発する。

例2：新たな制御システムの開発

生ごみ等有機性廃棄物由来のバイオガスに対応した、新たな制御システムを開発する。

【技術開発のポイント】

- ① 低温・低圧の条件下におけるメタネーションは、既存施設への適用及びイニシャルコストの削減の観点で効果的である。しかし、現状では、水素の溶解が律速要因となってリアクタが大型化し、スケールアップが困難であり、新たなリアクタの開発が必要。
- ② 既存実証が行われている下水消化ガスと比較し、メタン発生量、濃度の変動・不純物混入の多い生ごみ等有機性廃棄物由来のバイオガスを主な対象とした場合は、新たに、安定処理・安定制御のシステムを開発する必要がある。

参考：バイオガスの直接メタネーション方式の研究開発状況

- バイオガスの直接メタネーションは欧米を中心に、触媒によるメタネーションとバイオメタネーションのどちらに関しても研究開発が進んでいる。

分類 (化学/バイオ)	企業/組織	国名	ガス原料	TRL	反応温度	圧力	追加CH4生成量	CH4純度	反応器容量
化学メタネーション	Solarfuel/etogas(現在は日立造船)	Hessen, ドイツ	嫌気性消化	5	250-550°C	6 barg	14kWHHV	>91%, <4% H2	数Lの触媒
	Paul Scherrer Institut	Zürich-Werdhölzli, スイス	下水汚泥と生ごみの商用嫌気性消化	5	320-360°C	6 barg	0.6-0.84 Nm3/h (6.6-9.2 kW _{HHV})	>97%, <2% H2	<1 kgの触媒, 合計13 L
	Haldor Topsøe A/S	Foulum, デンマーク	農業廃棄物や家畜糞尿の嫌気性消化	5	280-680°C	20 barg	4 Nm3/h (45 kWHHV)	97.9%, <2% H2	全長2~3m, 直径は非公開
	Ineratec GmbH	Sabadell, スペイン	下水汚泥の商用嫌気性消化	5	475-375°C (1st), 375-275°C (2nd)	主に5 barg	約1.4 Nm3/h (15.4 kWHHV)	93.48%, <5% H2	29.5cm × 15cm × 33.5cmの反応器が2個(2 × 14.8L)
バイオメタネーション	Electrochaea	Avedøre, デンマーク	下水汚泥の商用嫌気性消化	7	60-65°C	10 barg	50 Nm3/h (550 kWHHV)	>97%	約7 m3 (3600 L-liquid)
	Microbenergy	Allendorf, ドイツ	商用嫌気性消化	7	60-70°C	5-10 barg	15 Nm3/h (165 kWHHV)	>98%	5 m3
	University for natural resources and life sciences (Boku), Vienna	Tulln, オーストリア	家畜糞尿とスクロースのパイロットスケール嫌気性消化	3~4	37 ± 2°C	Ambient	0.6 L/h (0.01 kWHHV)	94-99%	長さ1.5 m, 直径8 cm (容量7.5 L)
	National Renewable Energy Laboratory	California, 米国		N.A.	N.A.	18 bar	700 L (固定式) 30 L (移動式)	>97%, <3% CO2 (目標値)	N.A.
	Demonstration site Solothurn	Alps, スイス	下水処理プラント(古細菌)	6~8	62°C以下	10-11bar	30 Nm3/h (325 kW)	>97-99%	3.5m3

※触媒によるメタネーションでのバイオメタン化はTRLが概ね5程度。一方、バイオメタネーションについてはプロジェクト間で若干の差があり、相対的に必要エネルギーが大きくなる攪拌気泡塔反応器(TRL7程度)が、トリクルベッド反応器(TRL3~4程度)よりも開発が進んでいる。

※1 bar = 10⁵ Pa = 10⁵ N/m²。barは真空をゼロとするのに対し、bargは大気圧をゼロとする(ゲージ圧)。

出典：国立環境研究所資源循環領域小林主任研究員からの提供情報も踏まえ以下の文献よりパシフィックコンサルタンツが作成

[1] Calbry-Muzyka et al., Direct Methanation of Biogas—Technical Challenges and Recent Progress. 2020.

[2] NREL. Biomethanation to Upgrade Biogas to Pipeline Grade Methane. 2018.

[3] STORE&GO. Remarks to the reader of the STORE&GO Roadmap for large-scale storage based PtG conversion in the EU up to 2050. 2020.

