

令和2年度内外一体の経済成長戦略構築にかかる国際経済調査事業
(将来的なWTOプリア交渉の可能性検討のための調査・分析)
調査報告書

令和3年3月



I 事業概要	
1. 事業の目的	3
2. 事業内容	4
II アンケート調査、ヒアリング調査	
1. 調査実施概要	8
2. 調査結果概要	9
III 市場調査、技術分析等	
III-1 主要国の環境関連政策	
1. カーボンニュートラル宣言	15
2. 気候変動対策や経済対策等を巡る動き	16
3. EU、米国における炭素国境調整措置の検討状況等	30
4. タクソミー策定	33
III-2 個別分野	
1. 調査対象概要	38
2. エネルギー関連産業	42
3. 輸送・製造関連産業	126
参考資料	197

I 事業概要

1.事業の目的

(仕様書より)

WTO（世界貿易機関）では、1995年の設立以降、各国による物品・サービス貿易の自由化を実現すべく関税引き下げ・撤廃やサービスの規制緩和・撤廃による貿易障壁の削減・撤廃交渉、及び分野別のマルチルール策定交渉を実施してきている。

環境分野においては、2001年のWTO第4回閣僚会合におけるドーハ閣僚宣言により、貿易と環境に関する委員会（CTE：Committee on Trade and Environment）の下部組織となる特別会合CTESS（Committee on Trade and Environment Special Session）が設置され、環境関連の物品・サービスに係る貿易の自由化・拡大に向けて、当該物品に係る関税率やサービスに関する交渉が本格的に開始された。

これまで、環境物品フレンズ（日米豪NZ等）とともにAPECにおいて54品目合意に至ったものの、EGA（CTESSの下部組織：Environment Goods Agreement）については、合意に向けて一時モメンタムが高まったものの、2016年末に交渉が決裂した。

WTOの交渉機能活性化の観点から、WTOプুলリ交渉の可能性を検討することは有益であり、当時から現在に至るまでの市場動向・技術動向の変化等に係る調査を行う。具体的には、企業アンケート・ヒアリング集計や環境関連産業の市場調査・技術分析等を実施する。

また、情報技術(IT)分野においては、1996年のWTO閣僚会議においてIT関連製品の関税を撤廃する旨定めた情報技術協定（ITA：Information Technology Agreement）に合意した。その後、2015年のWTO閣僚会合において、対象品目を拡大した拡大ITAに合意した。

WTOの交渉機能活性化の観点から、WTOプুলリ交渉の可能性を検討することは有益であり、コネクテッドインダストリーの時代に応じた市場動向・技術動向の変化等に係る調査を行う。具体的には、企業アンケート・ヒアリング集計やAI・IoT・ビックデータ関連産業物品に係る市場調査・技術分析等を実施する。

さらに、サービス貿易分野においては、WTO設立後のサービス交渉や新サービス協定（TiSA）交渉が停滞する中、まずは国内産業界にとっての現在の課題・自由化ニーズの把握のため、企業アンケート・ヒアリング集計及びそれらを踏まえた分析等を実施する。

2.事業内容

事業内容①

本事業では、(1) 環境関連産業、(2) IT製品、(3) サービス貿易について、関連する企業へのアンケート調査・ヒアリング調査を実施する。また(1)、(2)について、文献による市場調査・技術分析等を行う。

(1) 環境関連産業

① 企業アンケート・ヒアリング調査及び環境関連産業の市場調査・技術分析等

<企業アンケート・ヒアリング調査>

主に以下のような内容について国内産業に係る業界団体や個社にアンケートを発出・集約するとともに、必要に応じてヒアリング等の追加調査を実施する。

- 自社技術・製品に、当該品目の貿易自由化（関税やその他の貿易障壁撤廃）が環境負荷軽減に資すると考える品目はあるか。
- 市場規模はどの程度か。等

<環境関連産業の市場調査・技術分析>

企業アンケート及びヒアリング調査により情報収集を行うとともに、環境関連産業全体の市場調査・技術分析を行う。

② ①の結果を踏まえた調査・分析

①の結果を踏まえた調査・分析を行う。

2.事業内容

事業内容②

(2) IT製品

① 企業アンケート・ヒアリング調査及びAI・IoT・ビッグデータ関連産業関連物品に係る市場調査・技術分析等

<企業アンケート・ヒアリング調査>

主に以下のような内容について国内産業に係る業界団体や個社にアンケートを発出・集約するとともに、必要に応じてヒアリング等の追加調査を実施する。

- 自社技術・製品に、国際的なIT関連品目の貿易自由化（関税やその他の貿易障壁撤廃）の議論になじむと考える品目はあるか。
- 市場規模はどの程度か。等

② ①の結果を踏まえた調査・分析

①の結果を踏まえた調査・分析を行う。

(3) サービス貿易

① 企業アンケート・ヒアリング調査

サービス貿易の課題・自由化ニーズの把握をするために、主に以下のような内容について国内産業に係る業界団体や個社にアンケートを発出・集約するとともに、必要に応じてヒアリング等の追加調査を実施する。

- どのサービス分野と国・地域に対して、サービス貿易の自由化ニーズがあるか
- サービスを提供する際に障壁となる規制は具体的に何か

2.事業内容

事業の全体像

本調査の全体像は、以下のとおり。

実施概要

アンケート実施

- ⑩ 120社程度実施
- ⑩ 環境、IT関連製品の貿易や現地進出、付帯サービスに関わる問題、課題など

ヒアリング実施

- ⑩ 民間企業：40社程度
- ⑩ 対象企業の事業内容等について確認

市場調査、技術分析

- ⑩ 環境関連製品についての概要、技術、市場分析、付帯サービス
- ⑩ 各国の環境/産業政策
- ⑩ 個別企業の情報

調査内容

- 環境関連物品・サービスについての項目
- 自社の製品、技術の説明
 - 関税削減・撤廃（HSコード）
 - 非関税障壁
 - 環境関連サービス
- IT関連事業についての項目
- 関税削減・撤廃（HSコード）
 - 自由回答

- 主に環境関連物品・サービスについて聴取
- 自社の製品、技術の説明
 - 関税削減・撤廃（HSコード）
 - 非関税障壁
 - 環境関連サービス
 - その他

- 対象分野
- エネルギー関連産業
太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、地熱発電、水素、燃料アンモニア、その他
 - 輸送・製造関連産業
自動車・蓄電池産業
半導体・情報通信産業
カーボンリサイクル産業

Ⅱ アンケート調査、ヒアリング調査

1.調査実施概要

アンケート調査

調査対象：環境関連産業、IT関連産業及びサービス貿易に関連する業界団体の会員企業

製造業、非製造業（電気、機械、輸送機器、化学、サービス、その他の業種）

調査方法：業界団体を通じてアンケートを依頼。調査票、回答シートをeメールで送信、回答をeメールで回収

調査内容：各社の環境保護に資する技術・製品及びその関連サービスもしくはIT製品について

調査期間：令和3年1月21日～3月5日

有効回収数：約120社

ヒアリング調査

調査対象：アンケート対象企業も踏まえ、経済産業省及び委託調査先にて選定。

調査方法：web会議による聞き取り

調査内容：アンケート項目についての詳細等

調査期間：令和3年1月25日～3月12日

ヒアリング実施数：約40社

2.調査結果概要

質問内容、項目

アンケート調査

- 環境関連産業、IT製品に関して以下のような項目について質問した。
 1. 環境関連産業について
 - (1) 貴社技術・製品について : 技術・製品の概要、CO₂削減など環境への貢献度など
 - (2) 関税削減・撤廃について : 環境物品交渉の対象として要望する技術・製品、HSコード、輸出先、競合企業など
 - (3) 非関税障壁 : 関税以外のコストや障壁
 - (4) 環境関連サービスについて : 製品提供の上で必要なサービスの説明、環境への貢献、ビジネスの阻害要因
 2. IT関連産業について
 - (1) 貴社技術・製品について : ITA交渉の対象として要望する技術・製品、HSコード、輸出先、競合企業など
 - (2) その他（任意回答） : 将来のIT製品の定義、現状のITA製品対象

ヒアリング調査

- 再生可能エネルギー関連、蓄電池、化学、重工業、機械メーカーなど約40件程度に対して、アンケート結果に対する追加質問の他、環境関連産業への取り組み状況などについて、ヒアリング調査を実施した。

2.調査結果概要

アンケート、ヒアリング調査結果の要点

関税削減・撤廃について

- 日本からの輸出物品に対して課されている関税についての問題意識は、50社以上が有していた。通商交渉により、関税の削減、撤廃が実現し、現状よりも良い状況になることを期待する意見があった。
- 原産地証明書の発行手続きの手間や煩雑さ、コストについての問題意識は、20社程度が有しており、環境交渉の成功によるMFN待遇享受の結果、手続きが不要になることを期待するという意見があった。
- 関税削減によって、日本の先端的な環境技術が広く普及することが見込まれるという意見や、貿易交渉を通じてカーボンニュートラルを始めとする環境保護へのモチベーションになることを期待する意見があった。
- コアパーツを日本で製造し、パッケージングのみ人件費が低い第三国で行っている企業からは、日本と仕向先国はFTAを締結しているものの、パッケージングを行っている国と仕向先国がFTAを有していない場合があり、このような場合、企業としては国によって関税率が変わらない方がありがたいという意見があった。

2.調査結果概要

アンケート、ヒアリング調査結果の要点

非関税障壁について

- 原産地規則や環境規制などの法律や規制がわかりにくい点に加え、担当者による恣意的な運用がある点、法律や規則の変更が頻繁に、もしくは突然に行われるなどの問題が指摘されていた。
- 各国で計算方法や認証が異なる点、仕向け地ごとに規格や仕様が異なる点なども障壁となっているという意見があった。
- その他、サプライヤーなどの登録制度に問題があったり、部品調達が現地企業に限定されたりするなどの点についても指摘が見られた。
- 海外での工場設立に際し、国内企業保護のための様々な政策や制度などがビジネス上の障害となっている。製品製造ライセンス取得、製造許可の認定などにコストと手間がかかる。明らかに国内企業に有利な政策がある。
- 環境保護関連制度により、使用不可能な部材などが出てくるといった意見があった。
- カーボンニュートラルを実現するためには、政府の支援などがないと商用ベースでの活用が困難な技術も多い。

2.調査結果概要

アンケート、ヒアリング調査結果の要点

環境物品関連サービスについて

- 設備や機器の稼働監視、保守メンテナンスについては、既にリモート対応サービスを実施しているケースは多く見られた。今後は、AIを用いたトラブルの予兆管理、IoTを用いた状態監視、AR/VR技術による可視化などが重要性を増すとの意見も見られた。
- 設備の設計や評価などの際に対応するエンジニアリングサービスについては、分析にAIを活用したり、VR/ARを用いて判りやすく結果を説明するなどの取り組みが見られた。
- 生物由来プラスチック、部品リサイクルなど環境汚染対策に関連するサービスとして、モニタリング、ごみの分別などにAIを活用して省人化などの取り組みも見られた。
- 現地企業との連携、現地企業からの材料や部品調達などを求めるような様々な規制（ローカルコンテンツ要求）によって構築されていた国際的なサプライチェーン網に悪影響が出ることがある。
- 現地での工場設立の際に必要なFS、コンサルティング、デザイン、設計については、重要性が認識されている。モニタリング、保守メンテナンスなどについても長期的に利用する際には必要なものであると認識されている。
- リモート技術は、遠隔地の顧客との打ち合わせなど導入フェーズでの活用に加えて、機器や設備の状態監視、保守メンテナンスなどで活用が進みつつある。今後は、AI、VR/AR技術などの活用が進む可能性もある。

将来のIT製品の定義、現状のITA製品対象について

- AI、IoT、Society5.0、クラウド化、5G、コネクティビティといった昨今の技術動向変化も踏まえ「繋がる機器」を念頭に置いた、白物家電（洗濯機、冷蔵庫等）、AV機器（テレビ、ディスプレイ、プロジェクター等）を中心に、WiFiなどの無線通信機能、インターネット対応の重要性が多くの企業で広く認識され、コンテンツサービスに関するコメントも見られた。

Ⅲ 市場調査・技術分析等

Ⅲ－１ 主要国の環境関連政策

1.カーボンニュートラル宣言

- 2019年9月の国連気候行動サミットで発足した「Climate Ambition Alliance」には、2050年CO₂排出量ネットゼロの達成に向けてEU及び121カ国が加盟（2020年12月現在）。
- G20でも、日本、EUなど様々な国がカーボンニュートラルを宣言。

G20のカーボンニュートラル宣言国の概要

国名	カーボンニュートラル宣言の概要・中期目標の引上げ状況	国名	カーボンニュートラル宣言の概要・中期目標の引上げ状況
EU	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2020年9月欧州気候法案） ● 2030年の削減目標を少なくとも55%（1990年比）に引上げ（2020年12月NDC改定版） 	中国	<ul style="list-style-type: none"> ● 2060年カーボンニュートラル（2020年9月習近平国家主席発言） ● 2030年のGDP当たりCO₂排出量を65%削減（2005年比）に引上げ（2020年12月習近平国家主席発言）
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2019年9月メルケル首相発言） ● EUと同様のNDC改定版を提出（2020年12月） ※同様の国内目標を法定化済（2019年12月気候保護法） 	韓国	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2020年10月文在寅大統領発言） ● 2030年の削減目標の上方修正に努める（2020年12月文在寅大統領発言）
フランス	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2019年11月エネルギー・気候法） ● EUと同様のNDC改定版を提出（2020年12月） 	南アフリカ	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2020年9月長期戦略）
イタリア	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（Climate Ambition Alliance加盟） ● EUと同様のNDC改定版を提出（2020年12月） 	メキシコ	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（Climate Ambition Alliance加盟）
英国	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2019年6月気候変動法） ● 2030年の削減目標を少なくとも68%（1990年比）に引上げ（2020年12月NDC改定版） 	ブラジル	<ul style="list-style-type: none"> ● 2060年カーボンニュートラル（2020年12月NDC改定版） ※上記目標は、パリ協定の市場メカニズムの機能次第で、修正される可能性がある ● 2025年の削減目標37%、2030年削減目標43%（いずれも2005年比）は据え置き（2020年12月NDC改定版）
(米国)	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2020年7月バイデン候補（当時）政策ビジョン、2020年8月民主政策綱領） 	アルゼンチン	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（Climate Ambition Alliance加盟）
カナダ	<ul style="list-style-type: none"> ● 2050年カーボンニュートラル（2020年11月カナダネットゼロ排出量責任法案） ● 2021年11月までにより野心的なNDCを提出予定（2020年12月カナダ政府） 		

出典：環境省「中間的な整理」以降の国内外の動き
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryout1.pdf

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き EU

- EUは、総額1.8兆ユーロ（約225兆円）の中期予算を採択し、コロナ復興の柱の一つにグリーンを位置付けている（気候変動対策に予算の30%を配分）。
- 欧州委員会は、国境炭素調整措置やEU-ETSの対象拡大による収入を、復興基金の償還に充てることを検討している。

EU中期予算（2021年-2027年）

項目	MFF	NGEU	合計
1. 単一市場、イノベーション、デジタル	1,328	106	1,434
2. 結束、レジリエンス、価値	3,778	7,219	10,997
3. 天然資源・環境	3,564	175	3,739
4. 移民と国境管理	227	-	227
5. 安全保障、防衛	132	-	132
6. 近隣諸国と世界	984	-	984
7. 欧州行政	731	-	731
合計	10,743	7,500	18,243

NGEU（7,500億EUR）の内訳

Recovery and Resilience Facility （コロナ危機の影響を特に受けた加盟国に対する大型の財政支援、復興・回復ファシリティ、グリーンとデジタルへの移行と経済のレジリエンス向上に資する事業を含む）	6,725
ReactEU （結束と欧州領土のための復興支援）	475
Horizon Europe （研究イノベーション支援）	50
InvestEU Fund （EU予算による保証を付与し、公的・民間投資を動員）	56
Rural Development （欧州農業農村振興基金）	75
Just Transition Fund （移行の影響を最も受ける国・地域を支援）	100
RescEU （災害危機対応能力の強化）	19

EUの復興計画を支える財政措置

- 2021年以降のEU中期予算は多年次財政枠組（MFF）及び復興基金（Next Generation EU；NGEU）で構成される。
- 復興基金（NGEU）の財源は、欧州委員会が債券を発行して金融市場から調達する。債券は遅くとも2058年末までに償還を完了する。
- 欧州委員会は**EUの独自財源を拡充し、復興基金の償還に充てる意向**。新たな収入源として具体的に以下を掲げている。

<2021年6月までに提案予定>

- － **炭素国境調整措置**（年間100億EURの収入見込み）
- － **EU-ETS対象部門の拡大**（年間50～140億EURの収入見込み）
- － デジタル課税

<2024年6月までに提案予定>

- － 金融取引税
- － 新たな共通連結法人税課税標準 等

出典：環境省「中間的な整理」以降の国内外の動き
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryuu1.pdf

2. 気候変動対策や経済対策等を巡る動き 主要国

- コロナウイルス対策の一環として、各国が復興施策パッケージを発表し、追加の資金投入を通じて、経済対策と併せたグリーンな復興が目指されている。

各国復興施策パッケージの概要			
項目	パッケージ名	規模	概要
ドイツ	経済刺激パッケージ	1,300億EUR (約16.3兆円)	2020年6月3日発表。短期的な経済・危機管理及び今後数年間における中長期的な社会構造強化のために活用するもの。 <u>このうち330億EUR(約4.2兆円)以上は、再エネ賦課金の減額や電気自動車購入の補助金増額等の気候変動関連の措置に活用。</u>
フランス	コロナ回復計画	1,000億EUR (約12.5兆円)	2020年9月3日発表。2020～2022年を対象にコロナ危機で打撃を受けた経済の立て直しに向け、 <u>エコロジー</u> 、競争力、結束の3本柱で実施されるもの。
英国	雇用のための計画	300億GBP (約4.2兆円)	2020年7月8日発表。早期に実施可能な対策や <u>グリーンインフラへの投資</u> 、及び企業保護のための付加価値税削減を通じて雇用創出を支援するもの。
	グリーン回復投資	3.5億GBP (約494億円)	2020年7月22日発表。 <u>重工業等の排出削減とコロナウイルスからの経済回復の推進</u> に活用し、国内産業におけるイノベーションと成長を促進するもの。
スウェーデン	春季補正予算	950億SEK (約1.1兆円)	2020年4月15日発表。感染拡大の抑制、企業と雇用への影響の緩和、失業者の保護と移行支援、社会的課題への継続的な対応 (<u>気候変動対策含む</u>)の4分野に資金を投じるもの。
	2021年予算	1,900億SEK (約2.3兆円)	2020年9月21日発表。 <u>グリーンな経済再興</u> を含む分野において、2021年に1,050億SEK、2022年に850億SEK規模の財政刺激策及び財政改革を講じるもの。
カナダ	カナダインフラ銀行による成長計画	100億CAD (約8,200億円)	2020年10月1日発表。今後3年間で5つの主要なイニシアティブ (<u>ゼロエミッションバス、クリーン電力、高効率ビル改修、ブロードバンド、農業インフラ</u>)に投資を行う。
韓国	韓国版ニューディール	160兆KRW (約16兆円)	2020年7月14日発表。2020年～2025年に、デジタルニューディール、 <u>グリーンニューディール</u> 、セーフティネットの分野に投資を行うもの。

出典：環境省「[中間的な整理]以降の国内外の動き」
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryout1.pdf

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き 米国：バイデン大統領の気候変動政策ビジョン

- 2020年7月14日、バイデン大統領は気候関連の新しいビジョンとして2021年からの4年間で総額2兆ドル（約218兆円）を投資する「近代的で持続可能なインフラと公正なクリーンエネルギーの未来の構築のための計画」を発表。
- 2050年までの経済全体のネットゼロ化や、様々な分野における脱炭素化投資について言及されている。

近代的で持続可能なインフラと公正なクリーンエネルギーの未来の構築のための計画（概要）

- 2050年までに経済全体をネットゼロにする
- 気候変動の分野に総額2兆ドル（約218兆円）を投資する
- 2021年からの4年間で政府調達に4,000億ドル（約44兆円）を投じ、主に蓄電池や電気自動車等を購入する
- 電気自動車のための50万台の充電ステーションを含む、自動車インフラに対する大規模な投資を行う
- 大気汚染を削減するための野心的な燃費基準を確立し、ゼロエミッションの軽自動車・中型自動車の導入を加速させる
- CCUS技術の研究への投資と税制優遇措置を強化する。10年以内に従来の水素と同コストでグリーン水素の入手を可能にする
- 住宅、オフィス、公共施設等のエネルギー改修に投資し、今後4年間で400万棟の商業ビルと200万棟の住宅を改修する
- クリーンエネルギーやエネルギー効率の分野への支出による便益の40%が恵まれない状況のコミュニティに行き渡るようにする
- 低金利融資や炭素隔離に対し農家に報酬を与える新しい自主的炭素農業市場の創設等を行い、農業部門と提携しながら米国の農業のネットゼロ排出の達成を目指す 等

出典：環境省「[中間的な整理]以降の国内外の動き」
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryuu1.pdf

2. 気候変動対策や経済対策等を巡る動き 米国：民主党政綱

- 2020年8月18日、米国民民主党は、大統領選に向けての政策綱領「2020 Democratic Party Platform」を採択。遅くとも2050年までのネットゼロ達成を支持するとともに、各部門での対策や投資等について言及。

民主党政綱における気候変動に関する言及（概要）

- 可能な限り早期に、遅くとも2050年までに米国および世界全体でGHG排出のネットゼロを達成
 - 電力部門は、2035年までに発電施設をカーボンフリー
 - 建築部門は、2035年までに既存建築物のカーボンフットプリントを半減
 - 農業部門は、ネットゼロ排出を達成（目標年度は明記なし）
- 米国の競争力を守るため、パリ協定のコミットメントを遵守していない国からの輸入品に対して国境炭素調整料金（carbon adjustment fee at the border）を導入
- 5年以内に5億台の太陽光パネルと6万台の風力タービンを導入
- 人口10万人以上の都市において、路面電車の導入、歩行者や自転車用のインフラ整備等の公共交通手段を提供
- 最先端の技術を踏まえつつクリーンな車やトラックの基準を迅速に強化し、国内におけるゼロエミッション車の導入を促進
- 2030年までに陸域と水域の30%を対象に炭素貯留を拡大
- 将来的に建築部門を100%クリーンにするべく、2030年までにすべての新規建築物のGHG排出量ネットゼロを達成
- クリーンエネルギーやエネルギー効率等の分野への支出による便益の40%を不利な状況に置かれたコミュニティに分配等

出典：環境省「「中間的な整理」以降の国内外の動き」
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryuu1.pdf

2. 気候変動対策や経済対策等を巡る動き

欧州：欧州グリーンディール

- 2019年12月11日、欧州委員会は「欧州グリーンディール」を発表。2050年までの温室効果ガス排出ゼロを目指す欧州気候法の制定、EU-ETS指令等の改正、EU域外企業に対する炭素国境調整措置の導入等を今後進めていくとしている。

「欧州グリーンディール」の主な提案内容とタイムテーブル

- **2020年3月までに、2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロとする気候中立（Climate neutrality）目標を法的に位置づける「欧州気候法」を提出する。**（※2020年3月4日法案提出、9月17日改正案提出済）
- **2020年夏までに、2030年までの温室効果ガスの排出削減目標を現在の40%減から50%減に上げた上で、さらに55%を目指す計画を提案する。**（※2020年12月11日欧州理事会55%削減で合意）
- **2021年6月までに、EU-ETS指令、努力分担規則、土地利用・土地利用変化及び林業（LULUCF）規則、エネルギー効率指令、再生可能エネルギー指令、自動車のCO₂排出規則に関する立法措置の改正案を提出する。**
EU-ETSについては、新たなセクターへの対象拡大、削減義務率の引上げ、無償割当の削減等が含まれる。
- **2021年6月までに、エネルギー税制指令の改正案を提出する。**また、欧州議会と欧州理事会が、全会一致でなく、通常の数決による立法手続きを通じてこの提案を採択することを提案する。
- **2021年に、特定のセクターに対して、製品の輸入価格に炭素含有量をより正確に反映するため、WTOルール等に整合した、「炭素国境調整措置（Carbon border adjustment mechanism）」を提案する。**
この仕組みは、EU-ETSの炭素リーケージのリスクに対処する手段となる。
- 2020年1月に、「公正な移行メカニズム（Just Transition Mechanism）」を提案する。提案には再訓練や雇用機会へのアクセスを提供するための「公正な移行基金」や「持続可能な欧州に向けた投資計画」が含まれる。
（※2020年1月14日提出、5月28日改正案提出、12月11日欧州理事会が合意）
- 2020年3月に、「グリーンとデジタルの変革」に取り組むため、EU産業戦略を策定する。（※2020年3月10日提出済）

出典：環境省「中間的な整理」以降の国内外の動き
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryuu1.pdf

2. 気候変動対策や経済対策等を巡る動き

欧州：2030年気候目標計画におけるEU-ETSの拡大・見直し

- EUは2030年の削減目標を1990年比55%減に引き上げ。EU-ETSについても、欧州委員会が2021年6月までに以下の方針に従い、改正案を提示する予定。

2030年気候目標計画におけるETS関連施策方針

施策	設定
対象の拡大	<ul style="list-style-type: none">● EU域内海運、建築物、運輸への拡大を検討● 上記により化石燃料燃焼に起因する全てのGHG排出をETSに統合することを検討● 建築物、運輸など拡大ETSは燃料供給者（上流側）を参加者とするシステムを想定● 消費側を対象とする現ETS参加者における二重カウント回避の対策が必要
総排出枠の縮小	<ul style="list-style-type: none">● 脱炭素促進には、長期的な炭素価格シグナルが必要● 現状第4フェーズで2030年までに2005年比43%減としている排出枠の縮小を検討<ul style="list-style-type: none">➢ 第4フェーズの排出枠年次遞減率を現在規定の2.2%から上げる見直し検討➢ 実排出量が排出キャップを大きく下回る現状を踏まえ、1回限りの措置として排出キャップを引き下げること検討（実際の排出レベルを起点として年次遞減を行う）
リーケージリスクへの対応	<ul style="list-style-type: none">● 現在のリーケージリスク回避対策である炭素集約型産業に対する無償割当について、ETS対象拡大と排出枠縮小により、その有効性にどのような影響があるか詳細な評価が必要● EU外から輸入される特定のセクター製品にCPを課す国境炭素調整措置も検討中
低所得者への影響配慮	<ul style="list-style-type: none">● ETS拡大で暖房費や燃料費の負担が大きくなる低所得世帯への配慮が必要● 各国のオークション収入やETS枠組での低所得支援基金（近代化基金やイノベーション基金）などETSオークション収入等を原資とすることを想定

