



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  
(概要版)**

# 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
2030年を見据えた大阪府の環境計画	2
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
脱炭素を実現するための大阪府の取組み	4
海洋プラスチック削減を実現するための大阪府の取組み	5
府域の長期目標達成に必要な技術ニーズ	6
府域の長期目標達成に資する環境・エネルギー技術情報（概要）	15
本書で紹介する技術・取組み一覧	16
エネルギー供給部門からのGHG排出削減技術の概要	17
エネルギー需要部門からのGHG排出削減技術の概要	20
CO <sub>2</sub> 以外のGHG排出削減／吸収源対策技術の概要	24
CO <sub>2</sub> 回収・貯留・利用技術の概要	25
海洋プラスチックごみの削減技術の概要	26
【参考】技術開発・普及の見通しに関する出典	27
海外での環境・エネルギー技術に対するニーズと動向	28
インドネシア	30
ベトナム	33
タイ	36

# 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CO<sub>2</sub>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組む動き（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。

2021年度環境・エネルギー技術シーズ調査・普及啓発業務では、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技術資料集を作成しました。本冊子はその概要版として、技術の開発動向や課題、2050年までの普及見通しなどのエッセンスを抽出してまとめています。詳細については、「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）」をご参照ください。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。

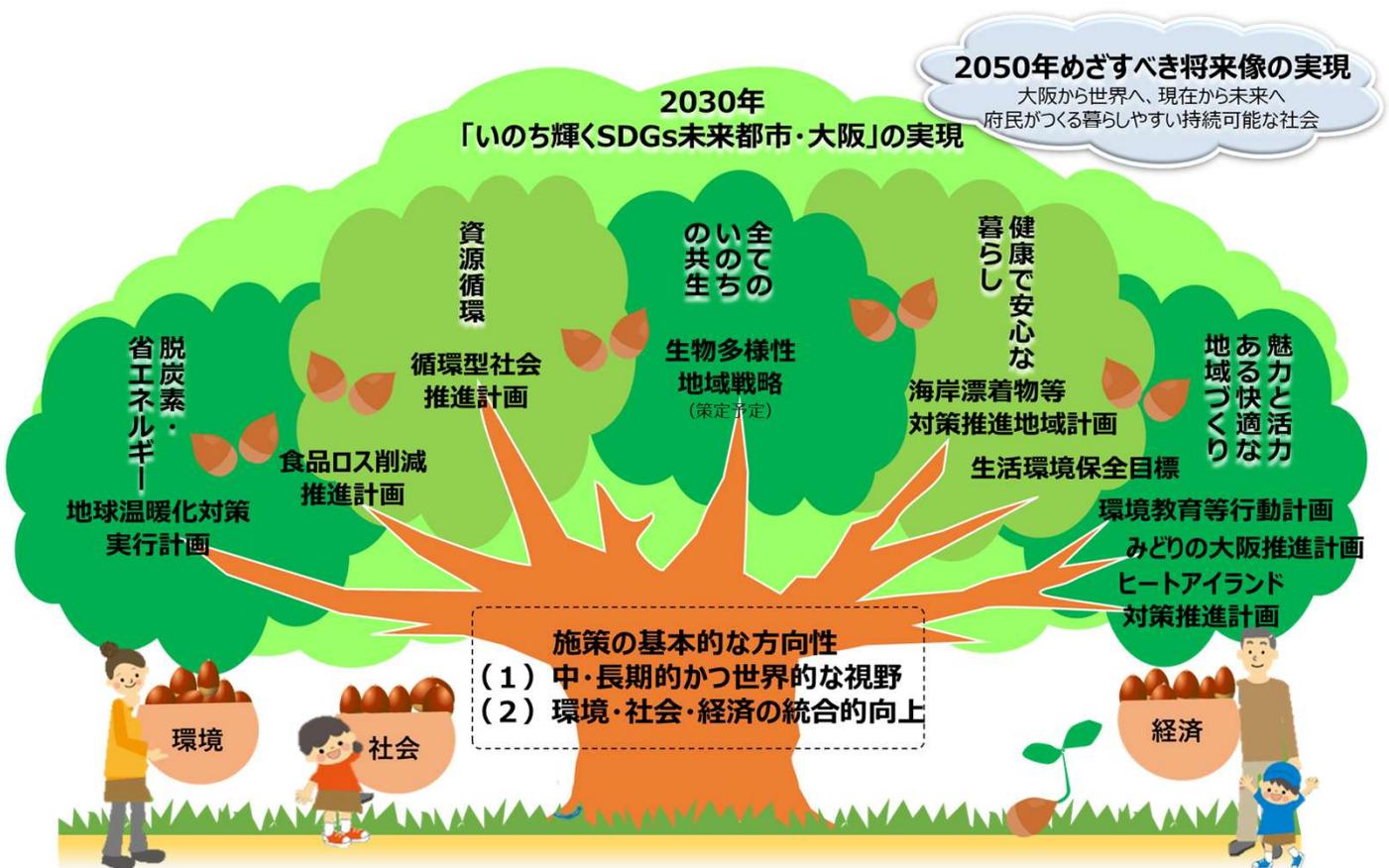
2022年3月

# 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：2030大阪府環境総合計画（大阪府，2021年3月）



# 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）

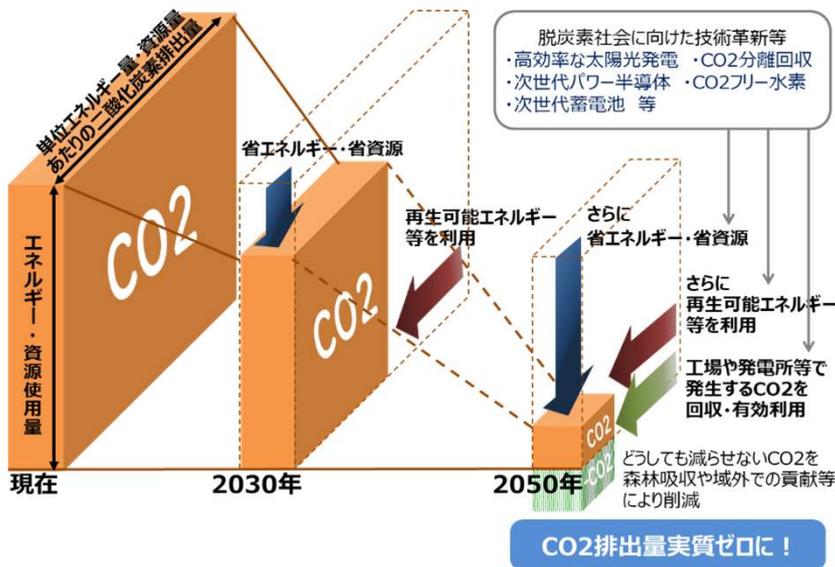
（計画期間：2021年度～2030年度）

### 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、CO<sub>2</sub>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><b>取組み項目 1 あらゆる主体の意識改革・行動喚起</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・再生可能エネルギー電気の調達など府による率先行動</li> <li>・生産・流通段階でのCO<sub>2</sub>削減にも考慮した大阪産など地産地消の促進</li> <li>・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</li> </ul>	<p><b>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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ZEVを中心とした電動車の導入促進</li> <li>・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</li> <li>・再配達削減の促進など貨物輸送効率の向上 等</li> </ul>
<p><b>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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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CO<sub>2</sub>削減の推進</li> <li>・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</li> <li>・ZEBの普及拡大など建築物における環境配慮の推進 等</li> </ul>	<p><b>取組み項目 5 資源循環の促進</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・フロン適正な回収・処理の推進及び自然冷媒への代替促進 等</li> </ul>
<p><b>取組み項目 3 CO<sub>2</sub>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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・府域外からの調達による再エネ電力の利用拡大</li> <li>・CO<sub>2</sub>排出の少ない電気の選択の促進</li> <li>・蓄電池、水素・燃料電池の研究開発支援及び導入促進 等</li> </ul>	<p><b>取組み項目 6 森林吸収・緑化等の推進</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・都市公園の整備等によるみどりのネットワーク化 等</li> </ul> <p><b>取組み項目 7 気候変動適応の推進等</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大阪の地域特性を踏まえた暑さ対策の推進</li> <li>・様々な分野における適応取組みのさらなる推進 等</li> </ul>



# 府域の長期目標達成に必要な技術ニーズ（脱炭素）

## 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。

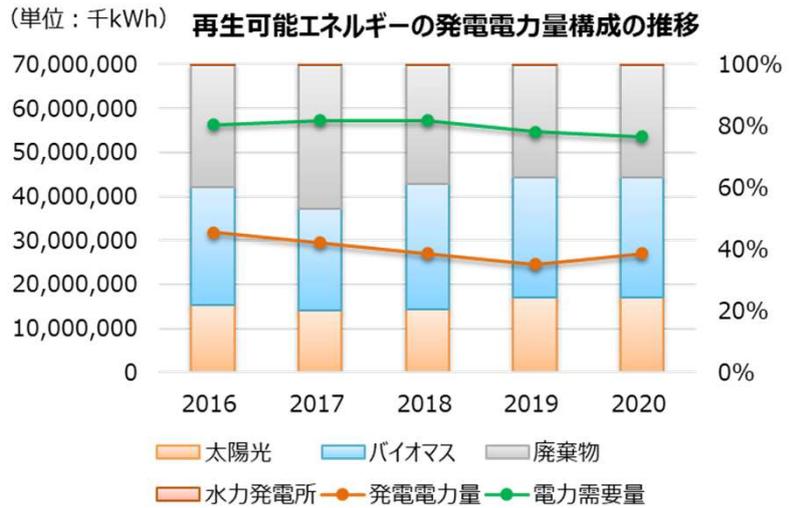
一方、エネルギーの大消費地である大阪では、府域の電力需要量が発電量を大きく上回っており、不足分は府域外から電力を賄っている。大阪府は、**エネルギーの「地産地消」を推進**しており、自立・分散型エネルギーとして、また温室効果ガス排出量の削減に資するエネルギーとして、**自然由来のエネルギーの利用拡大**を目指している。