参考：Electrochaea（ドイツ）のバイオメタネーション技術開発事例

- Electrochaea社（ドイツ）は、2020年より、European Innovation Council (EIC)（革新的技術のスタートアップやスケールアップに対し資金的支援を行う機関）から計1750万ユーロの資金援助を受けて、バイオメタネーションプラントのスケールアップ（10MWe）を実施。

※10MWeプラントのごみ処理量は30トン/日程度（5kWh/m³-H₂, 800kg-CO₂/トンごみ, 前段のCO₂分離回収率非考慮の場合の試算）であり、当該施設での生ごみ処理量を50kg/人・年、年間270日稼働と仮定すると、15万人程度のごみを処理することが可能。

【Electrochaea社のバイオメタネーション技術開発】

プラント稼働状況：

米国（0.25MWe）、デンマーク（1MWe）、スイス（0.7MWe）でパイロットプラント稼働中

スケールアップの規模：0.25～1MWe→10MWe※1

投資額：

3600万ユーロ（うち250万ユーロ（約3億円）がEUの研究・イノベーションプログラム「Horizon 2020」の一部である「EIC Accelerator」プログラム※2からの助成金、1490万ユーロ（約20億円）がEICによる株式投資）

合成メタンの製造量目標：

2025年までに年間150億立方フィート（約4.2億m³≒30万トン）※3

※1 Electrochaea社では最大50MWeのスケールアップを計画。

※2 「Horizon 2020」の「EIC Accelerator」プログラムでは2000社以上の応募の中から64社を選定。

※3 日本の2030年における既存インフラへの合成メタン注入目標量は28万トン（全体の1%）。（「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」2021年6月）

デンマークのパイロットプラント（バイオメタネーション技術を利用したP2Gプラント）の概要

容量	1MWe
ガス原料	Avedøre廃水処理センターの下水汚泥（都市ごみと異なり性状が比較的安定）
稼働期間	8か月（2015年～2016年）
バイオガス消費量	42,193Nm ³ （16,000Nm ³ -CO ₂ をメタン化）
電力消費量	708,215kWh （129,290Nm ³ -H ₂ を生産）
主な革新的技術の実証項目	商業規模の加圧反応器でのメタン菌の使用、バイオガス中の汚染物質に対するメタン菌の耐性、VRE（変動性再エネ）の利用可能量に合わせた負荷サイクルでの運転
生成ガス	メタン97%以上、水素2%未満、CO ₂ 1%未満、硫化水素5ppm未満（グリッド注入に必要な後処理は乾燥のみ）
排熱	バイオガス生産や廃水処理に利用

参考：日本における先進的なバイオガス・バイオメタンの活用事例

- 現在は、メタン発酵により得られたバイオガスからCO₂を除去・廃棄してバイオメタンが生産されている（アップグレード方式）。我が国でも、例えば都市ごみを対象にアップグレード方式によって得たバイオメタンを都市ガス原料として都市ガス工場に供給している事例がある。
- また、メタン発酵施設の中には、大都市の複合ビル内において厨芥の調達からバイオガスの利用までを完結させている需給一体型の事例も存在し、国外では事例を聞かないユニークな分散型の取組である。
- バイオメタネーション技術の研究開発では国外が先行している部分も大きいですが、我が国もバイオメタンの利用実績やメタン発酵施設の独自の研究開発の経験も踏まえた研究開発が可能である。

（鹿児島市）新南部清掃工場

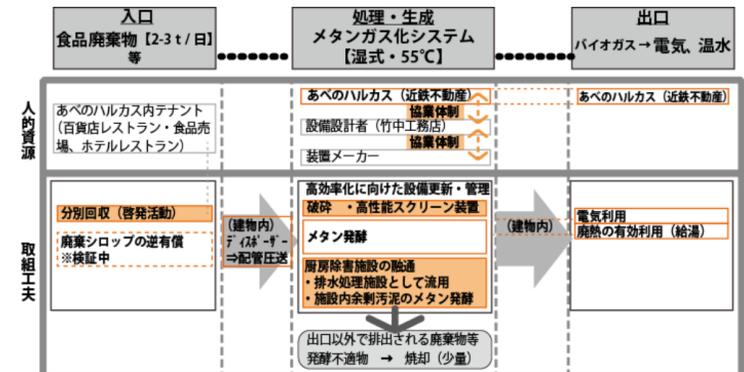
- 厨芥や紙などのメタン発酵により発生したバイオガスからCO₂を除去し、バイオメタンを都市ガスの原料としてガス会社へ供給している国内初の事例である。
- バイオガス施設の処理能力は60トン／日（30トン／日×2基）で、可燃ごみから選別された厨芥類を、し尿処理施設からの脱水汚泥等とともに処理している。



出典：鹿児島市ウェブサイト
<http://www.city.kagoshima.lg.jp/kankyo/seiso/nanbuseiso/kensetsukoujisinchoku.html>

（大阪市）あべのハルカス

- 百貨店やレストラン、ホテルの各店舗から出る厨芥をメタン発酵させ、発生するバイオガスを発電や給湯に利用している、国内初の大型複合施設における導入事例である。
- メタン発酵槽では1日2～3トンの厨芥と700m³の厨房排水の固形分を処理しており、建物内で収集から利用まで完結することによって、厨芥の運搬や処理にかかるエネルギー及び経費の削減を可能としている。



出典：近畿経済産業局「令和元年度 廃棄物の排出抑制等に資するバイオマスの有効活用事例調査事業報告書」(令和2年2月)