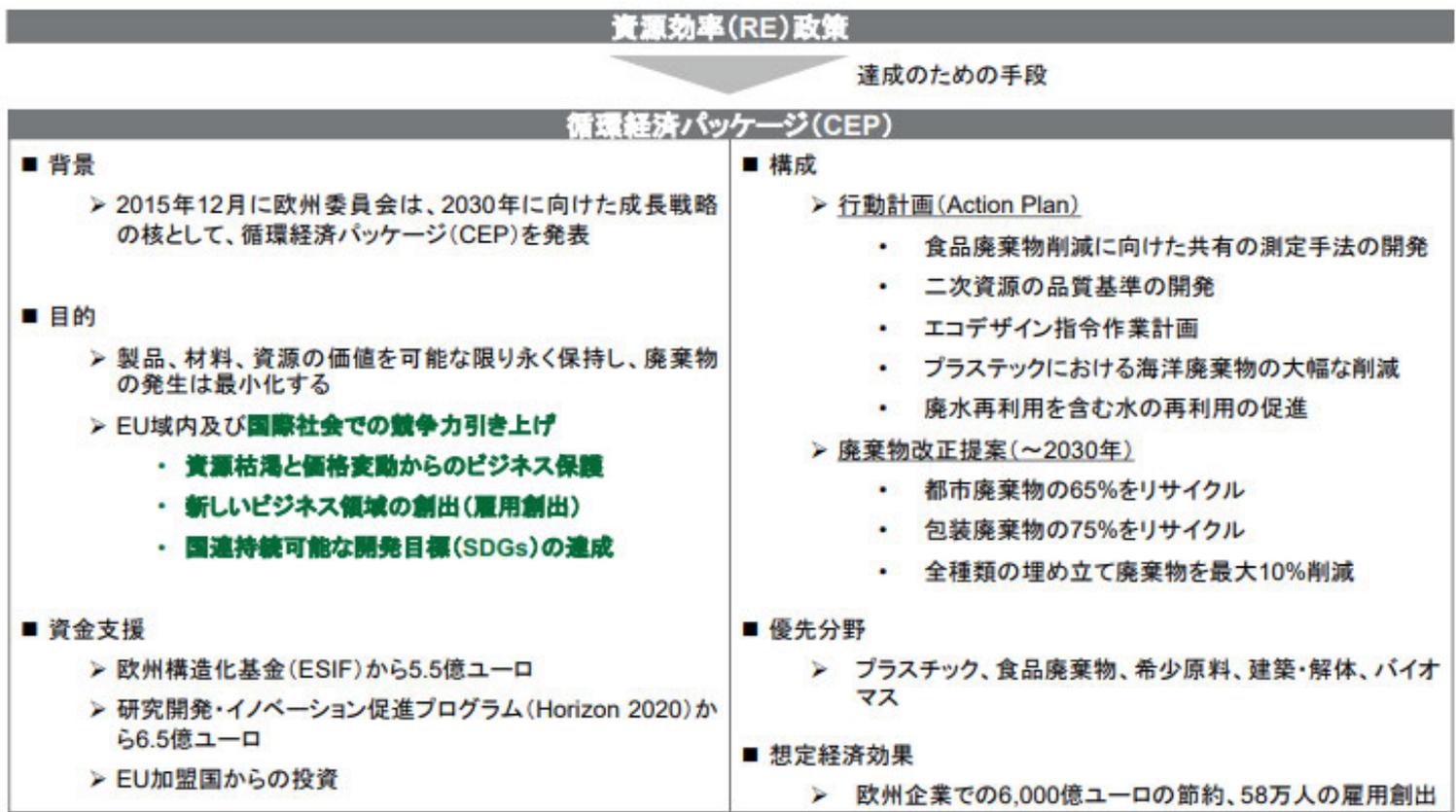
出典：環境省「中間的な整理」以降の国内外の動き
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryuu1.pdf

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き

環境問題全般：欧州循環経済パッケージの概要

- 循環経済パッケージ（CEP=Circular Economy Package）は、製品、材料、資源の価値を可能な限り永く保持し廃棄物の発生を最小化する取り組みである。循環経済（CE）政策は、サプライチェーン別に取り組みが掲げられ、欧州における資源確保（リサイクル向上）に加え、雇用創出と経済政策も目指すものである。

資源循環パッケージ(CEP)の概略



6

出典：EU action plan for the Circular Economy等より作成

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き 英国：グリーン産業革命と10項目①

- 英国のボリス・ジョンソン首相は2020年11月18日、グリーンエネルギー、輸送、自然、革新的な技術などの野心的な10項目の計画を含む「グリーン産業革命」を発表した。
- この計画は、英国が2050年までに温室効果ガス（GHG）の純排出ゼロ*の目標達成に貢献するものとし、英国政府による総額120億ポンド（約1兆6,560億円、1ポンド＝約138円）の投資を行い、最大25万人の雇用を創出する。英国の強みを中心に構築された10項目の中には、電気自動（EV）や洋上風力、水素、原子力などが含まれる。

「グリーン産業革命」の10項目とその概要

	項目	概要
1	洋上風力	英国の全家庭への電力供給に十分な容量の洋上風力を導入。2030年までに発電量を現在の4倍の40ギガワット（GW）にし、最大6万人の雇用をサポート。
2	水素	業界と協力し、2030年までに産業、輸送、電力、家庭向けの5GW規模の低炭素水素発電の開発を目指す。家庭向けでは水素を利用して暖房や調理を行う住宅の試用を進め、2023年に水素を利用した「住宅区域」、2025年には「住宅地域」へと拡大、2030年の終わりまでに数万世帯に相当する「水素タウン」の開発を目指す。最大5億ポンドを投資、このうち2億4,000万ポンドが新たな水素製造施設に投資される。
3	原子力	グリーンエネルギー源として原子力を推進し、大規模な原子力から次世代の先進的な小型モジュール炉（SMR）の開発まで、新たな原子力発電計画を進める。特に1万人の雇用を支援するSMRの研究開発には5億2,500万ポンドを投資する。

* 人間の活動によって排出される温室効果ガス（GHG）の量を森林などで吸収されるレベルにまで抑えること。

出典：JETROビジネス短信2020年11月20日

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/11/dde99f8b387141a2.html>

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き 英国：グリーン産業革命と10項目②

	項目	概要
4	電気自動車 (EV)	2030年までにガソリン車、ディーゼル車およびバンの新車販売を段階的に禁止する。ただし、炭素排出ゼロで長距離走行可能なハイブリッド車とバンは2035年まで販売を認める。充電設備に13億ポンドの投資、ゼロエミッション車または超低排出ガス車の購入に5億8,200万ポンドの助成金、最大10億ポンドを提供する自動車変革基金 (Automotive Transformation Fund) の投資の一環として、EV用バッテリーの開発と大量生産に今後4年間で約5億ポンドを支出、数千人の新たな雇用を保護、創出する。
5	公共交通機関、サイクリング、ウォーキング	数千台のグリーンバス、数百マイルの自転車専用レーンなどを導入することで、サイクリングとウォーキングをより魅力的な移動手段にする一方、将来のゼロエミッション公共交通に投資する。
6	ゼロエミッション航空輸送とより環境にやさしい海上輸送	ゼロエミッション航空機、船舶の研究プロジェクトを通じ、脱炭素化が困難なこれら産業をより環境負荷が小さいものとすることを支援。クリーンな海運技術の開発に2,000万ポンドを投資する。
7	住宅、公共施設	住宅、学校、病院をより環境負荷が小さく、より温熱環境の整った、よりエネルギー効率の高いものにするための支援策などに10億ポンドを投資。2030年までに5万人の雇用を創出し、2028年までに毎年60万台のヒートポンプを設置することを目標とする。
8	炭素回収	北アイルランド、ウェールズ、スコットランドの産業集積に10億ポンドを投資し、炭素を大気から回収・貯蔵する技術で世界をリードする新産業を確立、2030年までに1,000万トンの二酸化炭素を削減することを目標とする。
9	自然	2025年までに毎年3万ヘクタールの樹木を植えることで自然環境の保護および回復を目指し、自然の炭素吸収能力を活用する。これにより数千人の雇用の創出、維持する。
10	グリーンファイナンス・イノベーション	上記9項目の新しい野心的なエネルギー目標の達成、およびロンドン市をグリーンファイナンスのグローバルセンターにするために必要な最先端技術を開発する。

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き 中国：エネルギー発展第13次5か年計画（2016～20年）

計画の現状①

（1）再エネ関連政策の動向

- 第13次5か年計画期間の再エネ関連政策は、2017年2月に発表された再生可能エネルギー第13次5か年計画が中心となっている。以下のような、再エネ発電能力の整備目標以外に、2020年時点で1300万人の雇用、2016～20年に再エネ電力で40兆円の投資をみこむ。なお、2020年末時点の風力設備容量目標は2019年末にほぼ達成、太陽光設備目標は2019年末に2倍の超過達成。

再生可能エネルギー第13次5か年計画 設備容量ベースの再生可能エネルギー導入目標（万kW）

	2010年（実績）	2015年（実績）	2019年（直近実績）	2020年（目標）
水力発電（揚水含まず）	21,606	31,954		34,000
風力発電	3,100	12,900	21,005	21,000
太陽光発電	80	4,318	20,468	10,500
再エネ合計（太陽熱、地熱などを含む）	21,606	50,472		67,500
全電力中の非化石エネ割合（揚水発電・原子力含）		35%	40.8%	39%

① チャンスロス（棄風・棄光）への対応

- 中国の再エネの大きな課題の一つは、送電能力の不足などにより発電能力を利用できないチャンスロスが大きいこと。このため「2020年時点の棄風率・棄光率5%以下」との目標を設定し、以下のような取組みを実施。2019年には棄風率4%、棄光率2%を達成し、目標を超過達成。

○ 再生可能エネルギー発展13次5か年計画の実施に関する指導意見

- 棄風・棄光が大きな地域での新規大規模風力・太陽光の設置の制限
- 省ごとの風力・太陽光などの導入目標の設定とそれによる沿海部への設置の誘導

○ 再生可能エネルギー電力受入保障体制構築の通知

- 全電力消費のうちの再エネ消費割合を省ごとに設定。達成できない場合には、他省の超過達成分を取得。

棄風率・棄光率の推移



出典：NEDO「第13次5か年計画期間の中国の再生可能エネルギーの政策と状況」 <https://www.gef.or.jp/globalnet201704/globalnet201704-9/>

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き

中国：エネルギー発展第13次5か年計画（2016～2020年）

計画の現状②

(1) 再エネ関連政策の動向 ② 風力・太陽光電力の価格引き下げへの対応

・ 2018年ごろは、太陽光発電の設置が想定よりも急速に進んだため、補助金（FITに相当）が1100億元（1.9兆円）不足する事態が発生。このため補助金制度の見直しと、風力・太陽光電力の価格引き下げが大きな課題となった。

○ 2018年の太陽光発電関連事項に関する通達（2018.5.31）

- ・ 一般太陽光発電所（メガソーラ）の建設枠の配分を当面見送る
- ・ メガソーラーの買取価格を統一的にkwhあたり0.05元（≒0.8円）引き下げ（2017年末に0.1元引下げ済みだった）
- ・ 一般太陽光発電所はいずれも競争性入札方法で事業主を決定する

○ 水力以外の再生可能エネルギー発電の健全な発展の促進に関する若干意見（2020年1月）

- ・ 予算額の範囲でのみ新規の補助金（FIT）の対象プロジェクトを決める
- ・ グリーン電力証書取引を普及させ、企業はグリーン証書取引を通じて収入を得て、補助金の一部を代替させる。

(2) 再エネ発電の状況① 設備容量

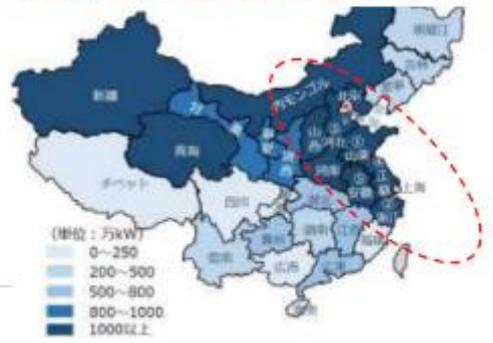
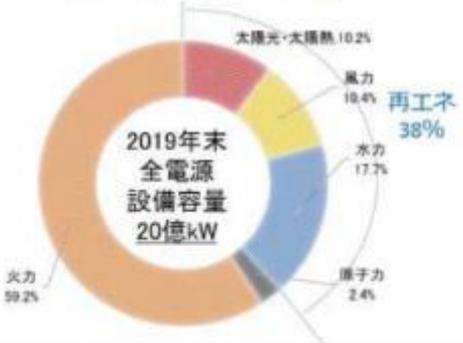
・ 2019年の全電力発電設備に占める再エネの割合は38%となった。一方で、新規の設備容量の投資に占める再エネの割合は3分の2以上（69%）を占めた、実際に2019年中に導入された電力設備の56%は再エネ（水力4%を含む）。

・ 再エネの立地については、以前は新疆や内モンゴルなどの「三北地域」が主流だったが、2019年では太陽光の立地の中心は①山東省、②浙江省、③河北省、④江蘇省、⑤安徽省といった沿海部の大消費地に近い地域に中心が移っている。

設備容量（2019年末）

投資額（2019年度）

太陽光発電の立地地域（2019年）



出典：NEDO「第13次5か年計画期間の中国の再生可能エネルギーの政策と状況」 <https://www.gef.or.jp/globalnet201704/globalnet201704-9/>

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き

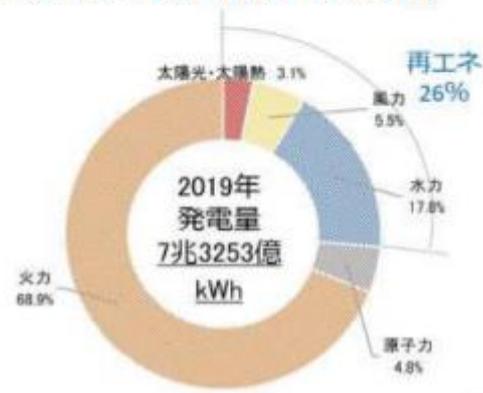
中国：エネルギー発展第13次5か年計画（2016～2020年）

計画の現状③

②発電量

- 全発電電力に占める風力・太陽エネ発電の割合は年々増加しており、2019年にはそれぞれ5.5%、3.1%に達した。
- 発電電力の増加には、設備容量の増加に加えて、年間の発電時間の増加・チャンスロスの低下も貢献している。

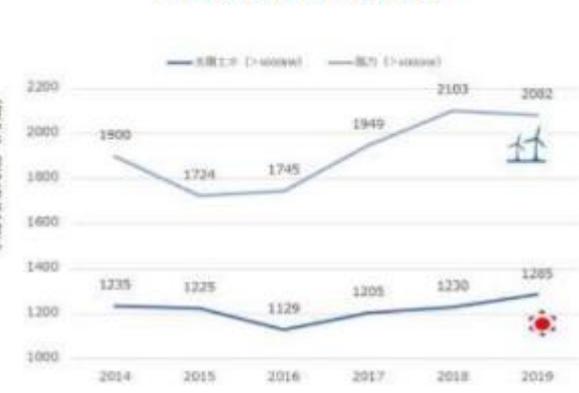
電源構成別の発電電力量（2019年）



電源構成別の発電電力の推移



年間の発電時間の推移



2019年	系統接続設備容量	年間発電量	チャンスロス割合	年間発電時間
風力発電	2.10億kW (14.0%増)	4057億kWh (10.9%増)	4%	2082時間
太陽エネルギー発電	2.04億kW (14.0%増)	2243億kWh (26.3%増)	2%	1285時間

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

出典：NEDO「第13次5か年計画期間の中国の再生可能エネルギーの政策と状況」 <https://www.gef.or.jp/globalnet201704/globalnet201704-9/>

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き 中国：エネルギー発展第14次5か年計画（2021～25年）

新5か年計画の概要

- 第13期全国人民代表大会（全人代）第4回会議が3月5日、北京市で開幕し、会議では、第14次5か年（2021～2025年）規画と2035年までの長期目標綱要案が発表された。
- 李克強首相が読み上げた政府活動報告においては、同案の内容のうち、主に、第14次5か年（2021～2025年）規画期間におけるマクロ経済の主要指標、イノベーション駆動型発展戦略、グリーン発展や民生福祉にかかわる主要な数値目標や重点政策について言及。
- グリーン発展については、気候変動対策の中国のINDC（国が決定する貢献）「2030年の温室効果ガス排出削減目標達成」に取り組むとの方針で、単位GDP当たりのエネルギー消費量と二酸化炭素排出量をそれぞれ13.5%、18%引き下げるとした。

グリーン発展に関する主要目標

指標	2020年	2025年	年平均/累計	属性*
単位GDP当たりのエネルギー消費量低下率（%）	-	-	[13.5]	拘束性
単位GDP当たりの二酸化炭素排出量低下率（%）	-	-	[18.0]	拘束性
地級市以上の都市空気質量優良日の割合（%）	87.0	87.5	-	拘束性
地表水質量Ⅲ類に達する或いはそれよりも良い水の割合（%）	83.4	85.0	-	拘束性
森林カバー率（%）	23.2*	24.1	-	拘束性

* 所期性指標は国の期待を反映している発展目標。拘束性指標は達成が義務付けられている目標。

出典：JETRO短信 2021年3月10日 <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/03/38a0764930a67b96.html>

2.気候変動対策や経済対策等を巡る動き

韓国：韓国版ニューディール構想

- 韓国の文在寅（ムン・ジェイン）大統領は2020年7月14日、新型コロナウイルス感染拡大による危機を克服し、ポストコロナ時代の世界経済をリードするための国家発展戦略として「韓国版ニューディール（K・New Deal）」構想を発表する、国民報告会を開催した。
- 文大統領は、韓国版ニューディールのビジョンとして、（1）追従型の経済から先導型の経済へ、（2）炭素依存経済から低炭素経済へ、（3）不平等社会から包容社会への発展を掲げた。2025年までに160兆ウォン（約14兆円、1ウォン＝約0.089円）（政府予算7割と民間3割）を投じ、新たに190万人の雇用創出を目指す。

分野	予算	項目
セーフティーネット強化	28兆4,000億ウォン	<ul style="list-style-type: none">・雇用保険の加入対象を段階的に拡大・基礎生活保護対象者の扶養義務者基準を廃止（2022年まで）・傷病手当制度の導入を推進（2022年まで）・AI分野などの人材養成、就活および転職の支援を強化・農漁村地域のデジタルアクセス環境を改善
デジタルニューディール	58兆2,000億ウォン	<ul style="list-style-type: none">・公共データ14万件を公開して「データダム」を構築・5GとAI基盤の知能形政府（AI政府）・全国の小中高校に高性能の公衆無線Wi-Fiを構築・スマート病院など、スマート医療インフラを構築・小商工人のオンラインビジネスを支援・社会インフラ（道路や港湾など）管理システムのデジタル化・スマートシティおよびスマート工業団地を造成
グリーンニューディール	73兆4,000億ウォン	<ul style="list-style-type: none">・老朽化した公共施設のゼロエネルギー化を推進・スマートグリーン都市および学校の造成・電気自動車（113万台）、燃料電池車（20万台）を普及・太陽光や風力、水素などの再生エネルギーの普及を拡大・スマートグリーン産業団地を造成など

出典：JETROビジネス単信2020年07月17日

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/07/13ab4b4a83978545.html>

3. EU、米国における炭素国境調整措置の検討状況等

- EUでは、炭素国境調整措置の導入に向けた検討が進行中。
- 米国でも、大統領選の公約等の中で、国境炭素調整料金の導入に関する言及がされている状況。

EU、米国における国境炭素調整措置の検討状況等

【EU】

- 域外の低炭素化と、域内外の産業の競争公正性を確保する（炭素リーケージのリスクを低減する）ため、**炭素国境調整措置（Carbon border adjustment mechanism）**を検討。
- 炭素集約度が高い特定のセクターについて、EUが定める排出基準（EU-ETSにおけるベンチマーク相当のものなど）を満たさない、生産国においてEU並みの炭素価格を課されていないなど、**炭素規制が緩い域外からの輸入品に新たな関税を課す等の措置を検討している。**
- 2020年第3四半期にパブリックコンサルテーションを行ったところであり、**2021年第2四半期に制度の提案を行い、遅くとも2023年1月1日までは導入する予定。**
- 得られた収入については、2021年以降の中期予算及び復興基金の財源の一部として活用する予定。この中で、「公正な移行メカニズム」（EU域内で脱炭素化に向けた進捗状況に差がある状況で、炭素集約型の経済活動に依存している地域への資金支援等を行う）の強化に活用することも検討している。

【米国】

- 2020年7月14日、**バイデン候補（当時）は米国大統領選挙に際して、政策ビジョンである「クリーンエネルギー革命と環境正義計画」を発表。**その中で、**十分な気候・環境対策を実施していない国からの炭素集約型製品に対し、炭素調整料金又は割当（carbon adjustment fees or quotas）を課すことが言及されている。**
- 大統領選に向けての**米国民民主党の政策綱領「2020 Democratic Party Platform」（2020年8月18日）**の中でも、同様に、米国の競争力を守るため、パリ協定のコミットメントを遵守していない国からの輸入品に対して**国境炭素調整料金（carbon adjustment fee at the border）を導入することが言及されている。**
- **米国下院「気候危機に関する特別委員会」がとりまとめたアクションプラン**（民主党議員が執筆、2020年6月30日）の中にも、国内産業の保護及び国外へのカーボンリーケージ防止のため、**国境炭素調整措置の導入の必要性が言及されている。**

出典：環境省「[中間的な整理]以降の国内外の動き」
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryoku1.pdf

3. EU、米国における炭素国境調整措置の検討状況等

EUの炭素国境調整措置の概要

- 欧州委員会は、2020年3月から4月にかけて炭素国境調整措置の開始影響調査を実施。その際、制度の目的、政策オプション、予想される影響等に関する情報を開示。
- 2020年10月にパブリックコンサルテーション終了。2021年6月に制度の提案を行い、遅くとも2023年1月1日までに導入する予定。

導入の趣旨等	<ul style="list-style-type: none">■ 欧州グリーンディールは、2050年気候中立目標を定めるとともに、EUの気候野心度を引上げ、2030年までにGHG排出量を1990年比で50-55%削減する目標をたてた。欧州委員会は、炭素リーケージのリスクを低減するために、特定部門に対する炭素国境調整措置（Carbon border adjustment mechanism）を提案する。■ 国際パートナーがEUと同じ気候目標を共有しない限り、炭素リーケージのリスクが生じ、パリ協定の世界的な気候目標を達成するためのEUと産業界の努力を妨げる。炭素国境調整措置を導入することにより、輸入品の価格に炭素含有量を反映することが保証され、EU-ETSにおける炭素リーケージリスクへの対処法の代替手段になり得る。
政策オプション	<ul style="list-style-type: none">■ 炭素国境調整措置は、WTOルール及びEUのその他の国際的義務を遵守する形で設計する必要がある。また、EU域内炭素価格に見合うものである必要がある。具体的なオプションとして、特定の製品（輸入品及びEUの域内製品）に課す炭素税、輸入品に対する新たな炭素関税や輸入課税、EU-ETSの輸入品への拡張が考えられる。■ 対象部門がEU-ETSでカバーされ、輸出者がより低い炭素含有量や原産地におけるより高い炭素価格を実証しない場合、ETSのベンチマークシステムと同様の方法論に基づき、炭素国境措置を検討することができる。■ 炭素リーケージのリスクが高い場合に本措置が適用されることを保証するため、欧州委員会はEU-ETSの第3、第4フェーズで炭素リーケージのリスクを特定するために行った研究を活用し、対象セクターの範囲を定義する。
予想される影響に係る予備調査	<ul style="list-style-type: none">■ 経済的な影響はセクターによって異なる。経済効率性とバリューチェーン上の影響、及び製品の上流部門と下流部門への影響を評価する必要がある。国境調整措置は、欧州グリーンディールの一部であり、EU産業の競争力が、炭素リーケージによって危険にさらされないことを保証しながら、脱炭素化に貢献する必要がある。■ 社会的な影響はセクターに大きく依存する。炭素国境調整措置は製品価格を上昇させる可能性があるため、消費者の生活水準、特に脆弱なグループの生活水準に及ぼす潜在的な影響を考慮する必要がある。また、この措置により、EUから、気候の野心度の低い第三国の生産への移行が回避され、雇用の面でEUにプラスの効果をもたらす可能性もある。■ 炭素国境調整措置の目的は、環境への害を防ぐことにある。制度が適切に設計されれば、EUの気候変動分野の政策の有効性の改善につながり、世界の排出量削減にさらに貢献することができる。■ 炭素国境調整を適用するために、輸入品の生産に係るGHG排出量を決定する必要がある。行政上の負担を最小限に抑える必要性を考慮に入れながら、既存の合意された方法論に基づき、手法を構築する必要がある。

出典：環境省「[中間的な整理]以降の国内外の動き」
https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryout1.pdf

3. EU、米国における炭素国境調整措置の検討状況等 米国下院の委員会における国境調整措置に関する議論

- 2020年6月30日、米国下院「気候危機に関する特別委員会」が、米国議会としての気候変動対策のあり方に関するアクションプラン*を公表。この中で、国内産業の保護やリーケージ対策として、国境調整措置の導入の必要性について言及。

主な提言 内容

■ 米国経済全体で2050年よりも前にGHGネットゼロ排出を達成。

- 発電部門の排出量を2040年ネットゼロ、新車乗用車を2035年に100%ゼロエミッション車、全ての新築住宅・業務ビルを2030年までにネット排出ゼロ、水システムへの投資、テレコミュニケーションネットワークの強化、メタン排出量を2030年までに2012年比90%削減、イノベーション促進、産業部門の排出基準等の設定及び国境調整措置、国内産業部門の脱炭素化技術への投資、炭素価格によるクリーンエネルギー技術支援、雇用への投資、脆弱なコミュニティへの投資、パブリックヘルス改善、農業関連投資、コミュニティのレジリエンス向上、国内の土壌・水・海洋・生態系の保護、気候変動リスクに対する国家安全保障、政治体制の強化といった、包括的な提言が盛り込まれている。