### ■ 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。

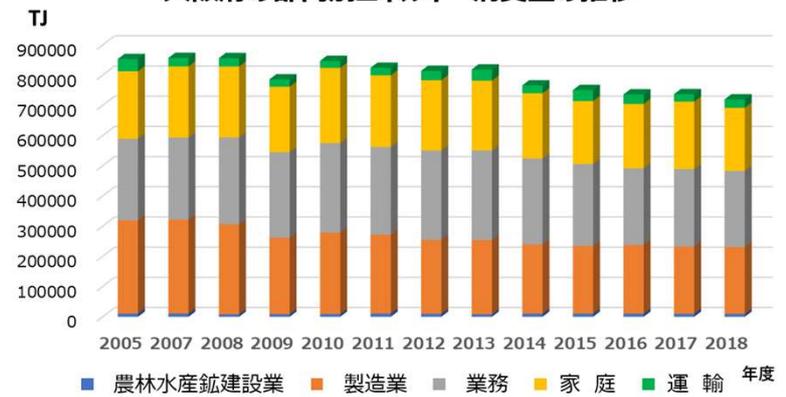
製造業では、化学工業、及び鉄鋼・非鉄・金属製品業、業務部門では卸売業・小売業、医療・福祉、生活関連サービス業・娯楽業、宿泊業・飲食サービス業などが、多くエネルギーを消費している。

府域における発電電力量と電力需要量、及び再生可能エネルギーの発電電力量構成の推移



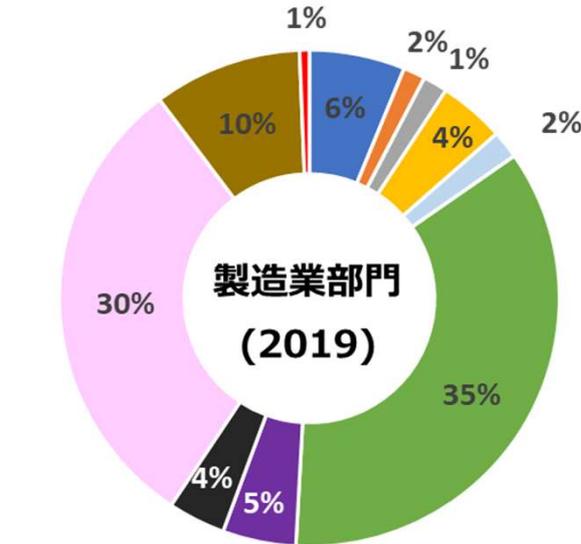
出典：資源エネルギー庁、電力調査統計（都道府県別発電実績、都道府県別電力需要実績）より作成

大阪府の部門別エネルギー消費量の推移

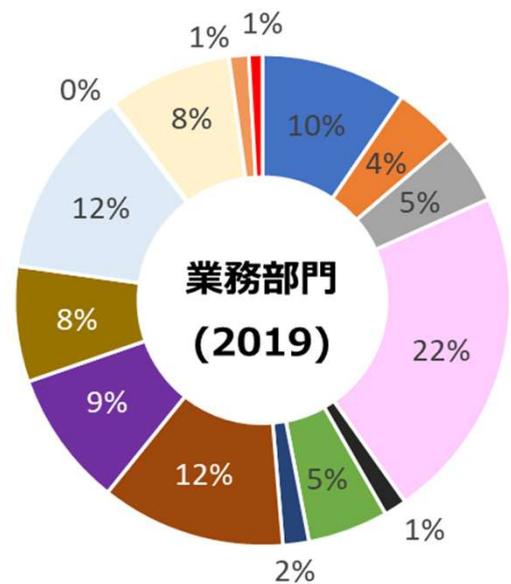


出典：資源エネルギー庁、都道府県別エネルギー消費統計より作成

大阪府の製造業と業務部門におけるエネルギー消費量(2019)



- 食品飲料製造業
- 木製品・家具他工業
- 印刷・同関連業
- プラスチック・ゴム・皮革製品製造業
- 鉄鋼・非鉄・金属製品製造業
- 他製造業
- 繊維工業
- パルプ・紙・紙加工品製造業
- 化学工業
- 窯業・土石製品製造業
- 機械製造業



- 電気ガス熱供給水道業
- 運輸業・郵便業
- 金融業・保険業
- 学術研究・専門・技術サービス業
- 生活関連サービス業・娯楽業
- 医療・福祉
- 他サービス業
- 業種不明・分類不能
- 情報通信業
- 卸売業・小売業
- 不動産業・物品賃貸業
- 宿泊業・飲食サービス業
- 教育・学習支援業
- 複合サービス事業
- 公務

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

## 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 <sup>2</sup>	府域の導入実績 (FIT認定)	
太陽光 発電	住宅・商業	753万kW <sup>1</sup> (レベル3) 注1	2030目標値	47.9万kW <sup>3</sup>	
	公共	962万kW <sup>1</sup> (レベル3) 注1	141万kW	58.5万kW <sup>3</sup>	
バイオマ ス発電	畜産廃棄物	1,989 GJ <sup>4</sup>	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 <sup>4</sup>		木質	14,170kW
	農業残渣	64,878 GJ <sup>4</sup>		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	134,436kW

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 <sup>1</sup>	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 <sup>5</sup> 太陽熱温水器：10029台 <sup>5</sup> (2004年から2021年の累積)
地中熱	261.88PJ/年 <sup>1</sup>		704.75 kW <sup>1</sup>

出典：1 環境省, 再生可能エネルギー情報提供システム REPOS(リーポス)、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）、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、商業施設や製造業中心とした工場等に導入が進むと期待されている。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、病院等でポテンシャルがあると期待される。

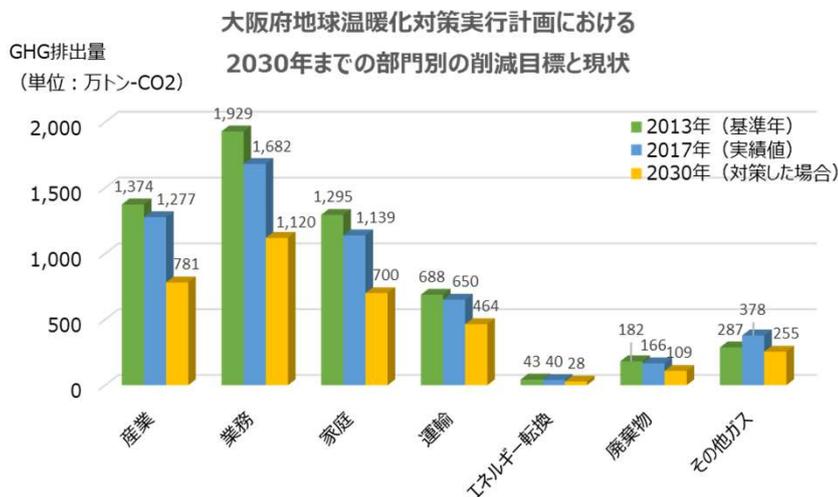
## ■ 省エネルギー

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

産業部門においては、省エネ機器の導入が一定程度進んでいることもあり、エネルギー消費量は近年横ばい傾向にある。しかし、大阪府は「2030年度までに産業・業務部門のGHG排出量を42%～43%削減する」という目標を掲げており、目標達成のためには、産業・業務部門での更なる脱炭素化の対応が求められる。

大阪府には中小企業が集中しており、その約45%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。

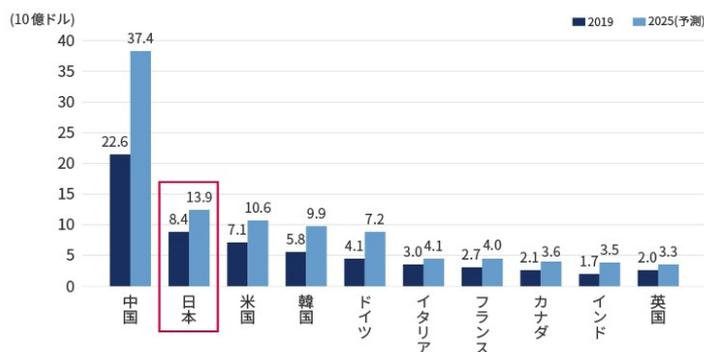


出典：大阪府、大阪府地球温暖化対策実行計画  
(区域施策編)より作成

### 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。

主要10カ国のスマートファクトリー市場規模 (2019-2025年)



出典：JETRO, 製造業レポート, 2021年

### □ 業務部門

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、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いいため、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。**

## 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）

## 大阪府域におけるZEBの導入推移



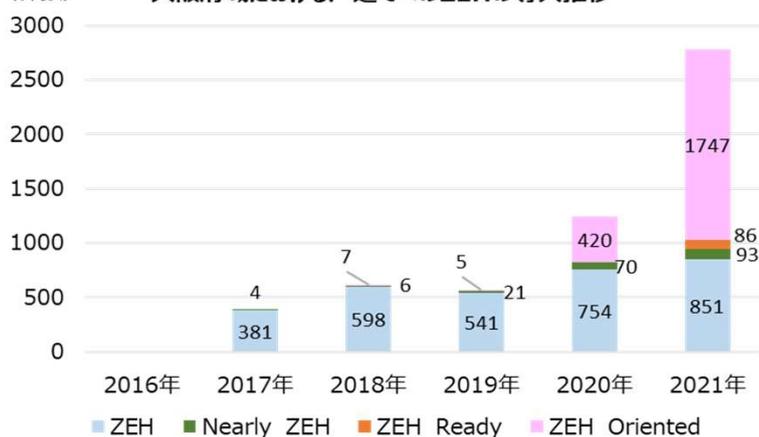
出典：住宅性能評価・表示協会より作成

## 家庭部門

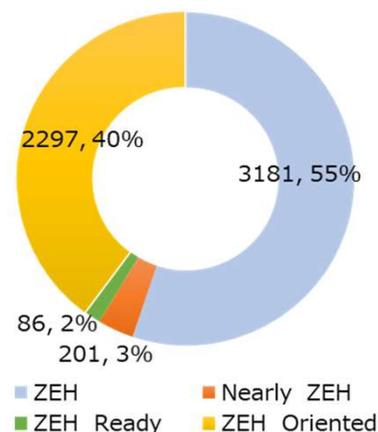
府域の家庭部門におけるエネルギー消費量は、近年ほぼ横ばい傾向にあるが、コロナ禍の影響で、またアフターコロナ社会において、テレワークの増加などのライフスタイルの変化により家庭でのエネルギー消費量が拡大していくことが予測される。

