

大阪府 環境・エネルギー技術シーズ調査・普及啓発業務

**府の長期目標達成および
国内外環境課題解決に資する
環境先進技術情報集
(全体版)**

目次

「環境・エネルギー技術シーズ調査・普及啓発業務」および本冊子作成の目的と背景	1
府域の長期目標とその達成に必要な技術に対するニーズ	3
脱炭素・海洋プラスチックごみの削減をめざす大阪府の取組み	4
府域の長期目標達成に必要な技術ニーズ	7
府域の長期目標達成に資する環境・エネルギー技術集	20
本書で紹介する技術一覧および掲載ページ	21
本書の技術紹介ページの構成と内容	22
府域の長期目標達成に資する主な技術の開発・普及ロードマップ	23
1. 脱炭素を実現する技術	30
1.1. エネルギー供給部門からのGHG排出対策	
(1) 変わりつつある日本のエネルギーミックス	31
(2) 水素からのエネルギー供給	44
(3) エネルギーの一時貯留／供給インフラの整備・最適化	51
1.2. エネルギー需要部門からのGHG排出対策	
(1) 産業部門	57
(2) 運輸部門	64
(3) 業務部門	70
(4) 家庭部門	75
(5) 廃棄物部門	81
1.3. CO ₂ 以外のGHG排出対策	87
1.4. 吸収源対策	90
1.5. CO ₂ 回収・貯留・利用	95
2. 海洋プラスチックごみ対策技術	103
海外での環境・エネルギー技術に対するニーズと動向	117

環境・エネルギー技術シーズ調査・普及啓発業務 および本冊子作成の目的と背景

気候変動や海洋プラスチック問題などの地球規模の環境問題は、世界中で取組まなければならない問題です。地球規模の環境問題の解決に向け、「パリ協定」や「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」といった2050年までの国際的な長期目標が設定される中、大阪府では、府域のCO₂排出量実質ゼロ、プラスチックごみゼロの実現をめざし、更なる取組みを進めています。

企業や金融機関においても、パリ協定を契機に、ESG金融の動きなどとあいまって、脱炭素化を企業経営に取込む動き（脱炭素経営）が世界的に進展しています。また、脱炭素化をめざし、グローバルにサプライチェーンの取引先を選別する動きも加速しています。自然災害による被害の激甚化など、気候変動問題が企業の持続可能性を脅かすリスクになりつつある中、従来の発想を転換し、カーボンニュートラルに向けた取組みを積極的に行うことで、産業構造や社会経済の変革をもたらし、次なる大きな成長につなげる「経済と環境の好循環」を実現していく必要に迫られています。

本冊子（全体版）は、府域事業者の皆様に向け、2030年、2050年の将来を見据えた先進的な環境技術の開発動向や市場の情報を網羅的・俯瞰的に整理し、理解を深めていただくことを目的として作成しました。脱炭素経営を進める中でのヒントとして、また、イノベーションを起こしうるアイデア想起のきっかけとして、皆様の一助となれば幸いです。

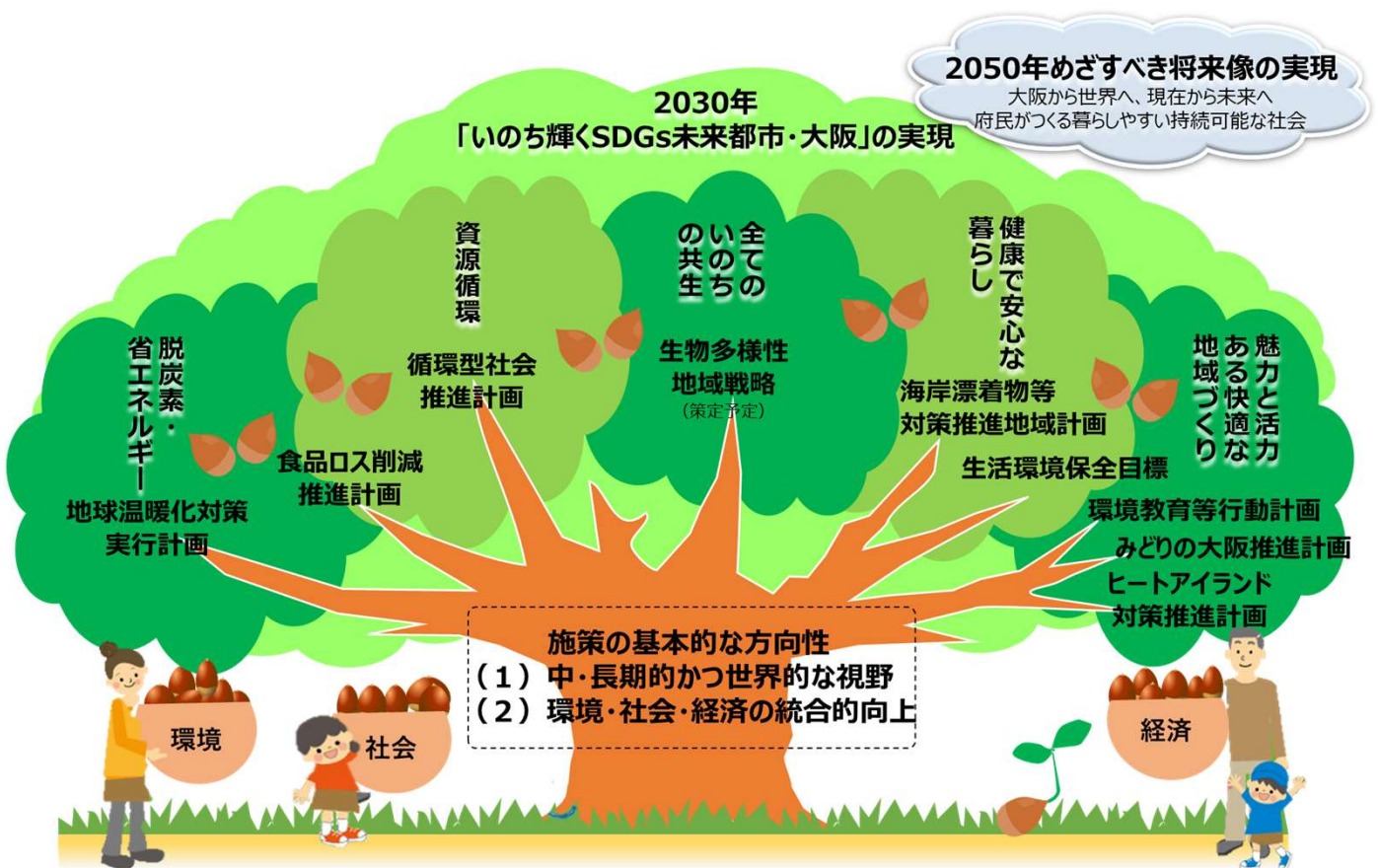
2022年3月

2030年を見据えた大阪府の環境計画


大阪府は2021年3月、「2030大阪府環境総合計画～いのち輝くSDGs未来都市・大阪をめざして～」を策定しました。これまで大阪府では、2020年度を年限とする「大阪21世紀の新環境総合計画」に基づき、持続可能な社会の構築に向けて低炭素・省エネルギーや資源循環等の各分野ごとに個別計画を策定し施策を展開してきましたが、近年、気候変動による自然災害リスクの増大など環境問題はさらに深刻度が増していることに加え、人口減少や高齢化など社会・経済課題とも密接に関係していることから、今後は環境・社会・経済それぞれの課題の改善を図る考え方や取組みが求められています。

■ 2030年の実現すべき姿

2025年の大阪・関西万博では、そのテーマである「いのち輝く未来社会」に関する先進的なアイデアが示される見通しとなっています。2030年には、そのアイデアが社会実装されていること、またSDGs実現の目標年が2030年であることも鑑みて、2030年に実現すべき姿を設定し、誰一人としてとり残されることなく、活力に満ち溢れた社会の実現をめざします。



出典：大阪府，2030大阪府環境総合計画



府域の長期目標とその達成に必要な 技術に対するニーズ

脱炭素を実現するための大阪府の取組み

■ 大阪府地球温暖化対策実行計画（区域施策編）

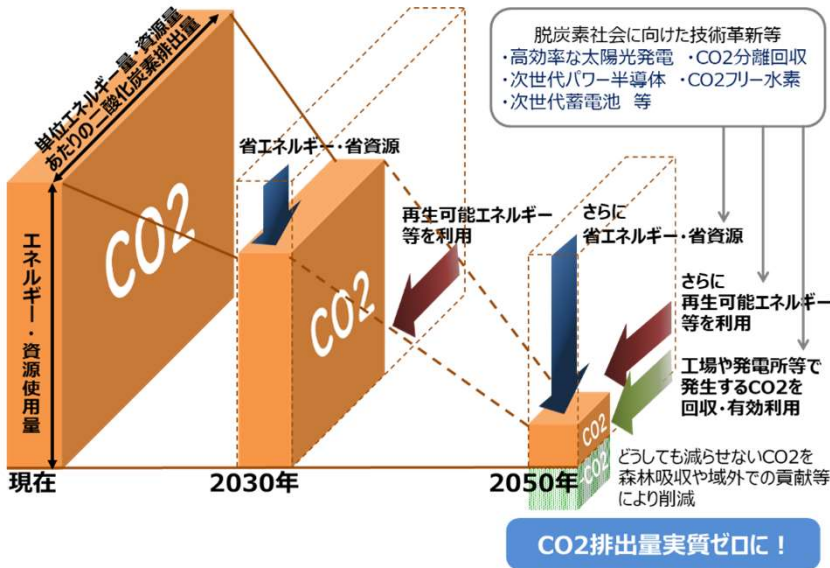
（計画期間：2021年度～2030年度）

2050年のめざすべき大阪府の将来像

2050年二酸化炭素排出量実質ゼロへ

～大阪から世界へ、現在から未来へ 府民がつくる暮らしやすい持続可能な脱炭素社会～

2050年二酸化炭素排出量実質ゼロに向けたアプローチ（概念図）



二酸化炭素排出量実質ゼロの実現に向けたアプローチ

- ・現在から2030年に向けては、エネルギー・資源使用量の削減と、単位エネルギー量・資源量あたりの二酸化炭素排出量の削減を同時に推進することが重要
- ・2030年以降は、さらなる取組みの推進を図るとともに、国と連携し、CO₂の回収・有効利用などの脱炭素社会に向けた技術革新・導入により、削減を加速することが重要

削減目標 2030年度の府域の温室効果ガス排出量を2013年度比で40%削減

2030年に向けて取組む項目

<p>取組み項目 1 あらゆる主体の意識改革・行動喚起</p> <ul style="list-style-type: none"> ・府民・事業者や市町村と気候危機であるとの認識を共有し、脱炭素化に向けて取組みを推進するための新たな場の創設 ・再生可能エネルギー電気の調達など府による率先行動 ・生産・流通段階でのCO₂削減にも考慮した大阪産など地産地消の促進 ・環境面だけでなく健康や快適性、レジリエンスの向上などのベネフィットにも訴求したZEHの普及促進 等 	<p>取組み項目 4 輸送・移動における脱炭素化に向けた取組み促進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ZEVを中心とした電動車の導入促進 ・市町村や民間企業と連携し、効率的な移動に寄与するAIオンデマンド交通などの新たなモビリティサービスの導入を促進 ・再配達削減の促進など貨物輸送効率の向上 等
<p>取組み項目 2 事業者における脱炭素化に向けた取組み促進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温暖化防止条例に基づく大規模事業者に対する届出制度の強化によるCO₂削減の推進 ・金融機関等と連携したESG投資の活性化などを通じた事業者の脱炭素経営の促進 ・ZEBの普及拡大など建築物における環境配慮の推進 等 	<p>取組み項目 5 資源循環の促進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使い捨てプラスチックごみの排出抑制及び分別・リサイクルなど3R等の推進 ・優良取組み事例の周知や商慣習の見直しなど食品関連事業者の取組み誘導による食品ロスの削減 ・フリの適正な回収・処理の推進及び自然冷媒への代替促進 等
<p>取組み項目 3 CO₂排出の少ないエネルギー(再生可能エネルギーを含む)の利用促進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・共同購入支援事業などによる太陽光発電設備等のさらなる設置促進 ・府域外からの調達による再エネ電力の利用拡大 ・CO₂排出の少ない電気の選択の促進 ・蓄電池、水素・燃料電池の研究開発支援及び導入促進 等 	<p>取組み項目 6 森林吸収・緑化等の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・森林環境譲与税等を活用した市町村による森林整備及び木材利用の促進のための技術的支援 ・都市公園の整備等によるみどりのネットワーク化 等 <p>取組み項目 7 気候変動適応の推進等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大阪の地域特性を踏まえた暑さ対策の推進 ・様々な分野における適応取組みのさらなる推進 等

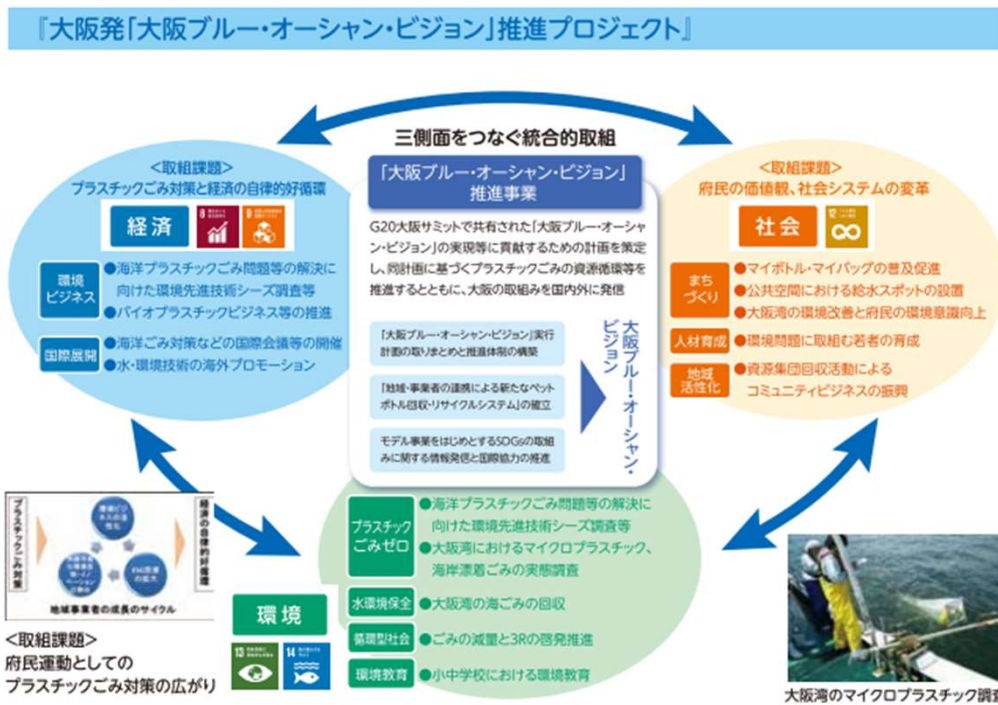
海洋プラスチックごみゼロに向けた大阪府の取組み

大阪府では、海洋プラスチックごみを削減するための取組みとして、大阪湾に流入するプラスチックごみの削減や、河川・海域の水質保全と水環境に関する市民の意識の向上を目指すとともに、資源循環（3R）の観点から、プラスチックごみの適切な管理により、消費者・事業者の行動変容を促すことによって、プラスチック資源循環の促進を目指して、次のような計画・目標を掲げている。

■ 大阪ブルー・オーシャン・ビジョン実行計画

大阪府・大阪市による、「2050年までに海洋プラスチックごみによる新たな汚染ゼロ」の実現に寄与するとともに、SDGsの達成への貢献をめざす計画を2021年3月に策定。「プラスチック製品の使用抑制と環境への流出の削減」、「プラスチックの資源循環に向けた地域活性化のシステム推進」、「海洋プラスチックごみ発生抑制のための国際協力」、「良好な水環境の創造」、「あらゆるステークホルダーとの連携」の5つを柱に掲げ、以下のような具体的な目標値を設定している。

- ✓ ワンウェイのプラスチック（容器包装等）を25%排出抑制（リデュース）〔現状値：17%排出抑制（2018年度）ただし2005年度比〕
- ✓ 容器包装プラスチックの60%を資源化（リサイクル）〔現状値：44%（2018年度）〕
- ✓ 2030年度に大阪湾に流入するプラスチックごみの量を半減〔現状値：現状を100%とする。〕
- ✓ 道路や河川、海域及び市民等による清掃活動で回収されるごみに含まれるプラスチックの割合を半減〔現状値：現状を100%とする。〕
- ✓ 新たなペットボトル回収・リサイクルシステムを通じて家庭から排出されるペットボトルの100%資源化（リサイクル）〔現状値：86%（2018年度）〕



■ おおさか海ごみゼロプラン（大阪府海岸漂着物等対策推進地域計画）

「豊かな大阪湾」の実現のため、プラスチックごみを含め人の活動に伴うごみの流入がない大阪湾をめざす「おおさか海ごみゼロプラン」を2021年3月に策定。このプランでは、2030年度に大阪湾に流入するプラスチックごみの量を半減することを目標とし、次の4つの基本方針に沿って漂着物対策に取り組んでいる。

- ✓ 方針1：プラスチックごみの削減に重点的に取り組むことを通じて、海岸漂着物等全体の削減をめざします
- ✓ 方針2：既存の知見に基づきできるだけ早い段階での発生抑制・回収に取り組むつつ、実態把握を踏まえた施策を段階的に展開します
- ✓ 方針3：SDGs達成を念頭に、他の環境問題や他分野の社会課題との相互のつながりを意識して施策を展開します
- ✓ 方針4：広域的視点を持って近隣府県や市町村、各インフラ管理者等との連携体制を構築します

■大阪府循環型社会推進計画

循環型社会の実現に向け、府民・事業者・行政のあらゆる主体が連携・協働し、3R（リデュース、リユース、リサイクル）及び適正処理の取り組みを推進するため、「大阪府循環型社会推進計画」を5年ごとに策定している。2021年3月に策定された現計画では、プラスチックの資源循環の促進や海洋プラスチックごみ問題の解決に向け、プラスチックごみ対策に重点的に取り組むこととし、新たに使い捨てプラスチックの排出削減やリサイクル等に関する目標を設定した。

目標項目		2019年度実績値	2025年度目標値	目標値設定の考え方
容器包装プラスチック (一般廃棄物)	排出量 (万トン)	24	21 (▲14%)	プラ戦略の目標(2030年までにワンウェイプラスチック25%削減)の達成を見据えた目標を設定
	再生利用率 (%)	27	50 (+23)	プラ戦略の目標(2030年までに容器包装プラ6割リサイクル等)の達成を見据えた目標を設定
プラスチック (一般廃棄物・産業廃棄物)	焼却量 (万トン)	48	36 (▲25%)	容器包装・製品プラスチックの削減・分別排出等の効果を見込んだ目標を設定
	有効利用率 (%)	88	94 (+6)	プラ戦略の目標(2035年までに使用済みプラスチック100%有効利用)の達成を見据えた目標を設定

■ おおさかプラスチックごみゼロ宣言

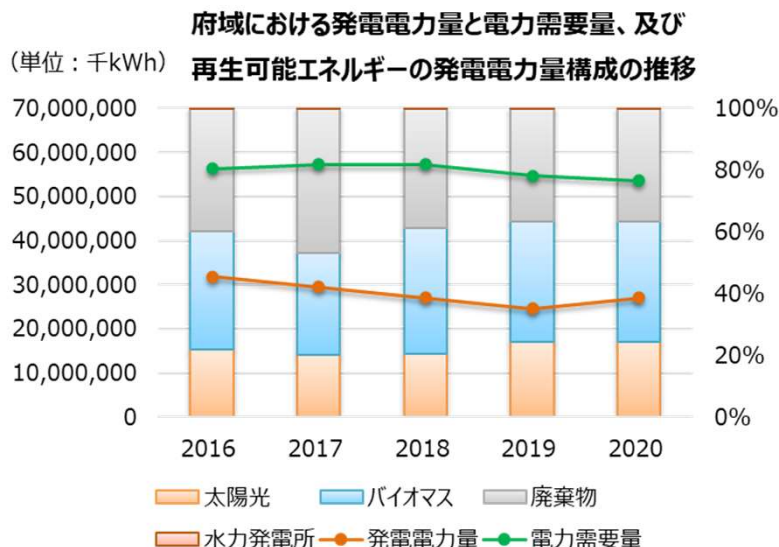
2019年1月28日、大阪府は大阪市と共同で「おおさかプラスチックごみゼロ宣言」を表明。G20大阪サミット、2025年大阪・関西万博の開催地として、また、SDGs先進都市をめざす大阪として、①使い捨てプラスチックの削減、②3Rのさらなる推進、③ポイ捨て防止、④プラスチック代替品の活用などに率先して取り組むことを宣言。府内の自治体・企業・学校等にも募集し、現在までに70団体が宣言している。(31市町村・組合、39事業者・団体。2022年2月10日現在)

府域のエネルギー資源活用の現状

■ エネルギー供給

大阪府域における再生可能エネルギーは、**太陽光発電、バイオマス発電、廃棄物発電が大半**を占めており、近年は太陽光発電の導入が進んでいる。

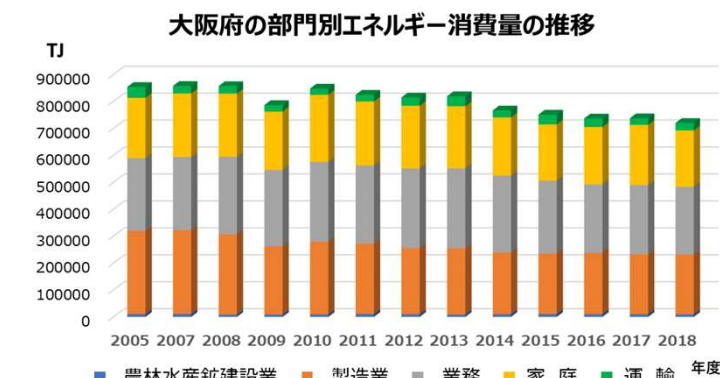
一方、エネルギーの大消費地である大阪では、府域の電力需要量が発電量を大きく上回っており、不足分は府域外から電力を賄っている。大阪府は、**エネルギーの「地産地消」を推進**しており、自立・分散型エネルギーとして、また温室効果ガス排出量の削減に資するエネルギーとして、**自然由来のエネルギーの利用拡大**を目指している。



出典：資源エネルギー庁，電力調査統計（都道府県別発電実績、都道府県別電力需要実績）より作成

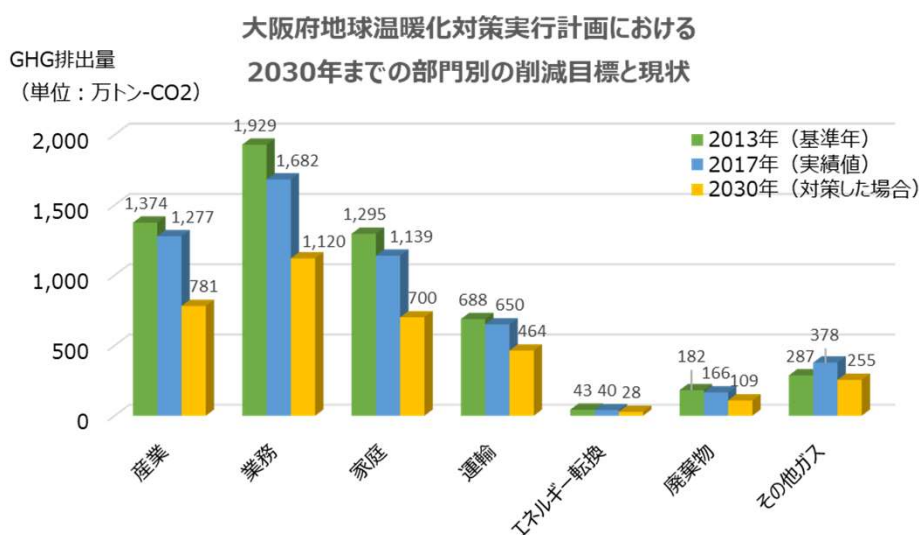
■ エネルギー需要

産業部門は、企業の努力等でエネルギー消費量の削減が進んだことなどにより、2017年度の排出量は2005年度と比べて2割以上減少した。一方で、業務部門、家庭部門及び運輸部門については、ほぼ横ばい傾向にある。製造業では、化学工業、及び鉄鋼・非鉄・金属製品業、業務部門では卸売業・小売業、医療・福祉、生活関連サービス業・娯楽業、宿泊業・飲食サービス業などが、多くエネルギーを消費している。



出典：資源エネルギー庁、都道府県別エネルギー消費統計より作成

大阪府の部門別GHG排出量の現状と地球温暖化対策実行計画における2030年目標



大阪府地球温暖化対策実行計画（2021年3月）において、2030年度の府域のGHG排出量を2013年度比で40%削減することを目標としている。

部門別にみると、産業部門から43%（650万トン-CO₂）、業務部門から42%（766万トン-CO₂）、家庭部門から46%（428万トン-CO₂）、運輸部門から33%（198万トン-CO₂）、及び廃棄物部門から40%（45万トン-CO₂）以上（2013年比）のGHGを削減する必要があるとしている。

自立・分散型エネルギー社会の実現に向けて

東日本大震災や増加する自然災害に対して、集中型エネルギーシステムの脆弱性が顕在化しており、このような状況において、大阪府はレジリエンスな社会・都市構築のため、**自立・分散型エネルギー社会の実現**を目指している。自立・分散型エネルギー社会では、太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーやコージェネレーション、燃料電池といった**多様なエネルギー供給**と、蓄電池や高度なエネルギーマネジメントシステムを駆使した**エネルギーの効率活用**、さらには**地域活性化**や**災害時のエネルギー供給の安定化**に資するものである。その取組みの一環として、大阪府では地下鉄網でのスマートグリッド導入やビルや工場へのスマートメーター導入などの実証実験が実施されている。

■ 再生可能エネルギー

府域に導入されている再生可能エネルギーの発電量が府域の電力需要全体に占める割合は小さい。また、大阪府での再生可能エネルギーの導入実績は、太陽光発電が圧倒的に多く、2030年度目標141万kWに対して、108万kW（2021年11月時点）導入されており、電力利用のための再生可能エネルギーとしては、最も導入ポテンシャルが高いと考えられる。**太陽光発電は事業者や個人が最も導入しやすいエネルギー**であり、分散型・自立型のエネルギーとして、またZEBやZEH、LCCM住宅の普及に伴い、今後も導入拡大が期待される。しかし、都市部においては、平地での設置場所が限られているため、**ビルの壁面を利用する壁面太陽光**などのニーズが拡大すると期待される。一方で熱利用に関しては、世界では市場が拡大しているものの、日本ではあまり導入が進んでいない**太陽熱**や、ヒートアイランド現象の緩和につながる**地中熱利用**などの導入拡大が期待される。

府域における再エネ導入目標、導入実績、導入ポテンシャル

再生可能エネルギー（電気利用）		府域の導入ポテンシャル（設備容量）	府域の計画・目標 ²	府域の導入実績（FIT認定）	
太陽光発電	住宅・商業	753万kW ¹ （レベル3）注1	2030目標値	47.9万kW ³	
	公共	962万kW ¹ （レベル3）注1	141万kW	58.5万kW ³	
バイオマス発電	畜産廃棄物	1,989 GJ ⁴	下水汚泥やごみといった都市特有のバイオマス資源の活用が必要	メタン発酵	5,440kW
	木質	57,468 GJ ⁴		木質	14,170kW
	農業残渣	64,878 GJ ⁴		農業残渣	0
	一般廃棄物・木質以外			2030目標値 28万kW	一般廃棄物・木質以外
再生可能エネルギー（熱利用）		府域の導入ポテンシャル	府域の計画・目標	府域の導入実績	
太陽熱		19.24PJ ¹	太陽熱利用の見直しや、ヒートアイランド現象の緩和につながる未利用熱（地中熱等）利用などの促進を図る	ソーラーシステム：2252台 ⁵ 太陽熱温水器：10029台 ⁵ （2004年から2021年の累積）	
地中熱		261.88PJ/年 ¹		704.75 kW ¹	

出典：1 環境省、再生可能エネルギー情報提供システム REPOS(リーボス)、2 大阪府温対計画（2021年3月）、おおさかスマートエネルギープラン（2021年3月）、3 資源エネルギー庁、固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト「A表 都道府県別認定・導入量(2021年6月末時点)」、4 緑の分権改革推進会議 第四分科会（2011年3月）、5 一般社団法人ソーラーシステム振興協会、「太陽熱温水器・ソーラーシステム設置実績」（2022年3月時点）

注1：REPOSでは、導入ポテンシャルを試算する際、一部の技術において、設置しやすさを考慮したレベル分類をしている。当該調査は環境先進技術を対象としているため、この表では、最もレベルが高い（設置の難易度が高い）ポテンシャル値を示す。

■ エネルギーの一時貯留

再生可能エネルギーは天候等により発電量が左右されるため、第6次エネルギー基本計画や2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略では、再生可能エネルギー導入拡大とともに、**蓄電池を成長分野**として位置づけている。

資源エネルギー庁の定置用蓄電システム普及拡大検討会によると、産業用・業務用の定置用蓄電池は、まずは自治体を中心に導入が進み、その後価格の低下に伴い、商業施設や工場等に導入が進むと想定されている。商業施設では、24時間電力を消費するコンビニエンスストア、スーパーマーケット、

産業用・業務用蓄電システムの市場規模予測

病院等で需要があるとされ、工場では特に製造業で需要が期待される。商業都市でもあり、かつ製造業が多い大阪においては、産業・業務部門において、蓄電池の普及が期待される。

一般的な産業用・業務用・家庭用の定置用蓄電システムの導入に関する課題は、導入コストが高く、また蓄電システムの性能、品質等を評価する方法の未統一や取り扱える業者が限られているなどユーザーメリットが十分に発揮されていないことが挙げられる。しかし、再生可能エネルギーの普及に伴い、今後蓄電池の市場は大きく拡大すると予測される。



出所) 2016、2018、2019年の実績値は富士経済「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望」、2017、2020、2025、2030年は三菱総研の推計値。

出典：資源エネルギー庁「第4回 定置用蓄電システム普及拡大検討会」（2021年2月2日）における「資料4定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ」（(株)三菱総合研究所）

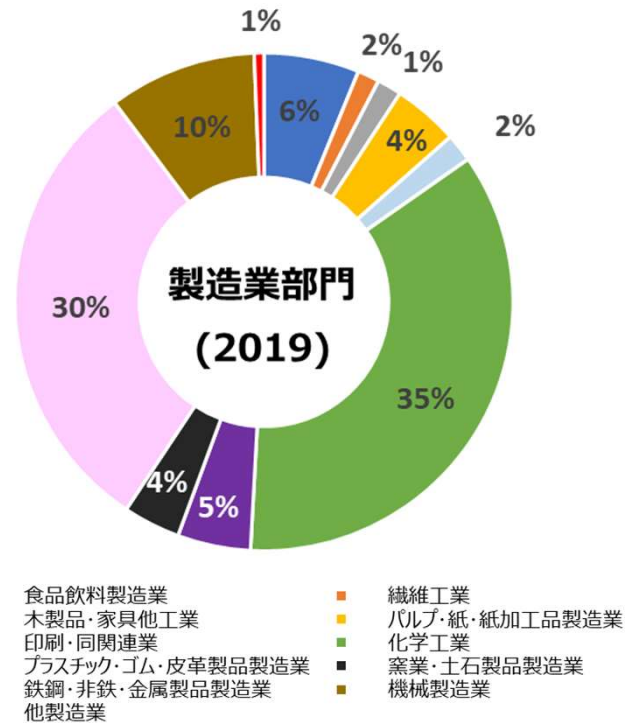
■ 省エネルギー

大阪府は大規模エネルギー消費地であるため、将来の二酸化炭素排出量実質ゼロ社会の実現には、各部門での**省エネルギー対策の徹底**が重要になる。

□ 産業部門

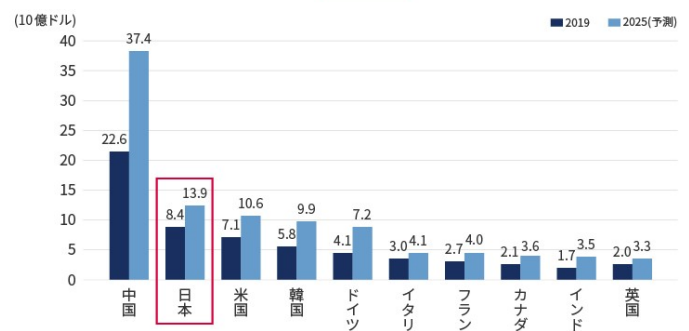
産業部門におけるGHG排出量、エネルギー消費量は、企業の努力もあり減少傾向にあるが、大阪府の地球温暖化実行計画では、2030年度までに2013年度比で43%・GHG排出量781万トン-CO₂まで削減することを目標に掲げている。大阪府において、産業部門からのエネルギー消費量のうち、製造業のエネルギー消費量は約95%を占めるが、その内訳をみると化学工業、及び鉄鋼・非鉄・金属製品業が最もエネルギー消費量が多く、それぞれ35%と30%を占める。これは、化学・金属などの「基礎素材型」産業の占める割合が高く、特に化学工業の割合が他都市に比べて大きい府域の製造業の特徴に由来する。また、府域の中小企業の44%~46%が金属製品業含む基礎素材型産業である。一方で、近年府域の製造業界の事業所数は減少傾向がみられ、既存の工場に導入しやすい脱炭素技術がよりニーズがあると考えられる。

一般的に中小企業が抱える省エネ対策の障壁として、導入コストや導入メリットが分かりづらいことが挙げられるが、比較的導入コストが抑えられ、効果が見える化できるFEMS、スマートファクトリーなどのIoTやAIを活用した省エネ技術の普及が期待される。



出典：資源エネルギー庁、都道府県別エネルギー消費統計より作成

主要10カ国のスマートファクトリー市場規模 (2019-2025年)



スマートファクトリー

日本政府は、コネクテッドインダストリーズ (Connected Industries) という概念を世界に発信するなど、製造業におけるデジタル化を推進している。2019年の国内市場規模は84億ドルで中国に次いで世界第2位。2025年度には1兆1,000億円を超える規模にまで拡大すると予測されている。

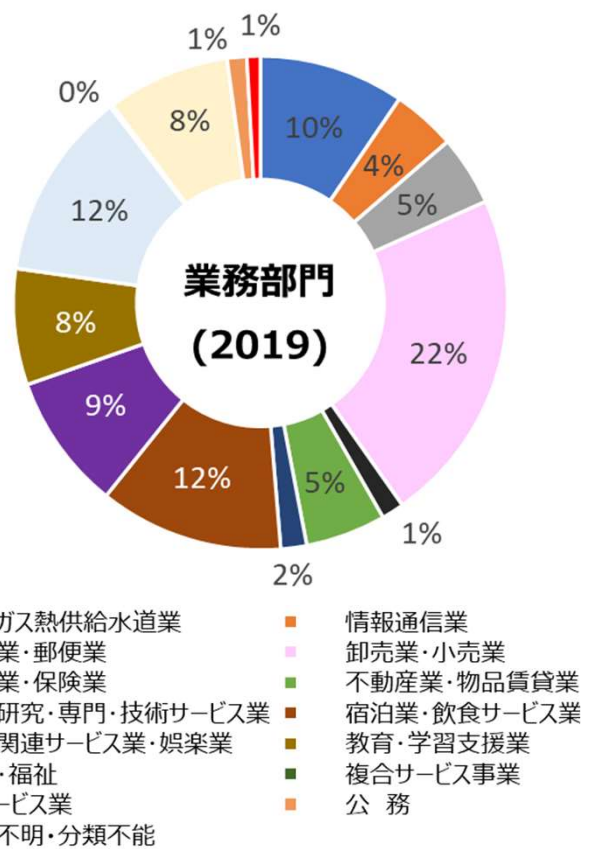
出典：JETRO, 製造業レポート, 2021年

□ 業務部門

府域の業務部門におけるエネルギー消費量は、ほぼ横ばい傾向にある。大阪府の業務部門のうち、卸売業・小売業が最もエネルギー消費量が多く、次いでエネルギー消費量が多いのは医療・福祉、生活関連サービス業・娯楽業、宿泊業・飲食サービス業などである。

大阪府は大規模商業都市であり、**エネルギー消費の大きい中規模・大規模の商業施設やオフィスビルなども多く、省エネニーズが高い**。一方で、業務部門は産業部門に比べて、エネルギーコストの支出全体に占める割合が少なく、需要家が省エネインセンティブを感じにくく、省エネ対策が進みにくい部門である。

建築物省エネ法の規制は今後強化される方針のため、建物全体の省エネに貢献するZEBや、省エネ効果が見える化できるだけでなく、来店者数、テナント別売上など事業に関わるあらゆるデータも含めて一元的に見える化でき、管理やマーケティングへの活用なども可能なBEMSなどの導入が期待される。

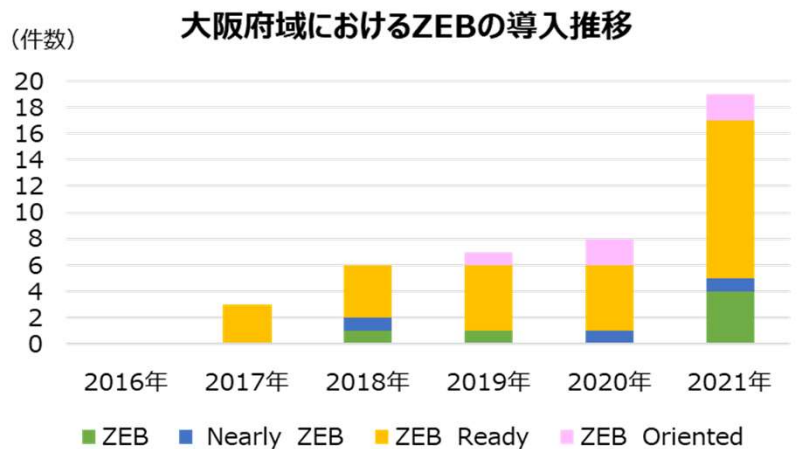


出典：資源エネルギー庁、都道府県別エネルギー消費統計より作成

ZEB/ZEH	2030年度以降に新築される住宅・建築物についてZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能の確保を目指し、建築物省エネ法による省エネ基準適合義務化と基準引上げ、建材・機器トッランナーの引上げなどに取組む（第6次エネルギー基本計画）
----------------	--

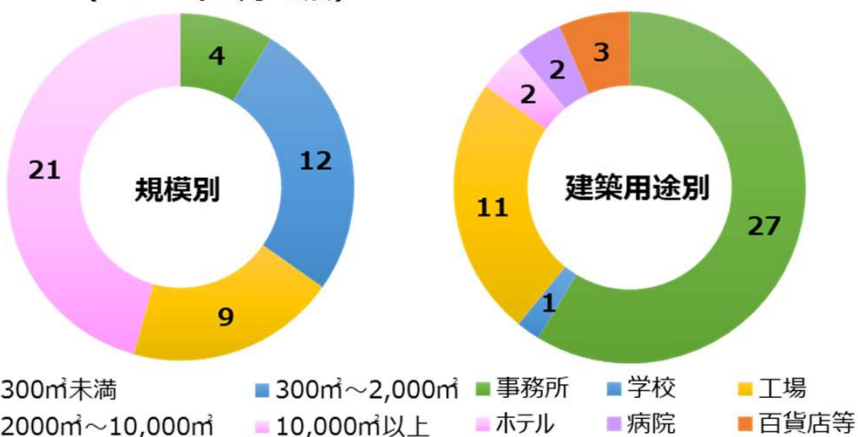
ZEBは政府の支援もあり、全国的には中規模・小規模の建築物を中心に徐々に導入が進んでいるが、経済産業省によると、延べ面積 10,000 m² 以上の ZEB 化（ZEB Ready 以上）の事例は少なく、年間の新築着工に占める割合が棟数ベースで1%程度に留まっている。一方で、大規模な建築物におけるエネルギー消費量は約36%程度と大きく、新築建築物全体のエネルギー消費量に与える影響が大きいことから、エネルギー基本計画で設定した 2030 年目標を達成するためには、**延べ面積 10,000 m² 以上の建築物における ZEB 化の実現・普及が重要**となる。

大阪府におけるZEBの導入は着実に進んでおり、2021年は前年度の約2.4倍の19件であり、うち延べ床面積 10,000 m² 以上の建物は12件であった。しかし、新築建築物（非住宅）に占めるZEBの導入率は依然小さく、2021年は棟数ベースで0.62%であった。規模別では、延べ面積 10,000 m² 以上の建築物への導入が最も多く、300m² 未満の小規模建築物への導入が最も少ない。建物の用途別では、事務所への導入実績が最も多く、次いで工場への導入が多く、病院や百貨店、大学等への導入は限定的である。



出典：住宅性能評価・表示協会より作成

大阪府におけるZEB導入実績（BELS評価実績）（2022年2月時点）



出典：住宅性能評価・表示協会より作成

ロ 家庭部門

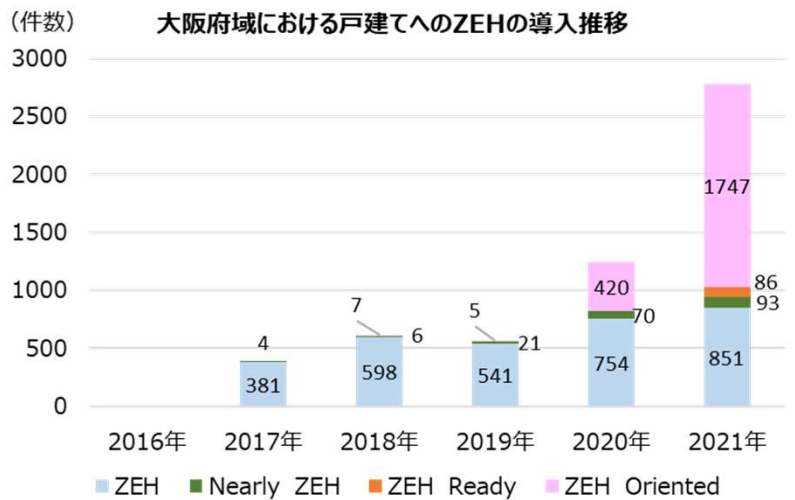
府域の家庭部門におけるエネルギー消費量は、近年ほぼ横ばい傾向にあるが、コロナ禍の影響で、またアフターコロナ社会において、テレワークの増加などのライフスタイルの変化により家庭でのエネルギー消費量が拡大していくことが予測される。

一方で、家庭部門は、産業部門に比べて、エネルギーコストの支出全体に占める割合が少なく、省エネへの取り組みによる個人への負担も大きく、金銭的メリットが必ずしも大きくないことから、省エネが進みにくい部門である。しかし、府のGHG排出削減目標を達成するためには、家庭部門における脱炭素化の取り組みが重要であり、家全体の省エネに貢献するZEHや家庭内のエネルギーを見える化するHEMS、さらには**太陽光発電システム、家庭用蓄電池や燃料電池**などの導入が期待される。

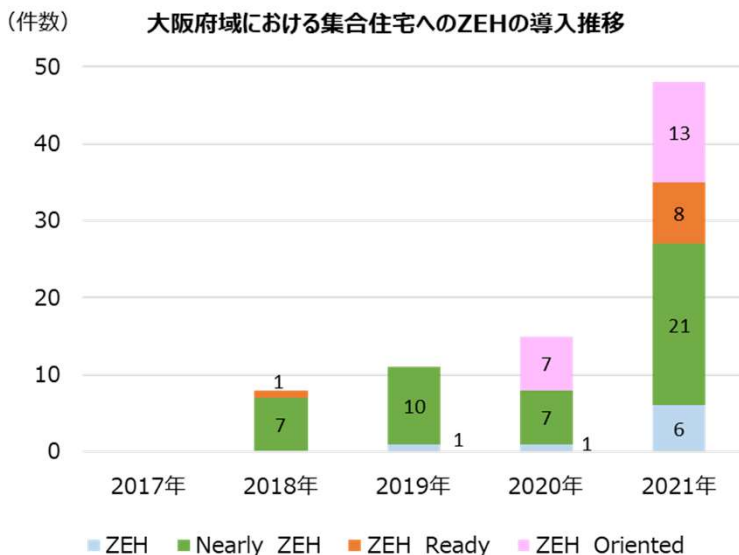
大阪府におけるZEH導入実績（2022年2月時点）

環境省によると、2018年度の国内のZEH市場は、ZEH（戸建て住宅対象）が約1兆6,000億円、ZEH-M（集合住宅対象）が227億円であった。ZEHは新築戸建住宅が最もニーズが高く、既築住宅への導入は、大規模改修が必要になるため限定的である。また一般的に、集合住宅より戸建て住宅の方が太陽光発電の導入メリットが大きい。このため、今後も新築戸建住宅を中心にZEHの導入が進むと考えられ、注文住宅だけではなく、分譲住宅でも採用が進むことが期待される。

大阪府においても戸建てへのZEHの導入は着実に進んでおり、2021年にZEHを導入した戸建ては、前年の約1.6倍の2,777戸であり、2021年の新築戸建件数（22,295戸）に占めるZEH導入率は、12.45%であった。これは従来のZEHの分類に加え、2018年度より新たな分類としてZEH Orientedが追加され、立地条件的に従来のZEH基準を満たすことが出来なかった都市部狭小地でも、基準を超える断熱性・省エネ性を備えていれば、太陽光発電や蓄電池が無くてもZEHが認定されるようになったためと考えられる。



出典：住宅性能評価・表示協会より作成



出典：住宅性能評価・表示協会より作成

集合住宅へのZEH導入数は戸建てと比較して少なく、2021年における集合住宅へのZEH-M導入数は48件であり、2021年の新築集合住宅件数（46,705）に占めるZEH-M導入率は、わずか0.1%であった。しかし、2021年のZEH-Mの導入件数は、前年比の3.2倍であり、飛躍的に増加している。特に、より高性能で1次エネルギー75%削減に貢献するNearly ZEH-Mの導入が大幅に拡大している。

● HEMS

家庭内のエネルギーを「見える化」し、自動制御により効率的にエネルギーを活用を可能とするHEMSも、ZEHやIoT住宅などの高付加価値型住宅の需要の高まりにより、またエネルギーの自給自足の意識の高まりによる太陽光発電システムや家庭用蓄電池の導入増加により、市場は拡大するとみられている。(株)富士経済「2020 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査」（2020年10月14日発行）によると、2030年のHEMSの国内市場は、2019年度比132.3%となる86億円に達すると予測している。

● 家庭用蓄電池

経済産業省が、2030年に向けた家庭用蓄電池の導入見通しを示している。

家庭用蓄電システムの国内市場

	2019	2025	2030
新築住宅への蓄電システム販売台数 (新築住宅着工数に占める蓄電システムの導入割合)	2.5万台※1 (9%)	5.8万台 (24%)	8.4万台 (40%)
既築・PV未設置住宅への蓄電システム販売台数	2.6万台※1	10万台	15万台
既築・PV既設(卒FIT)用導入台数	4.4万台※1	11万台	11万台
新築住宅、及び既築住宅への家庭用蓄電池導入台数	11万5千台/年※2	26万台/年 累積158万台	35万台/年 累積314万台
新築住宅、及び既築住宅への家庭用蓄電池導入容量	0.81 GWh/年※2 累積2.6 GWh※2	1.9 GWh/年 累積11 GWh	2.4 GWh/年 累積22 GWh

※1推測値であり、※2の実績値 (一社)日本電機工業会, JEMA 蓄電システム自主統計 2020 年度出荷実績より (2021年6月25日) であるため、※1の合計値と※2の実績値に相違が生じている

出典: 資源エネルギー庁「定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ」(2021年2月2日)、及び(一社)日本電機工業会「JEMA 蓄電システム自主統計 2020 年度出荷実績より」より作成

● 家庭用燃料電池 (エネファーム)

都市ガスやLPガスから取り出した水素と酸素を反応させ、電気と熱をつくるエネファームは、政府の支援もあり市場は拡大している。大阪府の2020年度のエネファームの補助金交付台数は7,603台 (うち、都市ガス仕様7,567台、LPガス仕様36台) であり、2009年以降の累積補助金交付台数は51,458台 (うち、都市ガス仕様51,042台、LPガス仕様416台) であった。今後、再生可能エネルギーの普及が進み、都市ガスやLPガスに置き換わることで、家庭部門からより大きなCO₂削減効果が期待される。

大阪府におけるエネファーム補助金交付台数

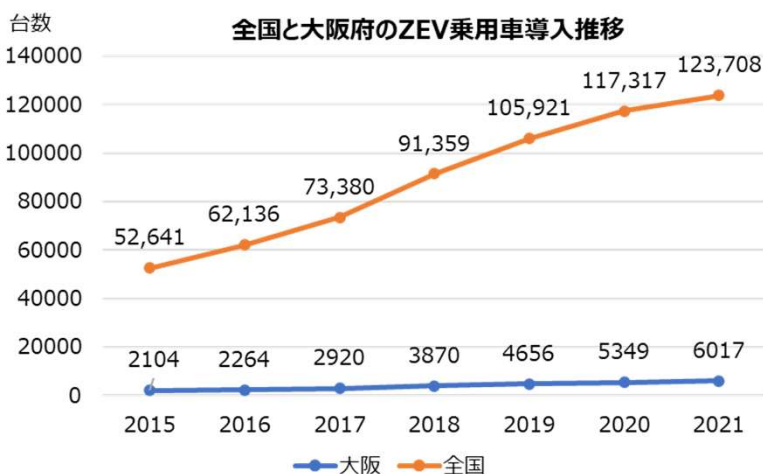


出典: (一社)燃料電池普及促進協会
補助金交付年度別台数より作成

□ 運輸部門

府域の運輸部門におけるエネルギー消費量は、2015年から2017年までは減少傾向がみられたが、近年再度増加傾向に転じている。

各国政府がEV導入目標を掲げており、また各自動車メーカーもEV生産目標を打ち出すなど、自動車の電動化が今後加速すると考えられる。府域でも徐々に導入が進んでいるものの、府域自家用車保有台数ベースでの府域EV乗用車の割合は1%に満たない。一方、府域で導入された電動貨物車は2021年時点で35台のみで、全国比2% (同年の全国電動貨物車:1,688台) であった。近畿運輸局が公表している2021年の府域における普通車・小型四輪の貨物車数は約32万台であり、ほとんど電動化が進んでいない。



出典: (一財)自動車検査登録情報協会
低公害車の燃料別・車種別保有台数より作成

EVの普及に向けては、充電インフラの整備が必須であるが、2022年3月17日時点で府域に863か所 (「GoGoEV」サイト: 運営 (株)株式会社ゴーゴラポ) の充電スタンドが設置されている。特に**日常的に業務でEVを利用する場合、航続距離と充電時間は企業営業に直接影響する課題**である。現在の充電時間は、急速充電器でも30分以上要するが、**充電時間が10分以下の超急速充電の実現可能性**が期待される**全固体LIB電池の開発**などをNEDOが進めている。

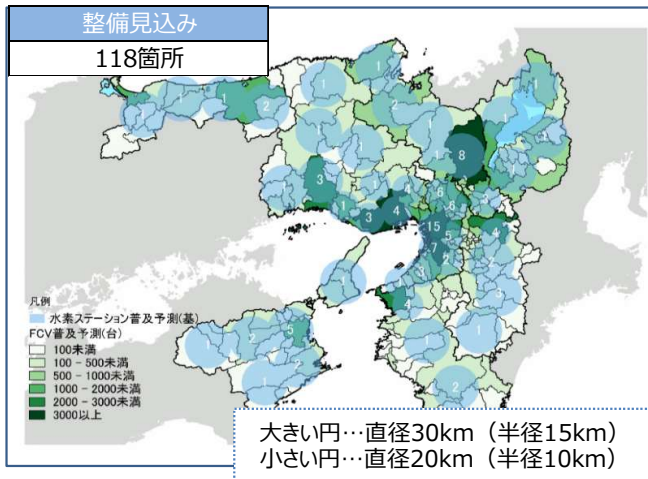
一方、全国の住宅における充電設備の設置状況は、近年V2Hが注目されていることもあり、EV購入者の9割が戸建て居住者であった (経済産業省「EV・PHV普及に関する経済産業省の取組」(2017年5月31日))。しかし、大阪府をはじめ都市部では、集合住宅の割合が高く、**家庭におけるEVの普及には、マンション等への充電設備の設置拡大が必要**である。

■ 水素エネルギー

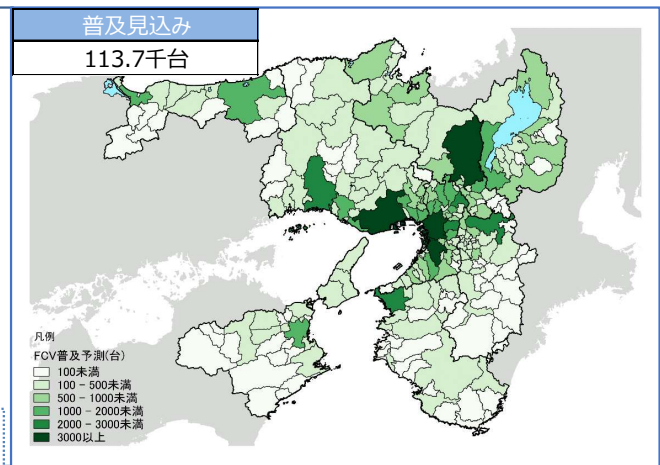
2050年カーボンニュートラル社会には、水素社会の実現が不可欠である。水素エネルギー産業では、水素の製造・運搬・利用までのサプライチェーン全体で様々な分野の技術開発が必要になるが、大阪府には高い技術力をもつ中小企業が集約しており、これらの企業の活躍が期待される。

府が策定したH2O s a k aビジョンでは、大規模エネルギー消費地である大阪府では、運輸部門での水素利用や純水素型の定置用燃料電池といった特に水素の「利用」分野を中心とした取組みを推進している。例えば、大阪府をはじめ関西圏は空・陸・海の物流拠点となっていることから、FCトラックへの転換は、大きな水素需要の創出と運輸部門の脱炭素化への貢献が期待される。また、国の水素基本戦略において2030年度までにFCバスを1,200台程度の導入を目指すとしており、府域においても路線バスとしてのFCバスが2022年3月に2台導入され、運行する。

関西圏の水素ステーションポテンシャルマップ



関西圏の燃料電池車ポテンシャルマップ



出典：関西広域連合, 関西圏の水素ポテンシャルマップ (2021年3月改定)

水素利用技術の大阪府への導入状況 (2021年)

水素ステーション	9か所 (全国比5.7%) (2022年3月16日時点) (一社)次世代自動車進行センターホームページから引用
FC自動車	240台 (全国比4.5%) (2022年1月)※関西圏全体では508台 (全国比9.6%)
FC船	岩谷産業(株)や、ヤンマーホールディングス(株)・ヤンマーパワーテクノロジー(株)などが大阪・関西万博会での運航を目指し、調査、実証中
FCフォークリフト	関西国際空港や伊丹空港で稼働中。中央卸売市場、貨物取扱空港、港湾倉庫等の物流拠点での導入に期待
FCバス	2022年3月に2台導入。短時間充電の実現、FCバス・トラック用水素ST、性能・耐久性・信頼性の向上、コスト削減技術と量産技術の確立が必要
FCトラック	実用化には、短時間充電の実現、FCバス・トラック用水素ST、性能・耐久性・信頼性の向上、コスト削減技術と量産技術の確立が必要

■ その他 (CO₂吸収源の強化・CO₂回収・貯留・利用)

森林や海洋生態系は、生物多様性や防災など多面的機能を持つが、その一つとして大気中のCO₂を吸収し、長期間固定する。そのため、森林整備や干潟・藻場の再生、維持管理とともに、エントリーツリーなどバイオテクノロジー等の技術も活用しながら、効果を高めていくことが期待される。また、バイオマスを炭化したバイオ炭の農地への施用は、土壌改良効果だけでなく、CO₂の固定化するという側面もあり、気候変動緩和策としてもIPCC (気候変動に関する政府間パネル) 等において国際的に認められている。

大阪府では、大阪府沿岸における藻場の創造・保全に向け、2022年1月「大阪府海域ブルーカーボン生態系ビジョン～藻場の創造・保全による豊かな魚庭(なにわ)の海へ～」を策定した。

大阪市立大学が、太陽エネルギーと大気中のCO₂を人工的に光合成させて化学品を合成する「人工光合成」の技術について研究している。同大学では、人工光合成研究センターを設立するなど、その実用化に向け、効率的な企業等との産学官連携研究に取り組んでいる。

府域での海洋プラスチックごみの現状

環境省の調査では、大阪湾の漂流ごみのうち、人工物が約7割を占め、さらにそのうちの8割以上がプラスチック類との推計結果がある（プラスチック製の漁具・漁網は含まず）（環境省2016）。

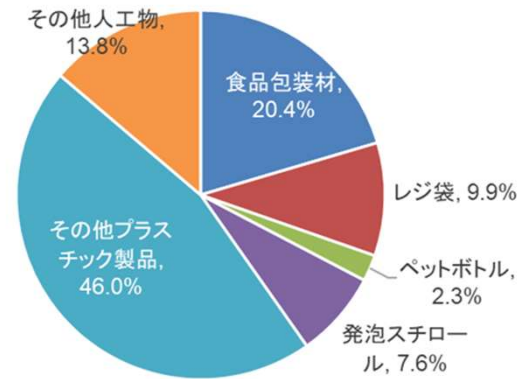
また、瀬戸内海における研究では、海洋ごみの約7割は陸域からの流入であるとの試算もある（藤枝ら2010）。

大阪湾2地点での海水中のマイクロプラスチックの実態把握調査、及び海岸漂着ごみのモニタリング調査の結果では、マイクロプラスチックの材質は、ポリプロピレンが最も多く、次いでポリエチレン、ポリエチレンテレフタレートが多かった。これらは、食品容器や包装材、ペットボトル等に使用されており、日常生活で発生したごみがマイクロプラスチック化しているものと推定される。

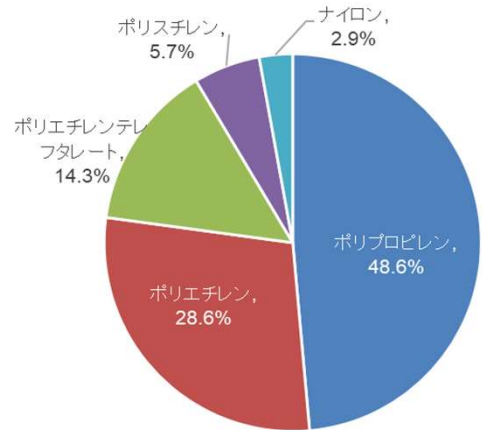
漂着ごみは、人工物のごみのうち、プラスチック・発泡スチロールが重量の62%を占め、食品容器や包装材、カトラリー等、陸域での日常生活で発生するものが多かった。

関西広域連合では、「大阪湾海底調査」、「淀川水系河川ごみ分布調査」、「マイクロプラスチック流下量調査」、「河川ごみ構成調査」などを実施している。

大阪湾の海底にはレジ袋が約300万枚が沈んでいると推計された。また、河川ごみでは、食料品の容器・包装プラスチックごみ、ペットボトルと飲料缶、レジ袋などが多かった（関西広域連合2019年）。

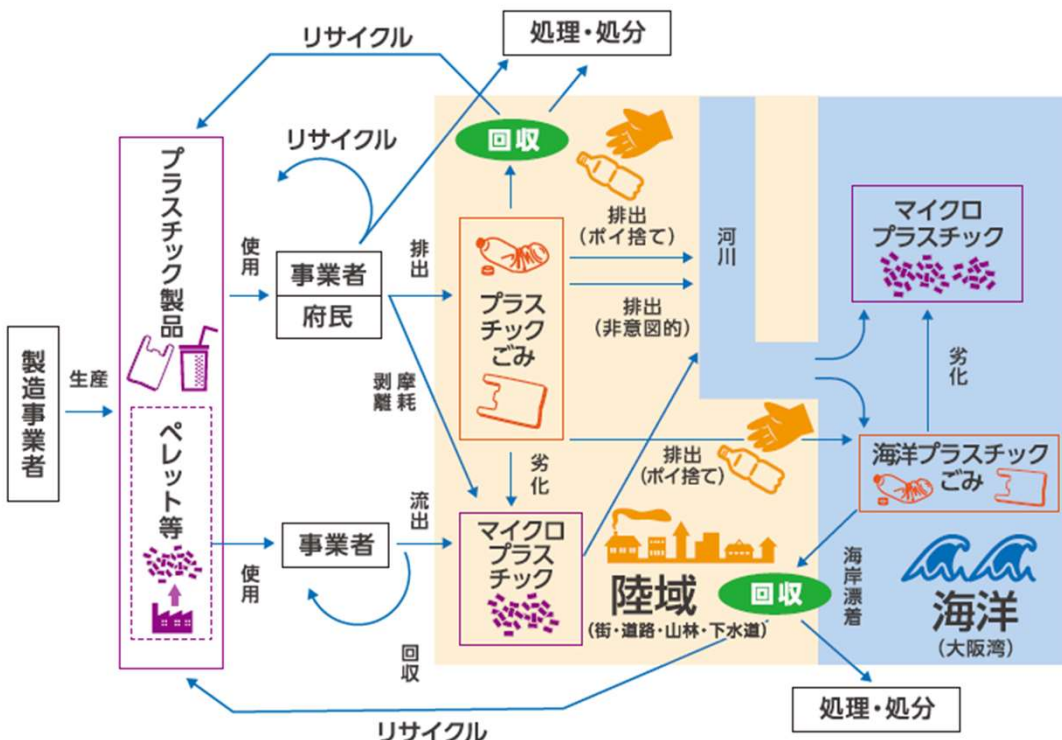


大阪湾の漂流ごみ種類別割合（推計密度）
出典：環境省，平成27年度瀬戸内海における漂流ごみ実態把握調査業務報告書より作成



大阪湾で見つかったマイクロプラスチックの材質
出典：大阪府，大阪湾におけるマイクロプラスチック実態把握調査及び海岸漂着ごみモニタリング調査の結果についてより作成

海洋プラスチックごみ発生プロセスのイメージ



➤ 国内で発生する海洋プラスチックごみは、山、川、海へとつながる水の流れを通じて流下、漂着したものであり、流域圏の内陸地域と沿岸地域が一体となった広域的な取組みが必要である。

府域での海洋プラスチックごみ対策二一ズ

海洋プラスチックごみ対策に資する技術として、

- これまでの国内での取組みの現状と今後の方向性、また大阪府の施策や計画、及び
- 使い捨てプラスチックごみの資源循環（3R）の観点から以下のように分類・整理した。

技術開発の方向性	技術項目	適用範囲
プラスチックごみの現状把握	発生源の把握・分析	環境への流出防止含む
	河川・海洋への流出状況把握・分析	
プラスチックごみの回収	プラスチックごみの回収	環境に流出したごみの回収
プラスチックごみの排出削減	ワンウェイプラスチックの使用削減	
	バイオマスプラスチック・生分解性プラスチックへの代替	
プラスチックリサイクル	マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル	

■ プラスチックごみの現状把握

2019年5月に策定された「プラスチック資源循環戦略」では、海洋プラスチック対策として、漂流・漂着・海底ごみの実態把握のため、モニタリング・計測手法等の高度化、及び地方自治体等との連携強化を上げている。具体的には、地球規模での海洋プラスチックの分布・動態の把握・モデル化や生態影響評価等のなどの研究開発、また、モニタリング手法の国際調和・標準化、東南アジアをはじめとする地域でのモニタリング人材の育成、及び実証事業等による研究ネットワーク体制の構築などの取組みが必要とされている。

一方で、海洋中に存在するマイクロプラスチックの測定は、**手作業による採集・分別・計測**が行われており、手間と時間もかかるため、海洋中のマイクロプラスチックの動態やその発生源、環境への影響を正確に理解する上での課題とされている。また、陸域の散乱ごみの調査については、**ドローンと画像解析を使った技術**が存在するが、現状の技術では、隠れたごみや小さいサイズのごみの認識が難しいとされている。

なお、大阪府では全国初の試みとして、**AI技術を活用し**、河川監視カメラ画像から河川を流れるプラスチックごみ量を推計する手法を、2021年度から開始している。これによると、大阪湾に1年間に流入するプラスチックごみの量は62.8トンと推計された。

➤ 今後、大阪府域における現状把握のために、さらに新しい調査技術の開発が望まれる。

■ プラスチックごみの回収

海洋プラスチックごみの主な発生源は陸域である。大阪府域での陸域におけるプラスチックごみの回収について、一部の市町村で、従来のごみ拾いにSNSアプリやスポーツの要素を取り入れるなど、住民参加を促す取組みが広まりつつある。