目次

- CN型炭素循環プラントの位置づけと研究開発の方向性
- 廃棄物処理プラントに係る国内外の市場概況
- プロジェクト①：CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発
- プロジェクト②：高効率熱分解処理施設の大規模実証
- プロジェクト③：高効率なバイオメタン等転換技術の開発
- プロジェクトの進捗管理、社会実装に向けた取組

本プロジェクトの進め方に関する考え方

【本プロジェクト共通の事項】

- プロジェクト期間の前半は技術開発を中心とした委託事業、後半は実装に向けた補助事業を基本とする。
- 複数のステージゲートを設定し、事業の進捗を見て継続可否を判断する。
- プロジェクトの実施体制として、①技術開発を行うプラントメーカー及び②実証事業後に実際の施設運転を行う廃棄物処理事業者（自治体※1or民間）の2者（1者で複数の役割を担うことも可）が提案者に含まれることを基本とし、③回収したバイオマス由来炭素原材料・燃料（CO₂、CH₄等）の利用者※2も提案者に含まれていることが望ましい。

※1 ②として自治体が想定される場合は、一般廃棄物の統括的処理責任を負う市町村の関与は、その後の社会実装を見据えたうえで重要であるが、応募時点での公表が困難な場合も想定されるため、応募時点からの共同提案という形態に限定せず、ステージゲート等プロジェクトが一定の進行を経た時点から共同実施者として関与することを妨げない。

※2 「③回収したバイオマス由来炭素原材料・燃料（CO₂、CH₄等）の利用者」については、例えば、回収したCO₂をH₂と反応させ、CH₄とし、都市ガスとして活用するとした場合に、燃料製造事業者やガス会社等が想定される。ただし、この工程については必ずしも革新的な技術を求めるものでなく、社会実装につながることを確認できる技術、用途であればよく、実証事業後の使用が継続されることを前提として持続可能な規模とする。

想定実施スケジュール（例）

- 2023年度から2030年度までの最大8年間を想定。以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことを妨げない。

年度	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
【研究開発項目①】 CO₂分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発	要素技術開発・実証 (TRL4) ・CO ₂ 分離回収を前提とした排ガス処理技術の開発 ・設備の高性能化や処理システム全体の高効率化 等		全体モデル構築・改良 (TRL5) ・大規模実証計画策定 ・エネルギー最適化 ・他GI基金プロジェクトの成果取り込み 等		大規模実証 (TRL6~7) ※実際の廃棄物を用いた標準的環境下での全体実証			
【研究開発項目②】 高効率熱分解処理施設の大規模実証	要素技術開発・実証 (TRL4) ・炭素回収率を最大化する熱分解技術の開発 等		全体モデル構築・改良 (TRL5) ・大規模実証計画策定 ・全体でのコスト削減 ・他GI基金プロジェクトの成果取り込み 等		大規模実証 (TRL6~7) ※実際の廃棄物を用いた標準的環境下での全体実証			
【研究開発項目③】 高効率バイオメタン等転換技術の開発	要素技術開発・実証 (TRL4) ・高効率な直接メタネーション技術の開発 等		全体モデル構築・改良 (TRL5) ・大規模実証計画策定 ・パイロット実証 ・他GI基金プロジェクトの成果取り込み 等		大規模実証 (TRL6~7) ※実際の廃棄物を用いた標準的環境下での全体実証			

▼: ステージゲート

TRL3:技術コンセプトの実験的な証明, TRL4:試験環境下での初期プロトタイプ実証, TRL5:想定使用環境下での機能別大型プロトタイプ実証, TRL6:想定使用環境下での統合プロトタイプ実証, TRL7:商用前実証によるソリューション検証, TRL8:実機での初期的商用稼働

関連GI基金プロジェクト、既存事業との連携

- 本プロジェクトでは、廃棄物処理に伴う炭素回収・利用のために必要な技術開発に取り組む。そのうえで、環境省と経済産業省その他関係省庁で調整し、**関連するGI基金プロジェクトとの連携（技術の情報交換、ノウハウ共有、DB連携等）**及び**既存事業への技術波及**により、技術開発・社会実装を加速。

関連GI基金プロジェクト

回収したCO₂等の燃料化・原料化技術の情報交換等

- ⑦ CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発
- ⑧ CO₂等を用いた燃料製造技術開発
- ⑨ CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発
- ⑲ バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進