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組みが重要であり、家全体の省エネに貢献する**ZEH**や**HEMS**、**家庭用蓄電池**や**燃料電池**などの導入が期待される。

## 大阪府域における戸建てへのZEHの導入推移



## 大阪府のZEH累積導入実績（戸建て）



出典：住宅性能評価・表示協会より作成

## 大阪府におけるエネファーム補助金交付台数

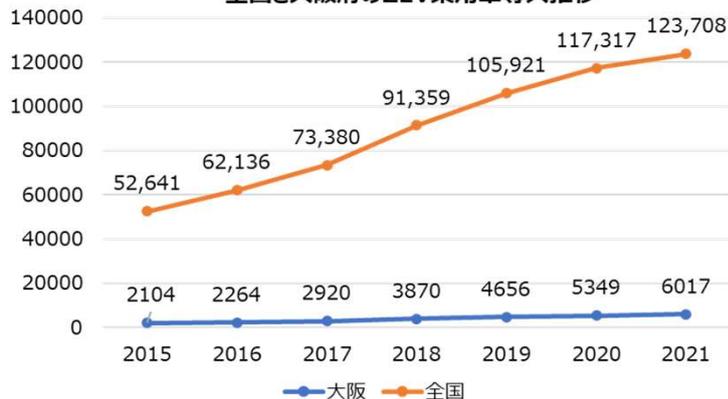


出典：(一社)燃料電池普及促進協会  
補助金交付年度別台数より作成

## 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、府内の自家用車保有台数に占める府域EV乗用車の割合は1%に満たない。

## 全国と大阪府のZEV乗用車導入推移



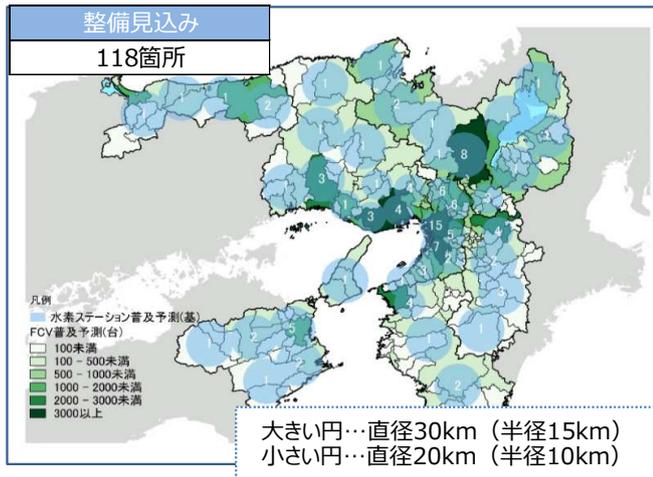
出典：(一財)自動車検査登録情報協会 低公害車の燃料別・車種別保有台数より作成

## ■ 水素エネルギー

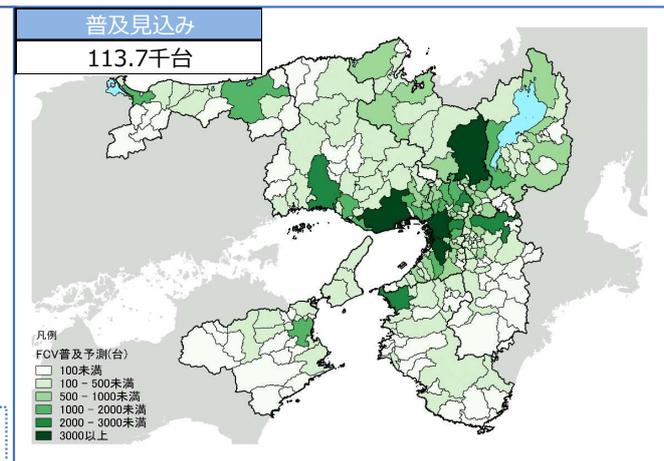
2050年カーボンニュートラル社会には、水素社会の実現が不可欠である。水素エネルギー産業では、水素の製造・運搬・利用までのサプライチェーン全体で様々な分野の技術開発が必要になるが、大阪府には高い技術力をもつ中小企業が集約しており、これらの企業の活躍が期待される。

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（CO<sub>2</sub>吸収源の強化・CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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）。

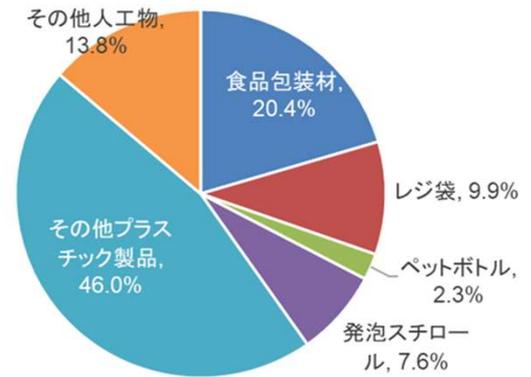
また、瀬戸内海における研究では、海洋ごみの約7割は陸域からの流入であるとの試算もある（藤枝ら2010）。

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。

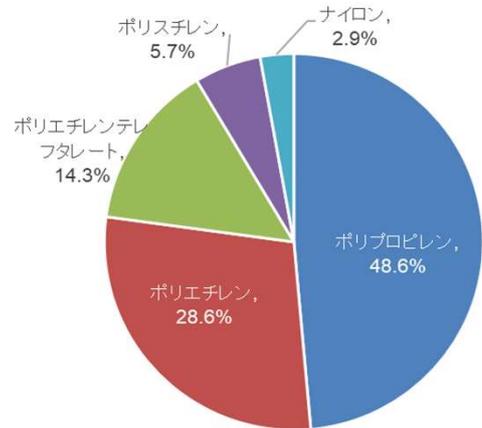
漂着ごみは、人工物のごみのうち、プラスチック・発泡スチロールが重量の62%を占め、食品容器や包装材、カトラリー等、陸域での日常生活で発生するものが多かった。

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）。

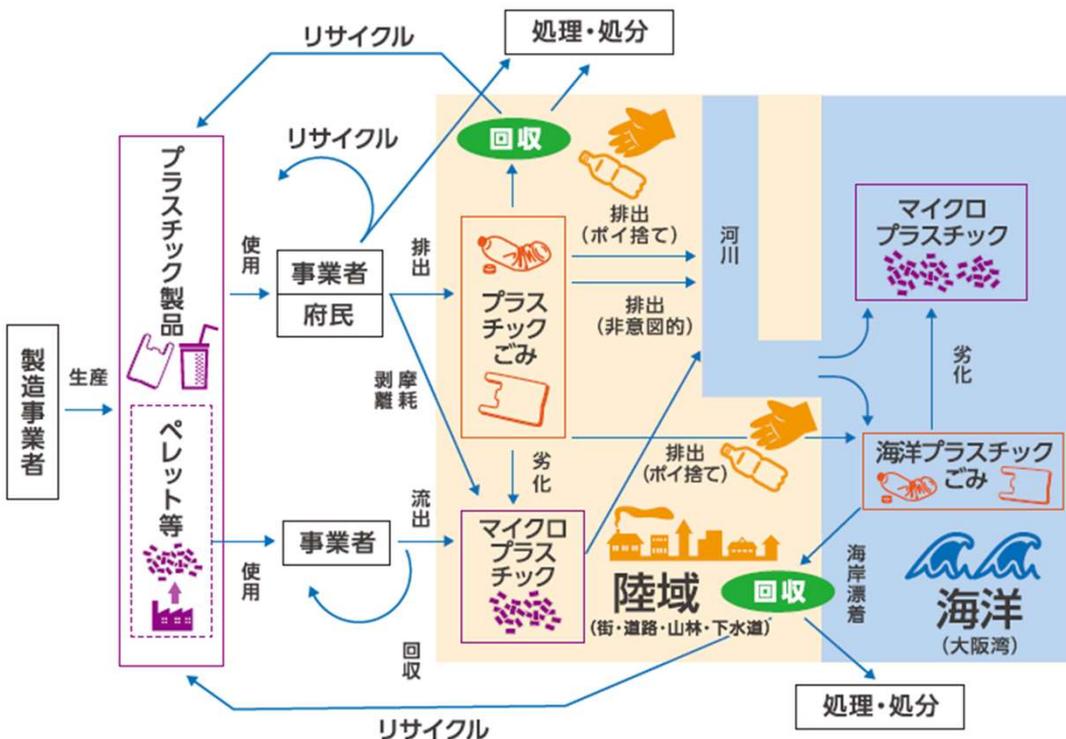


大阪湾の漂流ごみ種類別割合（推計密度）  
出典：環境省，平成27年度瀬戸内海における漂流ごみ実態把握調査業務報告書より作成



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り組みが必要である。

## 府域での海洋プラスチック対策二一ズ

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。

### ■ 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。陸域におけるプラスチックごみの回収について、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た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」の運営を開始している。



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

### ■ ワンウェイプラスチックの使用削減

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。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、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事が予想される。

※「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」）2022年4月1日施行

## ■ 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として、「バイオプラスチック導入ロードマップ」（環境省他）では、「原料」、「供給」、「コスト」、「使用時の機能」、「使用後のリサイクルフロー※1」、「環境・社会的側面※2」を上げている。

※1 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

※2 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。

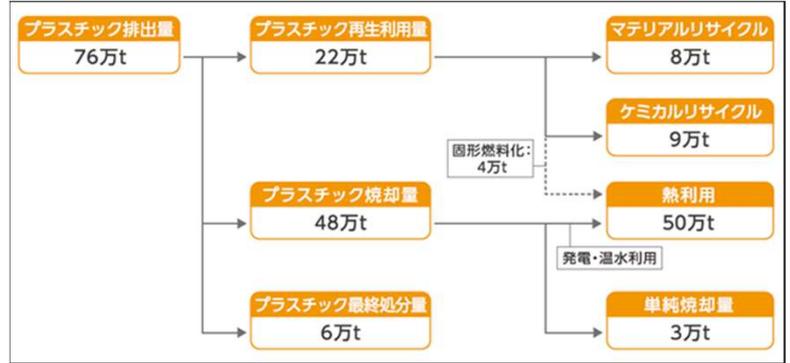
ただし、同時に、廃棄物としての扱いは従来のプラスチックとは分ける必要があるため、分別・リサイクルの仕組みの整理も必要である。