泉大津市では、プラスチックごみ削減に向けた事業として**ごみ拾いSNSアプリPIRIKAを用いたウェブサイト「きれいにしよか！いずみおおつ」**の運営を開始。



出典：https://www.pirika.org/city/izumiotsu

- 一度、海洋に流出したプラスチックごみを回収することは困難である。河川や陸域での効果的な回収技術、または回収活動を支援する技術が期待される。
- また、回収活動を支援する技術は、普及啓発としても有効である。

■ ワンウェイプラスチックの使用削減

いわゆる使い捨てプラスチックとして、UNEP（2018）が7品目に整理しているプラスチック（ボトル、容器、食品容器、レジ袋、カップ、ストロー、カトラリー）について、関西圏（8都府県）の需要量は、7品目合計で約**36万トン/年**と推計されており、「ボトル」、「容器」、「食品包装」、及び「レジ袋」で全体の90%以上を占めている。

「大阪府循環型社会推進計画」による2025年度の目標では、「容器包装プラスチック等のワンウェイプラスチックの使用抑制」によって、**2019年度から2.8万トン削減を目指す**とされる。

大阪府内の各自治体での取組みとして、吹田市では、イベント等での**リユース食器の貸出**を行っている。現状では、**使い捨てプラスチックよりコストがかかることが課題**とされている。

民間事業者では、2022年4月1日から「**プラスチック資源循環法**」※が施行されることを受け、以下のような製品包装、カトラリー等の使用削減の取組みが多い。今後も急速に広がることが予想される。

- ・ スターバックス：プラスチックストロー使用禁止、及びプラスチック製タンブラーのリサイクル
- ・ すかいらーく：各種プラスチック製品の廃止
- ・ ネスレ日本：キットカットの外袋を紙パッケージへ

➤ 今後、さらにプラスチック使用量を削減するために、リユース可能な代替製品への転換や、プラスチック代替素材の効果的な使用方法などの技術が求められる。

※「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」（略して「プラスチック資源循環法」）。2021年6月11日に公布、2022年4月1日に施行。製品の設計からプラスチック廃棄物の処理までに関わるあらゆる主体におけるプラスチック資源循環等の取組み（3R+Renewable）を促進するための措置を講じるとされている。

■ バイオマスプラスチック・生分解性プラスチックへの代替

「プラスチック資源循環戦略」では、2030年までに、バイオマスプラスチックを最大限（約200万トン）導入するよう目指すと示されている。

なお、「バイオマスプラスチック」と「生分解性プラスチック」を合わせて**バイオプラスチック**と総称するが、原料として植物などの再生可能な有機資源を使用するものを「バイオマスプラスチック」、ある一定の条件下で、微生物などの働きによって二酸化炭素と水にまで分解する性質をもつものを「**生分解性プラスチック**」と呼んでいる。さらに海洋中でも分解される特性を持つものを「**海洋生分解性プラスチック**」と呼ぶ。

- バイオマスプラスチック：主に温室効果ガスの排出抑制、枯渇性資源の使用削減が期待される
- 生分解性プラスチック：主に、廃棄物処理の合理化、**海洋プラスチックごみの削減**が期待される



出典：日本バイオプラスチック協会資料より作成

バイオプラスチックの市場統計によると、日本のバイオプラスチックの出荷量は46,650トン（2019年推計値）となっているが、**生分解性プラスチックは4,300トンと、10%程度にとどまっている。**

生分解性プラスチックへの代替に関する課題は、「バイオプラスチック導入ロードマップ」（環境省他）では下表のように整理されている。

課題	現状と課題
原料	現在、約7割を占めるバイオマス由来のものについては、将来的な原料需要の拡大に当たり、 食料のほか、燃料用途のバイオエタノール等の原料との競合 の発生、また持続可能な原料調達が課題
供給	現状は、PHAの一種であるPHBHが国内製造されているが、その他については、 商用化に適した製造技術等が実証されていない ことや今後の需要見通しが不透明であるため、製造量増加に向けた製造設備の整備が進んでいない
コスト	従来の化石資源由来プラスチックより高価格。汎用プラスチックと比べた各生分解性プラスチックの単価は、 PLAが約2～3倍、PBAT（石油由来）が約2～2.5倍、PBAT（バイオマス由来）は約4～5倍程度 。需要が増加しない大きな要因でもある
使用時の機能	樹脂の特性のため、製品の製造・使用が難しい場合が多く、 用途が限定 される。また、生分解性プラスチックの種類によっては、 長期保管の際に品質低下 が生じるおそれがあることについても留意が必要
使用後のフローにおけるリサイクル調和性等の影響	複数プラスチック種をリサイクルする際、生分解性プラスチックを選別する技術・プロセスは確立されておらず、 汎用プラスチックのリサイクル においては異物となり、リサイクルの阻害要因となり得る
環境・社会的側面	生分解性プラスチックは自然に分解するからポイ捨てしても構わないといった消費者の誤解により、 ポイ捨てが助長されることのないよう留意 が必要

海洋生分解性プラスチックについては、規格・標準化、生分解性機能の向上、供給能力の拡大、生産コストの改善、需要創出・市場開拓、分別回収・処理に係る検討、成形加工技術の開発、海洋生分解メカニズムの科学的理解などが課題として上げられている。

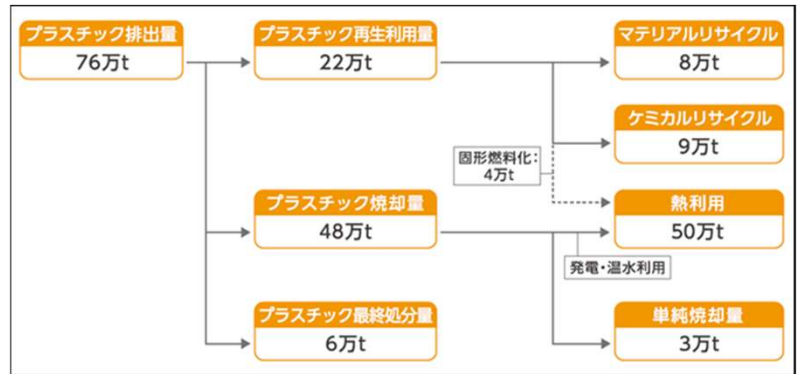
- 海洋プラスチックごみ対策として、**生分解性プラスチック**への転換は有効な対策と考えられる。
- さらに、万が一、海洋に流出しても生分解する特性を持つ、**海洋生分解性プラスチックは有力候補**である。
- 素材代替の対象としては、調査結果から環境中に散乱しやすいと考えられる、「**食品容器・包装**」、「**飲料用プラボトル**」「**ふたキャップ**」などが**有効**と考えられる。
- 課題である、原料製造コスト、製品化コスト、また耐久性等で技術的なめどが立てば、有望な市場と考えられる。
- ただし、同時に、廃棄物としての扱いは従来のプラスチックとは分ける必要があるため、**分別・リサイクルの仕組みの整理も必要**である。

■ プラスチックリサイクル

「大阪府循環型社会推進計画」では、**プラスチック再生利用量**を2019年度の22万トンから、2025年度には32万トンへ、**10万トンの増加を目標**に設定している。

大阪府の2019年度のプラスチック排出量は76万トンとなっており、そのうち、**マテリアルリサイクル**として再利用される量が**8万トン（10.5%）**、**ケミカルリサイクル**される量は**9万トン（11.8%）**である。

これを全国の再利用割合と比較すると、マテリアルリサイクル率は低く（全国21.9%）、ケミカルリサイクル率は高くなっている（同3.2%）。また**熱利用（焼却）の割合も高い**ことが分かる。



出典：大阪府・大阪市，大阪ブルー・オーシャン・ビジョン実行計画

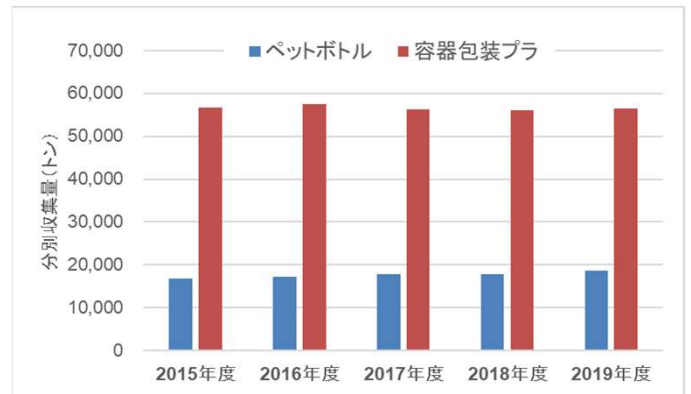
2019年度のプラスチック排出量と処理量（単位：万トン）

項目	大阪府			割合	全国割合
	一般廃棄物	産業廃棄物	合計		
プラスチック排出量	49	27	76	-	-
マテリアルリサイクル量	3	5	8	10.5%	21.9%
ケミカルリサイクル量	3	6	9	11.8%	3.2%
熱利用量	42	7	50	65.8%	60.5%
単純焼却量	0.3	2	3	3.9%	8.2%
最終処分量	0	6	6	7.9%	6.4%

出典：「大阪府循環型社会推進計画」及び一般社団法人プラスチック循環利経協会、「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 マテリアルフロー図」より作成

プラスチック類の分別収集状況について、大阪府の2019年度の分別収集量は、ペットボトルが18,659t、プラスチック製容器包装が56,389tとなっているが、近年は、それぞれ**横ばいで推移**している。

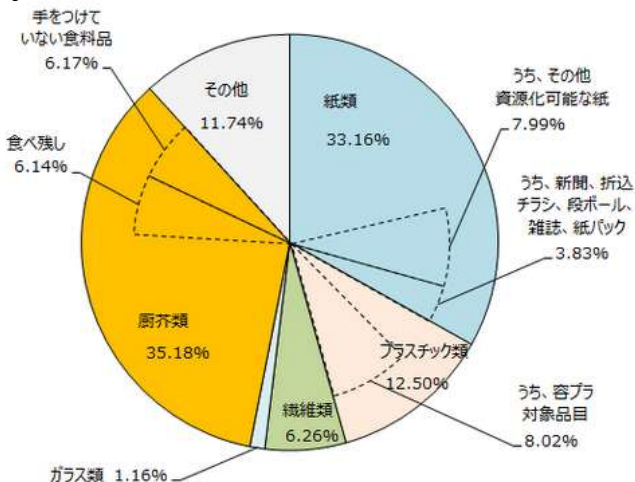
「燃えるごみ」として排出されるプラスチック類の量について、**大阪市の2019年度の調査**によると、家庭からの普通ごみ（燃えるごみ）の中に、**プラスチック類が12.5%**含まれていた（うち容器包装プラスチックは約8%）。



出典：大阪府，市町村分別収集状況（各年度資料）より作成

その他、容器包装プラスチックの分別収集を行っている自治体の例では、**豊中市の調査（2019年）**でも、**可燃ごみに容器包装プラスチックが8.38%**確認されている。

一方で、容器包装プラスチックの分別収集を行っていない自治体では、**約20%**という結果もある。



出典：大阪市，「令和元年度の家庭系ごみ組成分析調査結果について」

大阪府内で、容器包装プラスチックを分別収集していない自治体は、2021年度現在で、8市町村となっている。また、「製品プラスチック」については、分別収集を実施している自治体はない。

「プラスチック資源循環法」の施行により、今後、製品プラスチックの分別も必要とされることから、各自治体の分別収集の仕組み、また、プラスチック類の分別排出の状況も変化すると思われる。

(水平リサイクル)

プラスチックリサイクルについては、その量だけでなく、質にも着目し、資源の完全循環のための取組みも必要である。

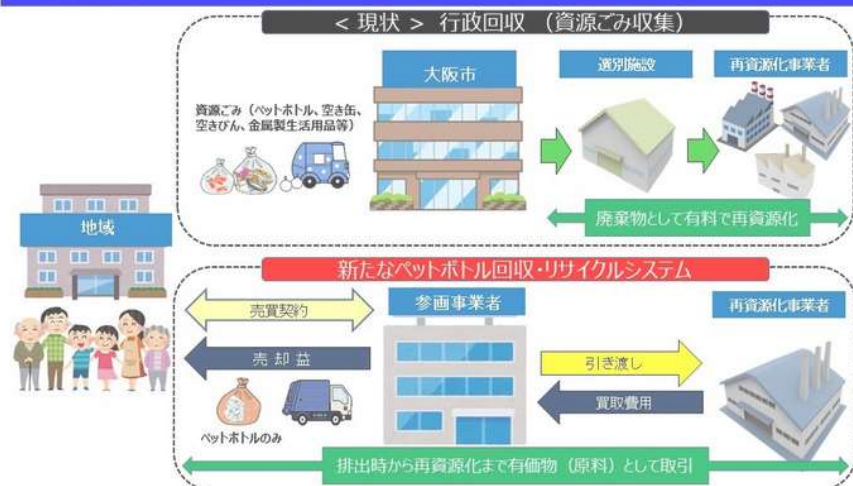
使用済製品を原料として同一種類の製品を製造するマテリアルリサイクルである、「水平リサイクル」の実現において、**ペットボトルの分別・再利用の仕組みは有効**と考えられる。

民間事業者の動きとして、(株)セブン&アイ・ホールディングスは、日本コカ・コーラ(株)との共同で、セブン-イレブンなどの一部店舗にペットボトル回収機を設置して、「**ボトルtoボトル**」の仕組みを展開している。2020年度の回収実績は8,700トンとなっている(設置台数1,001台)。

関西圏では、2021年12月から、神戸市と京都市に回収機が設置された。神戸市は12月3日から70台設置予定、京都市は12月7日から141台を予定。京都府亀岡市でも2022年2月から開始した。

- 大阪府のプラスチック再生利用量を増やすためには、現在、全国に比べて低い割合のマテリアルリサイクルの量を増やすことが有効と思われる。
- 一般廃棄物については、約86%が熟利用されているが、特に家庭系ごみには、少なくとも8%程度のプラスチック類が混入しており、これらを適切に分別排出し、プラスチックとして再生利用する仕組みや技術が期待される。
- さらに「プラスチック資源循環法」施行により、製品プラスチックについても、分別排出・回収・収集・再生処理のニーズが高くなると予想される。
- 一方で、分別収集のコスト、また再資源化のためのコストは課題である。

新たなペットボトル回収におけるリサイクルの流れ



※ペットボトルは、古紙・衣類等と異なり、廃棄物処理法上における「専ら再生利用の目的となる廃棄物」とならず廃棄物に分類されますが、この取組みでは、事業者が経済合理性に基づいた適正な対価をもって、地域コミュニティと有償で売買契約を締結することを条件としていることから、ペットボトルを廃棄物ではなく「有価物」として取り扱います。(この取組は、全国に先駆けた回収・リサイクルシステムとなります。)

出典：大阪市,新たなペットボトル回収・リサイクルシステム (みんなでつなげるペットボトル循環プロジェクト) について

自治体の動きとしては、大阪市が、新たなペットボトル回収・リサイクルシステム「**みんなでつなげるペットボトル循環プロジェクト**」を2019年から開始している。

地域コミュニティと参画事業者が連携協働して回収、回収したペットボトルを日本国内でマテリアルリサイクル (ボトルtoボトル等) することで、より一層の資源循環に取り組む、としている。2022.1.1時点で、5社が大阪市と事業連携協定を締結している。

- 今後、大阪府域で期待されるプラスチックごみのリサイクル技術として、行政・飲料業界・小売店との連携による**ペットボトルのボトルToボトル**は官民連携による新たな形態として普及可能性が高い。



府域の長期目標達成に資する
環境・エネルギー技術集

本書で紹介する技術・取組一覧および掲載ページ

1. 脱炭素を実現する技術

化石燃料火力発電の高効率化およびCO ₂ 回収技術の複合	→ P 33
アンモニア発電	→ P 34
核融合	→ P 35
原子力の安全性向上	→ P 36
太陽光発電	→ P 37
風力発電	→ P 38
水力発電	→ P 39
地熱発電	→ P 40
海洋エネルギー発電	→ P 41
バイオマス発電	→ P 42
再生可能エネルギー熱（太陽熱・地中熱など）	→ P 43
水素製造	→ P 46
水素輸送・貯蔵	→ P 47
メタネーション	→ P 48
水素発電	→ P 49
燃料電池	→ P 50
大容量蓄電設備	→ P 52
エネルギー需給の高度化	→ P 53
送受電システムの高度化	→ P 55
製鉄（電炉、水素還元）	→ P 58
炉の脱炭素化技術（水素炉・アンモニア炉など）	→ P 59
スマートファクトリー	→ P 60
FEMS	→ P 61
ヒートポンプ／コージェネレーションシステム	→ P 62
農林水産業の省エネ化	→ P 63
運輸部門の燃料転換	→ P 65
ZEV	→ P 66
航空機の電動化	→ P 67
パワーエレクトロニクス	→ P 68
輸送効率化・交通流対策	→ P 69

ZEB	→ P 71
建造物へのバイオマス利用（CLTなど）	→ P 72
高効率機器	→ P 73
BEMS	→ P 74
ZEH	→ P 76
高効率給湯・高効率家電	→ P 77
ナッジ・シェアリングによる行動変容	→ P 78
HEMS	→ P 79
家庭用蓄電設備・V2H	→ P 80
廃棄物処理の高効率化	→ P 82
フードロスの削減	→ P 83
廃棄物の分別・回収（収集運搬）	→ P 84
廃棄物のエネルギー利用	→ P 85
農林水産・食品産業の廃棄物の堆肥化・飼料化・土壌化	→ P 86
農畜産業におけるメタン・N ₂ O排出源対策	→ P 88
グリーン冷媒・ノンフロン・低GWP製品	→ P 89
林業高効率化	→ P 91
バイオテクノロジー（ゲノム編集、エリートツリー）	→ P 92
バイオ炭	→ P 93
ブルーカーボン	→ P 94
排ガスからのCO ₂ 回収	→ P 96
Direct Air Capture	→ P 97
セメント・コンクリート製造へのCO ₂ 利用	→ P 98
CCS	→ P 99
人工光合成	→ P 100
炭素再資源化（機能性化学品製造など）	→ P 101

2. 海洋プラスチックごみ対策技術

発生源の把握・分析	→ P 109
河川・海洋への流出状況把握・分析	→ P 110
プラスチックごみの回収	→ P 111
ワンウェイプラスチックの使用削減	→ P 112
バイオマスプラスチック・生分解性プラスチックへの代替	→ P 113
マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル	→ P 115

分野の凡例

- 1.1. エネルギー供給部門
- 1.2. エネルギー需要部門
- 1.3. CO₂以外のGHG
- 1.4. 吸収源対策
- 1.5. CO₂回収・貯留・利用
- 2. 海洋プラスチックごみ対策

本書の技術紹介ページの構成と内容

技術・取組がめざすもの

再生可能エネルギー

太陽光発電

技術の名称、取組

近年の政府系研究開発事業の採択結果などをもとに、府域において当該の技術開発に携わっている主な事業者・研究機関の一例を掲載しています

シャープ（株）、パナソニック（株）、（株）カネカ、積水化学工業（株）等

主力電源化を進めるため、更なる発電効率の向上、軽量化、曲面追従化等とコスト削減が求められる

当該技術に関わるこれまでの状況、将来的な期待感、普及に至るまでの課題などを簡単にまとめています

- ▶ 地上・屋上・海中、設置場所への設置を可能とする技術の開発が進んでいる
- ▶ 2030年代以降の導入量拡大を見据えたりサイクル技術や系統制約への対応も求められる

技術概要

太陽光発電（PV）は、風力発電と並び、世界的に大型分散型電源として期待されている。近年、技術の進歩により、コスト削減が実現され、太陽光発電の高度利用や各種宇宙技術の発展が見込まれる。

主にどのような技術であるかの解説や今後どのようなことが期待されているかなどをまとめています

太陽光発電の新市場創造技術開発のイメージ

当該技術に関する写真、イラスト、概要図などを掲載しています



移動体（車載）

出典：NEDO

研究開発・実用化動向

太陽光発電では、第三代静止気象衛星の観測データや気象庁のメソアンサンブル予報を活用した高分解能時空間での日射・発電予測など、発電予測技術の高精度化が進んでいる。また、宇宙実証実験にトレンドが移行している。日本が先行していたレーザー送電、ビーム型無線送電が注目され、世界的に研究開発が加速している。

現時点の研究開発・実用化の動向、注目すべき革新技术、技術的課題などをまとめています

想定されるコース

府域：大阪府の計画における目標値や各種統計などから、府域での普及に関する見込みやポテンシャルの情報を整理しています
海外：海外での当該技術の導入動向を整理しています

将来の見通し

2030年 ・ペロブスカイト等の次世代型太陽電池が製品化・上市される

2030年および2050年頃のおおまかな技術開発・市場普及段階を、主な開発内容・方向性ごとに示しています

次世代型太陽電池（ペロブスカイト等）

開発

実証

製品の市場投入

トピックス

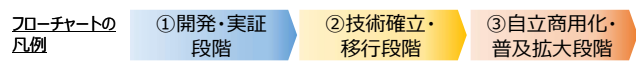
・ NEDOが実施する「太陽電池の高度利用実証事業」において、太陽電池の高度利用実証事業の推進を図る。また、海外での当該技術の導入動向を整理しています

府域の長期目標達成に資する 主な環境・エネルギー技術の開発・普及ロードマップ

2050年のカーボンニュートラルに資する環境・エネルギー技術の開発段階および市場への普及動向に関しては、政府や業界団体によりロードマップが作成されており、本書の技術紹介ページでは、それらロードマップをもとに当該技術の現在地から2050年までの見通しを掲載しています。

ここでは温室効果ガスの排出部門別に、主要な技術項目やターゲットについて、技術の実用化や普及の見通し（ロードマップ）をまとめました。

■ エネルギー供給部門



府域の長期目標達成に資する 主な環境・エネルギー技術の開発・普及ロードマップ

■ エネルギー供給部門

ロードマップの
凡例

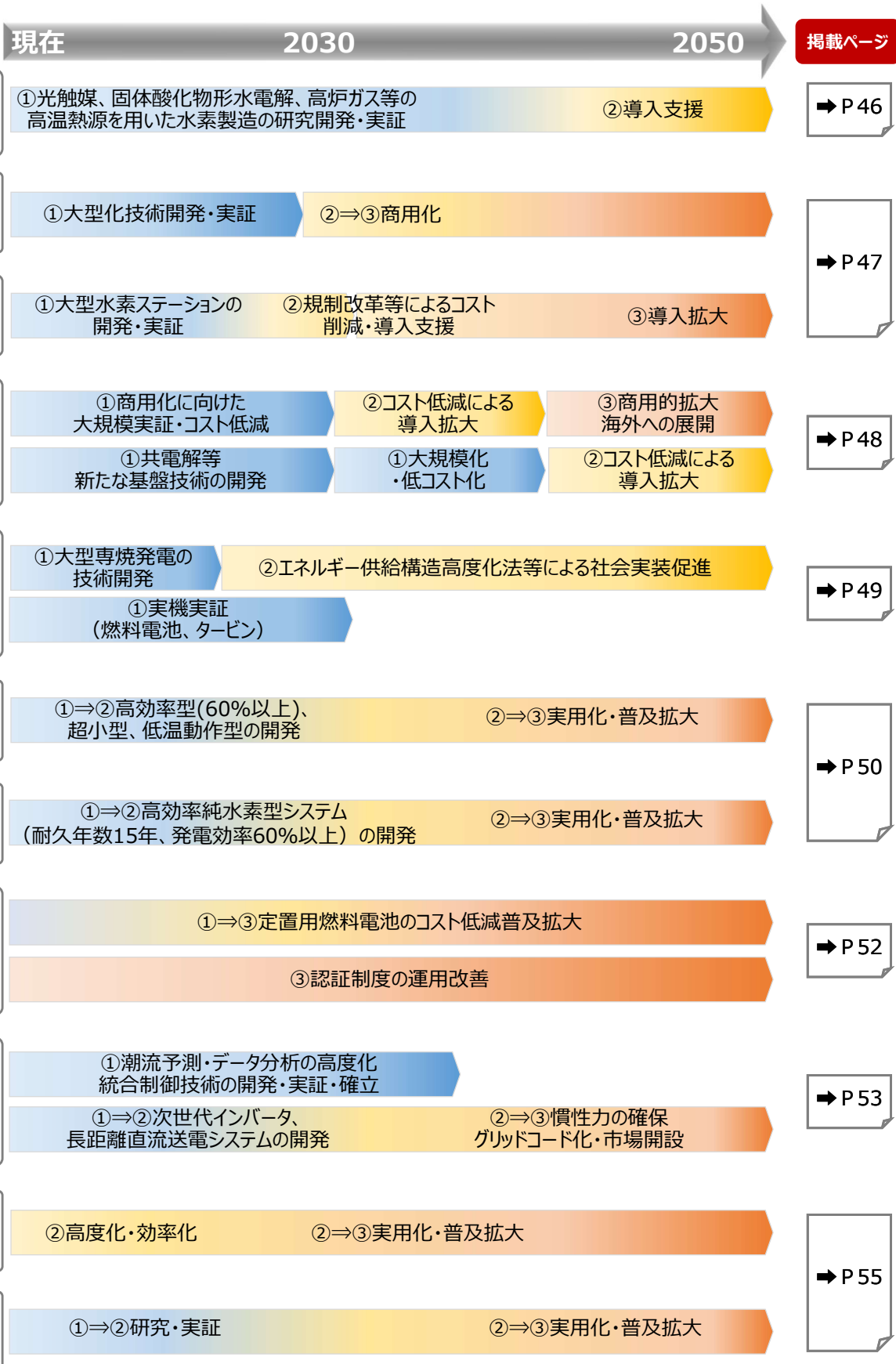
①開発・実証
段階

②技術確立・
移行段階

③自立商用化・
普及拡大段階

水素

供給インフラ



府域の長期目標達成に資する 主な環境・エネルギー技術の開発・普及ロードマップ

■ エネルギー需要部門

ロードマップの
凡例

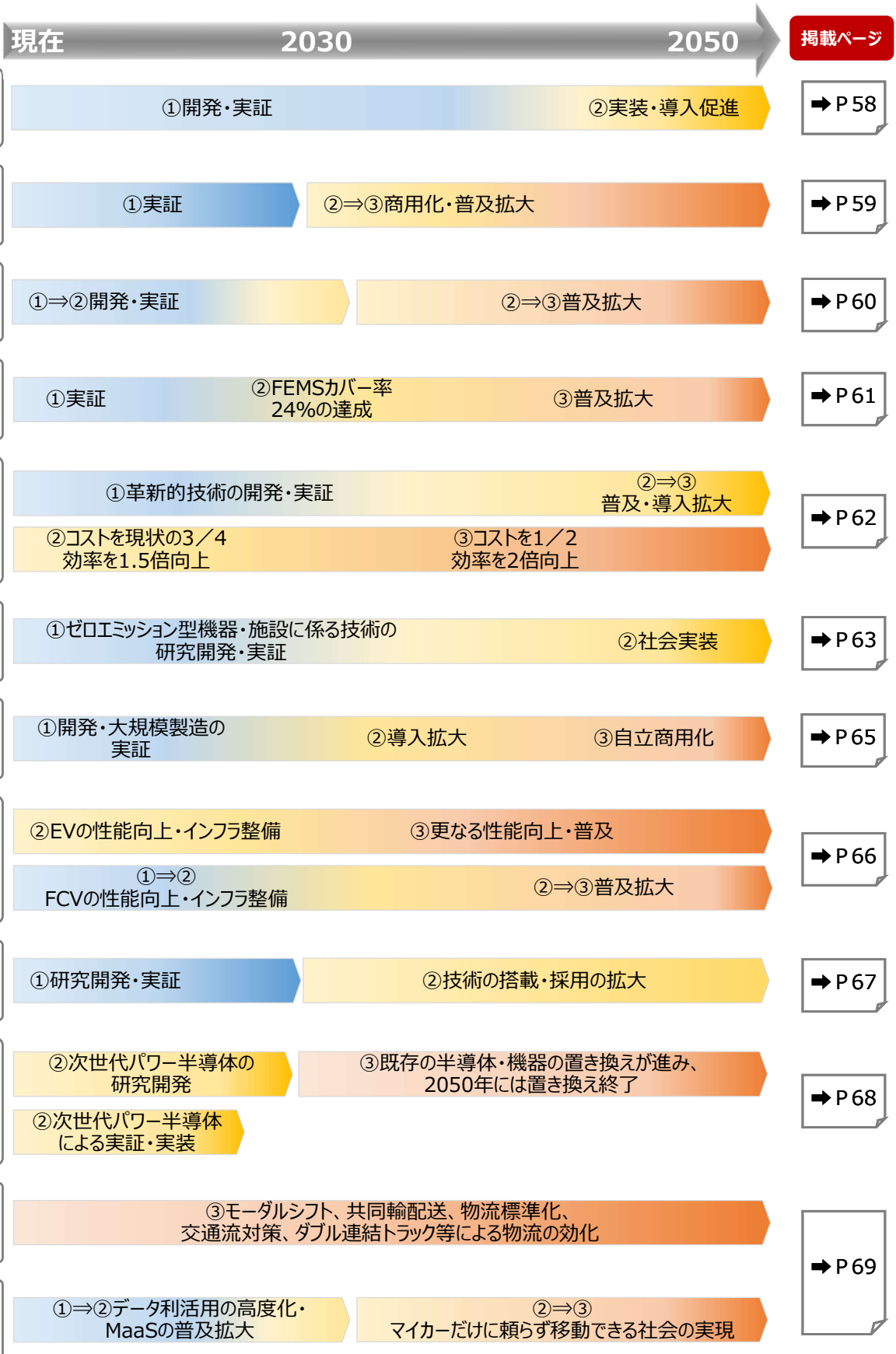
①開発・実証
段階

②技術確立・
移行段階

③自立商用化・
普及拡大段階

産業部門

運輸部門



府域の長期目標達成に資する 主な環境・エネルギー技術の開発・普及ロードマップ

■ エネルギー需要部門

フローチャートの
凡例

①開発・実証
段階

②技術確立・
移行段階

③自立商用化・
普及拡大段階

	現在	2030	2050	掲載ページ
業務部門	ZEB・建築物の省エネ		①次世代太陽電池を搭載したZEBの実証・実用化	→ P 71
		②新築建築物の平均でZEBを実現	③自立的な海外展開	
	CLT・木造建築物	①⇒②CLTの建築物への実証拡大、 施工コストの低減	③木造建築物の普及・拡大	→ P 72
	業務用高効率機器	①⇒② トプランナー機器の導入拡大	③高効率機器の設備更新市場拡大 (例：「LED to LED」)	→ P 73
	BEMS	③BEMSの拡大・CEMSへの拡張	→ P 74	
家庭部門	ZEH・住宅の省エネ		①次世代太陽電池を搭載したZEHの実証・実用化	→ P 76
		②新築住宅の平均でZEHを実現	③ストック平均でZEH基準の水準の省エネ性能確保	
	高効率給湯・家電	①ヒートポンプの高効率化、瞬間式、 ガスエンジン式、燃料電池 ①空調における新冷媒の開発、コンパクト化、 空調制御技術、次世代照明	②⇒③コスト低減・ 脱炭素プロシューマーの一般化	→ P 77
	シェアリング	①EV等の多様なシェアリング事例創出 ビジネスモデル確立	②⇒③ 自立商品化による全国展開	→ P 78
	HEMS	②全世帯におけるHEMSの普及	③分散電源、太陽光発電等を 組み込んだ地域レベルEMSの実現	→ P 79
	家庭用蓄電池	①革新型電池の性能向上	②次世代蓄電池の実用化	→ P 80
廃棄物部門	廃棄物処理の高効率化	①焼却施設の運転効率向上	②⇒③有機性廃棄物の一体処理による コスト低減の実現・横展開	→ P 82
	フードロスの削減	①⇒②生鮮食品のコーティング技術の確立、 建材・染料等への活用	②⇒③実用化・普及	→ P 83
	分別・回収の高度化	①回収ルート検討における機械学習の効率化 ／自動選別の精度向上	②⇒③実用化・普及	→ P 84
	エネルギー回収	①メタン発酵エネルギー回収向上、 生ごみのバイオガス化技術の確立	②⇒③有機性廃棄物の一体処理による コスト低減の実現・横展開	→ P 85
	農林水産・食品廃棄物の再利用	①⇒③バイオガス（メタン）化技術の長期的な技術開発・促進		→ P 86

府域の長期目標達成に資する 主な環境・エネルギー技術の開発・普及ロードマップ

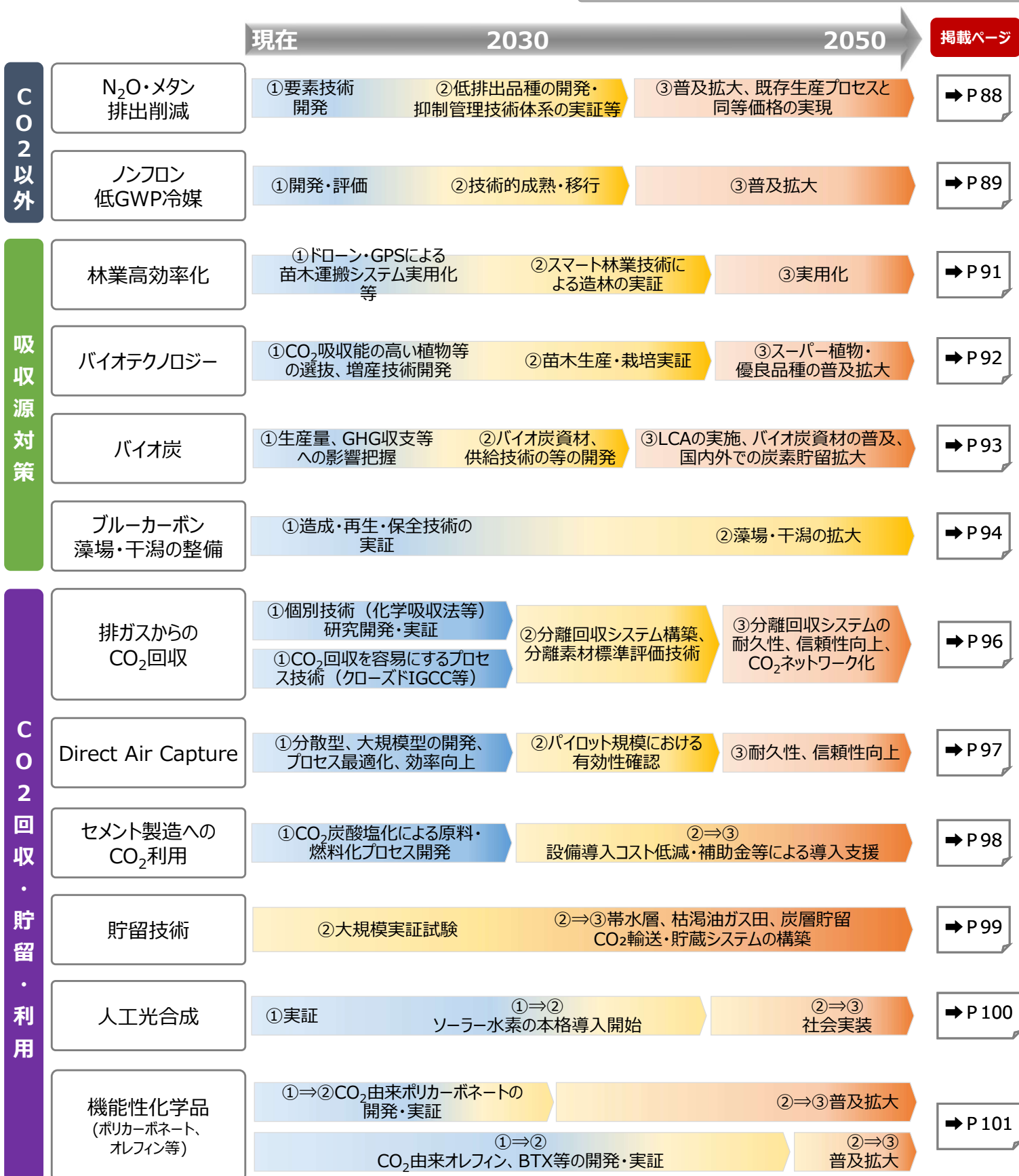
■ CO₂以外のGHG／吸収源対策／CO₂回収・貯留・利用

ロードマップの
凡例

①開発・実証
段階

②技術確立・
移行段階

③自立商用化・
普及拡大段階



府域の長期目標達成に資する 主な環境・エネルギー技術の開発・普及ロードマップ

■ 海洋プラスチックごみ対策

フローチャートの
凡例

①開発・実証
段階

②技術確立・
移行段階

③自立商用化・
普及拡大段階

海洋
プラ
スチ
ック
ごみ
対策

現在

2030

2050

掲載ページ

ワンウェイプラスチック
削減

②累積25%の
削減

③代替素材の自立的普及拡大

海洋生分解性等
革新的素材の開発

①⇒②

海洋生分解性メカニズムの解明、
生分解コントロール機能の付与

②海洋生分解性メカニズムを応用した
革新的素材の創出

海洋生分解性機能
に係る信頼性向上

②評価手法の国際標準化に
向けた検討

LCA認証

①認証・表示の
しくみの検討

②運用開始

→ P 113

研究開発、
生産体制の整備

①⇒②高機能化、製造の低コスト化、
原料の多様化等の開発・実証

②⇒③国内製造設備の拡大

セルロース
ナノファイバー

①水系分散材料を
中心とした普及

①⇒②CNF／高分子
複合材料の普及

②⇒③オールバイオ材料
(バイオプラスチック複合材など)の普及

個別製品への
導入促進

②⇒③レジ袋：バイオマスプラスチック配合率の向上、
農林水産資材：革新的技術・素材の研究開発

プラスチック製品の
再生利用

①⇒②

高度リサイクル技術の開発・実証

②⇒③

高度リサイクル技術の普及拡大・低コスト化

→ P 115

リサイクル市場の拡大

①⇒②ケミカルリサイクル処理量
150万t/年

②⇒③ケミカルリサイクル処理量
250万t/年

【参考】技術開発・普及の見通しに関する出典

- 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業省, 2021年6月）
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>
- 次世代火力発電に係る技術ロードマップ（次世代火力発電の早期実現に向けた協議会, 2016年6月）
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/pdf/report02_01_00.pdf
- 環境エネルギー技術革新計画の各技術項目のロードマップ等について（内閣府, 2013年7月）
<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/kankyo/3kai/siryo3-1.pdf>
- バイオマス利用技術の現状とロードマップについて（農林水産省, 2019年5月）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_kihonho/pdf/roadmap_hontai.pdf
- 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 詳細版（燃料電池分野）（NEDO, 2017年12月）
<https://www.nedo.go.jp/content/100871976.pdf>
- 工業炉における脱炭素燃焼技術（経済産業省, 2020年12月）
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyo/pdf/004_05_00.pdf
- みどりの食料システム戦略（農林水産省, 2021年5月）
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/team1-153.pdf>
- 事業原簿【公開】「二酸化炭素原料化基幹化学品 製造プロセス技術開発」：Ⅲ.2.1.2 水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発（NEDO, 2019年9月）
<https://www.nedo.go.jp/content/100899250.pdf>
- カーボンリサイクル技術ロードマップ（経済産業省, 2021年7月改訂）
<https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190607002/20190607002-1.pdf>
- 海洋分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップの概要図（経済産業省, 2019年5月）
<https://www.meti.go.jp/press/2019/05/20190507002/20190507002-2.pdf>
- バイオプラスチック導入ロードマップ（環境省, 2021年1月）
http://www.env.go.jp/recycle/plastic/bio/pdf/bioplasicRoadmap_210329.pdf
- 脱炭素・循環経済の実現に向けたセルロースナノファイバー利活用ガイドライン（環境省, 2021年3月）
https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/cnf/guideline_main.pdf

上記の文献ならびに調査結果をもとに作成



1. 脱炭素を実現する技術

1.1. エネルギー供給部門

(1) 変わりつつある日本のエネルギーミックス

第6次エネルギー基本計画が示すカーボンニュートラル実現に向けた課題と対応

2050年カーボンニュートラルの実現には、省エネルギーと電化、低炭素な燃料への転換およびCO₂回収・利用技術の導入など、とり得る対策を最大限活用し、積極的な取組を進めていくことが必要である。とりわけエネルギー供給部門においては、エネルギー源そのものを脱炭素に向けて移行していくことが求められている。

現在、日本における発電電力量の7割以上をまかなう火力発電は、重要な供給力であるとともに、太陽光や風力の出力変動に対応し需給バランスを調整したり、災害時など電源脱落による周波数の急減を緩和しブラックアウトの可能性を低減するなど、電力の安定供給を支えている。一方で、石炭やLNGといった化石燃料への依存は課題であり、第6次エネルギー基本計画が示す2030年の電源構成では、火力発電比率を40%程度まで引き下げつつ、アンモニアや水素など非化石燃料への置き換え、あるいはCCUS/カーボンリサイクルなどのCO₂排出削減対策と組み合わせることにより、引き続きベースロード電源としての役割を担っていくとしている。また、東京電力福島第一原子力発電所での事故以来、稼働を停止してきた原子力発電についても、いかなる事情よりも安全性をすべてに優先させたうえで再稼働を進めるとしている。

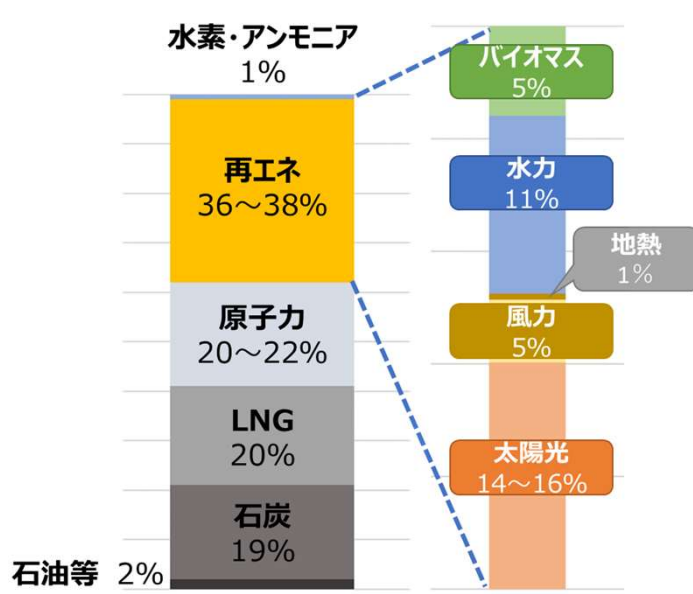
第6次エネルギー基本計画では、2030年の電源構成に占める再生可能エネルギー（以下、「再エネ」）の割合を36～38%まで引き上げ、またエネルギー基本計画としては初めて水素・アンモニア発電も目標を新設するなど野心的な目標が示された。今後、技術革新や社会的要請に伴って、日本のエネルギーミックスが変わっていく。

2030年の発電電力量

	発電電力量（億kWh）
石油等	190
石炭	1,780
LNG	1,870
原子力	1,880～2,060
再エネ	3,360～3,530
水素・アンモニア	90
合計	9,340

※数値は概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある。

2030年の電源構成



※努力継続ケースの導入量

出典：第6次エネルギー基本計画（2021年10月）より作成

再生可能エネルギー導入の現状

再エネは、脱炭素を実現するために欠かせないエネルギー源である。また、2019年の台風第15号や台風第19号によって広範な停電被害が発生した際には、住宅用太陽光発電設備やバイオマス発電が、緊急時の電力供給減としての役割を果たした。自然災害が甚大化する近年では、分散型エネルギーシステムの構築という観点からも重要性を増している。

日本では、2012年7月の固定価格買取制度（以下、「FIT制度」）導入以降、再エネの導入が急速に拡大してきた。2020年9月末時点で、FIT制度開始後新たに運転を開始した設備は約5,824万kW、FIT制度の認定を受けた設備は約9,347万kWとなっている。しかしながら、2019年度の電源構成に占める再エネの割合は18%程度であり、2030年の電源構成比率36～38%を達成するためには更なる導入拡大が必要である。これまで再エネの導入に際しては国や自治体などによる「補助」の形で導入者に対するインセンティブが付与されてきたが、今後は自律的な再エネ導入の拡大が期待される中、次ページで示すような市場・制度の創設が追い風になると考えられる。

1.1. エネルギー供給部門

(1) 変わりつつある日本のエネルギーミックス

事業者を取り巻く電力市場の変化と再エネ導入機会の広がり

■ 需給調整市場の創設 (2021年4月)

2021年4月から、系統内で電力の需要と供給を一致させる「調整力」を商品として全国一体的な市場で取引する制度が開始した。この市場を需給調整市場と呼び、価格競争が促進され、調整力を確保するための費用の低減が期待される。

需給調整市場においては、需要側である企業等も調整力を取引することができるため、太陽光発電や蓄電池といった自社のエネルギーリソースを最大限に活用することができる。

■ 再エネ価値取引市場の創設 (2021年11月)

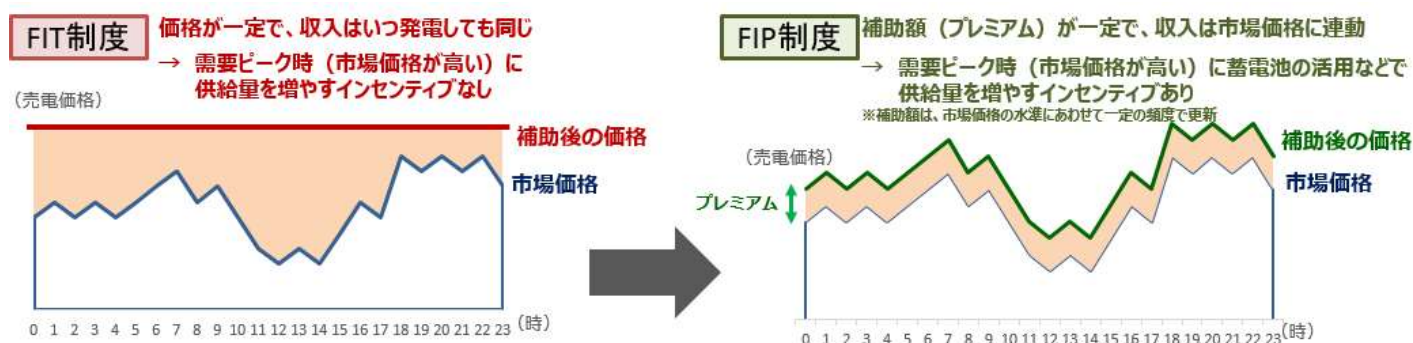
2021年11月からは、需要家や仲介事業者の直接参加を可能とした再エネ価値取引市場が開始した。11月に開催された第1回オークションでは、2020年度の総約定量を上回る約19億kWhの取引が行われ、小売電気事業を行わない需要家6者、仲介事業者19者も参加している。この市場の創設により、再エネ電源からの電力調達形態が多様化することが見込まれ、電力や再エネ価値の購入契約を需要家と非FITの再エネ発電事業者が直接結ぶフィジカルPPA※（主にオフサイト型）や、卸電力価格と契約した固定価格との差額決済により再エネ価値を直接取引するバーチャルPPAなど、近年注目されてきたコーポレートPPAの取組が一層加速すると考えられる。

※PPA：Power Purchase Agreement（電力販売契約）の略。電力の需要家がPPA事業者に敷地や屋根などのスペースを提供し、PPA事業者が太陽光発電システムなどの発電設備の無償設置と運用・保守を行う。また同時に、PPA事業者は発電した電力の自家消費量を検針・請求し、需要家側はその電気料金を支払う。

■ FIP (Feed-in Premium) 制度の導入 (2022年4月開始)

従来のFIT制度では、再エネで発電した電力が一定期間、固定価格で買い取られることを国が保証する一方で、電気料金に賦課金が上乗せされる形で国民の負担が大きくなるという面があった。また、市場のニーズや競争によって価格が柔軟に決まる電力市場と連動しないため、再エネの主力電源化に向けて更なるコスト低減が求められる中での課題となっていた。

FIP制度とは、電気を卸市場などで販売し、売電量に対して一定のプレミアム（補助額）を上乗せする方法である。プレミアムは一定額だが、市場価格の水準にあわせて一定の頻度で更新されるため、再エネ発電事業者の収入は市場価格に連動する。そのため、発電事業者は、市場価格が高くなる電力需要のピーク時に発電し、市場価格の低い時間帯は蓄電池や自家消費をするなど市場に売る電力量を調整するインセンティブがはたらく。



出典：資源エネルギー庁

一方で、FIP制度では、再エネ発電事業者は発電する再エネ電気の見込みである「計画値」をつくり、実際の「実績値」と一致させる「balancing」が求められる。計画値と実績値の差（インバランス）が出た場合には、再エネ発電事業者は、その差を埋めるための費用を支払う必要がある（FIT制度では免除）。当面の経過措置として、政府は太陽光・風力発電において2022年度の開始当初はkWhあたり1.0円を交付し、翌年度からは少しずつ金額を減らしていくとしている。

化石燃料火力発電からのGHG排出削減

化石燃料火力発電の高効率化 およびCO₂回収技術の複合

大阪ガス(株)、日立造船(株)、
大阪大学、大阪府立大学 等

CO₂の分離・回収と組み合わせることにより火力発電のゼロ・エミッション化を実現 経済性や効率性、革新技術の信頼性向上が課題

- ▶ 従来の発電方式より高効率なハイブリッド発電（IGCC、GTCC）や燃料電池との組み合わせ技術（IGFC、GTFC）の開発・実証が進む一方で、複雑化する施設の低コスト化と耐久性向上が課題
- ▶ IEAは東南アジアにおいて2040年までに従来型の亜臨界圧発電方式から高効率石炭火力発電方式への置き換えが進むと予測 CO₂分離回収などカーボンリサイクル技術を複合しつつ、段階的な排出削減が必要

技術概要

日本において火力発電は、電力の安定供給のために今後も必要とされる技術であるが、カーボンニュートラルをめざす潮流の中、水素などCO₂排出しない燃料による発電技術が確立するまでの間は、複合発電等技術革新による一層の高効率化やCO₂分離回収技術との組み合わせなどの取組により脱炭素化を進めていくことが不可欠である。

NEDOを中心に石炭火力、LNG火力それぞれで複合発電技術の研究開発が行われており、2030年以降のCCUSや水素発電技術へつなげることをめざす。

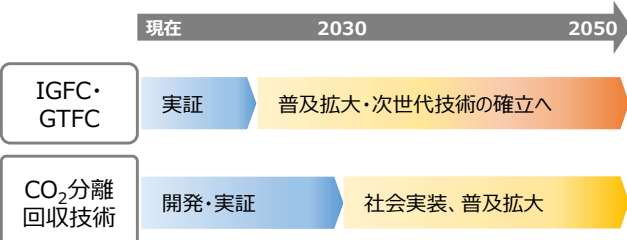
※CO₂分離・回収技術についてはP96で詳述します。

研究開発・実用化動向

高効率かつCO₂分離・回収が容易な石炭ガス化複合発電（IGCC）は実用化段階にあり、現在は燃料電池とIGCCを組み合わせた石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の実証が進む。複雑化する施設のコスト低減が課題である。また石炭よりも排出係数の低いLNG火力発電に関してもガスタービン複合発電（GTCC）やガスタービン燃料電池複合発電（GTFC）の技術開発が進められているが、1700℃以上の超高温域に耐用する要素技術の開発が課題である。2025年度頃を目途にIGFCで55%、GTFCで63%の発電効率を達成する技術確立をめざす。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離回収技術（膜分離法、クローズドIGCC）の確立 ・IGFC、GTFC技術確立
2050年	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離回収コスト1,000円/t-CO₂の実現 ・ゼロエミッションを実現する次世代火力発電技術の確立



2030年以降の火力発電



出典：経済産業省

想定されるコース

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 府の地球温暖化対策実行計画では、2050年までにCO₂分離回収やCO₂フリー水素の利用により火力発電からのCO₂排出ゼロをめざす。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランスは2022年、イギリスは2024年、ドイツは2038年に石炭火力発電の廃止を表明。2021年11月に開催されたCOP26では石炭火力発電の「段階的な削減」を明記。

トピックス

- ・ 三菱日立パワーシステムズ（当時）は、固体酸化物型燃料電池（SOFC）とマイクロガスタービン（M）による加圧型複合発電システムを開発、2019年2月には東京の丸の内ビルディングに1号機を、2020年5月には茨城県つくば市の安藤ハザマ技術研究所に2号機を納入した。発電効率を最大化しCO₂排出削減を可能とする自家発電システムとして今後の活躍が期待されるが、普及には運転温度の高さに伴う運用上の負担とコストダウンが課題である。
- ・ NEDOと大崎クールジェンは2018年度より、IGFCの実証に着手。目標は500MW級の商業機への適用時にCO₂回収率90%の条件で47%程度の発電効率達成の見通しを得ること。

化石燃料火力発電からのGHG排出削減

アンモニア発電

中外炉工業(株)、大阪大学 等

CO₂フリー燃料であるアンモニアの高混焼技術を確立中 安価で安定供給ができるサプライチェーン構築が課題

- ▶ 火力発電への20%混焼技術開発が済み、実機での実証が進行 さらなる混焼率拡大をめざす
- ▶ アンモニアの大規模な需要が見込まれるため、生産、輸送等のサプライチェーン構築が求められる

技術概要

燃焼してもCO₂を排出せず、貯蔵や運搬などの取り扱いが容易なアンモニアは、水素社会への移行期において火力発電の主力燃料となり得る。石炭との混焼も容易であり、既存火力設備も活用可能であるが、将来的な専焼を実現するためアンモニアの特性に適したガスタービン研究開発が続けられている。また、燃料アンモニアの流通には、新たなサプライチェーンの構築が必要となる。政府は2030年時点で、年間300万トン（水素換算約50万トン）規模の燃料アンモニアの国内需要を想定している。

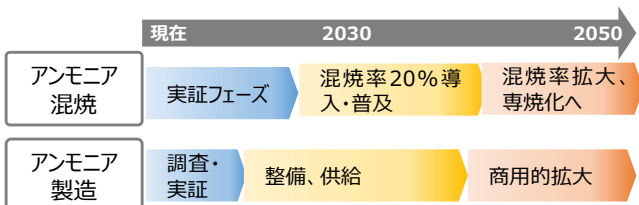
研究開発・実用化動向

NEDOを中心に既設石炭ボイラでの混焼技術開発が進められ、2021年には20%混焼の実機実証に入った。課題とされていたアンモニアの特性に伴う着火・燃焼の安定性とNOx排出量の増加への対策は、バーナ形状により対応可能となってきた。今後、未燃アンモニア処理方法の確立と非加熱物や炉内構成耐火物への影響調査等の製品品質の確保が必要とされる。

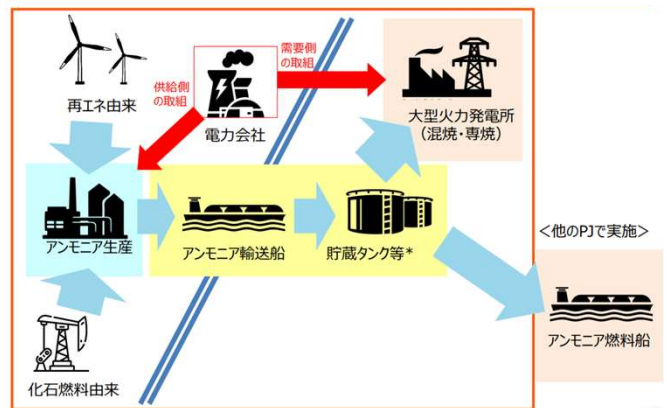
普及・拡大期に課題となるのはアンモニア供給。仮に国内主要電力会社のすべての石炭火力で20%混焼を実施した場合に必要なアンモニアの量は現在世界で流通している化学品原料等用途アンモニア（約2000万トン）に匹敵する。グリーンアンモニア電解合成技術の開発等、既存のハーバー・ボッシュ法に劣らないアンモニア製造方法の開発・実証が進む。

将来の見通し

2030年	・石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・拡大 ・国内で年間300万トンの需要
2050年	・アンモニア混焼率向上もしくは専焼化 ・国内で年間3000万トンの需要



社会実装モデル例（大型火力発電所等での大規模活用）



出典：経済産業省

想定されるニーズ

府域	・ 当該特定技術に関する府域のニーズは確認できなかった。
海外	・ 高混焼・専焼技術が確立されれば、アジア等世界の火力発電で燃料アンモニア導入拡大（2040年、アジア・太平洋地域で1,820GWの石炭火力が稼働見込：現在、約25%が日本製）。

トピックス

- ・ 三菱パワーは2021年3月、40MW級のアンモニア専焼システム開発に着手。火力発電としては中小規模であるものの、アンモニア専焼としては世界最大級となる。2025年以降の実用化をめざす。
- ・ CO₂フリーアンモニアのバリューチェーン構築をめざす一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会は、2021年10月に経済産業省と第1回燃料アンモニア国際会議を開催。参加者は8か国から1500名超に上り、安定的、低廉で柔軟性のある燃料アンモニアバリューチェーン・市場構築に向けた官民による戦略的取組が具体的に検討された。

原子力発電の効率化・安全性の向上

核融合

大阪大学、(株)EX-Fusion 等

大規模な電力供給が可能となる核融合は2050年の実用化をめざす 国際的な連携も進む

- ▶ ITER計画では2030年代に原型炉への移行判断を行うべく、科学的、技術的実現性の確立に向けた研究開発が進められる
- ▶ 人材育成の必要性も求められる中、国際的にベンチャー企業の活動も活発化 発生エネルギーが莫大なことから、発電用途以外への応用も期待される

技術概要

核融合技術には、高い安全性、燃料資源（リチウム、ウラン等）が海水中に豊富に存在すること、CO₂を排出せず大規模電力供給が可能であること、高レベル放射性廃棄物が生じないことなどのメリットがある。2007年に発効したITER協定に基づき、日、欧、米、露、中、韓、印が協働建設する核融合実験炉は2025年12月に運転開始、2035年12月の核融合運転開始を予定する。（ITER計画）国家としての国際共同技術開発に加え、民間でも次世代炉の2030年頃の実用化をめざす米・英のベンチャーと日本のベンチャー・メーカーらの連携も加速している。

核融合エネルギー開発の段階



研究開発・実用化動向

科学的、技術的、経済的な観点からの実現性検証を踏まえ、ITER計画で核融合の運転開始が予定される2030年代に原型炉への移行判断を行い、2050年頃の実用化をめざす。現在は自己点火条件の達成や核融合プラズマの長時間維持、炉工学技術の発展、核融合中性子に耐える材料や、核融合エネルギーから熱を取り出す技術等の開発が課題となっている。これら課題の解決後には、経済的実現性を確立するための核融合原型炉 DEMOの建設、実証段階へと進む。将来的な原型炉への移行を見据え人材育成も必要とされる。

また、電源としての用途以外に、核融合炉の高温熱を活用した水素製造技術の開発も取り組まれている。

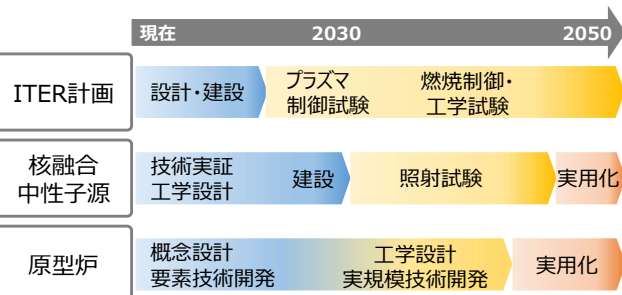
将来の見通し

2030年	・ITER運転開始（2025年予定） ・ITER核融合運転開始（2035年予定）
2050年	・ITER実用化 ・原型炉の建設、運用開始

出典：文部科学省

想定されるニーズ

府域	・ 2025年開催予定の大阪・関西万博に、国際核融合エネルギー機構（ITER）が公式に参加表明。
海外	・ 英は2040年までに商用利用可能な核融合発電炉の建設をめざし、立地地域の募集開始を表明。米・韓・中も DEMO等の建設計画を推進中。



トピックス

- ・ 核融合炉に必要な主要機器開発を目的に2019年に発足した京都フュージョニアリング株式会社は、2021年11月に英国に子会社を設立。政府機関UKAEAのサプライヤーに選出される。英ではSTEP（核融合炉開発プログラム）と並行して、複数の民間企業が核融合の独自開発を進めている。
- ・ レーザー核融合商用炉の実現をめざして2021年7月、株式会社EX-Fusionが大阪市に設立。スタートアップ企業ならではのスピード感を活かし、日本に存在する世界一の技術を総動員してレーザー核融合商用炉実現をめざす。またエネルギー以外の他分野との融合によるイノベーションも模索する。

原子力の安全性向上

大阪大学、近畿大学、
(株)原子力エンジニアリング 等

東京電力福島第一原子力発電所事故への真摯な反省を出発点として 既存施設の安全確保・向上とより安全性の高い次世代原子炉の開発が進む

- ▶ 第6次エネルギー基本計画では、原子力発電をCO₂の排出削減に貢献する電源として、いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げるとしたうえで、2030年度の電源構成比20～22%を見込む
- ▶ 可能な限り原発依存度を低減させつつ、共存していくためには安全性の向上が不可欠である

技術概要

福島第一原発の廃炉は2041～2051年までの廃止措置完了を目標に、国内外の叡智を結集した取組を要する。一方で既存原発については、原子力規制委員会で基準への適合が認められた場合、安全を最優先に再稼働が進められる。事故の教訓を踏まえた安全性向上技術としては、溶融した燃料を受け止める技術（コリウムシールド）の導入、水素処理装置やリスク評価技術の開発が進んでいる。また、国による新規規制基準の策定や各地域での避難計画の策定等、原子力防災対策の改善・強化も実施。

安全性向上技術の開発

<p>溶融した燃料を受け止める技術</p> <ul style="list-style-type: none"> コリウムシールド 事故時に溶融燃料を受け止め → 柏崎刈羽発電所7号機に導入  <p>導入されたコリウムシールド</p>	<p>水素処理技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 化学反応による水素処理装置 事故時に発生する水素を処理し、水として格納容器に戻す → 来年度までに実証試験  <p>水素処理装置の概念図</p>	<p>リスク評価技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 確率的リスク評価（PRA） 地震や津波等のリスクを評価するための計算手法等を整備し、よりの確かな安全対策に反映 → 来年度までに実証試験  <p>シミュレーションモデル（左）と地震時の解析例（右）</p>
--	---	---

出典：経済産業省

研究開発・実用化動向

軽水炉の安全性向上としてATF（事故耐性燃料）やビッグデータ分析によって異常検知等可能なプラント自動監視システムの開発が進む。核燃料サイクル確立に向けた使用済み燃料対策強化も進む。バックエンド対策等、最終処分の実現は世界的な課題となっている。

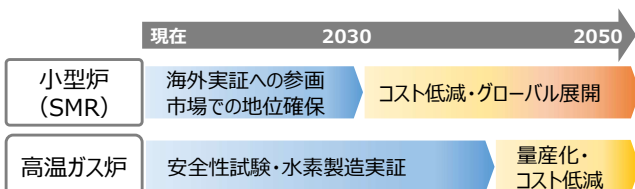
革新的技術を開発する動きは、米国で10年ほど先行。日本では「NEXIP（Nuclear Energy X Innovation Promotion）イニシアチブ」（2019～）の下で、文科省・経産省が大学・民間企業等の革新的な原子力技術開発を支援する。小型モジュール炉（SMR）、水素製造等の高温熱利用可能な高温ガス炉、廃棄物の減容や有害物低減可能な高速炉など次世代炉のイノベーションが国際的に進展中。

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 試験研究用を含め原子力施設が立地するため、万が一の事故発生に備えて周辺の放射線量を常時監視し、地域防災計画、緊急時モニタリング計画等を策定している。
海外	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラル表明国の多くは、将来にわたって原子力を利用する方針（米英仏は新規建設、露中は国内建設＋積極的な海外展開）。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> 小型モジュール炉技術の国際連携による実証、高温ガス炉における水素製造技術確立
2050年	<ul style="list-style-type: none"> 福島第一原発廃炉措置完了 次世代炉の実用化・普及拡大



トピックス

- 日本原子力研究開発機構の高温工学試験研究炉「HTTR」（茨城県大洗町）が2021年7月30日、10年半ぶりに運転を再開。高温ガス炉の安全性を実証する試験、水素製造、高温蒸気製造等熱利用システム接続技術の確立のための試験、高温ガス炉技術分野での国際協力・人材育成などを推進予定。
- 東日本大震災から10年、福島第一原発の廃炉作業の中心は「燃料の取り出し」「燃料デブリの取り出し」「汚水対策」。燃料デブリの試験的取り出しを行うため、ロボットアーム開発が急ピッチで実施されている。