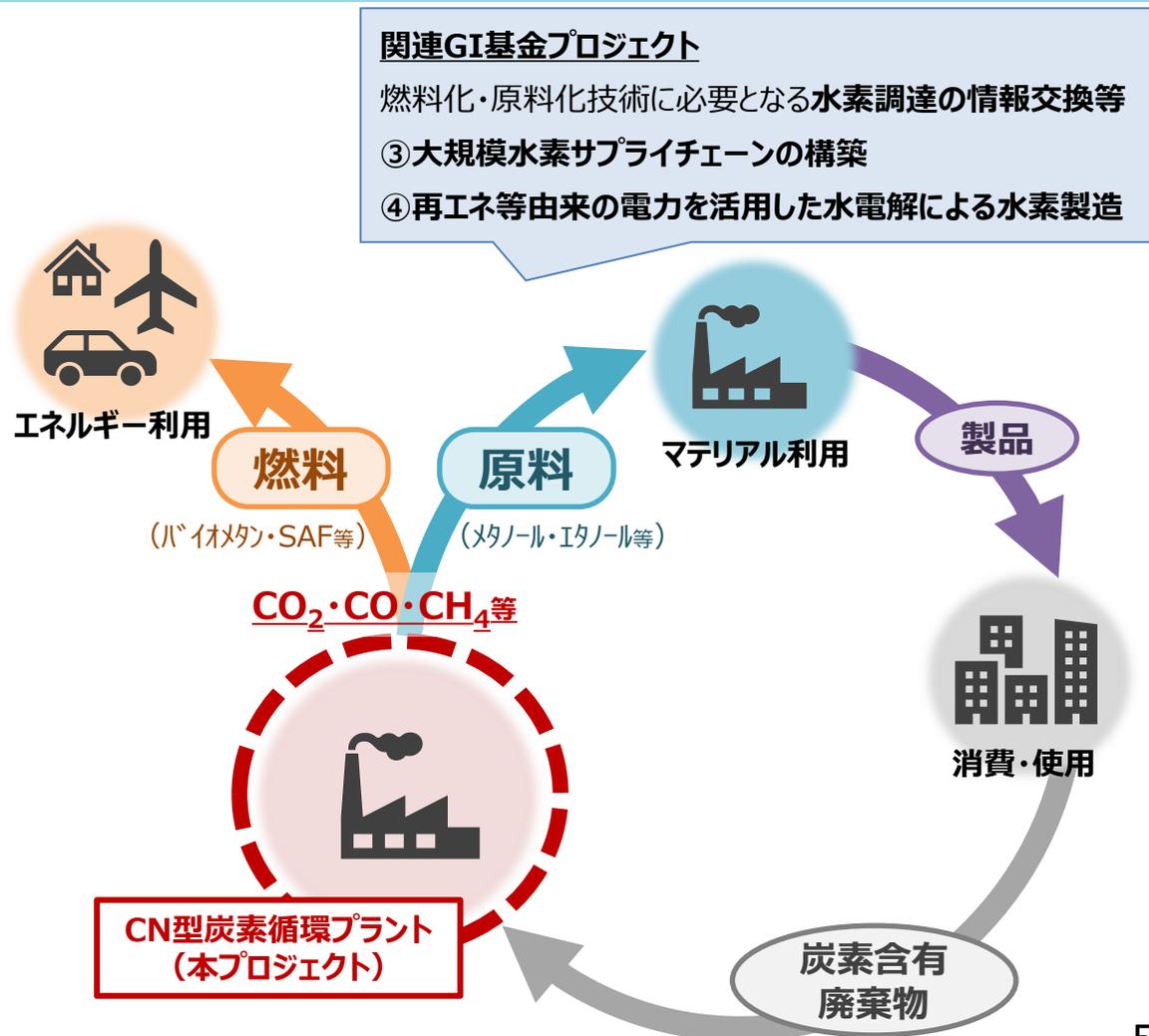
関連GI基金プロジェクト

CO₂の分離回収等技術の技術連携等

- ⑩ CO₂の分離回収等技術開発

既存事業（例）

- 市町村が廃棄物処理施設を整備する
⇒ 一般廃棄物処理施設整備への財政支援
- 収集運搬と中間処理を総合的に効率化する
⇒ デジタル技術の活用等による脱炭素資源循環システム創成実証事業
- 開発した技術を海外展開する
⇒ 循環産業の海外展開支援基盤整備事業
⇒ 我が国循環産業の戦略的国際展開による海外でのCO₂削減支援事業



参考：社会実装に向けた環境省の取組イメージ

- 国が策定する廃棄物処理に係る計画等において、本事業において開発を支援する技術等を活用した廃棄物処理の脱炭素化や、処理の広域化・集約化を含む安定的・効率的でバランスの取れた処理システムの構築を目指すことを明確化。
- 国内での社会実装を後押しするため、関係指針等を活用し、地方公共団体が策定する廃棄物処理に係る計画が上記の方向性に沿ったものとなるよう技術的助言を行う。さらに、一般廃棄物処理施設整備事業等も活用し、各地域における実装を財政的に支援。また、循環させる炭素の利用を促進するため、自治体、廃棄物処理業者と、CO₂の回収利用やバイオガスの利用者等との連携を後押しする仕組みの構築を図る。
- 海外展開に関しては、環境インフラ海外展開基本戦略に沿って、二国間政策対話や地域内フォーラム等の機会を活用しつつ、制度・ファイナンスとパッケージでの我が国技術の海外展開支援を行う。
- 国内外における社会実装を行う事業者に対し、株式会社脱炭素化支援機構（JICN）等からの出資等を通じた長期的な資金調達も期待される。
- その他、CNに資する新たな技術を既存の枠組みに組み込むために必要な制度・指針・技術認証等の検討。