## ■ プラスチックリサイクル

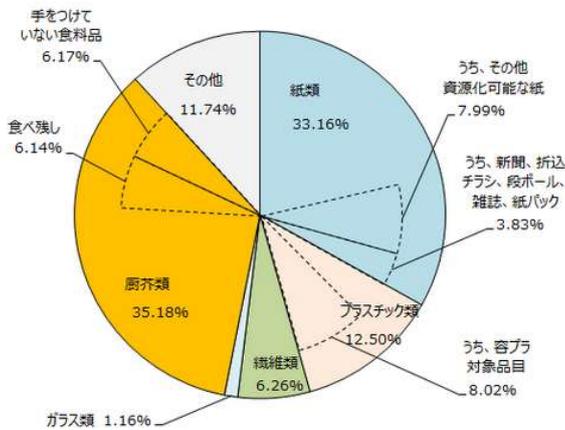
「大阪府循環型社会推進計画」では、プラスチック再生利用量を2019年度の22万トンから、2025年度には32万トンへ、10万トンの増加を目標に設定している。

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。

全国と比較すると、マテリアルリサイクル率は低く、ケミカルリサイクル率は高い。また、熱利用（焼却）の割合も高くなっている。



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



「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年度の調査では、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%）。

なお、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

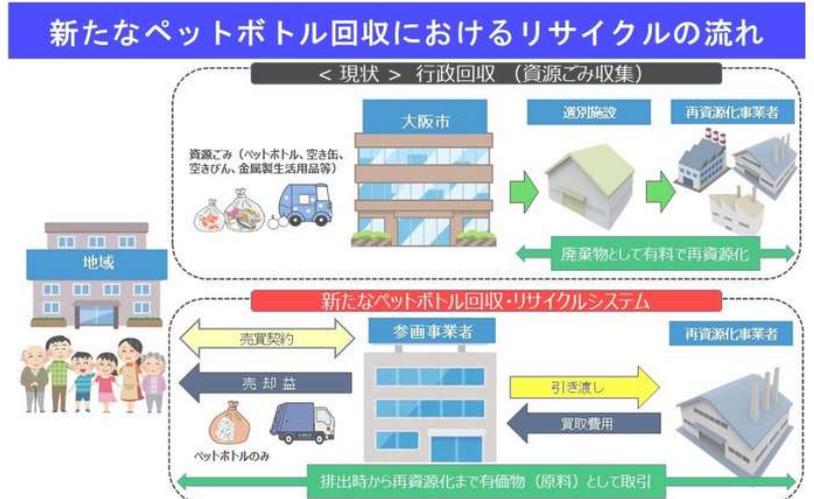
## (水平リサイクル)

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。

自治体の取組みとして、大阪市では、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し、回収したペットボトルを日本国内でボトルtoボトル等のマテリアルリサイクルする仕組みである。



※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価物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



府域の長期目標達成に資する  
環境・エネルギー技術情報（概要）

# 本書で紹介する技術・取組一覧

## ◆ 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<sub>2</sub>回収技術の複合

アンモニア発電

核融合

原子力の安全性向上

太陽光発電

風力発電

水力発電

地熱発電

海洋エネルギー発電

バイオマス発電

再生可能エネルギー熱（太陽熱・地中熱など）

水素製造

水素輸送・貯蔵

メタネーション

水素発電

燃料電池

大容量蓄電設備

エネルギー需給の高度化

送受電システムの高度化

製鉄（電炉、水素還元）

炉の脱炭素化技術（水素炉・アンモニア炉など）

スマートファクトリー

FEMS

ヒートポンプ／コージェネレーションシステム

農林水産業の省エネ化

運輸部門の燃料転換

ZEV

航空機の電動化

パワーエレクトロニクス

輸送効率化・交通流対策

ZEB

建造物へのバイオマス利用（CLTなど）

高効率機器

BEMS

ZEH

高効率給湯・高効率家電

ナッジ・シェアリングによる行動変容

HEMS

家庭用蓄電設備・V2H

廃棄物処理の高効率化

フードロスの削減

廃棄物の分別・回収（収集運搬）

廃棄物のエネルギー利用

農林水産・食品産業の廃棄物の堆肥化・飼肥料化・土壌化

農畜産業におけるメタン・N<sub>2</sub>O排出源対策

グリーン冷媒・ノンフロン・低GWP製品

林業高効率化

バイオテクノロジー（ゲノム編集、エリートツリー）

バイオ炭

ブルーカーボン

排ガスからのCO<sub>2</sub>回収

Direct Air Capture

セメント・コンクリート製造へのCO<sub>2</sub>利用

CCS

人工光合成

炭素再資源化（機能性化学品製造など）

## ◆ 海洋プラスチックごみ対策技術

発生源の把握・分析

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

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

マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル

### 分野の凡例

- エネルギー供給部門
- エネルギー需要部門
- CO<sub>2</sub>以外のGHG
- 吸収源対策
- CO<sub>2</sub>回収・貯留・利用
- 海洋プラスチックごみ対策

# エネルギー供給部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
火力発電	化石燃料火力発電の高効率化およびCO <sub>2</sub> 回収技術の複合	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素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CO<sub>2</sub>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石炭複合発電：施設の低コスト化、耐久性向上</li> <li>LNG複合発電：1700℃以上の超高温域に耐える要素技術の開発</li> <li>共通：CO<sub>2</sub>分離・回収技術の適用</li> </ul>	IGFC・GTFC ① → ②⇒③	
	アンモニア発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニアは石炭との混焼も容易であり、既存火力設備も活用可能。NEDOを中心に既設石炭ボイラー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。専焼技術の確立に向けた開発も進捗。</li> <li>2030年には年間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が想定される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未燃アンモニア処理方法の確立</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>	アンモニア混焼 ① → ② → ③	
原子力発電	核融合	<ul style="list-style-type: none"> <li>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）</li> <li>民間でも次世代炉の2030年頃の実用化をめざす米・英および日本のベンチャー企業の躍進と連携が加速。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自己点火条件の達成、核融合プラズマの長時間維持</li> <li>核融合中性子に耐える材料開発</li> <li>核融合エネルギーから熱を取り出す技術の確立</li> </ul>	原型炉 ①⇒② → ③	
	原子力の安全性向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>福島第一原発事故の教訓から、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む。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビッグデータ分析を活用したプラント自動監視システムの開発</li> <li>使用済み燃料を含む最終処分の実現</li> </ul>	小型炉（SMR） ① → ②⇒③	
再生可能エネルギー	太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電効率の向上</li> <li>セル・モジュールの長寿命化およびコスト低減</li> <li>設置場所の多様化（水上設置など）に合わせた軽量化・耐久性向上</li> <li>色付き等、デザイン性の向上</li> </ul>	次世代型太陽電池（ペロブスカイト等） ① → ②	
	風力発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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）の市場参入が期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上風力：経済性向上のための大型化・高効率化、および立地拡大のための低風速域対応</li> <li>洋上風力：風車本体の超大型化、雨滴エロージョン対策等の高耐久化、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</li> </ul>	次世代風力発電技術 ① → ②⇒③	
	水力発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>基盤技術は確立。近年は小規模水域・低落差での開発が進み、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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統安定度向上や急峻な変動負荷への対応</li> <li>小規模水力向け発電機器の性能に係る実証・認証</li> </ul>		③

# エネルギー供給部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
再生可能エネルギー	地熱発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来型地熱発電で活用できる国内の資源量は2,347万kW。より深い超臨界地熱資源を活用することで、資源量拡大と大規模化・高効率化が期待できる。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>超臨界地熱資源は、超高温かつ酸性濃度が非常に高いため、高耐久な部材・素材・掘削技術の開発が必要</li> <li>掘削や土地利用について、地域住民の理解や場合によっては条例改正等を要する</li> </ul>	超臨界地熱発電	① → ②
	海洋エネルギー発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、欧米各国を中心に世界各地で実証試験海域が建設されている。</li> <li>早期実用化のためには、海洋エネルギーの特徴を踏まえつつ、海域の環境・気候条件や海洋生物に対応する技術の開発が求められる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電効率の向上、発電コストの低減</li> <li>システムの大規模化</li> <li>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）</li> <li>海洋環境に及ぼす影響把握</li> </ul>		① ⇒ ②
	バイオマス発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料の安定供給確保</li> <li>発電コストの低減</li> <li>これまで活用が難しかった有機資源（食品廃棄物等）の燃料化技術の高度化・高効率化</li> </ul>	バイオマス水熱ガス化	① → ②
	再生可能エネルギー熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コストダウンに資する高効率機器の開発</li> <li>蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化</li> <li>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</li> </ul>	熱供給システム(高効率ヒートポンプ等)	③
水素	水素製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>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CO<sub>2</sub>排出を相殺する「ブルー水素」、CO<sub>2</sub>を排出しない「グリーン水素」がある。</li> <li>グリーン水素は、再生可能エネルギー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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水電解技術：製造コスト削減のための要素技術（膜・触媒）の高度化や大型化・モジュール化</li> <li>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の確立</li> </ul>		① → ②
	水素輸送・貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>2030年には年間30万トンも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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>液化水素：大型海上輸送技術（大型液化器、運搬船等）の開発</li> <li>MCH：エネルギーロスのさらなる削減</li> <li>アンモニア：直接利用先の拡大および脱水素設備の開発</li> </ul>	輸送 ① → ② ⇒ ③	貯蔵 ① ⇒ ② → ③