再生可能エネルギーからの供給拡大

太陽光発電

シャープ(株)、パナソニック(株)、
(株)カネカ、積水化学工業(株) 等

主力電源化を進めるため、更なる発電効率の向上、軽量化、曲面追従化等とコスト低減のための技術開発が加速

- ▶ 地上型設置や住宅屋根設置等の太陽光発電システムの設置に適した低コスト好条件の適地が減少している中、重量制約の有る屋根、建物壁面、移動体、水上など、従来は太陽光発電が導入されていなかった場所への設置を可能とする技術の開発が進んでいる
- ▶ 2030年代以降の導入量拡大を見据えたりサイクル技術や系統制約への対応も求められる

技術概要

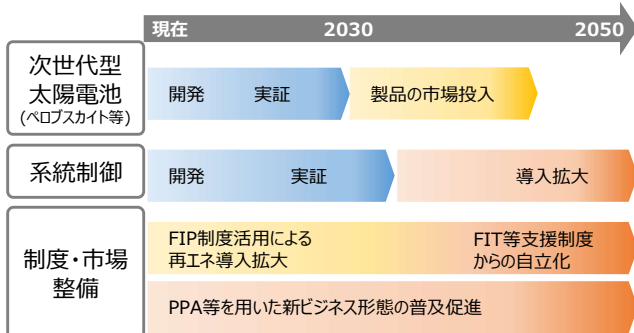
太陽光発電(PV)は、太陽の光を電力へ変換する発電方式である。将来的に大型電源としての活用が期待されるとともに、分散型電源として需給一体型(自家消費・地産地消型)としての利活用も期待される。国交省・経産省・環境省は、2030年に新築住宅の6割に太陽光を設置する目標を示した。

研究開発・実用化動向

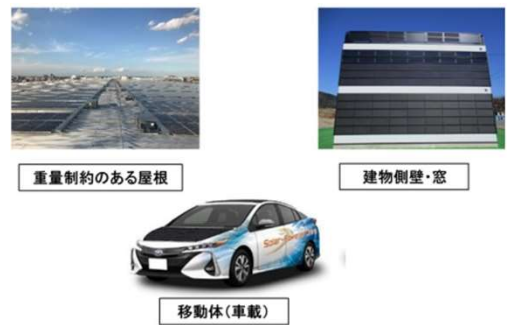
革新的太陽電池の研究開発では、高効率太陽電池を搭載した電気自動車の公道走行実証試験が開始。建材一体型太陽光発電設備(BIPV)や車載PVなどのデザインが重視される用途に向け、色つき太陽電池モジュールの開発が活発化しつつある。また、従来型太陽電池については、発電コスト低減のため、セル・モジュールの長寿命化や設置場所の多様化(水上設置など)がトレンドである。水上設置については、送電設備が共用でき、雨季・乾季で発電量が相補的となるメリットが見込まれることから、水力発電ダムへの設置、水力発電とのハイブリッド化も検討されている。その他、発電量予測の高度化技術として、日射量モデルの改良、衛星観測データや全天カメラ画像による情報量の増加、AIを活用した予測手法が研究されており、国内の各電力会社でも発電量の把握方法の検討と実装が進む。

将来の見通し

2030年	・ペロブスカイト等の次世代型太陽電池が製品化・上市される ・系統制御技術の実証が進む
2050年	・グリッドコード化・市場開設による系統安定性の確保



太陽光発電の新市場創造技術開発のイメージ



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	・ おおさかスマートエネルギープランでは、太陽光発電の2030年度導入目標量を2020年度対比で33万kW増の141万kWとしている。
海外	・ IEAは「World Energy Outlook 2019」で、世界全体での太陽光発電導入量は今後20年間で2,600GW程度増加すると見込んでいる。

トピックス

- ・ NEDOは2019年7月、世界最高水準の高効率太陽電池を搭載した電動車の公道走行実証を開始。シャープ製の高効率太陽電池を搭載したプリウスPHVをベース車両とした実証車を開発し、公道での走行実験を行っている。また、2020年7月には、同様の取組として日産自動車はBEVであるe-NV200をベースに実証車を開発。
- ・ BIPVから車載PVまで、デザイン性を重視するアプリケーションが増えてきたことから、色つきの太陽電池モジュールの開発が活発化。

再生可能エネルギーからの供給拡大

風力発電

関西電力(株)、日立造船(株)、
(株)駒井ハルテック 等

洋上風力発電の国内外の市場の拡大をにらんで、産業競争力の強化が重要

- ▶ 洋上風力は、2040年には全世界で562GW(現在の24倍)の導入量が見込まれる成長産業
- ▶ 国内に風車製造拠点は不在であるものの、風車は部品点数が多く、サプライチェーンへの波及効果は大部品サプライヤー（発電機、増速機、ベアリング、ブレード用炭素繊維、永久磁石等）には潜在的競争力
- ▶ 浮体式の技術は世界横一線であり、造船業を含む新たなプレーヤーに参入余地。将来的に、気象・海象が似ており、市場拡大が見込まれるアジア展開を見据えることが重要

技術概要

2020年12月に策定されたグリーン成長戦略では、国の洋上風力発電の導入目標として、2030年10GW、2040年30~45GWが掲げられ、国内市場の創出、サプライチェーンの構築に加え、次世代技術として浮体式の開発を行うことが明記された。このことは、風車産業、研究開発にとっての強い追い風になると期待される。

浮体式洋上風力発電では、スパー型、セミサブ型、バージ型の3タイプは既に複数基で実績があり技術的には確立しているが、コストが極めて高く、商用化は欧州では2025年頃、日本では2030年頃と見られている。将来的には、浮体を小型化できれば経済性を向上できる可能性がある。

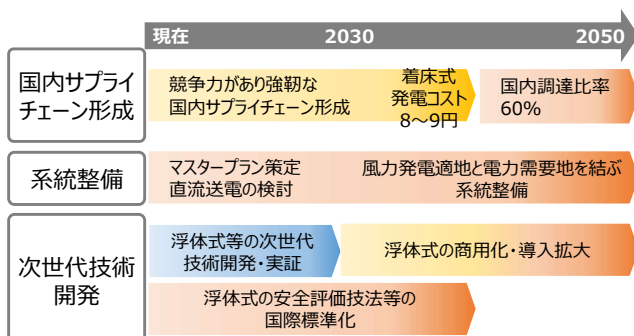
研究開発・実用化動向

陸上風力発電では、経済性向上と立地拡大のために、大型化（欧州では定格出力4~5MW、ロータ直径120~150m）と低風速域（平均風速7.5 m/s）対応が進んでいる。

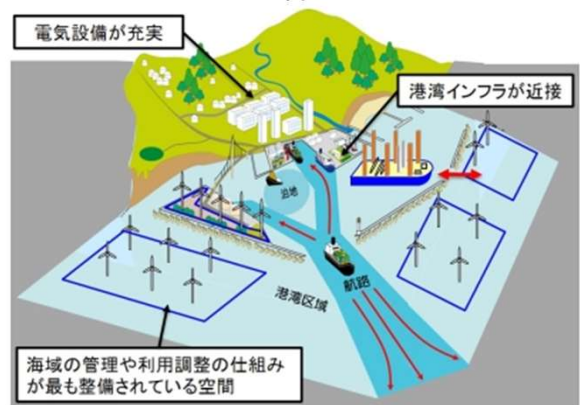
洋上風力発電では、風車本体の超大型化（定格出力12MW、ロータ直径220m）や雨滴エロージョン対策等の高耐久化に加えて、基礎・建設工事の高効率化・低コスト化、運転保守技術の高度化が進められている。

将来の見通し

2030年	・発電コスト8~9円/kWh(～2035年) ・浮体式等の次世代技術開発・実証
2050年	・国内調達比率60%(～2040) ・浮体式の商用化・導入拡大



港湾への洋上風力発電の導入イメージ



出典：国土交通省

想定されるニーズ

府域	・ 環境省の調査では、府北部、和歌山県北部との県境、奈良県南西部県境付近に陸上風力適地があり、設備容量約27.2万KWと試算されている。
海外	・ 2030年には、世界シェアの41%(96GW)がアジアとの予測。欧米風車メーカー（シーメンスガメサ、ヴェスタス、GE）のアジア進出が本格化し、アジア各国においても誘致競争が始まっている。

トピックス

- ・ 経産省及び国交省は、2021年6月11日、海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域である「長崎県五島市沖」における選定事業者として戸田建設、大阪ガス、関西電力らを含む6社による「(仮)ごとう市沖洋上風力発電合同会社」を選定した。同事業は国内初の商用浮体式洋上ウインドファームを建設、運営するもので、再エネ海域利用法に基づき建設される洋上風力発電所としても国内初の例となる。

再生可能エネルギーからの供給拡大

水力発電

ダイキン工業(株) 等

需給調整市場において、高い調整能力を有する発電設備として研究開発が継続 発電機等の製造には多種多様な企業が参入

- ▶ 近年は中水力発電の開発・建設が活発化 未開発適地の特定と更なる導入が期待される
- ▶ 老朽化施設の更新案件では、発電量の最大化やメンテナンス性の向上、環境リスクの低減などを目的に発電所の近代化が進む

技術概要

水力発電は、自然条件や時間によらず一定量の電力を安定的に供給が可能なベースロード電源である。一度発電所を作れば、その後数十年にわたり発電が可能であり、さらに発電時に二酸化炭素を排出しない、他の再生エネルギーに比してもクリーンなエネルギー源である。水力発電の歴史は古く、基盤技術は確立している。

研究開発・実用化動向

日本では、2012年に開始したFIT制度において中水力発電（30,000kW未満）が対象とされたため、従来は活用されてこなかった比較的小規模な水域での開発が進んだ。中小水力発電の設置場所は、これまでは浄水場が中心であったが、最近では農業用水や工業用水を利用した発電設備や、火力発電所のタービン発電機の冷却に使用した海水を海へ戻す際のエネルギーを利用して発電を行うなど、市場が広がっている。中小水力の導入を一層拡大するべく経産省、NEDOの支援は継続しており、系統安定度向上や急峻な変動負荷への対応のための研究開発が行われている。一方で発電機等の性能について、客観的な観点で実証等を行うことが課題であり、環境省が実証を進める。

第6次エネルギー基本計画では2030年までに48.2万kWの中小水力発電新規導入を見込んでおり、より小規模な未開発地点への導入も求められている。

将来の見通し

2030年
・導入拡大の継続
・（既存発電所の改修時）高効率機器への更新

2050年
・導入拡大の継続

現在 2030 2050

水力発電

導入拡大の継続

複数台水車発電機による制御の例



出典：環境省

想定されるニーズ

- | | |
|----|---|
| 府域 | ・ おおさかスマートエネルギーセンターでは、配水場やポンプ場などの流入水の残存水圧を活用した小水力発電設備の導入を進めている。 |
| 海外 | ・ 中国では水力発電の大容量化研究が進む。（Motou発電所にて6000万kW級のFSを実施、白鶴灘発電所の100万kW水カタービンなど） |

トピックス

- ・ ダイキン工業は、環境省が実施する「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」において既設管路の未利用エネルギーを最大限活用するマイクロ水力発電システムの開発と実証試験を実施した（2013～2015年度）。その後、マイクロ水力発電事業を行う子会社「株式会社DK-Power」を2017年6月7日に設立、自治体が保有する水道施設にマイクロ水力発電システムを設置し、官民連携により運用・発電事業を実施するビジネスモデルを確立した。

地熱発電

近畿大学 等

地熱資源ポテンシャルを有する我が国においてベースロード電源としての期待は大競争電源になり得る大規模開発は調査・開発の途上

- ▶ 従来の地熱発電の資源量は2,347万kW より深い超臨界地熱資源（超臨界状態の熱水）を活用することで、資源量の拡大と大規模・高効率の開発が期待できる
- ▶ 超臨界地熱資源は、超高温かつ酸性濃度が非常に高い 安定的な発電を可能とするために高耐久な部材・素材・掘削技術の開発が必要であるものの、世界的にも技術は未確立

技術概要

地熱発電は、地熱貯留層まで生産井と呼ばれる井戸を掘り、熱水や蒸気を汲み出して利用する発電方式で、天候に左右されることなく安定した電力供給が可能である。

地熱発電の方式には、「フラッシュ方式」と、「バイナリー方式」がある。内閣府が策定した革新的環境イノベーション戦略（2020年1月）では、温室効果ガス排出量を削減するポテンシャル・インパクトが大きく有望な革新的技術テーマの1つとして超臨界地熱発電が挙げられ、今後の技術開発が期待される。

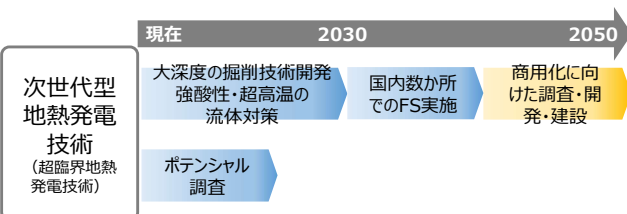
研究開発・実用化動向

NEDOでは「地熱資源適正利用のためのAI・IoT温泉モニタリングシステムの開発」に2018年度から取り組んでいる。地熱発電による温泉への影響の定量的評価だけでなく、地熱発電が無い場合の温泉自体の適正利用のための評価も対象にしており、広く環境保全への貢献が期待できる。

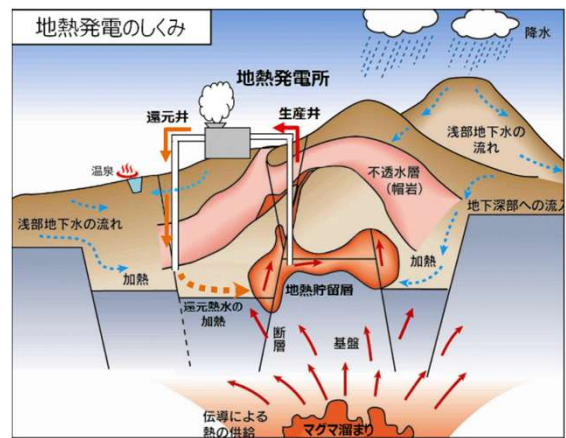
超臨界地熱発電については、2050年頃の普及をめざした研究開発がNEDOにより進められている。目下では、超臨界領域に調査井を掘削して行う調査の実現を目標に、「超臨界地熱資源の評価と調査井仕様の詳細設計」、「調査井の資材（ケーシング材及びセメント材）等の開発」、「超臨界地熱貯留層のモデリング技術手法開発」および目標達成に資する革新的技術開発に取り組んでいる。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・地熱発電所の利用率および発電原価を20%向上 ・発電容量1.55GWの導入
2050年	<ul style="list-style-type: none"> ・2040～2050年頃に、超臨界地熱資源を活用した地熱発電所(100MW級を5カ所)の普及



地熱発電のしくみ



出典：資源エネルギー庁

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2013年の環境省調査によれば、大阪府の地熱発電ポテンシャルは低温バイナリー方式で設備容量20kWと試算されている。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米国は、2050年地熱開発ビジョンを2019年に取りまとめ、現在の発電設備容量3.8GWから最大60GW（技術開発シナリオ）まで引き上げる構想が提示されている。

トピックス

- ・ 近年の地熱開発では、山葵沢・秋ノ宮地域（秋田県）において、2019年5月に10MW以上の大規模地熱発電として23年ぶりに運転（出力46MW）を開始するとともに、バイナリー発電では、既存発電所の未利用熱水を利用した滝上バイナリー発電所や山川バイナリー発電所が運転を開始している。さらに、安比地域（岩手県）や小安地域（秋田県）等で大規模の新規地熱開発が進捗している。

海洋エネルギー発電

(株)IHI 等

近年、世界的に研究開発が活発化 国内外で大型プロジェクトが進行中

- ▶ 2000年代からの石油価格の高騰、地球の温暖化懸念に関連して、欧米各国を中心に大きな研究開発費が投じられ、世界各地に実証試験海域が建設されている
- ▶ 早期に海洋エネルギー発電技術を実用化するためには、海洋エネルギーの特徴を踏まえ、様々な季節・気象条件下での発電性能や信頼性の向上及び生物付着・環境影響への対応技術開発を進めるとともに、運用上の課題を検証することが重要

技術概要

海洋エネルギーは、エネルギー密度が低く、その利用技術は、他の再生可能エネルギーと比べて技術成熟度が低い。海洋エネルギー利用装置開発においては、発電効率の向上、発電コストの低減、単機装置の大型化や多数の装置を配置したファーム形成によるシステムの大規模化、実海域での長期運転による耐久性や信頼性の向上（防水、生物付着、錆等への対策）、海洋環境に及ぼす影響把握が重要な課題である。

研究開発・実用化動向

波力発電は、風で生じた波のエネルギーを利用して発電するため、偏西風の影響が大きい中緯度で大陸の西側に海域を持つ欧州等が開発に積極的である。これまで、世界で、波力発電に関する3000以上の特許が出願され、現在、200以上の様々な形式の装置が開発中とされている。潮汐発電に関しては、水平軸プロペラ方式の技術レベルは、TRL8（実海域での複数基による初期ファーム形成段階）に達しているとされ、フランスのランス発電所（240kW）、韓国のSihawa発電所（254MW）等が稼働中で、技術的には商用化レベルにある。海洋温度差発電は、電力の単独利用だけでなく、汲み上げた大規模海洋深層水を活用する海水淡水化と漁場造成、水素製造、リチウム等の有用金属回収などとの複合利用を推進することにより、早期商用展開が望まれる。

将来の見通し

2030年	・実用化時に発電コスト40円/kWh以下の達成を目標とする実機の開発 ・発電コスト20円/kWh以下の実現に向けた次世代技術の確立
2050年	・海洋エネルギー発電の実用化

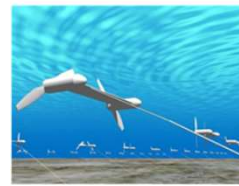
現在 2030 2050

海洋エネルギー利用発電

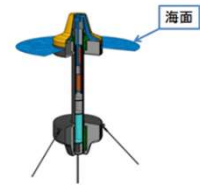
実機の低コスト化および次世代技術の確立

実用化

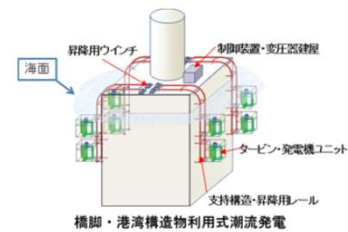
海洋エネルギー利用装置の開発テーマイメージ



水中浮遊式海流発電



リニア式波力発電（出所：東京大学提供）



橋脚・港湾構造物利用式潮流発電

出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	・ 府域への導入ポテンシャルを試算した資料は確認できなかった。
海外	・ IEAは「ETP2020」の中で、潮流発電と波力発電の合計発電量が2050年時点で約588TWh（Sustainable Development Scenario）に達すると見込んでいる。

トピックス

- ・ IHIは、第1期NEDOプロジェクトにおいて、水中浮遊式海流発電システムを開発。鹿児島県口之島沖の黒潮海域で、100 kW規模の海流発電としては世界初となる水中浮遊式海流発電システムの実証機「かいりゅう」の実海域実験を2017年に行い、最大30 kWの発電出力を確認した。装置の全長は約20mで、直径11mの50 kWタービン2基（合計100 kW）を搭載している。これに続いて、2018年にスタートした第2期NEDOプロジェクトでは、同じ海域で、装置の長期実証実験を実施予定である。

バイオマス発電

(株)グリーンパワーフュエル 等

太陽光や風力発電の平準化のための補助的なベース電源の役割を担う CO₂回収技術との組み合わせによってネガティブエミッションをめざすことも重要

- ▶ 第6次エネルギー基本計画において2030年度の電源構成のうちバイオマスは5.7～6.1%を占め、今後国内では50万kW程度の新規導入が見込まれる
- ▶ 大規模な植林と共に農業残渣等の未利用バイオマス資源を有効利用することによって、持続可能なバイオマス資源の生産サイクルを構築することが求められる

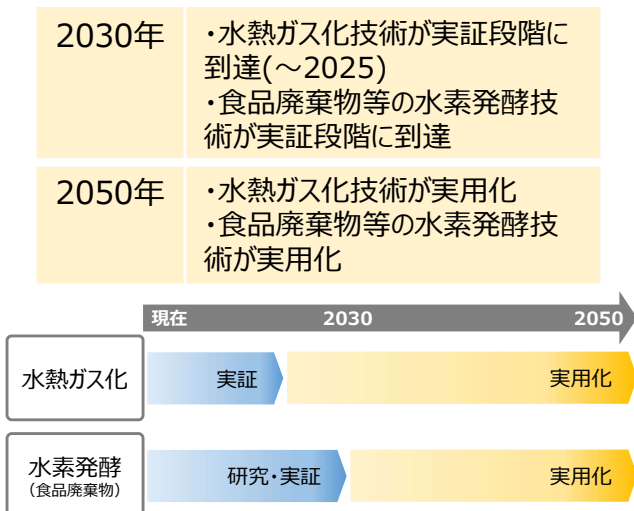
技術概要

バイオマスは、再生可能エネルギーの中で唯一の炭化水素資源であり、脱炭素の実現に向けて化石資源の代替燃料として期待されている。直接燃焼に加え、ガス化した上で複合発電と組み合わせるなど、火力発電での混焼にも適用が進むほか、CO₂回収技術と組み合わせればネガティブエミッションも可能。地域に賦存する未利用の有機資源を有効活用することができるため、エネルギーの地産地消にも寄与することが望まれるが、主力電源化に向けては、燃料の安定供給確保、発電コストの低減、持続可能性の確保等といった課題が存在する。

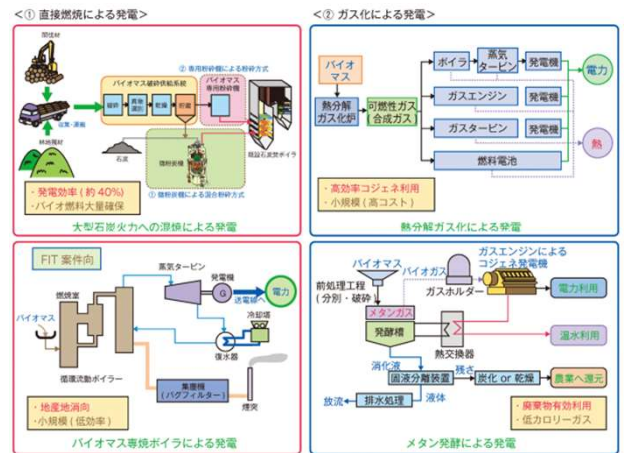
研究開発・実用化動向

2012年7月のFIT制度導入以降、直接燃焼による発電だけでなく、熱分解ガス化や嫌気性メタン発酵による熱電併給型の利用技術の実証・実用化が促進されている。同時に、石炭火力発電混焼用の半炭化技術やペレット製造プロセスの実証・実用化も進んでいる。また、CO₂回収技術を併用して、温室効果ガスの削減を促進するBECCS (Biomass Energy with CCS) や CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization) への展開も図られている。一方で、現行の多くのバイオマス発電事業は、FIT制度の支援の下で成立しており、今後の事業継続のためには原料調達・発電・供給すべてのプロセスにおいて一層のコスト低減が必要である。

将来の見通し



バイオマス発電の種類



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 緑の分権改革推進会議のガイドラインによれば、府域で約12万4千ギガジュール分の賦存が推計される。(畜産廃棄物、木質、農業残渣の計)
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模な石炭火力発電所でバイオマスへの燃料転換事例が増えている他、ガス化発電分野で石炭や天然ガスを木質バイオマスに転換する事例も見られている。

トピックス

- ・ 大阪ガスが出資するグリーンパワーフュエルは、2021年12月、兵庫県栗東市との協力により、早生樹による安定的なバイオマス燃料供給体制の構築をめざす実証事業を開始すると発表した。卒FIT後のバイオマス発電所の自立運営化をめざす。
- ・ 国際的に、輸入バイオマスのトレーサビリティが重要視されている。今後急速に木質バイオマスの輸入が拡大すると、ベトナム、インドネシア等の東南アジア諸国で、持続可能な伐採・植林のサイクルが保証されているかどうかを事前に確認する必要がある。

再生可能エネルギーからの供給拡大

再生可能エネルギー熱利用

(太陽熱・地中熱 など)

広沢電機工業(株)、大阪市立大学 等

コスト低減を進めることで、バランスのとれた分散型エネルギーとして重要な役割を果たす

- ▶ 太陽熱や地中熱は賦存量の地域偏在性が少なく、蓄熱システムと組み合わせることで天候や時間にも左右されない安定的な再生可能エネルギー熱源となる
- ▶ 企業間競争や、民間主導の技術開発投資、量産化の実現といった、より一層のコストダウンや実用化技術の確立が求められる

技術概要

再生可能エネルギー熱は、持続的に利用できると認められる熱源であり、①太陽熱、②地中熱、③バイオマス熱、④雪氷熱、⑤温泉熱、水を熱源とする熱（⑥河川熱、⑦海水熱、⑧下水熱）等がある。

NEDOは国内の再生可能エネルギー熱の導入ポテンシャルの合計は約2,396PJ/年※と試算。これは国内の熱需要の合計（約2,400PJ/年）と同程度であるものの再生可能エネルギー熱はコストの面に課題があり十分に活用されていない。

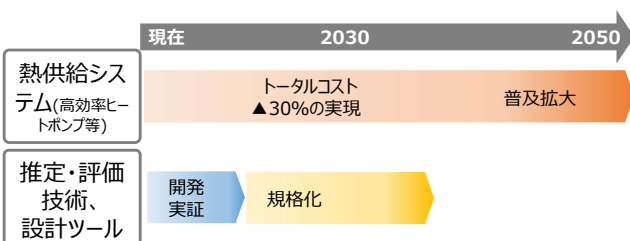
※ エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量

研究開発・実用化動向

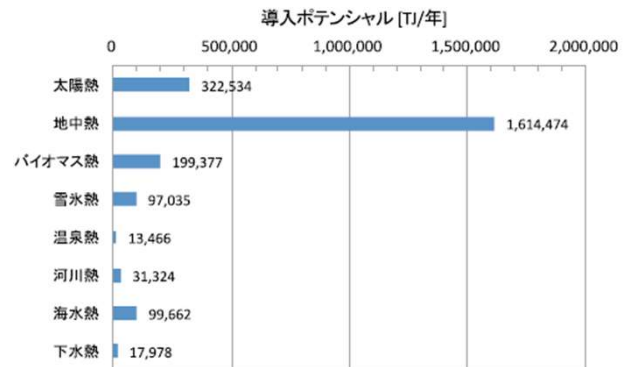
NEDOは、再生可能エネルギー熱利用技術開発事業（2014～2018年度）において、蓄熱利用を含むシステムの高効率化、評価技術の高精度化など研究開発を進めてきた。再生可能エネルギー熱利用市場の自立化・普及のためには、量産化の実現といった一層のコストダウン・実用化技術の確立が求められることから、現在はコスト低減技術開発事業（2020～2030年度）に移行。地中熱、太陽熱等について、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術（見かけ熱伝導率の推定・評価技術、設計ツール等）の開発を進める。また、ZEBへの適用も視野に、評価・定量化技術の高機能化を進めている。

将来の見通し

2030年	・トータルコスト30%以上低減（投資回収年数8年以下）を実現
2050年	・普及拡大の継続



各種再生可能エネルギー熱の国内導入ポテンシャル



出典：NEDO

想定されるニーズ

- | | |
|----|---|
| 府域 | ・ 大阪市のような大都市では、冷暖房、給湯など熱需要が高いため、太陽熱の導入ポテンシャルも比較的高く推計される。 |
| 海外 | ・ 太陽熱発電の2019年新規導入は中国、中東、南アフリカなどで計600MW。中国は2020年まで5GWの導入を計画しており、JSTは今後もサンベルトを持つ発展途上国を中心に大型導入が進むと見込む。 |

トピックス

- ・ 米国では、Renewable Portfolio Standard (R)により再生可能エネルギーの導入を進めており、2018年時点で太陽熱は14州、地中熱は12州で再生可能エネルギーの対象として認められている。中国では、第13次5か年計画において、太陽熱については利用集熱面積を8億平方メートルに拡大し、地中熱利用については支援制度を打ち出す方針を示している。
- ・ 太陽熱利用機器の国際認証に関して、国際認証機関 Global Solar Certification Networkが2018年よりドイツを中心に活動を開始している。国内では太陽熱利用機器等の規格に関して、経済産業省「高機能JIS等整備事業」が実施されている。

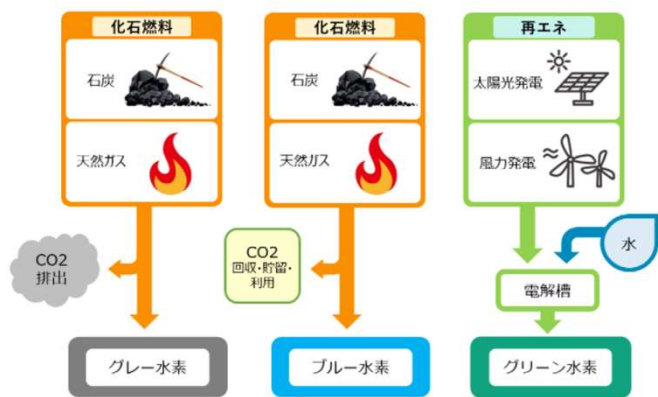
1.1. エネルギー供給部門

(2) 水素からのエネルギー供給

カーボンニュートラル時代の水素の位置づけ

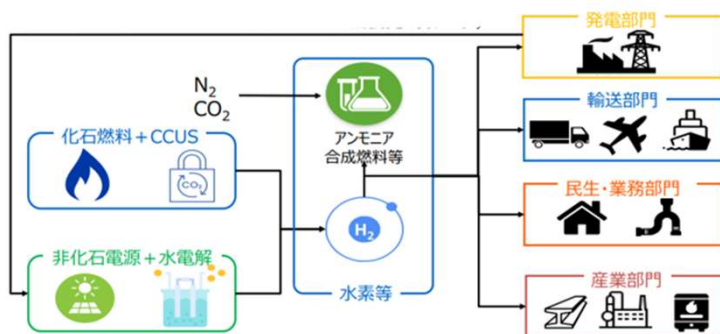
カーボンニュートラル時代を見据え、水素は、電化が難しい熱利用の脱炭素化、電源のゼロエミッション化、運輸、産業部門の脱炭素化、合成燃料や合成メタンの製造、再生可能エネルギーの効率的な活用など多様な貢献が期待できるため、その役割は今後一層拡大することが期待される。

日本では、2017年、世界に先駆けて水素基本戦略を策定し、水素社会の実現に向けた技術開発、インフラ整備を進めてきた。世界各国で水素の重要性が高まる現在、製造から輸送・貯蔵、利用に至るまでのサプライチェーン全体の技術革新や、その国際規準化において日本が世界をリードし得る分野として、今後一層の成長が期待される。



製造工程でのCO₂排出に基づく水素の種類

出典：資源エネルギー庁



グリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先

出典：資源エネルギー庁

カーボンニュートラルまでの水素需要先拡大の道筋

水素社会実現を通じて、カーボンニュートラルを達成するためには、水素の供給コスト削減と、多様な分野における需要創出を一体的に進める必要がある。

現在、水素の需要先はFCVやFCバスなどの輸送部門と、原油の脱硫用途等の産業部門などに限定され、いずれもグレー水素が活用されている。今後は、FCTラックなどの商用車、水素燃料船などが順次市場投入され、2030年頃までに大規模国際水素サプライチェーンが商用化されるタイミングで、発電部門（タービン混焼、専焼）などで地域的に実装されることを見込む。

また、技術的課題の解決に加え、サプライチェーンの大型化等を通じた水素供給コスト削減、インフラ整備に伴い、鉄鋼や化学、航空等の脱炭素化が困難な分野でも水素利用が拡大していく。

なお、家庭・業務部門を含む熱需要については、既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化や、水電解装置と再エネ導入の更なる進展、純水素燃料電池の導入等により段階的に脱炭素化を進めていく。

	短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
部門・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
輸送部門	FCV、FCバスに加え、FCTラック等への拡大	水素燃料船等の市場投入	航空機等への水素等（合成燃料等）の利用
発電部門	定置用燃料電池、小型タービンを中心に地域的に展開	大規模水素発電タービンの商用化（SCと一体）	電力の脱炭素化を支える調整力等として機能
産業部門（工業用原料）	原油の脱硫工程で利用する水素のクリーン化、製鉄、化学分野の製造プロセス実証等の実施		水素還元製鉄、グリーンケミカル（MTO等）等
産業・業務・家庭部門の熱需要	水電解装置や純水素燃料電池の導入や、既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化等に伴い化石燃料を代替		インフラ整備や水素コスト低減を通じた供給拡大

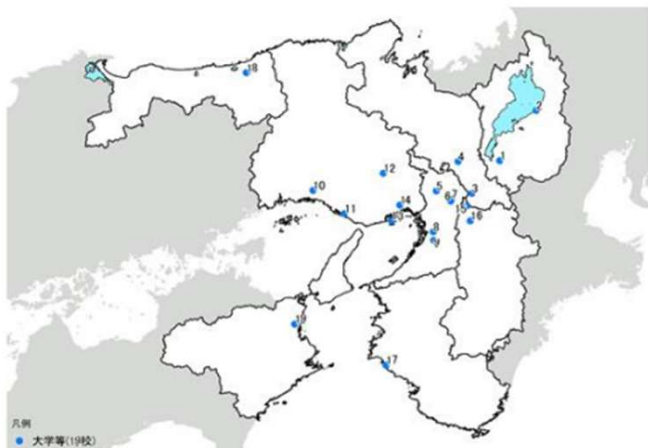
出典：資源エネルギー庁

1.1. エネルギー供給部門

(2) 水素からのエネルギー供給

関西における水素関連の取組み

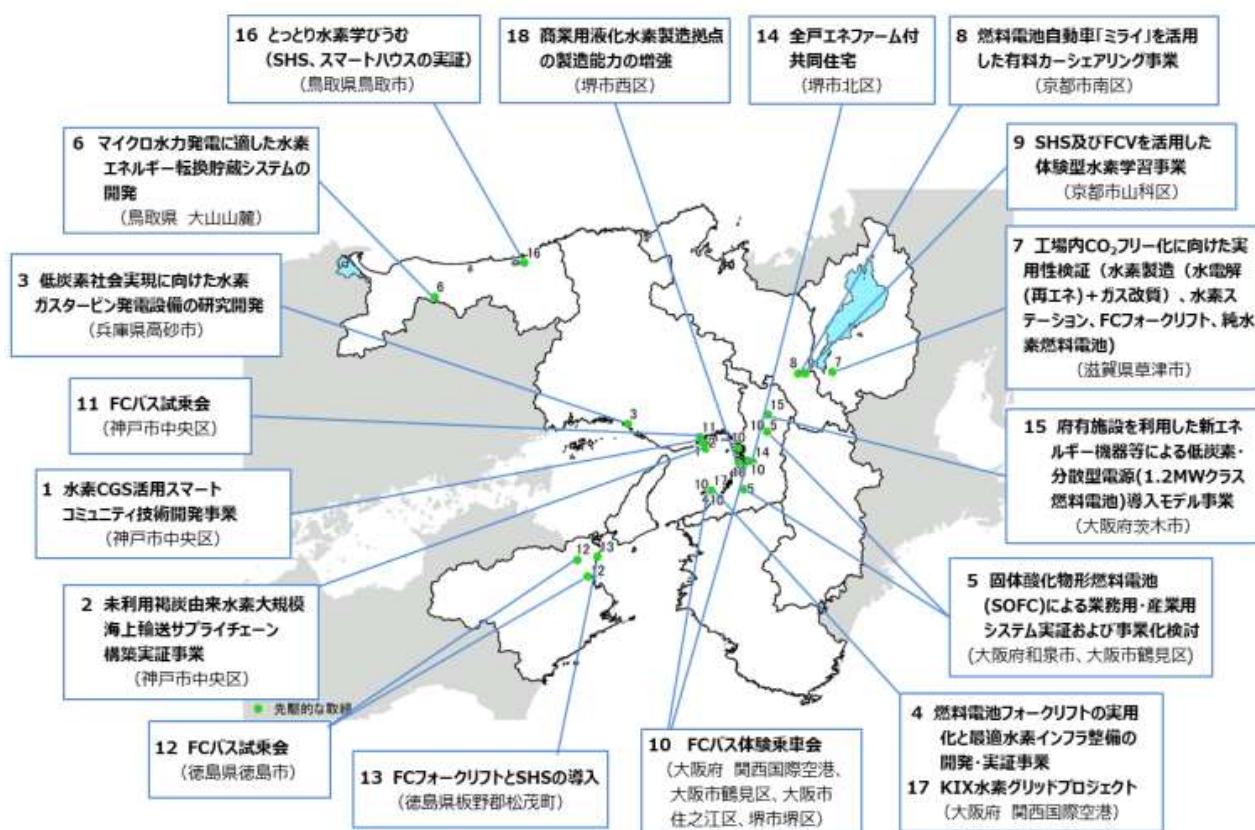
関西圏には、日本を代表する環境・エネルギー分野の大学や科学技術振興の拠点が立地し、また、企業の取組みを支援する産業支援機関や公設試験研究機関なども多数立地している。水素関連技術の高度化・低コスト化等を図り、水素の利活用を拡大していく上で、産学官の連携は不可欠であり、こうした大学や産業支援機関等が役割を果たすことが大いに期待される。



大阪府内の大学等	主な研究内容
大阪大学	太陽光広帯域利用による高効率光触媒繊維強化複合材料を用いた水素貯蔵タンク
大阪電気通信大学	炭素材料のエネルギー分野への応用
大阪府立大学 工業高等専門学校	PEFCの低コスト化、長寿命化
大阪市立大学	太陽光エネルギーを利用した水素製造
大阪府立大学	エネルギー変換・貯蔵素子の高性能化 水分解によるソーラー水素生成

出典：関西広域連合, 将来における関西圏の水素サプライチェーン構想より作成

また、研究開発プロジェクト、実証事業なども様々な取組みが展開されている。水素の安定供給、コスト低減に資するサプライチェーンの構築に向けた取組みや、大量の水素需要が見込まれる水素発電に関する技術開発など、水素社会の実現に向けた鍵となるプロジェクトが関西で展開されている意義は大きく、他の関連企業等への波及効果も期待される。



出典：関西広域連合

水素からのエネルギー供給

水素製造

日立造船(株)、パナソニック(株)、
(株)IHI、エア・ウォーター(株) 等

電力、産業、運輸、家庭などの幅広い分野での脱炭素に貢献する水素 グリーン水素の製造・普及がカーボンニュートラルの実現に向けた「鍵」に

- ▶ 水素は、化石燃料由来の「グレー水素」、CO₂排出の少ない「ブルー水素」、再エネなどを活用したCO₂排出がゼロの「グリーン水素」の3種類
- ▶ 地域の再エネなどを活用した地産地消型グリーン水素の利活用などにより、本格的な水素社会の実現を期待

技術概要

現在では、化石燃料からの改質により製造する「グレー水素」、化石由来の電力を使った水電解や副生水素などの製造プロセスにCCUSを組み合わせCO₂排出を相殺する「ブルー水素」、CO₂を排出しない「グリーン水素」がある。特に、グリーン水素は、再エネ由来電力を使用する水電解、バイオマス熱分解、水熱分解、光触媒（人工光合成※）、藻類を活用したバイオプロセスなどにより、実用化に向けた研究開発が進められている。

※人工光合成についてはCO₂利用技術としてP100で詳述します。

研究開発・実用化動向

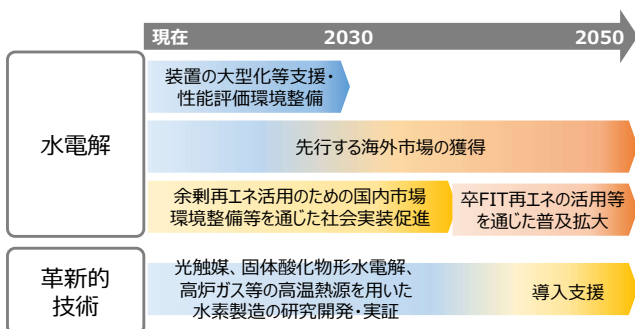
水電解技術は確立しており、製造コスト削減に向けた要素技術（膜・触媒）の高度化や大型化・モジュール化が進められている。特に、開発が先行する欧州等では、モジュール化されたスタックを並べることにより大型化や組立工程の簡素化を実現しており、装置コストの削減につながっている。日本でも、グリーンイノベーション基金事業により再エネ由来の電力から水素を製造する電解装置の大規模化に投資が行われている。

また、メタンからの直接改質、光触媒、バイオプロセスといった革新的な水素製造技術についてもNEDOにより技術確立・低コスト化の開発が進められている。

将来の見通し

2030年 ・水電解装置コスト 5万円/kW
・水電解効率 4.3kWh/Nm³

2050年 ・卒FIT再エネの活用やインフラ等の整備に伴う水素利活用・普及の拡大



福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R)



出典：NEDO

想定されるニーズ

- | | |
|----|--|
| 府域 | ・ 関西広域連合では、太陽光、風力、木質バイオマス、下水汚泥消化ガス等からの余剰再エネが水素の供給源として活用されることを期待している。 |
| 海外 | ・ 水電解装置については再エネ価格の安い海外市場をターゲットに、2050年までに最大、毎年平均88GW分（約4.4兆円/年）の導入を見込む。 |

トピックス

- ・ 2020年3月、NEDO、東芝エネルギーシステムズ、東北電力、岩谷産業は、再エネを利用した世界最大級の装置を備えた水素製造施設「福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）」の稼働を開始した。製造された水素は、定置型燃料電池向けの発電用途、燃料電池車や燃料電池バス向けのモビリティ用途などに供給されるほか、2021年に開催された東京オリンピックの聖火台燃料として使用された。
- ・ 岩谷産業は2021年6月、パームヤシの種子殻や木質ペレットなどのバイオマス原料から発電した電力を用いてグリーンな液化水素を製造する事業の検討を開始。

水素からのエネルギー供給

水素輸送・貯蔵

岩谷産業(株)、川崎重工業(株) 等

水素の安定供給を支える輸送インフラ

CO₂フリー水素を海外から大量かつ長距離輸送するための技術開発が進む

- ▶ 2030年には年間30万tの水素を海外から調達 水素需要が拡大するほど輸送（水素キャリア）の効率化とコスト削減が求められる
- ▶ 水素キャリアの評価では、運搬コストに加えて水素抽出・分離のコストも踏まえた総合評価が重要

技術概要

各水素キャリアの特性比較

水素は常温常圧下では気体であるため、長距離輸送・大量貯蔵にはその体積密度の克服が課題の一つとなる。そのため、液化やアンモニアやメタンへの転換といった形態（キャリア）の研究開発・評価が必要となる。MCH・アンモニア・メタネーションは既存インフラを活用できることが強みであり、早期のサプライチェーン構築が見込める一方、液化水素は消費エネルギー観点では優位、高純度化も容易といった特徴がある。

キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	メタネーション
体積 (対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
液化条件	-253℃、常圧	常温常圧	-33℃、常圧等	-162℃、常圧
毒性	無毒	有毒 (トルエン)	有毒、腐食性	無毒
既存インフラの活用可否	国内配送は可 国際輸送は 新設が必要	ケミカルタンカー 等で可	ケミカルタンカー 等で可	LNGタンカー、都 市ガス管等で可
技術的課題	大型海上輸送 技術（大型液 化器、運搬船 等）の開発が必要。	エネルギーロス さらなる削減が 必要	直接利用先拡 大のための技術 開発、脱水素設 備の技術開発が 必要	製造地における 競争的な再エネ 由来水素、CO 2供給が不可 欠

出典：資源エネルギー庁資料より一部抜粋

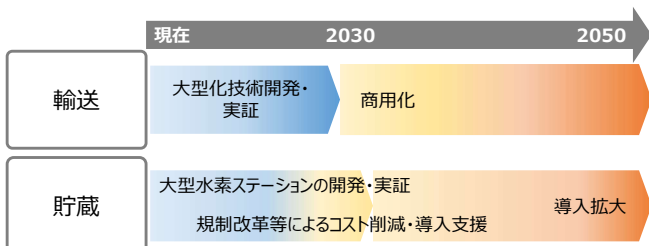
研究開発・実用化動向

各キャリアは化学的な特性、既存インフラの活用可能性などから、将来的には輸送距離や用途に応じたすみ分けが進むと見られ、2030年の自立商用化（水素の供給コスト30円/Nm³）を実現するべく、高効率化・コスト低減につながる研究開発がNEDO等により進められている。

※メタネーションについてはP48で詳述します。

将来の見通し

2030年	・大量輸送技術の確立・商用化、国際標準化 ・大型水素ステーションのコスト低減
2050年	・水素輸送・貯蔵の拡大



想定されるニーズ

- 府域
・ 関西圏では、NEDOにより海外から輸送される液化水素の荷役・貯蔵技術の実証事業が進められており、将来的な大規模輸入拠点としての役割が期待される。
- 海外
・ ドイツ等が水素の輸入に関心を示しており、今後、国際市場が立ち上がる見込み。

トピックス

- ・ AGLエナジー（豪）、川崎重工業、電源開発、岩谷産業、丸紅、住友商事が参画する水素エネルギーサプライチェーン（HESC）プロジェクトは、豪ビクトリア州ラトロブバレーで産出される褐炭から水素を製造し、同州ヘイスティングス港で液化・積荷して、日本の神戸にある液化水素荷役実証ターミナルへ輸送する、世界初の実証事業として2021年3月に運転を開始。2021年中にヘイスティングス港へ向け液化水素運搬船を出航し、輸送試験を実施する計画。

水素からのエネルギー供給

メタネーション

大阪ガス(株)、日立造船(株) 等

再エネ由来水素とCO₂の利活用を促進する次世代熱エネルギー産業構築の要 産業・民生部門におけるガスの脱炭素化に貢献

- ▶ 産業・民生部門における消費エネルギーの約6割は熱需要が占めることから、熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化が求められている
- ▶ LNGのガス導管など既存インフラ設備の活用が可能な合成メタンは水素キャリアの一つとしても期待される

技術概要

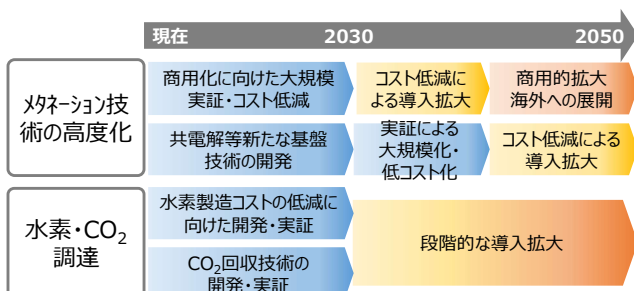
メタネーションは水素とCO₂を反応させることでメタンを製造する技術であり、メタン化することにより都市ガスの既存インフラを活用できることから、再エネ由来水素の需要技術として注目されている。また、大気に排出されるCO₂を水素のメタン化に活用することで、カーボンニュートラルに寄与する。

研究開発・実用化動向

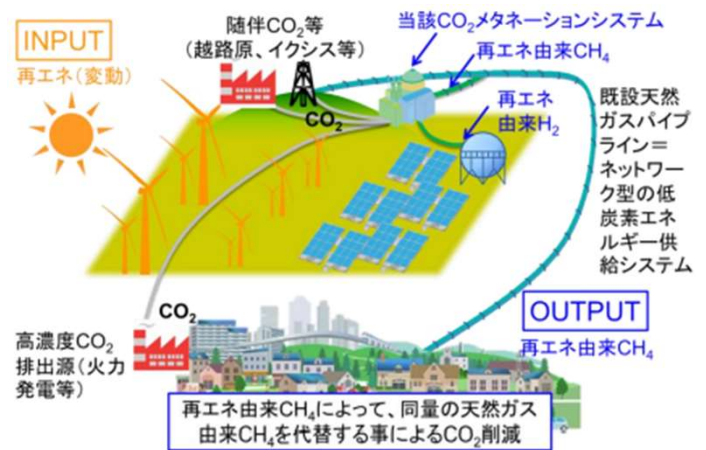
NEDOでは2017～2021年にかけて、小規模の試験設備でメタネーションを行う基盤技術開発を実施した他、2019～2021年には、固体酸化物形電解セル(SOEC)を用いた共電解によりCO₂を直接分解することで従来より高効率に合成メタンを製造できるシステムの開発を行ってきた。また、2021年には東京ガスらによりバイオリクター（メタン生成菌）によるメタネーションの技術実証に向けた基礎研究が開始されている。今後もメタネーションの実用化・低コスト化に向け、設備の大型化や革新的高効率化技術の開発が進むと考えられる。また、メタネーションには安価な水素とCO₂の調達が必要であるため、水素サプライチェーンおよびCO₂分離・回収プロセスに関する技術の開発・高度化・低コスト化が併せて求められている。

将来の見通し

2030年	・2040年頃の商用化を見据えた大規模実証・コスト低減
2050年	・従来型メタネーション技術の商用拡大・海外展開 ・革新的メタネーション技術のコスト低減・導入拡大



メタネーションプロジェクトの概要



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	・ H2Osakaビジョンでは合成メタンを天然ガスモビリティ等で利用することを提案している。
海外	・ 東南アジアにおける天然ガス需要のうち1割にメタネーション技術を導入すれば、5,000億円規模の投資が見込まれる。

トピックス

- ・ 2021年10月、大阪ガスはINPEXと共同でNEDOの助成事業によりCO₂-メタネーションシステムの実用化をめざした技術開発事業を開始した。この事業では、INPEX長岡鉱場内から回収したCO₂を用いて合成メタンを製造する実証実験を2024～2025年度にかけて実施し、製造した合成メタンを都市ガスパイプラインへ注入する予定。合成メタン製造能力約400Nm³/hの設備開発を予定しており、現時点で世界最大級の規模であるとしている。

水素からのエネルギー供給

水素発電

川崎重工業(株)、関西電力(株)、
大阪大学 等

CO₂排出を大幅に削減する水素火力発電 水素需要を喚起することで水素の価格低減や他の利活用技術の普及・市場拡大への波及効果も期待される

- ▶ 水素発電は、大規模かつ長期的な水素需要を喚起するものであり、商用水素サプライチェーンの構築を牽引する役割が期待される
- ▶ 2050年時点で水素発電が電力システムの中で主要な供給力、調整力の一つとしての役割を果たすためには、2030年前後に水素発電の商用化を果たすことが重要

技術概要

水素は天然ガスなどの既存燃料に比べ、発熱量が低い、燃焼速度が速い、火炎温度が高いなどの燃焼特性を持つため、燃焼部材への影響含め、耐熱性、NOx低減技術などガスタービンの各種構造の最適化が必要となる。

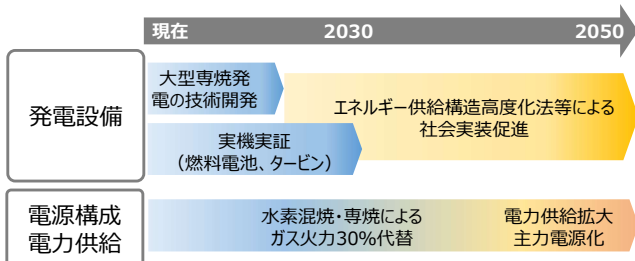
グリーン水素をガス火力への混焼や専焼で利用することにより、発電部門のCO₂排出を大幅に削減することができる。また、従来のガスタービンと同様に大規模化が可能であり、安定・安価かつ大量の水素供給と結び付けることで、大規模かつ安定的で低環境負荷な電源となる。

研究開発・実用化動向

日本では、安定した酸素水素燃焼を可能にする水素タービンの開発（バーナーの形状・構造・材料及び燃焼安定化制御等）がNEDOにより実施されてきた。2021年10月に閣議決定した第6次エネルギー基本計画では、2030年までにガス火力への30%水素混焼や水素専焼の導入・普及することを目標に掲げ、混焼・専焼の実証の推進と環境整備を行うとしている。直近では「グリーンイノベーション基金事業」の第1号案件として大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクトが開始し、中～大型ガスタービンによる水素専焼・混焼の実機実証3件が実施中である。

将来の見通し

2030年	・燃料電池、タービンにおける混焼・専焼での実機実証 ・ガス火力への30%水素混焼や水素専焼による商用化
2050年	・国内外展開支援や法整備による社会実装促進



ドライ低NOx水素専焼ガスタービンの
実証試験プラント（神戸市）



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	・ 関西圏は供給・需要ともにポテンシャルが高いことから水素発電の早期普及が期待される。
海外	・ ノオン社（オランダ）が運営する火力発電所の一部を2023年までに100%水素専焼の発電所に切り替える計画を示すなど、欧州や豪州で水素発電の導入検討が進んでいる。

トピックス

- ・ 川崎重工業、大林組らはNEDO「水素社会構築技術開発事業」において、ドライ低NOx水素専焼ガスタービンの技術実証試験を2020年5月開始し、世界で初めて成功した。
- ・ 関西電力は2021年8月、グリーンイノベーション基金事業「既設火力発電所を活用した水素混焼/専焼発電実証」に採択されたことを発表した。この事業では既設の発電設備を活用し、水素の受入・貯蔵設備から発電に至るまでの運用技術の確立をめざす。2025年度に水素発電の実証が開始される予定。

水素からのエネルギー供給

燃料電池

パナソニック(株)、大阪ガス(株)、(国研)産業技術総合研究所 等

高効率、高耐久、低コストを実現するための基盤技術の開発が加速 世界市場における地位確立をめざす

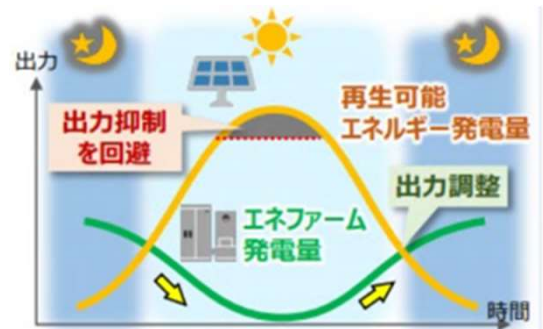
- ▶ 電力系統において供給力・調整力として活用する実証等により環境整備を行い、2030年以降の燃料電池システムの自立的普及拡大を推進
- ▶ 世界に先駆けて市場導入を開始した日本。技術の競争力を強化し、新用途に展開するための技術開発、大量生産を可能とする生産プロセスや検査技術の取組により、世界での地位確立をめざす

技術概要

燃料電池を活用した小規模分散型電源は、大規模な投資不要で、大型の火力発電所と同等程度の発電効率が得られるため、今後の普及が見込まれる。停電時に自立的な起動・運転が可能のため、BLCP（業務・生活継続計画）の観点から有効であり、IoTの活用によるVPPとしての利用も期待される。

日本では2009年に家庭用燃料電池（エネファーム）が市場投入され、2017年から国内メーカーによる燃料電池（SOFC型）の本格市場投入が始まった。

電力市場における燃料電池の活用



出典：資源エネルギー庁

研究開発・実用化動向

2030年以降のFCVや業務・産業用燃料電池への実装をめざし、NEDOが産学官連携研究開発事業を実施中。具体的な技術目標として、PEFCにおいては耐用年数15年以上、最高運転温度100℃以上、燃料電池システムコスト<0.4万円/kW、SOFCにおいては発電効率65%超（低位発熱量）、耐久時間13万時間以上。高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術等の確立をめざす。

また、マイクログリッドでの活用を想定し、より高耐久・高効率な性能を発現させるための開発や、市場拡大や大量生産、部品数削減などによる低コスト化を推進。従来以外での用途の活用の技術開発にも取り組んでいる。

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> • おおさかスマートエネルギープランでの燃料電池等の2030年度導入目標量は81万kW。 • 関西広域連合では、圏内で2030年までに922千台の定置用燃料電池導入を見込む。
海外	<ul style="list-style-type: none"> • ボッシュ（独）が2024年から定置用燃料電池システムの本格生産を開始すると発表するなど、市場拡大を見込んだ企業活動が活発化。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> • 排熱利用も含めたグリッドパリティの実現 • 発電効率、耐久性の向上
2050年	<ul style="list-style-type: none"> • スマートコミュニティの実現 • 水素以外の炭化水素燃料供給による直接内部改質型燃料電池

	現在	2030	2050
次世代SOFC		高効率型(60%以上)、超小型、低温動作型の開発	実用化・普及拡大
次世代PEFC		高効率純水素型システム(耐久年数15年、発電効率60%以上)の開発	実用化・普及拡大
スマートコミュニティ対応		最適制御技術の確立など開発・実証	実用化・普及拡大

トピックス

- 大阪府中央卸売市場内に、民間事業者としては国内初となる1MW級の商用の燃料電池（SOFC）を設置。2018年3月まで、CO₂削減効果や電力供給の安定性・信頼性に係る実証事業が実施された。
- 大阪府は、今後の成長が期待される「スマートエネルギー分野」でのオープンイノベーションを推進するため、関西圏に拠点を有する大手・中堅企業で構成する「大阪スマートエネルギーパートナーズ（SEP）」と、自社技術の活用や新規参入をめざす中小・ベンチャー企業等で組織する「おおさかスマエネインダストリーネットワーク（SIN）」の2つのプラットフォームを設置。参加会員数は210社・団体（2021年7月31日時点）

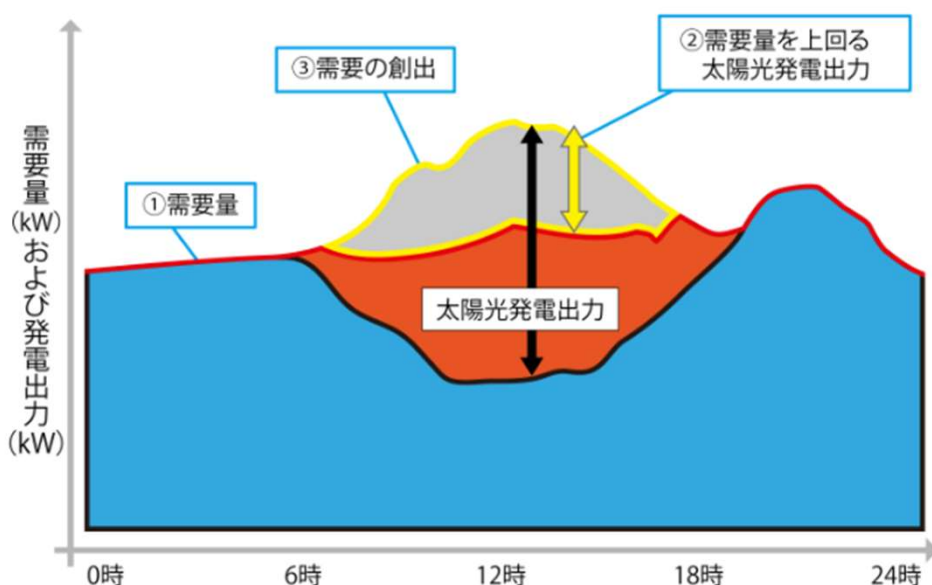
1.1. エネルギー供給部門

(3) エネルギーの一時貯留／供給インフラの整備・最適化

電源の分散化に伴い高まる 電気を「貯める」「配る」の重要性

脱炭素を実現するために再生可能エネルギーは欠かせない一方で、自然の影響を受けるため非常に不安定な発電源である。例えば、太陽光や風力といった再生可能エネルギーは、日射量や風の強弱などにより発電設備の出力が変動するため、発電量が需要量を上回る（余剰）際には出力を制御することにより系統内の需給バランスを維持しなければならない。こうした余剰を無駄にせず、再生可能エネルギーを最大限活用するためには、蓄電池による一時的な貯留や、バーチャルパワープラント（VPP）・デマンドレスポンス（DR）による需要の創出が必要となる。また、分散する電源を面的に管理し、電力を安定的に供給するための送配電網の整備、高度制御技術についても重要性が一層高まっている。

需要の創出による再生可能エネルギーの導入拡大(太陽光発電の例)



出典：資源エネルギー庁

分散型エネルギーリソースを取り巻く市場の展望と政策動向

コスト低下やデジタル技術の進展によるエネルギーマネジメントの高度化、レジリエンス強化に対する関心の高まり等により、再生可能エネルギーを始めとする分散型エネルギーリソースの導入拡大は今後も進展が期待される。これに伴い、分散型エネルギーリソースが果たす役割は、これまでの需要家のレジリエンス対応、ピークカット、熱電併給等による省エネルギーなどの自家消費向けに加え、小売電気事業者向けの供給力や一般送配電事業者向けの調整力としての活用などに拡大していくことが期待されている。

分散型エネルギーリソースのうち、調整力の提供や変動する再生可能エネルギーの有効利用を図る上で特に重要となる蓄電池については、レジリエンス向上への関心の高まりやFIT制度の買取期間を終えた住宅用太陽光発電による電力の自家消費に対する経済性の向上を背景に、近年家庭用を中心に導入が進んできた。系統に対する調整力としての活用が期待される業務・産業用や系統用の蓄電池についても、今後一層の導入拡大が見込まれる。

政府は、グリーンファイナンス、トランジション・ファイナンスといった金融政策を打ち出し、次世代型蓄電池事業等の取組に対しリスクマネー支援を実施することにより、民間投資を呼び込みたいとしている。規制改革、国際標準化等のルールの整備の必要性も言及しており、需給調整市場（2024年開設）への参入に向けた制度設計、系統用蓄電池の電気事業法上の位置付け明確化、系統用蓄電池の共同調達、蓄電池に関するグリッドコードの整備等についても議論が進んでいる。

エネルギーの一時貯留

大容量蓄電設備

(独)製品評価技術基盤機構、住友電気工業(株) 等

再エネの主力電源化に不可欠な電力系統用大型蓄電池 瞬動性や出力の双方向性から、再エネのインバランス回避や調整力を提供

- 再エネの導入量拡大やスマートコミュニティの社会実装につれて電力系統内での蓄電の重要性が高まる2030年以降、定置用（家庭・産業・系統用）の市場も大きく成長する
- 蓄電システムの普及拡大にはLiB等蓄電池の量産効果によるコストダウンが不可欠

技術概要

系統側に設置され、系統直付けもしくは系統設備併設の蓄電システム（系統用）、あるいは、太陽光発電や風力発電のような再エネ変電所に併設される蓄電システム（再エネ併設）がある。系統に連系することで、系統安定化（周波数・電圧調整）、ピークシフト、送電容量の平滑化、停電時などのバックアップ電源としての役割等を担う。系統用としてすでに実用化されている蓄電池にはリチウムイオン電池（LiB）、ナトリウム硫黄電池（NaS電池）、レドックスフロー電池（RF電池）がある。

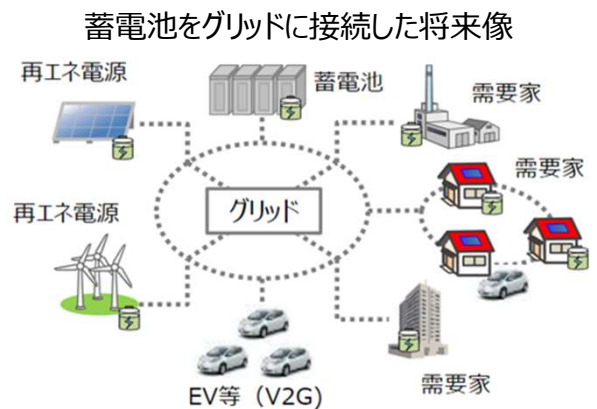
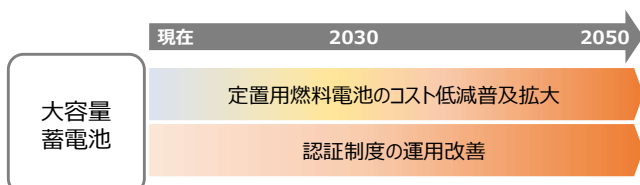
研究開発・実用化動向

日本では、再エネの導入拡大に伴い、電力需給のバランス改善、周波数変動への対応を目的に再エネ併設・系統用大型蓄電システムの開発・導入が進んできた。2013年以降、経産省・NEDOにより国内電力会社への導入補助事業や海外での実証事業が複数実施されている。経産省の調査によれば、2010～19年の国内累計導入量は1.2GWhであった。今後はVPPでの活用なども期待されており、連携インバータに同等の機能を保持した仮想発電機能（VSG機能）を持たせたハイブリッド型の蓄電池システムの開発が進められている。

系統用の大型蓄電システムの普及には蓄電池のコストダウンが不可欠であるため、まずはLiB等蓄電池の低コスト化・高効率化に資する技術開発が求められる。また、次世代蓄電池技術として全固体LiBの開発も進められている。