国境調整 措置に関 する言及

■ 炭素集約的な産業に対し、米国内で排出基準規制やカーボンプライシング施策を実施する場合、米国議会は、国境調整措置を同時に導入すべき。

- 国内産業の保護及び国外へのカーボンリーケージ防止のため、国境調整措置を実施することが効果的。
- 国境調整措置は、一般的に、輸入製品への関税及び輸出製品への補助金を行うもの。
- 製品毎に排出量のベンチマークを設定し、ベンチマークよりもパフォーマンスの悪い輸入製品についてその差分の関税を課し、反対に輸出相手国が設定する製品ベンチマーク（あるいは相手国の当該部門全体の平均排出ベンチマーク）よりパフォーマンスが高い低炭素製品の輸出に対し、その差分の補助金を付与する方法等が考えられる。
- 連邦政府は、国境調整措置による税収は輸出製品への補助金の支払いに活用し、余剰分については炭素集約的な国内製造業の低炭素技術開発支援や、化石燃料からの移行により影響を受けるコミュニティ支援に活用すべき。
- 制度策定にあたり、独立した専門家パネルが排出ベンチマークの検討を行い、議会は国際貿易規則を注視すべき。

*米国下院「気候危機に関する特別委員会（Select Committee on the Climate Crisis）」が17カ月にわたり実施したステークホルダーや研究者との協議及び文献調査の結果に基づき策定された、野心的かつ包括的な気候変動対策に関する数百の政策提言。執筆者は全て民主党議員。

出典：環境省「「中間的な整理」以降の国内外の動き」

https://www.env.go.jp/council/06earth/01_shiryu1.pdf

Hello-G

4.タクソミー策定

EUにおけるサステナブルファイナンスの検討

- 欧州委員会は、2016年12月、サステナブルファイナンスについて検討するハイレベル専門家グループ（HLEG）を設置し、2018年1月、最終報告を公表。
- 最終報告を基に、2018年3月、欧州委員会は10項目からなるアクションプランを採択。
- 各アクションプランは、法規制案の策定及び専門家グループ（Technical Expert Group: TEG）での議論等により進められている。

アクションプラン項目

- | | |
|-------------------------------|---|
| ① サステナブル活動のEU分類システム（タクソミー）の確立 | ⑥ 格付及び市場調査におけるサステナビリティの統合 |
| ② グリーン金融商品の基準及びレベルの創設 | ⑦ 機関投資家及びアセットマネジャーの義務の明確化 |
| ③ サステナブルプロジェクトへの投資の促進 | ⑧ 健全性要求へのサステナビリティの取り込み |
| ④ 投資アドバイスの際のサステナビリティの組み込み | ⑨ サステナビリティ情報開示の強化及び会計基準の策定 |
| ⑤ サステナビリティベンチマークの開発 | ⑩ サステナブルコーポレートガバナンスの促進及び金融市場における短期主義の抑制 |

出典：環境省 環境金融推進室

https://www.env.go.jp/policy/参考資料1_環境省提出参考資料.pdf

4.タクソミー策定

EUアクションプラン：サステナブル活動のEU分類システム（タクソミー）の確立

- タクソミーとは、「環境面で持続可能な経済活動」に該当する活動の分類。
- グリーンウォッシングを防ぐことなどが目的。
- 6つの環境目的のいずれか1つ以上に貢献し、いずれにも重大な害とならないものとして、技術的な基準が定められている。

(6つの環境目的)

(タクソミーの技術的な基準の例)

- ✓気候変動の緩和
- ✓気候変動の適応
- ✓循環経済・廃棄物抑制・リサイクル社会への移行
- ✓水資源と海洋資源の持続可能な利用と保全
- ✓汚染の防止と管理
- ✓健全なエコシステムの保全

ガス発電	・ライフサイクル排出量100gCO2/kW以下 ※石炭火力発電所は除外 ※原子力発電については態度保留
自動車	・水素自動車・燃料電池車・電気自動車は適格 ・2025年までは50gCO2/km以下

タクソミーの主な用途

投資家



金融商品について、環境面で持続可能な経済活動に投資した割合の開示

企業等



環境面で持続可能な経済活動の割合の開示
・製品又はサービスから得られる売上の割合
・資産又はプロセスに関連する資産的支出・運営費用の割合

出典：環境省 環境金融推進室
https://www.env.go.jp/policy/参考資料1_環境省提出参考資料.pdf

4.タクソミー策定

EUアクションプラン：グリーン金融商品の基準及びラベルの創設

- EUグリーンボンド基準および金融商品に付与するエコラベルの検討を実施。

グリーンボンド

グリーンボンド基準に関するTEGの報告書の内容

- EUグリーンボンド基準は**任意の基準**
- EUグリーンボンド基準に盛り込むべき4要素
 - 調達資金の用途は、**EUサステナビリティ・タクソミーへの適合**を要する
ただし、イノベーションの性質、プロジェクトの複雑性、地域性等により直接適用できない場合あり
 - グリーンボンドフレームワークを示し、グリーンボンドの資金用途・プロセス・報告に関する詳細解説
 - 資金用途及び環境へのインパクトに関する開示の義務化
 - 認定された**外部評価機関からの検証取得の義務化**

エコラベル

2019年12月に公表されたエコラベル基準案の内容

- **グリーンな経済活動への投資割合**の規定
例) 株式ファンド：資産総額の最低20%は、グリーン経済活動からの収益が50%以上の企業
資産総額の最低40%は、グリーン経済活動からの収益が20～49%以上の企業
- ESGの側面からの**除外規定**
例) 化石燃料、原子力発電等の一部の指定された経済活動からの収益が5%以上の企業
- グリーン経済活動を50%未満しか行っていない企業に対する**エンゲージメント**の規定

エコラベルの最低基準を
満たす株式ファンドの構成

【20%】 グリーンな収益が 50%以上の企業
【40%】 グリーンな収益が 20～49%の企業
【残り】 グリーンな収益が 20%未満の企業 または現金等

出典：環境省 環境金融推進室

https://www.env.go.jp/policy/参考資料1_環境省提出参考資料.pdf

4.タクソミー策定

タクソミーの最終報告書（2020年3月）①

EUタクソミーの主な変更ポイント

- タクソミーに整合する経済活動を **2種類** に特定。

① **Own Performance**

：活動自体が環境目的に貢献するもの

例：低炭素エネルギー製品（再エネ）、**閾値を満たす製造プロセス**（※）

② **Enabling Activities**

：①のパフォーマンス改善に資する活動であり、

(a) 長期的な環境目標を阻害する資本をロックイン化せず、

(b) ライフサイクル考慮に基づく実質的にポジティブな環境インパクトがあるもの

例：送配電、蓄電、地熱・水素の貯蔵、CO2の輸送

- 上記以外も、**一定期間に閾値目標を達成するための実装計画の一部である場合に限り、タクソミー適合と認める。**

➤ **Improvement Activities**

：**5年以内**に持続可能な成果を達成する投資に**限定**。

あらゆる化石燃料の貯蔵・運搬は除外。

(※石炭はタクソミー規則で既に除外)

例：省エネ対策、小規模の再エネ、レジリエンス対策

※「2050年のネットゼロ排出経済への移行に貢献するが、今はそのレベルに近づいていない。適格基準を定期的に見直すことで、徐々にゼロに近づかせる。」活動を**トランジション活動**と定義。

【トランジションのチェックがついた活動例】

- CCS付ガス火力発電

- 水力発電



出典：経済産業省「トランジション・ファイナンスのあり方」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/kankyo_innovation_finance/pdf/002_04_00.pdf

4.タクソミー策定

タクソミーの最終報告書（2020年3月）②

EUタクソミーの主な中身

- **ライフサイクルの考慮**を強調。
- 緩和の基準について、抜本的な変更はなし。セクターの閾値例は以下のとおり。
 - **ガス発電**（LCで100gCO₂e/kWh以下は適格。**CCS等軽減措置をとる施設は適合性を示すこと、が追加。**）
 - **原子力**（DNSH*の観点から更なる検討が必要とし、**現段階では適格とはされていない。**）
*Do Not Significant Harm: 他の環境目的を著しく害しないこと
 - **自動車**（HV等は困難のまま。但し、**EVを製造していても工場で石炭を燃やしている場合は不適格、が追加。**）
 - **鉄鋼**（**閾値の項目にコークス(褐炭は除く)が追加。**LCAはサーキュラーエコノミー基準で今後検討。）
- 将来的なレビュープロセスにおいて、**「ブラウン・タクソミー」の検討の必要性にも言及。**
- 気候変動緩和の66の経済活動に加え、**68の適応の経済活動が追加。**



タクソミーの国際調和

- タクソミーの国際調和に向けて、EU主催のIPSF(サステナブルファイナンスに関する国際的プラットフォーム)、NGFS(気候変動リスクに係る金融当局ネットワーク)、ISO等で検討が進められていることに言及。
- TEGは、国際的なタクソミーには**4つのミニマム・デザイン原則(①具体的な環境目標・期間の設定、②経済活動のリスト、③パフォーマンス指標、④パフォーマンスの閾値)が必要**と設定。

出典：経済産業省「トランジション・ファイナンスのあり方」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/kankyō_innovation_finance/pdf/002_04_00.pdf

Ⅲ－2 個別分野

調査対象概要

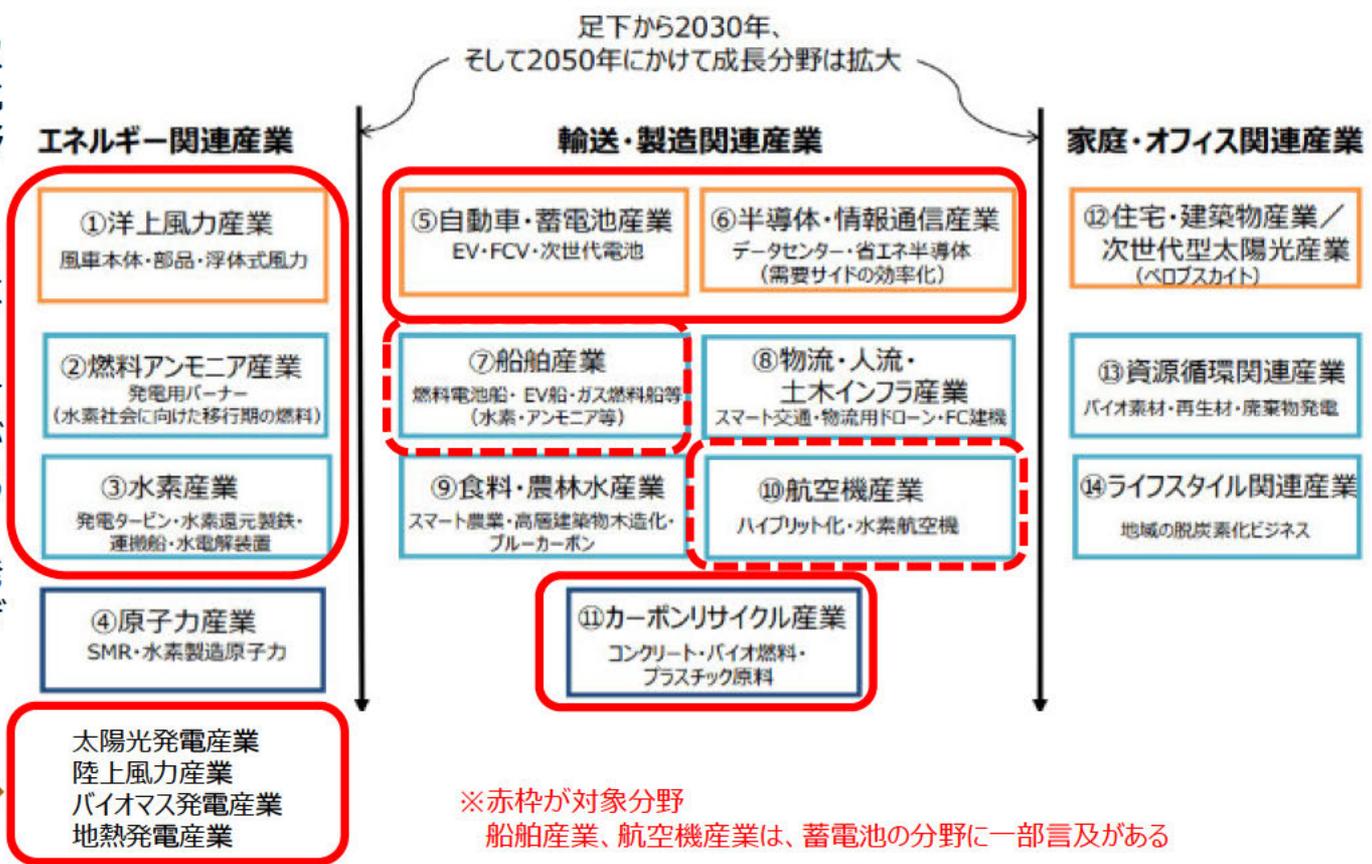
1.調査対象概要

1)事業目的と対象分野

本調査の対象産業

- 本事業における産業、技術動向の調査の対象分野は、政府のグリーン成長戦略で取り上げられた分野の中でも、比較的商用化が進んでいる分野を中心に、分析を行った。
- エネルギー関連産業、輸送・製造関連産業から、右図のような分野に焦点を当てた。
- また、グリーン成長戦略の対象産業に加えて、既に技術が確立し、商用化が進んでいる既存産業である太陽光発電、陸上風力産業、バイオマス発電、地熱発電なども取り上げることとした。

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略における産業分野



出典：内閣官房「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」令和2年12月
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/siryou1.pdf>

1.調査対象概要

2)個別分野

エネルギー関連産業

- グリーン成長戦略で扱われている「洋上風力発電産業」、「燃料アンモニア産業」、「水素産業」に加えて、「太陽光発電産業」、「陸上風力産業」、「バイオマス発電産業」、「地熱発電産業」などを取り上げた。
- 上記の内、発電系産業については、「風力発電」とともに、需要の大きい「太陽光発電」、ゼロエミッション推進で注目される「バイオマス発電」、燃料消費の必要がない「地熱発電」、その他「波力発電」についても言及した。なお、太陽光発電の説明では太陽光パネルに加え、重要な構成機器であるパワーコンディショナー（PCS）についても言及した。
- 一方、燃料系産業では、「燃料アンモニア産業」「水素産業」など再生可能エネルギーとして注目度が高い分野について、エネルギー資源としての活用に向けての研究、技術動向と商用化に向けての動きを中心に取りまとめた。

対象分野	説明
発電系産業	太陽光発電（パネル、PCS）、風力発電（洋上、地上）、バイオマス発電、地熱発電、その他（波力発電）
燃料系産業	水素産業、燃料アンモニア産業

1.調査対象概要

2)個別分野

輸送・製造関連産業

- 本調査での対象は、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略の中でも「自動車・蓄電池産業」、「半導体・情報通信産業」、「カーボンリサイクル産業」の3つの分野を対象とした。
- 「自動車・蓄電池産業」では、エネルギー管理で中心的な役割を果たす蓄電池を中心に、自動車産業では省エネ自動車として、電気自動車（EV）、燃料電池自動車（FCV）、プラグイン・ハイブリッド/ハイブリッド（PHV/HV）に関する動向を取りまとめた。なお、蓄電池の利用用途の一つとして、船舶産業、航空機産業に触れた。
- 「半導体・情報通信産業」については環境とITという分野からエネルギー効果削減のソリューション面から、電力の需給管理（系統等の電力管理）、パワー半導体（個別機器や車両などの電力管理）を取り上げた。
- 「カーボンリサイクル産業」については、CCUS/カーボンリサイクルを中心に参入企業や事例などを中心に取上げた。

グリーン成長戦略の産業分野	説明
自動車・蓄電池産業	次世代自動車、蓄電池を対象とした。
半導体・情報通信産業	環境+IT関連という側面から、電力需給管理、パワー半導体を対象とした。
カーボンリサイクル産業	CCUS/カーボンリサイクルの概要、参加企業などを取りまとめた。

Ⅲ－２ 個別分野

エネルギー関連産業

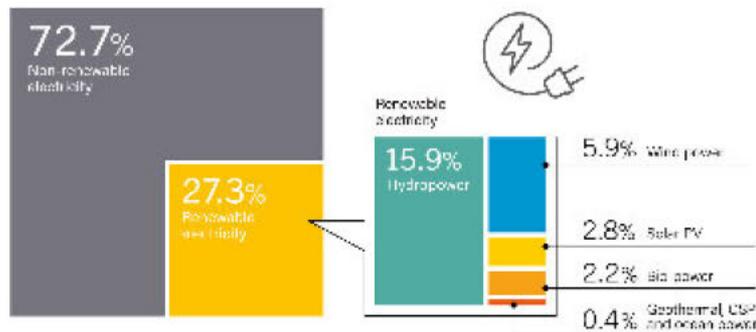
再生可能エネルギーの割合

- 世界の発電量に占める自然エネルギーを見ると風力、太陽光、バイオマスなどの割合が大きく、地熱、海洋エネルギー(潮流発電、波力発電)は小さい。世界の電力供給の内、再生可能エネルギーの割合は27.3%である。全体の約15.9%は水力発電、風力発電は約5.9%で、太陽光発電が2.8%、バイオマス発電が約2.2%を占めている。
- 一方、再生可能エネルギーへの投資額を見ると、太陽光、風力で大部分を占めていることがわかる。

再生可能エネルギーへの投資動向

世界の自然エネルギーによる発電の割合(2019年)

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2019

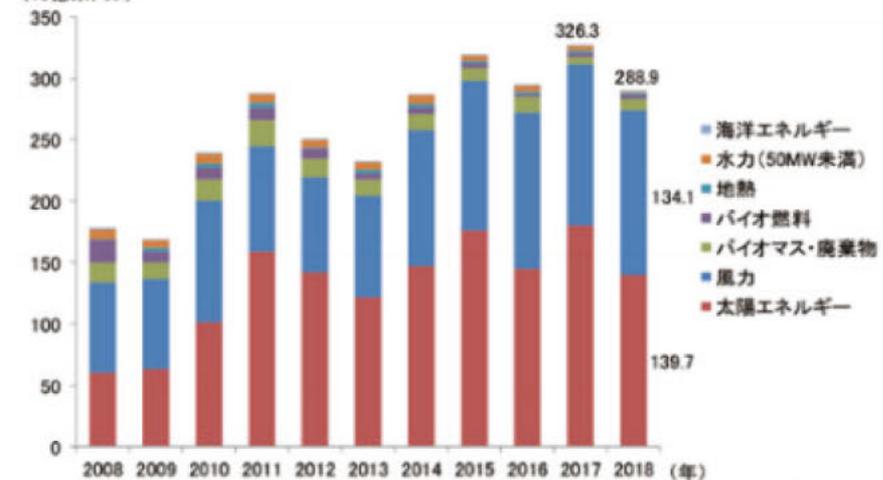


Note: Data should not be compared with previous years since it is a figure that includes in-situ and on-site power.

REN21 | REN21 GLOBAL STATUS REPORT 2020

出典：REN21「RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT」
<https://www.vox.com/energy-and-environment/2019/6/18/18681591/renewable-energy-china-solar-pv-jobs>

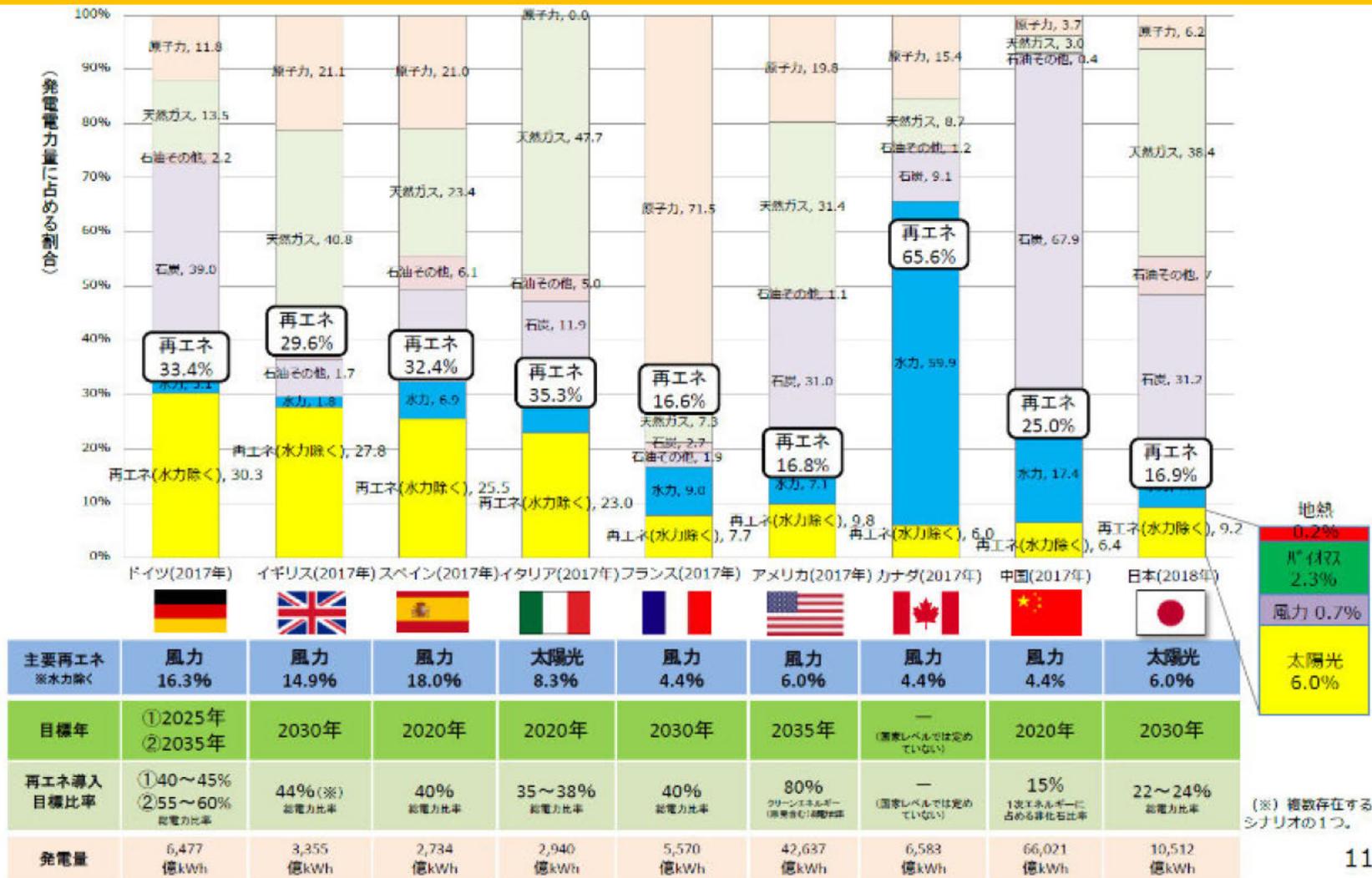
(10億米ドル)



出典：REN21「Renewables 2019 Global Status Report」を基に作成

出典：資源エネルギー庁「令和元年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2020）」
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/>

再生可能エネルギー導入目標（主要再エネ、目標年、目標比率）国際比較



出典：資源エネルギー庁 「再エネ型経済社会」の創造に向けて」令和2年7月22日

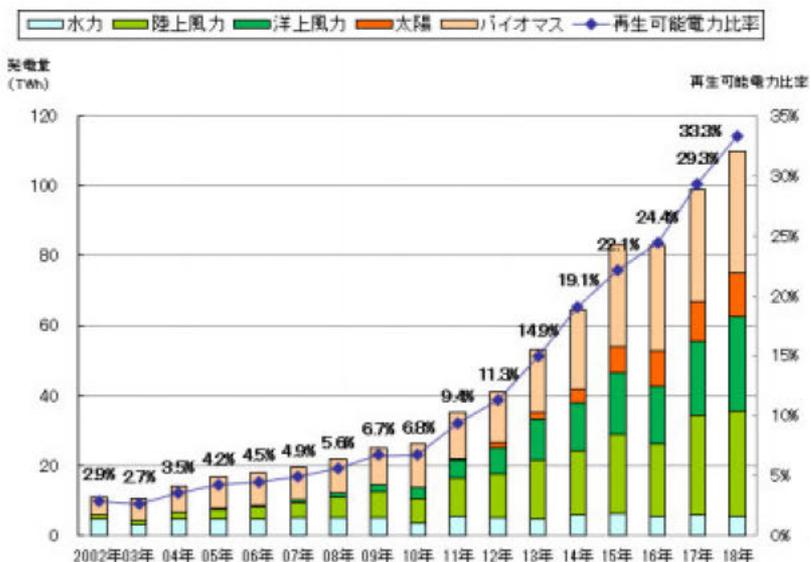
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/018_02_00.pdf

再生可能エネルギー導入目標

	2005年 実績	2018年 実績	2020年目標	
			(法定)	(行動計画)
電力	4.7%	31.1%	—	31.0%
熱	0.7%	7.3%	—	12.0%
輸送燃料	0.2%	6.2%	—	10.3%
最終エネ	1.4%	11.0%	15.0%	15.0%

注)2005年実績は、国家再生可能エネルギー行動計画の数字を利用
出典)2018年実績:ビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS),「Digest of United Kingdom Energy Statistics 2019」

再生可能エネルギー発電量推移



出典) ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS)

根拠法令・計画

<2020年目標(法定)>

・最終エネ: SI 2011 No.243, "The Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources Regulations 2011"

エネルギー源別の目標設定

- ・エネルギー源別導入目標はなし
- ・再生可能エネルギー戦略の「主要シナリオ」において源別予測は有り

主要促進制度

- ・2002年度～: RPS (RO) 制度
 - ※2010～19年: 小規模発電設備 (5MW以下) は、固定価格買取 (FIT) 制度を併用
 - ※2016年度までに、RPS制度から差額契約型 (CfD) FIT制度に移行
- ・2009年7月に公表した「再生可能エネルギー戦略」の主要シナリオでは、2020年に最終エネルギー消費の15%を再生可能エネルギーとする
- 目標達成のために、電力分野の導入目標を消費量の約30%と設定
 - *大規模発電: 29%
 - *小規模発電: 2%
- ⇒再生可能電力比率30%超を達成するための手段として、2009年7月のコンサルテーションにて以下の促進制度を提案し、2010年4月に施行
 - *大規模発電: 2010年度以降のRPS義務量の引き上げ
 - *小規模発電: FIT制度を導入