# エネルギー供給部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
水素	メタネーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタネーションは水素とCO<sub>2</sub>を反応させることでメタンを製造する技術であり、再エネ由来水素の需要技術としても注目される。</li> <li>2021年にはバイオリクター（メタン生成菌）によるメタネーション技術実証に向けた基礎研究が開始した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実用化・低コスト化に向けた設備の大型化</li> <li>革新的高効率化技術の開発</li> </ul>	実用化を見据えた大型化 	革新的高効率化技術 
	水素発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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も期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素の特性に応じたタービンの開発（バーナーの形状・構造・材料及び燃焼安定化制御等）</li> </ul>		
	燃料電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>停電時に自立的な起動・運転が可能で、BSCP（業務・生活継続計画）の観点からも有用。VPPとしての利用にも期待がかかる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電効率の向上</li> <li>耐用性向上（長寿命化、高温域への対応）</li> <li>システムのコスト低減</li> <li>劣化予測技術の確立</li> </ul>		
供給インフラ	大容量蓄電設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>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・導入が進む。2010～19年の国内累計導入量は1.2GWh（経産省調査）。</li> <li>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）の市場も高成長が見込まれる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LiB等蓄電池の低コスト化・高効率化</li> <li>次世代蓄電池技術（全固体LiB）の開発</li> </ul>		
	エネルギー需給の高度化	<ul style="list-style-type: none"> <li>再エネ導入の拡大に伴い、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）の活用により系統安定の高度化が求められる。</li> <li>次世代の系統安定化に必要な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研究開発も進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>変電によるロスの解消（直流送電網の整備）</li> <li>AIを活用した潮流予測・監視を含む電力調整技術の高度化・高効率化</li> <li>VPPの形成およびアグリゲーションビジネスの確立</li> </ul>	潮流予測・データ分析の高度化 	次世代インバータ、長距離直流送電システム 
	送受電システムの高度化	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワイヤレス電力伝送には、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。後者は電波を利用するため、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。</li> <li>内閣府の戦略的イノベーション創造プログラムで、インフラの維持・管理用ドローンへの屋外給電や、センサー・情報機器等への屋内給電の実用化をめざした技術開発が行われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電波漏洩に伴う影響評価</li> <li>他の無線システムとの共用に資する制度の確立</li> <li>人体防護・安全性確保</li> </ul>	近接結合型WPT 	空間伝送型WPT 

# エネルギー需要部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
産業部門	製鉄（電炉・水素還元）	<ul style="list-style-type: none"> <li>製鉄分野の低炭素化は、2008年のCOURSE50プロジェクトから始まり、水素利用やCCUSにより30%の排出削減を目標としている。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して開始。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電炉：高品質鋼を生産するための添加剤などの技術開発</li> <li>水素還元：水素の高温利用技術および水素還元炉の操業設計</li> </ul>	① → ②	
	工業炉の脱炭素化技術（水素炉・アンモニア炉など）	<ul style="list-style-type: none"> <li>工業炉の低炭素化には、IoT活用による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。</li> <li>脱炭素を進めるためには、燃料をCO<sub>2</sub>フリーの水素・アンモニアに代替する取組も必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素・アンモニアの燃焼特性に応じたバーナ等機器の設計・開発</li> <li>オペレーター等技術者の育成と確保</li> <li>水素サプライチェーンの構築と安定供給</li> </ul>	① → ②⇒③	
	スマートファクトリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、分析することにより、生産性向上と用役ロスの低減につなげ、エネルギー効率を最大化する。</li> <li>5G対応システム、AIチップ、次世代パワー半導体等の進展に合わせ、より高性能・高効率なセンサの開発も進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存システムとの適合、ネットワーク構築</li> <li>サイバーセキュリティ対策</li> </ul>	次世代パワー半導体 ① → ② → ②⇒③	
	FEMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能要件や扱われる情報の定義などの標準化</li> </ul>	① → ② → ③	
	ヒートポンプ/コージェネレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>コージェネレーションシステムは化学、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分野においても非常時の電源としてBCPの観点から導入が増加傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高効率化</li> <li>対応温度範囲の拡大</li> <li>コスト低減</li> </ul>	革新的技術 ①⇒② コストダウン・効率向上 ②⇒③	
	農林水産業の省エネ化	<ul style="list-style-type: none"> <li>農林水産業分野からのGHG排出は、化石燃料の燃焼に伴うものが多いため、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で生産プロセスの脱炭素化が求められる。</li> <li>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もつながる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>農機、漁船等の電化・水素化技術の確立</li> <li>生産者の導入負担を緩和する、コスト低減</li> </ul>	①⇒②	
運輸部門	運輸部門の燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>水素とCO<sub>2</sub>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>価格の低減に資する製造効率の向上および大量生産の実現</li> <li>微細藻類による生産：安定的な長期連続運転、製造コストの低減</li> <li>原料調達から供給先までのサプライチェーン構築</li> </ul>	① → ② → ③	

# エネルギー需要部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
運輸部門	ZEV（ゼロエミッションビークル）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>車載用蓄電池に関しては、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している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>インフラの整備</li> <li>EV：車載用蓄電池の高効率化</li> <li>FCV：燃料電池の性能向上</li> </ul>	EV ②⇒③	FCV ① ⇒ ② ⇒ ③
	航空機の電動化	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本ではJAXAが中核となり産官学連携のコンソーシアムを設立。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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空機装備品の電氣化に伴う高出力密度化、高高度環境への適合技術の確立</li> </ul>	①	②
	パワーエレクトロニクス	<ul style="list-style-type: none"> <li>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も活用され、脱炭素化の根幹を担う技術の1つである。</li> <li>すでにSiCやGaN等の次世代半導体を用いた基盤材料の開発は成功し、実用化に向けて進展。次々世代の技術として期待されるGa2O3やAlN等の基礎研究も開始している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代半導体を搭載するデバイス等の開発</li> <li>更なる変換効率向上に資する次々世代基盤材料の確立・実用化</li> </ul>	②	③
	輸送効率化・交通流対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>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ンの利活用、共同／混載輸送といった効率化が求められる。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフト面・ハード面でのインフラ整備</li> <li>標準化、ルール・規制の制定</li> </ul>	グリーン物流 ③	スマート交通 ①⇒② ⇒ ②⇒③
業務部門	ZEB（Zero Energy Building）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、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。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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低コスト化</li> <li>太陽光発電・蓄電池・太陽熱利用設備の導入</li> <li>薪ストーブやペレットストーブの規格化</li> </ul>	次世代太陽電池の搭載 ①	②⇒③
	建造物へのバイオマス利用（CLTなど）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>CLT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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工コストの低減に資する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など</li> </ul>	① ⇒ ② ⇒ ③	

# エネルギー需要部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
業務部門	高効率機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>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」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に大きく寄与する。</li> <li>NEDOにより機器の高効率化を推進する研究開発支援事業が展開され、2021年度は20件中6件が「高効率技術」関連として支援対象に採択されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者の導入コストの軽減</li> </ul>	① ⇒ ② ⇒ ③	
	BEMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>デマンドレスポンスへの発展や、地域全体のエネルギーを管理するCEMS（Community Energy Management System）への拡大も期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトウェアのクラウド化やAIを活用することによる高精度化</li> </ul>	③	
家庭部門	ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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。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も進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低コスト化、仕様の標準化</li> </ul>	次世代太陽電池の搭載 ① ②⇒③	
	高効率給湯・高効率家電	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>NEDOでは、地中熱等の再エネ熱を熱源とした住宅向けヒートポンプシステムの開発・実証を進めている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家庭用ヒートポンプ：低コスト化</li> <li>空調：効率向上および次世代冷媒の市場投入</li> <li>家電：IoT・AIによる制御・最適化プロセスの性能向上</li> </ul>	①	②⇒③
	ナッジ・シェアリングによる行動変容	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス、ビジネスモデルの確立</li> </ul>	①	②⇒③
	HEMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用エネルギーの可視化と自動制御により、家電製品や給湯機器等の家庭全体の効率的なエネルギー管理を促進。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スマートメーターの設置完了</li> <li>住民の導入コストの低減</li> </ul>	②⇒③	
	家庭用蓄電設備・V2H	<ul style="list-style-type: none"> <li>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する。災害時や停電時における非常用電源としても有用。</li> <li>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/外部給電機を通して家庭で利用することができるシステムで、電気自動車などのエコカーの導入拡大を促す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄電池の性能向上、低コスト化</li> <li>ルール整備・標準化</li> </ul>	①	⇒ ②

# エネルギー需要部門からのGHG排出削減技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
廃棄物部門	廃棄物処理の高効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物処理プロセスにAI・IoTを用いる動きが進んでおり、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する例も存在している。</li> <li>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うことで効率化を図る動きもある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新たなエネルギー回収技術への移行</li> <li>複数のバイオマス種・廃棄物を組み合わせる高効率化</li> </ul>	①	②⇒③
	フードロスの削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フードロス発生量の推計の高度化</li> <li>リサイクルコストの低減</li> <li>分別の高度化、回収の効率向上（外食産業）</li> <li>商習慣の見直し（≒フードチェーン全体の変革）</li> </ul>	① ⇒ ②	②⇒③
	廃棄物の分別・回収（収集運搬）	<ul style="list-style-type: none"> <li>収集・運搬の効率化のために、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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIやロボットを活用した機械選別の精度向上</li> <li>ルート検討のための学習データ集積および入力の効率化</li> </ul>	①	②⇒③
	廃棄物のエネルギー利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>2050年においてバイオマスはメタン発酵によるガス化や熱分解によるガス化処理を行うことが想定される。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。</li> <li>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の進展が望まれる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー回収効率の向上</li> <li>コスト低減</li> <li>稼働率の向上</li> <li>消化液（バイオ液肥）利用の向上</li> </ul>	①	②⇒③
	農林水産・食品産業の廃棄物の堆肥化・飼肥料化・土壌化	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>殺菌効果の高い技術の導入による安全性向上（飼料化）</li> <li>乾燥工程のコスト削減（乾燥肥料化）</li> <li>製造後の貯蔵・保存に係るコスト削減（液肥）</li> <li>重金属の混入防止（メタン発酵）</li> </ul>	① ⇒ ② ⇒ ③	