将来の見通し

2030年	・スケール化を通じた低価格化 ・蓄電池材料の性能向上 ・ルール整備・標準化
2050年	・更なる高性能な次世代電池の実用化



出典：経済産業省

想定されるニーズ

府域	・工場や商業施設へのPV導入に伴い、ピークカット対策など需給調整力として産業用・商業用とも需要が高まる。
海外	・系統用蓄電システムはエネルギー管理のためのツールとしてのニーズが強くなりつつあり、これからも特に北米や欧州、中国を中心に市場が拡大していく見通しである。

トピックス

- ・製品評価技術基盤機構（NITE）は2016年、大型蓄電池システムの安全性等に関する評価のため、世界最大規模の試験施設（NLAB）を大阪南港咲洲コスモスクエア地区に整備。NLABでは、最大約16mのコンテナサイズの大型蓄電池システム（主にリチウムイオン電池）を対象に、発火燃焼を伴う試験を安全に実施できる。
- ・次世代大容量蓄電池の研究開発の加速を目的に、2013年にALCA-SPRINGが発足。活物質・電解質・セパレータなどの材料や要素技術の開発、反応・劣化メカニズムの解明、蓄電池の性能が十分に発揮できるように、電池の最適化研究を推進している。

供給インフラの整備・最適化

エネルギー需給の高度化

関西電力(株)、大阪府立大学、
関西電力送配電(株) 等

脱炭素に向けて進むエネルギーリソースの分散化と最終消費エネルギーの電化 グリッドでの需給調整・系統安定化が2050年の電力安定供給の要諦

- 再エネ導入の拡大により電源の分散化と出力変動への対応が急務 需給バランスを調整するデマンドレスポンス (DR) ・バーチャルパワープラント (VPP) の活用による系統安定の高度化が求められる
- 再エネへの対応と同時に、大規模災害時には域内・域外へのバックアップを可能とするレジリエントな送電ネットワークの構築も重要

技術概要

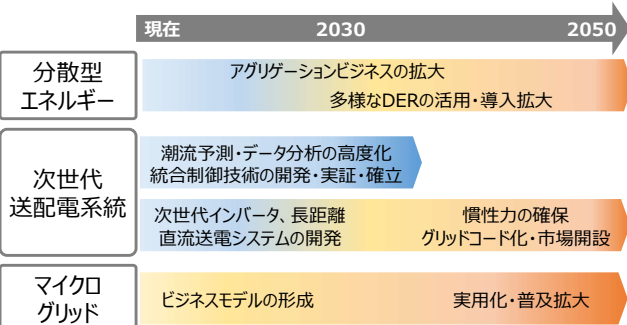
DRでは需要家側の受電点以下に接続されている電力設備を制御して電力需要を調整するのに対し、VPPでは、蓄電池・自家発電設備などの電力設備と、生産設備や照明器具のように一時的な稼働コントロールが可能な需要側リソースを統合管理することで系統内の需給を調整する。2021年4月に創設された需給調整市場において取引される「調整力」の創出方法としてVPPへの期待は大きい。また、次世代の系統安定化に必要とされる送配電系統の高度制御（慣性力制御・潮流監視など）や、送配電網の整備に係る技術の開発が求められる。

研究開発・実用化動向

「革新的環境イノベーション戦略」では、VPPやDR、次世代型の電力制御技術を通じて、送電系統から配電系統までの様々な電圧階級において高度な需給調整を行い、セクターカップリングへの対応が可能なエネルギーマネジメントシステムの技術開発の重要性が示された。NEDOでは2019～2023年度の5年間で「再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発」を実施している。さらに、地域のエネルギーリソースを有効に活用し、一定の地域内で供給するマイクログリッドについても、市場形成・制度化が進められている。

将来の見通し

2030年	・アグリゲーションビジネスの拡大 ・多様な分散型エネルギーリソース (DER) の活用・導入拡大
2050年	・マイクログリッドの実現 ・長距離直流送電システム等、次世代グリッドの実現



VPPのイメージ



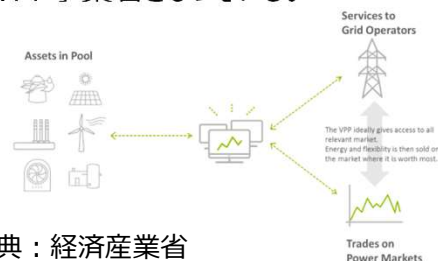
出典：大阪府

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 2021年度のエネルギー関連施策・アクションとして、需給制御や再エネ導入により、エリア単位でのVPP構築をめざしている。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 中国は超高压送電技術を導入。海外での大規模開発を進め、UHV技術の国際標準化をめざす。

トピックス

- ・ネクスト・クラフトヴェルケ（Next Kraftwerke、独）は商用ベースのVPP事業を展開するスタートアップとして2009年に設立。現在は、太陽光発電、風力、バイオガス、非常用発電機、コージェネレーションシステム、蓄電池等の多様なVPPリソース5,000基超、電力容量4,032MWを取り扱う欧州トップクラスのVPP事業者となっている。



出典：経済産業省

■ コラム 地産地消のエネルギー需給

官民連携の事業創出事例：浜松新電力

浜松市は2015年10月、官民の共同出資により(株)浜松新電力を設立、翌年4月から電力供給を開始した。日照時間の長い同市の強みを活かした太陽光発電を中心に据え、地域新電力事業を通じたスマートシティの実現をめざしている。

浜松市では東日本大震災をきっかけにエネルギービジョンを策定。「エネルギーに不安のない強靱で低炭素な社会の構築」を浜松新電力の事業目的の1つとして運営を進めている。

2030年度には再エネ導入量137.0万MWh（2011年度の約8.8倍）、電力自給率30.6%をめざす。太陽光発電、風力発電、バイオマス、小規模水力発電の拡大を進めるほか、自家発電設備（ガスコジェネレーション等）の導入も推進する。省エネ推進による電力自給率の向上も図り、2050年度目標には再エネ導入量221.5万MWh、自給率101%を掲げている。

浜松新電力の事業イメージ



出典：浜松市

農林水産省が推進する エネルギー地産地消モデル事業

農水省では、地域新電力や農山漁村エネルギーマネジメントシステム（VEMS）等、地域内の経済循環につながる再生可能エネルギーの地産地消モデルの構築と普及を推進。従来未利用となっていた土地、水、バイオマス等資源の有効活用や、周辺事業（発電設備の維持管理や木質バイオマスにおけるチップ加工等）の雇用創出による地域内での経済循環生成の効果が見込まれる。

- 再エネ発電事例：太陽光発電、風力発電、小水力発電、バイオマス発電（木質・メタン）、温泉熱

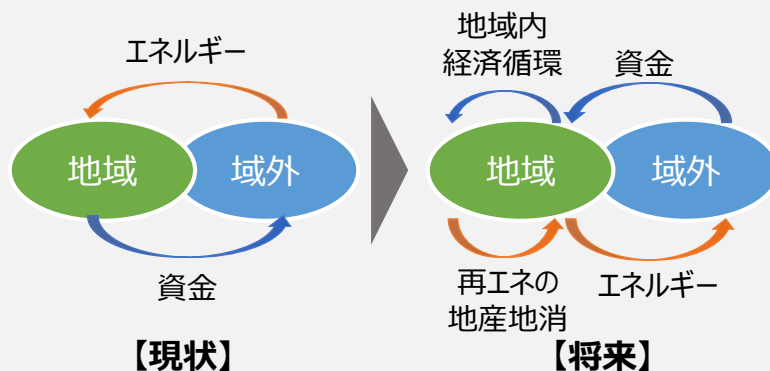
農山漁村に再エネを導入する意義

経済貢献

- 農林漁業者の収入増加
- 農林水産物の付加価値向上など

機能貢献

- 交流人口の拡大
- 災害時の電力供給 など



関西圏での取組事例



市民農園で、さつまいもを収穫する大学生



発電施設の外観

写真左、上：営農型太陽光発電の売電収入を活用した市民協働による農地の利用促進（兵庫県宝塚市：非営利型株式会社宝塚すみれ発電）

写真下：トラクターを電気自動車化し、小水力発電による電気を地産地消（京都府福知山市：有限会社やくの農業振興団）



電気自動車化したトラクター

産学連携によるジャム加工品



供給インフラの整備・最適化

送受電システムの高度化

(株)ダイヘン、パナソニック(株)、シャープ(株)、関西電力(株) 等

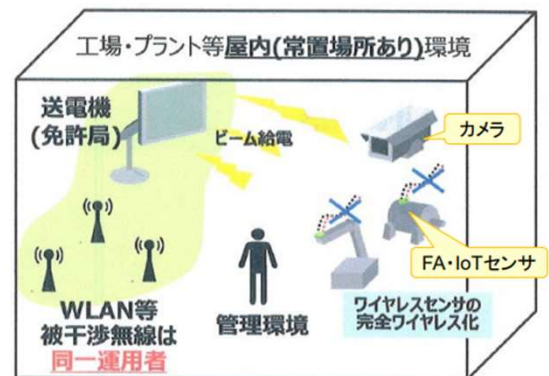
世界に先駆けた空間伝送型WPTシステムの実現をめざし開発促進 安全性や他の無線通信との共用可能な制度が求められる

- ▶ ワイヤレス電力伝送システムにおいて、既に実用化されている「近接結合型」の高度化、開発途上の「空間伝送型」の実現をめざす
- ▶ 人体防護・安全性の確保や他の無線通信への干渉を防ぐための制度化の検討が進められている

技術概要

ワイヤレス電力伝送（WPT）には、携帯電話や電気自動車への充電等で既に実用化されている「近接結合型」と、実証・開発段階の「空間伝送型」がある。前者は伝送距離が短いが大電力化、高効率化が可能。後者は電波を利用した給電のため、やや非効率だが長距離に強く、IoT化に伴い増加するセンサーや災害地域への給電などに有効である。課題はWPTシステムからの電波漏洩。人体への影響や他の無線通信への干渉の恐れが懸念され、周波数によって安全距離も異なることから、技術革新とともに安全性への配慮や制度化が求められる。世界各国で制度化に至っていないため、実用化を早期に実現した国が世界市場でのリードを保つものと考えられる。

WPT利用シーン例（5.7GHz帯）



出典：総務省

研究開発・実用化動向

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム内で「IoE社会のエネルギーシステム」をテーマにWPTシステムへの基盤技術開発や実用化研究が進められている。インフラの維持・管理用ドローンへの屋外給電、センサーや情報機器等への屋内給電への取組を推進。

電波に関する制度化は総務省が中心となって進められており、国として人体防護・安全性の確保、他の無線システムとの共用化、世界最先端技術の開発による高度利用化など実用化のための課題に取り組む。

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none">2021年度のエネルギー関連施策・アクションとして、先端技術等の実証実験などの取組みを支援し、新エネルギー産業の創出・普及につなげるとしている。
海外	<ul style="list-style-type: none">空間伝送型WPTの制度化米国では送電性能の実現と既存制度への適合が課題。量産化もめざす。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none">家庭内電源のフルワイヤレス化ドローンや電気自動車へのワイヤレス給電実現
2050年	<ul style="list-style-type: none">高速道路など一部道路での走行中給電実現送電網不要な再エネの普及

	現在	2030	2050
近接結合型	高度化・効率化	実用化・普及拡大	
空間伝送型	研究・実証		実用化・普及拡大
制度化	検討段階		実用化・普及

トピックス

- ダイヘンと関西電力は2020年2月、万博記念公園内で次世代モビリティサービスの実証実験を実施。太陽光発電搭載ワイヤレス充電システム等を使用。また、2025年大阪・関西万博に向けて、開催予定地の夢州でも実証実験を実施予定。
- 京都大学は、京都府宮津市の地蔵トンネル避難坑にてトンネル内の重量付帯設備の落下や崩落監視を目的とした巡回型インフラモニタリングシステム（ミネベアアツミによる開発）へのマイクロ波無線送電技術の実証実験を2020年10月に開始した。走行中車両への無線送電の有用性・利便性および実用上の課題を確認し、社会実装に向けた開発を加速する。

■ コラム これからの無線伝送技術

空間伝送型WPTシステム

空間伝送型の無線電力伝送システムは伝送距離・伝送電力ともに展開可能性のある技術であるが、実用化に至るためには段階を踏む必要がある。

【第1ステップ】

利用シーン：屋内利用・数10Wクラス

用途：IoTセンサーネットワーク、モバイル機器への給電

【第2ステップ】

利用シーン：屋内/屋外利用・数10Wクラス

用途：屋外を含むIoTセンサーネットワーク、モバイル機器への給電

【第3ステップ以降】

利用シーン：屋内/屋外利用・大電力～kWクラス

用途：スマートモビリティ、ロボット・ドローンへの給電・充電、災害時の電力供給

総務省「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」に関する提案（ブロードバンドワイヤレスフォーラム）に基づく試算では、2025年の空間伝送型WTPシステムの国内市場規模は5,520億円に上ると予測され、IoTデバイス市場の成長に伴い、国内のみならず海外市場への展開・普及拡大も期待されている。

空間伝送型WPTシステムのユースケース



空間伝送型WPTシステムの市場規模予測

用途	市場規模 (2025年、国内)
FA/IoTセンサ	3,750億円
介護・見守り用途センサ	500億円
モバイル端末（スマートフォン・タブレット等）	1,270億円
合計	5,520億円

出典：総務省

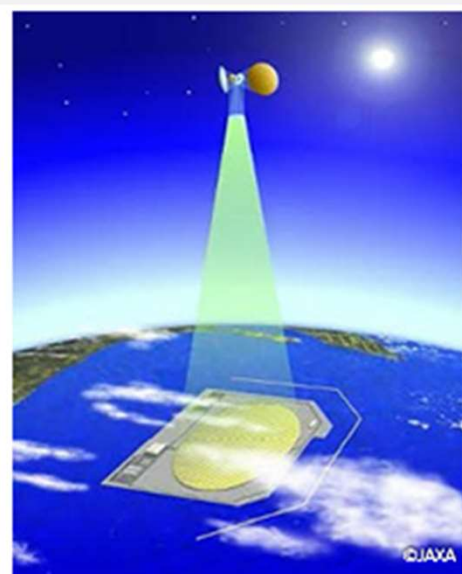
未来の超長距離無線伝送技術

JAXAを中心に宇宙太陽光発電システム（SSPS）の研究が進められている。宇宙空間に巨大な太陽電池とマイクロ波送電アンテナを配置し、太陽光エネルギーを電気に変換した後にマイクロ波に変換して地球上に設置した受電アンテナへ送電、地上で電力に再変換して使用するシステムのことである。

SSPSの長所は以下のとおり。

- ・二酸化炭素排出量が小さく、化石燃料の価格急騰の影響が小さい
- ・地上の約1.4倍の強度の太陽光を利用でき、昼夜、天候の影響を受けにくく、エネルギー源として安定している
- ・電力を必要とする地域へ無線により柔軟に送電でき、地上送電網への依存度が低い
- ・地震等の地上の自然災害の影響を受けにくい

一方で、軌道上での長期間の運用・補修や宇宙空間への輸送費など、技術面・安全面・経済面での多くの課題があるため、解決のために様々な研究や実証が進められている。



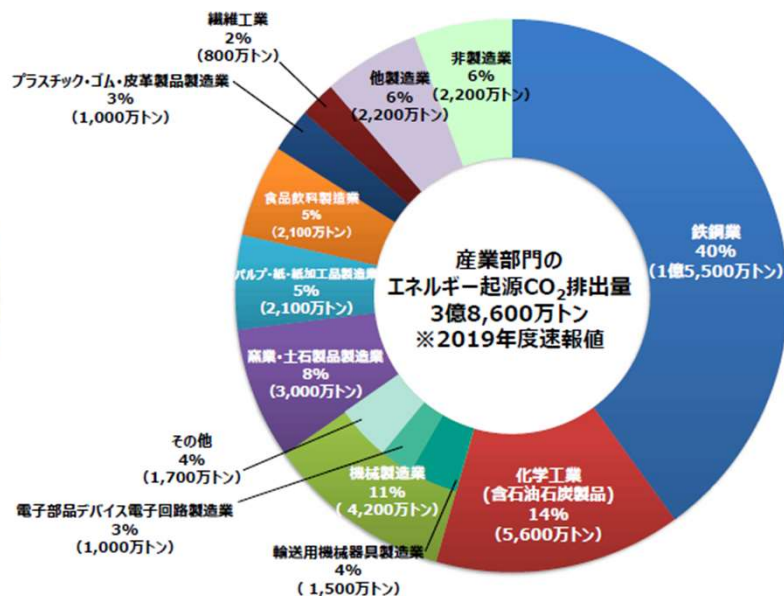
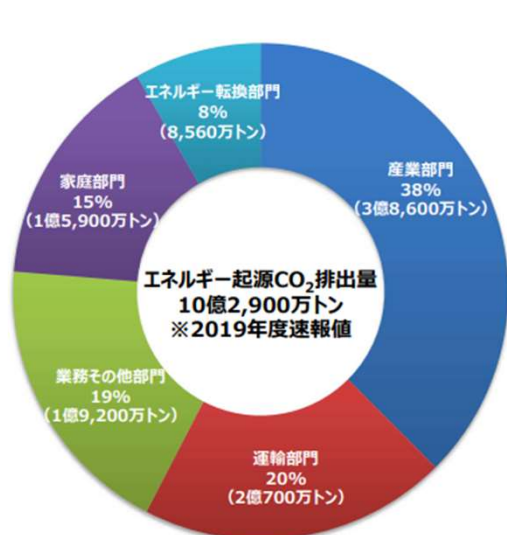
SSPS（イメージ）

出典：JAXA

1.2. エネルギー需要部門 (1) 産業部門におけるエネルギー需要

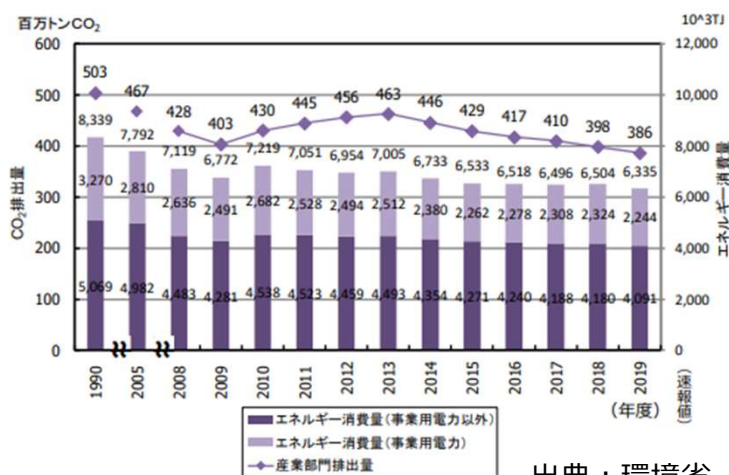
CO₂排出量の現状

日本のエネルギー起源CO₂排出量を部門別に見ると、電気・熱配分後排出量では産業部門が全体の約40%を占めている。また、産業部門の内訳では鉄鋼業からの排出が最も多く、次ぐ化学工業、機械製造業からの排出と合わせると、3業種のみで部門の65%以上を占める。



出典：環境省

産業部門におけるエネルギー消費量は2014年度以降、おおむね減少傾向にある。減少の主な要因は電力のCO₂排出原単位が改善したことや、省エネの進展等によりエネルギー消費原単位が改善し、エネルギー消費量が減少したこと等による。



出典：環境省

削減目標達成に向けて求められる今後の取組

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030年度の温室効果ガス46%削減（2013年度比）をめざし、さらに50%削減に向けた挑戦を続けることを表明した。産業部門に対しては、38%の削減が求められている。この目標を達成するためには、省エネ対策の加速・徹底に加え、製造プロセスの電化や低炭素な燃料への転換の推進、徹底的なエネルギー管理の実施などの取組が必要となる。

環境省では、産業部門（製造業）向けに、事業所・工場での温室効果ガス排出削減をする際の参考となる対策メニューを以下のサイトにまとめています。

温室効果ガス排出削減等指針【産業部門（製造業）の対策メニュー】

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/ghg-guideline/industry/>

産業部門における燃料からのGHG排出削減

製鉄（電炉・水素還元）

日本製鉄(株)、日鉄エンジニアリング(株)、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所 等

日本のCO₂排出全体の14%を占める製鉄業は脱炭素の重点分野 高炉での水素利用と電炉の高度化により、ゼロカーボンスチールの実現へ

- ▶ 従来の製鉄工程で還元剤として用いられる石炭の代わりに水素を用いる「水素還元製鉄」の実用化に向けた研究開発が進展 世界では、CO₂排出量が少ない電炉が製鉄分野でも活躍
- ▶ 品質などの技術的課題に加え、水素や再エネ電力の低価格化・大量供給などの社会インフラ整備も重要

技術概要

これまで製鉄分野では、「COURSE50」と呼ばれる「高炉水素還元技術（副生ガスをコークスの一部代替とする排出削減技術）」および「CCUS」により低炭素化をめざしていたが、外部水素を用いる「Super COURSE50」や「水素還元製鉄」などの技術確立による「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた研究開発を推進。

一方、水素還元製鉄の開発には時間を要するため、高炉に比べCO₂排出量の少ない電炉の活用も期待される。

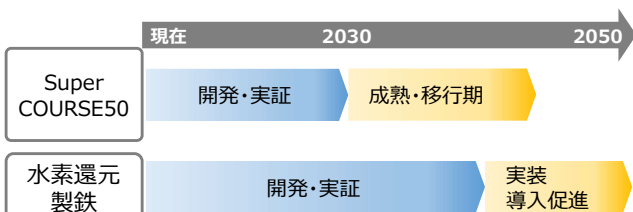
研究開発・実用化動向

製鉄分野の低炭素化は、2008年のCOURSE50プロジェクトから開始されており、水素利用やCCUSにより30%の排出削減が目標。その後、2020年度からは、ゼロカーボンスチールの実現に向け、Super COURSE50、水素還元製鉄およびCCUの開発を、当初計画より前倒して開始。高炉メーカー3社（日本製鉄、JFE、神戸製鋼）と日鉄エンジニアリングが開発を担当しており、2040年代の実装を目標としている。実用化に向けた技術課題は、水素の高温利用技術や水素還元炉の操業設計などの他、水素の大量供給などのインフラ整備も必要となる。

一方で、水素還元製鉄の実現には時間を要するため、電炉の導入も計画されているが、電炉の場合は高品質鋼を生産するための添加剤などの技術開発が進められている。

将来の見通し

2030年	・COURSE50技術の導入 ・電炉の不純物除去技術
2050年	・2040年代に水素還元製鉄の実装・導入支援 ・高炉ガスに含まれるCO ₂ を活用した低炭素技術の導入



製鉄のCO₂排出低減技術

構成	高炉法		直接還元法
	COURSE50技術	カーボンリサイクル技術	水素直接還元技術
構成			
技術特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・水素直接吹込み ・水素予熱 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素間接吹込み ・純酸素吹込み 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素直接吹込み

※水素の調達方式によっては、H₂ではなく、NH₃の形態で炉に投入する可能性も考えられる。

出典：資源エネルギー庁

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・当該特定技術に関する府域のニーズは確認できなかったが、製鉄所を有する地域として、電炉や水素還元製鉄への転換が見込まれる。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・IEAの予測では、グリーンスチールの市場が2050年時点では5億トンになり、2070年には生産される鉄鋼のほとんどがグリーンスチールにかわる見込み。

トピックス

- ・ 神戸製鋼所の100%子会社ミドレックス（米・ノースカロライナ州）は、ロシアのメタロインベストから世界最大の年産能力208万トンの新規案件を獲得。天然ガスを改質した水素リッチガスを還元剤としており、水素100%への移行時には大幅な改造をなくとも使用可能。水素100%還元製鉄技術は欧州勢も開発に着手しており、欧アルセロール・ミタルと共同開発を行っている。
- ・ 日本製鉄によると、ゼロカーボン・スチールの研究開発費は、21年以降に約5000億円規模、実機化の設備投資に約4兆～5兆円規模になる。国の支援と、民間による投融資の動員が必要とされる。

産業部門における燃料からのGHG排出削減

工業炉の脱炭素化技術 (水素炉・アンモニア炉など)

大阪大学、中外炉工業(株)、
ロザイ工業(株) 等

産業分野のCO₂排出量は日本全体の約4割

工業炉でアンモニア燃料を使用すれば5%の削減ポテンシャルとも

- 資源エネルギー庁は2030年の低炭素工業炉の導入目標を291万kLから374万kLに引き上げ、産業分野での省エネ化・脱炭素化を推し進める
- 燃焼時にCO₂を発生しない水素・アンモニアに注目が集まるが、工業炉内で使用するため燃焼バーナ等関連機器の開発が必要

技術概要

これまでは省エネ法による規制や導入補助による低炭素工業炉（従来に比べて熱効率が向上した工業炉）の導入が推進され、省エネ化が進められてきた。更なる低炭素化・脱炭素につながる技術としてCO₂フリー燃料を使用したアンモニア燃焼技術や水素燃焼技術が注目を集めている。実用化には水素・アンモニアの特性を生かした燃焼バーナの実装や新たなサプライチェーン構築が必要となる。

低炭素化の方法として、IoT導入などデータの一元管理による工業炉稼働の見える化から、従来の炉の効率化、保守管理、設備運用改善を図ることも有効である。リジェネバーナシステムの導入（高効率な排熱回収）、インバータ（ファン・ポンプ）やバイオマスボイラーの導入、加熱炉の操炉面の見直し等を組み合わせることで一層の低炭素化が可能となる。

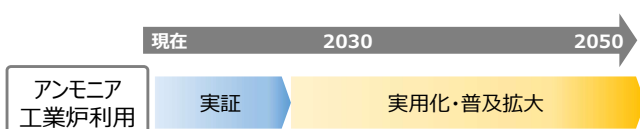
研究開発・実用化動向

NEDOを中心に工業炉におけるアンモニア燃料活用のための技術開発が行われている。燃焼時のNOx発生が課題であったが、燃焼バーナーの形状により抑制可能であることが確認された。工業炉での実用化に向けて、炉の形状や制御装置等の設計・開発も同時に行われる。

水素バーナー技術の普及拡大に向け、設備のコスト低減、技術者の確保、水素インフラの整備が課題となる。

将来の見通し

2030年	・低炭素工業炉導入 374万kL達成 ・アンモニア工業炉の実用化
2050年	・アンモニア工業炉の普及拡大



アンモニア燃焼 実験用バーナ



出典：経済産業省

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none">・当該特定技術に関する府域のニーズは確認できなかった。・ただし、工業炉を有する製造業種が府域内に集積しているため、個別のケースに応じて順次の置き換え・更新が進むとみられる。
海外	<ul style="list-style-type: none">・当該特定技術に関する市場情報は確認できなかった。

トピックス

- ・ 中外炉工業は2026年を目途にアンモニアを燃料とする工業炉を実用化する。大阪大学とアンモニアを安定燃焼させる新技術のバーナーを開発し、2025年までに実証実験を実施予定。課題は有害ガスの発生抑制と未燃焼アンモニアの処理技術の確立。
- ・ 2021年5月、アイシンと東邦ガスは水素燃料の工業炉の実証実験を開始した。大陽日酸は工業炉向けの水素－酸素バーナーの開発開始、低NOx化、スケールアップなどの課題解決に取り組む。アンモニアに比べ、水素は新規の運搬・貯蔵インフラの構築が必要となるため、輸送コストが課題である。

生産プロセスの省エネ化

スマートファクトリー

(株)キーエンス、
西日本電信電話(株) 等

デジタルの活用により生産現場を「見える化」することで、稼働率向上とエネルギー消費削減にも貢献 ネットワーク構築に課題

- ▶ 従来、属人的に管理されてきた工場内の機器、設備の稼働データをIoT等で収集、分析し可視化することにより、生産性の向上を図り、用役ロスを最小限に抑えることでエネルギーロスの低減が可能
- ▶ 既存システムとの適合、ビッグデータを取り扱うネットワーク構築やセキュリティー対策に課題

技術概要

スマート工場化に重要なのは生産現場の「見える化」。細かなデータ分析だけでなく、クラウド連携によって部門横断的にデータを活用し、エンジニアリングチェーンとサプライチェーン全体の最適化をめざす。また、IoTの活用により、緊急停止、段取作業、ランニングコストから生じるムダを削減し、生産プロセスやコストの見直しもできる。

必要不可欠となるビッグデータの収集には、高性能かつ他のFA機器との親和性を持つセンサが欠かせない。そして、膨大なデータを取り扱うネットワーク構築やサイバーセキュリティー対策も重要となる。

研究開発・実用化動向

ダイナミックケイパビリティ※を高めるためにはDX化が有効とされ、NEDOを中心に研究開発事業推進中。5G活用システム、AIチップ、革新的パワーエレクトロニクス等の研究が進み、高性能、省エネセンサ等の開発につながる。

※感知、捕捉、変容の三能力

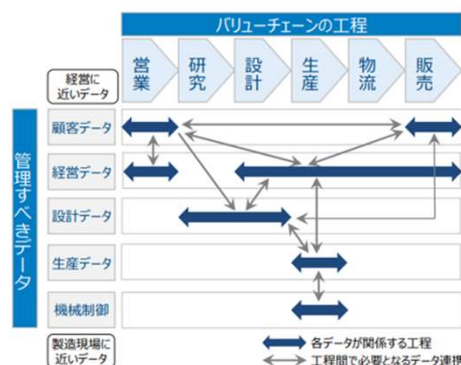
無線通信技術の進展により、従来ハードウェアが担ってきた「制御技術」と、生産計画全体を統括する「情報技術」が融合し、市場のゲームチェンジが occurring。製品設計から製造まで一貫したデータ連携が可能になることでFA市場が拡大する。サイバー攻撃の対象範囲が拡大することから、セキュリティ強化に向けた普及・啓発も進んでいる。

将来の見通し

2030年	・次世代パワー半導体、超高効率次世代省エネ機器等の研究開発 ・5Gの実用化
2050年	・既存の半導体や機器から、次世代パワー半導体、省エネ機器への置き換え終了



バリューチェーンの各工程が管理する情報群



出典：経済産業省

想定されるニーズ

府域	・ おおさかスマートエネルギープランの2030年度目標値は、府内総生産あたりのエネルギー消費量においてエネルギー利用効率40%以上改善(2012年度比)。
海外	・ ドイツの「インダストリー4.0」、中国の「中国製造2025」など第4次産業革命に対応。ドイツでは政府と産業界が一体となり国家プロジェクトとして推進。

トピックス

- ・ ダイセルは日立製作所と共同して、生産現場の3M(人、設備、材料)の状態を把握・解析する画像解析システムを実用化。不具合発生時の原因究明や改善の迅速化を促すだけでなく、AI解析により不具合の予兆を検出することも可能になった。
- ・ 三菱電機エンジニアリングは多品種・小ロット生産方式での生産管理システムを導入。導入業者は、急な生産計画変更への迅速な対応、在庫削減、ライン歩留まり向上を効果として挙げている。

生産プロセスの省エネ化

FEMS

関西電力(株)、パナソニック(株)、
(株)キーエンス 等

エネルギー使用状況の「見える化」により工場全体のエネルギー効率を最適化 電源の分散化が進む中でエネルギーリソースの統合管理は重要性を増す

- ▶ FEMSとは、工場の受配電設備・生産設備のエネルギー管理・使用状況の把握・機器の制御を行う工場エネルギー管理システム（Factory Energy Management System）の略称
- ▶ エネルギー使用量を監視し、ピーク電力の調整や状況に応じた空調、照明機器、生産ライン等の運転制御等を行うことで、コスト低減とCO₂排出抑制をめざす

技術概要

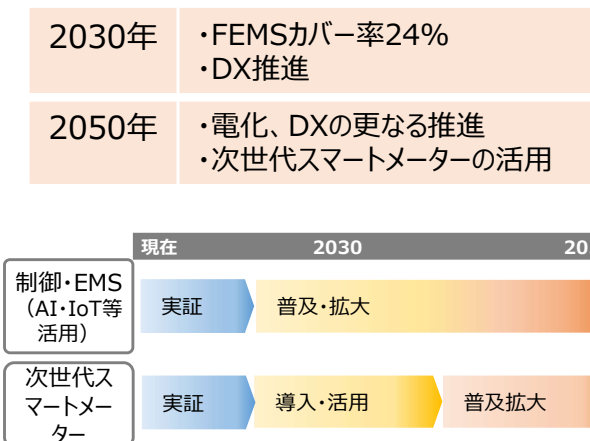
FEMSは、工場内の受配電設備および生産設備といったエネルギーリソースの使用・稼働状況を把握し、見える化や各種機器を制御するためのシステムである。近年は工場への再エネ・蓄電池導入などエネルギーリソースが多様化・複雑化する中で、系統調整やコミュニケーションの機能としても期待が高まっている。

再エネ、蓄電、蓄熱等を含めた省エネ設備への投資はイニシャルコストの負担が大きく、製造システム全体との調和の面でもハードルがあるため、既存設備の改修・補修といった部分最適にとどまるケースも多い。

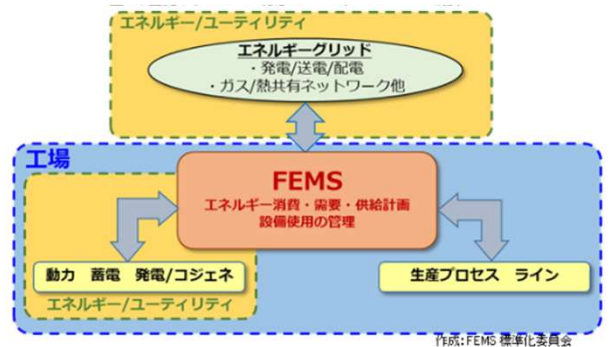
研究開発・実用化動向

FEMSによるエネルギーマネジメント技術は確立しており、海外への技術移転・実証研究がNEDOにより進められている。一方で、2018年度の国内普及率は17.7%と導入が十分に進んでおらず、今後はFEMSとしての機能要件や扱われる情報の定義などの標準化が必要不可欠である。さらに分散型電源への対応を中心に技術の高度化開発も進展している。資源エネルギー庁は、2030年度のFEMSのカバー率（事業所ベースでの普及率×事業所内での導入率）の目標は24%。省エネ効果74万kL（電力24.6万kL、燃料49.4万kL）を目標としている。

将来の見通し



FEMS規格がカバーするシステムの概要（提案中）



出典：経済産業省

想定されるニーズ

府域	・ おおさかスマートエネルギープランの2030年度目標値は、自立・分散型エネルギー導入量250万kW以上、再エネ利用率35%以上、エネルギー利用効率40%以上改善。
海外	・ IEAネットゼロ排出シナリオでは、2030年までに再エネ（太陽光・風力）導入は4倍、エネルギー効率は年率4%で改善の必要とされる。

トピックス

- ・ パナソニックでは「CO₂ゼロの工場づくり」をグローバルに進めており、2019年には日本・ベルギー・ブラジル・コスタリカでCO₂ゼロ工場を実現。省エネ技術の活用、太陽光発電システムをはじめとする再エネの導入も積極的に実施している。
- ・ キーエンスが挙げる省エネ対策のポイントは、「人による省エネ」「一般工場内設備」「液体・生産設備」「熱処理設備」「給排水・衛生設備」「設備のIoT化」。すべての設備を一元管理することによってエネルギーを見える化し、無駄なくPDCAサイクルを回す。

生産プロセスの省エネ化

ヒートポンプ／コージェネレーション

パナソニック(株)、大阪ガス(株) 等

最終エネルギー消費において熱需要の割合が高い産業部門 熱利用・回収技術の高効率化によるエネルギーロスの削減が脱炭素への一手

- ▶ 産業部門からのCO₂総排出量のうち、40%近くが熱利用に伴う排出※ 熱利用における省エネ・高効率化はCO₂排出量削減に大きく寄与する ※IEA, Energy Technology Perspectives 2017
- ▶ 今後、再エネの余剰電力等から製造した水素や合成メタンを活用するガスコージェネレーションにより熱を有効利用し、発電を行うことで、緊急時のバックアップ・調整電源としての役割も期待される

技術概要

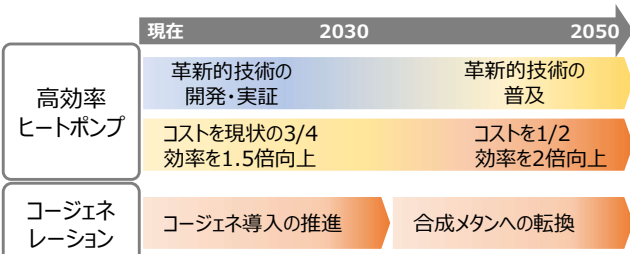
産業分野では、年間0.3兆kWhものエネルギーが排熱として廃棄されており、そのうち200℃未満の未利用熱が76%を占めている。排熱が有効に利用されていない理由には、未利用熱の温度や形態が様々であること、熱の「質」「量」が需要と供給の間でアンバランスであることが挙げられる。ヒートポンプは、排熱を熱源として高温熱あるいは冷熱を作る技術であり、広域に分散した熱を有効利用することができる。また、余剰の熱は、コージェネレーションシステム（以下、コージェネ）により電気に変換することでエネルギーのロスを抑えることができる。コージェネは化学、鉄鋼、食料品など、熱需要の多い分野に多く導入されているほか、相対的に熱需要が小さい機械、電機電子などの分野においても非常時の電源として生産継続（BCP）の観点から導入が増加傾向にある。

研究開発・実用化動向

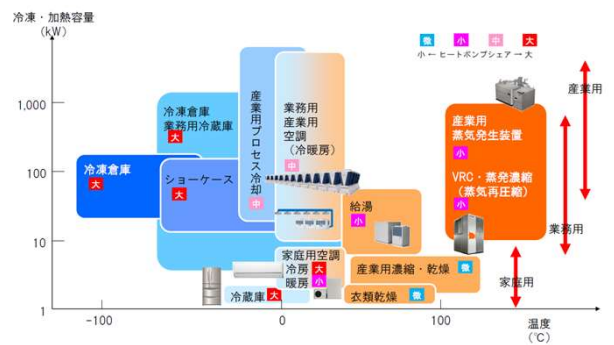
産業用ヒートポンプは現在、165℃までの高温タイプが上市しており、NEDOによる 200℃の高温ヒートポンプ開発により今後の用途拡大が期待される。コージェネについても中高温および低温域の排熱利用の効率を向上させる熱電変換材料の研究開発が実施されている。鉄鋼分野では COURSE50においてCO₂分離・回収のための電源として、100℃前後の低温排熱から高出力電力を得られるカーナサイクル発電にコージェネを活用することが検討されている。ヒートポンプ、コージェネとも高効率化・対応温度範囲の拡大とともにコスト低減も課題である。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・高速加温型ヒートポンプ、高効率蓄熱・移送技術、放熱抑制等革新的技術の開発 ・コージェネ導入量：1030億kWh
2050年	<ul style="list-style-type: none"> ・革新的技術の普及・拡大 ・合成メタンガスコージェネへの転換



ヒートポンプの利用範囲



出典：（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・おおさかスマートエネルギープランでは、蓄熱式空調機、ヒートポンプ給湯器排熱利用する高効率機器の工場への導入を支援し促進する、としている
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・欧州では、2010年代ごろから、高温帯のヒートポンプ開発が活発化しており、大容量高温ヒートポンプ試験設備の整備も進む。

トピックス

- ・ NEDOは2020年9月、産業用ヒートポンプの導入効果を定量評価できる「産業用ヒートポンプシミュレーター」を開発した。簡単な操作・入力により産業用ヒートポンプを導入した場合の一次エネルギー消費量とCO₂排出量を短時間で高精度に試算することができる。今後はポンプ、タンク、弁などの生産プロセス全体の設計やエンジニアリングができる「産業用ヒートポンプ導入支援ツール」として高度化・標準化し一般公開することをめざしている。

生産プロセスの省エネ化

農林水産業の省エネ化

石原産業(株)、ヤンマーアグリ(株) 等

気候変動の影響が収量に直結する農林水産業 持続可能な生産のためにはGHG排出削減と生産性向上を両立する緩和技術の開発・導入が重要

- ▶ 世界全体のGHG排出における農林水産分野の割合は25%にも上る 主な排出源は、農耕地の土壌由来(N₂O)、家畜の消化管内発酵(CH₄)、稲作(CH₄)等からなる
- ▶ 再エネを活用したエネルギーの地産地消に加え、農機・漁船等の電化、スマート農林水産業の導入による作業最適化・生産性向上で燃料・資材の使用量を削減し、農林水産業のゼロエミッション化をめざす

技術概要

日本の農林水産業分野からのGHG排出量のうち、化石燃料の燃焼に伴う排出が約1/3を占めることから、ヒートポンプ等高効率機器の導入による省エネが有効であるほか、今後は農機・漁船の電化や燃料電池化などを進めることにより生産プロセスの脱炭素化が求められる。さらにAIやデータを活用したスマート技術を導入することにより、作業最適化によって燃料や資材の削減につながるだけでなく、作業効率の向上・省力化にも貢献することができる。

重点的に行う研究政策（電動農林水産業用機械等の開発）



出典：農林水産省

研究開発・実用化動向

電化技術等では、NEDOがエネルギー・環境新技術先導研究プログラムにおいて「農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステム技術開発、農林業機械・漁船等の電動化及びその普及に資する技術等の開発」を実施。スマート農業に特化した研究開発としては、農業・食品産業技術総合研究機構がスマート農業技術の開発・実証プロジェクト／国際競争力強化技術開発プロジェクトを実施している。

直近動向として、農林水産省は2021年5月に策定した「みどりの食料システム戦略」で、林業機械の電動化、小型沿岸漁船の電化について2022年頃から実証を開始するとしている。

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 大阪府域における農林水産業の規模は大きくなく、導入ポテンシャルは小さいと考えられる。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ディーゼル燃料に対する規制を見越し、農林業機械・漁船等の電化、燃料電池化への関心が高まっている。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> 農林業機械・漁船：電化、水素化の技術確立（～2040）
2050年	<ul style="list-style-type: none"> 園芸施設：化石燃料を使用しない施設への完全移行

	現在	2030	2050
園芸施設	高効率ヒートポンプ等 既存技術の社会実装	ゼロエミッション型園芸施設に係る技術の研究開発・実証	社会実装
農林業機械 漁船	省エネ型漁船(LED集魚灯の導入)への転換	電化・水素化技術の研究開発・実証	社会実装
省エネパワー 半導体	研究開発・実証		社会実装

トピックス

- 岡山県真庭市では、南北約100km、標高差約500mでの広域で直進アシスト田植え機と食味・収量コンバインのシェアリングを行うことにより、競合せずに稼働率を向上させ導入コストを低減させる取組を実証。

高価なスマート農機を購入せずにコストを抑えて利用できる点にはメリットがあるが、スケジュール調整や機械損傷への対応などのデメリットも確認された。

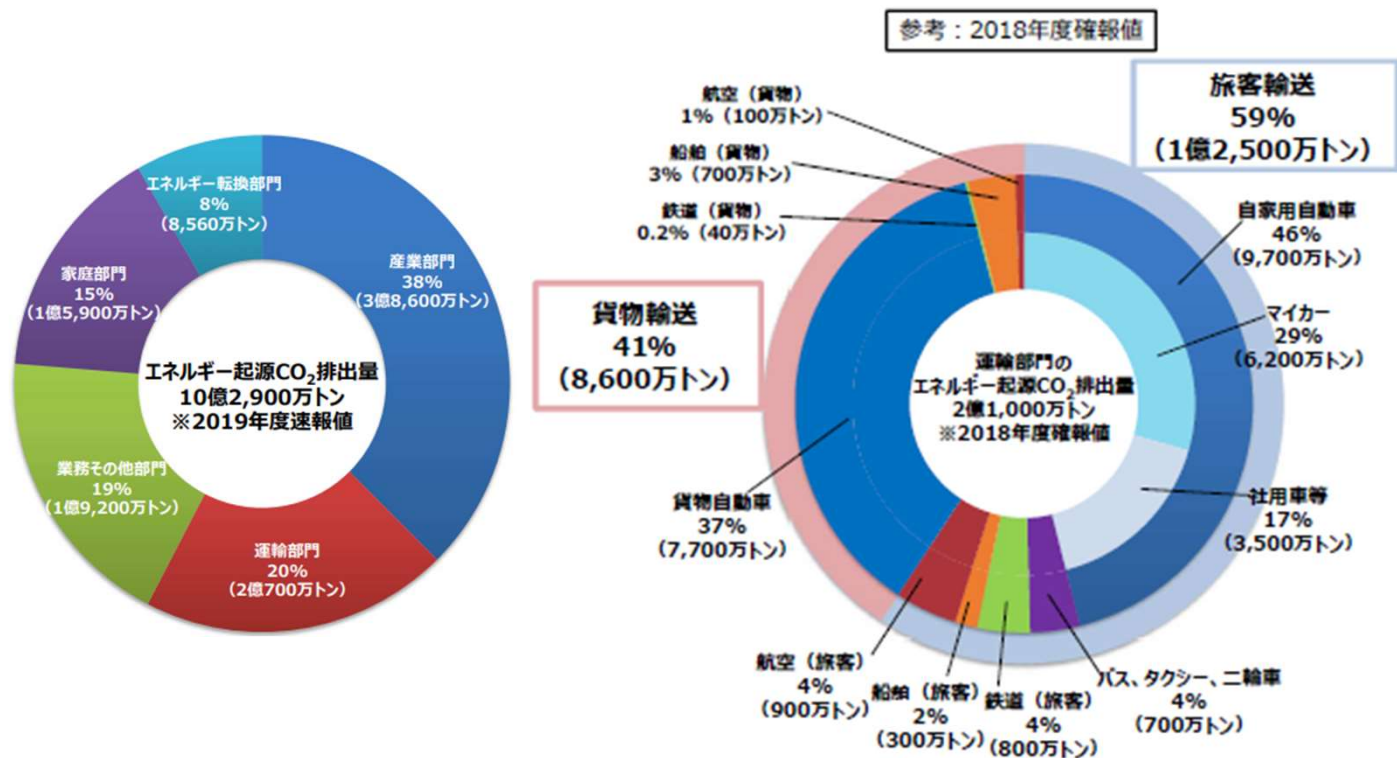


出典：(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構

1.2. エネルギー需要部門 (2) 運輸部門におけるエネルギー需要

CO₂排出量の現状

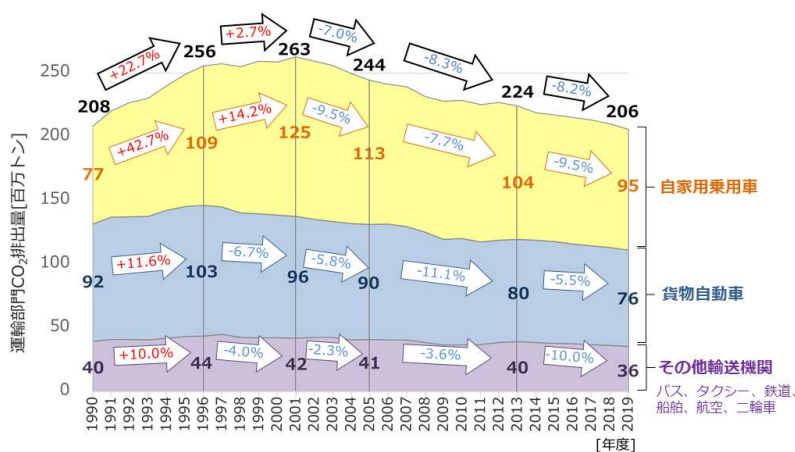
日本のエネルギー起源CO₂排出量を部門別に見ると、運輸部門は全体の約20%を占めている。また、運輸部門の内訳では旅客輸送が59%、貨物輸送が41%となっている。個別には、自家用自動車46%と最も高く、次に貨物自動車37%で、この2つだけで運輸部門排出量の約8割を占めている。



出典：環境省

運輸部門のCO₂排出量は、2001年までは増加傾向にあったが、その後は主要排出源である自家用車部門および貨物自動車部門での排出量削減を背景に、減少傾向に転じており、2019年現在の排出量は2001年度比で約22%の減少となっている。

自動車部門における排出量削減の主要因はエネルギー訪比効率の改善中心で、燃費改善の影響が見られる。



出典：国土交通省

削減目標達成に向けて求められる今後の取組

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030年度の温室効果ガス46%削減（2013年度比）をめざし、さらに50%削減に向けた挑戦を続けることを表明した。運輸部門に対しては、35%の削減が求められている。この目標を達成するためには、自動車部門等による更なるエネルギー効率の改善の他、化石燃料等からの燃料転換や輸送網・交通流等の対策を総合的に展開していくことが求められている。

運輸部門における燃料からのGHG排出削減

運輸部門の燃料転換

ヤンマーパワーテクノロジー(株)、
大阪油化工業(株) 等

自動車・航空機・船舶・鉄道の各分野では電動化に加え 水素、次世代バイオディーゼルの低排出な燃料への転換により排出削減を加速

- 2019年度の日本のCO₂排出量（11億800万トン）のうち、運輸部門からの排出量（2億600万トン）は18.6%を占める 中でも自動車全体が約86%、航空機・船舶は各約5%、鉄道3.8%
- CO₂排出量削減のために、各分野で電動化、水素燃料、バイオ燃料等への転換が求められる 水素とCO₂を利用する合成燃料の開発が進むが、製造効率や経済性に課題あり

技術概要

運輸部門からのCO₂削減対策の柱には大きく「電動化」と「燃料転換」があり、キャリアに応じた低炭素な燃料の開発が進められている。排出割合の86%を占める自動車でも電動化の促進と併行して、燃料電池、バイオ燃料、合成燃料などの開発が進む。航空機では代替航空燃料（SAF）の開発が進み、バイオジェット燃料は欧米で既に商用化しているものもある。船舶については水素・アンモニア燃料や低速LPG+風力推進船などにより、ゼロエミッション船の導入をめざす。鉄道では、次世代バイオディーゼルや燃料電池と蓄電池を組み合わせたハイブリッド車両の導入が進む。

研究開発・実用化動向

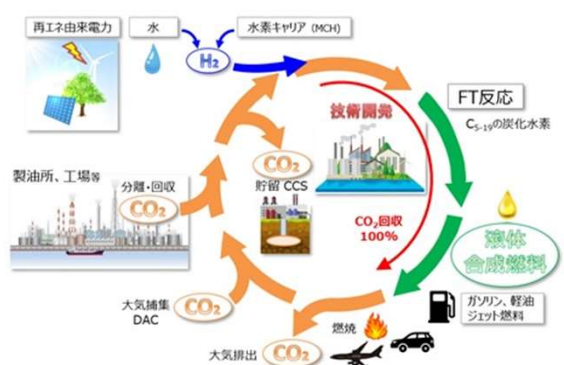
NEDOを中心にバイオジェット燃料の開発、液体合成燃料一貫製造プロセス技術の研究開発、次世代船舶の開発等が進んでいる。バイオジェット燃料は微細藻類を使った技術開発が進んでいるが、安定的な長期連続運転や製造コスト低減などが必要となる。また、サプライチェーン構築も課題となる。水素とCO₂から作られる合成燃料は既存設備で使用可能なことから期待が大きい。グリーン水素の普及と安定供給が必要となる。

将来の見通し

2030年	・合成燃料製造技術の確立 ・ゼロエミッション船投入 ・バイオジェット燃料技術実用化
2050年	・合成燃料の自立商用化 ・船舶分野での水素・アンモニア等の代替燃料への転換



CO₂から液体合成燃料を製造するイメージ



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	・燃料電池自動車の普及に伴う水素ステーションの整備が進められる。
海外	・2050年のCO ₂ 排出量削減目標は、国際航空運送協会（IATA）によると航空機50%（05年比）、国際海事機関（IMO）によると国際海運50%以上（08年比）。

トピックス

- ・ホンダは2021年4月、2040年までに世界での新車販売をすべてEVとFCVに切り替えると発表。米・GM社は35年までにガソリン車・HVを全廃、スウェーデン・ボルボ・カーなどは30年までに世界の新車をEVにするなど自動車各社は電動化に向けて動き出している。12月には、トヨタは2030年のEVの新車販売台数を350万台に拡大すると発表。
- ・ドイツ・MAN社がアンモニア燃料エンジンを開発、ルウェー・ハブヤード社は水素燃料電池RORO旅客プロジェクトを実施。旅客船産業が強い欧州では水素燃料電池船の開発ニーズが高まっている。中国、韓国もゼロエミッション船のパイロット船就航をめざす。

電動化

ZEV（ゼロエミッションビークル）

パナソニック(株)、ダイキン工業(株)、
宇部興産(株)、大阪大学 等

走行時に二酸化炭素等を全く排出しない電気自動車・燃料電池車等の開発がさらに加速

- 電気自動車（EV）や燃料電池自動車（FCV）に関しては、更なる利便性向上に向け、搭載される電池の大容量・高出力化に向けた開発が進行している
- EC、FCVともに普及に向けてはインフラの整備が必要になり、加えてEVに関しては電力供給とのミスマッチが生じる恐れがあり、電力のマネジメントが求められることが予測されている

技術概要

ZEV(ゼロエミッションビークル)とは、走行時に二酸化炭素等の排出ガスを出さない電気自動車（EV）や燃料電池自動車（FCV）、プラグインハイブリッド自動車（PHV）のことを指す。

EV・FCV共に、主に車両に搭載される蓄電池・燃料電池の高性能化、高耐久化、低価格化、安全性向上に向けて国家的なプロジェクトによる開発が進められている。

研究開発・実用化動向

EVの車載用蓄電池に関しては、現在主に使用されているのは有機液体電解質を使用したリチウムイオンバッテリー（液系LIB）であるが、エネルギー密度が向上する無機固体電解質を使用した LIB（全固体LIB）の開発が現在進められている。さらに、全固体LIBの更に次世代を担う革新型蓄電池（Post-LIB）として期待される「フッ化物電池」と「亜鉛負極電池」についても基礎研究が開始されている。

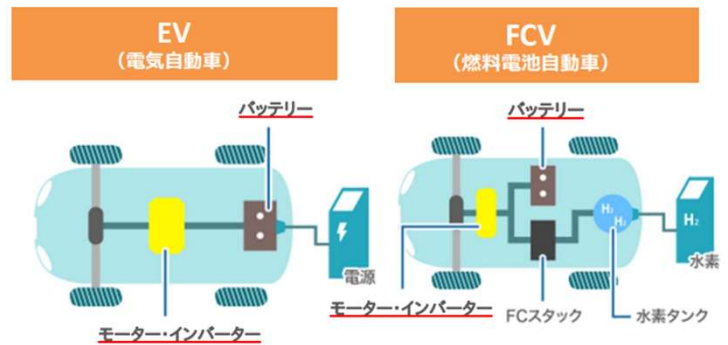
FCVの燃料電池に関しては、現状の燃料電池の性能の向上に向けて開発が進められており、2050年にかけては、航続距離を現在の倍程度、起動温度を拡大（最低温度を-40℃に、最高温度120℃に）することによる安定化等を目標設定している。

将来の見通し

2030年	・全固体LIBが開発され、液系LIBから代替が開始 ・2030年代半ばまでに、乗用車新車販売で電動車100%を実現（ZEVに限定しない）
2050年	・Post-LIBが実用化・普及



FVC・EVのイメージ



出典：経済産業省

想定されるニーズ

府域	・ 2030年に全ての乗用車の新車販売に占めるZEVの割合を4割（2019年：0.9%） ・ 2050年では全ての自動車のZEV化をめざす社会像として掲げる。
海外	・ IEAのEnergy Technology Perspective 2017においては、2050年にEV・FCVは最大約65%の普及を見込む。

トピックス

- ・ NEDOは、FCVの動力源で利用されている固体高分子型燃料電池（PEFC）において活用できる、白金使用量を従来に比べ大幅に削減した触媒を安定的に合成する技術を開発。
- ・ ZEV導入に対して積極的な米国カリフォルニア州においては、乗用車の新車販売は2035年以降、中大型車は2045年以降、コンテナ陸送用のドレージトラックは2035年以降、オフロード車両や機器は可能な限り2035年以降、それぞれZEVとすることが義務付けられている。

電動化

航空機の電動化

ダイキン工業(株)、大阪産業大学、
関西大学、住友精密工業(株) 等

航空機のジェットエンジンを電動化し、CO₂排出量削減をめざす JAXA主導のもと、オール日本の体制で開発を推進

- ▶ 宇宙航空研究開発機構（JAXA）が中核となり「航空機電動化（ECLAIR：エクレア）コンソーシアム」を設立し、航空機電動化のビジョンと技術ロードマップを策定
- ▶ 2030年代に小型機での電動化技術の適用をめざし、順次適用範囲を広げていき、2050年に電動化の理想形に到達することを目標とする

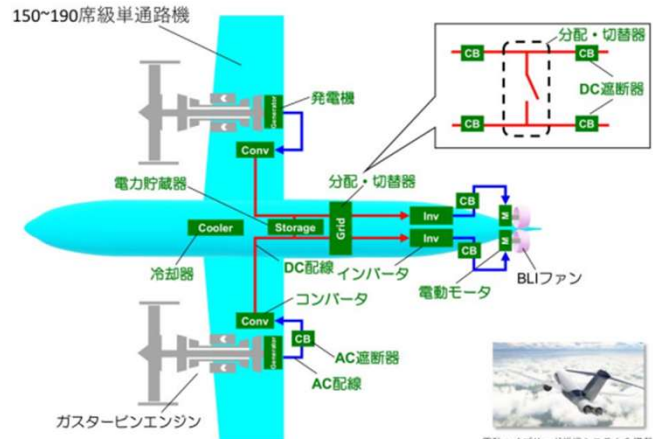
技術概要

航空機のジェット燃料を電気に置き換える形でのエンジンの電動化を行い、推進力を得ることでCO₂排出量削減をめざす。

ジェットエンジンの電動化にあたっては、ピュアエレクトリック方式、パラレルハイブリッド方式、シリーズハイブリッド方式という3つの方式が検討されている。現在検討されている電動航空機の多くはシリーズハイブリッド方式を採用している。

日本ではJAXAが中核となり産官学連携のコンソーシアムが設立され、2030～50年代の実用化をめざして研究開発を進めている。

電動航空機用ハイブリッド推進システムの技術実証案



出典：国土交通省

研究開発・実用化動向

NEDOの航空機用先進システム実用化プロジェクトで、8つの研究開発項目を設定。既に7つの研究開発項目は目標を達成し、2023年に向けて最後の研究開発項目の研究を進めている。

一般的な旅客機における実用化は2030年代をめざしており、そのため航空機装備品の電氣化を2020年代に達成することをめざしている。航空機分野特有の高出力密度化の技術と高高度環境への適合技術が開発がカギを握っている。

想定されるニーズ

府域	・ 関西国際空港、大阪国際空港を離着陸する飛行機の電動化が見込まれる。
海外	・ 国際航空運送協会（IATA）において、2050年に温暖化ガスの排出量を実質ゼロとする目標を掲げており、世界的に導入が見込まれる。

将来の見通し

2030年	・ 小型機への電動化技術の適用 ・ 大型機での装備品電動化、推進系電動化（ハイブリッド電動）の研究開発・実証
2050年	・ 電動航空機の実現、導入拡大

現在 2030 2050



トピックス

- ・ GSユアサは、関西大学とともに次世代航空機に求められる軽量蓄電池開発を実施。NEDOの航空機用先進システム実用化プロジェクトにおける、研究開発項目⑧「次世代電動推進システム研究開発」の中間目標の1つである、「400 Wh/kg級-リチウム硫黄電池の実証」に成功したと発表した。

パワーエレクトロニクス

大阪大学、大阪府立大学、
大阪市立大学、ローム(株) 等

電気の周波数や電圧、交流・直流の変換を高効率に実施 電気エネルギーを自在に効率よく操り、省エネ化に大きく寄与

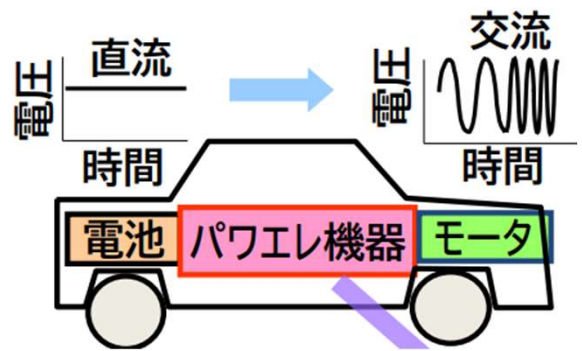
- 発電した再生可能エネルギーを使いやすいように加工するために不可欠
- 蓄電池からの電力を引き出す際にも活用され、家庭用蓄電池や電気自動車のコア技術の1つ
- その他、様々な電子機器の省エネ化の中核的な役割も持つ

技術概要

電力を直流から交流、あるいは交流から直流へ変換するためにパワーエレクトロニクス（パワーエレ）は使用される。蓄電池で溜めたエネルギーをモータに伝える際や、太陽電池や風力発電などの出力が変動するエネルギーを安定したエネルギーに変換する際に活用され、脱炭素化の根幹を担う技術の1つである。

また、電力を効率的に使用するために細かく制御を行うためのパワー半導体もパワーエレの1種であり、社会全体の省エネ化にも大きく貢献している技術である。

パワーエレのイメージ



出典：内閣府

研究開発・実用化動向

既にSiCやGaN等の次世代半導体を用いたパワーエレの基盤材料の開発に成功しており、今後は本材料を実際の機器として搭載するためのデバイスや回路システムといった実用化に向けた開発が進められている。

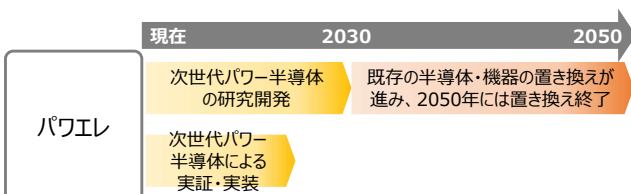
さらに次々世代の技術として期待されるGa₂O₃やAlN等の実用化に向けての基礎研究についても既に着手されている。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・パワーデバイス、回路システム、受動素子などの一体的な研究開発による実用化 ・パワー半導体の省エネ化（50%以上達成）
2050年	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の機器から高効率機器への置き換えの完了

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・エアコンや洗濯機などの家電機器や電車などにも使用されており、既に一定の需要はある。 ・太陽電池・蓄電池や電気自動車・燃料電池車の導入が一層進むと考えられ、必然的にパワーエレの需要も高まる。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネや創エネの様々なシーンで使用されるため、脱炭素化の動きと呼応してパワーエレの需要が高まることが予想される。市場規模については、今後10年で現状の倍程度になると予測される。



トピックス

- ・ 2021年9月、JST、大阪大学発ベンチャーであるロータス・サマーソリューション、山口東京理科大学の3者から、パワーエレの1つであるパワー半導体の発熱に対応した高効率な沸騰冷却器を開発したことを発表。大型サーバーの高効率な冷却技術としての活用も期待される。

輸送効率化・交通流対策

輸送効率化・交通流対策

帝人(株)、ダイハツ工業(株) 等

生活に欠かせない物流・人流のシステムやネットワークを転換することで環境負荷を低減 人材不足の解決や利便性向上にも寄与

- ▶ 物流：モーダルシフトのさらなる推進に加え、ダブル連結トラックやドローンの利活用、共同輸配送、貨客混載により効率化が期待される ドライバー不足への対策にもなるが、インフラ整備やパレット標準化など課題も
- ▶ 人流：ITS (Intelligent Transport Systems) やMaaS (Mobility as a Service) 等デジタル技術の活用によりルート最適化や利便性の向上、「移動」に価値を付加することで公共交通機関等の利用を促進

技術概要

物流分野ではCO₂排出量が日本全体の約7%を占めるトラック（営業用・自家用計）の低炭素化が重要。物流需要は増加する一方で労働力不足の問題は深刻であり、EV/FCVトラックへの移行だけでなく、連結トラックやドローンの利活用、共同／混載輸送といった効率化が求められる。人の移動についてはMaaSやCASE※といった交通サービスの活用により移動そのものに価値を持たせることで自家用車から公共交通機関・ライドシェア・自転車など低排出な移動手段への転換を促進する取組が求められる。物流、人流ともITSやマッチングシステムなどデジタル技術の活用が進むことにより輸送効率や利便性のさらなる向上が期待できるが、ソフト面・ハード面でのインフラ整備や標準化、ルール・規制の制定が今後の課題である。

※CASE：C (Connected：コネクテッド)、A (Autonomous：自動運転)、S (Shared & Service：シェアリング/サービス)、E (Electric：電動化) の頭文字をとった造語