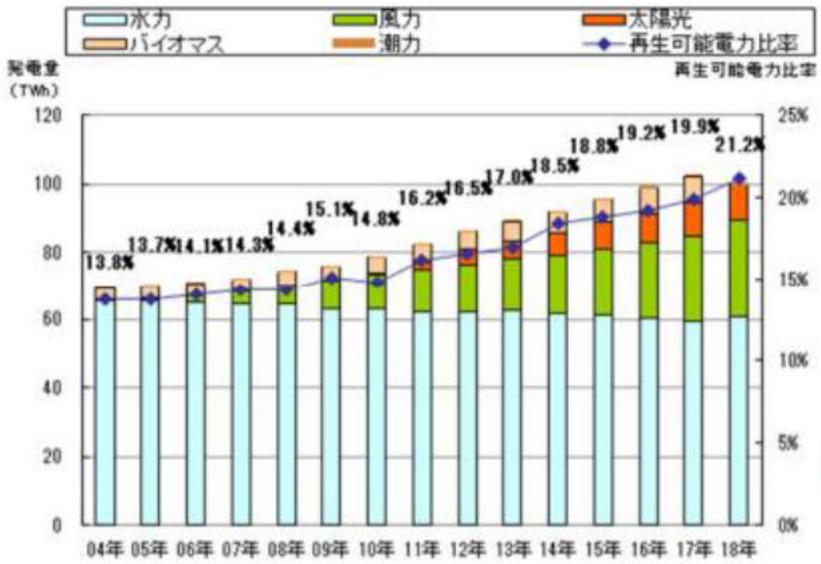
・RO (RPS) 制度のもとで、風力、バイオマス発電の発電量が順調に増加
・EU国家再生可能エネルギー行動計画で掲げた2020年における電力分野の目標比率31.0%を2018年に超過したものの、最終エネルギーに占める比率目標を達成するためにはさらなる導入拡大が必要

再生可能エネルギー導入目標

	2005年 実績	2018年 実績	2020年目標	
			(法定)	(行動計画)
電力	13.5%	21.18%	—	27.0%
熱	13.6%	21.78%	—	33.0%
輸送燃料	1.2%	9.05%	—	10.5%
最終エネ**	9.6%	16.59%	23.0%	23.0%

注) 2005年実績は、国家再生可能エネルギー行動計画の数字を利用
出典) 2017年実績:「SHARES tool 2018, Short Assessment of
Renewable Energy Sources」

再生可能エネルギー発電量推移



出典) 欧州統計局 (Eurostat)

根拠法令・計画

- <2020年目標 (法定) >
 - ・最終エネ: 環境グルネルの実施に関するプログラム法 (第1法) 第2条
- <2030年目標 (法定) >
 - ・最終エネ: 32%、電力: 40%、熱: 38%、輸送燃料: 15%
 - ※いずれも2015年のエネルギー転換法で規定

エネルギー源別の目標設定

- ・2000年電力自由化法に基づき、政府がエネルギー源別の発電設備容量目標を設定することが義務付けられている
- ・2015年エネルギー転換法に基づく「複数年エネルギー計画 (PPE)」として、2023年、2028年までのエネルギー源別の発電設備容量目標を設定

主要促進制度

- ・原則として、FIT制度 (特定地域における風力発電を除いて12,000kW以下を対象) にて、再生可能電力の導入を促進
- ・複数年エネルギー計画 (PPE) 目標の未達成容量分について、エネルギー源別に競争入札制度を実施
⇒再生可能エネルギー導入目標とリンクした競争入札制度を実施することで、目標達成の担保を図っている。

・固定価格買取 (FIT) 制度のもとで、風力発電の発電量が増加
・但し、2020年の導入目標達成に向けてさらなる導入拡大が必要な状況

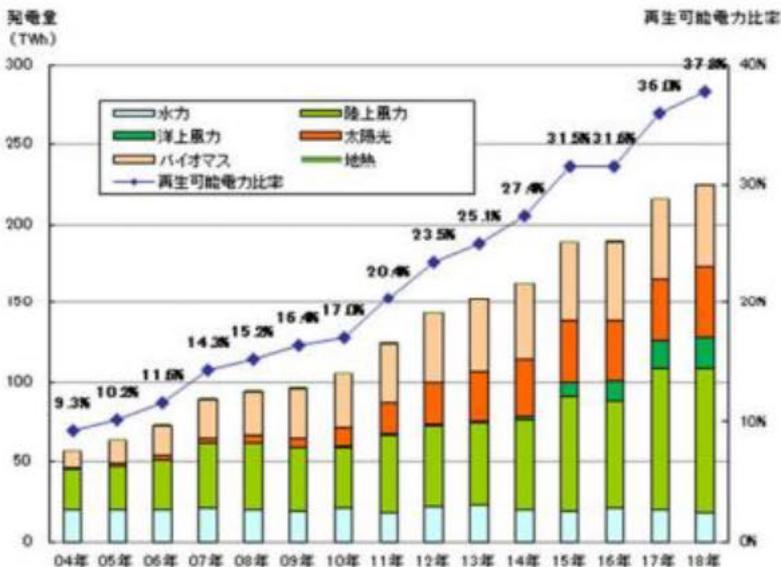
再生可能エネルギー導入目標

	2005年 実績	2018年 実績*	2020年目標	
			(法定)	(行動計画)
電力	10.2%	37.8%	35.0%	38.6%
熱	6.6%	14.2%	14.0%	15.5%
輸送燃料	3.9%	5.7%	—	13.2%
最終エネ*	6.5%	16.7%	18.0%	18.0%

*2018年実績は暫定値

注) 2005年実績は、国家再生可能エネルギー行動計画の数字を利用
出典) 2018年実績：連邦経済・エネルギー省、「Erneuerbare Energien in Zahlen,Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2018」

再生可能エネルギー発電量推移



出典) ドイツ連邦経済・エネルギー省

出典：資源エネルギー庁「平成31年度 エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（海外における再生可能エネルギー政策等動向調査）調査報告書」
<https://www.meti.go.jp/medi/lib/report/2019FY/000206.pdf>

根拠法令・計画

<2020年目標(法定)>

- ・電力：2012年再生可能エネルギー法 第1条〔2012年1月施行〕
- ・熱：再生可能エネルギー熱法 第1条〔2009年1月施行〕
- ・最終エネ：2017年再生可能エネルギー法 第1条

※2017年再生可能エネルギー法では、電力分野について2025年、2035年、2050年の導入目標を規定

エネルギー源別の目標設定

- ・2017年再生可能エネルギー法（2017年1月施行）の中では、FIT制度で買取対象とする太陽光発電の累積設備容量を52GW、洋上風力発電の導入目標を2020年までに6.5GW、2030年までに15GWと設定
- ・その上で、年間の新規導入設備容量の目標を太陽光は2.5GW、バイオマスは150MW（2017～19年）、陸上風力は2.8GW（2017～19年）と設定

主要促進制度

- ・原則として、FIT制度（特定地域における風力発電を除いて12,000kW以下を対象）にて、再生可能電力の導入を促進
 - ・複数年エネルギー計画（PPE）目標の未達成容量分について、エネルギー源別に競争入札制度を実施
- ⇒再生可能エネルギー導入目標とリンクした競争入札制度を実施することで、目標達成の担保を図っている。

・固定価格買取（FIT）制度のもとで、風力発電、太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーによる発電量が急増

再エネ促進支援策

- 米国は国家レベルでの再エネ導入目標を設定していないが、発電量に応じた優遇税制等はある。

連邦レベルの支援策

- 連邦レベルの主要な再エネ促進支援策としては、発電電力量に応じて連邦法人税が控除される発電税額控除（PTC）や投資額の一定比率が連邦法人税から控除される投資税額控除（ITC）などの優遇税制。
- PTCは主として風力発電を対象としており、控除額は2.3セント/kWhで、2017年以降毎年20%ずつ減額され、2020年以降PTCはなくなる。
- ITCは主としてソーラー発電を対象とし、税額控除率は2019年まで30%、2020年26%、21年22%と引き下げられ、22年以降10%に固定されることになっている。

州レベルの支援策

- 州レベルでは供給電力の一定割合を再エネ電力で賄うことを義務付ける再生可能エネルギー利用基準制度（RPS）が再エネの利用拡大に貢献しており、2018年10月現在29州およびワシントンDCで導入。
- 州レベルのもう一つの主要支援策として、家庭や企業の再エネ自家発電余剰電力を電気事業者が小売料金の価格で買い取るネットメーリング制度がある。同制度はソーラーパネルの価格低下と相まって、ルーフトップ型太陽光発電の設置増大に大きく寄与。しかし、こうした分散型再エネ自家発電の急激な増大によって電気事業者側に配電費用の回収不足や売り上げ減少といった問題が顕在化してきたため、ハワイ、ネバダ、インディアナなど一部の州で余剰電力の買取価格の引き下げや再エネ自家発電需要家向けの基本料金の引き上げが実施されている。
- ネットメーリング制度は一時43州およびワシントンDCで導入されていたが、2017年11月現在では38州およびワシントンDCとなっている。

出典：海外電力調査会HP
<https://www.jepic.or.jp/data/w01amrc.html>

着実な再エネ導入計画

- 再エネを活用するため、政府が2006年に施行した「再生可能エネルギー法」には、固定価格買取制度や、発電事業者への再エネの強制的割当制度（RPS）などが定められ、本格的な再エネ導入が開始。
- 「第十二次5カ年計画」（2011～2015年）では、電力・エネルギー部門の非化石エネルギー比率、単位GDP当たりエネルギー消費、単位GDP当たりのCO₂排出量削減、石炭火力発電所のSO₂、NO_x排出低減などに数値目標が設定されたため、年間数千万kWのペースで風力および太陽光発電が増設された。
- 「第十三次5カ年計画」（2016～2020年）においては、2020年目標値は風力が2.1億kW、太陽光が1.1億kWとなっているが、その導入ペースは計画を大きく上回り、太陽光は1.7億kW（2018年末）と既に目標値を超え、風力は1.8億kW（同）と2019年にも目標を達成。
- 開発が進んだのは立地条件の良好な西北部が中心であるが、これらの立地集中地域は電力の大需要地である沿海部の大都市からは遠く離れている。そのため大規模かつ長距離の送電システムが必要となるが、その整備が追い付かず、発電する能力がありながら送電出来ない状況が一部地域で生じた。その解決に向けて、容量長距離送電線システムの建設と、風力・太陽光発電の将来的な大量導入を前提とした電力システムの開発が掲げられている。蓄電システム（ESS）やデマンドサイドマネジメント（DSM）に関する技術開発も行われているが、沿海部を中心とする電力の大規模需要地を含む系統では、揚水発電が有効に利用されている。「電力発展十三・五計画」（2015～2020年）では大規模な揚水発電の導入目標が掲げられており、2015年末時点で2,000万kWの容量を2020年には倍増となる4,000万kWとする。

出典：海外電力調査会HP

<https://www.jepic.or.jp/data/w10chna.html>

中国の再エネ導入目標

	2010年	2015年	2020年	2021～30年	2050年
再エネ発電量（万kW）	21,606	50,472	67,500		
非化石エネルギー割合の全電力中の割合		35%	39%		
非化石エネルギーの1次エネルギー中の割合			約15%	約20%	50%以上

出所：エネルギー発展第13次5カ年計画（2017年9月発表）

出典：NEDO「第13次5カ年計画期間の中国の再生可能エネルギーの政策と状況」

<https://www.nedo.go.jp/content/100917339.pdf>

出所：エネルギー生産・消費革命技術（2017年5月発表）

2020年12月 第5次再生可能エネルギー基本計画策定

- 政府は1987年に「代替エネルギー開発促進法」を制定、その後、2002年に「新エネおよび再エネ開発・利用・普及促進法」を制定。同法では、新エネとして燃料電池、石炭液化・ガス化エネルギー、水素エネルギー、また再エネとして、太陽エネルギー、風力、バイオエネルギー、廃棄物エネルギー、水力、海洋エネルギーが挙げられ、再エネについては、固定価格買取制度（FIT）の対象と規定。FITは2002年から2012年まで実施。
- 2009年には「新エネ・再エネ技術開発および利用・普及実行計画」が策定され、済州島に国産の風力発電プラントを26基設置、潮力発電の開発、太陽光セルの国産化など実施。政府は、2030年までにエネルギーの11%を再エネで賄う計画で、併せて再エネ関連機器の輸出を促進する方針。このため、政府は、再エネの技術開発や普及活動を制度面や資金面で支援。
- その後、政府は過度に財政負担を膨らませず再エネを拡大するため、2011年にFITから再エネ利用基準制度（RPS：Renewable Portfolio Standard、電気事業者に対して発電電力量の一定比率を再エネ電源で賄うことを義務付ける制度）への変更を決定、2012年からRPSが実施されている。現行のRPSでは、50万kW以上の発電設備を所有する電気事業者（2015年時点14社）を対象に、2022年までに発電電力量の10%を再エネ電源で賄うことを義務付け。なお、FITは2012年以降、新規の適用は不可能となったが、すでに適用を受けている再エネ事業者は、契約期間終了までFITを継続することが保証されている。
- 2020年12月、2020年から2034年までの15年間の電力需給の見通し、需要管理、電力設備計画、電力市場制度の改善、温室効果ガスの削減案などを盛り込んだ「第9次電力需給基本計画」を公表。同月、新エネルギーおよび再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法に基づく「第5次再生可能エネルギー基本計画」を策定。2034年に不足する電力の追加設備投資として、液化天然ガス（LNG）および揚水発電所の拡充を計画。再生可能エネルギーの大量導入については、洋上風力などの大規模プロジェクトの推進や国内送電設備の補強に加え、北東アジアスーパーグリッドの構築に向け、2022年までに中国との事業化に着手する予定

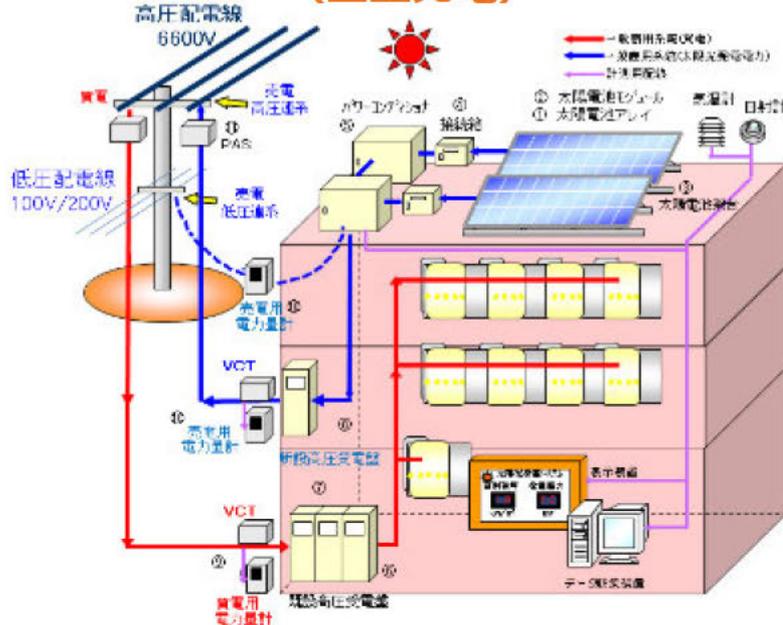
出典：海外電力調査会HP <https://www.jepic.or.jp/data/w11skra.html>

JRTROビジネス短信2021年01月14日 <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/01/313bb570a82265e1.html>

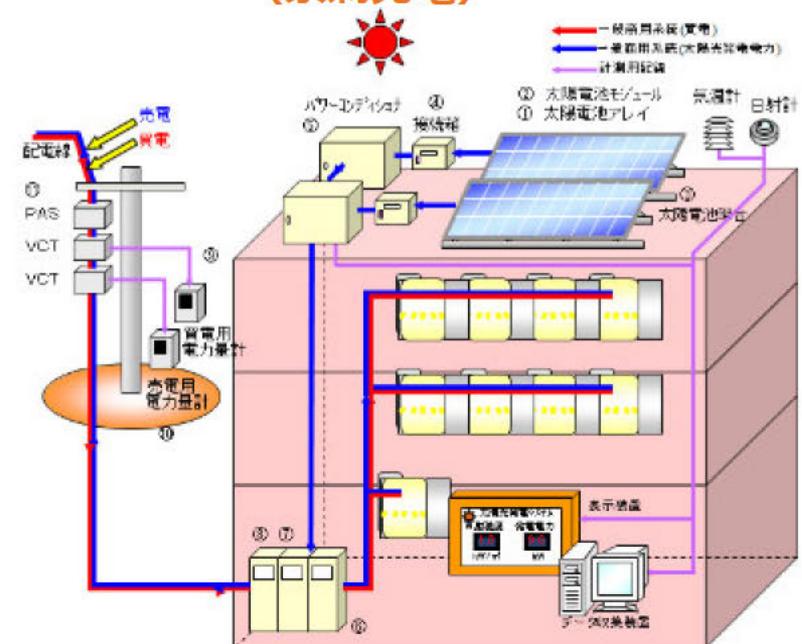
太陽光発電システムの仕組み①

- 太陽光発電システムでは、太陽光を電気に変換する太陽光パネルモジュール（太陽光アレイ）、交流と直流を変換するパワーコンディショナー（及び配電盤など）、発電した電気を蓄積する蓄電池などを中心に構成されている。
- 電力の売買を行う「系統連系型システム」と自家発電の「独立型システム」がある。

系統連系型システムの仕組み (全量売電)



系統連系型システムの仕組み (余剰売電)



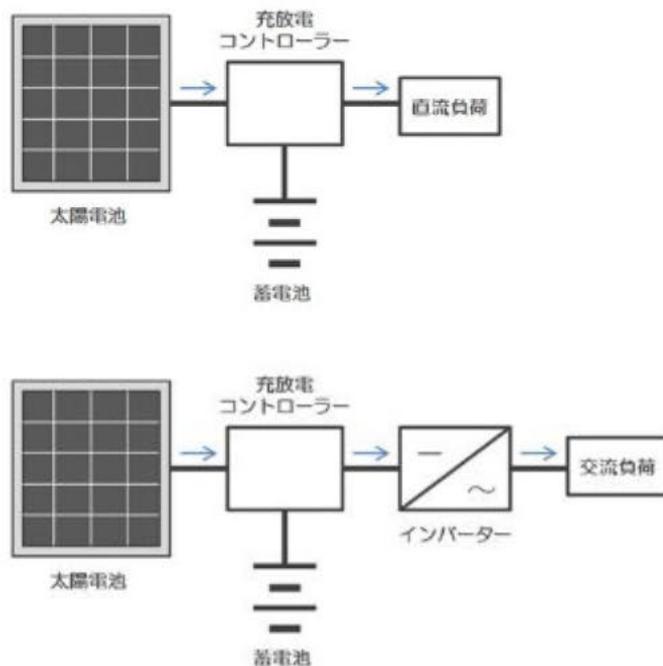
出典：太陽光発電協会 HP
<http://www.jpea.gr.jp/setting/building/configuration/index.html>

太陽光発電システムの仕組み②

独立型システムの仕組み

自家発電用の独立型太陽光発電システムは「太陽電池モジュール」、「充放電コントローラ」、「蓄電池」及び「負荷」の各機器で構成されている。

太陽光発電パネルの仕組み



(参考情報) 太陽光発電パネルの仕組み



出典：産業技術総合研究所 HP「SoRA」

https://www.renewable.pr.aist.go.jp/ent/data_glossary

太陽電池セル：太陽光発電に用いる太陽電池の構成要素の最小単位。

太陽電池モジュール：太陽電池セル又は、太陽電池サブモジュールを、耐環境性のため外囲器に封入し、かつ、規定の出力をもたせた最小単位の発電ユニット。

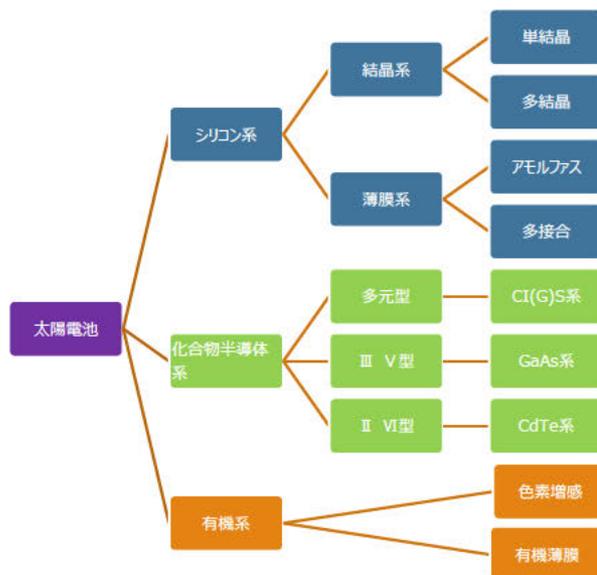
太陽電池アレイ：太陽電池架台及び又は基礎、そのほかの工作物を持ち、太陽電池モジュール又は太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体。

出典：太陽光発電のススメ HP

http://www.solartech.jp/system_comp/offgrid.html

Hello-G

太陽光発電の種類と特徴



- 現在、実用化もしくは研究が進められているものだけでも数十種類ある。太陽電池を材料の種類によっておおまかに分類すると、太陽電池はシリコン系、化合物半導体系、有機系の3つとなる。
- 現在、流通している主な太陽電池はシリコン系太陽電池と化合物半導体系太陽電池であり、現在は歴史の長いシリコン太陽電池が流通量の大半を占めているが、製造コストの面で強みをもつ化合物半導体系太陽電池も販売量を伸ばしている。
- また、上記以外にも抱える原材料や製造コスト高などの課題を解決するため、有機薄膜太陽電池や色素増感太陽電池の研究が進められている。
- これらの太陽電池は製造プロセスの容易さや低コストな原材料がもたらす低価格化以外に、太陽電池自体を着色しデザイン性を持たせることで、太陽電池にこれまでなかった価値を付加するなどの利点もあり実用化が待望されている。
- その他、変換効率を飛躍的に高める研究として量子ドット太陽電池の研究も進められている（左図には掲載なし）。

太陽光発電のメリット

- エネルギー源がクリーンで枯渇しない
- 発電効率が規模に影響されない
- 設置場所を選ばない
- メンテナンスが容易
- 自己のエネルギーによる再生産が可能

太陽光発電のデメリット

- 発電量が不安定
- 発電施設に多くの面積が必要
- 発電コストが高い

出典：太陽光発電のススメ HP

<http://www.solartech.jp/environment/demerit.html>

<http://www.solartech.jp/environment/merit.html>

http://www.solartech.jp/cell_type/

技術動向①

1.太陽電池の要素技術

(1) 結晶シリコン太陽電池

- 結晶シリコン太陽電池は、**低コスト高効率が可能**であることから**世界市場の9割を占める**まで普及した。高効率化の開発が進み、シリコンウエハのコストダウンに伴い、**製造コストの掛からない多結晶**から、**高効率**が望める**単結晶**が主流となりつつある。
- 現在、①PERC (Passivated Emitter and Rear Contact) 型太陽電池の開発 (発電効率向上、) ②TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) 型太陽電池の開発 (電圧) などの開発が進んでいる。

(2) CIGS (CIS) 太陽電池

- CIS太陽電池は、銅 (Cu)、インジウム (In)、セレン (Se) の化合物を組み合わせたものである。結晶シリコンの 150 ~ 200 μm に対して、**2~3 μm と非常に薄く、大量生産時のコスト低減**につながる。
- CIS太陽電池の特長は、バンドギャップが結晶シリコン太陽電池より広いため、Voc が高く (温度係数が小さい)、高温時の出力ロスが少ない。また、集積構造のため部分的な影の影響が少なく、光取り込み量が多くなるが、薄膜のため光とじ込みに難がある。そのため、**結晶シリコン型と比べて変換効率が低く、高効率化が必要**である。現在、変換効率の向上、軽量化の向上などの技術開発が進んでいる。

(3) III-V 系太陽電池

- 周期律表のⅢ族のガリウム (Ga) とV族のヒ素 (As) を主原料とする化合物半導体を用いた太陽電池であるが、直接遷移型の半導体のため**光吸収係数が大きく変換効率が高い**。
- また、InやPなど他の元素を添加することでバンドギャップを調整できるため、異なる吸収波長帯を持つ複数の膜を積層することにより、広い波長範囲で光を吸収することができる。3 層程度の積層構造が用いられることが多いが、より高効率を得る為に6層程度まで積層化することにより最高効率を得た報告もある。また、宇宙線などの放射線損傷に対し高い耐久性を持つため、宇宙用太陽電池として有効である。ただし、GaAsの**半導体製造コストが他の太陽電池に比べ非常に高い**ため、これまでは宇宙用や集光用などに用途が限定されていた。現在、高効率化、生産性向上 (コスト削減技術) が進められている。

出典：NEDO「太陽光発電開発戦略 2020」
<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

技術動向②

(4) ペロブスカイト太陽電池

- ペロブスカイトは結晶構造の1種で、結晶層に半導体機能を付与することで光エネルギーを電子とホールに分離。この機能を太陽電池に適用させたペロブスカイト太陽電池は、2009年9月桐蔭横浜大学の宮坂力教授らが発明した日本発のオリジナル技術である。
- ペロブスカイト太陽電池は、分離した電子とホールが再結合して熱として再放出されることを防止するための電子移動層及びホール移動層と分離された電子とホールを電気エネルギーとして取り出す集電極から構成される。有機・無機のハイブリッド材料より形成されるペロブスカイト太陽電池の発電層、電子移動層、ホール移動層は、原材料を溶剤に溶解或いは分散したインクを用いて塗布により形成されるため、**製造コストが安価**であることが特長である。また、**基板にフィルムを用いることで、フレキシブル性、軽量性**があるため、様々な用途への展開が見込まれている。現在、変換効率の向上、大面積セルの製造技術の向上、耐久性向上などの研究が行われている。

(5) タンデム型太陽電池

- タンデム型（多接合）太陽電池とは、異なる吸収波長の太陽電池を積層させることであり、光の波長を効率的に活用することが可能になり、発電効率が向上する。例えば、ボトムセルにシリコン系太陽電池、トップセルにペロブスカイト系太陽電池を用いたタンデムの場合、ペロブスカイト系太陽電池ではバンドギャップの最適化、Vocロスを低減できるセルの高効率化、高信頼性化（シリコン系太陽電池と同等程度）が重要であり、シリコン系太陽電池では、ペロブスカイト材料を均質に成膜するための表面形状の制御、界面制御技術、光学設計技術が重要である。また、これら技術の低コスト化も課題の一つ。