# CO<sub>2</sub>以外のGHG排出削減／吸収源対策技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
CO <sub>2</sub> 以外のGHG	農畜産業におけるメタン・N <sub>2</sub> O排出源対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>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N<sub>2</sub>O排出を抑制する根粒菌を用いた微生物資材開発などが進められる。</li> <li>畜産においても、牛げっぐ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むほか、次世代飼料や飼養管理技術も研究が進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低排出な種の探索、育成</li> <li>排出を抑制する施肥・飼養管理の検討</li> <li>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</li> </ul>	①⇒②	③
	グリーン冷媒・ノンフロン・低GWP製品	<ul style="list-style-type: none"> <li>冷凍空調機器で使用される冷媒では、ハイドロフルオロカーボン（HFC）への転換が進んでいる。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼特性に応じた安全性の確保</li> <li>次世代冷媒の開発、性能評価</li> <li>次世代冷媒を活用した製品の開発</li> </ul>	①⇒②	③
吸収源対策	林業高効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無線通信技術を活用した通信網等のインフラ整備</li> </ul>	①⇒②	③
	バイオテクノロジー（ゲノム編集、エリートツリー）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、CO<sub>2</sub>の吸収と貯留の促進が図られている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>吸収能の高い植物の選抜、栽培・増産技術の確立</li> <li>ゲノム育種での品種開発（エリートツリー）</li> </ul>	①⇒②	③
	バイオ炭	<ul style="list-style-type: none"> <li>農研機構等を中心に、N<sub>2</sub>O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、施用効果、影響等の評価手法についての検討が進む。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業生産、GHG収支への影響把握</li> <li>バイオ炭資材、供給技術の確立</li> <li>持続可能なコストの実現</li> </ul>	①⇒②	③
	ブルーカーボン	<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋は陸上よりも多くの大気中CO<sub>2</sub>を吸収し、その40%を浅い沿岸域が吸収していることから、吸収源としての期待が高まっている。藻場の整備、造成が進むほか、吸収力の高い海藻類の探索、増養殖技術の研究開発も進む。</li> <li>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）の形成や自治体によるブルーカーボンオフセット制度構築が進められている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>より効率的にCO<sub>2</sub>を吸収する藻類の探索</li> <li>藻場・干潟の造成に係る技術の確立</li> <li>医薬品・新素材等、海藻類の利活用技術の確立</li> </ul>	①⇒②	

# CO<sub>2</sub>回収・貯留・利用技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し		
				2030年	2050年	
CO <sub>2</sub> 回収・貯留・利用	排ガスからのCO <sub>2</sub> 回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>火力発電所、化学・鉄鋼等の製造業、天然ガス等から発生する高濃度CO<sub>2</sub>を分離・回収する技術。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CO<sub>2</sub>濃度を高めて回収する方法などがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収・分離プロセスにおける省エネルギー化</li> <li>低コスト化</li> </ul>	①	②	③
	Direct Air Capture	<ul style="list-style-type: none"> <li>大気中からCO<sub>2</sub>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技術として注目されている。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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収・分離プロセスにおける省エネルギー化</li> <li>低コスト化</li> </ul>	①	②	③
	セメント・コンクリート製造へのCO <sub>2</sub> 利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>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CO<sub>2</sub>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おり、今後は実証を通じて社会実装が進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コスト低減</li> <li>用途の拡大</li> </ul>	①	②⇒③	
	CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電所や工場から分離回収したCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>を長期間にわたり安定して閉じ込めることができる。</li> <li>CO<sub>2</sub>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っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯留率・安全性を向上する技術の確立</li> <li>海上からの海底下貯留技術の技術開発</li> <li>モニタリングの精緻化・自動化</li> <li>プロセス全体の低コスト化</li> </ul>	②⇒③		
	人工光合成	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光合成資材の耐久性向上</li> <li>光触媒パネルの大規模化および低コスト化</li> <li>ガス分離プロセスの分離性能の向上</li> </ul>	①	⇒ ②	②⇒③
	炭素再資源化 (機能性化学品製造など)	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造プロセスにおける省エネルギー化</li> <li>量産の実現および低コスト化</li> </ul>	CO <sub>2</sub> 由来ポリカーボネート ① ⇒ ②      ②⇒③		
				CO <sub>2</sub> 由来オレフィン、BTX等 ①      ⇒      ②      ③		

# 海洋プラスチックごみ対策技術の概要

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

分野	技術名/取組	技術概要・開発動向	主な課題	技術開発・普及の見通し	
				2030年	2050年
海洋 プラ スチ ック ご み 対 策	発生源の把握・分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価手法の確立</li> <li>海岸に漂着したプラスチックごみの分布を効率的に把握する調査ネットワークの構築</li> <li>海底に堆積したプラスチックごみの分布把握</li> </ul>	革新技術とその普及に関する見通しを示す資料は確認できなかった。	
	河川・海洋への流出状況把握・分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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・遠隔化の技術が注目される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分析手法の簡便化および精度向上</li> <li>映像解析やドローンを活用したモニタリングの自動化・遠隔化</li> </ul>	革新技術とその普及に関する見通しを示す資料は確認できなかった。	
	プラスチックごみの回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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／狭小水域での回収などに対応する技術の開発、確立</li> </ul>	革新技術とその普及に関する見通しを示す資料は確認できなかった。	
	ワンウェイプラスチックの使用削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替素材材料の安定供給・大量生産による低コスト化</li> </ul>	②	③
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイオプラスチックは、従来のプラスチックに比して製造や処分に伴うCO<sub>2</sub>排出を削減できる。</li> <li>生分解性プラスチック（PLA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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高耐久性や加工性の向上</li> <li>生産の安定化、コスト低減</li> <li>分解タイミングのコントロール技術（スイッチ機能）の開発</li> <li>再生材・バイオプラスチック市場の醸成による代替の促進</li> </ul>	海洋生分解性等革新的素材の開発 ①⇒②	②
マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃プラスチック類を化学的または破砕・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。</li> <li>NEDOがマテリアル・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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクル材となる廃プラスチックの確保</li> <li>低コスト化</li> <li>用途、需要の拡大および持続可能なビジネスモデルの構築</li> <li>自治体を含むサプライチェーン全体での制度整備</li> </ul>	プラスチック製品の再生利用 ①⇒②	②⇒③	
				個別製品への導入促進 ②⇒③	
				リサイクル市場の拡大 ①⇒②	②⇒③

## 【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](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](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](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/bioplasticRoadmap\\_210329.pdf](http://www.env.go.jp/recycle/plastic/bio/pdf/bioplasticRoadmap_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](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



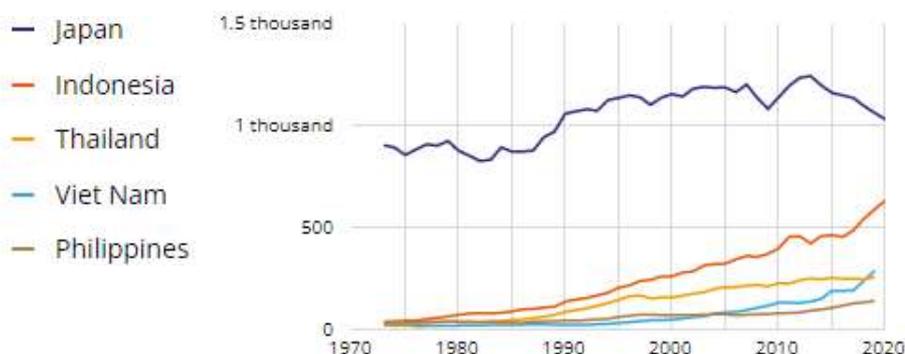
# 海外での環境・エネルギー技術に対する ニーズと動向

## ■ 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CO<sub>2</sub>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, CO<sub>2</sub> 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 <sup>1</sup>	約192万km <sup>2</sup>	人口 <sup>1</sup>	約2.70億人
GDP (2019) <sup>1</sup>	約11,191億ドル	一人当たりGDP (2020) <sup>1</sup>	3,911.7ドル
カントリーリスク (NEXI) <sup>2</sup>	D (A~H)	海外直接投資受入額 (2020) <sup>3</sup>	286.6億ドル
主要輸出品目 (2020) <sup>1</sup>	動物・植物性油脂、化石燃料、鉄鋼	主要輸入品目 (2020) <sup>1</sup>	機械・機械設備、電気機器等、鉄鋼
総輸出額 (2020) <sup>1</sup>	1,633.億ドル	総輸入額 (2020) <sup>1</sup>	1,415.6億ドル
主要産業 <sup>1</sup>	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) <sup>3</sup>	1489社 ジャカルタ (44.3%) 西ジャワ州 (44.3%)		
GDP成長率 (2021) <sup>4</sup>	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



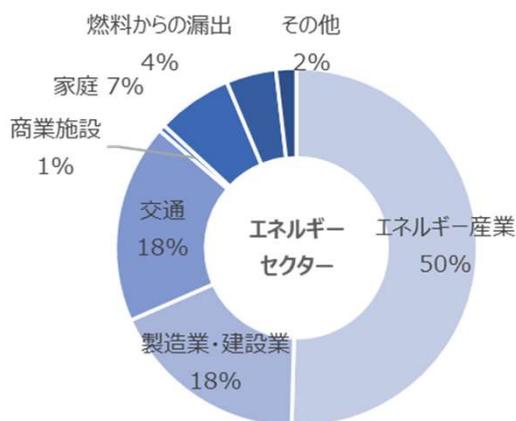
出展 : IMF, World Economic Outlook Databaseより作成

## 脱炭素

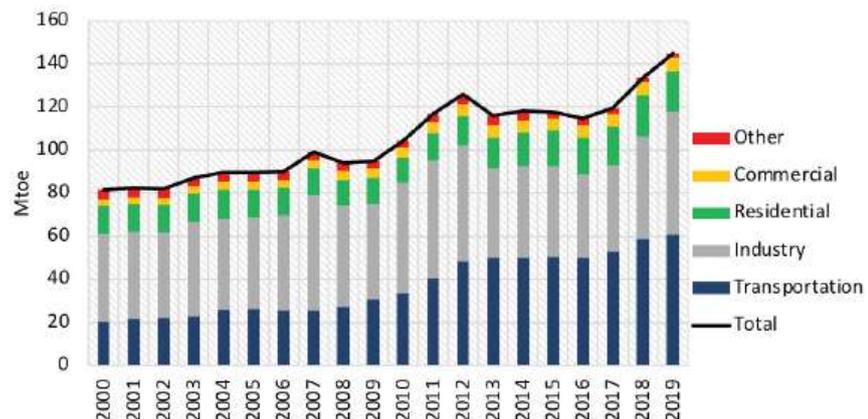
### ■ エネルギー資源の利用状況

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) により作成

出典 : INDONESIA Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050

## ■ 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システムは、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%**であった。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**。



出典：調査に基づき作成

## ■ スマートグリッド

島嶼国であるインドネシアでは、**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。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。