研究開発・実用化動向

国土交通省では「物流DX」として物流の機械化・デジタル化を推進。機械化の取組としてトラックの隊列走行/自動化やドローン配送、デジタル化の取組として荷物/トラック・倉庫のマッチングシステムや商流データ基盤の構築などの技術確立と導入加速が期待される。また、経済産業省と共同で自動運転やMaaS関連の実証事業を展開。走行中給電など自動車の電動化に対応したインフラシステムの構築や、無人自動運転サービスの事業化もめざす。

将来の見通し

2030年	・交通関連データの利活用高度化や様々なニーズに対応できるMaaSの普及
2050年	・グリーン物流の一般化 ・マイカーだけに頼らず移動できる社会の実現

現在 → 2030 → 2050

グリーン物流	モーダルシフト、共同輸配送、物流標準化、交通流対策、ダブル連結トラック等による物流の効化
スマート交通	データ利活用の高高度化 MaaSの普及拡大 マイカーだけに頼らず移動できる社会の実現

デジタルとグリーンによる持続可能な交通・物流サービスの展開



出典：国土交通省

想定されるニーズ

府域	・大阪府地球温暖化対策実行計画では、新たなモビリティサービスの導入、公共交通機関・自転車等の利用、貨物輸送の効率化に係る取組を促進。
海外	・ALICE（欧州物流革新協力連盟）は、2040年に物流結節点の標準化・自動化が実現するとしたロードマップを策定。

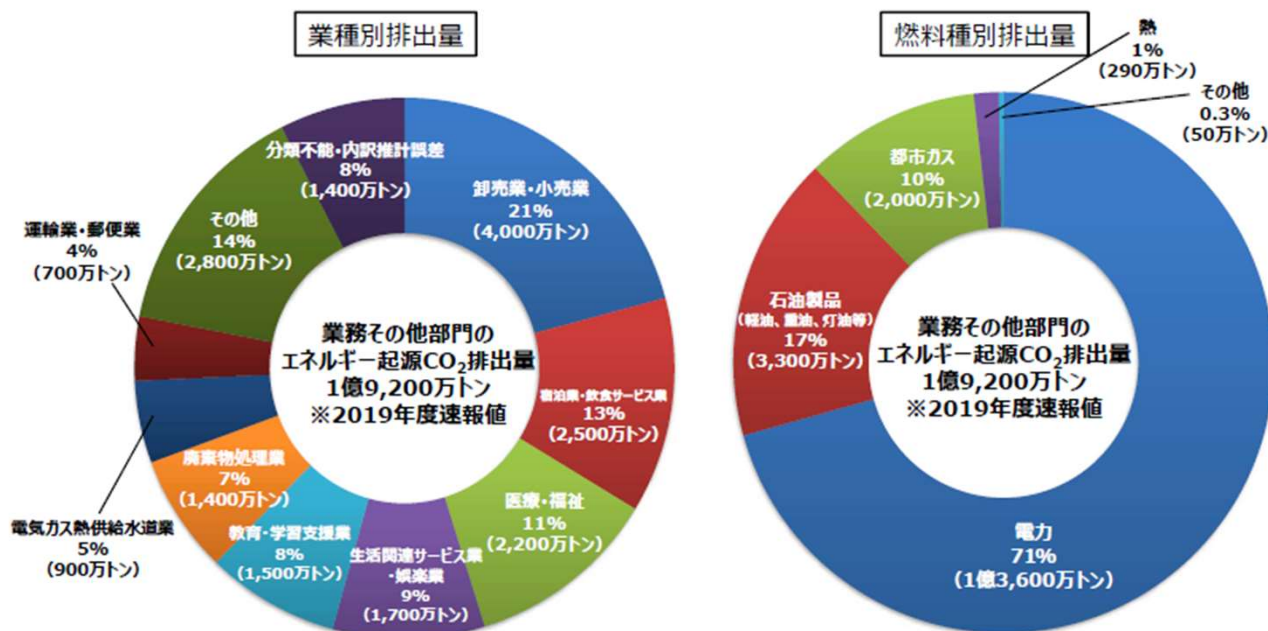
トピックス

- ・大阪府は住友商事と共同で、AI農業物流マッチングサービス「CLOW（クロー）」による集配実証実験を2021年7月～8月にかけて19市町で実施した。このサービスでは、農業者が持つ農作物の情報（量・種類等）と物流業者が持つ情報（トラック情報等）をクラウド上で集約し、AIにより最適な配送ルートを選択・策定することで、農家・物流業者双方の輸配送プロセスを効率化することが可能となる。なお、現在の利用可能地域は東京都内と鳥取県内の一部地域のみ（2021年11月現在）。

1.2. エネルギー需要部門 (3) 業務部門におけるエネルギー需要

CO₂排出量の現状

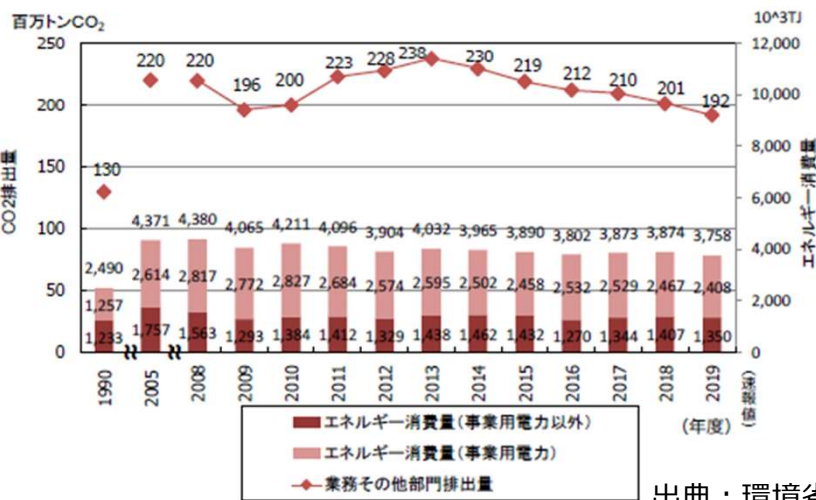
業務部門は、日本全体のCO₂排出量の約19%を占めるはセクターである。業務部門内の内訳を業務別にみると、卸売業・小売業が最も多く、宿泊業・飲食サービス業等が続いている。また、燃料種別に見ると、電力が約70%と高い割合を占める。



出典：環境省

業務部門のCO₂排出量は、2013年をピークに減少傾向にあり、2019年には2013年比で約19%の削減を実現している。

また、その要因としては、電力のCO₂排出原単位の改善や省エネの進展等によるエネルギー消費原単位の改善、エネルギー消費量の減少などが挙げられる。



削減目標達成に向けて求められる今後の取組

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030年度の温室効果ガス46%削減(2013年度比)をめざし、さらに50%削減に向けた挑戦を続けることを表明した。業務部門に対しては、51%の削減が求められている。この目標を達成するためには、建築物の省エネルギー化や省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進の他、徹底的なエネルギー管理の実施とそれを可能にする技術ノウハウの構築が必要となる。また、建築物等へのバイオマス利用によるCO₂固定の推進などの対策も推進が望まれる。

大阪府域の業務部門におけるエネルギー消費は近年横ばいであり、目標達成には先進技術の導入と中小事業者の削減量拡大、および排出量の多い事業分野からの削減量拡大が必要である。

環境省では、業務部門向けに、オフィスで温室効果ガス排出削減をする際の参考となる対策メニューを以下のサイトにまとめています。

温室効果ガス排出削減等指針【業務部門の対策メニュー】

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/ghg-guideline/business/>

建物の省エネ化

ZEB (Zero Energy Building)

(株)竹中工務店、積水ハウス(株)、大和ハウス工業(株) 等

高効率設備や再生可能エネルギーの導入により、年間の一次エネルギー消費量を正味でゼロに

- ZEBを実現するための技術は、消費するエネルギーを減らすための技術（省エネ技術）とエネルギーを創るための技術（創エネ技術）に二分され、いずれが欠けてもZEB化は困難
- 日本では、ゼロエネルギーの達成状況に応じて、4段階のZEBシリーズが定義されている

技術概要

省エネ技術によりエネルギー消費量を減らし、創エネ技術により使用する分のエネルギーを作ることによって、年間の一次エネルギー消費量の収支でゼロ（ネットゼロ）とすることをめざした建築物。国内では4段階のZEBシリーズ（『ZEB』、『Nearly ZEB』、『ZEB Ready』、『ZEB Oriented』）が定義されている。新築の建築物への適用はもとより、ZEBを実現するためのプランニングを工夫し、既存建築物に対してもZEB化を実現した事例も存在している。

研究開発・実用化動向

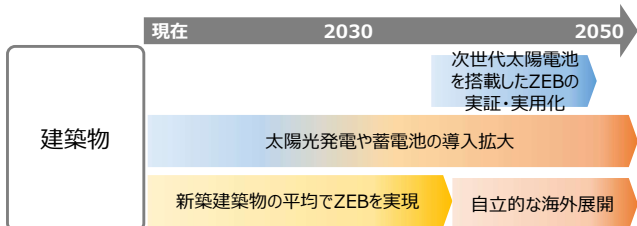
要素技術の開発は現在もNEDO等でも開発されているものの、既に実用化段階にあると言える。

一方で、新築建築物への適応はまだまだごく一部であり、特に低コスト化の技術開発や、太陽光発電・蓄電池・太陽熱利用設備の導入、薪ストーブやペレットストーブの規格化等が期待される。

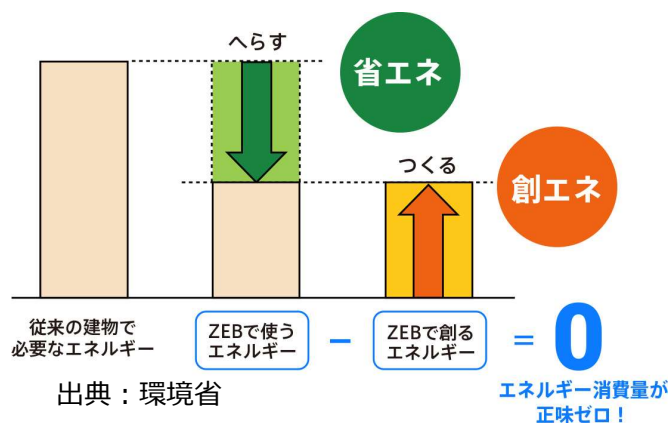
また、2030年以降、現在開発が進む次世代太陽光電池を搭載したZEBの実証も行われると考えられる。

将来の見通し

2030年	・新築建築物の平均でZEBを実現 ・太陽光発電、蓄電池を導入したZEBの拡大
2050年	・次世代太陽電池を搭載したZEBの実証・実用化



ZEBの概要



想定されるニーズ

府域	・すでにZEBの施設が複数竣工されており、まずは新築建築物あ公共建築物を中心に更なる普及が見込まれる。
海外	・欧州、米国、豪州を中心に既にZEBに関する高い目標設定がされており、特にEUでは既に新築のZEB化が義務化されている。

トピックス

- ・兵庫県伊丹市の新庁舎整備事業が、環境省の「レジリエンス強化型 ZEB 実証事業」に床面積 2 万㎡を超える大規模庁舎としては全国初の採択を受け、建築物省エネルギー性能表示制度 (BELS)による「ZEB Ready」認証を取得し、5 段階評価の最高ランクを獲得した。
- ・NEDOの「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」により開発した地下帯水層に冷熱・温熱を蓄え有効利用する国内初の高効率帯水層蓄熱システムが、ZEBへの適応の検証を目的に、実装試験を開始した。

建物の省エネ化

建造物へのバイオマス利用（CLTなど）

(株)竹中工務店、積水ハウス(株)、大和ハウス工業(株) 等

住宅以外の建築物に対して木材などのバイオマスを活用

複数の木材を組み合わせ、強度と耐火性を得ることで、ビル等にも活用が可能

- ▶ 国内においては、特にCLT（Cross（クロス）Laminated（ラミネイティッド）Timber（ティンバー）：直交集成板）の活用が推進されている
- ▶ CLTは現場施工性がよいなどの利点があるとともに、パネル工法、部分利用といった広範な可能性があり多様な用途の建築物に活用される環境が整いつつある

技術概要

複数の木材を組み合わせて圧縮強度と張力強度を向上させた集成材である「マスティンバー」等を活用することで、住宅以外の建築物に対してバイオマスを活用する技術が進んでいる。

「マスティンバー」には、国内で主に活用が推進されるCLT以外にも、NLT（Nail Laminated Timber）、DLT（Dowel Laminated Timber）等が存在している。

CLTのイメージ



出典：内閣府

研究開発・実用化動向

CLTに関しては既に実用化されており、これまでに国の営繕基準への反映、新たな層構成の追加やCLTを活用した建築物の竣工件数が550件を超える。

海外ではCLTを一部活用した18階建ての建築物が2017年に完成しており、国内においても、10階建て前後の建築物への適用が進んでいる。

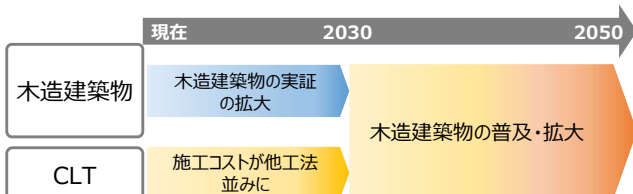
今後、更なる普及に向けて、製造コストを半減し、施工コストを他の工法並みにすることが求められる。そのために、CLT製造の効率化・標準仕様の策定、保存処理法の開発、更なる耐火性の付与等の技術開発が期待される。

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 公共建築物を皮切りに、幅広い建造物、構造物での木材（CLT）活用が進む。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 欧州をはじめとする海外では既にCLTは100㎡程度の生産があり、今後さらに製造が増進すると予測される。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> CLTの建築物への実証の拡大 CLT生産体制の拡大、生産コストの低減 CLT設計・積算ツールの開発及び普及
2050年	<ul style="list-style-type: none"> 木造建築物の普及・拡大



トピックス

- 東京・銀座に耐火木造とS造を組み合わせたハイブリッド構造の地下1階／地上12階建の木造建築物が2021年10月に竣工。合計で約300㎡の木材が使われているが、約9割が構造材として用いられている。
- 隈研吾氏が設計監修した「CLT PARK HARUMI」が東京・晴海から岡山県の蒜山高原に移築された。施設は地上1階建てのパピリオン棟と2階建ての屋内展示棟、1階建ての展示別棟から成る。CLTパネルを構造梁材に活用する日本初の建築物であり、東京五輪の終了に伴い、当初の予定通り移築を実施した。

業務プロセスの省エネ化

高効率機器

大阪ガス(株)、パナソニック(株)、
ダイキン工業(株) 等

高いエネルギー消費効率によって家庭・業務部門の省エネルギー化に大きく貢献 2050年カーボンニュートラル目標により導入ニーズがさらに加速

- 日常生活を支える電化製品や、商業ビルや工場の稼働を支えるあらゆる機器に高効率性が求められている
- 建造物のゼロエネルギー化（ZEH・ZEB）やエネルギーマネジメント（EMS）の構築に不可欠
- 市民・企業ともに行動しやすい省エネルギー対策として2050年カーボンニュートラル達成目標を下支え

技術概要

従来よりも少ないエネルギー消費で従来と同等またはそれ以上のパフォーマンスを発揮することのできる機器全般を指し、電化製品をはじめとした家庭部門や、業務用エアコン、ヒートポンプ、チリングシステムなどの業務部門の省エネ化に必要な不可欠な設備である。

オフィスビルを例に民生部門におけるエネルギー消費構造をみると、「熱源」と「照明」が占めるエネルギー消費の割合が大半で、熱源設備や照明・空調機器の高効率化が省エネルギー化に大きく寄与する。

特に業務ビル等においては、中央熱源方式を採用している場合が多く、中央熱源の高効率化が業務ビル等全体の省エネルギー化につながる。

また、高効率照明であるLED照明は、すでに8割程度のシェアを誇っている。

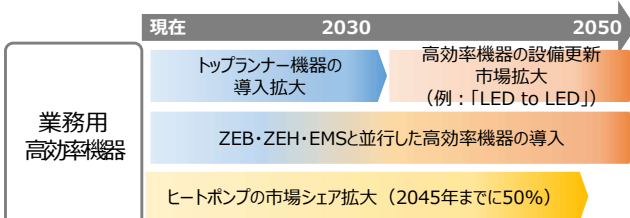
研究開発・実用化動向

NEDOの「省エネルギー技術戦略」における「重要技術」として、「高効率機器技術（空調・給湯・照明）」を特定しており、各機器における高効率化を推進する研究開発支援事業を展開している。

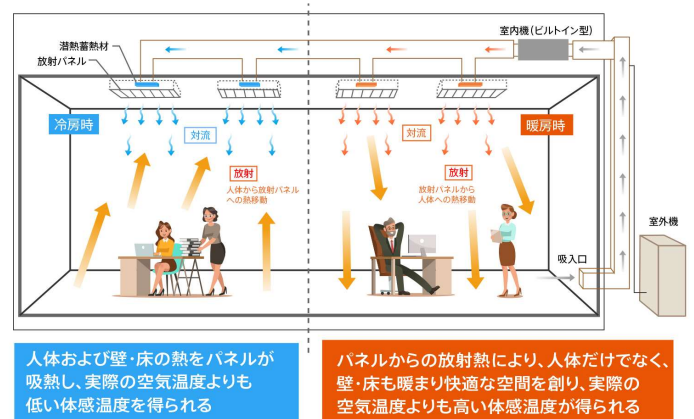
2021年度は6件（20件中）が「高効率技術」関連として支援対象に採択されている。

将来の見通し

2030年	・2035年頃を目途に大半の機器と空調設備がトプランナーレベル
2050年	・2045年を目途に国内外の暖房需要に対するヒートポンプ供給が50% ・2050年までに85%の建築物がゼロカーボン仕様



高効率空調機システムの例



出典：環境省

想定されるニーズ

府域	・ 特に中小規模の事業者を対象に高効率機器の設備更新ニーズが発生。費用面での支援や効果的な設備更新へのハンズオンの支援ニーズが増加している。
海外	・ 暖房需要に対するヒートポンプシェアが拡大。 ・ ZEB・ZEHの導入拡大に伴う空調等設備の高効率化が進んでいる。

トピックス

- ・ 大阪府・市では「おおさかスマートエネルギーセンター」が、府内の事業者を対象に省エネ診断を提供し、効果的な高効率機器の導入促進を支援している。
- ・ 業務部門では、2021年12月より、茨木市が、中小規模の事業者を対象に最大300万円の高効率機器導入支援事業を展開しており、府内では初めての事業となっている。

業務部門のエネルギーマネジメント

BEMS

パナソニック(株)、ダイキン工業(株)、
関西電力(株)、(株)竹中工務店 等

ビル内の照明や空調などを制御し、最適なエネルギー管理を実施する、ZEB実現には不可欠な技術

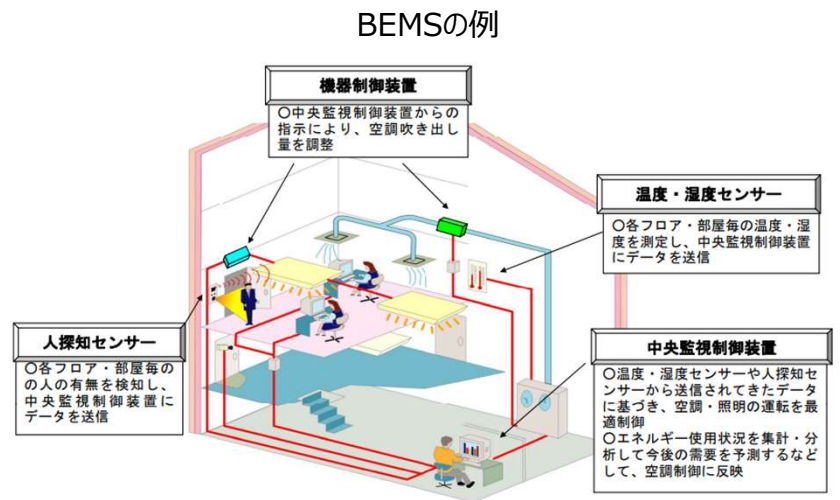
- 建物に設置したセンサーから、エネルギーの使用状況を見える化を実施
- さらに、人探知センサーなどの情報との組み合わせにより、不要なエネルギー使用を抑制
- BEMSやHEMSの積み重ねにより、地域レベルでのエネルギー管理やデマンドレスポンスの実現にも繋がっていく

技術概要

BEMSとは Building and Energy Management Systemの略で、室内環境とエネルギー性能の最適化を図るためのビル管理システムのこと。

建物内の照明や空調の運転状況を把握し、需要予測やセンシングデータに基づく負荷を勘案し、最適な運転制御を自動で行うことが可能となる。

具体的な要素としては、温度・湿度センサー、人探知センサー、中央監視制御装置、機器制御装置等から構成される。



出典：環境省

研究開発・実用化動向

近年は、ソフトウェアのクラウド化、過去のビッグデータ解析をAIによって行いエネルギー負荷等をより高い精度で予測するような開発が実施されている。

次世代太陽光発電の実現時には、さらに高度なエネルギーマネジメント実現が望まれる。

加えて、デマンドレスポンスへの発展や、建物1つに完結するのではなく、地域全体のエネルギーを管理するCEMS (Community Energy Management System) への拡大が期待される。

将来の見通し

2030年
・BEMSによる省エネ量が原油換算量で230万kLを達成 (2019年の約4倍)

2050年
・ZEB等とともに更なる普及が見込まれる
・CEMSの実現



想定されるニーズ

- | | |
|----|---|
| 府域 | ・既に大阪市浪速区役所でも導入されており、具体的な提案が可能な事業者を「おおさか版BEMS事業者」として登録する制度も存在し、導入拡大に向けて進んでいる。 |
| 海外 | ・EMSの市場としては諸外国でもニーズは高まっており、今後も継続的な市場の成長が見込まれる。 |

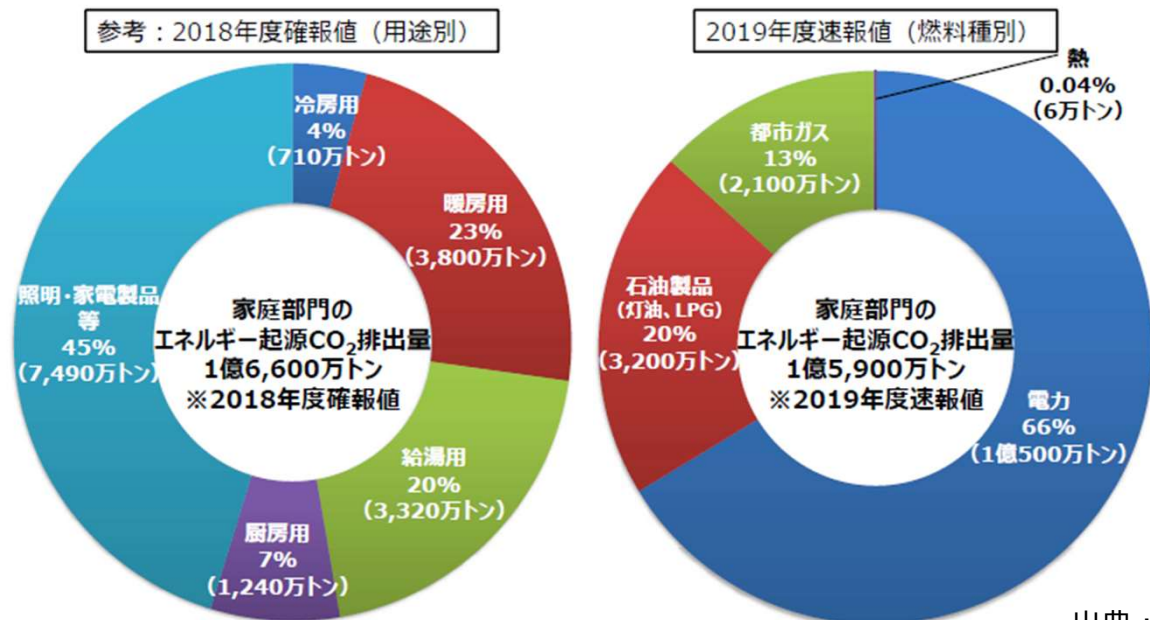
トピックス

- ・ NEDOと日立製作所は2018年から構築を進めてきたクラウド型エネルギー管理システム (AEMS) を完成させ、実証運転を開始。
- ・ NTTグループが空調最適化の制御システムを新たに開発。人流予測・環境再現・最適制御算出の技術を組み合わせ、各種センサーからデータを収集し、刻々と変化する状況に応じた最適な空調制御を行い、快適性を担保しつつ、エネルギー消費の5割削減を目標とする。

1.2. エネルギー需要部門 (4) 家庭部門におけるエネルギー需要

CO₂排出量の現状

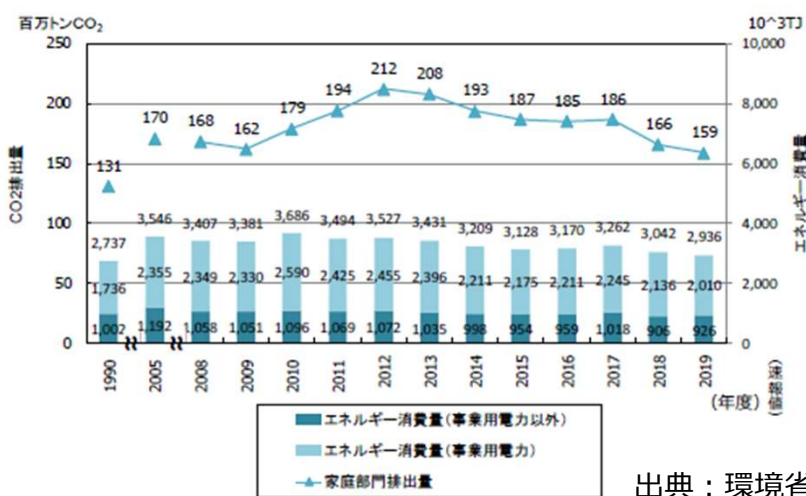
家庭部門は日本全体のCO₂排出量の約15%を占めるセクターである。家庭部門内の内訳をみると、暖房用が23%、給湯用が20%、厨房用が7%でそれら3部門にて家庭部門全体の半分を占める。なお、燃料種別では、電力に由来するものが最も多く全体の7割近くを占める。



出典：環境省

家庭部門におけるエネルギー消費量は2012年をピークに減少傾向にある。一方、CO₂排出量は、2010年にピークを迎えた後、多少の増減はあるが同じく全体的には減少の傾向にある。

長期でのCO₂排出量減少の要因は、電力のCO₂排出原単位の改善とエネルギー消費原単位の改善等による。また、エネルギー消費原単位の改善については、省エネの進展が主な要因である。



出典：環境省

削減目標達成に向けて求められる今後の取組

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策では、2030年度の温室効果ガス46%削減（2013年度比）をめざし、さらに50%削減に向けた挑戦を続けることを表明した。家庭部門に対しては、66%の削減が求められている。この目標を達成するためには、住宅の省エネルギー化の他、省エネ性能の高い設備・機器の導入、徹底的なエネルギー管理が実施の他、脱炭素型ライフサイクルへの転換などの取組が必要となる。

環境省では、家庭（日常生活）部門向けに、家電、住宅関連設備、車など家庭向けの商品・サービスの製造・販売をする方の参考となる「日常生活部門における温室効果ガス排出削減」の対策メニューを以下のサイトにまとめています。

温室効果ガス排出削減等指針【日常生活部門の対策メニュー】

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/ghg-guideline/house/>

住宅の省エネ化

ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）

関電不動産開発(株)、積水ハウス(株)
パナソニックホームズ(株) 等

住宅の省エネ・省CO₂化対策に向けた総合的な取組「ZEH+」により再生可能エネルギーの自家消費率の更なる拡大へ

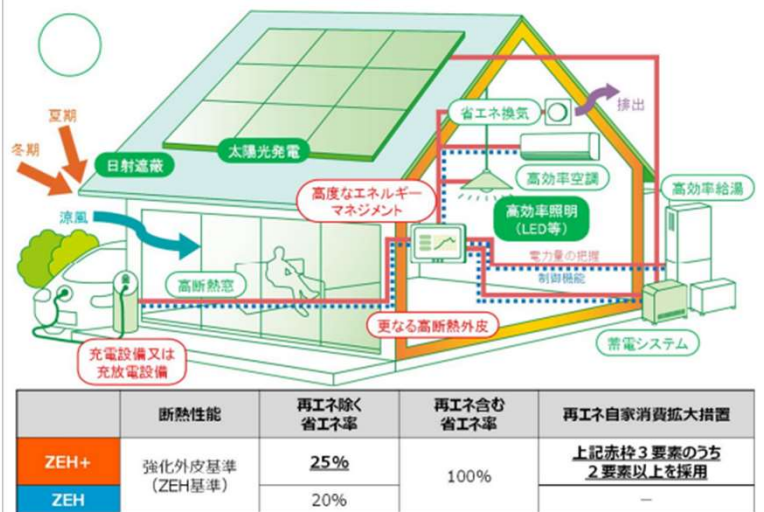
- ▶ 住宅における高断熱・高効率な省エネルギー設備や、創エネ・再エネ技術の導入
- ▶ 住宅単体での再エネ等自家消費拡大に向け、ZEHの取組みをさらに進めた「ZEH+」「次世代ZEH+」や、レジリエンス強化の観点からの取組みも進む

技術概要

「高断熱化」、「高効率な省エネルギー設備」、「再生可能エネルギー等の導入」に関連する技術を組み合わせ、年間の一次エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスになる住宅がZEHと定義される。

さらに省エネの深堀を行うとともに、再生可能エネルギーの自家消費率の拡大を図った「ZEH+」に加え、蓄電池・V2H設備、燃料電池を活用する次世代ZEH+の実証も進められている。一方で、地理的・地域的制約等によりZEHの実現が困難な場合においても、可能な限り取組を喚起するため、ZEHの断熱性能と省エネ基準比20%削減の達成を求める「ZEH Oriented」も促進が図られている。

ZEH+の定義



出典：資源エネルギー庁

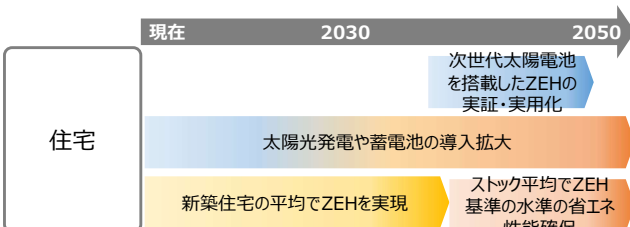
研究開発・実用化動向

各要素技術についてはNEDOのプロジェクトなどでも開発が進められており、今後、低コスト化や標準仕様化が期待される。また、超高層マンションにおけるZEH-Mの導入や、①蓄電システム ②太陽熱利用システム ③停電自立型燃料電池のうち一つ以上の設備を導入する住宅（ZEH+R）の促進、コミュニティZEHによるレジリエンス強化の取組みも進められている。

将来の見通し

2030年
・新築住宅の平均でZEHを実現
・集合ZEHの自立普及

2050年
・ストック平均でZEH基準の水準の省エネ性能が確保される
・太陽光発電設備等の再生可能エネルギーの導入が一般的



想定されるニーズ

- 府域
 - すでにZEH導入に係る支援が進められており、コストダウンや広報を通じて、今後さらなる普及拡大や高性能化が見込まれる。
- 海外
 - 欧州や米国を中心に、ZEH規制・目標設定、建物省エネ化の強化が進んでおり、国際的にも技術開発や実装が促進されている。

トピックス

- ・ 2021年9月、住友不動産は、今後設計するすべての分譲マンションにおいて、「ZEH-M Oriented」（強化外皮基準（断熱性能）を満たし、省エネによる一次エネルギー消費量を現行の省エネ基準値から20%削減）を標準仕様とすることを発表した。
- ・ NEDO「太陽光発電開発戦略2020」では太陽光発電の新市場の一つとしてZEHを位置付けており、戸建住宅に適合する技術開発を進めることとしている。

生活プロセスの省エネ化・ライフスタイルの変化

高効率給湯・高効率家電

パナソニック(株)、ダイキン工業(株)、
(国研)産業技術総合研究所 等

家庭部門においてエネルギー消費量の大きい給湯や空調の高効率化を促進 省エネ家電の普及に向けた制度・仕組みづくりも進む

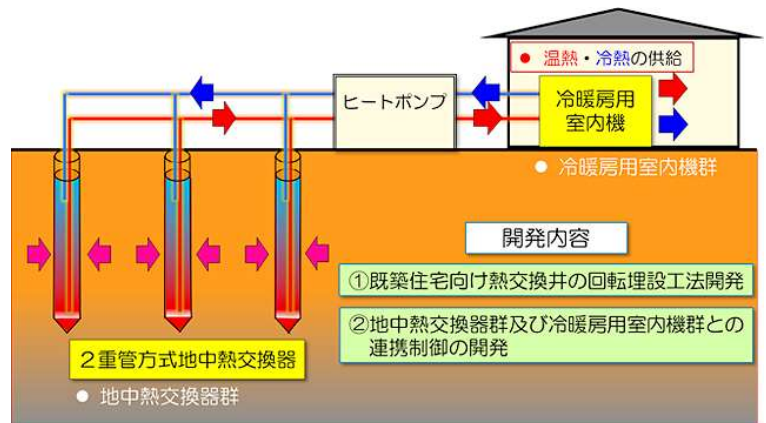
- ▶ 冷暖房や給湯におけるエネルギー利用の高効率化には、ヒートポンプの能力向上も重要な役割を果たす
- ▶ 家電製品をはじめとするエネルギー消費機器の効率は近年大きく改善しており、「トップランナー制度」などによりその普及が図られている

技術概要

少ないエネルギーで低温の熱源から熱を集め高温の熱源へ送り込む「ヒートポンプ」は、使用する電気エネルギー以上の熱エネルギーを取り出すことができ、ガスや石油による燃焼方式に比べてCO₂排出量も大幅に削減することができる。家庭部門において消費エネルギーの大きい給湯器や空調にもヒートポンプ技術が活用されており、高効率化に寄与している。

空調技術では低GWP化・ノンフロン化等の冷媒の改善が進んでいる。照明についても、LED・有機EL等の効率向上・長寿命化が進むなど、家電全般において効率性が向上してきている。

ヒートポンプを活用した地中熱利用システム



出典：NEDO

研究開発・実用化動向

NEDOでは、地中熱等の再エネ熱を熱源としたヒートポンプシステムの開発・実証を進めている。実用化に向けては、低コスト化を図る施工方法も検討されている。また、空調技術においては、機器の効率向上とともに次世代冷媒の市場投入に向けた取組が進められている。照明技術に関しては、新たな発光素子や有機ELの開発が行われている。なお、家電全般においてIoT・AIによる制御及び最適化も図られている。

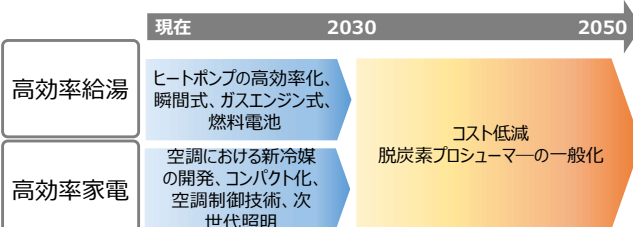
省エネ家電の普及に向けては、高い省エネ基準を求める「トップランナー制度」や、省エネ性能をわかりやすく示す省エネラベル等の仕組みづくりが進められている。

想定されるニーズ

府域	・「大阪省エネラベルキャンペーン」などのように、省エネ家電の普及活動が進められている。
海外	・欧米ではヒートポンプ式の給湯機器・空調の購入を補助金で支援する動きがある。 ・欧米や中国では地中熱を利用したヒートポンプ利用が拡大している。

将来の見通し

2030年	・瞬間式給湯器・高効率化、新冷媒（空調）、次世代照明の開発 ・家庭におけるヒートポンプ累積導入台数1,590万台(2030年度)
2050年	・脱炭素プロシューマーの一般化



トピックス

- ・ダイキン工業では、アフリカ・タンザニアにおいて省エネ性能の高いインバータエアコンのサブスクリプション事業を行っている。ユーザーはスマートフォン経由で定額の利用料を支払うことでイニシャルコストを抑えて省エネエアコンを利用できる。
- ・経済産業省では、2006年以来に家庭用エアコンの省エネ性能の目標基準を改正し、今よりも最大3割程度消費電力を抑えるようメーカーに対して義務づける方針としている。2022年に施行し、2027年までの達成を促す。

ナッジ・シェアリングによる行動変容

関西電力(株)、大阪大学、
(一財)大阪府みどり公社 等

行動科学の知見に基づき、市民の自発的な省エネ・環境配慮行動を促進 資源を社会全体で有効に活用するため、モノや空間、サービスをシェアリング

- ▶ 規制とは異なり選択の自由を残したまま、税や補助金のように経済インセンティブを大きく変えることなく、予測可能な形で人々の行動変容を促す
- ▶ 公共交通機関の利用・シェアリングなど、脱炭素に向けて無理なく持続可能なライフスタイルを提案

技術概要

ナッジは行動科学の知見（行動インサイト）にもとづく新しい行動変容のアプローチであり、人々が自発的に望ましい行動を選択するよう促す仕掛けや手法を示す。人々が選択し、意思決定する際の環境をデザインし、それにより行動をもデザインするもので、選択の自由を残し、費用対効果の高いことを特徴とする。環境・エネルギーの面においては、人々の省エネ行動の変容を促す効果が期待される他、健康・医療、徴税、働き方改革などさまざまな政策領域で活用される。

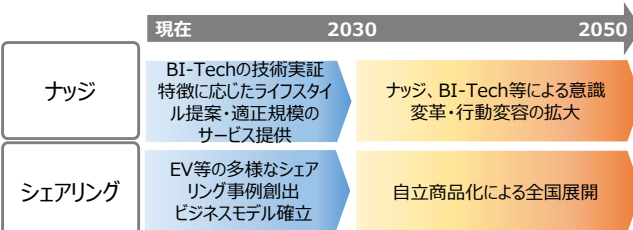
また、シェアリングは主に、移動、モノ、空間、スキル、お金を、マッチングプラットフォームを介して他の個人等も利用可能とすることで、資源の効率的な活用による天然資源投入量や廃棄物発生量の削減、移動手段や空間の共有等によるCO₂排出量の削減といった環境面の効果が期待できる。

研究開発・実用化動向

環境省は、2015年にナッジの実証事業や地球温暖化対策のためのクールチョイス（賢い選択）の取組を開始した。2017年には、関係府省庁や地方公共団体、産業界や有識者等から成る産学政官民連携によりナッジを推進する「日本版ナッジ・ユニット」（BEST）が発足している。「ナッジ×デジタルによる脱炭素型ライフスタイル転換促進事業」も推進が予定されている。ナッジ等の行動科学の知見（Behavioral Insights）と先進技術（Tech）の融合（BI-Tech）により、IoTでビッグデータを収集し、AIで解析してパーソナライズしフィードバックを実現する技術への関心が高まっている。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・個々の特性に応じたナッジ/BI-Techサービス提供 ・シェアリングビジネスモデル確立
2050年	<ul style="list-style-type: none"> ・意識変革/行動変容拡大 ・シェアリングの自立商品化による拡大



メロディで階段利用を促すコミュニティホールのピアノ階段（富山県富山市）



出典：環境省

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・大阪府は吹田市等と連携し、エネルギーへの関心が高まる転入・転居のタイミングに着目して省エネ行動の変容を促すナッジの取組を実施している。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・欧州・米国・豪州を中心に、世界で200を超える組織・機関が公共政策に行動インサイトを活用しているなど、地球規模で関心が高まっている。

トピックス

- ・ 関西電力は省エネノウハウとAI予測で、事業所ごとに最適な省エネアクションを提案する「エナッジ」サービスを提供しており、ナッジを取り入れた画面設計で、タブレットにその日するべき省エネアクションを表示し、従業員の自発的な行動変容を促す取組みを行っている。
- ・ 2021年8月に、堺市環境行動デザインチームが発足し、堺環境戦略に掲げるビジョンの達成に向けて、ナッジを活用した市民行動の変容を推進することとしている。

家庭部門のエネルギーマネジメント

HEMS

パナソニック(株)、大阪大学
(株)エネゲート 等

家電製品や設備機器をネットワークし、家庭のエネルギー消費量を可視化 動作状況を積極的に制御することによりエネルギーの効率的な利用を促進

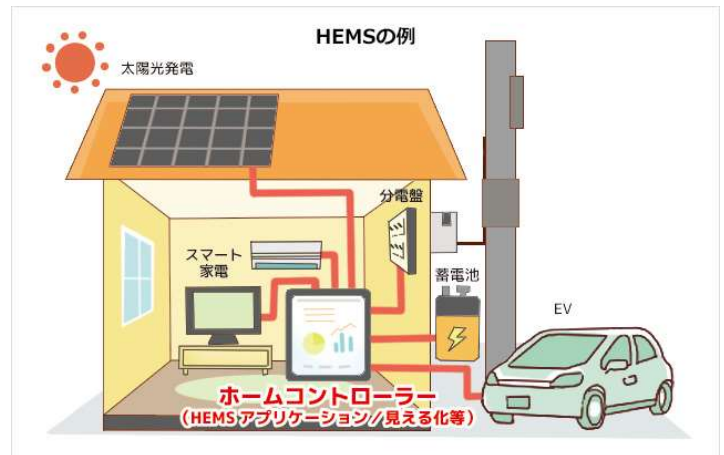
- スマートメーター（通信機器を備えた電力量計）による電力使用量の「見える化」との連動
- 発電や蓄電システムを組み合わせ、住宅内で使用するエネルギー量以上のエネルギーを生み出す「ZEH」でも中核的な機能を果たす

技術概要

HEMS（ホーム・エネルギー・マネジメント・システム）により、利用エネルギーの可視化と自動制御を実施し、家庭にある家電製品や給湯機器等の全体の効率的なエネルギー管理を促進する。スマートフォン等とも連動し、遠隔地からの機器の制御も可能となるなど、より手軽なエネルギー消費の可視化・制御が実現している。

家電機器をネットワークするための共通の公的な通信規格（エコネットライト）が定められており、異なるメーカーの機器間でも通信・連携が可能となっている。

HEMSのイメージ



出典：資源エネルギー庁

研究開発・実用化動向

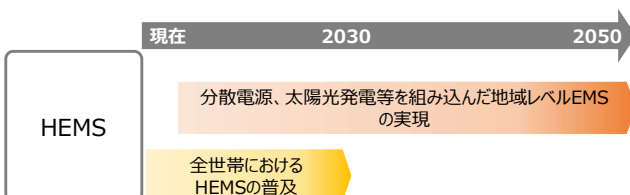
今後は家庭においても省エネだけではなく、太陽光発電システムや蓄電池、電気自動車などの普及拡大も見込まれるため、より高度な制御が求められるようになってきている。また、家庭における電力使用の最適化だけではなく、ピークカットやデマンドレスポンス、スマートコミュニティといった、エリア全体における効率的なエネルギー利用の実現にも貢献が期待される。

将来の見通し

2030年	・HEMSを全世帯に普及させる ・系統運用との協調方法の検討・実証
2050年	・地域レベルEMSの実現

想定されるニーズ

府域	・ 府内の自治体においても、HEMSと太陽光発電設備、蓄電池等との同時導入の補助を実施するなど、導入拡大に向けた動きが進んでいる。
海外	・ 2016年、NEDO「エネルギー自己消費モデル」を実現するスマートコミュニティ実証事業の一環として、ドイツにおいてHEMSおよび太陽光パネル・蓄電池・ヒートポンプを組み合わせた住宅用システムの実証運転を実施するなど、欧州・北米でも関心が高まっている。



トピックス

- ・ 2020年9月、米テスラ社がEVでの車載用空調機のノウハウを活かした家庭用空調機事業への参入に意欲を示した。同社はソーラーパネルや家庭用蓄電池に関する技術も有しており、HEMS分野へ与える影響にも注目が集まっている。

家庭部門のエネルギーマネジメント

家庭用蓄電設備・V2H

パナソニック(株)、ニチコン(株)
オムロン(株) 等

太陽光発電などによる余剰電力を蓄え、電力の効率的な利用を可能に 災害時や停電時における非常用電源としての電力確保にも寄与

- ▶ 電気自動車/プラグインハイブリッド自動車/燃料電池自動車等の電動車と、充放電設備/外部給電機を組み合わせることによる家庭のエネルギーマネジメントも実現（V2H：Vehicle to Home）
- ▶ 「ZEH+」「次世代ZEH+」等においても家庭用蓄電池が重要な役割を果たすことを期待される

技術概要

家庭において、太陽光発電などによる余剰電力や、電気料金の安い深夜の系統からの電気を蓄電池に溜めておくことことで、必要なときに効率的な電力供給が可能となる。災害時の自立的な電源の確保にも役立つことができる。なお、V2Hは電動自動車の車載蓄電池に蓄えた電力を、充放電設備/外部給電機を通じて家庭で利用することができるシステムであり、電気自動車などのエコカーの導入拡大にもつながる。

V2Hのイメージ



※1. 電気自動車（EV）や燃料電池自動車（FCV）などの自動車（ビークル・V）から電力を家庭（ホーム・H）に供給し、家庭用電力として利用するためのシステム。

出典：堺市

研究開発・実用化動向

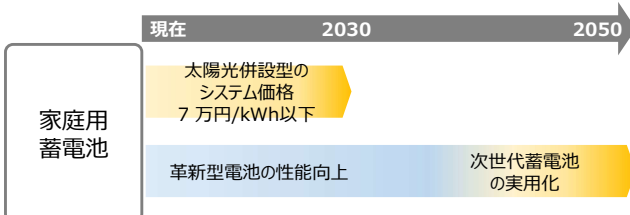
全固体リチウムイオン電池や革新型電池の性能向上、蓄電池材料の性能向上、高速・高品質・低炭素な製造プロセス開発、リユース・リサイクル、定置用蓄電池を活用した電力需給の調整力の提供といった研究開発が進められている。あわせて、電池のスケール化を通じた低価格化や、ルール整備・標準化等の取組みも進行している。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光併設型の家庭用蓄電池が経済性を持つシステム価格 7 万円/kWh以下（工事費込み）を実現 35万台/2.4GWhの導入（累積314万台/22GWh）
2050年	<ul style="list-style-type: none"> 更なる蓄電池性能の向上が期待される次世代蓄電池の実用化

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> すでに太陽光発電システムを導入している家庭において、卒FIT時に電力の自家消費を進めるニーズが想定される。さらに、電気料金の安い深夜時間帯の電力を効率的に活用することなどによる、経済的なメリットに対するニーズが考えられる。 電気自動車等とあわせたV2Hの導入が期待される。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 日本のほか、ドイツ、豪州、米国カリフォルニア州において比較的導入が拡大している。（経済産業省「定置用蓄電システム普及拡大検討会」）



トピックス

- 2021年、関西電力、東京ガスは、家庭用燃料電池「エネファーム」および家庭用蓄電池の群制御によるバーチャルパワープラント実証を実施。
- 2019年、イオン、イオンモール、関西電力、エネゲートおよび堺市は、イオンモール堺鉄砲町におけるV2H・EV充電器を活用したバーチャルパワープラント実証と、ブロックチェーン技術を活用した環境価値取引を実証。

1.2. エネルギー需要部門

(5) 廃棄物部門におけるエネルギー需要

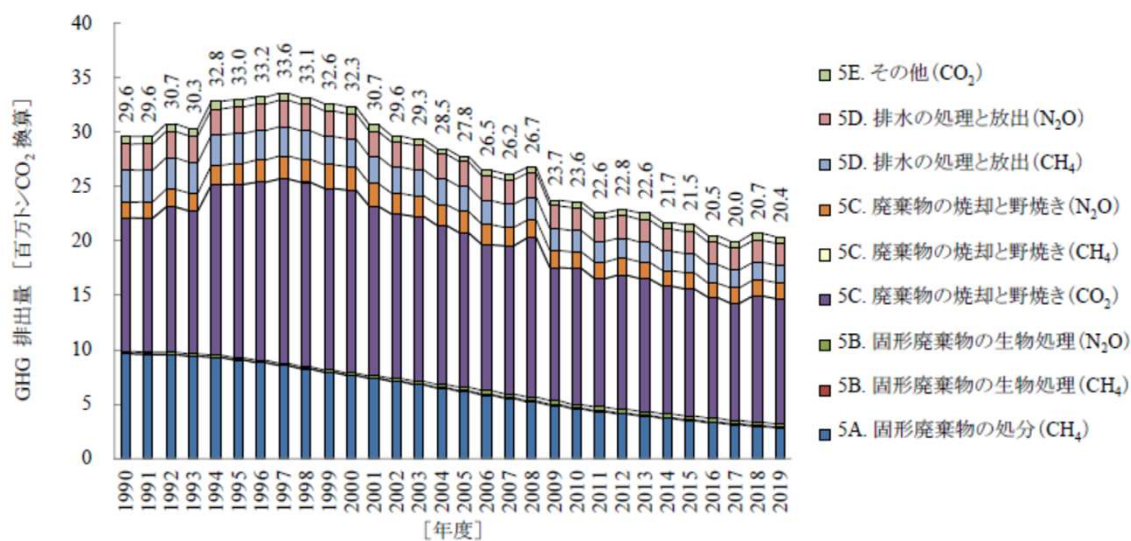
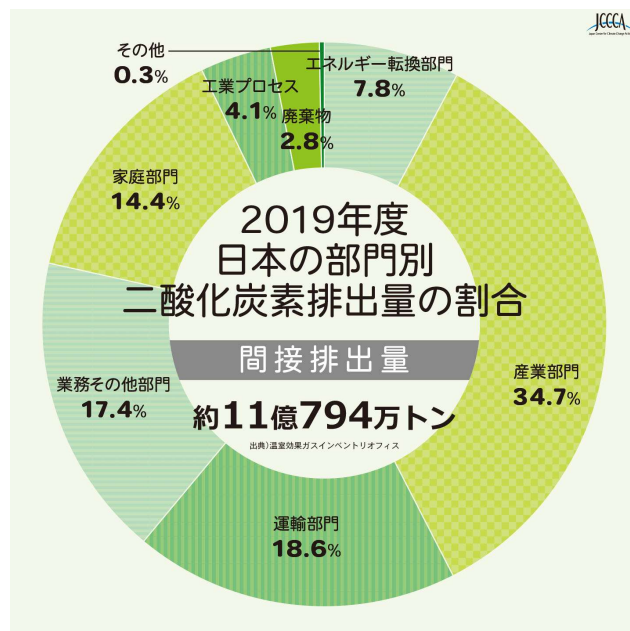
CO₂排出量の現状

日本の非エネルギー起源CO₂排出量も含む全CO₂排出量を部門別に見ると、廃棄物セクターからのCO₂排出量は、全体の2.8%となる。

ただし、温室効果ガスには、日本のGHG排出量の約9割を占めるCO₂排出量の他にも、メタ（CH₄）等のその他の温室効果ガスもあり、廃棄物部門では、その他の温室効果ガスも排出することからCO₂以外の排出量評価も必要となる。

他の温室効果ガスも含めて、廃棄物部門内の内訳を見ると、破棄物の焼却と野焼きからのCO₂排出がやはり50%強と高い。これには、廃プラスチックや廃油などの化石燃料由来廃棄物の焼却の影響が大きい。

ただし、経年では、1997年をピークに、廃棄物の減少やリサイクルの進展が見られ温室効果ガスの排出量は減少傾向が見られる。



削減目標達成に向けて求められる今後の取組

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030年度の温室効果ガス46%削減（2013年度比）をめざし、さらに50%削減に向けた挑戦を続けることを表明した。廃棄物部門に対しては、非エネルギー起源CO₂部門全体として70%の削減が求められている。この目標を達成するためには、廃棄物等の発生抑制や、循環資源の再使用・再生利用の推進等の従来型の対策の更なる促進に加えて、以下のような技術革新や社会実装、新たな循環社会システムの構築が必要となる。

環境省では、廃棄物部門向けに、廃棄物処理業者・自治体等が、廃棄物の処理に関連する温室効果ガス排出削減をする際の参考となる対策メニューを以下のサイトにまとめています。

温室効果ガス排出削減等指針【日常生活部門の対策メニュー】

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/ghg-guideline/waste/>

廃棄物処理プロセスの省エネ化

廃棄物処理の効率化

日立造船(株)、(株)クボタ、
エア・ウォーター(株)、大阪大学 等

省エネ化やエネルギー回収を高める技術開発を実施 複数の種類の廃棄物を組み合わせにより効率化をめざす動きも

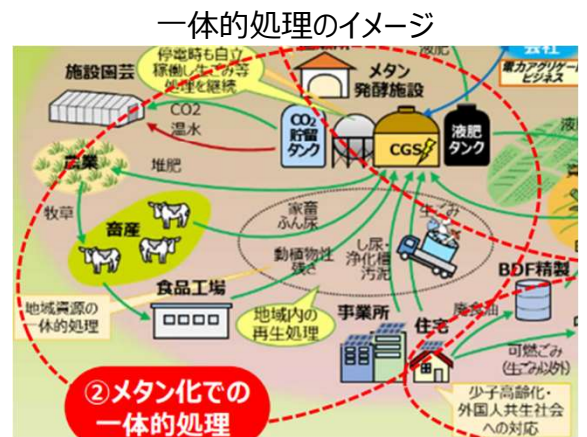
- 廃棄物のエネルギー回収技術は実用化されており、近年はIoTやAIを活用することで効率化を図る動きが活発化
- 将来的には人口減少や廃棄物の削減の動きが進行することで、単一の廃棄物での処理が非効率となる可能性があり、現在は個別に処理している廃棄物を同時に処理することが見込まれる

技術概要

国内において廃棄物処理は既に成熟した技術があり、省エネ化についても高い技術水準にあるが、下水処理に関しては更なる省エネ化に向けて、曝気用送風機の省エネ等の要素技術の開発や熱の有効利用が進められている。

また、廃棄物処理プロセスにAI・IoTを用いる動きも進んでおり、焼却炉の温度管理や下水汚泥の含水率の予測・曝気の送風量の最適化に活用し、運転の安定化・省エネルギー化を研究している例も存在している。

他にも、下水処理場やし尿処理施設に、生ごみ等のバイオマスを集約し一体的処理を行い、効率化を図る動きも。



出典：環境省

研究開発・実用化動向

短期的には、各処理施設・プロセス単位での高効率化に向け、更なるAI・IoT活用や個別の省エネ技術の実用化に向けて開発が進められる。

一方で、中長期的には、「廃棄物のエネルギー利用」に記載したような新たなエネルギー回収技術への移行や複数のバイオマス種・廃棄物を組み合わせることで高効率化を実現することが想定される。

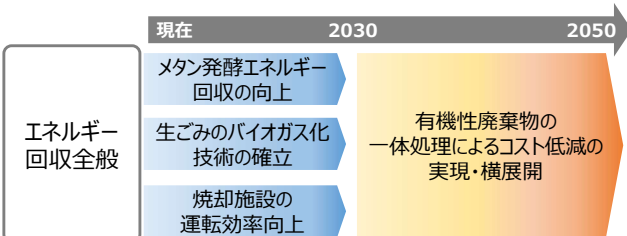
特に下水処理に関しては、剪定枝や除草枯草等の受入によるエネルギー回収が2050年の実用化を目標として設定している。

将来の見通し

2030年	・メタン発酵エネルギー回収の向上
2050年	・剪定枝、除草刈草、廃棄物等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術の実用化 ・有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減の実現

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 2030年のめざすべき姿としてほぼ全量の廃棄物を再生素材やエネルギーとして使用することを掲げており、特に食品廃棄物のエネルギーが期待される。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 日本の焼却処理技術や下水処理技術は東南アジアに向けて輸出を行っており、一定の市場が見込まれる。



トピックス

- 日立造船では、東京都の杉並清掃工場にて「清掃工場における制御技術の高度化研究開発」を実施し、「ごみバンカ&ごみクレーン3D システムの攪拌度優先投入およびAI自動運転」、「AI 技術を活用した次世代自動燃焼制御システム」を開発。クレーン運転の消費電力の低減、蒸気発生量や炉内温度に関わる安定操炉を 1 ヶ月以上の継続、2週間以上の完全自動運転を実現。
- クボタは国土交通省の令和2年度下水道革新的技術実証事業に2件採択。うち1件は雨天時の下水処理能力を省コスト・省エネでの向上をめざす。

減量化・減容化

フードロスの削減

(株)ロスゼロ、(株)シノプス、
(株)WPS 等

商習慣の見直しや需給バランスに見合った販売等のソフト面からのアプローチやICTやAI等を活用した技術面からのアプローチによりフードロス削減を推進

- ▶ 消費期限が近付いた食品などの販売（消費者とのマッチング）を行うサービスや食品の需要予測を行うサービスが既に複数存在
- ▶ 海外では、野菜や果物の保存期間が倍以上となるコーティング技術が既に実用化段階に
- ▶ フードロスを建材や染料といった全く別の素材・製品に活用する技術開発も進む

技術概要

フードロスとは、まだ食べられるのに廃棄される食品のこと。日本では1年間で570万トン（2019年度）のフードロスが発生したと推計される。ソフト面のアプローチとして、いわゆる3分の1ルールなどの商習慣の見直し等による発生抑制策等を進めている。

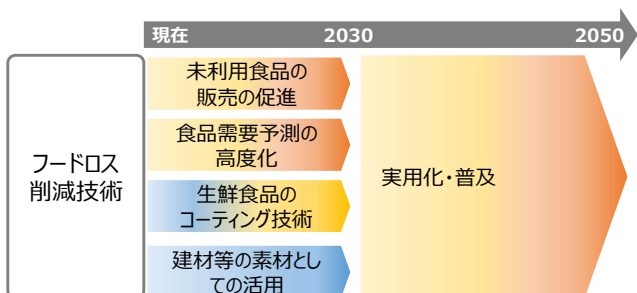
技術的なアプローチとして、ICTやAI等を活用することで、未利用食品の販売（消費者とのマッチングやシェアリング）や食品の需要予測の高度化等を行うサービスが勃興している。他にも、果物や野菜にコーティングを行うことで、消費期限を伸ばす技術が実用化されつつある。

研究開発・実用化動向

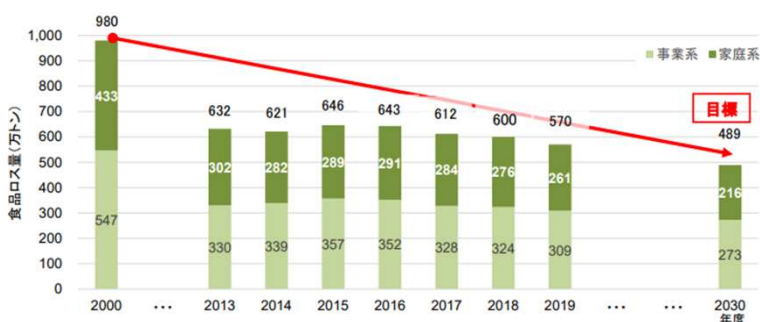
未利用食品の販売に関しては国内においても実用化段階にあり、主にスタートアップ企業が独自のサービスを全国展開している。需要予測についても、POSデータや気象情報を基に、AIを用いた予測技術が実用化され、サービス展開が行われている。コーティング技術については、主に海外のスタートアップで研究が進められており、スーパーマーケットでの実証～実用化段階にある。他にも、食品廃棄物を建材や染料として活用する技術も研究されている。

将来の見通し

2030年	・2000年度比でフードロス量を約半減（489万トン）に削減
2050年	・食料のムダを無くし、健康・環境に配慮した合理的な食料消費を促す解決法を開発



フードロス量の推移と2030年度における削減目標



出典：農林水産省

想定されるコース

府域	・大阪府食品ロス削減推進計画において、2000年度比で2030年度にフードロス半減を目標に掲げており、達成に向けた取組が推進される。
海外	・SDGsのターゲットにも、フードロスの削減は目標設定があり、様々な技術の活用が想定される。

トピックス

- ・米国のスタートアップ企業であるApeel Sciences社は、出荷前に農産物にスプレーすることで保存可能期間が長くなるコーティング技術を開発。何も塗っていない状態と比較すると、約2～3倍長く鮮度を保つことが可能となる。米国内では既に実用化されスプレーされた製品が販売されており、欧州でも技術の使用が許され、英国のスーパーマーケットでの実証を行っている。
- ・東京大学生産技術研究所では、フードロスとなった野菜や果物などを乾燥後に粉碎し、適量の水を加えて熱圧縮成形することで、建設材料としても十分な強度を有する素材製造の技術を開発した。

廃棄物の利活用

廃棄物の分別・回収（収集運搬）

NTT西日本(株)、日立造船(株)、
大栄環境(株) 等

廃棄物の収集ルートにAIを用いることでの最適化や センサー・画像認識技術により、分別・選別の高度化を実施

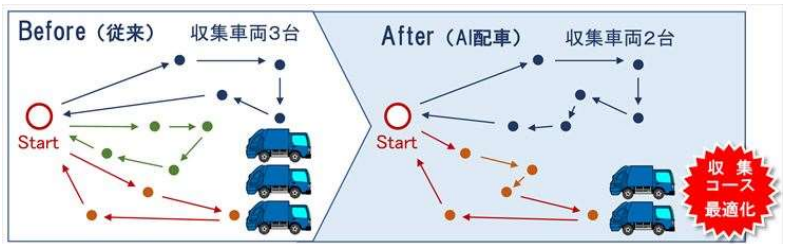
- ▶ AIやIoT技術を活用し、廃棄物の収集ルートに最適化・高度化する取組が企業によって研究されており、既に実証段階の技術も多数存在
- ▶ 分別・選別についてもカメラやレーザーなどによる画像認識技術を活用し、主に人の手で行っていた作業を機械化する技術を開発

技術概要

収集運搬に関しては、人の手によって経験則に基づきルート作成を行うことが一般的である。しかし人の手によって作られるため、最適なルートにはならない課題があった。そこで、AIを活用し、ルート・配車計画を最適化する技術の実証が進められている。

廃棄物の機械選別には、磁力選別、ふるい選別、比重選別、光学選別等が存在するがAIや画像認識、ロボットを組み合わせた廃棄物の自動選別機の導入が既に始まっている。

AI配車シミュレーションのイメージ



AI選別ロボット



出典：環境省

研究開発・実用化動向

収集運搬の最適化に関しては、一般的な物流業においても同様の配車計画をAIで策定するものは実用化されている。廃棄物の収集運搬に関しては、独特の条件がいくつか存在し、特化したサービスが実用化に向けて研究されているが、実証レベルにとどまっているが、複数の企業で今後、計算のための諸条件を効率よくデータ化する技術の開発等が求められる。

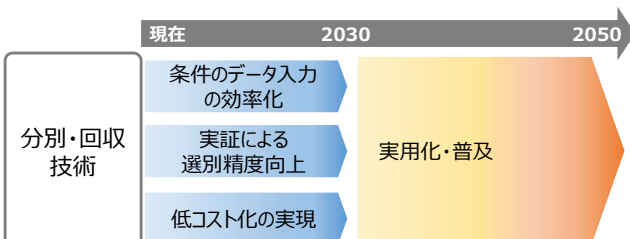
自動選別に関しては、容器包装、金属スクラップや建設廃棄物を対象に、カメラやレーザーなどで識別を行う技術等が存在。ここ数年で国内メーカーでの開発が活発化しており、実証・製品化段階にある。

想定されるニーズ

府域	・ 収集運搬ルートの構築、選別作業共に労務負担が大きい作業であり、今後導入が見込まれる。
海外	・ 海外においても収集運搬ルートの最適化や機械選別の自動化に向けた開発は進む。

将来の見通し

2030年	・ 収集運搬ルート検討における条件のデータ入力効率化 ・ 実証による選別精度向上 ・ 低コスト化の実現
2050年	・ 実用化及び普及



トピックス

- ・ 大阪市では、ごみ収集車両にGPS車載器を借入れ、それぞれの車両に搭載し、日々の走行の軌跡や運転状況等をシステムで集約し、車両ごとの管理を行っている。
- ・ アメリカのニューメキシコ州の州都であるサンタフェ市では、ルビコン社がAmazon Web Serviceなどを利用したクラウド・アプリケーションを開発。最適な収集ルートの提供や燃料消費、車両の消耗、不必要な残業の減少を実現。

廃棄物の利活用

廃棄物のエネルギー利用

大阪ガス(株)、エア・ウォーター(株)、
ダイハツ工業(株)、日立造船(株) 等

廃棄物から効率よくエネルギーを回収し、可能な限り有効活用を図る 焼却処理やバイオガス化等の既存の手法以外にも、様々な方法を模索

- 既に廃棄物の焼却処理やバイオマスへのガス化等によりエネルギー利用は実用化されている。特に焼却処理は早くから廃棄物発電が取り入れられ、エネルギー利用は高い状況にある
- 今後も利用促進が見込まれるバイオマスの例としては下水汚泥があり、効率的なエネルギー回収の手法が研究・実証されている