(6) 評価技術の開発

- 太陽電池の開発や利用に関しては、効率を始めとした性能評価が不可欠である。特に新しい太陽電池種が出てきているため、結晶シリコンに加えて、ペロブスカイト、新型CIS系、新型結晶Si、多接合を含む各種新型太陽電池で高精度性能測定技術の開発・実施・実証や多バスバー構造、両面受光構造の測定を行うとともに、屋外測定再現性 $\pm 1\%$ 以内（ 1σ ）を達成（各種結晶シリコン、ヘテロ接合、CIS）した。また、シリコン系太陽電池の発電効率低減の主な要因として、PID（電圧誘起劣化）の劣化メカニズムとして、紫外線、湿熱、電圧の3つの要素とその組み合わせが関係していることを解明するとともに、劣化を低減する方法を見出した。

出典：NEDO「太陽光発電開発戦略 2020」
<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

技術動向③

2. 太陽電池モジュール技術

(1) ダブルガラスモジュール（両面発電）の実用化・普及

- 従来の太陽電池モジュールは、裏面が樹脂性のバックシートで覆われている。これを強化ガラスで代替した両面ガラスモジュールが実用化されている。これにより裏面も光透過性を獲得することから、太陽電池の両面発電による変換効率向上に加え、膨張係数の異なるバックシートを強化ガラスに置換することにより、モジュールとしての信頼性向上や強度が向上する。一方で、両面ガラスのため太陽電池モジュールの重量が重くなる。このため、アルミフレームレス構造や薄膜の強化ガラス構造の検討が進んでいる。

(2) 高電圧化によるオーム損失低減（カットセルの利用、シングリング技術）

- 同一効率の太陽電池セルを使った場合でも、モジュール全体の電氣的設計次第で太陽電池モジュールの効率は向上の余地がある。原則として太陽電池セルから取り出された電流の損失の主要因であるオーム損失は、電流の2乗に比例する。電力は電流と電圧の積であり、同じ電力でも電圧を高めることができれば電流を減少させることができる。このことから直列セル数を増やしてモジュールの出口電圧を高めることにより、オーム損失を低減する製品が増加している。その手法としてハーフカットセルがある。これは1枚の太陽電池セルを半分にカットし、直列につなげることで電圧を約2倍、電流を半分にし、オーム抵抗を半減することが可能になる。更に、セルを5～6個に細分化し、セルを重ね合わせて直接接続するシングリング技術も開発されている。電力損失がさらに低減するほか、セルの充填率を上げられることから、高効率モジュールに応用されている。

(3) モジュールの大型化

- モジュールを大型化し、直列に接続する太陽電池セル数が増すことにより高電圧化が可能になり、オーム抵抗の低減が実現することが可能になる。また、太陽電池は受光面積に比例する重量と、受光面積の外周の長さに比例する部材がある。例えばフレームに用いられるアルミニウムは、大面積化することで平米当たりの使用量を減少させることができ、製造原価の低減につながっている。

出典：NEDO「太陽光発電開発戦略 2020」
<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

サービス

太陽光発電を巡る産業に新しい変化の中に、運用や保守サービスも注目を集めている。太陽光発電の設置工事や事前調査、コンサルティング、保険契約などのサービスに加えて、設置後のサービスとして注目されるものは以下のとおり。

1. O&Mの重要性増加

保守メンテナンス、稼働状況モニタリングなどの重要性。リモート監視も実用化されている。

2. 蓄電池との連携

PCSも含めた発電機と蓄電池との連携によるタイムシフト、ピークカットなどの管理。電力供給に応じた柔軟な対応が可能となり、売買電の促進にもつながる。

3. 系統影響への能動的な対応

分散型システムにおける地域の電力管理、バーチャル上の電力管理。VPP（バーチャル・パワー・プラント）などのソリューションもある。

太陽光発電の世界市場

- 世界の太陽光発電の導入量は急激に増加している。世界の太陽光発電の累積導入量および年間導入量の推移を示した下記のグラフによれば、2018年における世界の累積導入量は500GW（DCベース）を超えている。
- これまでの世界市場の拡大を牽引してきたのは中国、米国、日本、ドイツであったが、太陽光発電の普及に伴い、特定の国が市場に与える影響度は低くなっている。実際、2GW以上の導入を実現した国は、2014年時点では13カ国であったが、2018年には21カ国となっている。

太陽光発電の導入状況（世界）

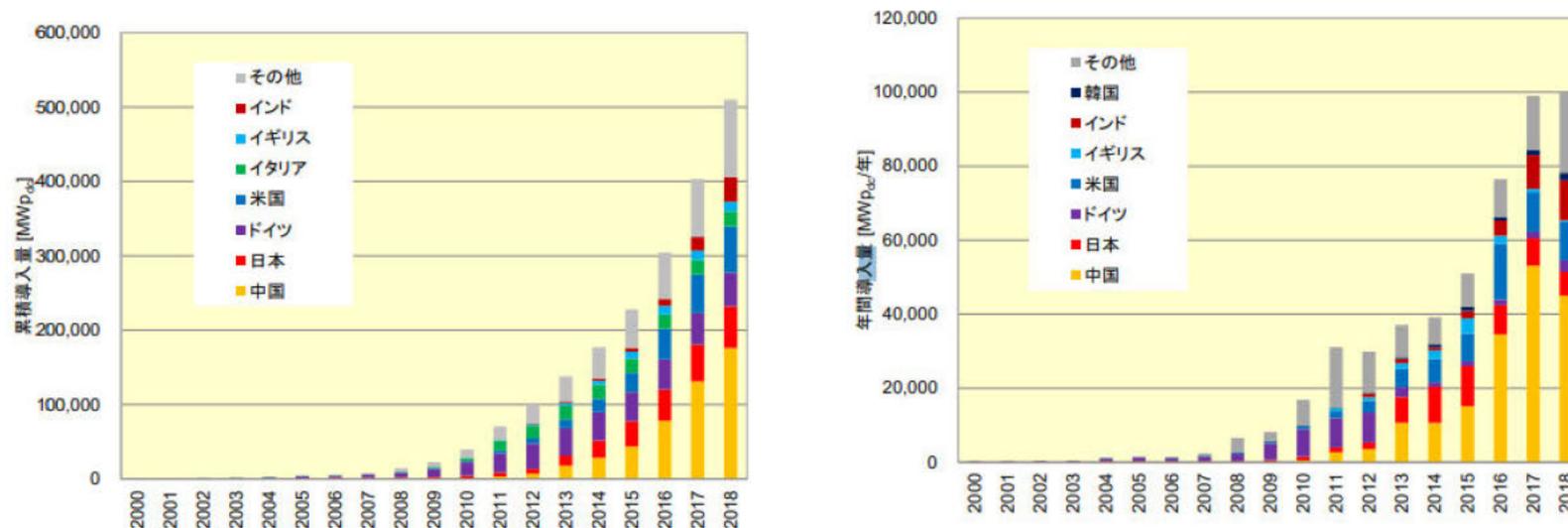


図 2-1 世界の太陽光発電の累積導入量（左）と年間導入量推移（右）

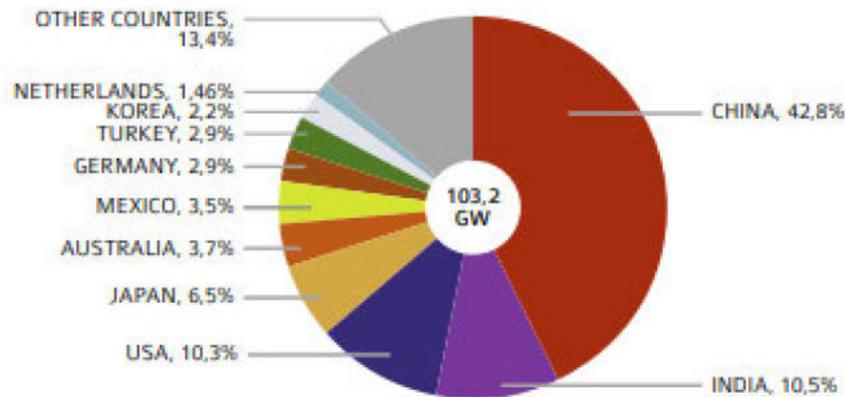
出典：NEDO「太陽光発電開発戦略 2020」
<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

出典：IEA PVPS: Trends in Photovoltaic Applications 2018,
 Snapshot of Global Photovoltaic Markets 2019

国別市場

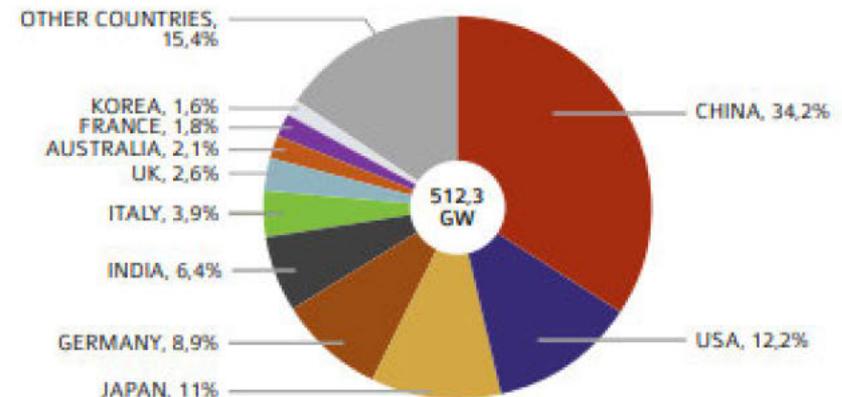
- 太陽光発電の市場は中国が中心的な存在であり、インドを含めてアジア市場が牽引する様相を呈している。2018年の太陽光発電システムの新設市場として最も大きいのは42.8%を占める中国である。次いで、10.5%のインド、3番目に10.3%の米国となっている。
- 2018年までの太陽光発電の累積でも中国が34.7%とトップである。2番目の米国は12.2%で、3番目が日本の11%となっている。

FIGURE 2.3: GLOBAL PV MARKET IN 2018



SOURCE IEA PVPS & OTHERS.

FIGURE 2.4: CUMULATIVE PV CAPACITY END 2018



SOURCE IEA PVPS & OTHERS.

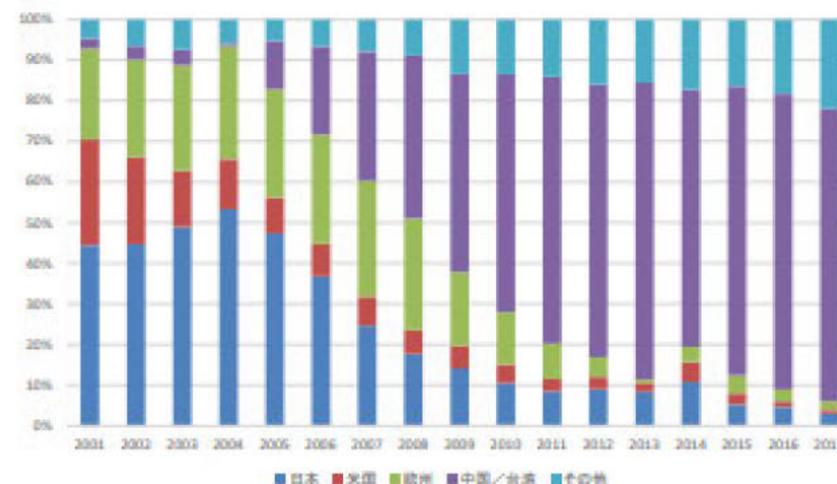
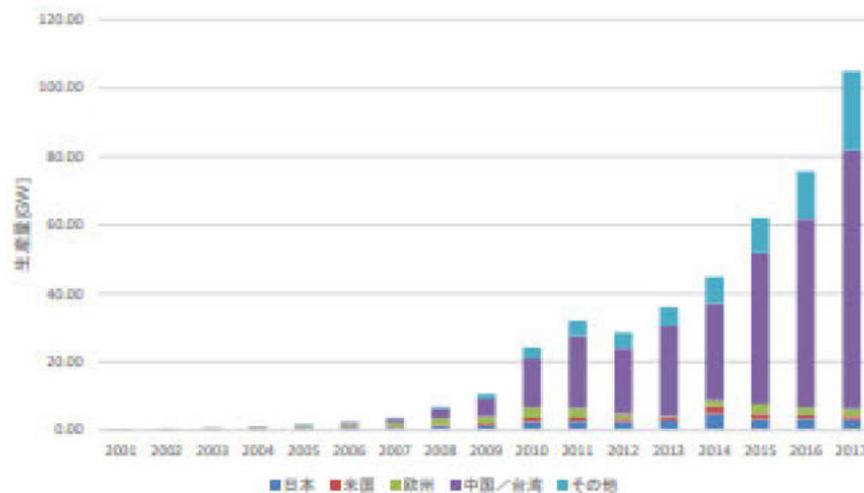
出典：IEA「PVPS report - Trends in Photovoltaic Applications 2019」

<https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/02/5319-iea-pvps-report-2019-08-lr.pdf>

太陽光発電の生産動向

- 太陽電池モジュールの世界市場は、かつて日本企業が大きなシェアを占めていたが、2012年には日本企業はトップ10から姿を消してシェア 9.0%に、2018年はさらに低下し1.2%となっている。日本企業の出荷量は日本市場への出荷量とほぼ同量であり、世界市場における日本製品の存在感は低下している。
- 中国企業は最新技術を活用した太陽電池製造装置メーカーのターンキー装置を用い、大規模に生産するとともに様々なコスト削減を行い、著しく生産能力を拡大した。これらの企業は中国を初めとする太陽電池モジュールの世界市場の急激な成長を睨みつつ、2012年と比較して5~10倍に生産能力を拡大している。特に1GW規模の生産能力をもつギガファクトリーを展開して規模の経済を実現することで、材料調達から物流、製造、出荷までバリューチェーン全体におけるコストを低減し、太陽電池モジュール市場のリーダーシップを取っており、このことがさらに中国企業のシェア拡大に寄与していると思われる。

太陽電池モジュールの生産量地域別シェアの推移



出典：NEDO「太陽光発電開発戦略 2020」
<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

2013年まではセル、2014年からはモジュール

世界市場の動向

- 中国企業が太陽電池モジュールの生産シェアで存在感を高める一方、近年、**太陽電池モジュールの欧州域内生産への回帰**を目指す動きが出ている。
- 欧州の Fraunhofer ISE は、太陽光発電の電力コストが従来のどの種類の発電方式よりも低くなりつつあることから、太陽光発電は将来のエネルギー供給の主要な柱になると見通しており、欧州の市場は2030年までに100GWp/年をはるかに超える規模で拡大すると想定している。この大規模な市場に向けて、「ヨーロッパでの持続可能な太陽電池モジュール製造」をキーワードにドイツ機械工業連盟（VDMA）などでは、欧州での太陽電池モジュールの生産を強化する年間10GW Green Fab 構想を2019年9月に公表した（Sustainable PV Manufacturing in Europe*）。同構想では、欧州における太陽電池モジュール生産量の増大、将来のエネルギー安全保障、産業競争力の確保の観点から製造業を強化する必要があると主張している。また、欧州で競争優位的な製造が実現できる論拠として、生産の自動化による製造人件費の限りない低減、大量購入（10GW）による部材コスト等の低減があるとしている。
- また、太陽電池モジュールのコスト低減により、全体のコスト配分が物流コストにシフトし、中国から輸入するより欧州域内で生産する方が安く有利になるとしている。

FIT開始後の状況の変化

- 国内の太陽光発電を取り巻く状況は、FIT 前と比較して大きな変化があった。様々な変化があるが、特に重要な状況の変化として、①大量導入、②卒 FIT（FIT 制度における電力買取期間の終了）の開始、③企業における RE100、SDGs の取組、などがある。

出典：NEDO「太陽光発電開発戦略 2020」
<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

プロジェクト

- 太陽光発電の大型プロジェクトの状況を見ると、太陽光の発電量が最も多い中国に数多くのプロジェクトがある。
- 上位5位までを見ると、中国が世界最大規模のTengger Desert Solar Parkの他、3位、4位と3つの巨大プロジェクトを有している。
- 太陽光発電量の累計が2番目の米国、最近の発電施設の新設では2番目のインドの2か国は、トップ10の内、それぞれ2つのプロジェクトがランクインしている。

世界の太陽光発電 トップ10

	サイト名	国	規模
1	Tengger Desert Solar Park	中国	1,547MW
2	Sweihan Photovoltaic Independent Power Project	UAE	1,177MW
3	Yanchi Ningxia Solar Park	中国	1,000MW
4	Datong Solar Power Top Runner Base	中国	1,070MW
5	Kurnool Ultra Mega Solar Park	インド	1,000MW
6	Longyangxia Dam Solar Park	中国	850MW
7	Enel Villanueva PV Plant	メキシコ	828MW
8	Kamuthi Solar Power Station	インド	648MW
9	Solar Star Projects	米国	579MW
10	Topaz Solar Farm/Desert Sunlight Solar Farm	米国	550MW

出典：Power Technology „The world’s biggest solar power plants”, 10 January 2020
<https://www.power-technology.com/features/the-worlds-biggest-solar-power-plants/>

太陽光発電パネルメーカー

- 太陽光パネルメーカーの動向を見ると、かつては、シャープ、京セラなどの日本企業も多数見られたが、現在のグローバル市場ではジンコソーラー、JAソーラーなどの中国企業はトップ10の大宗を占めるようになってきている。

太陽光パネルメーカーTOP10（2019年）

順位	メーカー	生産国
1	ジンコソーラー	中国
2	JAソーラー	中国
3	トリナソーラー	中国
4	カナディアンソーラー	カナダ（製造は中国）
5	ロンジソーラー	中国
6	ハンファQセルズ	韓国（製造はマレーシア）
7	ライセンエネルギー	中国
8	ファーストソーラー	米国
9	GCL	中国
10	SF-PV	中国

出典：GlobalData, Power Intelligence Center
<https://www.solar-energy.site/column/country-ranking/>

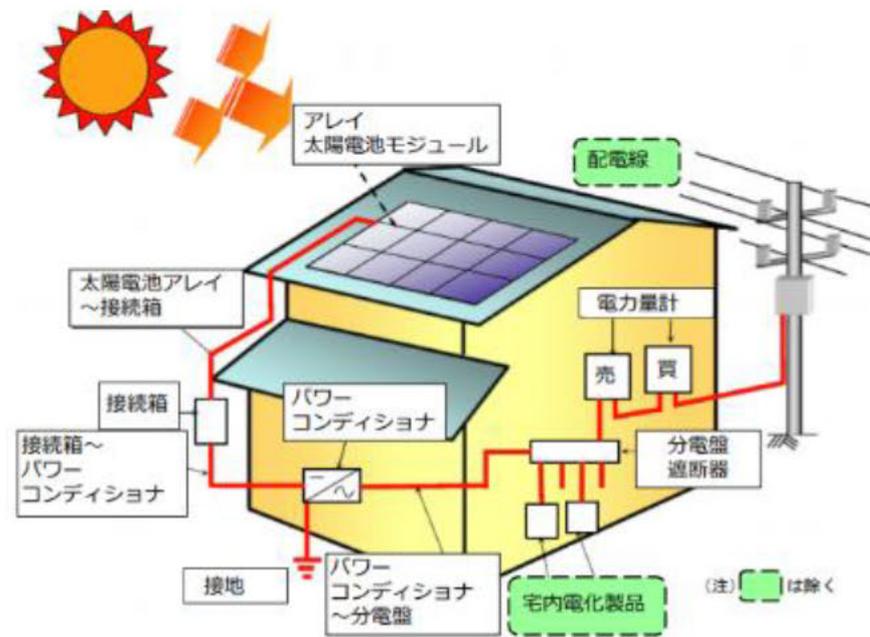
2.エネルギー関連産業

1)太陽光発電

パワーコンディショナー①

- パワーコンディショナーとは、直流の電気を交流に変換し、家庭用の電気機器などで利用できるようにする装置である。
- 太陽電池やエネファーム、エコウィルなどの家庭用発電システムで発生する直流電力を交流電力に変換した上で、家庭内での利用、または蓄電池への充電、系統への売電などに適した、安定した出力に整える役割を持っている。パワコン、PCS（Power Conditioning System）とも呼ばれる。
- 今後、電力系統において太陽光発電等の大量の分散型電源の導入が見込まれることから、パワーコンディショナーには、下記のような保護機能や、電力系統側へ貢献するための機能を有することの必要性が議論されている。

住宅用等低圧連系システムの構築



パワーコンディショナーの機能

- ・**単独運転防止機能**：単独運転は、電力会社から供給される系統において分散型電源から供給される電力のみで配電線に通電している状態。
- ・**FRT (Fault Ride Through)**：系統事故時に短時間に電圧レベルが急激に低下したり、周波数が変動する擾乱が発生したりする場合でも、電源が停止せず運転継続できること。
- ・**出力抑制**：電力の需給バランス制約による出力制御。
- ・**無効電力制御**：あえて無効電力を送り込むことで太陽光発電に生じる問題に対応すること。

出典：「環境ビジネス」 <https://www.kankyo-business.jp/dictionary/003212.php>

太陽光発電協会「住宅用太陽光発電の設計と施工」2016年6月21日 http://www.jpea.gr.jp/pvj2018/webdownload/SS_2_5.pdf

パワーコンディショナー②

製品、技術動向

- 世界的に、大規模太陽光発電所の高電圧化が進んだことにより、かつて一般的であった600Vシステムから1000Vが主流となり、現在は、新設大規模案件の多くで1500Vが仕様になりつつある。1500Vシステムを構築するためには、太陽光パネルをはじめ、すべての機器を1500V対応にする必要がある。
- スイスのABB、スペインのパワーエレクトロニクス、ドイツのSMA、中国のファーウェイとサングロウなどは製品をリリースしているが、日本メーカーは出遅れている。ABBは4トン車にも積める集中型システムを開発しており、緊急時の利用などにも活用できる。

技術的課題

- パワーコンディショナーについては、以下のような課題を克服するための開発が進んでいる。
 - ・周波数制御：電圧変化による停止を防止
 - ・GaN、SiC 高効率パワーコンディショナーの開発：電力ロスの低下を目指す

パワーコンディショナー③

市場

- 2019年の世界全体のパワーコンディショナーの出荷量は、前年比18%の増加であった。
- 地域別に出荷量の状況を見ると、ヨーロッパと米国とラテンアメリカのみが前年比プラスとなっており、それぞれの伸び率（前年比）はヨーロッパが84%、米国72%の成長率であった。
- 一方で、近年太陽光発電の成長を牽引してきた中国の落ち込みが見られた。

参入メーカー

- 参入メーカーの状況を見ると、Huawei、Sungrow Power Supplyなど全体として中国メーカーが数多く見られる。
- その他の国では、ドイツのSMA、スペインのPower electronics、イタリアのFimer、日本の東芝三菱電機産業システム株式会社（TMEIC）、米国のGinlong Solisなどがトップ10に入っている。

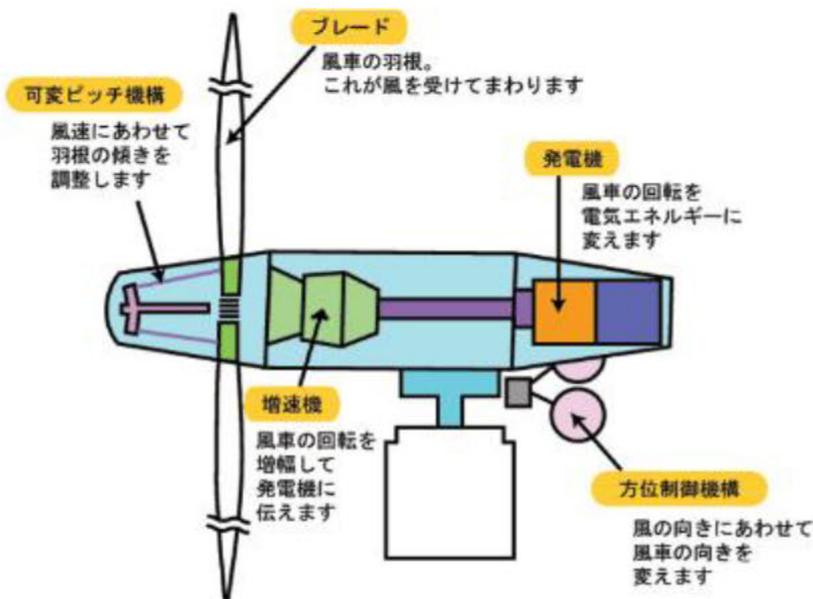
PCS主要 メーカー	国
1. Huawei	中国
2. Sungrow Power Supply Co., Ltd	中国
3. SMA	ドイツ
4. Power electronics	スペイン
5. Fimer	イタリア
6. Sineng	中国
7. Solar Edge technologies	米国
8. Growatt	中国
9. 東芝三菱電機産業システム株式会社（TMEIC）	日本
10. Ginlong Solis	米国
11. Goodwe	中国
12. Fronius	オーストリア
13. Ingeteam	スペイン
14. TBEA Sunoasis	中国
15. KATAR	中国
16. Chint Power	中国
17. Kaco	ドイツ

出典：Wood Mackenzie（2019年）

<https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/2006/10/news006.htm>

- 風力発電は、新エネルギーの中では、順調に普及している。
- 製造時の環境負荷も少なく、低周波音、風切り音が響いても問題ない敷地と一定の風がある場所なら設置可能である。
- しかし、風力に頼るため気象条件に左右されるという欠点、鳥などがブレードに巻き込まれるなどの問題もある。

風力発電方式の仕組み



出典：電気事業連合会 HP
https://www.fepc.or.jp/enterprise/hatsuden/new_energy/huuryoku/index.html

風力発電のメリット

- 陸上と洋上で発電が可能なエネルギー源
- 経済性を確保できる可能性のあるエネルギー源
- 変換効率が良い
- 夜間も稼働

出典：資源エネルギー庁「なっとく再生可能エネルギー」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/wind/index.html

風力発電の課題と対策

- 発電コストの削減
開発から運営まで全て担うことのできる風車メーカーの育成、低コストを実現できる新型風車の開発、メンテナンスの効率化、人材育成など効率的で安定的な発電システムの確立
- 環境アセスメントの手続きなどでリードタイムが長い
通常3~4年かかる環境アセスメントにおいて調査、実証実験、他の手続きを並行して行う。