一般廃棄物処理施設の整備



【令和5年度予算(案) 49,442百万円(49,442百万円)】

【令和4年度第2次補正予算額 45,628百万円】



一般廃棄物処理施設の整備を支援します。

1. 事業目的

- ① 市町村等が廃棄物の3R(リデュース、リユース、リサイクル)を総合的に推進するため、市町村の自主性と創意工夫を活かした広域的かつ総合的な廃棄物処理・リサイクル施設の整備を支援する。
- ② 平成当初以降にダイオキシン類対策のために整備した廃棄物処理施設の老朽化による、ごみ処理能力の不足や事故リスク増大といった事態を回避し、生活環境保全・公衆衛生向上を確保し、地域の安全・安心に寄与する。
- ③ 災害時のための廃棄物処理施設の強靱化及び地球温暖化対策の強化を推進する。

2. 事業内容

市町村等が行う一般廃棄物処理施設の整備には一時的に莫大な費用を要するため、交付金、補助金による支援が不可欠である。また、災害廃棄物処理の中核を担い地域のエネルギーセンターとして災害対応拠点となる一般廃棄物処理施設の強靱化を図る必要がある。

具体的には、以下の施設整備事業の一部を支援する。

- ・エネルギー回収型廃棄物処理施設(焼却施設、メタンガス化施設等)
- ・最終処分場
- ・マテリアルリサイクル推進施設
- ・有機性廃棄物リサイクル推進施設
- ・上記に係る調査・計画支援事業 等

3. 事業スキーム

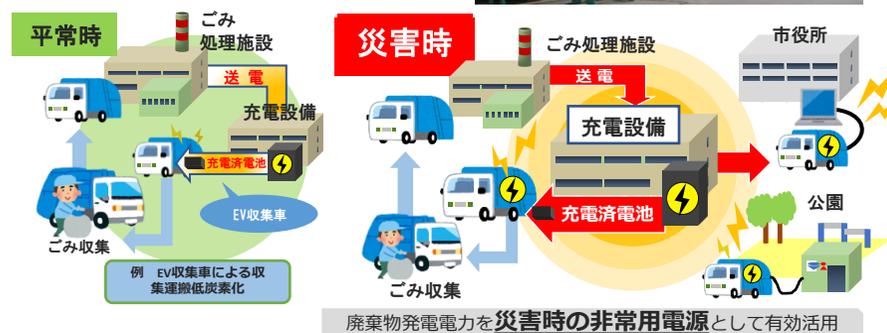
- 事業形態 交付金、間接補助事業(補助率1/3(一部1/2)、定額)
平成17年度～
- 実施期間 ■ 交付対象

4. 施設整備の例



老朽化及び対策不足のため、災害時の事故リスクが懸念されている施設の整備

「盛土」を行い施設全体を周辺地盤より嵩上げすることで施設への浸水被害を回避



参考：我が国循環産業の海外展開への支援

- 日本は、2021年6月に「インフラシステム海外展開戦略」を策定した。また、環境省では「環境インフラ海外展開基本戦略」を策定し、制度から技術、ファイナンスまでのパッケージ支援等による我が国循環産業の海外展開を後押ししている。
- 環境省では、二国間クレジット制度（JCM）を通じた環境インフラの海外展開を一層強力に促進するため、「脱炭素インフライニシアティブ」を策定した（2021年6月15日）。JCMにより、2030年度までに官民連携でGHG排出削減量累計1億トン程度を目指し（資金の多様化による加速化を通じて、官民連携で事業規模最大1兆円程度）、4つのアクション（国際ルール作りを主導、資金の多様化、国際的・地域的な展開、脱炭素市場の整備）による条件整備を行う。

環境インフラ海外展開基本戦略

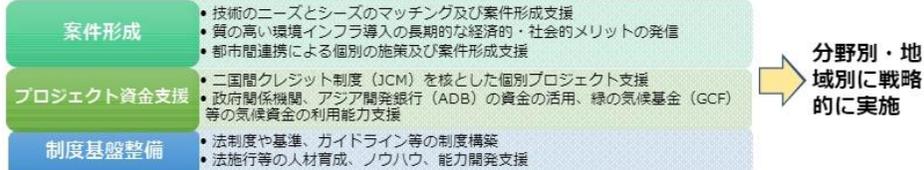
【目的】

- ・ 廃棄物処理施設や再エネ・省エネ設備等の環境インフラの導入・普及により公害被害を減らし、公害対策のコストを最小化する「一足飛び型」の発展を目指す必要。
- ・ 日本の環境技術・ノウハウ・制度を途上国に展開することで、途上国の環境改善に貢献するとともに、我が国のビジネス展開に寄与。
- ・ 「インフラシステム輸出戦略」（平成29年度改訂版）において、従来からの気候変動の緩和分野に加え、廃棄物分野が位置付けられたのを踏まえ、環境インフラの海外展開戦略を策定。