技術概要

廃棄物のエネルギー利用としては、主に発電と燃料化の方法がある。発電に関しては、焼却時の熱を活用するほかにも、可燃性ガスやエタノール等のバイオ燃料を製造・生成し、燃焼することで発電する方法が存在している。

燃料化に関しては、一般廃棄物を固形化したRDFや廃プラスチック類を固形化したRPFが有名である。

研究開発・実用化動向

現状2050年においても一般廃棄物は焼却処理を継続するシナリオが一般的であるが、バイオマスに関してはメタン発酵によるガス化や熱分解によるガス化を行うことが想定されている。これにより、他の未利用バイオマスを含めガス化技術の開発が期待される。

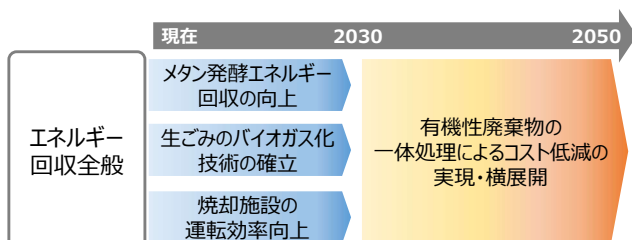
ガス化技術の中では、メタン発酵技術が主流である。既に実用化されており、食品廃棄物や家畜排せつ物等を対象としたプラントが数多く稼働している。ただし、コスト低減や稼働率の向上、消化液（バイオ液肥）利用の向上等の課題が存在している。

バイオマス種別に見ると、下水汚泥や食品廃棄物の利用率が低い状況にあり、これらを対象とした高効率化の技術開発が進むことが考えられる。

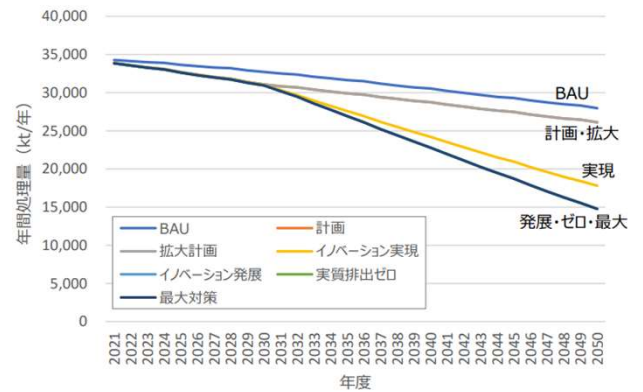
また、メタン以外にも、水素やアンモニア等を生成し回収する技術開発も行われている

将来の見通し

2030年	・メタン発酵エネルギー回収の向上
2050年	・食品廃棄物などから水素発酵による水素回収 ・有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減の実現



シナリオ別の年間焼却処理量の予測



出典：環境省

想定されるニーズ

府域	・ 2030年のめざすべき姿としてほぼ全量の廃棄物を再生素材やエネルギーとして使用することを掲げており、特に食品廃棄物のエネルギーが期待される。
海外	・ 日本の焼却処理技術や下水処理技術は東南アジアに向けて輸出を行っており、一定の市場が見込まれる。

トピックス

- ・ NEDOの「2021年度新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術開発事業（事業化実証研究開発）」に、ダイハツ工業とエア・ウォーターが共同で応募した「竜王町地域循環共生型の肉牛糞乾式メタン発酵システムの開発」が採択。
- ・ 大阪ガスの100%子会社のDaigasエナジーは、食品廃棄物を処理してバイオガスを製造するオンサイト型バイオガス化システム「D-Bioメタン」を開発し、サービスの申込受付を開始。1日あたり1～2トンの食品廃棄物が発生する大型商業施設や食品工場などを対象施設として想定。

廃棄物の再資源化

農林水産・食品産業の廃棄物の堆肥化・飼肥料化・土壌化

山田肥料商事(株)、SEE(株)、小島サステナブルフィッシャリーズ(株) 等

農林水産・食品産業における廃棄物の環境負荷を軽減する重要技術 産業資源としての還元のほか、バイオガス化による燃料還元技術も進歩

- 農林水産・食品産業において生じる様々な廃棄物を状態に応じて再資源化
- 農業における堆肥や畜産業における飼肥料化を通して同一産業における資源の循環を推進
- 有機廃棄物を「バイオマス」として捉え、メタン化による燃料化技術や、民間企業・自治体による取組が進展

技術概要

農林水産や食品産業からの廃棄物の再資源化には様々な手法が適用される。どのようなものに再資源化できるかは、資源の回収段階での対象物、その後の「分離・分解・選別」の処理方法で異なるが、主な手法として、微生物の発酵プロセスを活用した「肥料化」、家畜の餌としての再利用を図る「飼料化」、廃棄物をバイオマスとして捉え、燃料に転換する「バイオガス（メタン）化」などが挙げられ、廃棄物の状態に応じて様々な再利用手法が適用される。

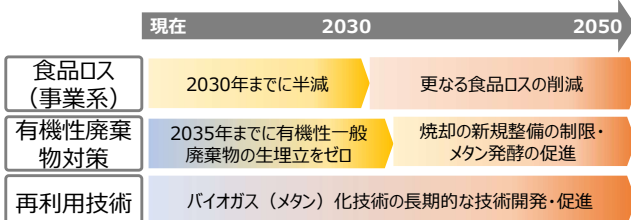
研究開発・実用化動向

農林水産省食料産業局では、農林水産や食品産業から生じる廃棄物の再資源化（とくにバイオガス化）に先進的な企業を支援している。霧島酒造では、芋くずのメタン発酵によるバイオガス生成、レストランチェーン「びっくりドンキー」の運営会社であるアレフは、食糧廃棄物をメタン化してバイオガス化し、発電された電力を自社利用するなど、企業の取組による実用化が進んでいる。

また富山県富山市では、市内のごみ処理会社と協働し、生ごみの分別回収・メタンガス化による熱資源としての再利用を推進しており、地域全体での面的な廃棄物の再資源化に向けた取組も進んでいる。

将来の見通し

2030年	・事業系食品ロスを2000年度比で半減させる目標にあわせ、食品産業の再生利用量（実施率）を2024年度までに75%に向上。
2050年	・有機性廃棄物の焼却場整備を100t/日以上に集約化させ、それ未済の場合はメタン発酵の導入を促進。



農林水産・食品産業の再資源化の例 （環境に配慮した食品産業廃棄物の飼肥料化）



出典：農林水産省畜産局飼料課

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・事業系食品ロス等から排出される温室効果ガス削減やSDGsの観点から、事業者による主体的な再資源化の取組を支援する枠組へのニーズが高まる。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・アメリカ合衆国環境保護庁（EPA）では、国内の事業者が食品産業廃棄物の再資源化に着手するための優先順位を定めたFood Recovery Hierarchyを示し、食品産業廃棄物の再資源化を促している。

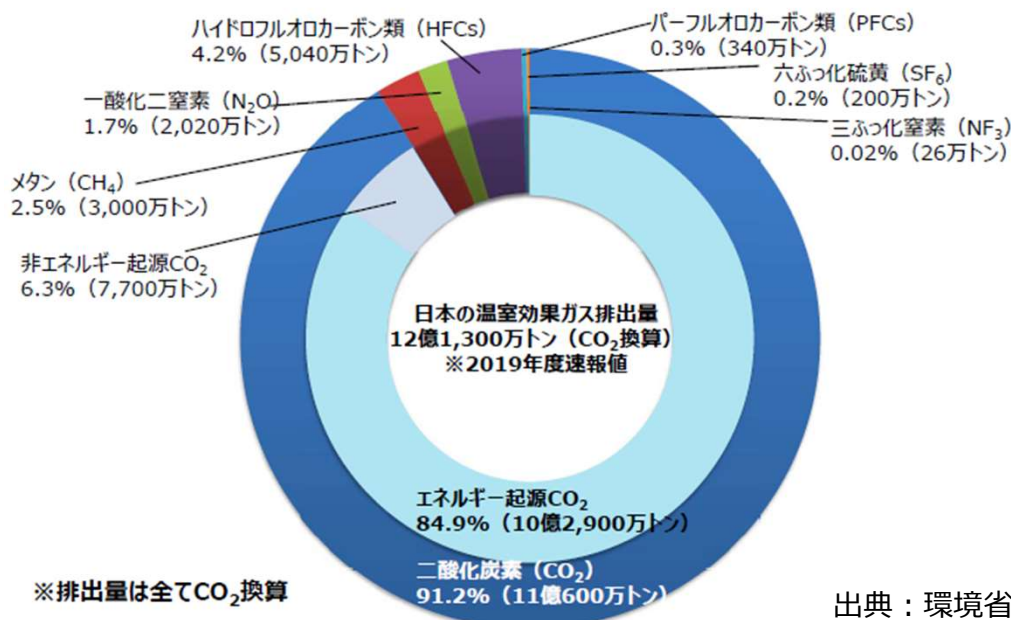
トピックス

- ・大阪府では食品産業廃棄物の削減に向けた取組として、SDGs推進と連携した事業者向けセミナーを展開している。
- ・また、魚腸骨（魚あら）のリサイクルによる養殖業や畜産業への飼料化を推進する「大阪府魚腸骨処理対策協議会」を立ち上げ、リサイクル事業を継続する。

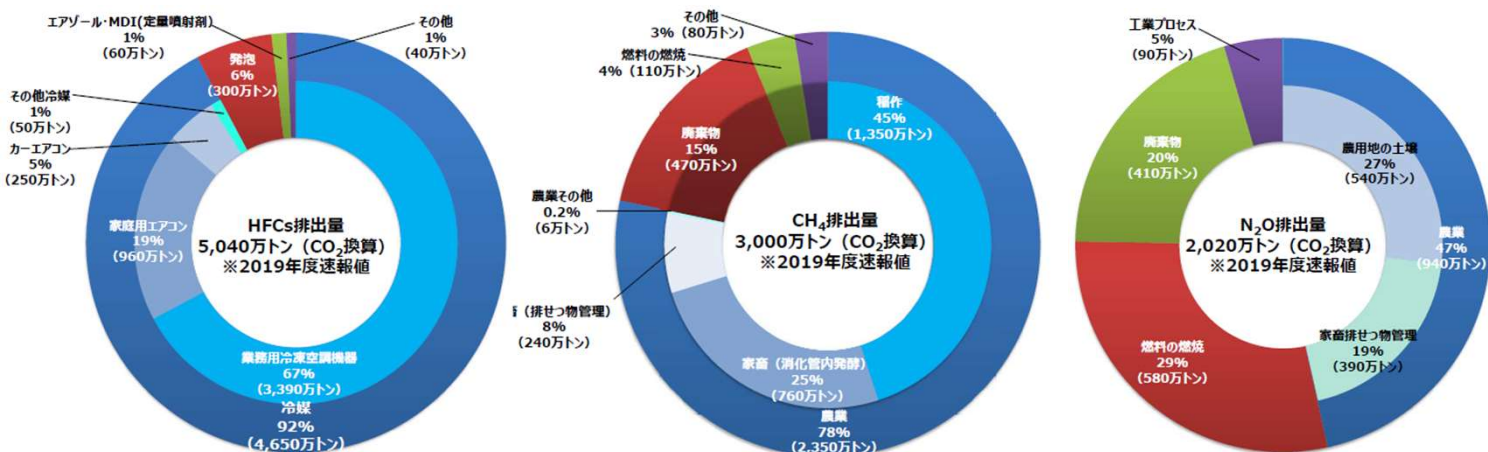
1.3. CO₂以外のGHG

CO₂以外の温室効果ガス排出量の現状

日本のGHG排出量は、温室効果ガス別にみるとCO₂排出量が約9割を占めるが、CO₂以外にも6種のガスが温室効果ガスとして排出量として算定され、削減対策が進められている。それら6種のガスの中でもハイドロフルオロカーボン類（HFCs）とメタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）が、それぞれ排出量全体の4.2%、2.5%、1.7を占めており、他ガスに比べて高い傾向にある。



ガス種別の内訳は以下の通りで、HFCsでは業務用冷凍・空調機器や家庭用エアコンが、CH₄では、稲作や家畜、家畜排せつ物管理場などの農業分野が、N₂Oでは農用地の土壌や家畜排せつ物管理場など農業分野が主な排出源となっている。



出典：環境省

削減目標達成に向けて求められる今後の取組

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030年度の温室効果ガス46%削減（2013年度比）をめざし、HFCsでは55%、CH₄では11%、N₂Oでは、17%の削減が求められている。この目標を達成するためには、ノンフロンや低GWP（温室効果値）などのHFCs代替ガスの開発および普及や、水田や農林畜産業におけるメタンおよびN₂Oの排出削減が必要とされている。

メタン・N₂O排出源対策

農畜産業におけるメタン・N₂O排出源対策

(地独)大阪府立環境農林水産総合
研究所、(国研)農研機構 等

農地・畜産に由来するメタン・N₂Oの排出を削減する資材や管理技術の開発 排出削減の可視化に向けた技術へも注目

- メタンの発生が少ないイネ品種、家畜系統の育種、農地土壌や家畜排せつ物からのN₂Oの発生を削減する資材の開発
- 海外への技術輸出による国際貢献・ビジネス展開を視野に入れた、国内体制の構築が求められる

技術概要

農業分野においては、ゲノム編集等による低メタンイネ品種開発、畑地からのN₂O排出を抑制する根粒菌を用いた微生物資材開発、水田の水管理や施肥量の適正化等によるN₂Oやメタン排出削減の取組などが進められている。

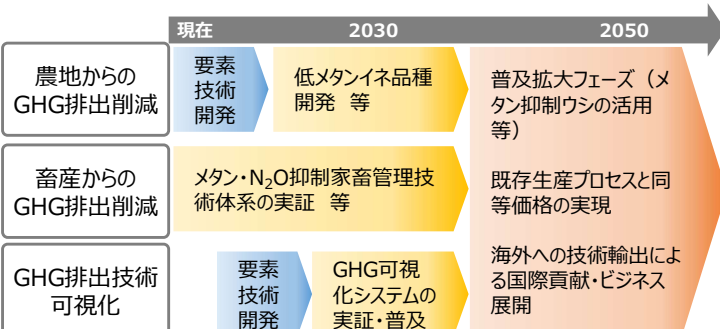
畜産においても、牛げっぷ由来メタンの低減に向けて、低メタン産生牛の探索、遺伝的要因の解明、育種方策の検討が進められている。また、メタン・N₂O排出抑制に資する次世代飼料や飼養管理技術も検討が進む。

研究開発・実用化動向

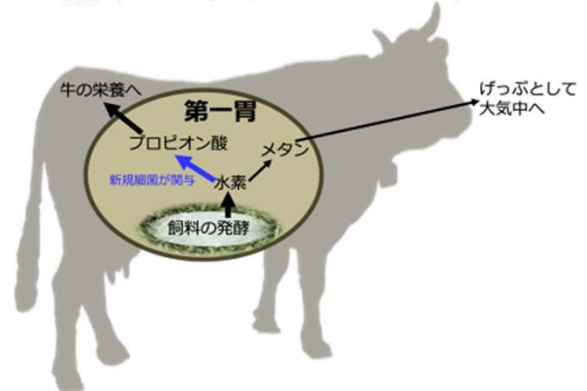
ムーンショット型研究開発プロジェクトにおいて、①農地由来のGHGの排出削減、②牛のマイクロバイーム制御によるメタン削減に向けた研究が進行。①では、高N₂O還元活性の根粒菌や、イネ根圏からのメタン酸化菌などを活用することで、ほ場レベルでのGHG排出削減に向けた取組が行われている。また、②では、牛のルーメン（第一胃）に共生する微生物群（マイクロバイーム）機能の最適化・完全制御をはかり、微生物発酵で生じるメタンの削減と、飼料エネルギー損失回避による生産性向上に向けた研究開発が行われている。マイクロバイームを制御する資材とともに、ルーメン内の環境を常時モニタリング可能な測定装置（ルーメンスマートピル）の開発も行われており、ピルデータをもとに個体別の管理を行うことが検討されている。

将来の見通し

2030年	・農畜産からのGHG排出削減技術やGHG可視化技術の実用化・実証開発
2050年	・農地・畜産に由来するメタン・N ₂ O排出を削減する資材や管理技術コストの低減



細菌による牛メタン発生抑制のイメージ



出典：農研機構

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 大阪府の農地の多くを水稲作が占めており、施肥やほ場管理の工夫などによる水田からのGHG削減に対するニーズが期待される。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 東アジアや東南アジア等を含めた、GHG排出の可視化によるGHG排出削減技術の展開。 畜産が盛んな地域における牛メタン等の対策技術が進展している。

トピックス

- ・ 2021年10月～11月に開催され第26回国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP26）において、メタン排出量に向けたイニシアチブである「グローバル・メタン・プレッジ」が発足し、畜産における影響も想定される。
- ・ 米国、オーストラリア、アイルランド等では、カギケリ等の海藻を活用したエサを牛に与え、メタンを吐き出す量を抑制する研究を進めている。

フロン排出源対策

グリーン冷媒・ノンフロン・低GWP製品

ダイキン工業(株)、パナソニック(株)、
(株)神戸製鋼所、フクシマガリレイ(株) 等

オゾン層を破壊せず温室効果も低い冷媒であるHFCが普及段階 更に低温室効果（低GWP値）の次世代冷媒の開発が進められている

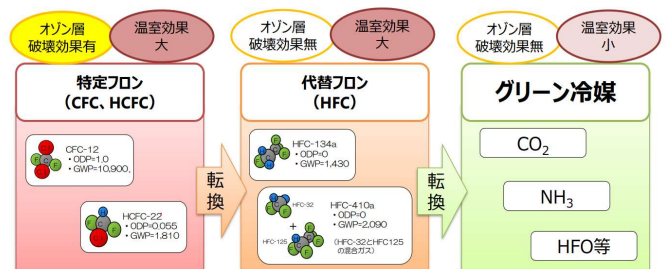
- GHG の一つであるフロン類の削減に向けて、モントリオール議定書キガリ改正の規制対象物質である代替フロン冷媒（HFC）が開発され普及段階にある。ただし、燃焼性等の課題から現在対象製品の拡大と普及が順次進んでいる状況。また、途上国では、今後HFCの導入が拡大する見込み
- 現在は、更に温室効果の低い冷媒の開発と評価、製品化に向けた取組が進められている

技術概要

冷凍空調機器で使用される冷媒では、オゾン層を破壊する特定フロンから代替フロンであるハイドロフルオロカーボン（HFC）への転換が進んでいる。

今後、同冷媒の利用は世界各国で継続し、また、途上国を中心に増加の見通しである。一方、冷媒の利用においては、高い温室効果を有するという問題があり地球温暖化防止との両立が重要な前提条件であることから、更なる低GWP冷媒の開発と利用を促進することが望まれている。

代替冷媒の開発の歴史



出典：環境省

研究開発・実用化動向

近年、冷媒としての性能がよく、GWPが低いHFC-R32が注目されている。R32は安全性等に優れていることから、ルームエアコンに使用されており、また開発主体のダイキンがR32を用いた空調機の特許権不行使を宣言したことにより、更なる利用拡大が見込まれる。ただし、R32には、わずかな燃焼性を有することなどから安全性を確保したうえでの製品開発の必要性は残っている。

直近では、更にGWP値の低いHFO系統の冷媒の開発や燃焼性の評価が進められており、代替フロン同様、社会実装に向けて安全性等を確保したうえでの製品開発等が進められる見込みである。また、自然冷媒についても注目されている。

将来の見通し

2030年	HFCの削減により、世界で約5,000万トンCO ₂ 削減（基準値比70%削減）に貢献。日本では、世界に先駆けてグリーン冷媒市場を創出。
2050年	HFCの削減により、世界で約6,000万トンCO ₂ 削減（基準値比80%削減）に貢献。我が国の優れた冷凍空調技術の国際展開を推進。



想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 府・市町村・関係業界団体・消費者団体等で構成する「大阪府フロン対策協議会」を設置し、フロン削減に取り組んでいる。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 欧米では2030年までにF-gas（HFC等）の漏えいを現状の2/3のレベルにまで減らすことが義務付けられている。 モントリオール議定書キガリ改正では、途上国も2020年より順次HFCの生産及び消費の削減が求められる。

トピックス

- ダイキン工業は、業界で初めて低温暖化冷媒R32を採用し、家庭用エアコンから業務用エアコン、その他空調・冷凍機器への活用を進めている。また、空調機の特許権不行使を宣言することにより、R32の利用拡大に努めている。
- NEDOは現在、三菱電機、東芝キヤリア、パナソニック、ダイキン工業への助成を通じて「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発」に取り組んでいる。

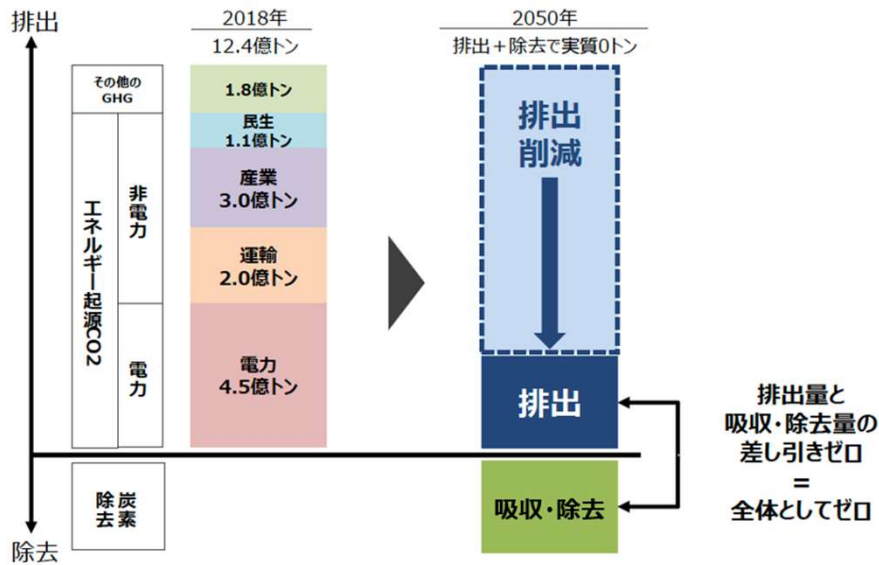
1.4. 吸収源対策

吸収源対策とは

2050年カーボンニュートラルの実現に向けては、温室効果ガスの排出を大幅に削減することが前提となる一方で、排出量を完全にゼロにすることが難しい分野も多く存在している。そのため、他の場所で温室効果ガスを吸収・除去することで、どうしても削減することができない排出分を埋め合わせ、排出を「全体としてゼロ」にするカーボン・オフセットの取組が必要となる。そこで、森林などの温室効果ガスを吸収し、比較的長期間固定する働きを持つ「吸収源」による対策（吸収源対策）の促進が図られている。

なお、他の場所での活動により吸収・除去された温室効果ガスは、一定のルールに基づいて定量化し、「クレジット」に変えることで、市場における取引が可能となる。

GHG排出量吸収・除去によるカーボンニュートラル

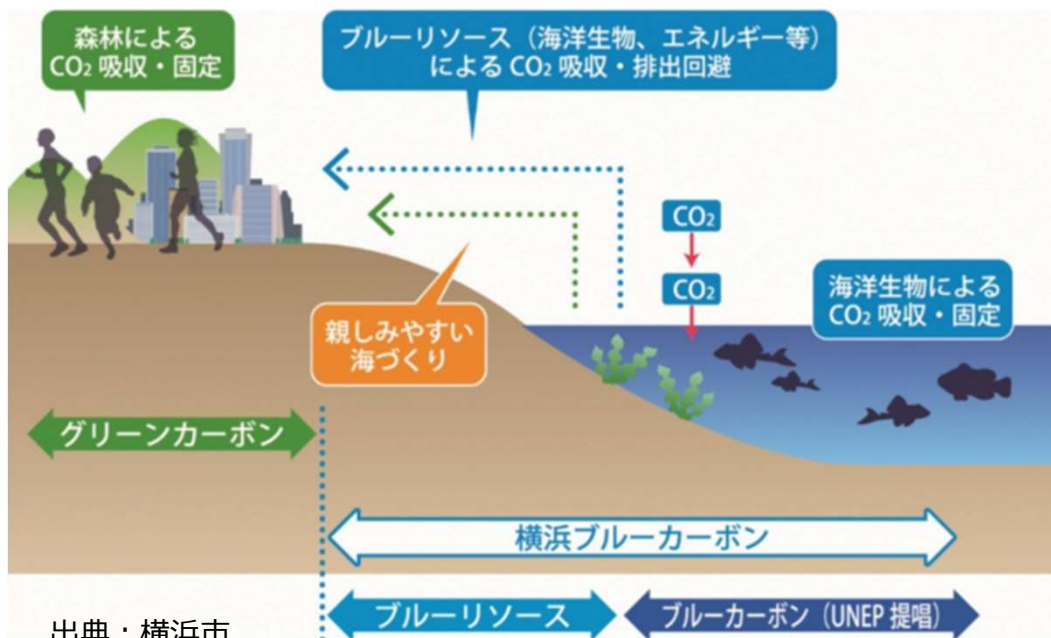


出典：資源エネルギー庁

温室効果ガスの更なる吸収に向けて求められる今後の取組

我が国の吸収源対策としては、森林・木材の整備・活用をはじめ、都市緑化の推進や農地土壌における炭素貯留など様々な取組が行われている。また、近年では藻場・浅場等の海洋生態系を活用したブルーカーボンへの注目も高まっており、これらの取組を効果的に進めることが求められる。

吸収源のイメージ



出典：横浜市

森林の吸収能力向上

林業高効率化

(国研)森林整備・研究機構、
住友林業(株) 等

CO₂の吸収源として期待される森林の整備等の高効率化 ICT技術も活用し森林施業の生産性を向上

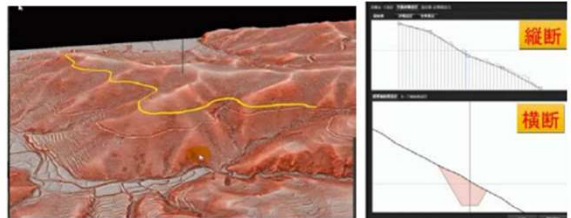
- ▶ 森林は二酸化炭素の有力な吸収源として期待されるが、十分に森林整備が進んでいない現状もあり、林業における省力化・軽労化といった取組も求められる
- ▶ ICT等を活用し資源管理や生産管理を行うスマート林業や、自動化機械の開発など、林業の生産性を向上させるためのイノベーションが進んでいる

技術概要

森林の「資源段階」においては、森林情報の高度化・共有化のため、森林クラウドによる森林情報の共有化や森林GISによる一元的な管理などが進められている。「生産段階」においては、高性能林業機械の活用が図られており、ICT等の先端技術を活用した機械や路網整備、現場の生産情報を効率的に共有する仕組みの構築が行われている。

ICTを活用した路網整備

航空レーザ測量により地形をデジタル表現化し、その情報を用いた林業専用道等の自動設計機能を開発



出典：林野庁

研究開発・実用化動向

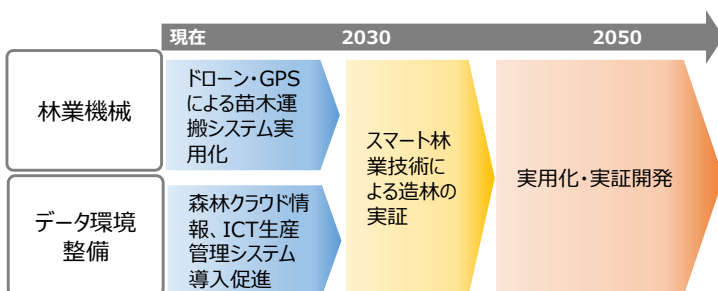
林業機械についてもさまざまな技術開発が進んでいる。下草刈りを支援する乗用型造林作業機では、人力による作業に比べて3倍の効率が見られる。また、造林作業機の遠隔操作化も図られており、苗木運搬にドローンが導入されるケースもある。架線集材の自動化に向けても遠隔操作が可能な危機や、AIの画像解析技術による伐倒木の認識・集材機の制御といった開発も進められている。携帯電話の通じないことが多い森林においては、無線通信技術を活用した通信網整備なども並行して行われている。(令和2年度 森林・林業白書)

想定されるニーズ

府域	・ 府域での林業におけるICT技術活用、自動化機械の導入による効率化・省力化が期待される。
海外	・ スウェーデンやフィンランド等の北欧的林業先進国ではスマート林業も盛んに研究開発が進められている。 ・ スマート林業に資する機器のアジア展開や効率的に生産された目次あの輸出が想定される。

将来の見通し

2030年	・ 自動化機械やクラウドと統合したICT生産管理システム等の開発、センシング技術を活用した造林作業の省力化
2050年	・ 総合的なスマート林業技術の実証・普及 ・ 電化システム等の普及・拡大



トピックス

- ・ 岐阜県では、高所無人掘削機等やリモコン草刈機、下刈アタッチメントといった、林業用無人化機械の開発及び実証試験を進めている。
- ・ 岡山県真庭市では、地番現況図を共通IDとした森林クラウドを導入し、行政機関と生産事業者との情報共有を促進している。
- ・ マブリー(兵庫県丹波市)は、森林管理及び測量領域のDX化を進めるサービス提供を進めている。

森林の吸収能力向上

バイオテクノロジー (ゲノム編集、エリートツリー)

大阪大学、(国研)農研機構、
(国研)森林研究・整備機構 等

最先端のゲノム編集技術を活用しCO₂吸収力を高めた植物等を開発 成長性に優れた新世代エリートツリーの開発・普及

- ▶ ゲノム編集技術により、高いCO₂吸収・固定能力を有し、環境適応性にも優れた植物・藻類などの研究・開発が進められている
- ▶ 早生樹やエリートツリーは在来品種よりも早く育つため、林分あたりのCO₂吸収量が大幅に増加することが期待される

技術概要

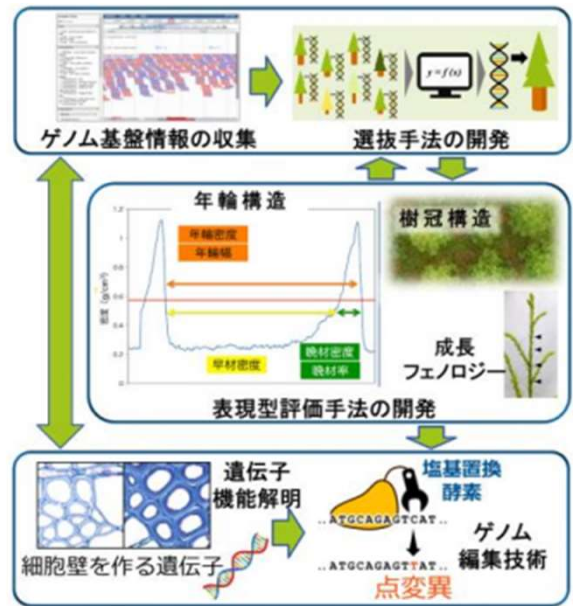
生物が持つゲノム中の特定の塩基配列を変化させる「ゲノム編集」により、CO₂吸収・固定能力を高めた農林水産物等の創出や安定生産に向けた研究開発が進められている。また、成長が優れている精英樹から優良なものを選抜し、人工交配により掛け合わせて作られる「エリートツリー」は、木材の生産性を高めることに加え、森林の二酸化炭素吸収固定能力を向上させる面でも注目が高まっている。

研究開発・実用化動向

森林研究・整備機構等を中心に、森林における炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的な育種プロジェクトなどが進められている。ゲノム編集技術を活用し、材木の育種期間を大幅に短縮することで、高齢級化した人工林の更新を進め、CO₂の吸収と貯留の促進が図られている。

また、農林水産省「みどりの食料システム戦略」（2021年5月）では、エリートツリー等の成長に優れた苗木の活用について、2030年までに林業用苗木の3割、2050年までに9割以上という目標が掲げられるなど、社会実装に向けた動きが進められている。

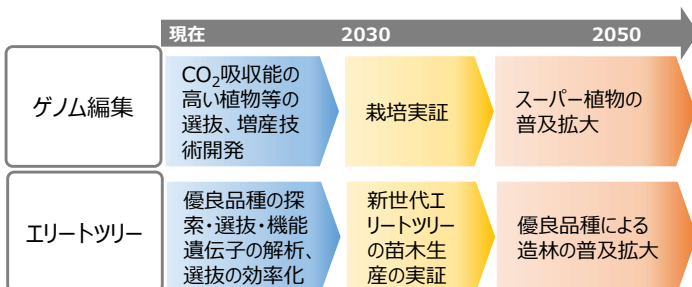
炭素貯留能力に優れた造林樹種の育種



出典：農林水産省

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> CO₂吸収能の高い植物の選抜、栽培・増産技術の確立 ゲノム育種での品種開発（エリートツリー）
2050年	<ul style="list-style-type: none"> CO₂吸収力の高いスーパー植物の普及 エリートツリー、早生樹の造林による吸収源の拡大



想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 府域での農・林業におけるゲノム編集技術やエリートツリーの活用が期待される。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ゲノム編集等バイオテクノロジーにより、乾燥地における土地劣化地域などでの耕作可能性向上が期待される。

トピックス

- 日本製紙は、エリートツリー等の苗生産事業を全国に拡大することとしており、静岡、鳥取、広島、置いたの4県で「特定増殖事業者」の認定を取得している。
- NTTとリージョナルフィッシュは、ゲノム編集技術を藻類と魚介類の炭素循環に応用することで、海洋の二酸化炭素を減少させるための実証実験を行っている。

森林の吸収能力向上

バイオ炭

(国研)農研機構、立命館大学、ヤンマー(株) 等

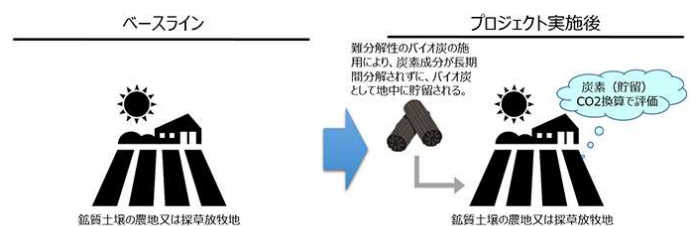
バイオマスの炭化により大気中のCO₂を固定 バイオ炭の農地施用による炭素の土壌への貯留がJ-クレジットとして認証

- ▶ 大気中のCO₂を蓄えたバイオマスを炭化することで、化学的に安定的な炭素に変換し、土壌などに貯蔵・固定化する
- ▶ 2020年9月には、難分解性であるバイオ炭の農地施用により炭素を土壌に貯留する活動がJ-クレジット制度の対象として認められ、注目が高まっている

技術概要

バイオ炭とは、燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物である（2019年改良IPCCガイドライン）。なお、バイオ炭の原料になるバイオマスには、農業残さ（わら、もみ殻など）、木質、家畜排せつ物など様々な種類がある。バイオ炭は、日本では古来より土壌改良剤として用いられており、バイオ炭を農地土壌に投入することで、農地炭素貯留の効果を高めるとともに、農業生産性の向上が期待される。

バイオ炭の農地施用によるGHG排出削減量のクレジット化



出典：経済産業省 J-クレジット制度HP

研究開発・実用化動向

福井県や農研機構等を中心に、効率的な炭づくりに向けた実証試験や各種バイオ炭の規格策定が進められてきている。また、N₂O低排出型やバイオ炭混合の堆肥ペレットなどのバイオ炭資材づくりの他、各バイオ炭施用時の農作物への効果、影響等の評価手法についても検討されている。さらに、施肥効果やN₂O排出に与える影響など、バイオ炭の施用による影響を網羅的に把握することや、農地以外へのバイオ炭の施用の可能性検討も求められている。更なる普及に向けては、バイオ炭の製造プロセス全体において、コスト低減も必要とされる。

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> 府域での農業生産においても、農地へのバイオ炭資材の導入によるCO₂削減が想定される。
海外	<ul style="list-style-type: none"> 人口に比して比較的狭い土地で農業を行うアジア諸国においても、高いニーズが想定される。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> 農業生産、GHG収支への影響把握 バイオ炭資材、供給技術の開発・実証
2050年	<ul style="list-style-type: none"> 国内外の農地炭素貯留の拡大 持続可能なコストの実現、社会実装



トピックス

- 農地へのバイオ炭の施用は、2019年度より国際的な排出・吸収量報告における温室効果ガスを吸収する取組の1項目として認められた。また、2020年9月30日に、バイオ炭が炭素貯留の有効な方法として、日本政府のJ-クレジット制度に認められた。農水省は、「みどりの食料システム戦略」でバイオ炭の農地施用の促進を明記するなど、農業分野における有力なGHG削減手法として、バイオ炭への関心が高まっている。
- 米国はバイオ炭の研究開発、実用化に向けた取組が進んでいる。農畜産業が盛んなオーストラリアやニュージーランドでも関心が高まっている。

海洋の吸収能力向上

ブルーカーボン

大阪府立大学、タケブチ燃糸(株)、(株)シャトー海洋調査 等

日本の海岸線の長さが活かせる吸収源対策の新しい選択肢 温暖化対策と産業育成両面の有望分野として研究開発が進む

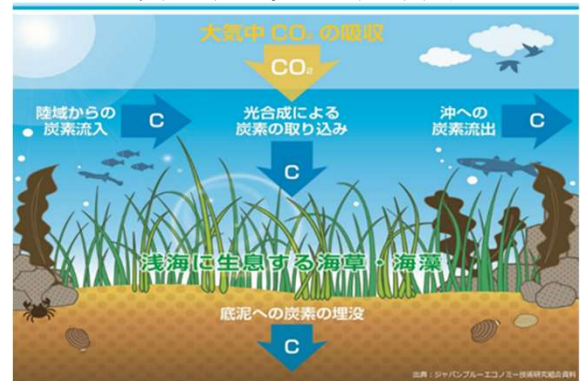
- ▶ 海洋は陸上よりも多くの大気中CO₂を吸収し、その40%を浅い沿岸域（海洋面積の0.8%）が吸収
- ▶ 食用以外の海藻の活用技術や有用成分、バイオマス利用等については、安定供給やコスト低減を課題とした開発の発展途上にある
- ▶ ブルーカーボンを対象としたカーボンオフセット制度の活用も広がっている

技術概要

「ブルーカーボン」とは海洋に生息する海藻などの生き物によって吸収・捕捉される炭素のこと。ブルーカーボンを隔離・貯留する海草藻場、海藻藻場、湿地・干潟、マングローブ林は「ブルーカーボン生態系」と呼ばれる。

メカニズムは、大気中のCO₂が光合成によって浅海域のブルーカーボン生態系に取り込まれ、CO₂を有機物として隔離・貯留。また、枯死したブルーカーボン生態系が海底に堆積、埋没することや、潮流によって外洋に流され、分解されながらも長期間、中深層などに留まることによっても隔離・貯留される。

ブルーカーボンのメカニズム



出典：国土交通省

研究開発・実用化動向

現在、農林水産省、NEDO、JST等が実施する技術開発の骨格は下記のとおり。

- ・ バイオ技術の活用等により、効率よく海中のCO₂を吸収する海藻類等の探索と高度な増養殖技術の開発
- ・ 海藻類等を新素材・資材として活用する技術の開発
- ・ 藻場・干潟等におけるCO₂吸収量推計手法の確立
- ・ 藻場・干潟造成・再生・保全技術の開発・実証

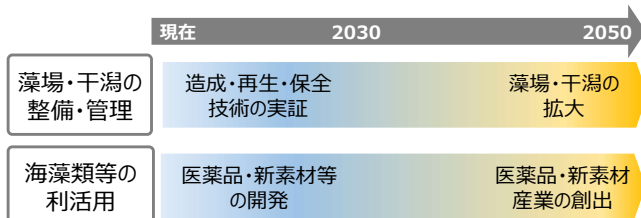
また、国土交通省を中心としたカーボンニュートラルポート（CNP）の形成や横浜市などで実施中のブルーカーボンオフセット制度の構築を進めている。

想定されるニーズ

府域	・ 「大阪広域ベイエリアまちづくりビジョン」に基づき、藻場・干潟の造成等を実施。
海外	・ 今後、NDCにおいて海洋の吸収源ポテンシャルの報告が義務付けられる可能性があることから、まずは「算定・評価」「モニタリング」技術のニーズが見込まれる。

将来の見通し

2030年	・藻場・干潟の造成・再生・保全技術の実証 ・海藻類等による医薬品・新素材等の試作
2050年	・藻場・干潟の拡大によるブルーカーボンの増大 ・医薬品・新素材産業の創造



トピックス

- ・ 阪南市が関西圏初「横浜ブルーカーボン・オフセット制度」の認証を取得。



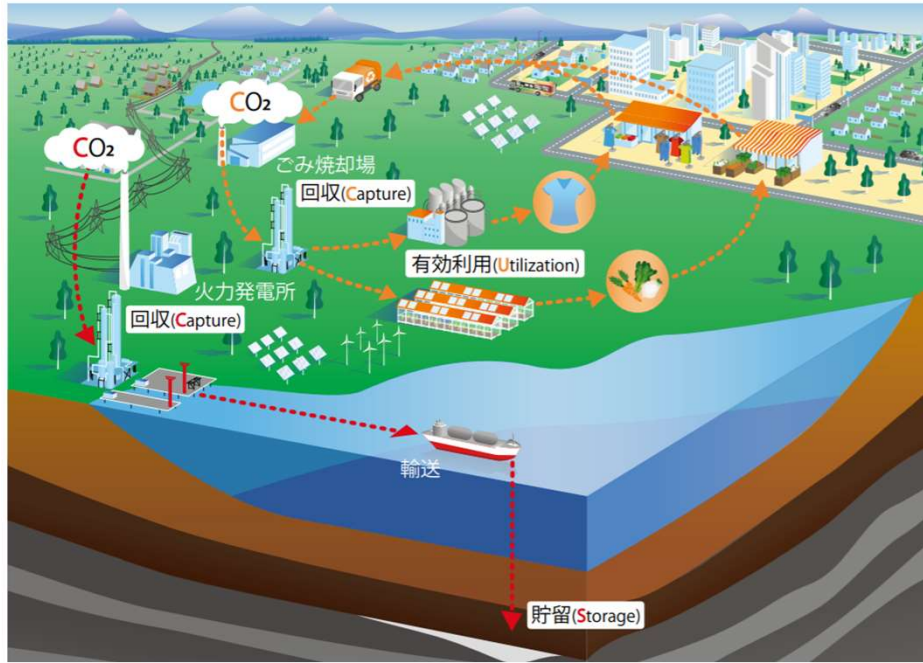
オフセット制度による好循環サイクル (出典：横浜市)

1.5. CO₂回収・貯留・利用

CO₂回収・貯留・利用の概要

大気中のCO₂を減らす上では、CO₂の排出量自体を削減することに加え、CO₂を分離・回収して地中等に貯留することも有効である。様々なCO₂排出源に対して最適な分離・回収技術の研究開発、及び実用化に向けたコスト削減が検討されている。また、分離・回収したCO₂を利活用しようとする研究も進んでいる。

CCUS※のイメージ

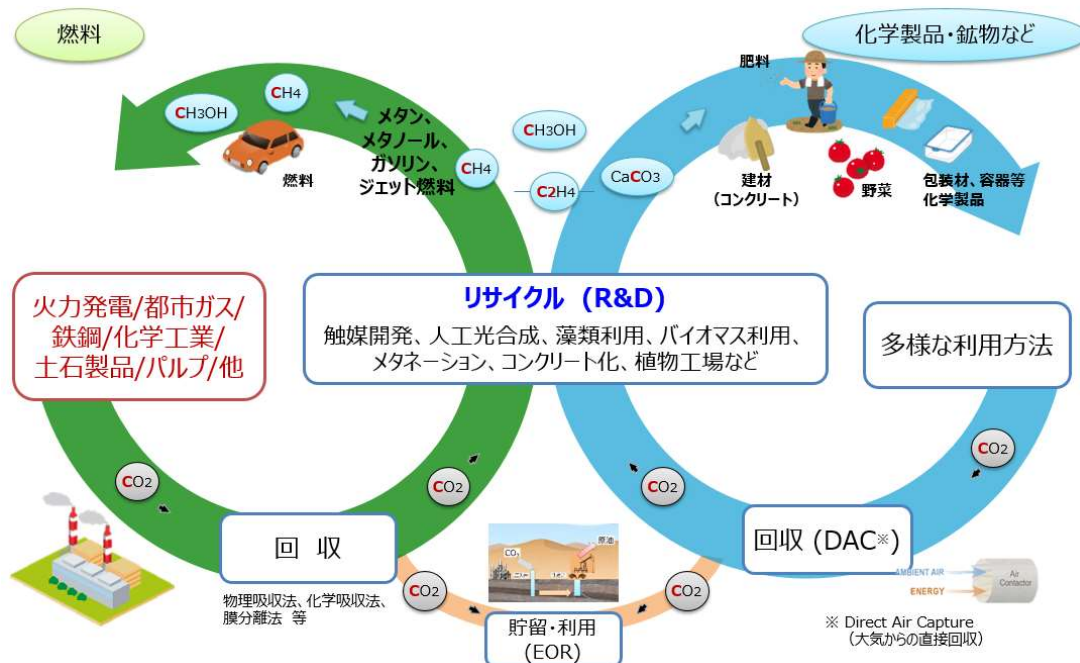


※CCUS :
二酸化炭素の回収・有効利用・貯留
(Carbon dioxide Capture, Utilization or Storage) の略

出典：環境省

カーボンリサイクル

これまで、回収されたCO₂はEOR（原油増進回収技術）において圧入するための炭酸ガスや、ドライアイスや溶接などに直接利用されるケースも多かった。現在、CO₂の利用をさらに促進するために、CO₂を資源として捉え、化学品や燃料、鉱物等として再利用しようとする「カーボンリサイクル」に向けた研究開発の動きも活発になってきている。CO₂利用の普及に向けては、効率的な分離・回収技術の確立など、低コスト化に向けた取組が進められている。



出典：資源エネルギー庁

CO₂回収

排ガスからのCO₂回収

大阪ガス(株)、関西電力(株)
川崎重工業(株) 等

発電所や工場等で発生するCO₂濃度の高い排ガスから、CO₂を分離・回収 再エネ等による化石燃料代替ができず、排出抑制が難しい領域においても貢献

- 排ガス中に含まれる高濃度CO₂の大気中への排出を抑制するとともに、カーボンリサイクルにもつなげる
- コスト面等から、化石燃料は今後も一定需要があると予測され、また、セメント、製鉄、化学等の産業部門においても原料由来のCO₂排出が避けられず、2050年ネットゼロ達成に向けても分離・回収の必要性は高い

技術概要

火力発電所、セメント工場、鉄鋼、石油精製・化学工業、天然ガス等から発生する高濃度CO₂を分離・回収する技術である。回収のタイミングにより、燃焼後排ガスからの回収のほか、燃焼前に炭素を分離する方法や、酸素燃焼によりCO₂濃度を高めて回収する方法などがある。分離についても、液体との化学反応を利用する化学反応法、CO₂を溶解させて分離・回収する物理吸収法、固体吸収剤を用いる固体吸収法、CO₂分離機能を持つ膜を利用する膜分離法、深冷分離法など、様々な手法が検討されている。

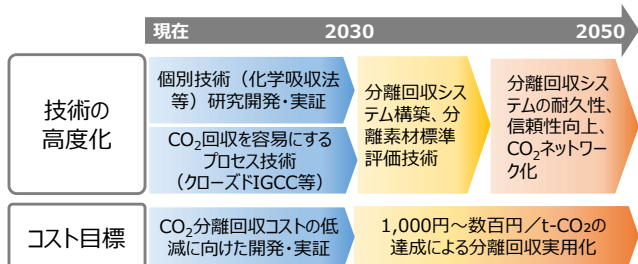
研究開発・実用化動向

NEDOでは、石炭火力発電所などの燃焼排ガスを対象としたパイロットスケール設備によるCO₂分離・回収試験、及び固体吸収剤の性能向上に向けた事業を進めている。また、グリーンイノベーション基金事業の一環としてもCO₂分離・回収等技術開発プロジェクトを実施する予定としており、長期に渡り研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する。膜分離システム構築に向けた研究開発なども想定されている。

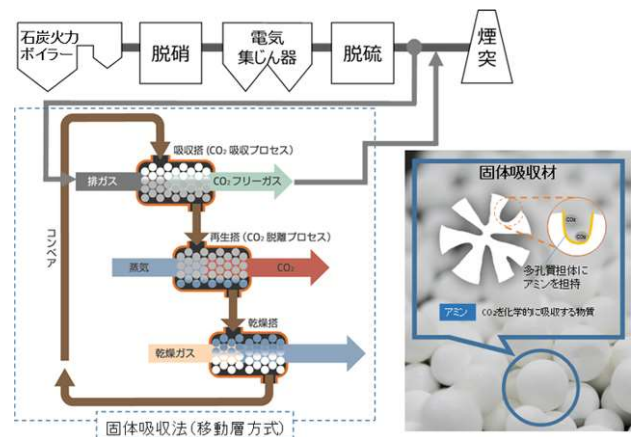
今後の本格普及に向けては、大規模実証とともに、プロセスにおける省エネルギー化、低コスト化に向けた取り組みも求められる。

将来の見通し

2030年	・2,000円台/t-CO ₂ 程度の回収コスト達成 ・所要エネルギー1.5GJ/t-CO ₂
2050年	・1,000円～数百円/t-CO ₂ の達成 ・低コスト化による導入拡大



石炭火力向け固体吸収法（移動層方式）のイメージ



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	・ 府域にも火力発電所やセメント工場などが複数あるため、CO ₂ 回収・分離技術の導入が期待される。
海外	・ CO ₂ 分離回収は欧米や中国の政策でも重視されている。 ・ 欧州ではCarbon8、CB8、SmartCO ₂ Transformation等のプロジェクトが組成されている。

トピックス

- ・ 川崎重工業、地球環境産業技術研究機構、関西電力は、省エネルギー型二酸化炭素分離・回収システムのパイロットスケール試験設備（40トン-CO₂/日規模）を関西電力の舞鶴発電所内に建設し、2022～2024年度に石炭火力発電所から排出される燃焼排ガス中のCO₂分離・回収試験を開始する予定としている。NEDO事業の採択を受けたもので、固体吸収法によるCO₂分離・回収を行う。

CO₂回収

Direct Air Capture

(株)ルネッサンス・エナジー・リサーチ
大阪大学、大阪市立大学 等

大気中に拡散したCO₂を人工的に直接回収することで排出量削減を補完 カーボンゼロに向けたネガティブエミッション技術として注目が集まる

- 大気中のCO₂を回収する技術であり、工場や火力発電所などから化石燃料を燃焼した際に排出されるCO₂を回収する場合に比べ、低濃度のCO₂を対象とする
- 大量のエネルギー投入の必要や高コストといった課題の解決に向けた研究開発が期待される

技術概要

Direct Air Capture (DAC) は大気中からCO₂を直接回収・固定する技術であり、ネガティブ排出を実現できるため、ネットゼロエミッション目標下において注目されている。

CO₂の分離回収技術としては、吸収剤・分離剤として液体を用いた化学吸収法や物理吸収法、固体を用いた固体吸収法や物理吸着法、分離機能を持つ薄膜を用いた膜分離法などの手法が検討されている。

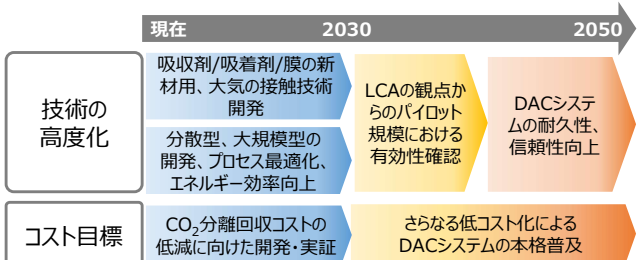
研究開発・実用化動向

「革新的イノベーション戦略」では、新たな分離膜、化学吸収剤等の開発や、CO₂回収手法の開発を行うこととしている。NEDOでは2020年より「ムーンショット型研究開発事業」で、複数のDAC関連プロジェクトを採択し、電気エネルギーや微生物、ポリアミン、コンクリート廃材、冷熱等を活用したCO₂回収技術の開発を進めている。併せて、回収したCO₂を有益な資源に転換する技術の開発を行っている。

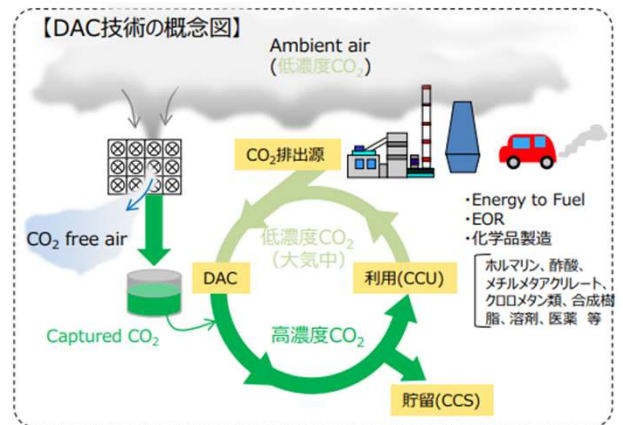
大気中のCO₂濃度は約0.04%と非常に薄く、現在のDAC技術では大量のエネルギー投入が必要となりCO₂削減効果が小さいことや、高コストといった課題があり、普及・実用化に向けた研究開発が求められる。

将来の見通し

2030年	・市場で競争力を有するCO ₂ 分離回収コストを達成（1万円/t-CO ₂ 程度）
2050年	・CO ₂ 分離回収コスト2,000円台/t-CO ₂ の達成 ・低コスト化、補助金等による本格普及



DACのイメージ



出典：資源エネルギー庁

想定されるニーズ

府域	・ 2025年大阪・関西万博の会場で、ネガティブエミッションにつながる革新的技術としてDACの実証を行うことも検討されている。
海外	・ IEAのシナリオでは、2050年のネットゼロを達成するために、DACで2030年までに85 Mt/年、2050年までに980 MtのCO ₂ を回収することが想定される。

トピックス

- ・ DAC技術を持つベンチャー企業Climeworks社（スイス）は、2021年9月より、アイスランドで世界最大級のDACプラント「Orca」の稼働を開始。回収したCO₂は濃縮して水とともに地下に圧入し、玄武岩と反応して固定化される仕組みで、年間4,000t-CO₂のCO₂分離・回収が見込まれている。
- ・ 川崎重工業は、2019年～2021年にかけて、大気中の低濃度CO₂を回収する事業を実証。回収したCO₂を植物工場、藻類培養などに活用するモデルについても検討している。

セメント・コンクリート製造へのCO₂利用

(株)サクラ、(株)竹中工務店 等

CO₂を資源として捉え、セメントやコンクリートCO₂を固定化し有効利用 CO₂排出量が多いセメント・コンクリート産業における排出削減対策として注目

- カーボンリサイクルによるCO₂の原燃料化を通じた産業分野の温室効果ガス排出削減として注目される
- 炭酸塩、コンクリートは、利用量が多いためCO₂利用技術による固定化ポテンシャルが高いうえ、固定化後の生成物が安定しており、カーボンリサイクルへの貢献に対する期待が高い

技術概要

セメントは中間製品であるクリンカを製造するプロセスで、原料の石灰石から化学反応により必然的にCO₂が発生するため、低炭素化技術が求められる。製造プロセスや工場の排ガス等から分離回収したCO₂を炭酸塩として再資源化し、石灰石の代替としてセメント原料に用いる技術が研究されている。

また、CO₂を原料として炭酸カルシウムを生成し、コンクリートに混ぜ込むことでCO₂を固定する技術も研究されている。コンクリートの材料として用いられるセメントを代替することで、セメント製造プロセスに伴い発生するCO₂を抑制する技術も研究が進む。

研究開発・実用化動向

NEDOでは2020～2021年度にかけて、セメント工場の排ガス中から分離・回収したCO₂を、廃コンクリートや生コンクリートスラッジを用いて炭酸塩として固定化し、セメント原料（石灰石代替）や道路舗装用の路盤材などの土木資材として再資源化する要素技術の開発を進めている。さらに、2020～2024年度にかけては、炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物へのCO₂利用技術開発事業を推進している。

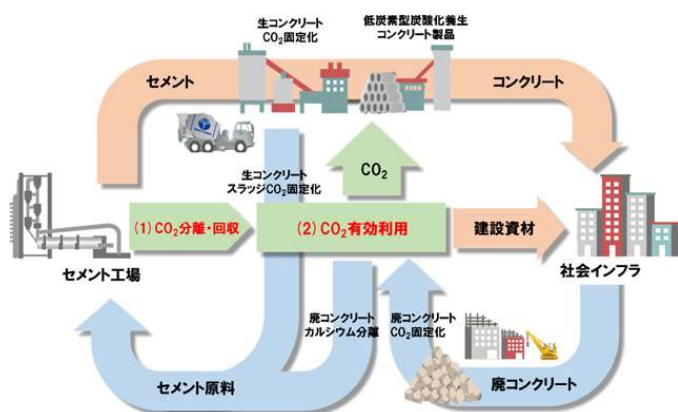
日米欧を中心に研究開発・実証が本格化し始めた段階にあり、コスト低減と用途拡大が課題。

将来の見通し

2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー200 kWh/t-CO₂ ・適応範囲拡大
2050年	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂利用では鉄鋼スラグや石灰の50%程度

	現在	2030	2050
コンクリート	公共調達、道路、建物等への販路拡大	CO ₂ 吸収量増大と低コスト化を両立させた技術・製品開発	国際標準化や国際展示会でのPRを通じ途上国へも販路拡大
セメント	セメント製造工場でのCO ₂ 回収技術開発	CO ₂ 炭酸塩化による原料・燃料化プロセス開発	設備導入コスト低減・補助金等による導入支援

炭素循環型セメント製造プロセスの概念図



出典：NEDO

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・2025年大阪関西万博において、カーボンリサイクルによるコンクリートの導入が検討されるほか、建築物への導入が考えられる。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの市場規模では北米及びアジアへの拡大が期待される。 ・セメントは世界の半分以上が中国で生産されており、カーボンニュートラルに向けて中国などでセメント産業における新規投資が期待される。

トピックス

- ・2021年10月、竹中工務店、鹿島建設、デンカは製造時のCO₂の排出量よりも、CO₂の吸収量の方が多いコンクリート（カーボンネガティブコンクリート）技術を共同研究することに合意し、建設業界において本格的な普及をめざすこととしている。竹中工務店はNEDOプロジェクトにおいて開発中の、CO₂を吸収したコンクリート素材である「CCU素材」技術を活用することとしている。

CO₂貯留

CCS

(Carbon dioxide Capture and Storage)

大阪ガス(株)、関西電力(株)
川崎重工業(株) 等

発電所や工場等から排出されたCO₂を分離・回収し、地中深くに貯留・圧入 CCUSでは分離・貯留したCO₂を有効利用する手法も検討

- 分離回収したCO₂をタンカー・パイプライン等で輸送し、遮へい層に覆われている安定した貯留層に圧入することで、CO₂を長期間にわたり安定して閉じ込めることができる
- CO₂を油層に注入して石油増産につなげるEORなど、ビジネス面でも注目が集まる

技術概要

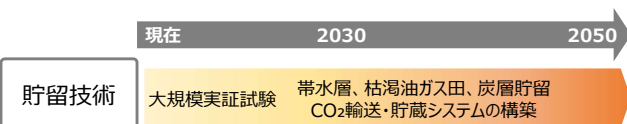
火力発電所等から排出されるCO₂を分離・回収し地下へ貯留するもので、実施にあたっては、主にCO₂分離回収技術、貯留地への輸送技術、貯留（圧入）技術、貯留したCO₂のモニタリング技術が必要となる。貯留方式としては、帯水層（粒子間の空隙が大きい砂岩等からなり、水・塩水で飽和されている地層）にCO₂を圧入する「帯水層貯留」や、地下の油層にCO₂を圧入し、原油回収率の向上にもつながる「EOR（石油増進回収）」等の手法が検討されている。

研究開発・実用化動向

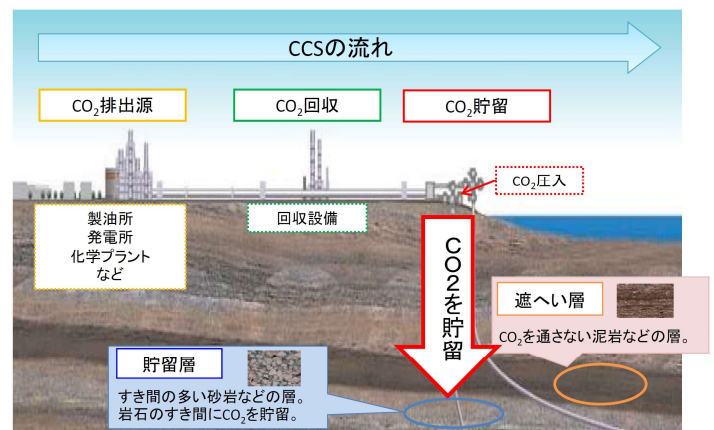
経済産業省、NEDO、日本CCS調査は、苫小牧において日本初のCCS大規模実証実験を行い、2019年には目標としていた累計CO₂圧入量30万トンを達成した。NEDOでは、大規模CO₂圧入・貯留に係る安全管理技術の開発、大規模貯留層の有効圧入・利用技術の開発、CCS普及条件の整備、基準の整備を実施する予定としている。また、CO₂貯留率、安全性を向上させるために、CO₂を微細な泡状にしたマイクロバブルを圧入する技術などの検討が進められている。今後、海上からの海底下貯留技術の技術開発やモニタリングの精緻化・自動化とともに、掘削・貯留・モニタリングそれぞれについて低コスト化が必要とされる。

将来の見通し

2030年	・CCSの商用化、社会実装 ・石炭火力へのCCS導入
2050年	・CO ₂ ネットワーク化（回収・輸送・利用インフラ等）



CCSの流れ



出典：資源エネルギー庁

想定されるニーズ

府域	・ 2025年大阪・関西万博で、褐炭 + CCS等により製造したCO ₂ フリー水素を活用することも検討されている。
海外	・ 世界では約7兆トン以上の貯留ポテンシャルが存在しているとされる。(Global CCS Institute) ・ 東南アジア地域にはポテンシャルが多く存在し、安価に貯留することができるCCS + EORやEGRが可能な地域が多い。EUでは、CCSの法規制の基盤となるCCS指令を2009年に制定し、導入を促進している。

トピックス

- ・ 環境省「環境配慮型CCS実証事業」の一環として、2020年11月から2021年3月にかけて、シグマパワー有明のバイオマス発電所（福岡県大牟田市）から1日に排出されるCO₂の50%にあたる500トン以上を分離・回収する設備を建設し、世界初となるBECCS（Bio-Energy with CCS）の実証運転を実施。ネガティブエミッションを実現する技術としても注目される。

人工光合成

大阪市立大学、三井化学(株)、
三菱ケミカル(株) 等

光触媒と分離膜によって水から作られた水素と、工場から排出されるCO₂を合成してプラスチック等を製造 化石燃料から脱却する夢の技術

- ▶ 日本の光触媒技術は世界をリード 太陽エネルギー変換効率10%の達成も近づき、2030年の大規模実証に向けて研究開発が進む
- ▶ 材料の耐久性、光触媒パネルの低コスト化と大規模化、エネルギー効率の向上などが課題

技術概要

人工光合成は以下の3段階プロセスが必要となる。

- ① 太陽光と光触媒を使って、水を水素と酸素に分解
- ② 分離膜を使って、発生した混合気体から水素のみ分離
- ③ 触媒技術により水素とCO₂を反応させてプラスチックの原料などになるオレフィンを製造（合成触媒）

2021年現在、タンデム型では太陽エネルギー変換効率7.0%を達成、実用化可能な10%をめざし研究開発が進む。粉末型では量子収率（光の粒子である光子を利用する効率）は100%を実現。光触媒を活用した人工光合成はカーボンリサイクルの中で、日本が世界をリードする技術として注目されている。

研究開発・実用化動向

NEDOが支援する産官学連携プロジェクトで研究開発が進んでおり、現在では屋外での実証試験も行われている。社会実装に向けて、ソーラー水素の価格見通しは2030年時点で天然ガス改質による得られる水素の製造コストと同等程度の350円/kg-H₂を見込む。