出典：Ever Green「なっとく再生可能エネルギー」2020年12月15日
https://www.egmkt.co.jp/column/20201215_26.html#ap_1

陸上風力発電と洋上風力発電の比較

- 洋上風力は海の中にあるため、海底ケーブルを送電線として利用して洋上風力発電所から電気を送っている。
- 送電距離について、洋上発電所が陸から30 km以上離れている場合は、送電ロスの軽減を図るため、発生した電力を昇圧する必要がある。
- 場合によっては、洋上風力発電所に洋上変電所を設置して昇圧する必要がある。

陸上風力発電方式と洋上風力発電方式の仕組み

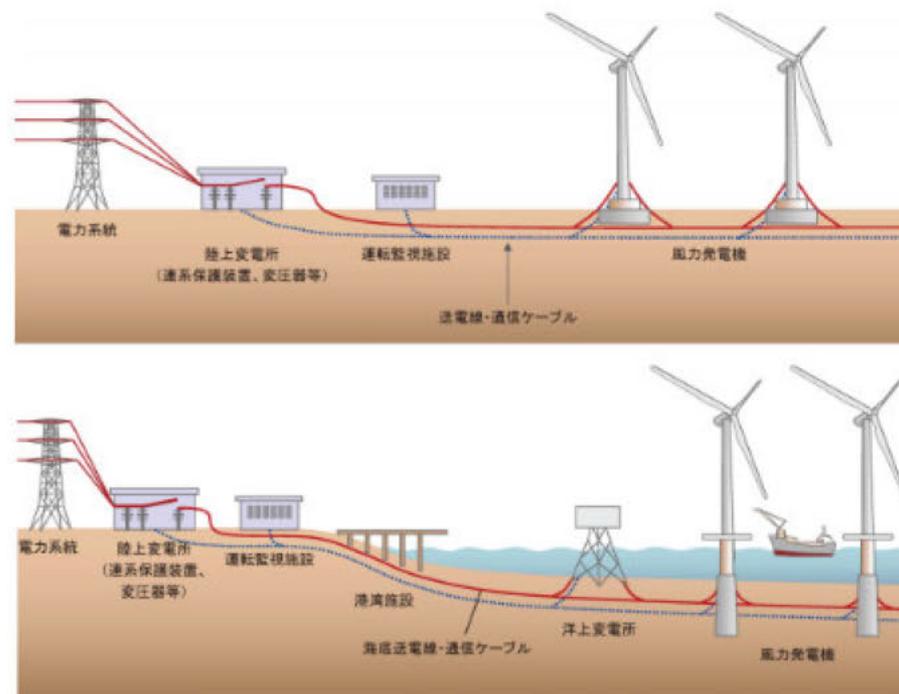


図 3-8 ウィンドファームの主要構成要素 (上：陸上 下：洋上)

出典：「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」
<https://www.nedo.go.jp/content/100544818.pdf>

出典：インプレス Smart Grid フォーラム
<https://sgforum.impress.co.jp/article/262?page=0%2C1>

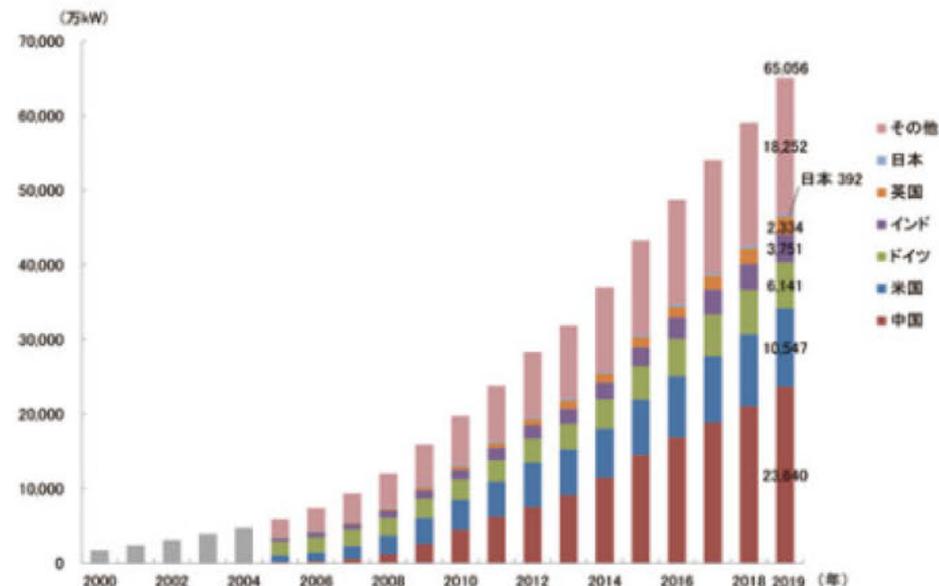
市場

- 世界の風力発電設備容量は近年急速に増加し、2019年には約6.5億kWに達した。
- 導入量が最も多いのは世界のおよそ3分の1を占める中国（23,640 万kW）で、これに米国（10,547 万kW）、ドイツ（6,141 万kW）が続く。したがって、これら3か国で世界の風力発電設備容量の約6割を占めていることになる。
- また、近年では洋上風力発電の市場も急速に拡大しており、2019年末の時点で、世界で合計2,913万kWが導入されている。
- ただし、現時点では世界の洋上風力発電の75%（2,190万kW）が欧州諸国の沖合に集中している。
- とりわけ洋上風力に注力しているのは英国で、世界の累積導入量の33%（972万kW）を占めている。
- 2019年を通じて新たに追加した設備容量が最も多かったのは中国で、240万 kWの設備が追加されたことで、累計導入量は684万kWとなり、英国、ドイツに次いで世界第3位となっている。

出典：経済産業省「エネルギー白書2020」

https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020pdf/whitepaper2020pdf_2_2.pdf

世界の風力発電の導入状況



(注1) 2004年以前の国別データなし。

(注2) 四捨五入の関係で項目の和と合計の数値が一致しない場合がある。

出典：Global Wind Energy Council (GWEC)「Global Wind Report (各年)」を基に作成

今後の市場

- エネルギー分野で技術革新により、大幅なコスト削減をもたらした分野として、シェールガス革命と太陽光発電があるが、洋上風力発電も加わる可能性がある。
- 2019年10月、国際エネルギー機関 (International Energy Agency) は、世界の洋上風力発電の平均コストが2024年までにUS\$60/MWh (6.5円/kWh (1US\$ = 108円換算)) に低減するとの予想を発表した。
- Bloomberg NEFは世界の合計発電能力は2030年に177GWに拡大すると予測している。
- 地域的に見ると、欧州で発展してきた洋上風力発電は、今後世界に普及し発展すると予想されている。
- 地域的には、アジアや米国でも洋上風力発電が普及するとの予測があり、特に、中国が世界最大の洋上風力発電導入国になると予想されている。

世界の風力発電の将来予測



出典：下記のページよりHello-G作成

Bloomberg "Enormous Game" of Offshore Wind" 3rd Oct 2019,
<https://www.bloombergquint.com/business/macquarie-s-green-bank-embraces-enormous-game-of-offshore-wind>

出典：Bloomberg "Macquarie's Green Bank Embraces 'Enormous Game' of Offshore Wind", 3rd Oct 2019

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-03/macquarie-s-green-bank-embraces-enormous-game-of-offshore-wind>

プロジェクト

- 世界でトップ10の風力発電所を見ると米国に数多く存在している。
- 規模を見ると、トップの中国にある Jiuquan Wind Power Baseは20GWと特別に大規模なものである。その他は、1500KWを越える規模もあるが、600～800KW程度の発電所が多い。

世界の風力発電 トップ10

	サイト名	国	規模
1)	Jiuquan Wind Power Base	中国	20GW
2)	Jaisalmer Wind Park	インド	1,600MW
3)	Alta Wind Energy Centre (AWEC)	米国	1,548MW
4)	Muppandal Wind Farm	インド	1,500MW
5)	Shepherds Flat Wind Farm	米国	845MW
6)	Roscoe Wind Farm	米国	781.5MW
7)	Horse Hollow Wind Energy Centre	米国	735.5MW
8)	Capricorn Ridge Wind Farm	米国	662.5MW
9)	Walney Extension Offshore Wind Farm	英国	659MW
10)	London Array Offshore Wind Farm	英国	630MW

出典：Power Technology „Top 10 biggest wind farms“, 29 June 2019
<https://www.power-technology.com/features/feature-biggest-wind-farms-in-the-world-texas/>

参入メーカー

- 2019年の風力発電新規設備容量は63GW。22,893基の風力発電が建設された。メーカーは33社である。そのうち洋上風力発電は6.4GWとなっている。

風力発電メーカー市場シェア 2019年

	企業名	国	シェア
1	ヴェスタス	デンマーク	18.0%
2	シーメンスガメサ・リニューアブル・エナジー	スペイン	15.7%
3	金風科技（ゴールドウィンド）	中国	13.2%
4	GEリニューアブル・エナジー	米国	11.6%
5	遠景能源（ENVISION）	中国	8.6%
6	明陽風電集団（Mingyang）	中国	5.7%
7	Nordex Acciona	ドイツ	4.9%
8	エネルギー	ドイツ	3.0%
9	遠達（Widney）	中国	2.5%
10	東方電気（Dongfang）	中国	2.1%
11	Sewind	中国	2.0%
12	中船重工海装風電(CSIC Haizhuang Wind Power)	中国	1.8%
13	Senvion	ドイツ	1.7%
14	ユナイテッド・パワー.	米国	1.7%
15	MHIヴェスタス	デンマーク	1.6%

出典：Sustainable Japan「風力発電メーカーランキング、ヴェスタスとシーメンスガメサが上位。中国企業も席卷」2020年5月31日
<https://sustainablejapan.jp/2020/05/31/wind-turbine-ranking-2019/50158>

参入メーカー

洋上風力発電メーカー市場シェア 2019年

	企業名	国	シェア
1	シーメンスガメサ・リニューアブル・エナジ	スペイン	39.8%
2	MHIヴェスタス	デンマーク	15.7%
3	Sewind	中国	10.0%
4	遠景能源 (ENVISION)	中国	9.5%
5	金風科技 (ゴールドウインド)	中国	9.4%
6	明陽風電集 (Mingyang)	中国	7.3%
7	GEリニューアブル・エナジー	米国	4.3%
8	中船重工海装風電 (CSIC Haizhuang Wind Power)	中国	2.3%
9	Senvion	ドイツ	1.6%
10	XEMC Darwind	オランダ	0.1%

陸上風力発電メーカー市場シェア 2019年

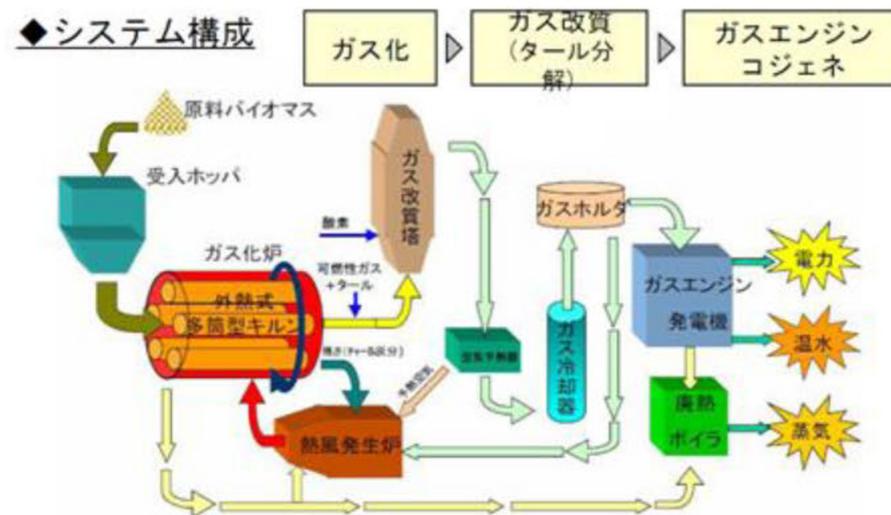
	企業名	国	シェア
1	ヴェスタス	デンマーク	20.1%
2	金風科技 (ゴールドウインド)	中国	13.6%
3	シーメンスガメサ・リニューアブル・エナジー	スペイン	13.0%
4	GEリニューアブル・エナジー	米国	12.4%
5	遠景能源 (ENVISION)	中国	8.6%
6	明陽風電集 (Mingyang)	中国	5.6%
7	Nordex Acciona	ドイツ	5.4%
8	エネルギー	ドイツ	3.3%
9	遠達 (Widney)	中国	2.8%
10	東方電気 (Dongfang)	中国	2.4%

出典：Sustainable Japan「風力発電メーカーランキング、ヴェスタスとシーメンスガメサが上位。中国企業も席卷」2020年5月31日
<https://sustainablejapan.jp/2020/05/31/wind-turbine-ranking-2019/50158>

バイオマスの仕組み

バイオマスエネルギーの仕組み

- バイオマス発電とは、木材や植物残さ等のバイオマス（再生可能な生物資源＝石炭を除く）を原料として、直接燃焼したり、一度ガス化して燃焼したりすることにより、タービンを回し、発電機を起動させて発電を行うことである。
- バイオマスから得られるエネルギーがバイオマスエネルギーである。バイオマス発電の原料となるのは、木質系、農業・水産系、食品系など生物由来の幅広い有機物である。
- バイオマスを燃焼した場合にも化石燃料と同様にCO₂が必ず発生するが、植物はそのCO₂を吸収して生長しバイオマスを再生産するため、トータルで見ると大気中のCO₂の量は増加しない（カーボンニュートラル）と見なすことができる。
- そこで、化石燃料の代わりにバイオマスを原料として発電を行うことで、CO₂排出削減につながることが期待されている。



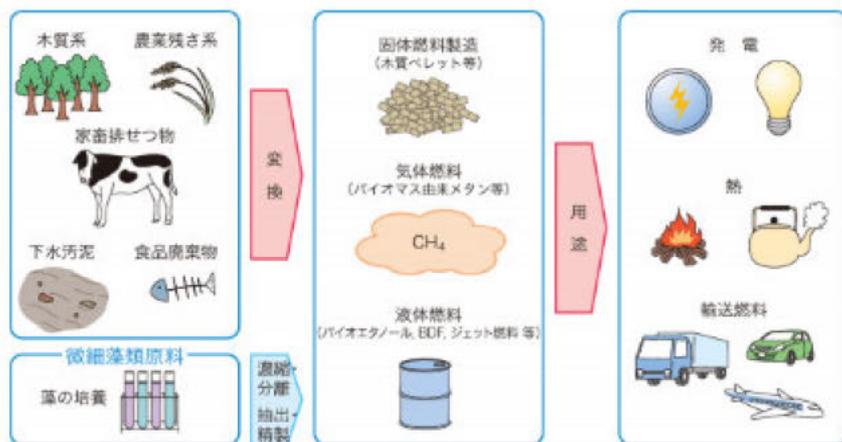
出典：SBエナジー株式会社HP
<https://www.sbenergy.jp/study/illust/biomass/>
 国立環境研究所「環境展望台」
<https://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=2>

出典：環境省 中央環境審議会地球環境部会・経済産業省 産業構造審議会環境部会地球環境小委員会 合同会合（第13回）資料
<https://sustainablejapan.jp/2020/05/31/wind-turbine-ranking-2019/50158>

バイオマスエネルギー利用と技術

- バイオマスとは、化石燃料を除いた動植物に由来する資源で、これらを用いたエネルギー利用は再生可能なエネルギーである。バイオマスエネルギーの利用の流れを見ると、①原料として使用するバイオマス、②燃料化（固体燃料、気体燃料、液体燃料など）、③これらをつなげるエネルギー変換技術となっている。
- バイオマスエネルギー変換技術は、物理的変換、熱化学的変換、生物化学的変換の3つに分類できる。物理的変換とは、薪、木質チップ、木質ペレットなどの燃料の、運搬効率や燃焼効率の向上を目的とした成形などで、この中には固体バイオマス燃料製造も含まれる。熱化学的変換や生物化学的変換には、気体燃料製造、液体燃料製造、固体バイオマス燃料製造などの多様な方法がある。利用形態には、発電、熱利用、輸送燃料がある。

バイオマスエネルギー利用の流れ



バイオマスエネルギー変換技術とエネルギー利用形態との関係

エネルギー変換技術			エネルギー利用形態		
			発電	熱利用	輸送燃料
物理的変換	固体燃料製造	薪、チップ	○	○	—
		ペレット、ブリケット	○	○	—
		RDF ^{*1} 、バイオソリッド ^{*2} 等	○	○	—
熱化学的変換	気体燃料製造	熱分解ガス化	○	○	—
		水熱ガス化	△	△	—
	液体燃料製造	BTL (ガス化・触媒反応)	—	—	△
		バイオディーゼル燃料製造 (エステル交換・酸化安定化)	○ ^{*3}	—	○
		急速熱分解	—	—	△
		水熱液化	—	—	△
生物化学的変換	固体燃料製造	炭化・半炭化	○	○	—
		メタン発酵	○	○	○
	気体燃料製造	バイオ水素製造	△	—	△
		エタノール発酵	—	—	○
		ブタノール発酵	—	—	△

○：実際に利用されている形態 △：研究開発されている形態
 ※1：RDF：可燃ごみを原料として破砕、成形、乾燥された固体燃料（Refuse Derived Fuel の略）
 ※2：バイオソリッド：下水を固体燃料化したもの
 ※3：主に動燃料として利用

出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO再生可能エネルギー技術白書」2013年12月
<https://www.nedo.go.jp/content/100544819.pdf>

バイオマスエネルギーのメリット、デメリット

- バイオマス発電は、カーボンニュートラルな再生可能エネルギーであり、安定した出力を出せるというメリットがある。
- デメリットには、コストの問題（燃料自体のコスト、燃料の運搬にかかるコスト、木材チップの生成が高い）、既存の食料資源などとの競合に加えて、技術的には、燃焼温度が低いという課題もある。

バイオマスエネルギーのメリット

- カーボンニュートラル
⇒ 地球温暖化対策に有効
- 地域の未利用資源の有効活用
⇒ 循環型社会の形成、地域活性化、新産業創出
- 太陽光や風力に比べ安定的な出力・液体燃料化
⇒ ベース電源としての利用とエネルギー源の多様化
- 発電・熱利用のほか、液体燃料、化成品原料、素材など幅広い用途
⇒ バイオマスの特性に応じた有効利用が可能

バイオマスエネルギーのデメリット

- 資源が薄く広く存在するため収集運搬コストが高い
⇒ 効率的な収集運搬・地域活用システムの構築
- 食料供給や既存用途との競合の可能性
⇒ 食料供給と両立可能な稲わら、木質等のセルロース系や廃棄物系原料の有効利用、カスケード（多段）利用
- 燃焼温度の低さ

出典：エネチェンジ「バイオマス発電とは？仕組みやメリット・デメリットについて」2020年10月14日

https://enechange.jp/articles/biomass_power_generation#i-11

gooddo マガジン「バイオマス発電のデメリットとは？今後の改善点を解説」2020年10月28日

https://gooddo.jp/magazine/clean_energy/biomass_power_generation/12250/

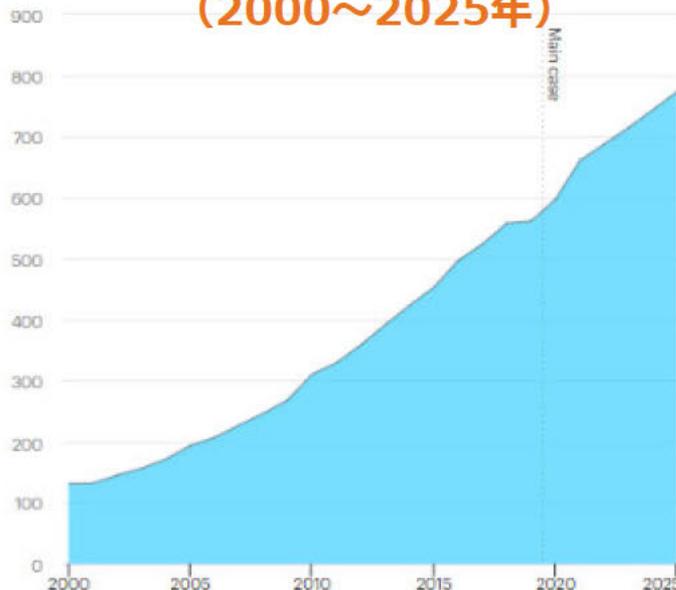
農林水産省「バイオマスをめぐる現状と課題」2012年

https://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kenntou/01/pdf/1_1.pdf

バイオマス市場動向①

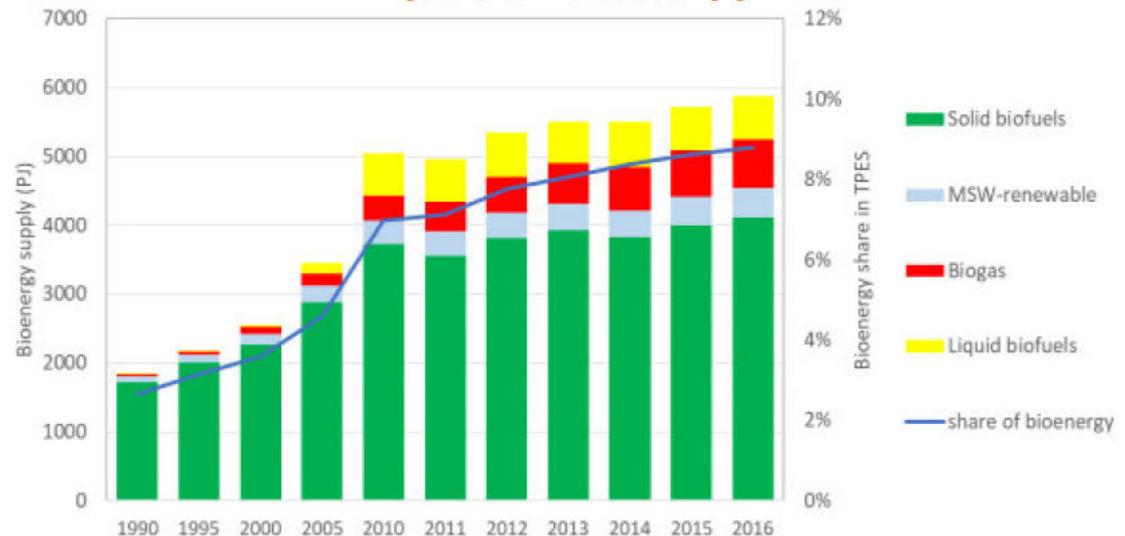
- バイオマス発電の発電量の推移を見ると、2000年に131.2TWhであったが、2010年には310.8TWh、2020年には597.4TWhと20年間で4.5倍以上にまで増加している。今後、2025年には773.9TWhにまで成長すると予想されている。
- 欧州におけるバイオ燃料の種類をみると、固形バイオ燃料が中心であるが、2010年以降、液体燃料やバイオガスの消費量が増加してきている。

バイオマス電力量の推移 (2000～2025年)



出典：IEA "Renewables 2020 Data Explorer" 2020
<https://www.iea.org/articles/renewables-2020-data-explorer?mode=market®ion=World&product=Bioenergy>

欧州における各種バイオ燃料推移 (1990～2016年)

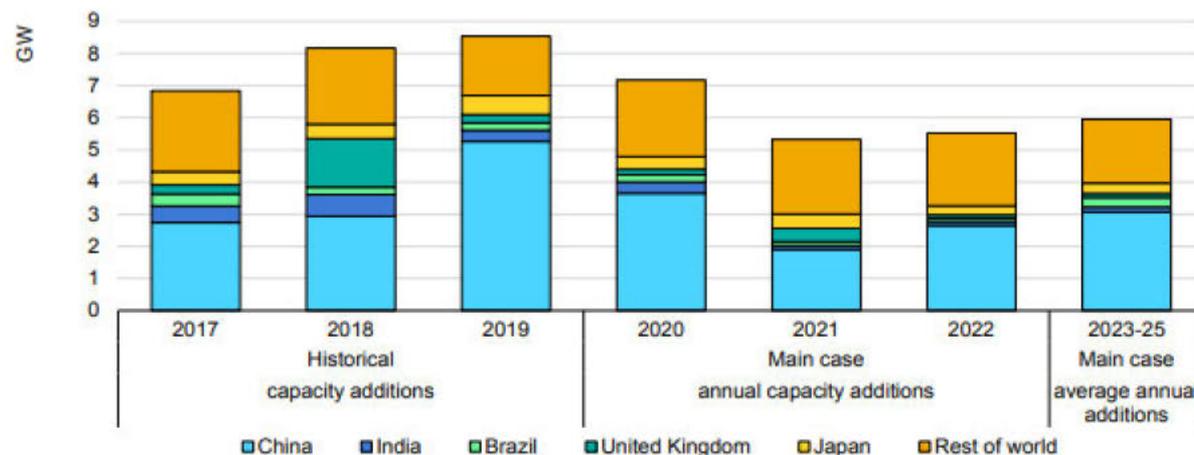


出典：IEA Bioenergy Country Reports 2018
<http://www.besustainablemagazine.com/cms2/iea-bioenergy-country-reports-2018/>

バイオマス市場動向②

- 2019年の世界のバイオマス発電の拡張規模は8.5 GWで、2番目に大きな記録となった。この内、60%が中国の廃棄物発電の増強分によるものである。二番目の日本は中国の1/10程度である。
- 2020年には、16%減少の見通しである。現行の主なプロジェクトの90%が2019年の事業で、2020年開始のものは少ない。当然、中国、ブラジル、日本、英国はパンデミックの影響を受けて、プロジェクトの遅れが見られる。このような状況でも林業や輸送業の操業により、バイオ燃料（木片、ペレット）などの供給不足は見られていない。
- 年間の増加量は、5~6GW程度落ち込みが見られる。要因の一つに、主要国（日本、ドイツ、英国）におけるFITを通じた支援、認証スキームなどがバイオ発電市場になされなかったことがある。風力発電、太陽光発電よりもコストが高く、コスト低減の見通しも少ないバイオマス発電への転換は少ない。
- 2021年から、中国はバイオマス発電に対する補助金を現行のFITから変更し、農業や都市廃棄物などの処理を推進することを意図している。

主要国のバイオマス発電能力の増強実績推移
(2017~2025年)



IEA. All rights reserved.