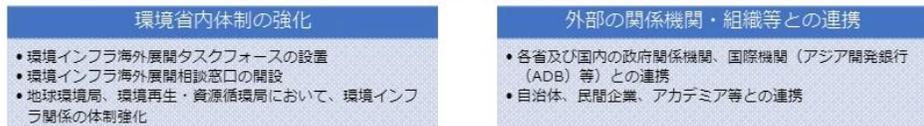
1. 二国間政策対話、地域内フォーラム等を活用したトップセールスの実施

- ・ 途上国において「ジャパン環境ウィーク」を設定し、政務又はハイレベルも出席して、複数テーマの環境技術等を紹介
- ・ 各地域の途上国の政府関係者、我が国の環境関係企業等を招聘して、「環境インフラシンポジウム（仮称）」を開催。日本の環境インフラ技術やノウハウを発信。

2. 制度から技術、ファイナンスまでのパッケージ支援及び経済・社会的効果の発信



3. 民間企業、自治体、他省庁や国内外の援助機関等と連携し、実施体制を強化



JCMにより海外展開を促進する環境インフラ

（JCMにおける注力すべき分野）

1. 再エネ

（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス、グリーン水素等）



太陽光



風力

2. グリーン物流（コールドチェーン含む）

（ノンフロン冷却装置、モーダルシフト、空港・港湾等）



高効率冷凍機



モーダルシフト

3. 廃棄物インフラ

（廃棄物発電、リサイクル施設、最終処分場等）



廃棄物発電



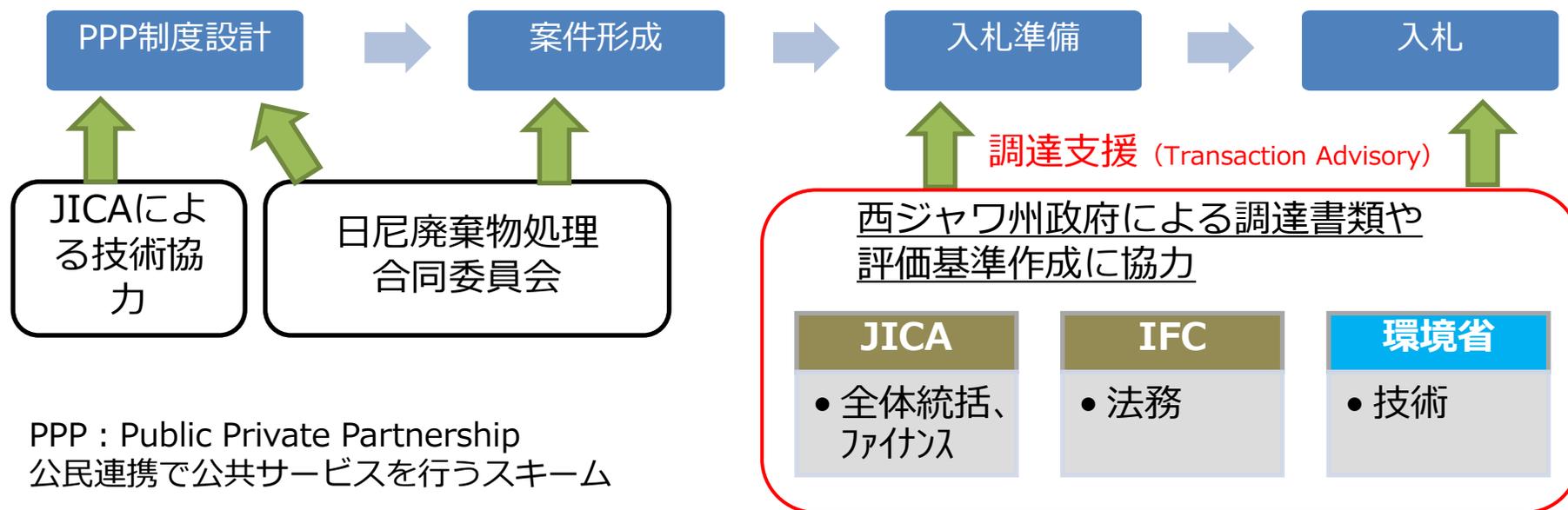
処分場改善（福岡方式）

※ この他にも、省エネ設備、エネルギー有効利用、CCUS、フロン回収・破壊、浄化槽、REDD+等