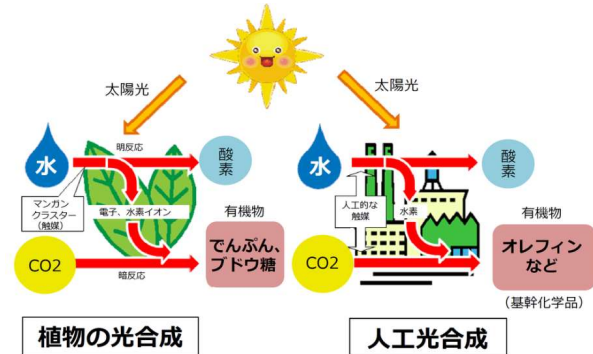
課題は、人工光合成に用いる材料の耐久性、光触媒パネルの低コスト化と大規模化、ガス分離プロセスの分離性能の向上。耐久性の観点では、浸水による腐食や劣化がしにくい材料が必要不可欠。光触媒パネルは安価でありながらも高性能なニッケルが用いられることが増加。エネルギー効率の向上に向けても技術開発が進む。

将来の見通し

2030年	・ソーラー水素の本格導入開始 (水素製造コストと同等 350円/kg-H ₂)
2050年	・補助金等によるコスト低減・導入支援の実現



「光合成」と「人工光合成」の概念



出典：資源エネルギー庁

想定されるニーズ

府域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2025年大阪・関西万博で人工光合成による水素製造技術の展示予定。 ・ 大阪市立大学などで研究開発が加速する。
海外	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米国では、「エネルギー・イノベーション・ハブ」プログラムの下、人工光合成ジョイントセンターを設立。商用化をめざした研究開発を実施中。

トピックス

- ・ NEDOと人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCHEM）は2021年8月、東京大学、富士フイルム、TOTO、三菱ケミカルらとともに、100m²規模の太陽光受光型光触媒水分解パネル反応器と水素・酸素ガス分離モジュールを連結した光触媒パネル反応システムを開発し、世界で初めて実証試験に成功。大面積化はソーラー水素を実現するために必須。
- ・ 豊田中央研究所は半導体と分子触媒を使用し、ギ酸合成する人工光合成において、2021年4月に変換効率7.2%を実現。新たな方式では太陽光パネルと電極などを組み合わせ、セルのサイズを36cmに拡張した。将来的には工場などから排出されたCO₂を再資源化するシステムの実現をめざす。

CO₂利用

炭素再資源化

(機能性化学品製造など)

三菱ケミカル(株)

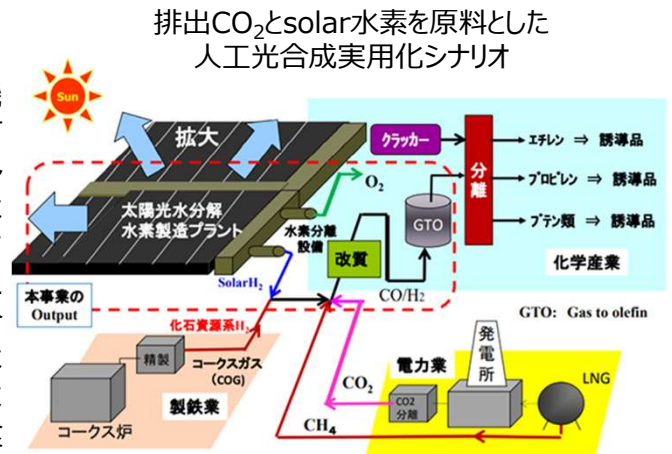
等

CO₂が基礎化学品（オレフィン等）やプロテインの原料になる！量産化、低コスト化が課題

- CO₂を資源とし、人工光合成等により化学品へと再利用すれば大気中への排出を抑制可能
- 水素が不要な技術や高付加価値製品は2030年頃からの普及が見込まれる
- CCUは世界の産学官連携の下で研究開発が進むが、空気からプロテインを生成する等、各国で数多くのスタートアップも研究開発を推し進めている

技術概要

人工光合成により製造されたオレフィンを原料に、より機能性の高い化学品・プラスチック、医薬品や食品へ活用するカーボンリサイクル技術。経済産業省のカーボンリサイクル技術ロードマップによれば、ポリカーボネート等化学品は2030年頃から普及、消費拡大し、汎用化学品（オレフィン、BTX等）は2040年頃から普及が開始する見通し。エチレン、プロピレン、プテンを選択的に作れるオレフィンが合成できれば、プラスチック生産への活用等CO₂削減効果は絶大である。また近年では人工光合成以外のプロセスによりCO₂からプロテインを生成する技術も開発されている。食用の場合はクリーンなCO₂が求められる。



出典：文部科学省

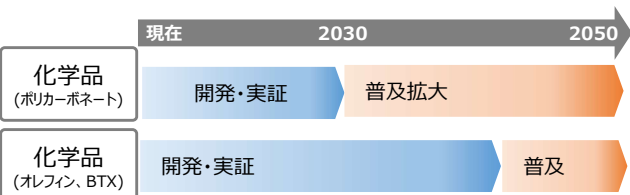
研究開発・実用化動向

科学的に安定しているCO₂を他の物質に変換するには、多量のエネルギー投入を要するため技術的障壁が高い。また、変換の際に必要とされる水素などの原料が、安価でCO₂フリーであることも求められる。普及には量産化の実現と低コスト化が課題である。

化学品の一部はすでに実用化済みだが、水素不要な技術や高付加価値な製品から普及が進んでいく。カーボンリサイクル技術ロードマップでは、CO₂分離回収技術にかかる費用を2040年には現状の4分の1、水素のプラント引き渡しコストを2050年には20円/Nm³とする計画。

将来の見通し

2030年	・化学品（ポリカーボネート）の普及
2050年	・化学品（オレフィン、BTX等）の普及 ・低コスト化



想定されるニーズ

府域	・当該特定技術に関する府域のニーズ、ポテンシャルに関する情報は確認できなかった。
海外	・アイスランドのCRIは世界初のCO ₂ からのメタノール生産プラントを2012年から商業稼働。欧州だけでなく、中国でもプラント建設予定。市場拡大を図る。

トピックス

- ・ NASAは宇宙飛行士のために空気からプロテインを作る技術を発表。米のKlverdiの子会社 Air Porteinは、CO₂を食料に変える「水素酸化細菌」を発見し、研究開発に励む。また、フィンランドのスタートアップSolar Foodsは空気と電気から生成する粉末状の食用タンパク質「Solein」を開発。2022年までに生産工場を稼働する予定。日本では東大発ベンチャーCO₂資源化研究所がサンプル生産を開始。2024年度からの量産をめざす。各国でスタートアップ企業がしのぎを削る。

■ コラム カーボンリサイクルの実現に向けた道のり

炭素再資源化における技術障壁

	CO ₂ 変換後の物質	カーボンリサイクル技術現状	課題
基幹物質	合成ガス メタノール等	一部実用化、革新的プロセス (光、電気等利用) は研究開発段階	変換効率・反応速度の向上、 触媒の耐久性向上 など
化学品	含酸素 化合物	一部実用化 (ポリカーボネート等) 、 その他は研究開発段階 【価格例】 既存の同等製品程度 (ポリカーボネート)	ポリカーボネートはCO ₂ 排出量の 更なる削減 ポリカーボネート等以外の実用化 (転換率・選択率の向上)
	バイオマス 由来化学品	技術開発段階 (非可食性バイオマス)	低コスト・効率的な前処理技術、 変換技術 など
	汎用品 (オレフィン、 BTX等)	一部実用化 (石炭等から製造した合成ガ ス等を利用)	転換率・選択率の向上 など

出典：経済産業省, カーボンリサイクル技術ロードマップを元に作成

人工光合成における大阪市立大の取り組み

大阪市立大学 (当時) は2013年に人工光合成研究センターを開設。開設当初の「基礎研究」をいかに企業に転用するかという視点では企業が必要とする技術とのギャップが埋まらず実用化等に至らなかったが、共同研究を重ねる中で「各企業の『用途』にあわせて学内の知見を提供する」というスタイルに変化していくことで、自動車メーカーなど共同研究先の業種や研究内容が広がっていった。

具体的な研究成果としては、2017年に人工光合成モジュールの原型が完成。CO₂と水から合成されるクリーンな原料とされるギ酸を介して発生した水素から発電する技術を開発。実用化をめざして住宅メーカーとの共同研究も進む。2020年2月、沖縄県宮古島に戸建住宅の実験棟が完成。早ければ22年春に一般的な家庭の消費電力をまかなえるかを実証する実験を開始する。2025年大阪・関西万博に、人工光合成モジュールを搭載した住宅展示の可能性もある。パネルの軽量化や普及可能な価格帯にできるかといった課題解決等にも取り組む。

平行して基礎研究も進行中。太陽光エネルギーを利用し、二酸化炭素を有機分子に変換する人工光合成実現には、「触媒の開発・設計」が重要な技術のひとつとなる。最近では、ギ酸脱水素酵素が二酸化炭素を直接ギ酸に還元していることや、ギ酸分解に基づく水素生成のメカニズムを世界で初めて明らかにした。



人工光合成・研究開発ロードマップ

出典：人工光合成研究センター

2021年4月1日改訂



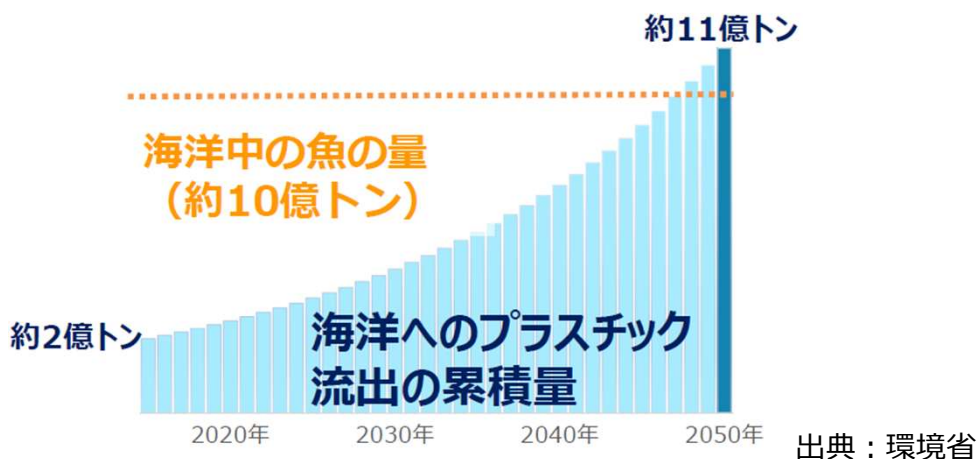
2. 海洋プラスチックごみ対策技術

2. 海洋プラスチックごみ対策

プラスチック資源循環の機運を高める契機となった海洋プラスチックごみ問題 その現状は

プラスチックは、その機能の高度化を通じて食品ロスの削減やエネルギー効率の改善等にも寄与する素材として我々の生活に利便性と恩恵をもたらし、現代の生活に欠かせない存在である。

一方で、金属等の他素材と比べて有効利用される割合は世界全体で見ると低く、生産量の大半が廃棄物として処理されているが、不適正な廃棄物管理・処理によって陸域から海洋などの自然環境への流出が問題となっている。現在では毎年約800万トン、累積1億5,000万トンにも上るプラスチックごみが海洋に流出しているとの試算もある。プラスチックは環境中での分解が進まないことから、このままのペースで流出が続けば、2050年までに魚の重量を上回るプラスチックが海洋環境に流出・滞留することが予測されるなど、地球規模での環境汚染が懸念されている。



海洋プラスチックが環境に与える影響

海洋プラスチックごみによる影響の1つが海洋生態系の破壊である。海洋ごみ（プラスチックを含む）の影響により、魚類、海鳥、アザラシなどの海洋哺乳動物、ウミガメを含む少なくとも約700種もの生物が死傷している。このうち、92%が投棄された漁網などに絡まったり、ポリ袋を誤飲・誤食したことによるプラスチックに由来するケースである。プラスチックごみの摂取率は、ウミガメで52%、海鳥の90%と推定されている。

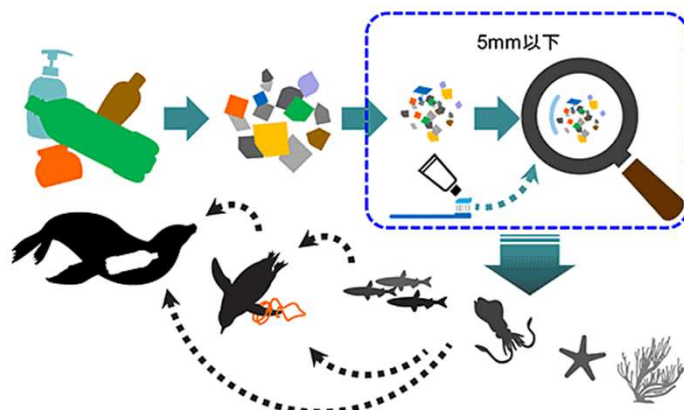
また、近年注目されているマイクロプラスチック※には、製造時の添加や、漂流中に吸着することにより有害な化学物質が含まれていることがあり、それらが海洋生態系に取り込まれたり食塩などに混入することで、摂食する人体への影響も懸念されている。

※海岸での波や紫外線等の影響を受けるなどして5mm以下になった海洋プラスチックごみ

その他、産業への影響として、アジア太平洋地域での海洋プラスチックごみによる年間の損失額は観光業で年間6.2億ドル、漁業・養殖業では年間3.6億ドルに上ると推定されている。



漁網に絡まり溺死したオサガメ（サントメ・プリンシペ）

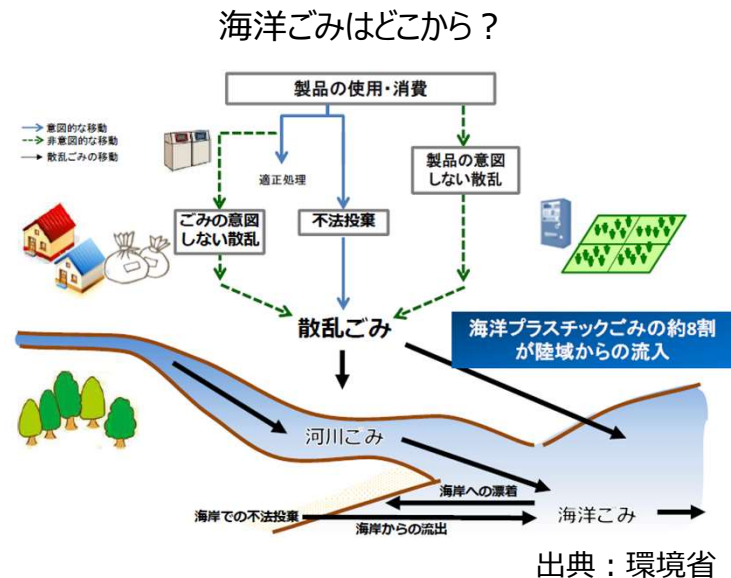


生物に取りこまれるプラスチック

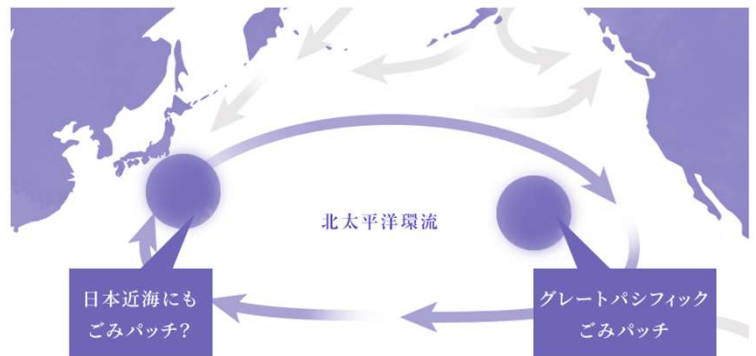
2. 海洋プラスチックごみ対策

海洋プラスチックごみはどこから来るのか

プラスチックごみの主な発生源は陸域である。河川などを経由して陸域から海洋へ流出したプラスチックごみは、世界にある大きな5つの「ジャイア（環流）」に沿って漂流し、集積することが見込まれている。日本近海を通っている「北太平洋環流」の中には「グレートパシフィックごみパッチ」という名前の海洋ごみの集積ポイントがあり、さまざまな国・地域から流出した海洋プラスチックごみが観測されている。



国境を越えて海洋プラスチックが集まる「ごみパッチ」



海洋プラスチックごみはどこに消えるのか

これまでの研究から、海洋へ流出したプラスチック1億5,000万トンのうち、海水に浮くような軽いプラスチックは約7,500万トン、さらにそのうち、海岸などに漂着せずに海中を漂流しているプラスチックは約4,500万トンと推測されてきた。しかし、実観測の分析結果を基にした総量の概算は約44万トンと、99%の海洋プラスチックごみの所在が明らかになっていない。現在、深海をはじめとした未観測のエリアに、海洋プラスチックごみが滞留・堆積していると考えられている。

国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）では、「しんかい6500」や「しんかい2000」などにより30年以上にわたり収集した深海底のごみに関する映像を2017年から公開している。駿河湾（水深2400m）にて大量のレジ袋が海底付近を漂う映像や、マリアナ海溝（水深1万900m）にてプラスチック片が佇む映像など約3200の映像を公開、世界初のデータベースとして注目されている。



左：駿河湾の映像、右：マリアナ海溝の映像

出典：JAMSTEC

2. 海洋プラスチックごみ対策

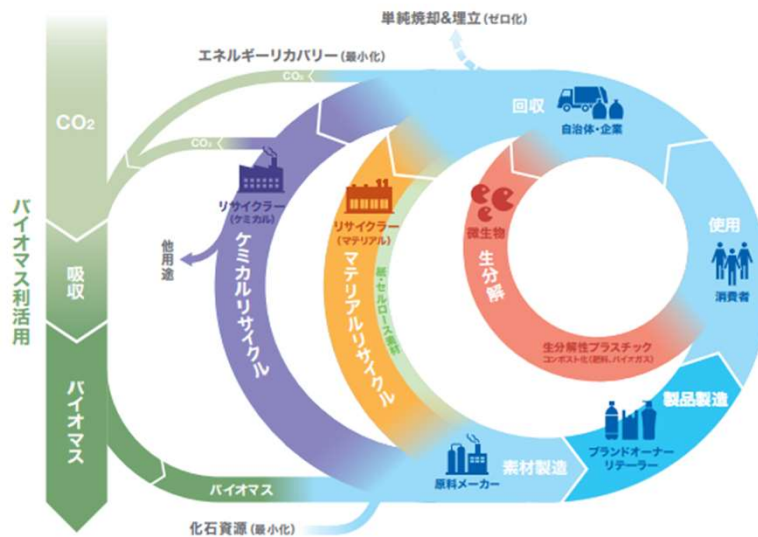
日本における海洋プラスチックごみ削減のための動き

日本政府は2018年10月、環境省を中心とした官民連携プログラム「プラスチック・スマート」キャンペーンを立ち上げた。個人、地方自治体、NGO、民間企業、研究機関を巻き込んで海洋プラスチックごみ問題に取り組むことを目的とし、2022年2月時点で2,543件ものアクションが登録されている。

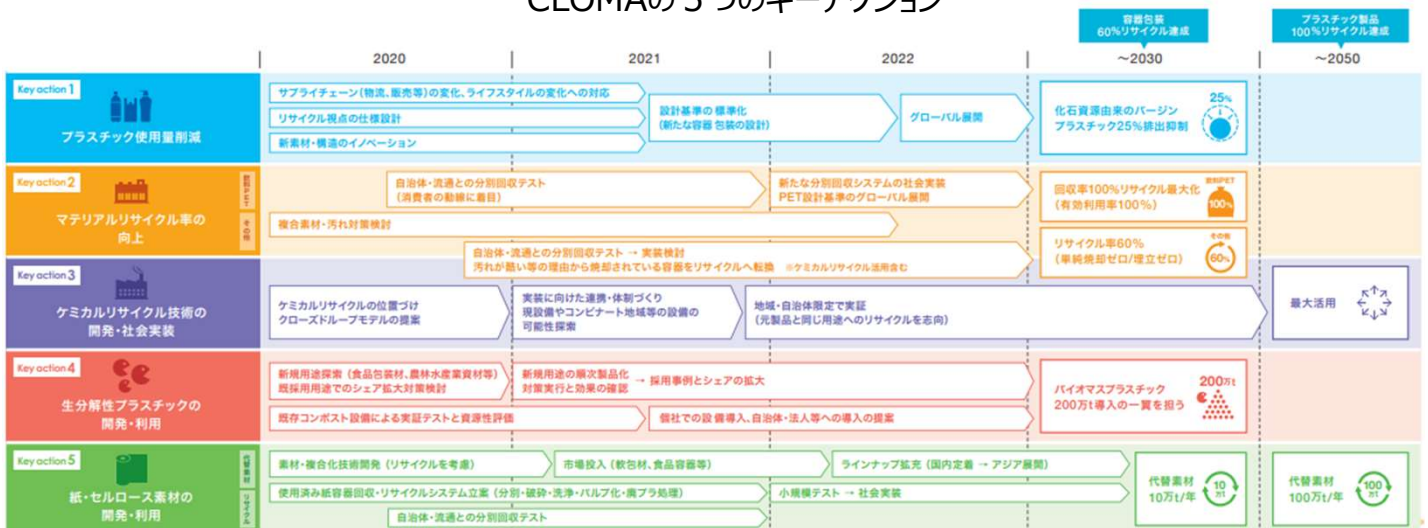
2019年のG20 大阪サミットでは、2050年までに海洋プラスチックごみによる新たな汚染をゼロにまで削減することをめざす「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が共有された。国内での具体的な取組方針として、同年5月には「プラスチック資源循環戦略」および「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」を策定。海洋へのプラスチックごみ流出抑制対策として化粧品類へのマイクロビーズの使用制限やレジ袋有料化などを実施してきた。

産業界を中心とした取組では、2019年1月に設立された「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス (Clean Ocean Material Alliance、以下CLOMA)」の活動がある。CLOMAでは、プラスチック代替素材の開発や3Rを主とした5つのキーアクションに基づき、プラスチックの循環利用の徹底を進めることで海洋へのプラスチックごみ流出抑制に取り組んでおり、2050年までに容器包装等のプラスチック製品100%リサイクルを目標に掲げている。

プラスチック製品100%リサイクルの概念図



CLOMAの5つのキーアクション



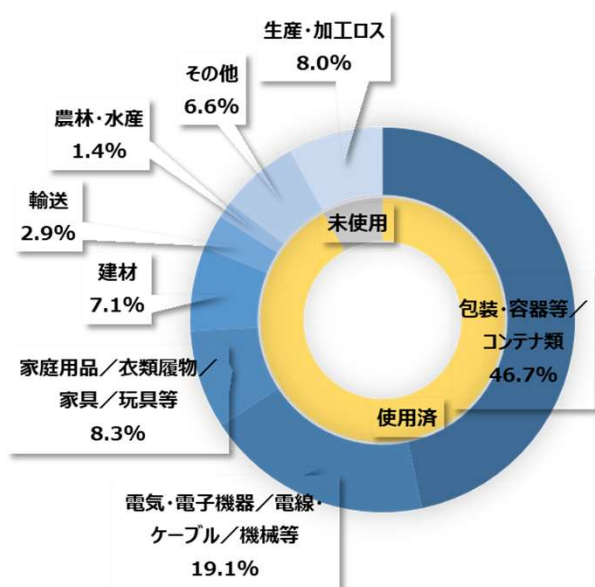
出典：CLOMAホームページ
<https://cloma.net/activities/principle/#principle2>

2. 海洋プラスチックごみ対策

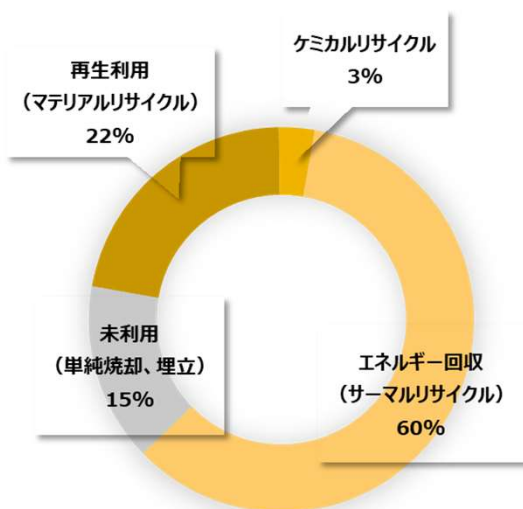
プラスチックを「資源」として循環させ、共生する社会の実現に向けて

近年、海洋に流出し、ごみとして海岸に漂着・堆積したり、海洋生物への悪影響を及ぼすその様子から、プラスチックは環境汚染の「厄介者」として取り沙汰されてきた。しかしながら、プラスチックはその化学的特性や加工の容易性などから、例えばモビリティの軽量化に貢献したり、食品を長期に保存することを可能にするなど、様々な脱炭素技術を支える素材でもある。「2050年カーボンニュートラル」と、新たな海洋汚染をゼロにする「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を同時に達成するためには、プラスチックを資源として循環させる、循環型社会のシステムを構築することが必要である。日本では年間850万トン（2019年）もの廃プラスチックが発生しており、そのうちの大半を包装・容器用途等のワンウェイ（使い捨て）プラスチックが占めている。リサイクル技術は高度化・効率化が進められるものの、いまだ60%はエネルギー回収（サーマルリサイクル）となっており、脱炭素と資源循環を推し進めるためには、今後、再生利用、ケミカルリサイクルの割合を向上させる取組が必要である。

廃プラの分野別排出割合
(2019年、総排出量850万トン)



廃プラの処理処分段階別有効利用率
(2019年)



出典：一般財団法人プラスチック循環利用協会資料より作成

■ プラスチック資源循環法の施行（2022年4月）

プラスチックの循環を進めるためには、その回収や分別を効率化しつつ、回収量を増やしていくことが必要である。そのような流れの中で、「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」（略称：プラスチック資源循環法）が、2022年4月1日に施行される。この法律のポイントは、事業者に対して排出者責任と拡大生産者責任双方の観点から資源循環に対する努力を求めているところにあり、主な措置には以下のようなものがある。

- ✓ 製造事業者等が努めるべき環境配慮設計に関する指針を策定し、指針に**適合した製品であることを認定する仕組み**が設けられる
- ✓ 国が「特定プラスチック使用製品」として指定する12品目を提供する対象事業者は、**削減目標の設定および使用の合理化**（有料化、受け取りを辞退した消費者へのポイント還元、回収後の再利用など）を求められる

対象事業者	特定プラスチック使用製品
小売業（百貨店・スーパー・コンビニなど） 飲食店（レストラン・居酒屋など） 持ち帰り・配達飲食サービス業（フードデリバリーなど） 宿泊業（ホテル・旅館など） 洗濯業（クリーニング店など）	フォーク、スプーン、ナイフ マドラー、ストロー ヘアブラシ、くし、カミソリ シャワー用キャップ、歯ブラシ ハンガー、衣類用カバー

- ✓ メーカーや小売業者は、使用済み製品の**自主回収・再資源化計画**を作成し、主務大臣の認定を受けることで**廃棄物処理業の許認可が不要**となる

2. 海洋プラスチックごみ対策

私たちに求められるアクション

また、環境省が2019年に策定した「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」では、廃棄物処理制度による回収、ポイ捨て・流出防止、散乱・漂着ごみの回収、イノベーションによる代替素材への転換、途上国支援など、「新たな汚染を生み出さない」ことに焦点を当て、一人一人が率先して取り組んでいくことが重要であると、私たち事業者・地域住民に対しても下表に示すような対策・取組を求めている。

海洋プラスチックごみ対策アクションプランの概要

対策分野	課題	主な対策・取組（事業者・地域住民に係るもの）
①廃棄物処理制度等による回収・適正処理の徹底	<ul style="list-style-type: none"> ✓ アジア各国の廃棄物禁輸措置に対応した国内処理体制の増強 ✓ 漁具等の適切な回収 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 最新技術を活用した国内回収処理体制の増強や発泡スチロール製魚箱等のリサイクル施設等の整備 ➢ 農業由来の使用済プラスチックの回収・適正処理等について関係団体と連携し推進 ➢ 漁具等の陸域における回収等を事業者団体等を通じ徹底 ➢ 港湾における船内廃棄物の円滑な受入れ
②ポイ捨て・不法投棄、非意図的な海洋流出の防止	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 容器包装等のポイ捨てや漁具等の海洋流出が発生 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 清涼飲料団体による、ペットボトル100%有効利用をめざし、自販機横に専用リサイクルボックスを設置する取組を支援 ➢ 漁業者による漁具の適正管理について事業者団体を通じ徹底
③陸域での散乱ごみの回収	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 海に流出する前に、陸域において散乱ごみを回収することが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 住民、企業等が分担して街中、河川、海浜等の清掃美化等を行う取組（アダプト・プログラム）の更なる展開 ➢ 河川管理者や自治体、地域住民が連携した清掃活動やごみの回収
④海洋に流出したごみの回収	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一旦海洋に流出したプラスチックごみについても回収に取り組む必要 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 漁業者による海洋ごみ等の回収・処理を、海岸漂着物等地域対策推進事業、水産多面的機能発揮対策等により支援
⑤代替素材の開発・転換等のイノベーション	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 海洋に流出しやすい用途を中心に、海洋生分解性プラスチック等流出しても影響の少ない素材への転換が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 「海洋生分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップ」に基づき、官民連携により技術開発等に取り組む ➢ 代替素材への転換を支援する事業により、漁具等も含めた製品について、生分解性プラスチック、紙等への代替を支援 ➢ カキ養殖用パイプ等の高い耐久性・強度が必要とされない漁具について海洋生分解性プラスチック等を用いた開発を促進 ➢ プラスチック製造・利用関係企業の「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス（CLOMA）」を通じたイノベーション加速 ➢ 革新的ソリューションに取り組む企業・団体・研究者と「海洋プラスチック官民イノベーション協力体制」を構築し、発信
⑥関係者の連携協働	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 幅広い国民各界各層の取組への拡大 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 経団連の「業種別プラスチック関連目標」、農林水産業・食品産業の「プラスチック資源循環アクション宣言」を通じた取組促進
⑦途上国等における対策促進のための国際貢献	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 途上国における廃棄物管理等の対策促進が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 途上国に対し、廃棄物法制、廃棄物管理に関する能力構築・制度構築、海洋ごみ国別行動計画の策定、廃棄物発電等の質の高い環境インフラ導入など、ODAを含めた様々な支援を実施 ➢ 東南アジア地域での海洋プラスチックごみモニタリング人材の育成支援
⑧実態把握・科学的知見の集積	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 対策実施の基礎として、実態把握・科学的知見の充実が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 国内における排出量・排出経路等の調査・推計、漂着物や浮遊プラスチック類等の調査 ➢ マイクロプラスチックを含む海洋プラスチックごみの人や生態系等への影響の調査

プラスチックごみの現状把握

発生源の把握・分析

府域事業者による当該技術の先進的な開発が待たれる

世界の海洋プラスチックごみの約8割は陸域から発生 流出防止のためには経路となる河川を含めた流域全体の対策が必要

- 発生原因は、故意の「投棄・ポイ捨て系」と管理の不備など意図しない「漏洩系」に大別される
- 污水处理施設、廃棄物関連施設等の点源、ならびに市街地、農地等の面源それぞれについての排出メカニズムの解明とインベントリの作成が求められる
- ポイ捨てや漏洩の背景にあるごみ回収の不備を解決するために、IoTを活用した技術の普及にも期待

技術概要

プラスチックごみの水域への流出を防止するためには、市街地・農地などのプラスチック製品を使用する面源と、プラスチックがごみとなり処分される污水处理施設、廃棄物関連施設等の点源、それぞれでの管理が必要となる。このうち、特に面源の管理には個別の事情に応じた対策が必要となることから、まずは地点の特定が求められる。環境省などによる先行調査によれば、次のような地点にごみが散乱・投棄されやすい／滞留しやすいことが明らかとなっている。

【ごみが散乱・投棄されやすい地点】

- ✓ 周辺に市街地や農地がある
- ✓ 停車時に投げ捨てやすい信号等
- ✓ 渋滞が多い道路・橋梁
- ✓ 橋梁の下
- ✓ 人が立ち入りやすい高水敷
- ✓ 公園、運動場、レクリエーション施設、商店、自動販売機
- ✓ ごみの集積所

【ごみが滞留しやすい地点】

- ✓ ワンド（湾処）
- ✓ 湿地（ヨシ群落・オギ群落・ヤナギ林等）
- ✓ 水際の植生
- ✓ 瀬、淵、細流（浅瀬、せせらぎ）、砂礫
- ✓ 落差工
- ✓ 水路や支川の合流点等

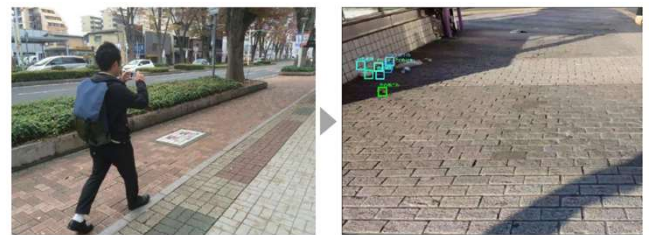
研究開発・実用化動向

現在の研究開発テーマは陸域からの排出源特定および排出インベントリを作成するための評価手法にトレンドがあり、流出経路のモニタリングのためにはGPSによるごみの動態把握、画像解析などの技術活用も進んでいる。

中期的な課題としては、海岸に漂着したプラスチックごみの分布を一層効率的に把握する調査ネットワークの構築、および海底に堆積したプラスチックごみの分布把握がある。

管理不備によるごみの漏洩を防止する技術としては、新機能リサイクルボックスやスマートごみ箱の開発と実証も進められている。

ごみ分布調査サービス「タカノメ」



①対象エリアをスマホで撮影

②画像解析+目視でごみを判別



③ヒートマップで見える化、清掃ルート検討や施策の効果測定に活用

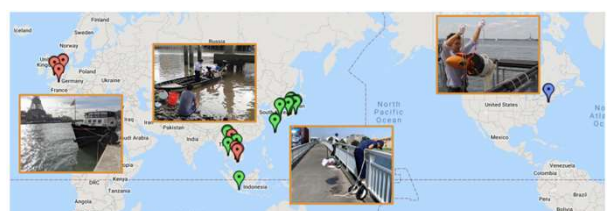
タカノメ自動車版ではより広範囲な分布調査が可能に



①車載のスマホで車道を撮影、機械学習でごみの数や種類を解析

②広範囲のごみ分布図やレポートを提供

国連も導入したマイクロプラスチック調査サービス「アルバトロス」は流出品目の特定により排出源を明らかにする



※タイ、ベトナム、カンボジア、ラオスの調査は国連環境計画のプロジェクト CounterMEASURE の一環として実施



出典：株式会社ピリカ／一般社団法人ピリカ

プラスチックごみの現状把握

河川・海洋への流出状況把握・分析

東レテクノ(株)、日本ユニシス(株) 等

水域に流出したプラスチックの総量は未知 プラスチックごみの回収・除去を効率化し加速するためにもまずは分析・評価・観測技術の確立が重要

- ▶ 水域によってプラスチックを含む海洋ごみや有機物の組成が異なるために成分分析・評価が煩雑化
簡便で負担の少ない分析システム・手法の開発が求められている
- ▶ 海中や海底、マイクロプラスチックなど人の目による観測ができない場所・サイズのプラスチックについても観測を可能とするシステムとして映像解析やドローン等自動化・遠隔化の技術の活用を期待

技術概要

海洋や河川に漂流するプラスチックごみの総量把握や流入量予測のためには、ドローンや水中カメラを用いた画像観測や、実試料を用いた成分分析などによる調査が必要である。近年、マイクロプラスチック (MP) による海洋生態系への深刻な影響が明らかになり、陸域から海洋へのごみ排出状況を把握し、流入を抑制するために河川におけるMPの実態調査の重要性が高まっている。

研究開発・実用化動向

海岸漂着ごみの状態把握は人手不足やごみの散乱状態から立ち入りが困難であることなどを理由に調査範囲が限られてしまう点が課題であるが、国土交通省「海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業」により自律型無人潜水機 (ASV) や遠隔操作型無人潜水機 (ROV) を活用した観測システムの開発・実証が進められている。

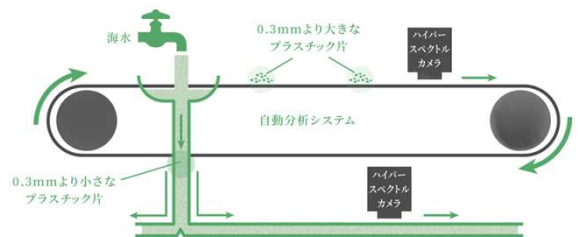
また、海洋中のプラスチックごみの総量把握についてはシミュレーションモデルを用いた多くの推測がなされている一方で、実観測による確定的なデータが不足している。計測・分析についても、現在は試料中のMPを一粒ずつ分別し計測するといった属人的な手法が主流で、正確さに欠けることや分析に長時間を要することが問題となっている。より簡便で正確に分析を行うことのできる手法の開発と、観測規模 (エリア・対象) の拡大、観測データの蓄積と活用が求められており、文部科学省や大阪府により研究開発への支援が行われている。

長崎大学による無人遠隔観測システム



出典：国土交通省

MP自動分析システムの構想図

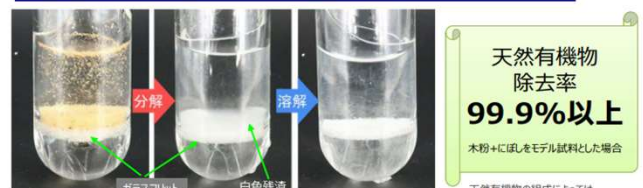


出典：JAMSTEC

トピックス

- 東レテクノでは、従来の属人的なプラスチック分別・計測手法に代わる新たなスクリーニング手法として「MPの迅速前処理・概算定量法」を開発。令和3年度「豊かな大阪湾」環境改善モデル事業として採択された。同社の技術は2段階の化学的処理で、サンプル内の天然有機物のみを除去する手法である。安全かつ熱による変性が少なく、MP回収率は80%以上。また、目視による単離作業がないため時間短縮かつ精度向上を可能とした。今後は対応可能な水質の幅を広げるとともに、実用化に向けて一層の効率向上を図る。

2ステップの化学的前処理で天然有機物のみを効率的に除去！



前処理時間を大幅に短縮！



プラスチックごみの回収

プラスチックごみの回収

府域事業者による当該技術の先進的な開発が待たれる

海洋に流出してしまったプラスチックごみは除去しない限り海中に残留 海表面や海中の漂流ごみの大量捕集に加え海底に堆積するごみの回収も課題

- 日本の閉鎖性水域では国や自治体により定期的な漂流ごみ回収や撤去が行われているが、十分ではない状況 ごみ運搬・処理に係る費用が回収に協力する漁業者に負担とならない制度設計も必要
- ごみ回収装置の開発は海外が先行 マイクロプラスチックの回収や堆積ごみへの対応などに開発余地があり、日本の高い技術力の発揮が期待される

海洋ごみの種類別 回収・除去技術

種類	主な回収場所	回収・除去の技術	具体技術例
漂着ごみ	海岸 河岸	ごみロボット	<ul style="list-style-type: none">・ ビーチクリーンロボット (BC-ROBOP海岸工学会)・ 自動回収運搬ロボット (仙台大専)
漂流ごみ	海表面 海中	清掃船 漂流ごみ回収装置	<ul style="list-style-type: none">・ 海面清掃船・ 船外機用マイクロプラスチック回収装置 (スズキ)・ Seabin (オーストラリア、Seabin Project)・ The Ocean Cleanup (オランダ、NPO 環境団体The Ocean Cleanup)・ The Interceptor (同上)
堆積ごみ	海底 川底	漁船などによる底曳き	—

出典：調査に基づき作成

技術概要

システムの中心は塵芥回収に関わる技術であり、捕集・回収や運搬に関わる技術については革新的な開発課題は存在せず、成熟段階にあると考えられる。ただし、回収・運搬に伴う負荷の低減（マンパワーへの依存や立ち入りが困難な場所での回収 など）という観点では自動化・操作の遠隔化、AIによる画像解析といった補助技術との組み合わせと高度化が求められる。

研究開発・実用化動向

上述のとおり、要素技術については成熟段階にあるが、様々な水域、ごみの組成・形状に対応するための技術改良・高効率化および回収に係る負担減のために次のような課題が残されている。

- ✓ 微細化したプラスチック片（マイクロプラスチック）の回収
- ✓ 海底への堆積など回収困難なエリアにあるごみの回収
- ✓ 大量捕集／狭小水域への対応
- ✓ ごみ回収の省人化、自動化による負担減
- ✓ ごみ運搬・処理に係る回収者コストの負担減

日本では特に海岸漂着ごみに関して産学連携による技術開発が進んでおり、今後の回収率向上が期待される。

人工衛星測位による自動運搬ロボット
開発（仙台大専）



出典：国立研究開発法人情報通信研究機構

プラスチックごみの排出削減

ワンウェイプラスチックの使用削減

マイクロ波化学(株)、プラス産業(株)、
(地独)大阪産業技術研究所 等

素材の転換や設計の見直し等により、プラスチックの使い捨てを削減 国内でも法体制が整備され、今後動きが加速する見込み

- ▶ 国内外でワンウェイプラスチックの使用削減に向け、法制度等で無償での提供が制限されつつある
- ▶ 紙や木などを代替素材として使用する動きもあるものの、コスト面や大量生産に向けて課題が存在
- ▶ 代替素材の使用だけでなく、設計段階で減量化・包装の簡素化を検討することや、再使用や再利用が容易な素材を使用することも重要な視点

技術概要

プラスチックごみによる海洋汚染の深刻化により、ワンウェイプラスチック（使い捨てプラスチック）の使用削減の動きが進んでいる。ワンウェイプラスチックとは、一度の使用のみで廃棄してしまうプラスチック類のこと。具体的には、テイクアウト用の飲料カップ・ストロー、ビニール製の包装、食器、ペットボトル等が挙げられる。

削減の方法として、製品の設計の見直し（減量化、包装の簡易化、単一素材化、分解・分別の容易化等）、有償化、リユース促進、代替素材の活用等が挙げられる。

国内では、「プラスチック資源循環促進法」により、特定プラスチック使用製品の削減が法律で努力義務とされた。

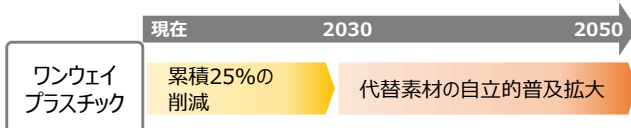
研究開発・実用化動向

紙に代表されるバイオマスプラスチック・生分解性プラスチック以外の代替素材の技術開発に関しては、既に実用化段階にある。

紙以外にも、竹や木、石灰石を原料にした代替素材が既に存在しているが、安価に材料が安定供給され、大量生産できるかがさらなる普及・プラスチックの代替に向けた課題である。

将来の見通し

2030年	・ワンウェイプラスチックを累積25%使用削減 ・容器包装の6割をリユース・リサイクルを実施
2050年	・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



ワンウェイプラスチック削減のイメージ



出典：環境省

想定されるニーズ

府域	・大阪府と大阪市において、「おおさかプラスチックごみゼロ宣言」を2019年に署名。 ・宣言に基づき、大阪市においては2025年にワンウェイプラスチックの25%の使用削減をめざす。
海外	・世界的にもワンウェイプラスチックの使用削減が進む。特に積極的なのがEUであり、フランスやイタリアでは既にの使用禁止や罰金制度が存在する。

トピックス

- ・ EUにおいては、2022年2月時点で法的拘束力はないものの、既にワンウェイプラスチックの9製品の市場流通の禁止を定めるガイドラインが公表されている。加えて、特定のワンウェイプラスチック製品には、プラスチックの含有情報・廃棄物管理方法等のラベル表示の義務化も開始。
- ・ 中国においても、ワンウェイの発泡プラスチック食器やプラスチック製綿棒は段階的に生産・販売を禁止する目標が立てられており、既にレストランでの非分解性プラスチックストローの使用が禁止されている。

プラスチックごみの排出削減

バイオマスプラスチック・生分解性プラスチックへの代替

(株)カネカ、(株)ダイセル、
帝人(株)、ニチモウ(株) 等

プラスチック製品の製造・焼却に伴うCO₂排出を削減するバイオプラスチック 生分解性・海洋生分解性機能を持つ素材は海洋ごみ削減にも貢献する

- ▶ プラスチックごみの海洋への流出を抑制するための一つの方策として、環境中で分解される生分解性プラスチックの実用化に期待が高まる中で安定供給と低コスト化が求められる
- ▶ 欧州では海洋生分解性プラスチック製品も徐々に市場投入、国内でも導入が始まりつつある 分解性機能の信頼性確保のために技術評価手法の確立が待たれる

技術概要

バイオプラスチックとは、微生物などの働きによって環境中で分解される「生分解性プラスチック」と、バイオマスを原料に製造される「バイオマスプラスチック」の総称であると定義されており、従来のプラスチックに比して製造や処分に伴うCO₂排出を削減できる。環境省調査（2018年度）によれば、バイオマスプラスチック製品の国内出荷量は8.4万トン、その中に含まれるバイオマスプラスチック量は4.7万トンに上る。このうち、生分解性プラスチック（PLA^{注1}等）や海洋分解性プラスチック（PHBH等）は海洋へのプラスチックごみ流出抑制につながる素材として実用化が期待されており、例えばレジ袋、使い捨て容器・カトラリーのほか、農業資材（被覆材やビニールハウス）や漁具等製品への採用が望まれる。

注1：ポリ乳酸

研究開発・実用化動向

バイオプラスチックを取り巻く研究開発支援は環境省、NEDOを中心に活発に行われている。バイオプラスチックの普及のためには、素材の高機能化（高耐久性や加工性の向上）と需要に応じた生産の安定化・低コスト化が技術的な課題であるが、同時に再生材・バイオプラスチック市場の醸成により化石燃料由来プラスチックからの代替を促進することも重要である。

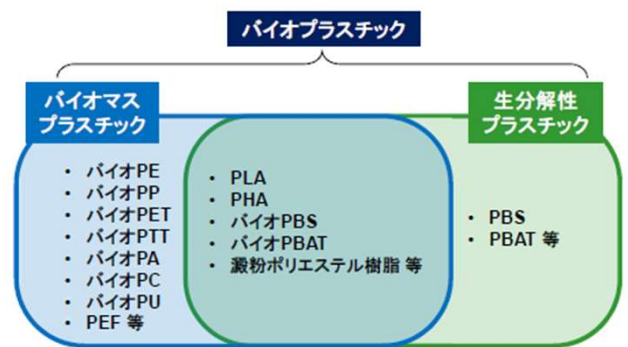
素材面ではポテンシャルが見込まれるPHA^{注2}に関する開発製造が国内・海外とも進むほか、PETに類似したバイオマス由来ポリエステルであるPEF^{注3}の基材開発や、カゼイン由来プラスチックの活用可能性検討、スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの開発など先進的な研究が実施されている。

注2：ポリヒドロキシアラート 注3：ポリエチレンフラノエート

トピックス

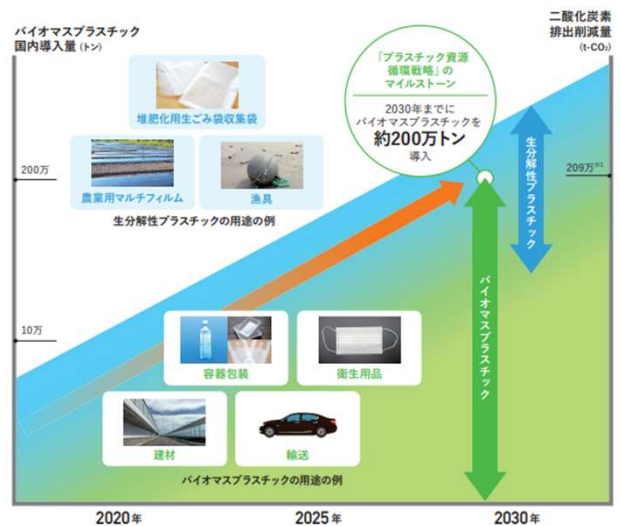
- ・ ニチモウは環境省補助事業「令和2～3年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」に採択され、生分解性プラスチックを用いた海洋資材（漁網・ロープの漁具材料やイカ針、タコ壺等）を開発。また、廃棄漁網を回収して再製品化するリサイクルにも取り組んでおり、将来的な海洋資材のリサイクルチェーン構築をめざす。

バイオプラスチックの定義

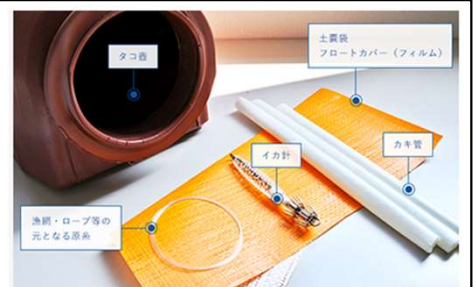


出典：環境省

バイオプラスチック製品の導入イメージ



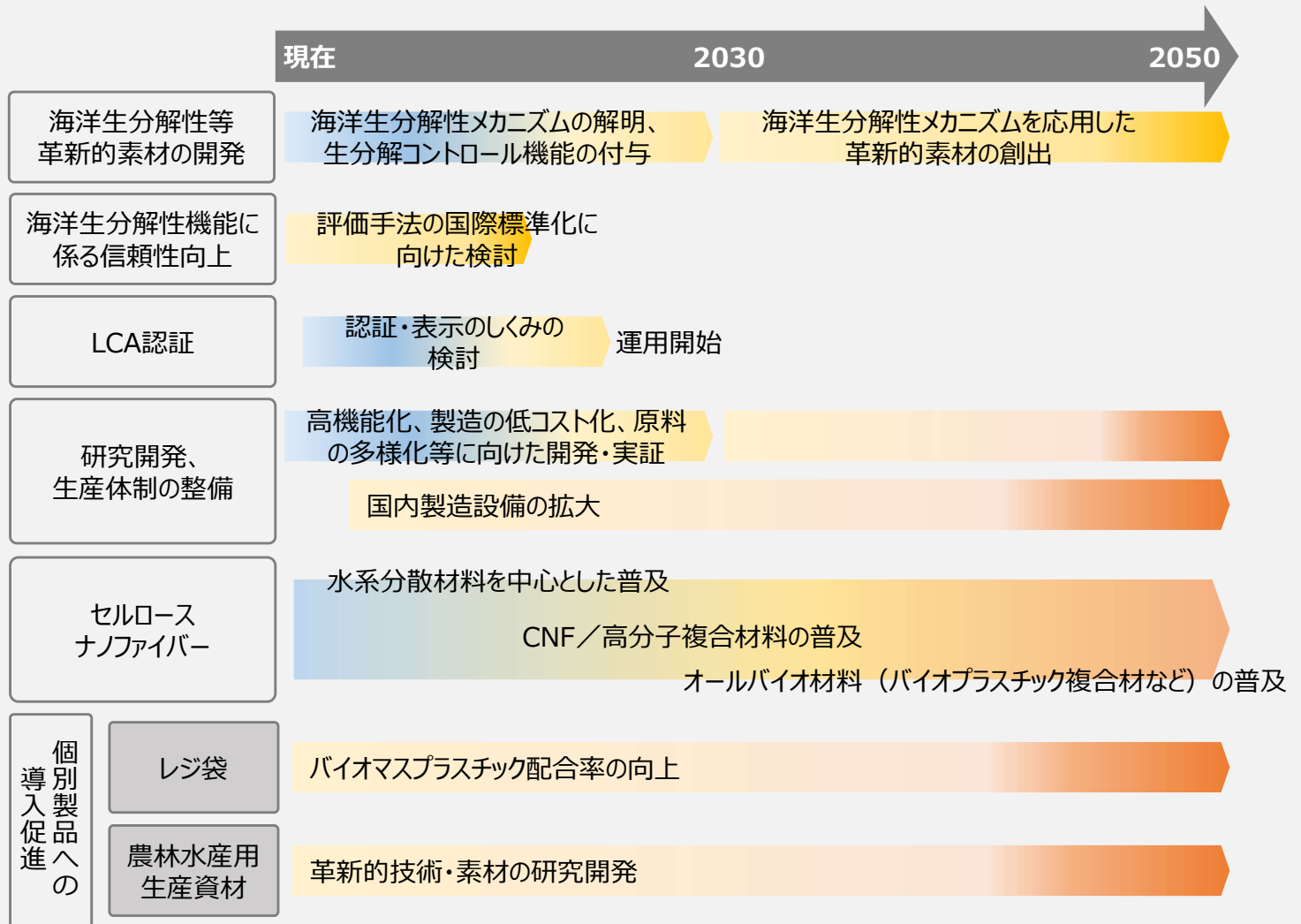
出典：環境省



プラスチックごみの排出削減

■ コラム バイオプラスチックの導入拡大に向けた動向

バイオプラスチック・海洋生分解性プラスチックの開発・導入普及ロードマップ



出典：海洋分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップの概要図（経済産業省，2019年5月）、バイオプラスチック導入ロードマップ（環境省，2021年1月）、脱炭素・循環経済の実現に向けたセルロースナノファイバー利活用ガイドライン（環境省，2021年3月）をもとに作成

産業界における主なバイオプラスチック導入目標

業種	企業例	対象用途	導入素材	直近の目標例
飲料製造	アサヒ飲料、伊藤園、キリンHD、サントリーHD 等	ペットボトル、ラベル、キャップ	バイオPET、バイオPE、PLA 等	2025年に、すべての製品のPETボトルへ、リサイクルPET樹脂または植物由来PET樹脂を使用（日本コカ・コーラ）
食品製造	カゴメ、カルビー、J-オイルミルズ 等	ストロー、容器包装	バイオPET、バイオPE等	2021年度中に、日本におけるカップヌードル容器を、「バイオマスECOカップ（紙、バイオマスプラスチック等）」へ全量代替（日清食品HD）
トイレット	ライオン、資生堂 等	容器包装	バイオPET、バイオPE等	2025年に、使用量3倍増（花王）
化学	住友ベークライト	PTP包装	バイオPE	2022年頃、バイオマスプラスチック配合率50%
小売業	セブン&アイHD、イオン 等	PB商品、容器包装	バイオPET、バイオPE等	2021年春から、バイオPPを導入した国内初の容器の展開（ファミリーマート）

出典：環境省、バイオプラスチック導入目標集（2020年度版）をもとに作成

プラスチックリサイクル

マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル

(株)北浜化学、川瀬産業(株)、
大都クリーン(株)、日本財津(株)等

海洋プラスチックごみ問題で需要の高まるプラスチック資源循環を支える技術 2050年のサーキュラーエコノミーの実現に向け市場は拡大基調

- 廃プラスチック類を化学的または破碎・溶融による手法によって様々な用途に再利用する技術
- 技術革新によって再生樹脂成型品の品質向上を実現し、更なる製品普及が見込まれる
- リサイクル市場規模を2030年までに現在の約5倍、2050年までに約10倍に拡大することをめざす

技術概要

「マテリアルリサイクル（材料リサイクル）」とは、廃プラスチック類を、破碎・溶融などの処理で再生プラスチックとして利用する技術である。再生後の用途に応じて「水平リサイクル」や「ダウンリサイクル」とも呼ばれ、産業系・一般系プラスチック類とともに援用されている。

「ケミカルリサイクル（化学リサイクル）」とは、廃プラスチック類を化学的に分解することで、石油、石炭と同様な原材料として再生利用する技術である。熱分解による原料化や高炉に使われる原料化など、様々な手法がある。

研究開発・実用化動向

NEDOでは「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」事業において、マテリアル・ケミカルの両リサイクルの研究開発を支援しており、産学の共同研究開発がみられる。

また、製品メーカーや化学メーカーが、リサイクル技術を有している民間企業や大学などと連携し、研究開発を進める事例もみられている。

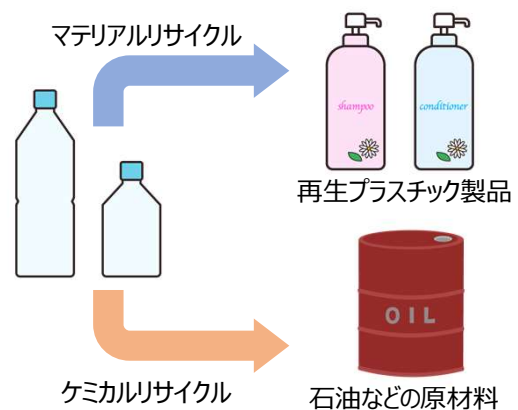
連携事例の一として、住友化学では、積水化学工業や島根大学、外資系企業と水平連携を組み、再利用技術の社会実装や合併会社の設立などを進めている。

将来の見通し

2030年	・国内の容器包装の6割をリユース・リサイクル（プラスチック資源循環戦略） ・資源循環貢献製品市場の拡大（積水化学工業：2倍目標の設定）
2050年	・プラスチック類の完全再利用によるサーキュラーエコノミーへの完全移行

	現在	2030	2050
製品の代替素材化		代替素材化（バイオマス化、再生材利用）	代替素材化による製品の自律的普及拡大
製品の再生利用		リサイクル技術の技術開発	リサイクル技術の普及拡大、低コスト化
市場規模（例：ケミカルリサイクル）		リサイクル処理量150万t/年	2050年までにリサイクル処理量250万t/年

マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルのイメージ



出典：各種資料より作成

想定されるニーズ

府域	・リサイクル材となる廃プラスチックが不足しており、製品価格上昇につながる。 ・自治体を含めたサプライチェーン全体の制度作りが必要。
海外	・欧州）2025年までに1,000t/年の再生プラスチックを製品製造に活用する目標。 ・米国）2040年までに容器包装のリユース・リサイクル・リカバリ100%を目標とする。

トピックス

- ・大阪府と大阪市は、2019年に「おおさかプラスチックごみゼロ宣言」を共同で発表し、趣旨に賛同する団体を産官学問わず募集している（2021年1月現在、31の府域自治体が賛同）。
- ・2025年の大阪・関西万博では、開催「前」「中」「後」のプラスチックごみ全廃をめざしたプロジェクト（共創チャレンジ）を展開予定。

■ コラム 海洋プラスチックごみのリサイクル

海洋プラスチックごみ問題の根本的解決のためには 海洋ごみの特性に応じたリサイクル手法の確立とビジネスモデル構築が不可欠

海洋プラスチックごみには水分、塩分、有機物を含む汚れの付着があり、また、多種多様な材質が混在しているため、洗浄や選別が煩雑化することから一般的にはリサイクルに適さない。

海洋プラスチックごみ削減に取り組むうえでまず重要なのは回収量を増やすこと。そして、リサイクル高効率化のためには、分別・選別を不要とする熱分解技術の高度化や、洗浄・選別など前処理に係る負担を軽減する技術の開発が望まれる。海洋プラスチックごみリサイクルを事業として安定的に継続するためには再資源化された製品（油炭やアップサイクル製品）が収益化することが最も重要であり、需要喚起による市場形成・醸成とビジネスモデルの構築も課題である。

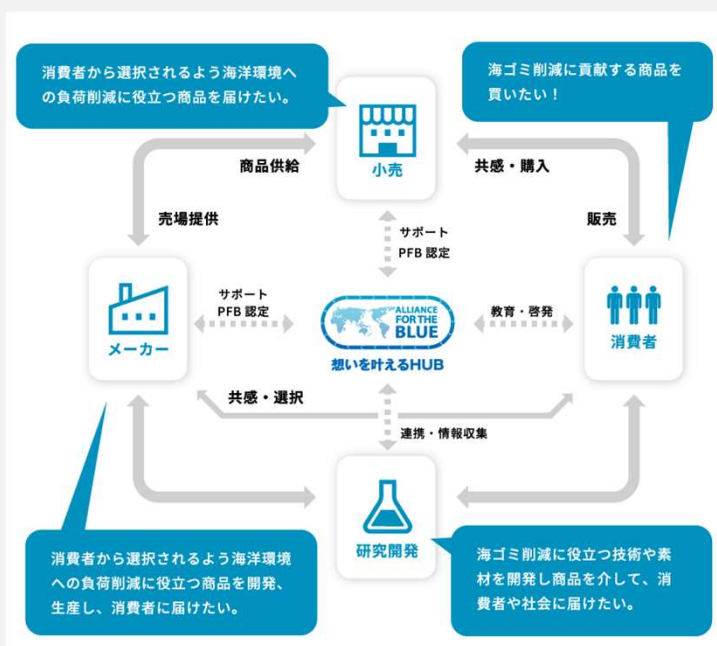
協働の機会、場の創出

プラスチックによる海洋汚染問題が広く認識されて以降、解決に向けた素材・技術開発や削減活動、また消費者の意欲はそれぞれに高まっていたものの、それら情報を統括し、具体的な社会実装につなげるような仕組みがないことが課題となっていた。そのような背景から、2020年、「一般社団法人ALLIANCE FOR THE BLUE」が日本財団の支援を受け設立。海洋環境の保全と経済性を両立できる持続可能な社会の実現に向け、消費財メーカー、包材メーカー、小売企業、消費者が、新しいモノ作りや仕組み作りに挑戦するための機会、場を設け、企業と消費者を結びつけるハブとして機能することで、豊かな海が将来世代に引き継がれることをめざすことを使命としている。

● 協働企業（2022年1月現在、50音順）

株式会社エルコム、株式会社オーシャナ、川崎重工株式会社、株式会社キャンパス、ココヨ株式会社、ジャパンインテリアプランニング株式会社、株式会社鈴木商会、住江織物株式会社、仙田株式会社、株式会社セブン & アイ HLDGS、大日本印刷株式会社、ダリ・ケー株式会社、株式会社地圏環境テクノロジー、蝶理株式会社、帝人株式会社、天たつ、ナカバヤシ株式会社、日泉ポリテック株式会社、株式会社日本教育新聞社、日本ケミカルシューズ工業組合、日本製紙株式会社、株式会社ハースト婦人画報社、株式会社バルコス、バレットグループ株式会社、兵庫県鞆工業組合、三菱ケミカル株式会社、明治ホールディングス株式会社、menu株式会社、有限会社モーハウス、モリト株式会社、森永製菓株式会社、山一株式会社、株式会社LITTLE MONSTERS、リファインバース株式会社、株式会社リブグラフィ、株式会社ルートート、株式会社ロイヤルパークホテルズアンドリゾーツ、株式会社ワンネス

この活動の一環として、兵庫県鞆工業組合は廃棄漁網由来の鞆を製品化、2021年10月から販売を開始した。北海道の道東エリアで回収した廃棄漁網を活用し、原料となる再生ペレットの製造、製糸、織布の各過程をアライアンスの加盟企業の協働を経た後、国内随一の鞆の産地である兵庫県豊岡市で製造する。



出典：一般社団法人ALLIANCE FOR THE BLUE

兵庫県鞆工業組合が製造した 廃棄漁網由来の鞆の例（手提げバッグなど）



出典：公益財団法人日本財団



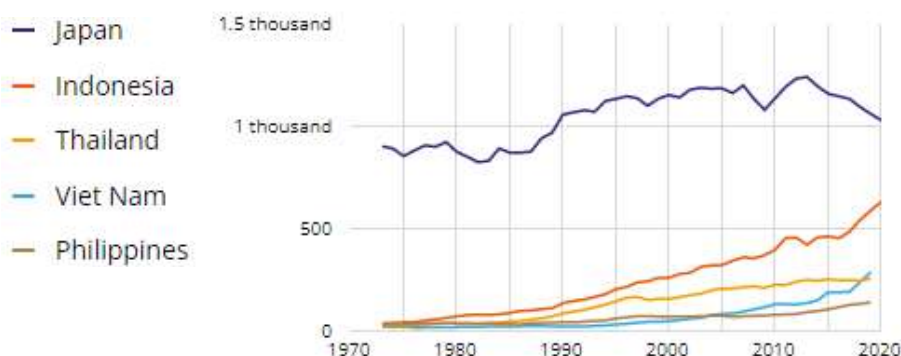
海外での環境・エネルギー技術に対する ニーズと動向

■ 地球温暖化問題に関するアジアの動向

2020年以降の気候変動問題に関する国際的な枠組みであるパリ協定の下、世界各国は「2度目標」（世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃未満に抑える）実現に向け、開発途上国を含むすべての参加国は、温室効果ガス排出削減の努力が求められている。

東南アジアは経済発展が著しく、ASEANは名目GDPがこの10年間で2倍以上になるなど目覚ましい成長を遂げており、産業の発展、都市化、輸送需要の増加、エネルギーアクセスの改善、生活水準の向上などによりエネルギー消費が大きく拡大している。その一方で、これらの地域ではCO₂排出量も顕著に増加しており、各国は温室効果ガス排出削減に向けた努力と対策が求められている

CO2 emissions (MtCO2)