出典：IEA "Renewable 2020" 2020

<https://www.iea.org/reports/renewables-2020/hydropower-bioenergy-csp-and-geothermal#abstract>

参入メーカー①

バイオマス発電の主要メーカーには欧米のメーカーが多く見られる。

メーカー名	国
Advanced Recycling Equipment, Inc.	米国
Alstom SA	米国
Baxi Group	英国
Ecovision Systems Ltd.	英国
ETA Heiztechnik GmbH	オーストリア
Foster Wheeler AG	スイス
Garioni Naval SpA	イタリア
Hurst Boiler & Welding Co, Inc.	米国
Kohlbach Group	オーストリア
Thermax Ltd.	インド
Metso	フィンランド
Carbone	フィンランド
Bbcok & Wilcox volund	米国
Sasol Lurgi	ドイツ
PRM	米国
Entimos	フィンランド

出典：「NEDO再生可能エネルギー技術白書」2013年12月
<https://www.nedo.go.jp/content/100544819.pdf>

海外の主要なバイオマスボイラメーカー 海外の主要な熱分解ガス化プラントメーカー

炉の区分	プラントメーカー名	炉の形式
流動層	Foster Wheeler (本社：スイス)	循環流動層
		バブリング流動層
流動層	Metso (本社：フィンランド)	循環流動層
		Babcock & Wilcox volund (本社：米国)
		ALSTOM (本社：米国)

出典：NEDO 作成資料

炉形式	プラントメーカー名	ガス化の方式
流動層	Foster Wheeler (本社：スイス)	循環流動層
	Metso (本社：フィンランド)	循環流動層
	Carbone (本社：フィンランド)	循環流動層、 バブリング流動層
固定床	Sasol Lurgi (本社：ドイツ)	固定床 (FBDB型)
	PRM (本社：米国)	固定床 (アップドラフト式)
	Babcock & Wilcox volund (本社：米国)	固定床 (アップドラフト式)
	Entimos (本社：フィンランド)	固定床 (アップドラフト式)

出典：NEDO 作成資料

参入メーカー②

海外の主要なバイオガス用エンジンメーカー

メーカー名	技術の特徴/出力規模
ALFAGY (本社：英国)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジン出力規模：53～1,750 kW
Bioenergysystem (本社：ドイツ)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジン 出力規模：ガスエンジン 500 kW, 568 kW
Caterpillar (本社：米国)	バイオガス、埋立処分場のガスを対象として、64～1,966kW までの導入実績がある。
ENER-G (本社：英国)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジンを開発。出力規模：165～2,000 kW
GE Jenbacher (本社：米国)	Jenbacher Type2： 249～ 330 kW Type3： 500～1,000 kW Type4： 800～1,500 kW Type6： 1,800～4,400 kW 920： 10,000 kW
Greenenvironment (本社：ドイツ)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジン 出力規模：65～1,000kW
INOVAS (本社：ドイツ)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジン 出力規模：1.5～170 kW
MAN (本社：ドイツ)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジン 出力規模：36～361 kWe
SEVA (本社：ドイツ)	バイオガス、埋立処分場のガスを対象としたコージェネレーション用エンジン (オットーエンジン) 出力規模：50～1,700 kW
Waukesha (本社：米国)	バイオガスを対象としたコージェネレーション用エンジン 出力規模：258 ～ 980 kW

出典：NEDO 作成資料

海外の主要なメタン発酵メーカー

発酵形式	プラントメーカー名	原料となるバイオマス
乾式	Kompogas (本社：スイス)	果物、野菜くず
	Axpo Kompogas AG (本社：スイス)	牧草、野菜くず
	Organic Waste Systems (本社：ベルギー)	厨芥類、牧草、下水汚泥
乾式 湿式	BioConstruct (本社：ドイツ)	牧草、家畜排せつ物
	Strabag Umwelthanlagen GmbH (本社：ドイツ)	メイズ、牧草、家畜排せつ物、下水汚泥、厨芥類
湿式	ArrowBio (本社：イスラエル)	厨芥類
	Biogas Nord AG (本社：ドイツ)	家畜排せつ物
	Biotechnische Abfallverwertung (本社：ドイツ)	家畜排せつ物、メイズ、下水汚泥、厨芥類
	Envitec Biogas AG (本社：ドイツ)	家畜排せつ物、下水汚泥、排水
	Haase (本社：ドイツ)	家畜排せつ物
	Wehrle (本社：ドイツ)	牧草、家畜排せつ物
	Weltec BioPower GmbH (本社：ドイツ)	家畜排せつ物

出典：NEDO 作成資料

海外の主要なバイオガス用マイクロガスタービンメーカー

メーカー名	技術の特徴/出力規模
Capstone Turbine Corporation (本社：米国)	バイオガスを対象としたマイクロガスタービン 出力規模：30 kW, 65 kW, 200 kW の製品がある。
Turbec (本社：イタリア)	バイオガスを対象としたマイクロガスタービン 出力規模：100 kW

出典：NEDO 作成資料

出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO再生可能エネルギー技術白書」2013年12月
<https://www.nedo.go.jp/content/100544819.pdf>

地熱発電の特徴①

- 地熱発電には以下の3つの特徴がある。

再生可能

雨水や河川水が地中深くまで浸透した地下水の一部は、マグマで熱せられ、難透水層の下に地熱貯留層を作る。そこから噴出する蒸気や熱水によって発電する地熱発電は、化石燃料のように資源が枯渇する心配がなく、計画的に使用すれば永続的な利用が可能である。

安定的

風力発電や太陽光発電といった他の自然エネルギーを利用した発電方法は、発電できる時間帯が限られていたり、天候や季節によって発電量が大きく変動するという特性がある。そのため設備利用率は太陽光で約12%、風力でも約20%と低い。一方、地熱発電は一年を通じて一定量を発電できる安定性を持っており、設備利用率も70%と極めて高い水準にあり、ベースロード電源と位置づけられている。

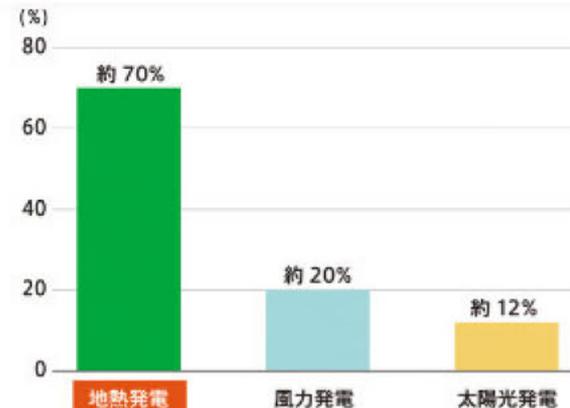
クリーン

火力発電の場合、石油や石炭、天然ガス等を燃やし、燃焼ガスや水を沸騰させて作った蒸気でタービンを回して発電するが、地熱発電では自然が生み出す蒸気を使って発電する。そのため二酸化炭素の排出量は火力発電より大幅に少なく、また再生可能エネルギーである太陽光発電や風力発電よりも少ないため、まさに地球にやさしい発電方法と言える。また、蒸気とともに噴出した熱水は、還元井と呼ばれる井戸を通じて地下深くに戻される。



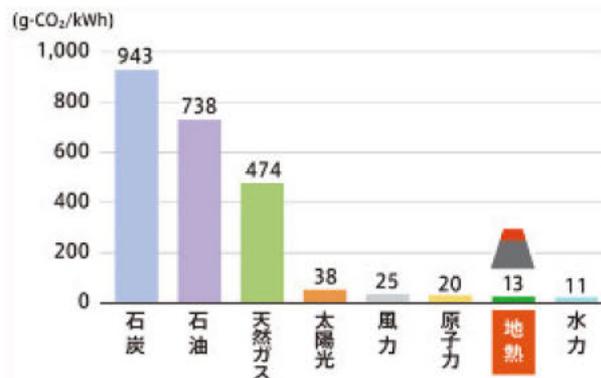
地下資源の確認埋蔵量と可採年数

出典：BP Statistical Review of World Energy 2016
OECD Nuclear Energy Agency & IAEA - Uranium 2014



設備利用率の比較

出典：コスト等検証委員会報告書 2011年12月19日をもとに作成



電源別の二酸化炭素排出量

出典：今村栄一・長野浩司、電力中央研究所報告、平成22年7月

出典：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 「地熱資源情報」
<http://geothermal.jogmec.go.jp/information/geothermal/world.html>

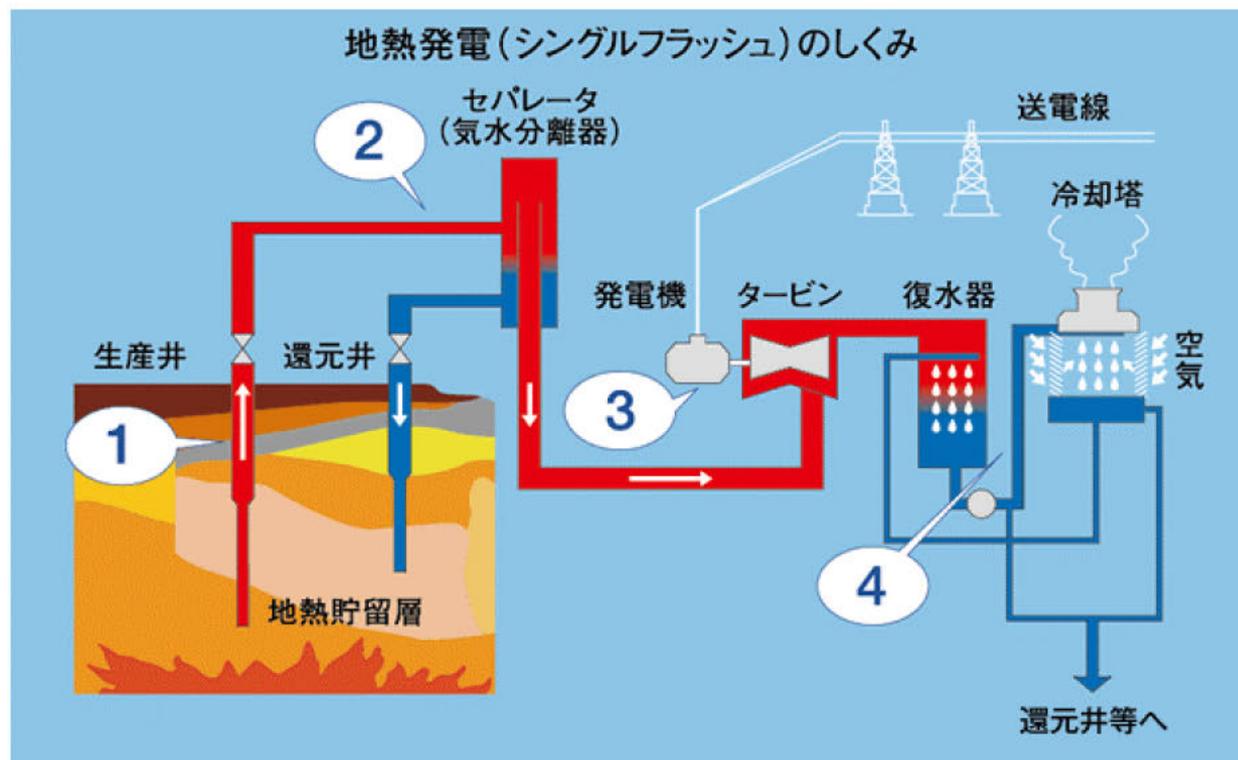
地熱発電の特徴②

- 地熱資源は火山性の地熱地帯で、マグマの熱で高温になった地下深部（地下1,000～3,000m程度）に存在する。地表面に降った雨や雪が地下深部まで浸透し、高温の流体（＝地熱流体）となる。地熱発電は、地熱貯留層（地熱流体が溜まっている層）から地熱流体を取り出し、タービンを回転させて電気を起こす仕組み。
- 発電方式は複数あるが、最も一般的なのがフラッシュ発電であり、最近増えているのがバイナリー発電である。

フラッシュ発電

フラッシュ発電は、主に200℃以上の高温地熱流体での発電に適しており、地熱流体中の蒸気で直接タービンを回す。

1. 地熱貯留層に生産井を掘り、地熱流体を取り出す。
2. セパレータ（気水分離器）で地熱流体を蒸気と熱水に分け、熱水は還元井から地下に戻す。
3. 蒸気でタービンを回転させ、発電する。
4. 発電し終わった蒸気は復水器で温水にし、さらに冷却塔で冷やした後、復水器に循環して蒸気の冷却に使用。



出典：日本地熱協会 HP

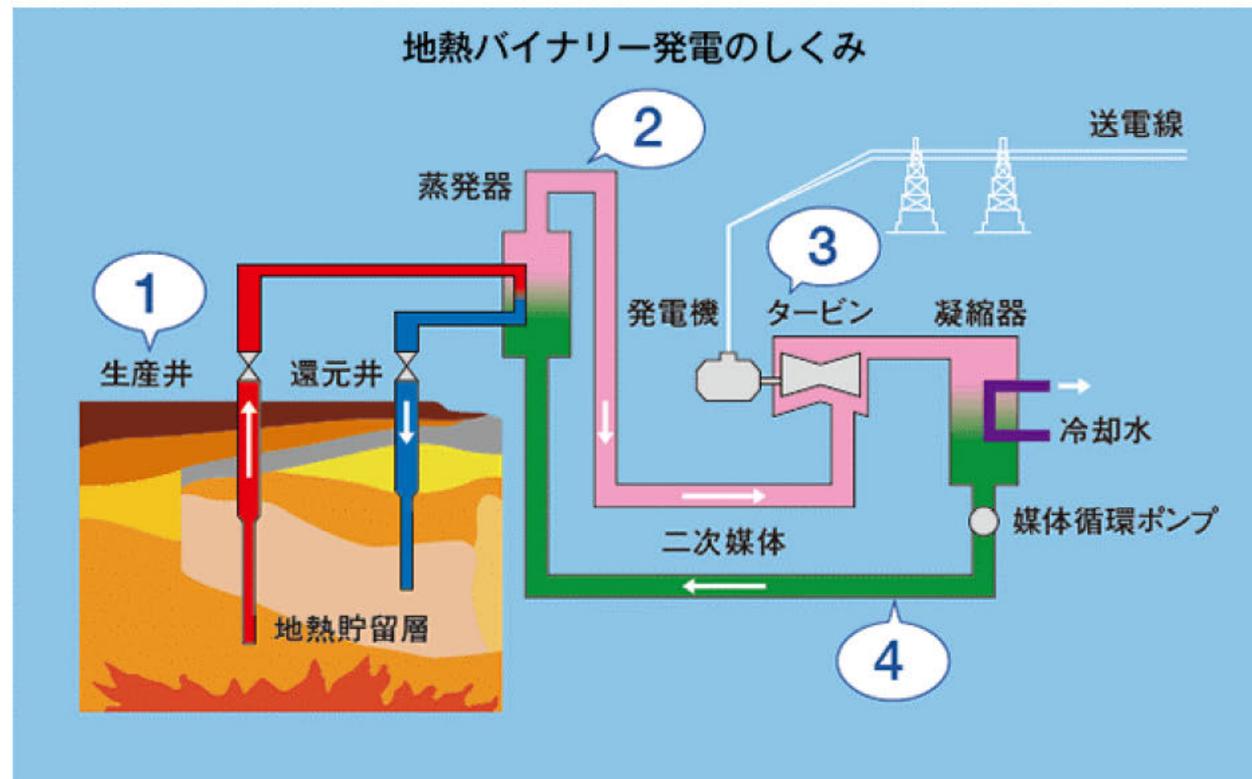
<https://www.chinetsukyokai.com/information/index.html>

地熱発電の特徴③

バイナリー発電

バイナリー発電は、水よりも沸点の低い二次媒体を使うため、より低温の地熱流体での発電に適しており、地熱流体で温められた二次媒体の蒸気でタービンを回して発電する。

1. 生産井から地熱流体を取り出す。
2. 地熱流体で二次媒体を温め、蒸気化する。二次媒体を温めた後の地熱流体は、還元井から地下に戻す。
3. 二次媒体の蒸気でタービンを回転させ発電する。
4. 発電し終わった二次媒体は、凝縮器で液体に戻し、循環ポンプで再度、蒸発器に送る。



市場

各国の地熱資源量を見ると、世界最大規模の地熱地帯（ザ・ガイザーズ地熱地帯）をもつ米国が第1位（3,900万kW）、多くの火山島からなるインドネシアが第2位（2,700万kW）、第3位は日本（2,300万kW）となっている。発電設備容量で見ると、近年では、インドネシア、ニュージーランド、アイスランド、ケニアでは、地熱開発の伸びが著しく、日本は世界第10位となっている。

世界各国の地熱資源量（2011年）

順位	国名	資源量 (万kW)
1	アメリカ	3,900
2	インドネシア	2,700
3	日本	2,300
4	フィリピン	600
5	メキシコ	600
6	アイスランド	580
7	ニュージーランド	370
8	イタリア	150

※ 1万kW = 10MW

※日本はポテンシャルに比し地熱発電量が少ない。山岳地が多く、地熱発電の開発コストが高くなる、開発候補地が国立公園に存在することが多い、温泉地の住民による反対、などの理由がある。

地熱発電備蓄量の変化

	国	2010年	2015年	2019年
1)	米国	2405	2542	2555
2)	インドネシア	1189	1439	2131
3)	フィリピン	1847	1916	1928
4)	トルコ	94	924	1515
5)	ニュージーランド	731	941	965
6)	メキシコ	965	906	936
7)	ケニア	198	619	823
8)	イタリア	728	768	800
9)	アイスランド	575	665	753
10)	日本	537	516	525

出典：PB「Statistical Review of World Energy」2020年、
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-renewable-energy.pdf>

出典：村岡洋文、OHM、2011.7をもとに作成

出典：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）「地熱資源情報」
<http://geothermal.jogmec.go.jp/information/geothermal/world.html>

出典：Diamond Online「日本は世界3位の地熱資源大国なのに発電所建設が進まなかった3つの理由」2019年5月14日
<https://diamond.jp/articles/-/200086>

参入メーカー

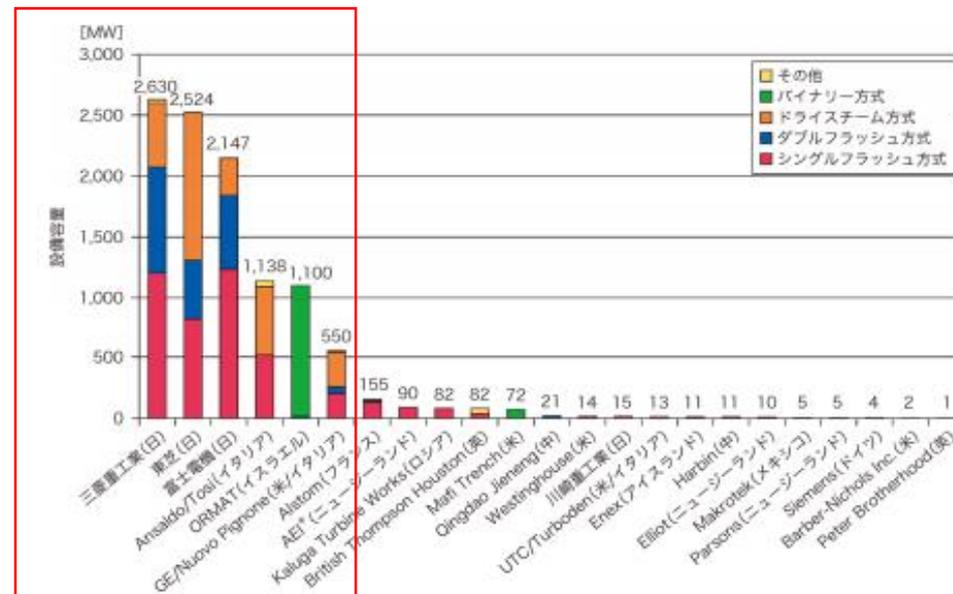
- 地熱用タービンの世界市場において日本の三菱電機、東芝、富士電機は一定のシェアを占めている。

主要地熱発電タービンメーカー (2020年)

主要メーカー	国
Fuji Electric Co. Ltd.	日本
Toshiba Corporation	日本
Mitsubishi Heavy Industries	日本
General Electric	米国
Ansaldo Energia	イタリア
Ormat Technologies	イスラエル

出典：各種報道、資料より、ハローG作成

(参考) 地熱発電用タービン参入メーカー (2010年)



* AEI : Associated Electrical Industries

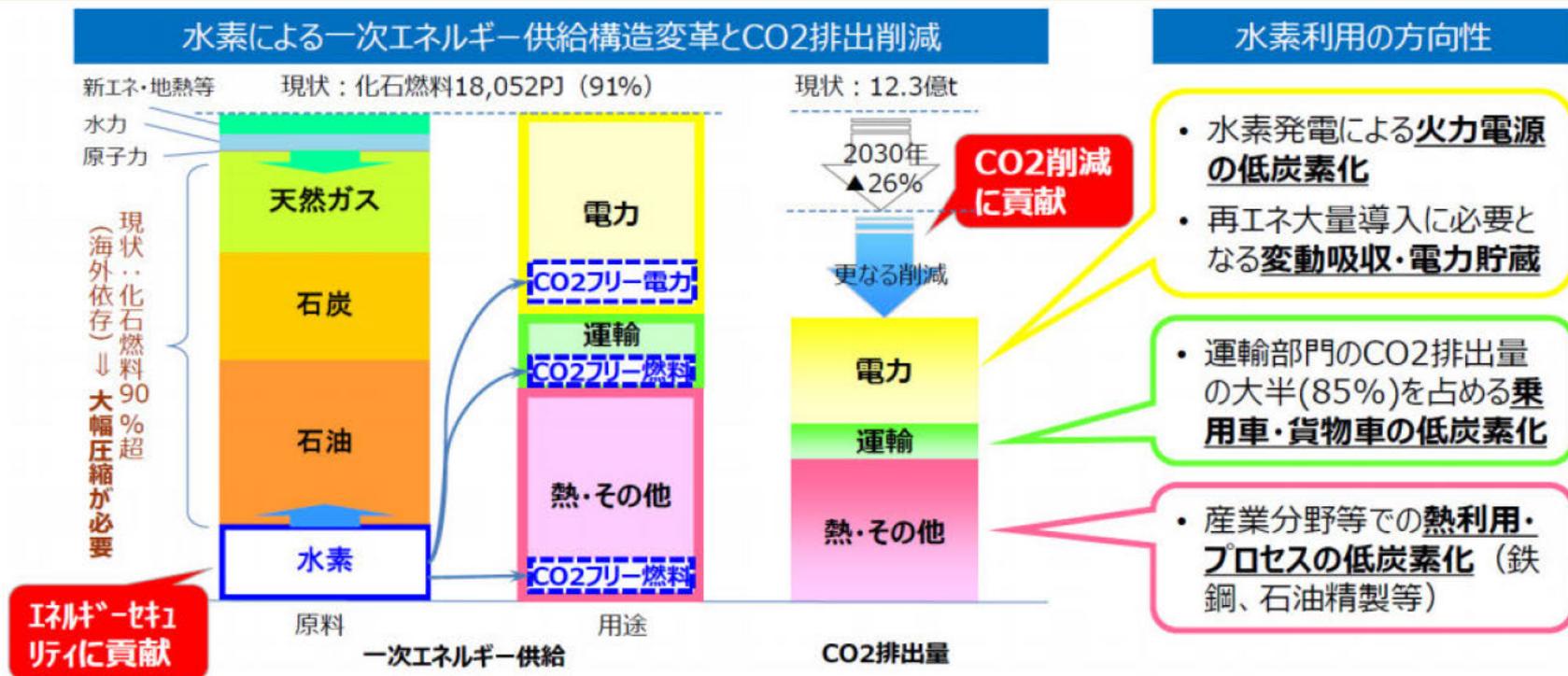
図 7-24 地熱発電用タービンの市場動向

出典：“Geothermal Power Generation in the World, 2005-2010 Update Report”, Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia. (Bertani, R., 2010.) より NEDO 作成

出典：「NEDO再生可能エネルギー技術白書」2013年12月
<https://www.nedo.go.jp/content/100544822.pdf>

水素の特徴と必要性

水素は様々なエネルギー源から製造可能な二次エネルギー媒体である。電気、石油や天然ガスなどの化石燃料、メタノールやエタノール、下水汚泥、廃プラスチックなど、さまざまな資源からつくることができる。利用方法も発電・熱利用など多様である。再生可能エネルギーあるいはCCS付き化石燃料から製造する場合はCO₂を出さない製造が可能となり、また、貯蔵・輸送も可能である。水素は、日本のエネルギー供給構造を多様化させ、エネルギーの脱炭素化を実現する手段のひとつである。



出典：水素・燃料電池戦略協議会 第10回事務局資料 (METI、2017)

出典：経済産業省「ICEFロードマップ発表イベント・水素協議会について」,
https://archive.iges.or.jp/files/research/climate-energy/PDF/cop23/20171220/3_METI.pdf

グリーン水素・ブルー水素・グレー水素

水素を製造源によって区別する議論もある。天然ガスなどの化石燃料ベースで製造される**グレー水素**、その過程で二酸化炭素回収・利用・貯留（CCUS）と組み合わせた**ブルー水素**、そして、風力、太陽光、バイオマスなどの再生可能エネルギー由来の水素が**グリーン水素**がある。その他、原子力発電所で生成される**イエロー水素**がある。製造コストが割高なグリーン水素の製造はいまだ少なく、現在はグレー水素の利用が主流となっている。CO₂フリー化を目指すも、既存燃料等とのコスト差だけでなく、技術的な課題や必要な水素量など、様々な要因があり導入が困難となっている。

赤点線囲い：現行水素基本戦略等で具体的な数値目標の無い分野

太字：原料として水素を利用（特段記載の無い場合は燃料として利用）

各部門	現在は グレー水素 を利用 (CO ₂ フリー化が必要)	将来水素等を利用することが想定 (水素、アンモニア、混合燃料等で代替)
輸送	<ul style="list-style-type: none"> 乗用車 フォークリフト バス 	<ul style="list-style-type: none"> 商用車(トラック等) 船舶 航空機 等
産業	<ul style="list-style-type: none"> 石油精製(脱硫) 化学(アンモニア製造等) 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼(水素還元製鉄) 化学(メタノール製造等) 熱利用(工業用熱 等)
発電		<ul style="list-style-type: none"> 既存の火力発電での混焼 専焼発電
民間・業務	<ul style="list-style-type: none"> エネファーム、純水素燃料電池 	<ul style="list-style-type: none"> 都市ガス代替での利用