## ■ 運輸部門の脱炭素化

インドネシア政府は**電気自動車（EV）の「アジア生産ハブ化」**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。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ることが強調されており、**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**。

また、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**している。今後は混焼率を更に高めることが想定されており、**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なども進められている**。

## ■ 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。

# 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

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いる。

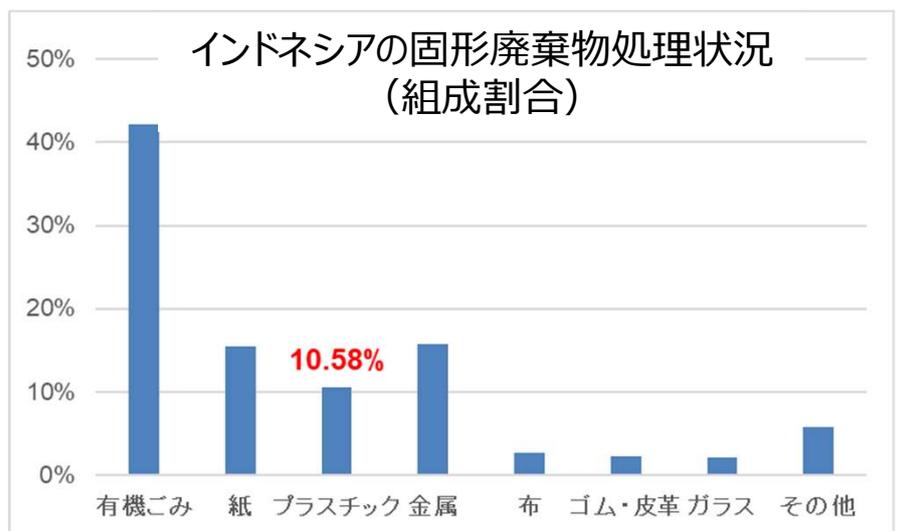
## ■ 廃棄物発生量と収集状況

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、これらの一部は環境へ流出していると考えられる。

## ■ 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排出量は、年間約680万トンと推計され、プラスチックごみの割合は約10%となっている。

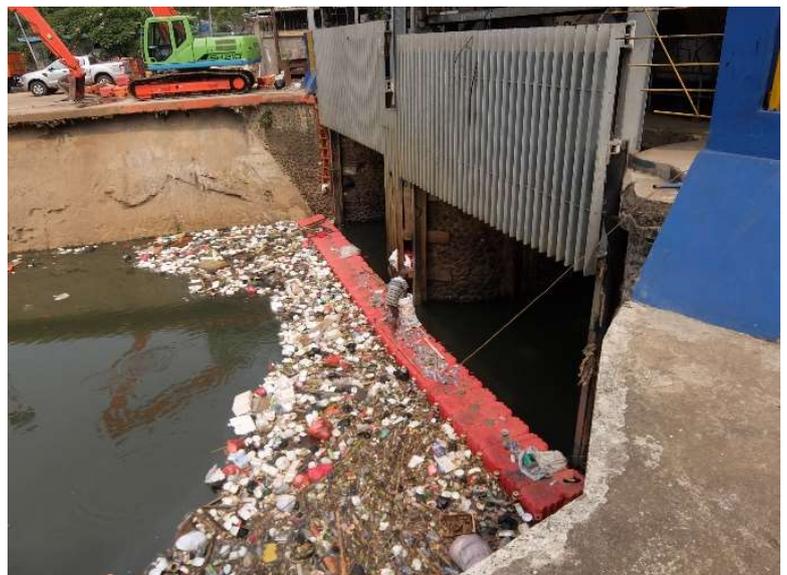


出典：インドネシア環境林業省（2020）より作成

## ■ 分別回収

プラスチックごみの収集は、公式（フォーマル）ルート、インフォーマルルート、及び最終処分場（埋立地）からの回収がある。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）。

その他、「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。



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

## ■ リサイクル技術

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）から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。

# ベトナム

## 国の基本情報

国土面積 <sup>1</sup>	32万9,241 km <sup>2</sup>
GDP (2020) <sup>1</sup>	約3,406億ドル
主要産業 <sup>1</sup>	農林水産業、鉱工業・建築業、サービス業
カントリーリスク (NEXI) <sup>2</sup>	E (A~H)
主要輸出品目 (2020) <sup>1</sup>	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
総輸出額 <sup>1</sup> (2020)	2,827億ドル (対前年比 7.0%増)
日系企業数 (2020) <sup>3</sup>	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) <sup>3</sup>	427件 12億1,900万ドル
GDP成長率 (2021) <sup>4</sup>	6.5% ※予測値

人口 <sup>1</sup>	約9,762万人
一人当たりGDP (2020) <sup>1</sup>	3,498ドル
物価上昇率 (2020) <sup>1</sup>	3.23%
海外直接投資受入額 (2019) <sup>3</sup>	390億ドル 参考：2010年：100億ドル
主要輸入品目 (2020) <sup>1</sup>	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
総輸入額 <sup>1</sup> (2020)	2,627億ドル (対前年比 3.7%増)

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)



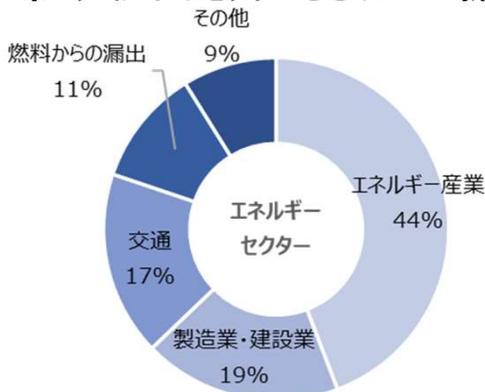
出展：IMF, World Economic Outlook Databaseより作成

## 脱炭素

### ■ エネルギー資源の利用状況

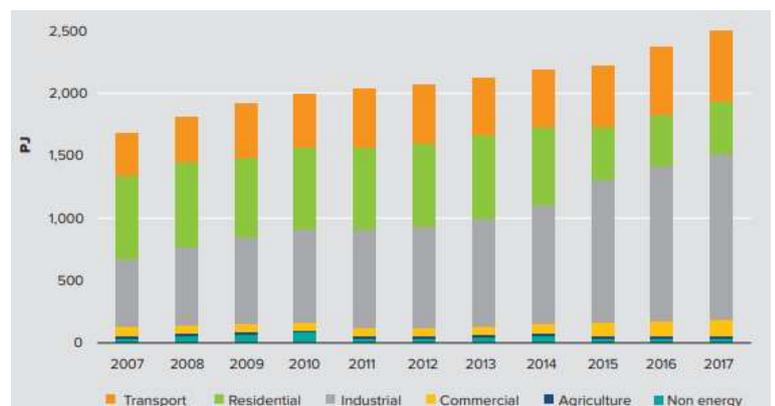
ベトナムでは、エネルギー部門からの温室効果ガスの排出が最も大きく全体の65%を占め、特に、**発電、運輸、製造業・建設部門から多く温室効果ガスが排出**されており、この傾向は今後も続くと予想されている。また、部門別の最終エネルギー消費量では、**産業部門が最も多く**、2007年から2017年にかけての年平均成長率は最大9.3%と急激に増加している。運輸部門におけるエネルギー消費量も近年増加傾向にあり、経済発展や人口増加による交通需要が拡大している。そのため、**再生可能エネルギーの普及拡大とともに、産業部門、また首都ハノイ市や商業都市ホーチミン市などの都市部では、業務部門や運輸部門の省エネ対策が喫緊の課題**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 2019<sup>33</sup>

## ■ 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。

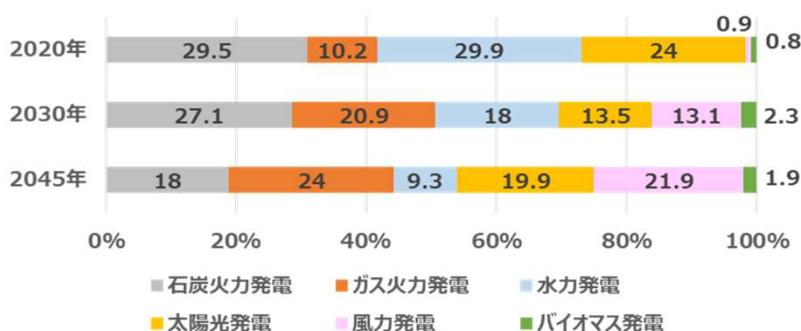
また、2021年11月COP26において、2050年までにカーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言し、エネルギー開発目標の改定を急いでいる。

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	
電力アクセス指数	ASEAN諸国のトップ4	ASEAN諸国のトップ3

## ■ 再生可能エネルギーとエネルギー供給インフラ

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と水力発電であり、太陽光発電は2%程度であった。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おり、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。一方で、近年太陽光発電の開発が急激に進んでおり、送電網の整備が追いつかず、既存送電線に負荷がかかり、地域によっては出力制限が頻発している。

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

太陽光	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、既存送電線は過負荷状態に陥っている。2021年11月にはFIT制度の適用が終了し、 <u>競争入札制度</u> によって個別に電力価格が決定されることとなった。
風力	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。 <u>陸上風力は南部と中部の風況が特に良い</u> とされ、現在稼働中、または建設中の案件は、南部に集中している。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いる。
供給インフラ	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、 <u>電力システムの安全性と電力サービスの質の確保</u> を目指しており、 <u>国営企業の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</u> することを表明している。これを受けて、EVN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。

## ■ 産業・業務部門の省エネルギー対策

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。

ベトナムでは、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。しかし、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。

# 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

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。

## ■ 廃棄物発生量と収集状況

2019年の廃棄物発生量は、ハノイで237万トン/年、ホーチミン市で343万トン/年となっている。それぞれの地域での収集率は、96.8%、及び98.6%と、比較的高い割合を示している。