出典：IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion

■ 海洋プラスチック対策に関するアジアの動向

海洋プラスチックごみによる環境汚染は、世界全体で連携して取り組むべき喫緊の課題となっている。

Jambeckら（2015）によると、東南アジア地域は、特に海洋プラスチックの排出量が多い地域と推計されており、海洋に流出しているプラスチックの量の上位10位以内に、インドネシア、フィリピン、ベトナム、タイ、マレーシアの東南アジア5カ国が入っている。これらの地域では、その原因と考えられる陸上でのプラスチックごみの管理は十分でなく、排出源の把握やリサイクルなど、資源循環の観点からの対策が急がれる。

順位	国名	沿岸域人口 (百万人)	ごみ発生量 (kg/人日)	プラスチックごみ割合 (%)	不適切処理割合 (%)	不適切プラスチックごみ量 (百万トン)	海洋流出プラスチック量 (百万トン)
1	中国	262.9	1.10	11	76	8.82	1.32-3.53
2	インドネシア	187.2	0.52	11	83	3.22	0.48-1.29
3	フィリピン	83.4	0.5	15	83	1.88	0.28-0.75
4	ベトナム	55.9	0.79	13	88	1.83	0.28-0.73
5	スリランカ	14.6	5.1	7	84	1.59	0.24-0.64
6	タイ	26.0	1.2	12	75	1.03	0.15-0.41
7	エジプト	21.8	1.37	13	69	0.97	0.15-0.39
8	マレーシア	22.9	1.52	13	57	0.94	0.14-0.37
9	ナイジェリア	27.5	0.79	13	83	0.85	0.13-0.34
10	バングラデシュ	70.9	0.43	8	89	0.79	0.12-0.31

出典：Jambeckら（2015）より作成

日本の技術を世界に

気候変動や海洋プラスチック問題といった地球規模の環境課題は、我が国だけではなく世界中で取り組むべき問題である。しかし、特に開発途上国においては、自国の政策や技術だけではこれらの環境課題に対応することは困難であり、これらの環境問題を解決するためには、官民が一体となって、ニーズの把握、制度構築、人材育成などの様々な支援を実施して社会基盤を整え、その後民間企業による投資や事業展開の後押しをするような総合的な支援が必要になる。

大阪府には、脱炭素技術・海洋プラスチック対策技術を有する事業者が多く、これらの技術を開発途上国に普及・展開させることは、当該国におけるグリーン成長の支援に繋がり、しいては国際的な長期目標への貢献にも繋がる。

大阪府は、特に東南アジアへの海外展開をめざす企業様の技術開発や営業活動に貢献することを目的に、大阪・関西の事業者を含む日本の事業者が多く進出しており、また脱炭素技術・海洋プラスチック対策技術の将来的な普及が見込める一定以上の経済発展レベルを有するインドネシア、ベトナム、タイを選定し、直面している現状や政策・規制、技術ニーズなどを調査した。

インドネシア

国の基本情報

国土面積 ¹	約192万km ²	人口 ¹	約2.70億人
GDP (2019) ¹	約11,191億ドル	一人当たりGDP (2020) ¹	3,911.7ドル
カントリーリスク (NEXI) ²	D (A~H)	海外直接投資受入額 (2020) ³	286.6億ドル
主要輸出品目 (2020) ¹	動物・植物性油脂、化石燃料、鉄鋼	主要輸入品目 (2020) ¹	機械・機械設備、電気機器等、鉄鋼
総輸出額 (2020) ¹	1,633.億ドル	総輸入額 (2020) ¹	1,415.6億ドル
主要産業 ¹	製造業 (19.8%) : 輸送機器 (二輪車など)、飲食品など 商業・ホテル・飲食業 (15.4%) 農林水産業 (13.7%) : パーム油、ゴム、米、ココア、キャッサバ、コーヒー豆など 建設 (10.7%)、運輸・通信 (8.9%)、鉱業 (6.4%) : LNG、石炭、錫、石油など 金融・保険 (4.5%)、行政サービス・軍事・社会保障 (3.7%)		
日本企業数 (2019) ³	1489社		
	ジャカルタ (44.3%) 西ジャワ州 (44.3%)		
GDP成長率 (2021) ⁴	3.69% ※予測値		

出典 :

- ※1外務省, インドネシア基礎データ
- ※2NEXI, 国・地域ごとの引受方針
- ※3JETRO, インドネシア基本情報
- ※4 IMF, World Economic Outlook Database



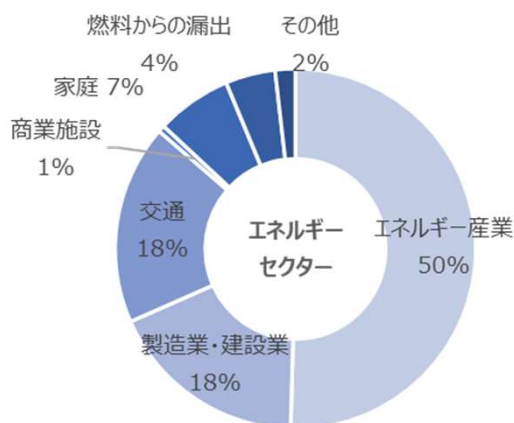
出展 : IMF, World Economic Outlook Databaseより作成

脱炭素

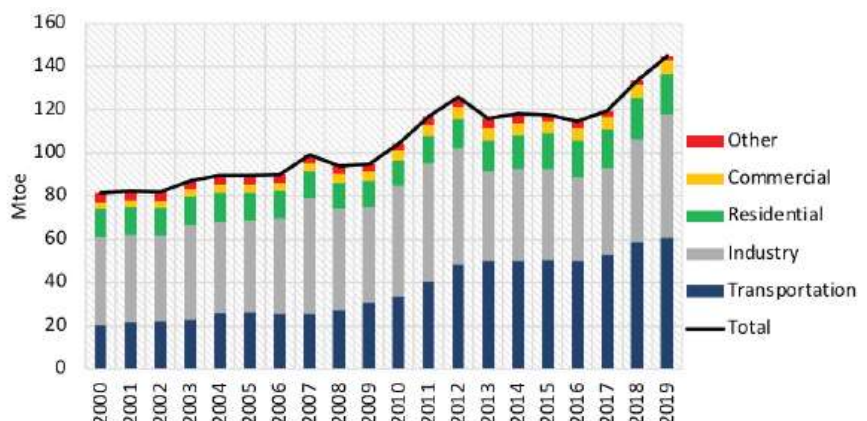
■ エネルギー資源の利用状況

インドネシアでは、農業、森林、その他土地利用 (AFOLU) からの温室効果ガスの排出が最も大きく、全体の51%を占める。これは、同国が有する広大な泥炭湿地帯が、森林伐採、プランテーション開発等の影響で泥炭の分解や森林火災が生じているためである。エネルギー部門は2番目に大きい排出源であり、約37%を占め、**エネルギー産業、運輸、産業部門から多く温室効果ガスが排出**されている。また、最終エネルギー消費量は、年平均3.1%の割合で増加しており、その大部分は**産業部門と運輸部門で消費**されている。

エネルギーセクターのGHG排出量 (2016)



セクター別最終エネルギーの消費の推移



出典 : Indonesia Second Biennial Update Report (2018年) より作成

出典 : INDONESIA Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (2021年)

■ エネルギー政策の動向：

インドネシアは群島であるため、大規模な集中型ではなく、**分散型の電力システムの需要が高い**。そのため、**再生可能エネルギーをはじめ、様々な種類の発電所や間欠性の異なる電力系統は、系統安定性に対処する必要があり、電力網の安定性を確保するために信頼性の高い技術や配電管理が必要**になる。また、石炭埋蔵量が世界一を誇るインドネシアでは、完全な脱石炭政策は経済に大きな影響を与えるため難しい。そのため、**石炭とバイオマスの混焼発電所とCCS技術を組み合わせるBECCS**（Bioenergy with Carbon Capture and Storage）が、今後インドネシアの電力セクターの温室効果ガス削減に重要な役割を果たすことを考えられる。

2060年ネットゼロエミッション

インドネシア政府は、2021年7月に「2060年ネットゼロエミッション」を宣言しており、①新・再生エネルギー利用促進、②化石燃料利用抑制、③電気自動車（EV）の利用、④家計・産業での電気利用促進、⑤二酸化炭素回収貯留（CCS）の活用を軸に、カーボンニュートラル社会の実現を目指す。

■ 再生可能エネルギー

2020年の**発電容量に占める再生可能エネルギーの割合は15%**であり、石炭やディーゼルをはじめ化石燃料に依存している。

インドネシア政府は、国家エネルギー政策、及び国家エネルギー総合計画において、新エネルギー・再生可能エネルギーの一次エネルギー使用量に占める割合を**2025年に23%以上、2050年に31%以上**という目標を掲げている。また、2021年に国連に提出された「2050年インドネシア低炭素・気候強靱化のための長期戦略」では、**2050年には43%の再生可能エネルギーの導入を目指す**し、**水力、地熱、太陽光、風力、バイオマスの開発を進めるとしている**。インドネシアは赤道直下に位置し、更に火山国であるため、特に**地熱発電、太陽光発電のポテンシャルが大きい**。

一方で、インドネシアでは様々な政策の障壁により、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入が進んでこなかった。2017年に導入された電力供給基本コストをベンチマークとした入札制度では、再生可能エネルギーの買い取り価格が各地域の平均発電コスト（ベンチマーク価格）を超えてはならないとしている。また、BOOT（Build Own Operate Transfer）方式が適用され、独立発電事業者は電力購入契約の契約期間が終了した時点で国営電力会社（PLN）へ事業を譲渡しなければいけなかった。しかし、BOOT制度は廃止されることが決定し、また入札プロセスを経ずに PLN が特定の電力供給事業者を指定することが可能となるため、今後の事業開発が活性化することが期待される。

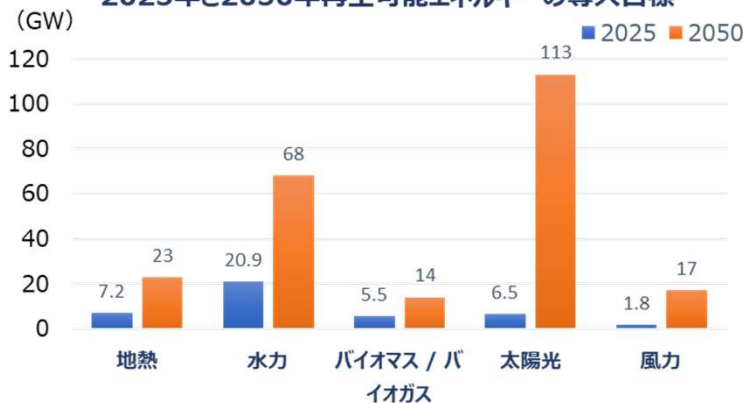
■ スマートグリッド

インドネシアでは、断続的な停電、電力損失、盗難など、送配電に関する様々な課題を抱えている。また、島嶼国であるという地理的な特性から、国全体を網羅する大規模な電源・送電システムを導入するのではなく、**各地域での地産地消を目的としたマイクログリッドが好まれる傾向**にある。

インドネシア政府は、スマートグリッドの基盤として**ICTとスマートメーターの導入を進めており**、2022年までに全国で100万台の次世代電力計「スマートメーター」を設置する計画を発表している。また、日本をはじめとした様々なドナーによるスマートグリッドの実証事業が実施されており、NEDOがスルヤチプタ工業団地で、スマートコミュニティ実証事業を実施しているほか、(株)九電工がスンバ島で「再生可能エネルギーと鉛蓄電池によるエネルギー管理システム（EMS）」のハイブリッド型発電実証を実施している。

今後もスマートグリッドの需要は高まると見られ、米国Northeast Group社によると、**東南アジア諸国における2014年から2024年にかけてのスマートグリッド・インフラ構築に向けた投資は136億ドルに上る見込み**であり、インドネシアも大きな市場になると予測している。

2025年と2050年再生可能エネルギーの導入目標



出展：調査に基づき作成

■ 運輸部門の脱炭素化

● 電気自動車

インドネシア政府は**電気自動車（EV）の「アジア生産ハブ化」**を目指しており、**2025年における自動車生産台数の20%をEVとし、2025年に40万台、2030年に60万台、2035年に100万台のEVを同国で生産する目標を掲げている。**

また、同国ではEV産業のカギであるリチウムバッテリー製造のための資源・ニッケルが豊富であり、**完成車の生産だけでなく、バッテリーや部品産業の育成も視野に入れて、EV製造における原材料の現地調達率を段階的に引き上げるように規制している。**この目標達成に向けて、EV生産を行う企業に対しての税制優遇などが検討されている。

現在の同国における自動車市場は、日本車が9割を占めているが、インドネシア政府は、同国におけるEV普及に向けて、EVを生産する外国メーカーの誘致やEVの国内製造強化に政策をシフトしており、韓国のHundai社が西ジャワ州に工場を建設するなど、今後の同国の自動車業界の構造が大きく変わる可能性がある。

● バイオ燃料

インドネシアは化石燃料への依存度を減らすため、同国が多く産出するパーム油から製造されたバイオディーゼル等バイオ燃料の利用を促進しており、「2050年インドネシア低炭素・気候強靱化のための長期戦略」でも、輸送および発電所用のバイオ燃料を開発することを主要戦略に掲げている。

現在のバイオディーゼルの混焼率は30%(B30)であるが、**今後は混焼率を更に高めることが想定されており、2025年までに混焼率40%(B40)を目指している。**また、政府はよりグリーンなバイオ燃料の開発を進めており、**パーム油100%のグリーンディーゼルやグリーンガソリン、バイオジェット燃料の開発が進められている。**

今後も同国におけるバイオ燃料の需要は高まるとみられ、インドネシアのシンクタンクThe Institute for Essential Services Reform (IESR)によると、2050年までにバイオ燃料需要が190万トンに達すると予測している。

■ 水素エネルギー

水素エネルギーの活用に関する導入の目標・計画の策定や、水素エネルギー取扱いに関する制度に関しては、現状整備されていないが、離島における安定的電源確保の手段、または水素自動車等に利用できるとして、**技術評価応用庁を中心に、燃料電池、及び水素エネルギーの開発・活用が検討されている。**国営電力会社では、今後水素に関する技術開発に120億ドルの投資が必要になると発表している。

燃料電池	燃料電池の開発が進めれており、PEM燃料電池の国内生産に向けて生産ラインを立ち上げているが、商用化までには至っていない。2013年頃よりSOFC燃料電池の開発も進めており、2024年ごろにプロトタイプ ¹ の製造を目指す。
バイオ水素	廃棄されたパームから水素を製造する技術開発も2009年から実施しており、近年はラボレベルからより規模を大きくして実証を進めている。
運輸部門における水素利用	水素燃料を活用した燃料電池バイク、燃料電池カート、燃料電池ゴルフカートなどの乗り物の開発を進められている。また、2020年には、インドネシア鉄道公社とALSTOM社が、水素燃料電池列車の共同開発に関するMoUを締結した。
自立型水素エネルギー供給システム	東芝エネルギーシステムズ(株)が日本政府の支援を受け、再生可能エネルギーから水素を製造、貯蔵、利用するまでワンストップで行うエネルギー供給システム(H2One™)の実証を実施している。

EV製造における原材料の現地調達率

種類	期間	現地調達率
二輪車・三輪車	2019年～2023年	40%以上
	2024年～2025年	60%以上
	2026年以降	80%以上
四輪車	2019年～2023年	35%以上
	2024年～2025年	40%以上
	2024年～2029年	60%以上
	2030年以降	80%以上

出展: JETRO, ビジネス短信「EV促進に関する政令を発表、アジアのEV製造拠点へ」(2019年8月23日)

海洋プラスチックごみ対策

■ 海洋プラスチック対策への取り組み

インドネシアからのプラスチックごみ海洋流出量は、2010年推計値で48～129万トン/年となっており（Jambeckら2015）、国別流出量では第2位となっている。インドネシアでは、海洋ごみ、特にプラスチックごみを減らすことを目的とした行動計画を策定しており、5つの戦略を掲げている。特にプラスチックごみ対策に関連するプログラムとして以下がある。

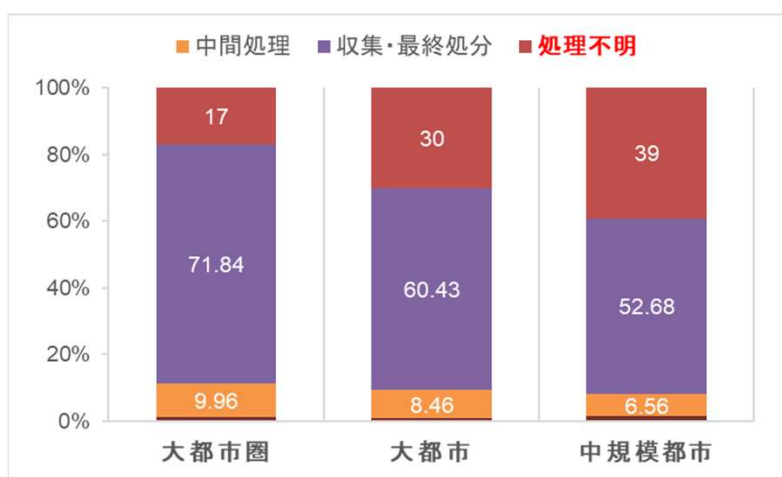
戦略（抜粋）	プログラム（抜粋）
2. 陸地由来の廃棄物の管理	1. 河川流域での廃棄物の管理 2. 上流産業部門からのプラスチックごみの管理 3. 川下産業部門からのプラスチックごみの管理
3. 海洋・海岸における廃棄物の管理	1. 海運活動からのプラスチックごみの管理 2. 海洋観光エリアでの活動からのプラスチックごみの管理 3. 海洋および漁業活動からのプラスチックごみの管理 4. 沿岸および小諸島での活動からの廃棄物の管理

■ 廃棄物発生量と収集状況

インドネシア全土における固形廃棄物の発生量は、2020年の推計値で、6,780万トン/年となっている。収集状況については、ジャカルタ等の大都市圏及び大都市では、発生量の60～70%が収集され、中規模都市でも50%以上が収集されている。

一方で、**処理不明となっている割合は、大都市圏でも17%**となっており、大都市及び中規模都市では、それぞれ30%及び39%と上昇する。これらの一部は環境へ流出していると考えられる。

各家庭から排出されたごみは、自治体の責任により、最終処分場（埋立地）まで収集・運搬することになっている。なお、インドネシアでは、プラスチックごみを含めて、行政による分別収集は実施されていない。

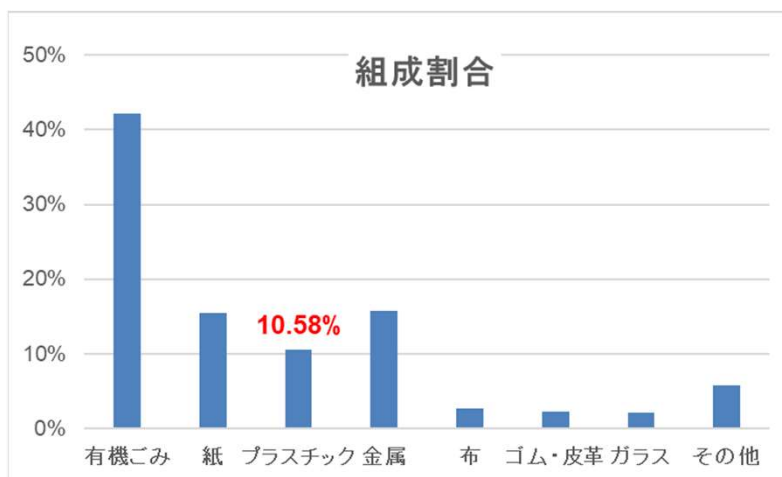


インドネシアの固形廃棄物処理状況

出典：インドネシア環境林業省（2020）より作成

■ プラスチックごみ

インドネシア全土でのプラスチックごみの割合は10.58%という調査結果がある。年間で**約680万トンのプラスチックごみ**が排出されていることとなるが、そのうち、**収集される割合は約39%**という推計されている。内訳は、公式（フォーマル）なルートが24%、インフォーマルルートが7%、及び最終処分場（埋立地）から収集されるものが7%となっている。収集されたプラスチックのうち、**リサイクルされる割合は全体の10%**程度であり、約68万トンと推計される（世界経済フォーラムNPAP調査2020）。



インドネシアの固形廃棄物処理状況

出典：インドネシア環境林業省（2020）より作成

■ 分別回収

インドネシアでは、有価物となるプラスチックごみについては、スカベンジャー（廃棄されたごみからの回収者）、及び「ごみ銀行」と呼ばれる**地域コミュニティ主体による集団回収**で回収されているが、全体の収集状況や量は把握できていない。

インドネシアでリサイクルされている家庭系プラスチックのうち、インフォーマルセクターが年間354,900トンのプラスチック廃棄物を回収し、ごみ銀行は年間11,400トン、政府所有施設は年間54,600トンとの推計もある。**インフォーマルセクターが担う役割が大きいことが示唆**されている。

■ プラスチックごみの回収

インドネシアでは、従来から各自治体により河川・水路のごみの除去が行われているが、河川ごみを捕捉するトラップの設置については、ジャカルタ州など一部の自治体に限られる。今後、**全国主要30河川に浮遊ごみの捕捉施設を設置する計画**がある。

■ ワンウェイプラスチック

大統領令による行動計画において、メーカー、飲食サービス業者、流通業者に対し、**アルミ、プラスチック、ガラス、紙の容器包装を2029年までに30%削減**することが求められている。また、ジャカルタでは州知事令で**使い捨てのプラスチック袋（レジ袋）の使用禁止**を定めている。他にも、プラスチックの使用量削減・代替製品の活用により、2025年までに年間100万トン以上の使用量を削減する目標が定められている。製造事業者等に対しても、プラスチック、紙、アルミ缶、ガラス等の容器包装等への原則、拡大製造者責任を適用する規則ができている。



河川に浮遊する多数のプラスチックごみ（ジャカルタ）
撮影：GEC

■ バイオプラスチック

大統領令による行動計画の中に、「生分解性あるいは再生しやすいプラスチックの製造促進」、「生分解性プラスチック産業へのインセンティブの評価とりまとめ」、及び「生分解性プラスチック製品の GMP（Good Manufacturing Practice）ガイドラインのとりまとめ」といった活動が計画されている。

「プラスチック汚染の大幅削減に向けた利害関係者行動計画」（Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia:A Multistakeholder Action Plan）において、プラスチックの選別及びリサイクル施設を建設または拡充し、2025年までに年間975,000トンのプラスチックを処理することにより、現在のリサイクル能力を2倍とすることが示されている。

民間の動きとして、インドネシアのユニリーバのプラントでは、**Sachet（小包装）の約60%以上を占めるポリエチレンを回収し、新しい小袋へとリサイクルする技術について実証**を進めている。ユニリーバは、プラスチック分野での循環型経済の形成を支援する新技術の開発に取り組むとしており、当初の対象国としてインドネシアを定めている。

ベトナム

国の基本情報

国土面積 ¹	32万9,241 km ²	人口 ¹	約9,762万人
GDP (2020) ¹	約3,406億ドル	一人当たりGDP (2020) ¹	3,498ドル
主要産業 ¹	農林水産業、鉱工業・建築業、サービス業	物価上昇率 (2020) ¹	3.23%
カントリーリスク (NEXI) ²	E (A~H)	海外直接投資受入額 (2019) ³	390億ドル 参考：2010年：100億ドル
主要輸出品目 (2020) ¹	繊維・縫製品、携帯電話・同部品、PC・電子機器・同部品、履物、機械設備・同部品	主要輸入品目 (2020) ¹	機械設備・同部品、PC・電子機器・同部品、繊維・縫製品、鉄鋼、携帯電話・同部品
総輸出額 ¹ (2020)	2,827億ドル (対前年比 7.0%増)	総輸入額 ¹ (2020)	2,627億ドル (対前年比 3.7%増)
日系企業数 (2020) ³	1,985社 北部(ハノイ)794社 中部(ダナン)147社 南部(ホーチミン)1,044社		
日本企業の投資件数と投資額 (2020) ³	427件 12億1,900万ドル		
GDP成長率 (2021) ⁴	6.5% ※予測値		

出典：

- ※1外務省, ベトナム基礎データ
- ※2NEXI, 国・地域ごとの引受方針
- ※3JETRO, ベトナム基本情報
- ※4 IMF, World Economic Outlook Database

■実質GDP推移 (経済成長率の推移)



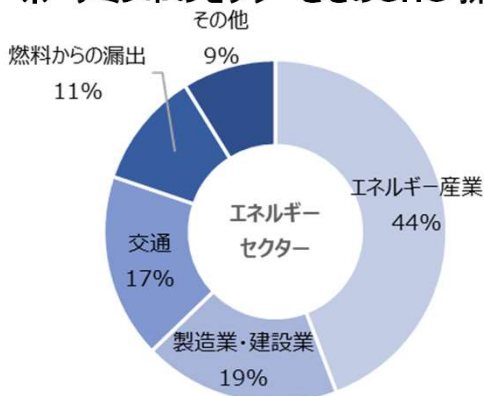
出展：IMF, World Economic Outlook Databaseより作成

脱炭素

■ エネルギー資源の利用状況

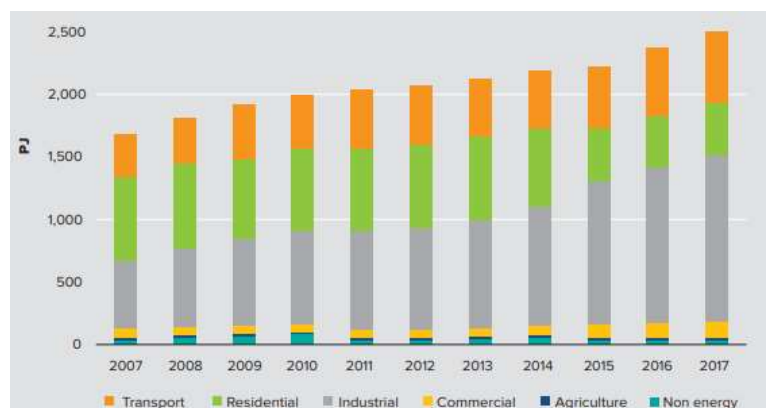
ベトナムでは、エネルギー部門からの温室効果ガスの排出が最も大きく全体の65%を占め、特に、**発電、運輸、製造業・建設部門から多く温室効果ガスが排出**されており、この傾向は今後も続くと予想されている。また、部門別の最終エネルギー消費量では、**産業部門が最も多く**、2007年から2017年にかけての年平均成長率は最大9.3%と急激に増加している。運輸部門におけるエネルギー消費量も近年増加傾向にあり、経済発展や人口増加による交通需要が拡大している。そのため、**再生可能エネルギーの普及拡大とともに、産業部門、また首都ハノイ市や商業都市ホーチミン市などの都市部では、業務部門や運輸部門の省エネ対策が喫緊の課題**である。

ホーチミン市のセクターごとのGHG 排出量



出展：3rd Viet Nam Biennial update report (2020年) より作成

ホーチミン市の固定エネルギーセクターのGHG 排出量



出展：IRENA 等, Vietnam Energy Outlook Report 2019²⁴

■ エネルギー政策の動向

ベトナムでは2020年2月11日に、政治局決議55号「2030年までの国家エネルギー発展戦略と2045年までのビジョン」を策定し、2030年、及び2045年までのエネルギー開発目標が示されている。

また、2021年11月COP26において、2050年までにカーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言し、エネルギー開発目標の改定を急いでいる。

政治局決議55号におけるエネルギー開発目標

エネルギー開発目標	2030年	2045年
一次エネルギー供給量	175 - 195M-t of TOE	320-350M-t of TOE
再生可能エネルギーの割合	15~20%	25~30%
最終エネルギーの総消費量	105 -115 M-t of TOE	160 -190 M-t of TOE
最終エネルギー総消費量に対する省エネルギーの比率	7%	14%
電力の信頼性	地域的な相互接続性を備えた効率的なスマートグリッドシステムを開発し、安全で確実な電力供給を確保	
	ASEAN諸国のトップ4	
電力アクセス指数	ASEAN諸国のトップ3	

■ 再生可能エネルギー

国際再生可能エネルギー機関(IRENA)の「Energy Profile Vietnam」(2021年9月)によると、2018年の一次エネルギー供給量に占める再生可能エネルギーの割合は24%であった。そのほとんどがバイオエネルギー(51%)と水力発電(46%)であり、太陽光発電は2%程度であった。しかし、近年太陽光発電の開発が急激に進んでおり、第8次国家電力開発基本計画第3草案では、特に風力・太陽光発電の開発を優先する方針が示されている。水力発電は、国内の主要な水力資源はほぼ開発し尽くされており、既存の発電所を最大限活用するものの、2030年、2045年の電力構成に占める割合は相対的に縮小する。

● 太陽光発電

政治局決議55号において、特に屋上や浮体式の太陽光発電が奨励されている。特に日射量の多い中南部地域において太陽光発電の開発が急増しており、2018年はわずか134MWであったのが、2019年には4.45GWまで拡大し、2022年には5.5GWに達する見込みとされている。特に南部地域は、電力の一大消費地であるホーチミンがあり、電力需要が大きい地域である。そのため、ポテンシャルとニーズがマッチしており、コストの低減の要因にもなるため、開発事業者には魅力的である。

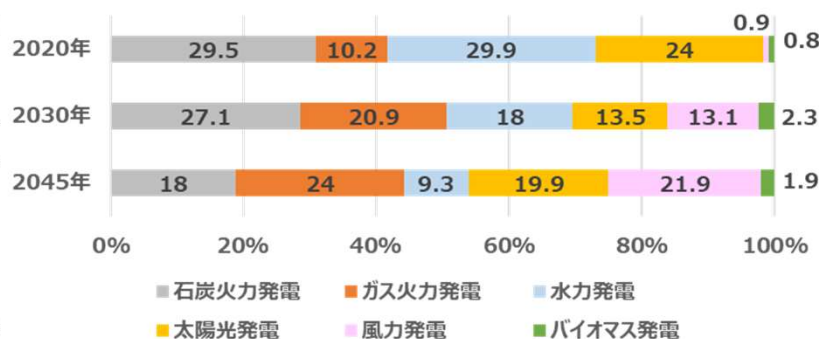
一方で、政府は太陽光発電への偏向を避けたい意向を示しており、2021年11月にはFIT制度の適用が終了し、競争入札制度によって個別に電力価格が決定されることとなった。また、並行して直接電力購入契約制度の導入も検討されている。

● 風力発電

ベトナムは南北に伸びた3,200km以上の海岸線と約100万km²の総海域を有しており、東南アジア地域の中で最も風況の条件が良い国の1つとされ、陸上風力、洋上風力ともに潜在的な開発ポテンシャルが見込まれる。ベトナム商工省、及び世界銀行の調査では、同国における陸上風力のポテンシャルは26.7GWと推定されており、特に南部と中部の風況がよいとされ、現在稼働中、または建設中の案件は、南部 Binh Thuan省やNinh Thuan省に集中している。また、Gia Lai省では、12,600MWの設備容量に相当する104の風力発電プロジェクトが申請されている。

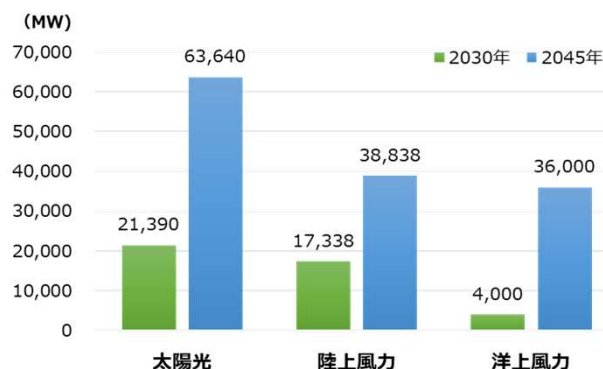
一方、洋上風力は、南部のニアショアプロジェクトで導入されており、世界銀行によるとベトナムの洋上風力の設備容量は世界第9位の99MWである。

PDP8第3草案(2020年2月)における
電源別の発電容量構成比



出展：JETRO、「2030年までに温室効果ガス9%削減へ、再生可能エネルギー重視(ベトナム)」(2021年4月28日)より作成

PDP8草案(2021年11月版)における
太陽光・風力の開発目標



出典：VietBiz、「ベトナム洋上風力、陸上風力発電市場：2045年将来見通し」(2021年12月1日)より作成

■ 電力供給インフラと電力需給の高度化

再生可能エネルギーの急増に対して、送電網の整備が追いついておらず、新規発電所からのグリッド新設が優先される一方、既存グリッドの老朽化や不備に対応できていない。このため、**既存送電線は過負荷状態になり、特に太陽光発電が多く立地する南部地域において、出力制限による停電が頻発**している。また、送電システムが非効率で、かつ不正な電力窃盗も多く、送電ロス率が7.6%（2017）と高い（JETRO、「ベトナム電力調査2017」（2018年3月））。南部地域においては、需要量に対して電源容量が不足しており、一部北部・中部から一部受電しているが、送電ロス等を考慮すると地域ごとの需給バランスをすることが望ましい。

ベトナム政府は、発電、送電、配電の各段階、及び電力規制システムを近代化し、電力システムの安全性と電力サービスの質の確保を目指しており、ベトナム電力公社による独占を縮小・廃止し、国の送電インフラやシステムへの民間投資を可能にするメカニズムを構築することを表明している。これを受けて、ベトナム電力公社がグリッド整備やアップデート等を民間企業に委託する方針を発表している。さらには、2020年6月に可決された官民連携パートナーシップ(PPP)法の対象となるため、透明性の高い投資枠組みの提供が期待される。

今後再生可能エネルギーが増加するに伴い、グリッドの負荷軽減や需給バランスをとることが重要になる。ベトナムでは、世界銀行の支援によるスマートグリッド開発プロジェクトが実施されており、ホーチミン市でデマンドレスポンス、変電所自動化システム、広域監視システム、運転・監視用情報システムなどの実証事業が行われた。現在はフェーズ2で、スマートシティやマイクログリッド、エネルギー貯留に関する具体的な実証事業の実施を目指している。また、首都ハノイ市では日本企業が主体となり、スマートシティ開発を計画している。

■ 産業・業務部門の省エネルギー対策

VNEEP3における産業分野の部門ごと省エネ目標

産業分野の部門	2015～2018年の期間平均エネルギー消費量と比較した場合の省エネ目標
鉄鋼業	製品の種類と生産技術に応じて5%～16.5%
化学工業	10%以上
プラスチック製造業	21.55%～24.81%
セメント業	最低10.81%
繊維・衣服産業	6.8%以上
アルコール・ビール・飲料産業	生産規模により 4.6～8.44%
製紙産業	製品の種類と生産規模により9.9%～18.48%

出典：MOIT, Vietnam - National Energy Efficiency Program 2019 - 2030, 2019年1月21日

2011年に省エネ法が制定された以降も、不十分な法整備やインセンティブの欠如により、省エネ対策が十分に進んでいない。このような状況下において、政府は2019年から2030年までの省エネルギー国家プログラム（VNEEP3）を策定し、**2025年に5-7%、2030年に8-10%の最終エネルギー消費量を削減する目標**を定めた。

IRENAによると、**産業分野における熱利用の省エネポテンシャルが大きく、熱利用の効率化が最も重要な省エネ対策分野**としているが、現在のベトナムの省エネ対策は電気の省エネに偏っており、熱利用に関する制度やインセンティブは不十分である。

一方、首都ハノイや商業都市ホーチミン市などでは、商業ビルやホテル、集合住宅等の建設が進んでおり、省エネポテンシャルが大きく、LED照明やビル用マルチエアコンなど需要が高い。一方で、経営者の理解不足やインセンティブの欠如、初期投資や投資回収年数の課題により、省エネ対策が十分に進んでいない。

グリーンビルディング

建築・運営の各段階において、エネルギー・水などの資源消費量を極力少なくし、ビル全体の環境性能が高まるように設計されたグリーンビルディングが、近年ベトナムでは注目を集めつつある。ベトナムにおいて、ベトナムグリーンビルディング協会（VGBC）のLOTUS認証や世界標準の環境認証として浸透しているLEED認証を受けた、または進行中のプロジェクトは、2020年で累計300件以上になる。

■ 運輸部門の脱炭素化

ベトナムでは、都市部を中心に二輪バイクや自動車が増加しており、**渋滞の発生、交通事故、大気汚染**等の問題が生じている。運輸部門におけるGHG排出量も増加傾向にあり、今後も都市部における交通需要は拡大することが予想されるため、運輸部門における脱炭素化対策が急がれる。

ベトナムにおいて、電気自動車（EV）に関する具体的な政策は示されていないが、ベトナム自動車工業会が2050年までのEV発展計画を発表し、さらには2021年12月にベトナムの自動車メーカー「ビンファスト」が国産EVを発売するなど、世界的潮流にのって、民間主導でEV市場が形成され始めている。

海洋プラスチックごみ対策

■ 海洋プラスチック対策への取組み

ベトナムからのプラスチックごみ海洋流出量は、2010年推計値で28～73万トン/年となっており（Jambeckら2015）、国別流出量では第4位となっている。ベトナム政府は、2030年までに水域に流入するプラスチックごみの75%削減、観光地における使い捨てプラスチック製品と非生物分解性プラスチック袋の完全廃止、海洋保護区のプラスチックごみゼロを目標に掲げている。また、2020年11月に環境保護法を改正してプラスチックごみの最小化、リユース、リサイクルを含め適正な処理について定め、分別廃棄に関する責任を明確化した。

また、日本の環境省は、2019年度より、海洋ごみモニタリングに関する人材育成研修等の協力を行っており、マイクロプラスチックを含む漂流ごみ等の共同パイロットモニタリング調査を実施することとなっている。

■ 廃棄物発生量と収集状況

国家環境状況報告書（ベトナムMONRE）によると、2019年の廃棄物発生量は、ハノイでは237万トン/年（6,500t/日）、ホーチミン市では343万トン/年（9,400トン/日）、全国で1,300万トン/年（35,624トン/日）となっている。また、それぞれの地域での収集率は、96.8%、及び98.6%となっており、比較的高い割合を示している。

なお、廃棄物の収集・運搬、処分等の実務は、ハノイではハノイ都市環境公社（URENCO）が、ホーチミン市では、ホーチミン都市環境公社（CITENCO）または各区の環境公社が、それぞれ実施している。

地域別の固形廃棄物発生量と収集量（2019年）

都市/地域	発生量 (万トン/年)	収集量 (万トン/年)	収集率
ハノイ	237	—	—
紅河デルタ（ハノイを含む）	309	299	96,8%
ホーチミン市	343	—	—
東南部（ホーチミン市を含む）	461	455	98,6%
全国	1,300	1,193	91,8%

出典：ベトナムMONRE（2019）より作成

■ プラスチックごみ

都市別の家庭ごみ組成を示す資料によると、**ホーチミン市におけるプラスチックごみの割合は13.9%**とされている。一方で**ハノイでは3.0%**と低い。また、その他の品目についても両都市間で違いが大きく、実態把握にはより詳細な調査が必要と思われる。

都市別の家庭ごみの組成（%）

主な品目	ハノイ	ホーチミン市
	2018	2017
プラスチック	3.0	13.9
食品等有機ごみ	51.9	59.2
紙	2.7	6.4
金属	0.9	5.5
ガラス	0.5	2.6
不燃物（土、砂など）	38.0	2.8

出典：ベトナムMONRE（2019）より作成

ホーチミン市の排出源別の家庭ごみの組成（%）

主な品目	家庭	学校	市場	埋立地	堆肥化工場
	2017	2015	2015	2014	2015
プラスチック	13.9	36.4	7.7	16.4	13.7
食品等有機ごみ	59.2	25.5	87.8	67.9	53.2
紙	6.4	35.0	1.9	2.5	5.7
金属	5.5	-	0.1	3.6	0.3
ガラス	2.6	1.2	-	0.2	1.7
砂	-	-	1.2	-	-

出典：ベトナムMONRE（2019）より作成

ホーチミン市の家庭ごみの排出源別の組成資料によると、**埋立処分場のごみの中に、プラスチックごみが16%以上含まれていることが分かる。**

なお、工業系のごみ、いわゆる日本の産業廃棄物は、生活系ごみほど統計データが整理されていない。ベトナム天然資源環境省（MONRE）の調査によると、2015年の実績は、約820万トン/年となっている。

■ 分別回収

ベトナムを含め、途上国では一般に、行政による分別収集はほとんど実施されていない。有価物の一部が、**インフォーマルセクターによって回収・再資源化**されており、新聞紙、段ボール、ペットボトル、ビール瓶、アルミ缶等が、市民により排出源で分別されている。

ハノイでの調査によると（国環研2012）、プラスチック類は、買取されないものも含めて、固形プラスチックが4種類程度、フィルム状プラスチックが5種類程度に分類されている。インフォーマルによる有価物回収量の割合はURENCOが回収するごみ量の6.0%（重量）に相当した。

ホーチミン市でのインフォーマルセクターによる回収量のデータはないが、同様の割合が予想される。



コンポスト施設に搬入された生ごみ。分別されていないためにプラスチックごみの混入が目立つ（ハノイ） 撮影：GEC

■ プラスチックごみの回収

2019年の首相決定1746号において、「海洋プラスチックごみ削減割合」や「漁業ごみの回収割合」について、2025年、及び2030年の数値目標が立てられている。ベトナムは、南北に約3,000kmの海岸線を有しており、不適正な廃棄物管理によるプラスチックごみの海洋への流出危険度が高いと認識されている。JICA（2020）では、**漂着ごみ調査の実施や回収技術の支援等**の可能性を報告している。

■ ワンウェイプラスチック

2018年の首相決定491号において、**2025年までに、商業施設での使い捨てプラスチックバッグを環境に優しい製品に置き換えるという方針**が示されている。また、2020年には、使い捨てプラスチック製品の生産・消費を禁止するための生産と消費を制限する仕組みやロードマップ提案についての指示が出されている。

■ バイオプラスチック

現時点で、ベトナム政府として、プラスチックから他の素材あるいは生分解性プラスチックへの転換といった上流対策は明示されていない。しかし、今後の取組みとして、プラスチック製品（再生プラスチック製品等）の製造に関連する基準の策定が目指されており、これに関連する規格が新たに策定開始される可能性が示唆されている。

■ リサイクル技術

廃棄物の発電を伴う生活系廃棄物処理施設への投資プロジェクト等に関心のある多くの地方・国際機関等と協議が実施されている。現時点では、実施が具体化したプロジェクトは無い。

ハノイにおいて、**日系企業とURENCOと共同で、RPF（紙・プラスチック燃料）の生産・販売、コンサルティング事業を実施している例**がある。

タイ

国の基本情報

国土面積 ¹	51万4,000km ²	人口 ¹	6,617万人
GDP (2020) ¹	501.79 (10億ドル)	一人当たりGDP (2020) ¹	7,188ドル
カントリーリスク (NEXI) ²	D (A~H)	海外直接投資受入額 (2020) ³	48.4億ドル
主要輸出品目 ¹	自動車・同部品、電子機器・同部品	主要輸入品目 (2020) ¹	機械・同部品、原油、金属
総輸出額 (2020) ¹	2,316億ドル	総輸入額 (2020) ¹	2,062億ドル

主要産業¹ 農業は就業者の約30%を占めるが、GDPでは10%未満にとどまる。一方、製造業の就業者は約15%だが、GDPの約30%と最も高い割合を占める。

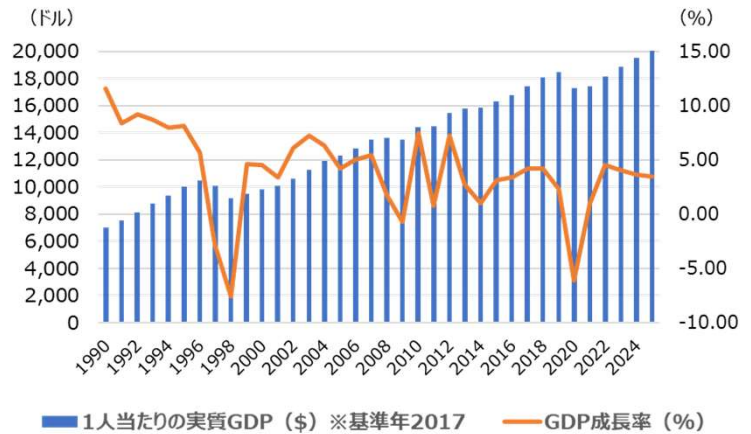
日本企業数³ 5,856社 (2021年4月)
 製造業 (2,344社・40%)
 卸売業・小売業 (1,486社・25.4%)
 サービス業 (1,017社・17.4%)
 事務所の所在地はバンコクを含む周辺10都県に全体の95%が集中しており、中でもバンコクは53%を占める。

GDP成長率 (2020)¹ 6.1%

出典：

- ※1外務省, タイ基礎データ
- ※2NEXI, 国・地域ごとの引受方針
- ※3JETRO, タイ基本情報
- ※4 IMF, World Economic Outlook Database

■ 実質GDP推移 (経済成長率の推移)



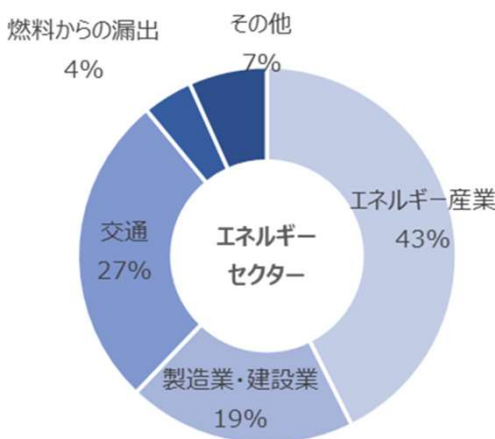
出展：IMF, World Economic Outlook Databaseをより作成

脱炭素

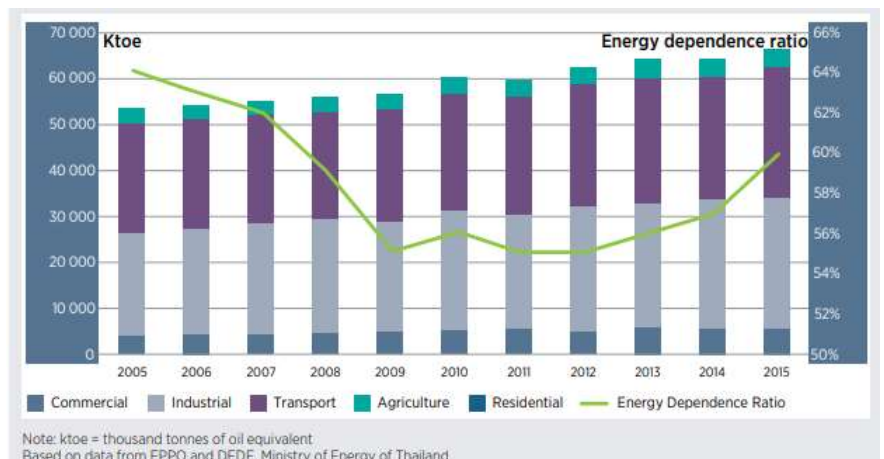
■ エネルギー資源の利用状況

タイでは、温室効果ガス排出量は年平均2.31%の割合で増加傾向にある。内訳は、**エネルギー部門からの温室効果ガスの排出が最も大きく、全体の71%を占める**。特に発電と熱生産のための燃料燃焼に起因して多く排出されており、エネルギー部門の温室効果ガス排出量の43%を占める。また、**最終エネルギー消費量も増加傾向にあり、そのほとんどを運輸と産業部門が占めている**。

エネルギーセクターのGHG排出量 (2016)



セクター別最終エネルギーの消費の推移



出典：Thailand 3rd Biennial Update Reportより作成

出典：IRENA, Renewable Energy Outlook Thailand (2017年)

■ エネルギー政策の動向

2065年カーボンニュートラル

タイは2065年～2070年までにカーボンニュートラルの達成を目指しており、その実現のために①2050年までに新規発電能力のうち再生可能エネルギーの割合を50%以上、②2030年までに電気自動車の割合を30%以上、③2037年までにエネルギー効率性を30%以上改善等の政策方針を「国家エネルギー計画枠組み」で掲げている。今後は、脱炭素化、デジタル化、分散化、規制緩和、電化によるエネルギーシステムの変革が必要としている。また、カーボンニュートラルの達成のために技術革新、研究開発、実用化が必要と考えられている技術や政策は以下の通り。

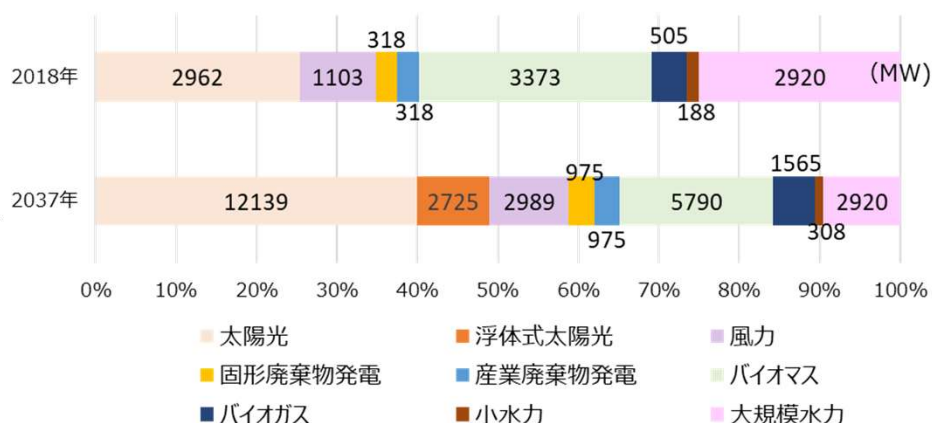
エネルギー部門	再生可能エネルギー、CCS、CCS付きバイオエネルギー、水素エネルギーの活用、エネルギー効率の改善、デジタル化、分散化、規制緩和、グリッド近代化、エネルギー貯蔵システム、ネットメーティングなど
運輸部門	公共交通機関のインフラとネットワーク、脱炭素車両への完全な転換、公共のEV急速充電ネットワークの整備、水素燃料補給ステーションの整備など

■ 再生可能エネルギー

IRENAによると、2020年の発電容量に占める再生可能エネルギーの割合は22%であり、バイオエネルギー（37%）が最も多く、次いで水力（26%）と太陽光（25%）が並び、風力（13%）であった。

タイ政府は、代替エネルギー開発計画(AEDP2018)において、2037年までに最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合（輸入水力発電を含む）を30%まで引き上げることを目標としており、太陽光発電、風力発電、廃棄物発電の導入を拡大させる方針を示している。

2018年と2037年までの発電容量(MW)目標 (AEDP2018)



出典：代替エネルギー開発計画(2018)より作成

エネルギー効率化計画2018におけるセクター別省エネ目標
単位 (ktoe)

	電気	熱	合計
産業	6,777	14,360	21,137
業務	5,532	886	6,418
家庭	2,923	377	3,300
運輸		17,682	17,682

出典：Mid-century, Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy (2021年10月)

■ 省エネルギー対策の現状

タイ政府はエネルギー効率化を推進するため、エネルギー効率化計画(EEP2018)において、2037年までにエネルギー原単位を30%削減、全需要サイドセクターから49,064 ktoeを節約することを目標としている。

指定工場・建築物を対象としたエネルギー報告制度があり、これらの建築物の所有者はエネルギー管理者を選任し、エネルギー生産・省エネの取組み状況、省エネ目標や計画、監査資料等をタイ代替エネルギー開発・効率局(DEDE)に報告する義務がある。ただし、現状は大企業が対象とされており、中小企業は義務が課されていない。また、提出された報告書がDEDEにより十分に検証されず、そのため罰則規定があるものの実質機能していないため、省エネ推進のインセンティブにはなっていない。そのため、大企業では省エネ対策が一定程度進められているものの、中小企業ではいまだ省エネ効率の高い機器の導入が進んでいない。

■ 産業分野の省エネルギー対策

特にエネルギー消費の大きい製造業を中心とした産業分野の省エネ対策は、国のエネルギー政策の優先課題でもあり、省エネ目標全体の4割に当たる21,137ktoeのエネルギーの節約を目標としている。また、産業分野では、特に熱利用分野でのエネルギー消費量が大きく、熱分野では14,360 ktoeのエネルギーを削減する必要があるとしている。

タイの産業分野において、一般的に温水はボイラーを用いて製造されており、重油やガスなどの化石燃料を大量消費する。また、一度使用した蒸気はそのまま廃棄されることが多い。これは、排気・排水に関する規制はあるものの、違反した場合の罰則がなく、導入する場合の初期投資額が大きいためである。そのため、高効率ボイラーやヒートポンプによる熱生成の効率化や蒸気・熱の再利用は、産業の省エネ対策に貢献するものとして期待されている。一方、日本では認知度のあるヒートポンプだが、タイの特に産業分野での導入は限定的であるものの、二国間クレジット制度（JCM）を通じて、食肉加工工場に導入されている。

タイでは設備のイニシャルコストより、投資回収年数を重視する傾向にあり、一般的に投資回収年数は3年以内が目安とされ、それより長くなると事業者は設備投資に踏み切らない。しかし、タイ国内の補助金やJCM設備補助等の資金支援の活用や、さらにはESCOの活用などによるコストの削減を示すことができれば、投資に繋がる可能性はある。

■ 業務分野の省エネルギー対策

近年目覚ましく発展している首都バンコクにおいては、商業施設やオフィスビル、コンドミニアム等における空調機器の省エネ化や、ホテル、病院などの給湯機器の省エネ化のニーズが大きいと考えられる。さらには、これらの機器を自動制御し、エネルギー管理の適正化・高度化に資するEMSを導入することで、大幅なエネルギー消費量削減が可能になると考えられる。

● ヒートポンプ給湯器

産業分野では導入が限定的であるヒートポンプだが、業務部門では、欧州や現地メーカーを中心に導入が進んでおり、市場が形成されつつある。特に外国人向けのホテルでは、シャワー、フィットネスセンター、プール、スパ、レストラン等で温水需要があると考えられ、4つ星ホテル以上の高級ホテルには、ヒートポンプが一定程度普及している。また、タイでは大浴場が完備されたコンドミニアムが滞在員に人気であり、これらの高級コンドミニアムでもヒートポンプの需要が高いと期待される。

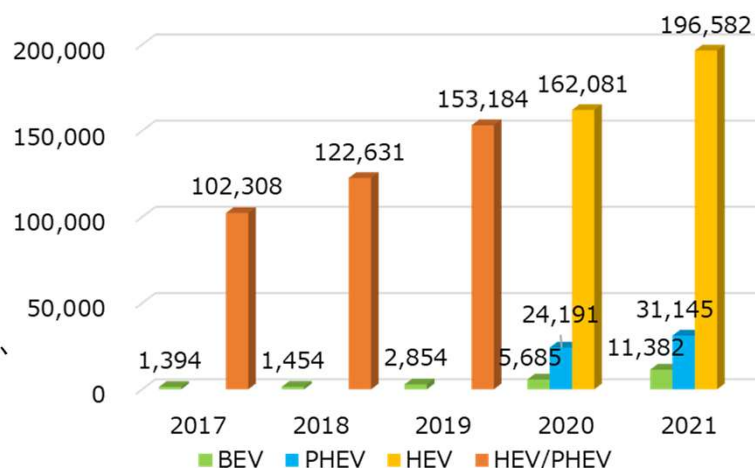
● ZEB

タイ政府は、延べ床面積が2000㎡以上の新築・改修建築物に対し、建物省エネ設計基準(BEC)を適用することを義務付けており、①建物外皮の熱伝達値、②電気照明システム、③空調システム、④水熱源システム、⑤再生可能エネルギー、⑥ビル全体のエネルギーパフォーマンスについて、それぞれの基準に沿って設計する必要がある。対象は、オフィスビル、教育施設、シアター、コンベンションホール、エンターテインメントビル、デパート、ホテル、病院、コンドミニアムである。また、代替エネルギー開発・効率局(DEDE)によると、2025年以降はBECから段階的に省エネ基準を引き上げる予定であり、2036年にはZEBの普及を目指している。現在、政府ビルにおけるNET ZEB実証を実施しており、2021年から2022年にかけて、施工を開始する予定である。

■ 運輸部門の脱炭素化

タイ政府は、2035年までに同国を電気自動車(EV)の「生産ハブ化」にすることを目指しており、2030年までに国内の自動車生産に占めるEVの割合を30%にする目標を掲げており、EVの累計生産目標台数は、2025年までに累計105万1,000台、2030年までに622.4万台、2035年までに1,841.3万台と設定されている。また、国内に拠点を有する自動車メーカーなどが国内でEVを生産することを条件に、税の優遇措置やEVの販売に補助金を交付するなど、同国におけるEV普及を加速させる政策を打ち出している。さらにタイ発電公社は、2022年度中に充電ステーションを300か所まで整備することを目標としている。

タイにおけるEV・PHEV・HEVの累積登録台数の推移



出典：タイ電気自動車協会(EVAT), 「Thailand Electric Vehicle Current」より作成

海洋プラスチックごみ対策

■ 海洋プラスチック対策への取り組み

タイからのプラスチックごみの海洋流出量は、2010年推計値で15～41万トン/年となっており（Jambeckら2015）、国別流出量では第6位となっている。現在、海洋プラスチック・廃プラスチック対策として、国家環境委員会にワーキンググループを設置して検討が進められている。

一方、タイでは、野焼きや野積みなど廃棄物の不適正処理も多く、土壌汚染や流出による海洋汚染の原因と考えられている。タイでも政府機関によって漂着ごみのモニタリングが行われているが、人員・設備も限られ、現状では限定された範囲の不定期な調査となっている。また、マイクロプラスチックも調査対象となっていない。

■ 廃棄物発生量と収集状況

タイ全土での2018年の都市廃棄物の発生量は2,780万トン/年となっており、うち750万トン（27%）が不適正な処理とされている。一方で、2015年の資料によると、ごみ収集サービスを利用できない地域の統計も示されており、これによると、さらに600万トン以上（約23%）が不適正に処理されていることが分かる。収集地域で収集されたごみも、約27%が不適切な処理とされており、合計すると**約50%が不適切に処理**されていると見積もられる。不適正な処理による廃棄物は土壌汚染、また流出により海洋汚染の原因と考えられている。

なお、バンコク首都圏においては、2018年の廃棄物発生量は485万トン/年となっており、うち、393万トンは適正な方法により、衛生埋立地で最終処分されている。

■ プラスチックごみ

タイ天然環境資源省公害管理局（PCD）の資料によると、タイ全土で発生する廃棄物のうち、**プラスチックごみは200万トン/年、うち50万トンはリサイクルの仕組み**に入っており、大半はプラスチック容器である。**残り150万トンのうち、120万トンはプラスチック袋、及びその他のプラスチックごみ**とされている。これらの一部は最終処分状況が不明であり、海洋流出していると推測されている。

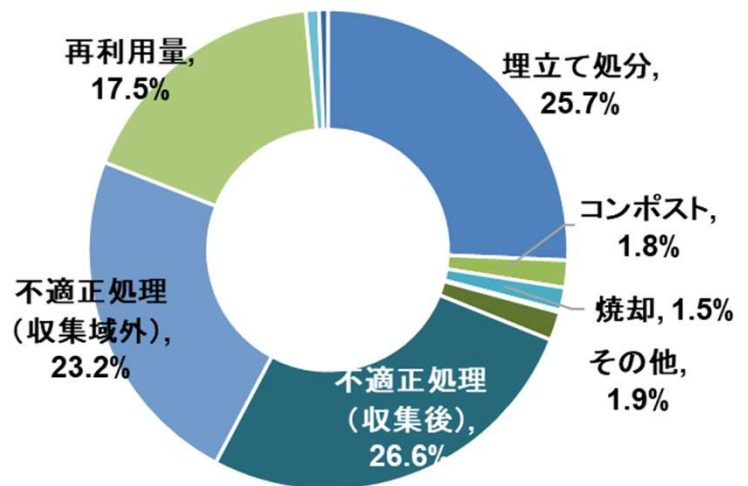
プラスチック製品については、国内生産されるプラスチック商品553万トン、及び輸入プラスチック商品112.7万トンについて、商品使用後に廃棄されるプラスチックが193万トン、うちリサイクルされる量は39万トンとなっている。リサイクルあるいは埋立等の処分がされずに、環境に流出する量は3万トンと見積もられている（PCD 2019）。

バンコクにおいてリサイクルされるごみの割合は、2018年で11.71%とされており、うち、プラスチックごみのリサイクル割合が5.17%となっている。一方、リサイクルされないプラスチックごみの割合は14.66%であり、**プラスチックごみのうち、約26%はリサイクル**されていることになる。

■ 分別回収

バンコクにおける都市廃棄物の収集は、バンコク首都圏庁（BMA）が、ごみ捨ての日時及び場所を指定し、地区事務所がその地域にしたがって詳細を定めることとなっている。

分別については、「一般廃棄物」、「有機廃棄物」、「リサイクル可能な廃棄物」、「家庭の有害廃棄物」が定められている。プラスチック廃棄物は、「リサイクル可能な廃棄物」として分別排出されると思われるが、回収量や割合等の詳細は不明である。



タイの都市ごみ処理割合
出典：タイ天然環境資源省公害管理局（2015）より作成

また、タイでは基本的に廃棄物のリサイクルは、**インフォーマルセクター**による有価物回収が主体であり、**ペットボトルやHDPE（高密度ポリエチレン容器）**などの価値の高いプラスチックは家庭などの排出源で分別、インフォーマルな回収業者やジャンクショップに直接引き取られ、そこから大手プラスチックごみ収集業者に販売、リサイクルされている。

その他、**地域コミュニティによる集団回収**も活発に行われている。地域によっては、「**ごみ銀行**」という仕組みも取り入れて管理している。ごみ銀行は地方行政単位が制度として管理・運営している。プラスチックについてはペットボトルが回収されている。



コミュニティ回収の様子と村で管理するごみ通帳
撮影：GEC

■ プラスチックごみの回収

タイでは、海岸でのごみ回収活動が実施されている。2018年の資料によると、33トンのごみが回収されており、内訳は多い順に、プラスチック袋（18.9%）、プラスチック飲料容器（8.6%）など、プラスチック製品が多い結果となっている。

河川、水路のごみは、各自治体によって除去が行われている。バンコク首都圏の場合は、1600の水路に対し、198か所の**ポンプステーションを配置し、水位差を利用したごみの回収**が行われている。水路などに流出したごみの組成分析も行われており、2018年にバンコク首都圏では、5,200トンのごみを水路から回収し、そのうち、7%がプラスチックを含む都市廃棄物であった。

■ ワンウェイプラスチック

タイ天然資源環境省公害管理局（PCD）によると、タイのプラスチック使用量は2017年に年間5,281万トン、うち**使い捨てプラスチックパッケージが233万1,000トン（41.4%）**となっている。

レジ袋については2020.1月から、小売店での提供が禁止されているが、コロナ禍により、プラスチックごみの増加が報告されている。パンデミック期間中のプラスチック廃棄物の発生量は約6,300トン/日で、平常時の約5,500トン/日に比べて15%増加した。

ワンウェイプラスチック対策として、品目別の削減目標率が設定されている。対象品目は、キャップシール、オキシ分解性プラスチック、マイクロビーズ、レジ袋（36ミクロン以下）、発泡スチロール製の食品容器、使い捨てプラスチックカップ、プラスチックのストローの7品目となっている。

■ バイオプラスチック

タイ工業規格（TIS）において策定中の規格の中に、バイオプラスチックに関する規格等のプラスチックに関連するものも含まれている。また、タイ政府は**Bio-Circular-Green（BCG）経済モデル**を推進中であり、循環経済に関連する分野として、高付加価値なバイオ由来製品（バイオプラスチック、繊維等）の生産のための技術開発の推進等が上げられている。

■ リサイクル技術

タイでは、自治体のごみ処理方法の一つとして**廃棄物発電施設**が35か所ある（PCD 2019による）。また、**廃棄物固形燃料（RDF）**による焼却発電事業が、**FIT（固定価格買取）制度**による後押しもあり、タイでも普及し始めている。タイ政府はBCGエコノミーモデルの推進中であり、RDF等の再生可能エネルギーの活用も推進の見込みがある。ただし、途上国において廃プラスチックは有価で取引されることから、日本における事業採算の前提とは異なっており、**原料の確保が課題**とされる。



この冊子は下記のウェブページから
ダウンロードが可能です



2022年3月発行



大阪府

大阪府環境農林水産部 エネルギー政策課

〒559-8555 大阪市住之江区南港北1丁目14-16

大阪府咲洲庁舎（さきしまコスモタワー）22階

電話番号 06-6210-9549 / ファクシミリ番号 06-6210-9259