（『環境省 脱炭素インフライニシアティブ』より抜粋）

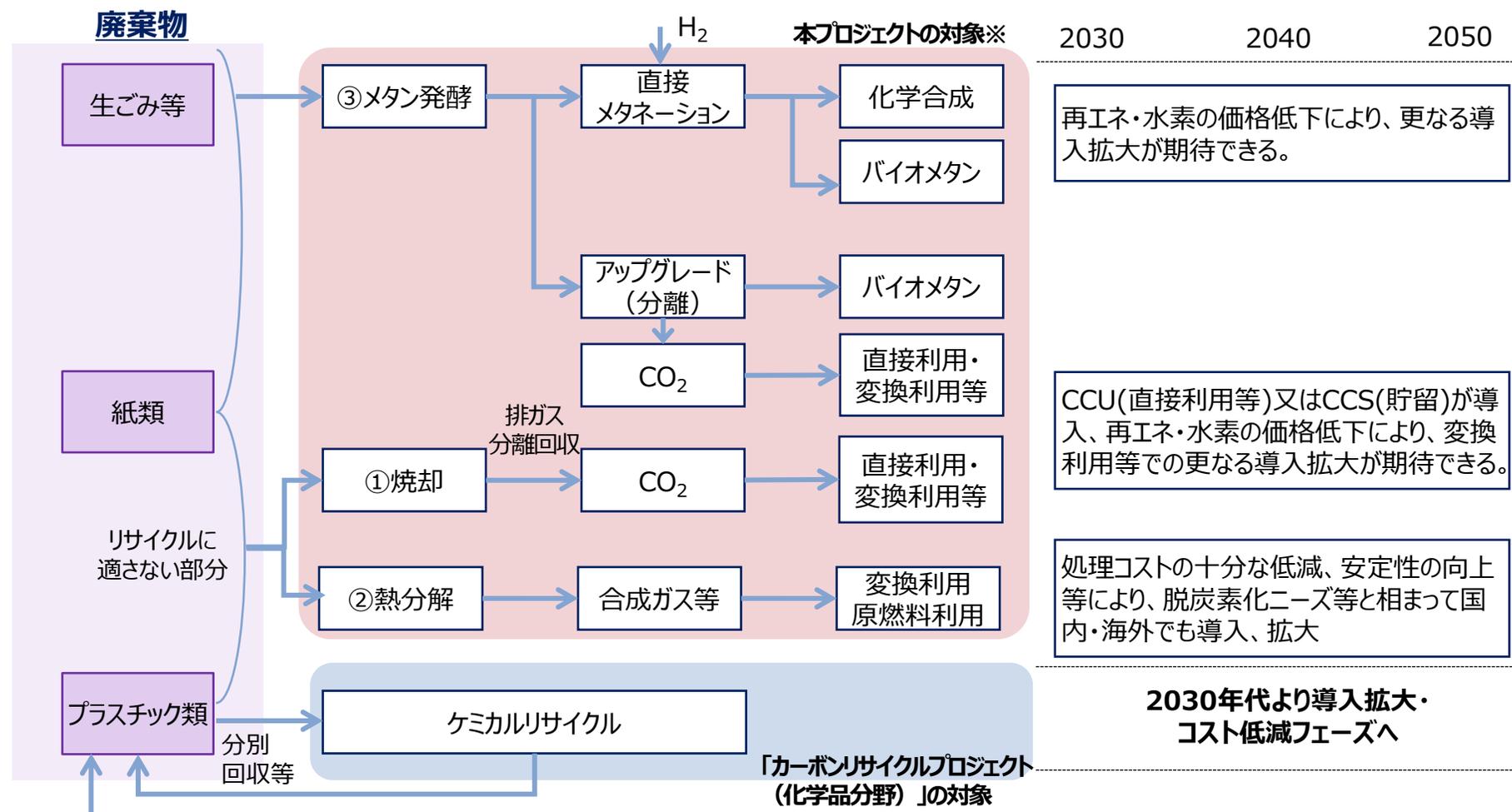
廃棄物発電 (インドネシア)

- インドネシアでは、大統領令により12都市が選定され、廃棄物発電の導入を計画中。
- これを踏まえ、JICA、環境省、IFC (国際金融公社) が共同で、西ジャワ州の廃棄物発電 (処理量約2,000トン/日) において、PPP方式による制度設計及び案件形成を支援 (**JICA初のPPP事業への調達支援**)。現在、入札実施中。
- PPP事業への調達支援は、相手国が行う調達書類や評価基準の作成に深く関与するため、優れた技術の選定や適切な官民のリスク分担の確保に極めて効果的。
- 西ジャワ州の**廃棄物発電PPPモデル**を、インドネシア国内及びアジアを中心とする各国へ拡大するために支援を継続。



CN型炭素循環プラントの技術別社会実装シナリオ

- 国内では、地域特性に合わせ、広域・集約型の処理と、局所最適のサイズや廃棄物の種類に合わせた方法による分散型の処理が並行してバランスよく導入されると想定。
- 海外では、廃棄物由来原料・燃料のニーズが高い地域や安価な水素／再エネの利用可能性が高い地域における技術導入が先行しつつ、再生可能エネルギー、水素の価格低下や脱炭素化ニーズの高まりの進展に応じてさらなる拡大が想定。