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。

## ■ 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

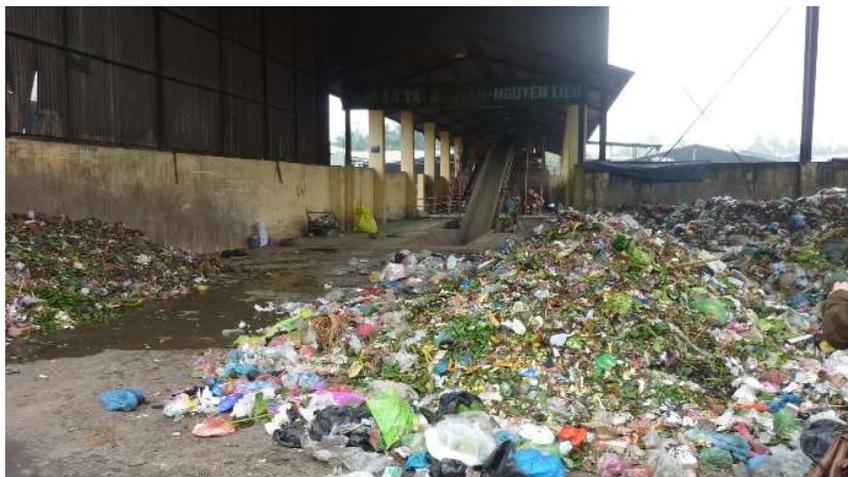
## ■ 分別回収

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。

## ■ 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。



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

# タイ

## 国の基本情報

国土面積 <sup>1</sup>	51万4,000km <sup>2</sup>	人口 <sup>1</sup>	6,617万人
GDP (2020) <sup>1</sup>	501.79 (10億ドル)	一人当たりGDP (2020) <sup>1</sup>	7,188ドル
カントリーリスク (NEXI) <sup>2</sup>	D (A~H)	海外直接投資受入額 (2020) <sup>3</sup>	48.4億ドル
主要輸出品目 <sup>1</sup>	自動車・同部品、電子機器・同部品	主要輸入品目 (2020) <sup>1</sup>	機械・同部品、原油、金属
総輸出額 (2020) <sup>1</sup>	2,316億ドル	総輸入額 (2020) <sup>1</sup>	2,062億ドル

主要産業<sup>1</sup> 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。

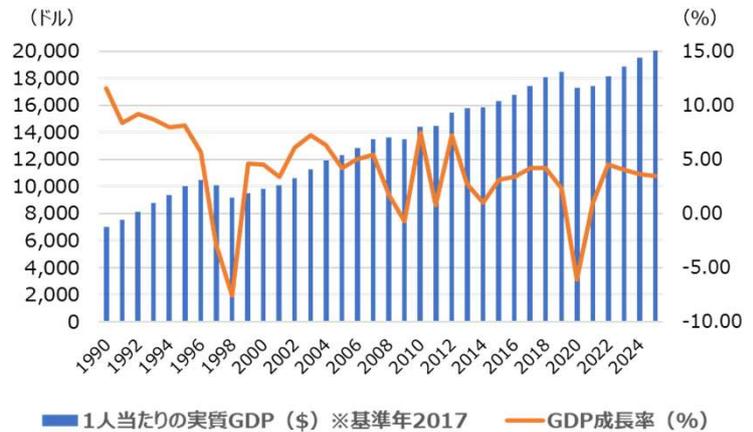
日本企業数<sup>3</sup> 5,856社 (2021年4月)  
 製造業 (2,344社・40%)  
 卸売業・小売業 (1,486社・25.4%)  
 サービス業 (1,017社・17.4%)  
 事務所の所在地はバンコクを含む周辺10都県に全体の95%が集中しており、中でもバンコクは53%を占める。

GDP成長率 (2020)<sup>1</sup> 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)



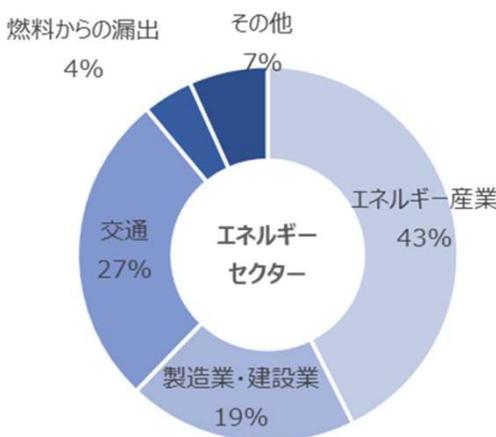
出展：IMF, World Economic Outlook Databaseをより作成

## 脱炭素

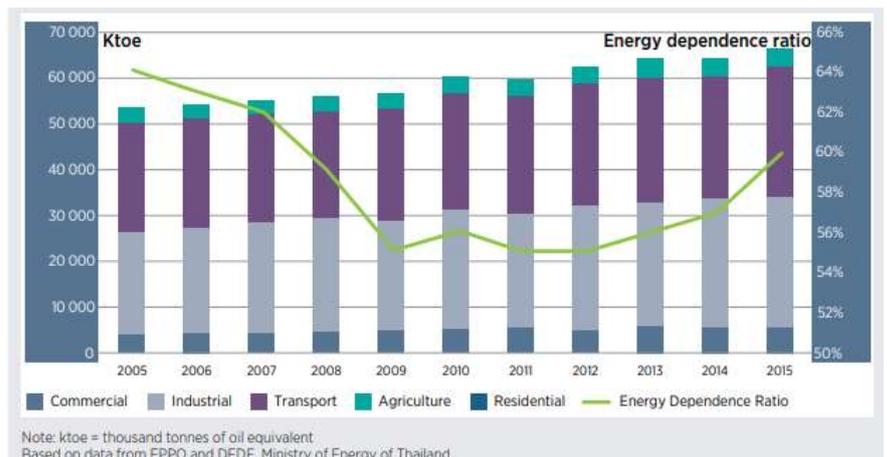
### ■ エネルギー資源の利用状況

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に基づき作成

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。

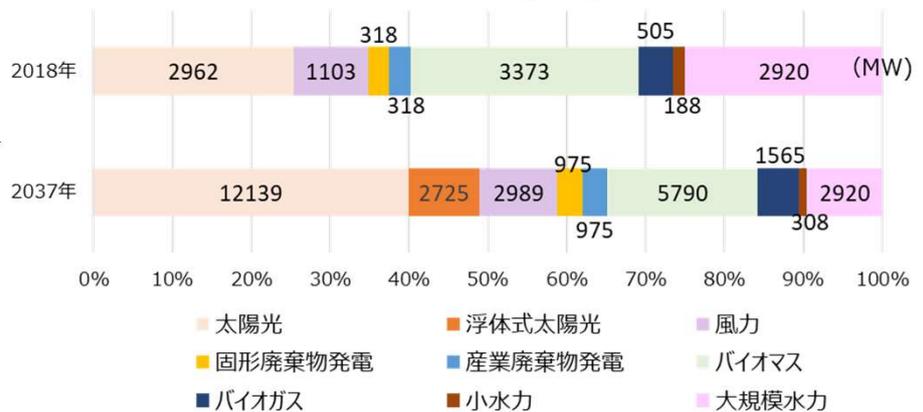
エネルギー部門	再生可能エネルギー、CCS、CCS付きバイオエネルギー、水素エネルギーの活用、エネルギー効率の改善、デジタル化、分散化、規制緩和、グリッド近代化、エネルギー貯蔵システム、ネットメーキングなど
運輸部門	公共交通機関のインフラとネットワーク、脱炭素車両への完全な転換、公共のEV急速充電ネットワークの整備、水素燃料補給ステーションの整備など

### ■ 再生可能エネルギー

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%）、太陽光（25%）、風力は（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

### ■ 省エネルギー対策

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%削減すること**を目標としている。特にエネルギー消費の大きい製造業を中心とした産業部門の省エネルギー化を重視しており、国のエネルギー政策の優先課題として、**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。

一方で、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。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。

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、将来手金はZEBを普及させることを目標としている。

### ■ 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」**にすることを目標としており、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いる。また、具体的な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。さらにタイ発電公社（EGAT）は、2021年度中に充電ステーションを13カ所から35カ所に増設する予定で、2022年度中にはさらに300カ所まで増設することを目標としている。

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)

# 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

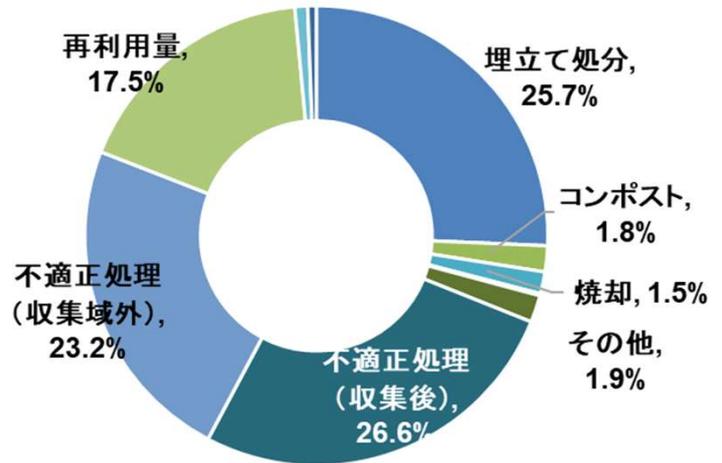
タイからのプラスチックごみの海洋流出量は、2010年推計値で15～41万トン/年となっており（Jambeckら2015）、国別流出量では第6位となっている。現在、海洋プラスチック・廃プラスチック対策として、国家環境委員会にワーキンググループを設置して検討が進められている。

タイでは、政府機関によって漂着ごみのモニタリングも行われているが、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2,780万トンとなっている。ごみの収集サービスを利用できない地域も多く、およそ50%のごみ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、81%のごみが適正な方法により、衛生埋立地で最終処分されている。



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

## ■ プラスチックごみ

バンコク首都圏庁のまとめによると、リサイクルされるごみの割合は11.71%であり、うちプラスチックごみの割合は5.17%となっている。一方で、リサイクルされないプラスチックごみの割合は14.66%となっている。プラスチックごみ全体では、約26%がリサイクルされていることになる。

## ■ 分別回収

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となり、家庭などで分別され、直接売却される。

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おり、「ごみ銀行」という仕組みも取り入れて管理している。



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

## ■ ワンウェイプラスチック・バイオプラスチック

ワンウェイプラスチック対策として、7品目に対して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となっている。

また、タイ政府はBio-Circular-Green（BCG）経済モデルを推進中であり、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

既存の廃棄物発電施設の他、廃棄物固形燃料（RDF）による焼却発電事業が普及し始めている。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



大阪府

2022年3月発行

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