バイオプラスチック

※廃棄物処理と一体的に行われる部分のみを対象とし、関係するプロジェクトとの連携を行う

2050年に向けたCN型炭素循環プラントの導入拡大イメージ（再掲）

全方位的な技術開発による包括的な市場展開により
国内CN達成 + 産業全体でのGHG削減
経済波及効果 5兆円超

フェーズ3
 国内・先進国で市場を維持・拡大

フェーズ3
 拡大するアジア等新興市場
 に展開

フェーズ2
 主に国内・先進国に展開

フェーズ1
 GIで技術開発・実証

炭素価値の上昇
 水素価格の更なる低下
 SAF等の原料ニーズの一層の拡大

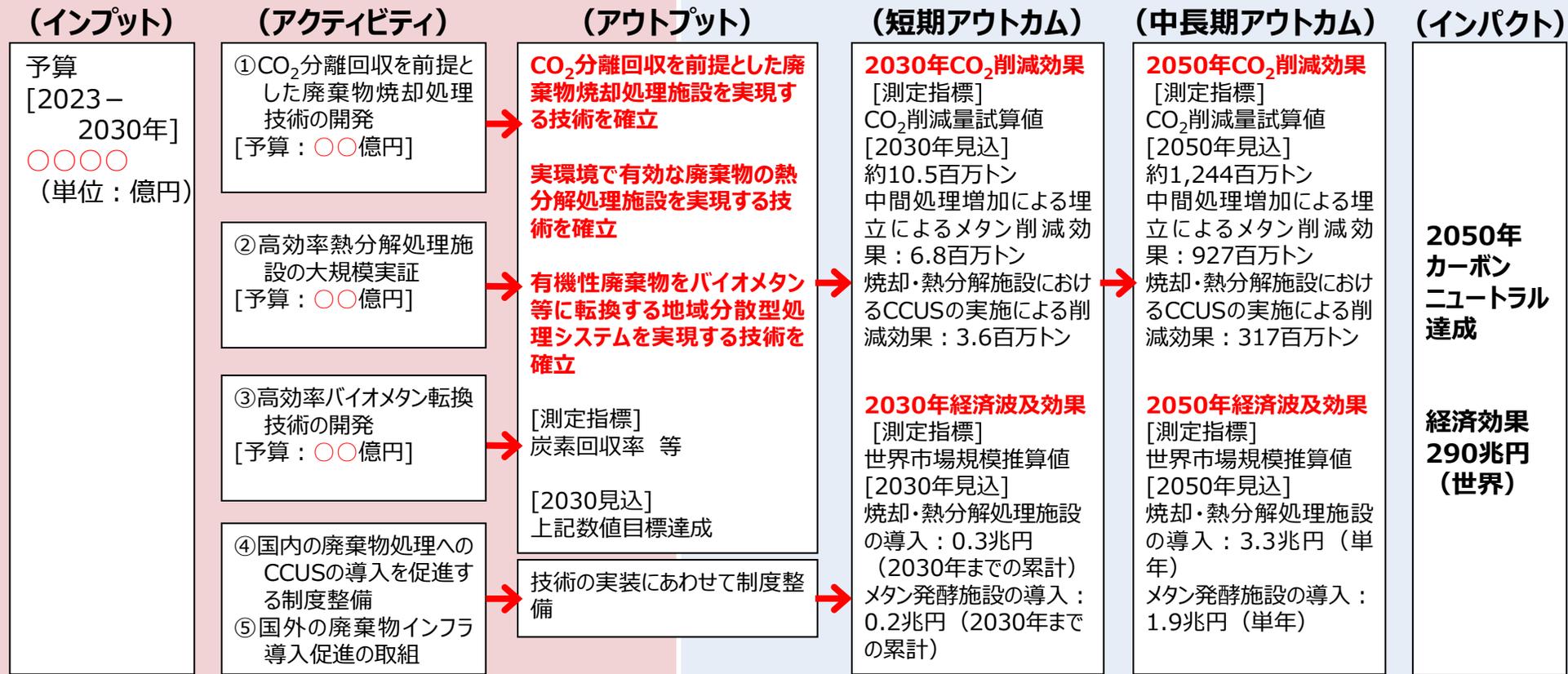
フェーズ3	フェーズ2の時点では非CN型プラントを選択していた国内のプラント設置者にも導入を進め、新興市場も開拓していく。廃棄物由来原料の市場を確立し、国際的なシェアを獲得していく。
フェーズ2	グリーンイノベーション基金の大規模実証を前例として、脱炭素化に取り組む複数市町村等で導入を進め、先進国の市場、SAF市場等に参入していく。
フェーズ1	グリーンイノベーション基金において、要素技術開発から大規模実証まで実施し、炭素循環プラントの商用化技術を確立する。

2030 2040 2050

「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクト ロジックモデル

直接コントロールできる部分

経済・社会等の変化
(誰が/何が、どう変化することを目指しているか)



アウトプットの達成が、アウトカムの発現につながることを示すエビデンス

- 経済成長に伴って、廃棄物発生量は増大し、リサイクル・焼却比率が増加する傾向にある。(例：世界銀行報告書(2018))
- サーキュラーエコノミーが進展しマテリアルリサイクルの比率が高まったとしても焼却処理のニーズは28%程度残るとされる。(例：CEWEP報告書(2018))
- 2050年にはバイオエネルギーからのCCUSで回収されるCO₂は1380Mtであり、そのうち半数は発電・産業セクターでのバイオエネルギー利用。また、バイオガス・バイオメタンの供給量は約2EJから約13EJへ増加。(IEA, Net Zero by 2050(2021))