出典：経済産業省 資源エネルギー庁 「今後の水素政策の検討の進め方について」2020年11月、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 [JOGMEC] 資料
https://oilgas-info.jogmec.go.jp/res/projects/default_project/page/001/008/834/2009_j_ru_recenttopic_EUHydrogenStrategyAndRussiaCounterMeasures.pdf

水素社会実現のために議論されている課題

水素社会実現に向けては、燃料電池の耐久性や信頼性（安全性）などの技術面の課題、コスト面（製造コスト、輸送コストなど）の課題、水素を日常生活や産業活動でエネルギー源として使用することを前提とした制度整備などの制度面の課題、水素ステーション、パイプライン、輸送船などの整備といった水素供給体制などのインフラ面の課題といった、多くの課題が存在しており、これらの課題の一体的な解決に向けた取り組みが必要とされている。

水素社会のイメージ



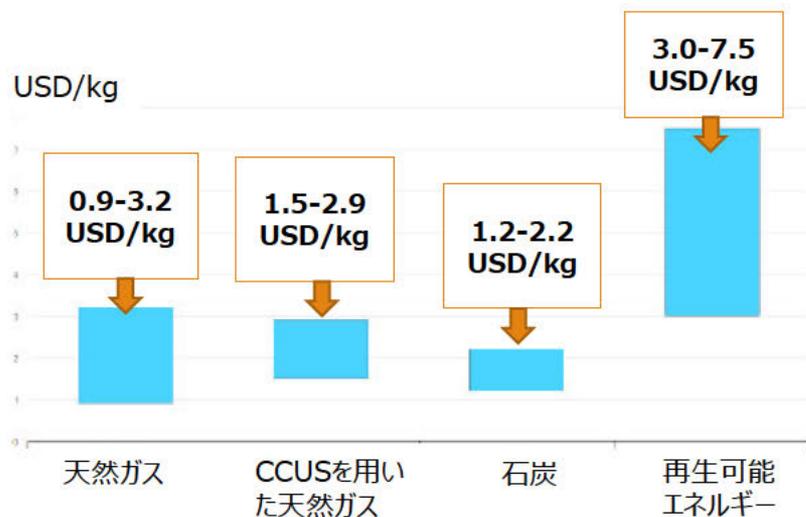
出典：資源エネルギー庁 HP <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017html/3-8-3.html>

出典：国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構「NEDO水素エネルギー白書」、及び各種報道、資料等
<https://www.nedo.go.jp/content/100639760.pdf>

水素製造のコスト

低炭素エネルギーから水素の製造は現時点ではコストがかかる。しかし、IEAの分析によると、再生可能エネルギーのコストダウンと、水素生産をスケールアップすることで、そのコストは2030年までに30%減少する可能性がある。

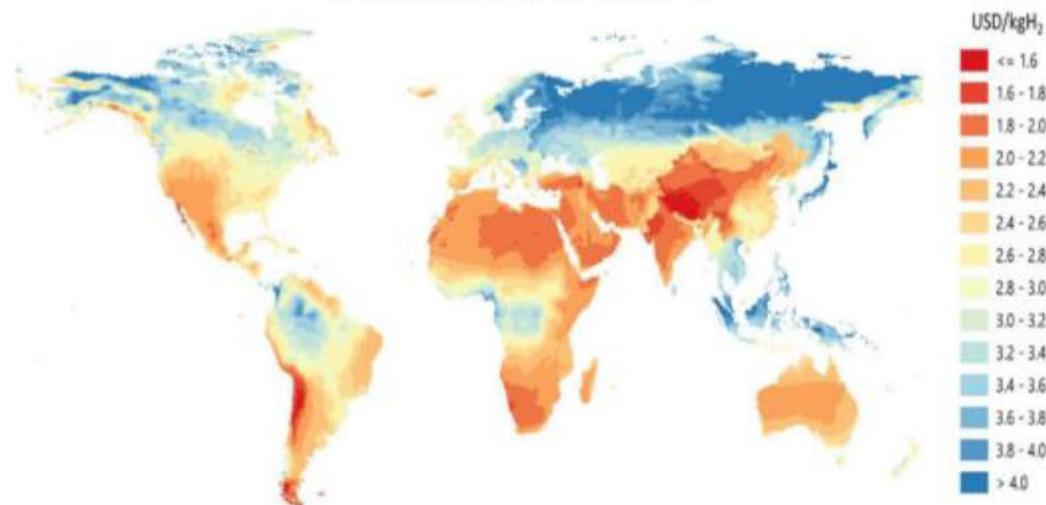
供給源別水素製造コスト



天然ガスからの水素の生産コストは、さまざまな技術的および経済的要因の影響を受ける。天然ガスは現在、水素生産の主要な供給源であり、約7000万トンの世界の年間専用水素生産の約4分の3を占めている。

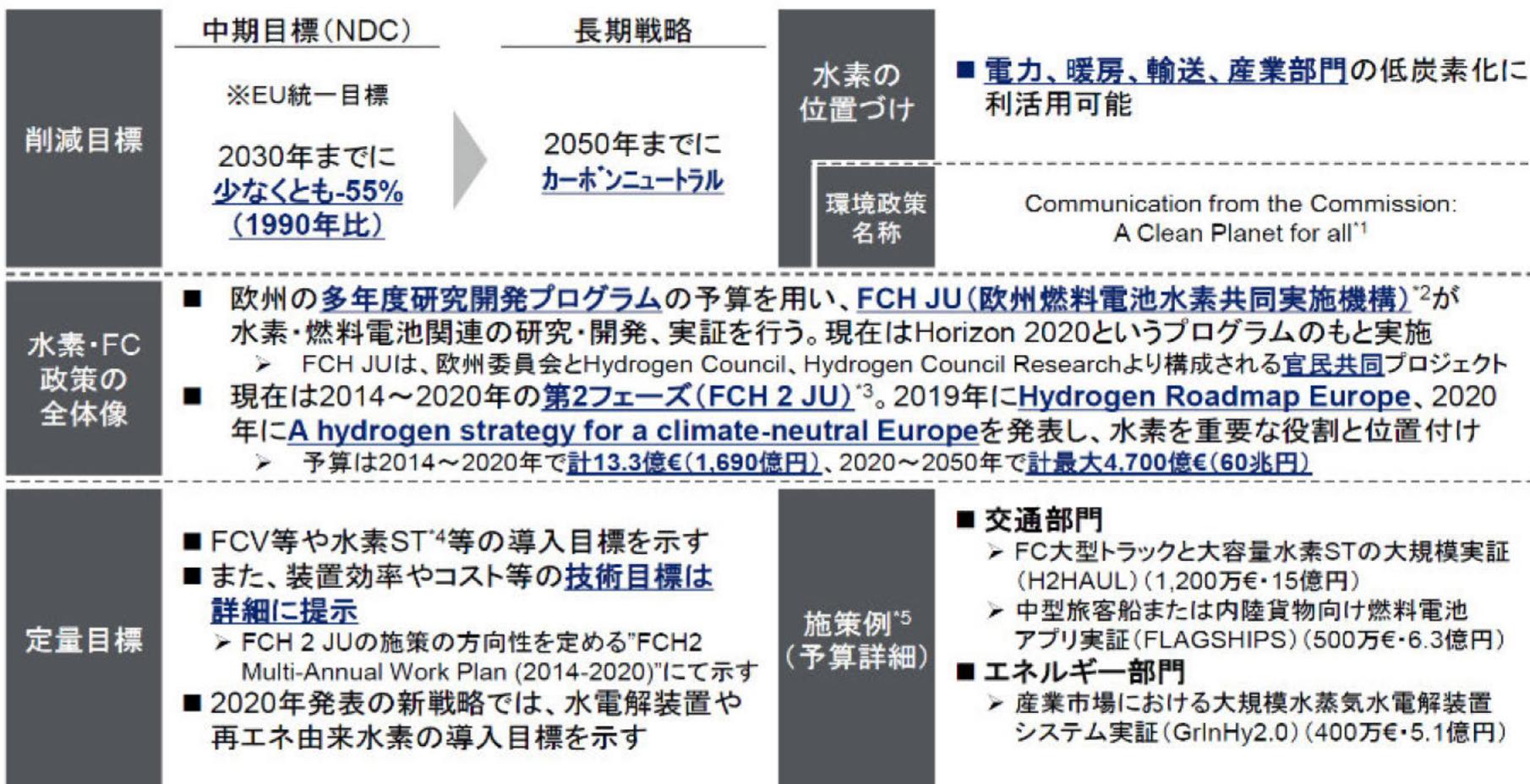
出典：IEA「The Future of Hydrogen」
<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

長期的な太陽光・陸上風力からの水素製造コストの分布



IEAは長期的に再エネ水素を輸出した場合においても、コスト競争力を有する可能性を指摘しており、中東、豪州、北アフリカ、中国、一部南米等が再エネ水素製造に適していると分析している。

欧州の政策①：多年度研究開発プログラム予算を用い、FCH JUが研究・開発、実証を推進



出典：UNFCCC、Climate Home News、FCHJU、欧州委員会 *1: 長期目標の正式採択に向け、欧州委員会が域内の幅広い議論を呼びかけるために提案した目標案。排出目標に関しては、2050年までに実質ゼロを提案 *2: Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking *3: 第2フェーズは2024年12月まで継続予定 *4: Station *5: 2018年のCall for Proposalsを参照

出典：環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

欧州の政策②：2020年7月、欧州委員会は欧州経済の脱炭素化を目指す水素戦略を公表

名称	欧州の気候中立への水素戦略 ("A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe")	
策定主体	欧州委員会	
策定時期	2020年7月8日	
目的	<ul style="list-style-type: none"> ■ 欧州グリーンディールで掲げる、2050年までのカーボンニュートラルの達成 ■ 新型コロナウイルスが経済に与えたダメージの克服(4分野での主導的立場を目指す) ①地域暖房、②スマートグリッド関連機器^{*1}、③EV向けデジタル技術^{*2}、④水素需給側の機器^{*3} 	
戦略の柱	<ul style="list-style-type: none"> ■ 循環的なエネルギーシステムの構築 ■ 再エネ由来の電力の活用 特に、エネルギー集約型産業や大型輸送等の脱炭素化が困難なセクターでの活用 ■ クリーン燃料(再エネ由来水素、サステナブルなバイオ燃料・バイオガス)の活用促進 	
重要な概念	<ul style="list-style-type: none"> ■ エネルギーシステムの統合による、エネルギーの効率的な運用および社会コストの削減 (実現のための再エネ由来水素アプリケーションの整備) ■ 化石燃料からの撤退促進 ■ 欧州のエネルギー安全保障への貢献(輸入化石燃料の低減、地域再エネ活用 等) 	
主な施策	<ul style="list-style-type: none"> ■ 官民連携のEuropean Clean Hydrogen Allianceの設置による、投資計画等の推進 ■ 5分野で38の施策を提示 ①投資、②需要と生産の拡大、③枠組みの構築(支援スキーム、市場ルール、インフラ整備)、 ④水素技術の研究・イノベーションの促進、⑤国際連携 	

出典：欧州委員会(2020) A hydrogen strategy for a climate-neutral EuropeおよびQuestions and answers: An EU Strategy for Energy System Integration、各種報道
*1: smart grids and appliances *2: digital tools to support the integration of electric vehicles *3: hydrogen supply and demand side equipment

出典：環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

英国の政策①：水素・燃料電池が暖房と輸送部門の低炭素化に有用とし、複数の省が連携

削減目標	<p>中期目標(NDC)</p> <p>2030年までに <u>少なくとも-68%</u> (1990年比)</p>	<p>長期戦略</p> <p>2050年までに <u>少なくとも-80%</u> (1990年比)</p>	<p>水素の 位置づけ</p>	<p>■ 特に、<u>暖房と輸送部門</u>の低炭素化に貢献する</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2050年にむけた、英国の3つの可能性のある将来像の一つに、水素を提示
水素・FC政策の全体像	<p>■ <u>運輸省やビジネス・エネルギー・産業戦略省等</u>、複数の省が連携して水素・燃料電池の利活用を推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ これら2省にまたがるOLEV (Office of Low Emission Vehicles)は超低排出車の推進の一環で、FCV等の水素モビリティの利活用推進。R&DをInnovate UK^{*1}を通して、普及展開を産官共同のH2Mobilityを通して実施する ➢ ドイツやフランス等と異なり、<u>水素・燃料電池に限った戦略等は発表していない</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 一方、気候変動に関し政府にアドバイスをを行う機関CCC^{*2}が“Hydrogen in a low-carbon economy” (2018/11)を通し、政府に水素関連政策の提案を行っている ✓ 水素戦略策定の必要性を訴える「水素戦略ナウ」キャンペーンは、公開書簡を首相へ提出(2020/6) 			
定量目標	<p>■ FCVや水素ST^{*3}等、水素・燃料電池関連の導入目標は設定していない</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 水素・燃料電池に特化した戦略はなく、まとまった技術目標等は提示していない <p>■ 水素関連技術の開発等へ、最大1億800万£(151億円)を投資するイノベーション・プログラムを公表^{*4}</p>	<p>施策例 (予算詳細)</p>	<p>■ 2019年に発表/採択された事業</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 大規模エネルギー貯蔵実証(2,000万£・28億円)^{*5} ➢ 産業用燃料転換のためのFS(30万£・4,000万円)^{*5} ➢ 水素を用いた仮想エネルギーシステム実証(ReFLEX Orkney)(2,850万£・40億円) ➢ 水素を用いたエネルギーマネジメント実証(Smart Hubs SLES)(不明) <p>■ 2019年以前に採択された事業</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 天然ガスの水素置換時の安全性等の検証事業(Hy4Heat)(2,500万£・35億円) 	

出典：UNFCCC、IPHE、UKH2Mobility、NEDO *1: 研究開発の予算配分等を担当する政府外組織UKRIに属する、英国の公的研究機関。政府の予算を利用 *2: Climate Change Act 2008に従い設立された組織。Committee on Climate Change *3: Station *4: CCUSの政策文書(Business Models for Carbon Capture, Usage and Storage (2019/9))への記載 *5: 水素に限定しない

出典：環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

英国の政策②：パリ協定に基づく長期戦略では、暖房と輸送部門での活用可能性を強調

	排出削減目標	水素・燃料電池に係る内容	提出日*3
中期目標*1 (NDC)	2030年までに <u>少なくとも-68%</u> <u>(1990年比)</u>	(言及無し)	2020/12/12
長期戦略	2050年までに <u>少なくとも-80%</u> <u>(1990年比)*2</u>	<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>特に、暖房と輸送部門</u>の低炭素化における水素の活用可能性に言及 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 英国では最も重要な部門である暖房の低炭素化では、<u>天然ガス代替</u>として水素利用可能性に言及 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2,500万£(35億円)のプロジェクトを実施と明言 ➢ 輸送部門では、<u>水素ステーションやFCVの普及展開を引き続き支援</u>すると言及 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 新たに2,300万£(32億円)を投じる、とする ➢ 低炭素な水素製造方法として、<u>CCUS</u>に大きく言及 ■ また、2050年に向け、<u>水素を含めた3つの方針を可能性のある「あり方」として提示</u> <ul style="list-style-type: none"> ➢ “Electricity,” “Hydrogen,” “Emissions removal”の3つ 	2018/4/17 (“The Clean Growth Strategy” として提出)

出典：UNFCCC

*1: 提出は、欧州に一月ほど遅れて2016年11月18日。内容は同じ *2: 2008年に制定されたThe Climate Change Actにより、もともと定められている排出削減目標である *3: UNFCCCに提出された日

出典：環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

ドイツの政策①2017年よりNIP2の枠組みで、NOWが水素・燃料電池施策を展開

<p>削減目標</p>	<p>中期目標(NDC)</p> <p>※EU統一目標</p> <p>2030年までに 少なくとも-55% (1990年比)</p>	<p>長期戦略</p> <p>2050年までに -80~95% (1990年比)</p> <p>※カーボンニュートラル 目標を検討中</p>	<p>水素の 位置づけ</p> <p>環境政策 名称</p>	<p>■ 特に輸送部門の低炭素化に大きく貢献可能</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 特に大型貨物車や航空機、船舶への活用可能 ➢ 他にも、産業部門の低炭素化に有用 <p>パリ協定に基づく長期戦略 ("Climate Action Plan 2050")</p>
<p>水素・FC 政策の 全体像</p>	<p>■ NOW (ドイツ水素燃料電池機構)がNIP (水素燃料電池技術革新国家プログラム)の枠組みで研究・開発と、商業化支援を行う。2020年に新戦略^{*1}にて90億€(1.1兆円)の投資を発表</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 連邦政府発表の「水素燃料電池技術政府プログラム(2016-2026)」^{*2}(2016/9)によりNIPの継続が決定し、現在は第2フェーズ(2017年~)(NIP2)(第1フェーズ2007~2016年)。新戦略^{*1}でFCV他へ36億€(4,600億円)の追加予算(~2023年) ➢ 連邦交通デジタルインフラ省(BMVI)は2019年までに計2.5億€(317億円)の予算投入を決定し、連邦経済技術省(BMWi)は第6次エネルギー研究プログラムの枠組みで約2,500万€(31.7億円)/年の予算を毎年投入。民間も予算を負担している。 			
<p>定量目標</p>	<p>■ 水素ステーションの導入目標を 2025年までに400か所と設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ オフサイト型70MPaのステーションに限る。FCVやFCバス等の導入目標は示していない <p>■ 装置効率やコスト等の技術目標を提示</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ NIP2の具体的施策を示す「エネルギー転換に向けた水素・燃料電池技術の支援の柱」^{*3}(2015/9)に示す 		<p>施策例 (予算詳細)</p>	<p>■ 2018年後半採択のR&Dプロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ FC車用高圧容器の新規材料および製造プロセスの開発(DELFIN)(7,500万€・95億円) ➢ FCモビリティ向け標準化部品プラットフォーム(HYPERFORMANCE)(不明) <p>■ 参考:HYLANDプロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 地域での水素利活用を推進するため、地域のレベルに合わせた3種類の資金を用意

出典: UNFCCC, NOW *1: The National Hydrogen Strategy(2020年) *2: 原題は"Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016 - 2026 von der Marktvorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten" *3: 原題は"Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien -Tragende Säulen der Energiewende"

出典: 環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

ドイツの政策②パリ協定に基づく長期戦略にて、特に輸送部門の低炭素化に水素が有用

	排出削減目標	水素・燃料電池に係る内容	提出日*1
中期目標 (NDC)	※EU統一目標 2030年までに 少なくとも-55% (1990年比)	(言及無し)	2020/12/17
長期戦略	2050年までに -80～95%(1990年比) ※カーボンニュートラル 目標を検討中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸送と産業部門において水素に言及 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 化石燃料代替として、産業部門でのCO2フリー水素燃料利用の有用性に言及 (輸送部門での内容は下記参照) ■ FCVを含め、新エネルギー車両の技術やインフラを引き続き支援すると言及 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 再エネより製造した水素を燃料電池に利用することや、メタンや液体燃料を合成し、電化が難しい航空機や船舶に利用することの有用性に言及 ➢ 既存の車両に劣らない走行性を持ち、輸送部門の排出削減に貢献可能な車両として、PHEVやEVと併せ、FCVに言及 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 大型運搬車への活用可能性にも言及 ➢ 政府のNIPへの継続的支援がエネルギー転換に貢献すると述べられている 	2016/11/17 再提出 2017/4/26 2017/5/4 (“Climate Action Plan 2050” として提出)

出典: UNFCCC

*1: UNFCCCに提出された日

出典: 環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

米国の政策①：エネルギー省が研究開発、実証を行うほか、カリフォルニア州も独自に施策を展開

<p>削減目標</p>	<p>中期目標(NDC)</p> <p>2025年までに -26~28% (2005年比) また、-28%を達成 するよう最大限努力 する</p>	<p>長期戦略</p> <p>2050年までに -80%以上 (2005年比)</p>	<p>水素の 位置づけ</p> <p>環境政策 名称</p>	<p>■ 特に輸送部門の低炭素化に大きく貢献可能</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 特に、電化が難しい車両・装置への適用に有用 ➢ 電力、建物、産業部門の低炭素化にも有用 <p>パリ協定に基づく長期戦略 ("Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization")</p>
<p>水素・FC 政策の 全体像</p>	<p>■ エネルギー省(DOE)のHydrogen and Fuel Cell Technologies Office(HFTO)が、連邦政府による水素・燃料電池の研究開発、実証を担当。2020年の開発予算は1億5,000万\$(154億円)を計上</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ "DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Plan"(2011/9)がDOEの水素・燃料電池施策の方針を決める <p>■ 連邦政府とは別に、ZEV規制との関連で、カリフォルニア州が特に水素供給・利用(モビリティ)の普及展開を精力的に推進。2020年6月に再エネ由来水素に関するロードマップを公表</p>			
<p>定量目標</p>	<p>■ 連邦政府はFCV等や水素ステーション等の導入目標を示していない</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ カリフォルニア州は2030年までにFCV100万台、水素ステーション200か所導入の目標を持つ <p>■ 一方、装置効率やコスト等の技術目標は提示している</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2011~2020年までの施策を示す"Fuel Cell Technologies Office Multi-Year RD&D Plan"にて示す 		<p>施策例 (予算詳細)</p>	<p>■ 中・大型車R&D</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 中・大型のFC車の研究開発(5,000万\$・51.4億円) <p>■ H2@Scale関連のR&D</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 先進的水素貯蔵とインフラR&D(上限900万\$・9.3億円) ➢ 水素製造と利用のための先進的コンセプト(上限1,200万\$・12.3億円) ➢ 水素製造・貯蔵・供給の統合H2@Scale実証(上限1,000万\$・10.3億円)

出典: UNFCCC, DOE, IPHE

出典: 環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

米国の政策②：パリ協定に基づく長期戦略にて、特に輸送部門低炭素化への有用性を強調

	排出削減目標	水素・燃料電池に係る内容	提出日*1
中期目標 (NDC)	2025年までに -26~28%(2005年比) また、-28%を達成する よう最大限努力する	(言及無し)	2016/9/3
長期戦略	2050年までに -80%以上(2005年比)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主要排出源である電力、建物、産業、輸送部門 全てにおいて水素・燃料電池へ言及 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 特に、航空機や長距離輸送トラック等の電化が 困難な部分に対し有用とする ➢ 産業部門では、水素製造時のCCUSと、産業用 CHP用燃料電池システムの改善の必要性に言及 ➢ 電力部門では、再エネP2Gでの水素利用可能性 を示唆 ■ 特に輸送部門においては、FCEVが低炭素化に 大きく貢献しうる3つの技術の一つに位置づけ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 従来車よりも高効率かつ同程度の航続距離をも つ、と言及 ➢ また、FCEVの研究・開発、実証、普及展開の注力 すべき点として、8もの具体的ポイントに言及 	2016/11/16 ("Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization" として提出)

出典：UNFCCC *1: UNFCCCに提出された日

出典：環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

中国の政策①：水素・燃料電池を重点エネルギー技術と捉え、技術開発・普及展開を推進

削減目標	<p>中期目標(NDC)</p> <p>2030年頃からはCO2排出量を早期に減少させられるよう、最大限努力する。2030年までにGDP当たりのCO2排出量を-60～65%(2005年比)にする。</p>	<p>長期戦略</p> <p>なし ※国家主席は2060年までにカーボンニュートラルを目指すと表明(2020年9月)</p>	<p>水素の位置づけ</p> <p>環境政策名称</p>	<p>—</p> <p>(中国ではエネルギー政策や産業政策の中で、水素・FCが大きく取り上げられており、環境政策での言及は少ない^{*1)})</p> <p>—</p>											
水素・FC政策の全体像	<p>■ 政府の依頼で中国汽車工程学会が作成した「新エネ・省エネ車技術ロードマップ」(2016/10策定、2020/10改定)をもとに、モビリティに特化した水素・燃料電池政策を推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 国务院作成の「製造2025」(2015/5)で10の優先注力分野にFCVを含む新エネルギー車^{*2}を挙げる等、SC^{*3}の中でも利用に注力。また自国の技術力強化を目指す ➢ 一方、China Hydrogen Allianceが「中国水素エネルギー・燃料電池産業白書」(2019/6)を発表。エネルギーシステムにおける水素の役割の重要性に言及。定量目標(将来値)を示す等、水素利用以外においても動きが見られる 														
定量目標	<p>■ FCVや水素ST^{*4}等の導入目標を2020、2025、2030~2035年で設定</p> <table border="1" data-bbox="241 963 937 1092"> <thead> <tr> <th></th> <th>2020</th> <th>2025</th> <th>2030~2035</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FCV</td> <td>0.5万台</td> <td>5万台</td> <td>100万台</td> </tr> <tr> <td>水素ST</td> <td>100か所</td> <td>300か所</td> <td>1,000か所</td> </tr> </tbody> </table> <p>■ 水素コストやFCシステムの製造能力の定量目標も定める</p>		2020	2025	2030~2035	FCV	0.5万台	5万台	100万台	水素ST	100か所	300か所	1,000か所	<p>施策例(予算詳細)</p>	<p>■ 科学技術部^{*5}</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2018年国家重点研究開発「新エネルギー車」の枠組みでの関連研究開発(4.9億元(約73億円)、3年×6プロジェクト) ➢ 2019年国家重点研究開発「再エネと水素エネルギー技術」の枠組みでの関連研究開発(1.6億元(約23億円)、3~4年×9プロジェクト) <p>■ 中国水素エネルギー連合</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 「低炭素水素・クリーン水素・再生可能水素の規格と認証制度」(2020/12)発表
	2020	2025	2030~2035												
FCV	0.5万台	5万台	100万台												
水素ST	100か所	300か所	1,000か所												

出典: UNFCCC、国家発展委員会(NDRC)、IPHE

*1: エネルギー政策であるエネルギー技術革命のイノベーション行動計画や産業政策である製造2025には多くの言及がある *2: New Energy Vehicles *3: Supply Chain *4: Station *5: 部は省にあたる

出典: 環境省「脱炭素化に向けた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

中国の政策②：FCV技術ロードマップ*1の主要な定量目標

		2020年	2025年	2030年
燃料電池システム	製造能力	1,000ユニット/企業	1万ユニット/企業	10万ユニット/企業
	FCVの導入台数 (公共交通における小規模実証)	5,000台	5万台 (公共・民間双方における大規模実証)	100万台 (商業ベースでの大規模導入)
モビリティ	性能・価格目標	商用車 耐久性:40万km 価格:150万元(2,250万円)	耐久性:80万km 価格:100万元(1,500万円)	耐久性:100万km 価格:60万元(900万円)
		乗用車 耐久性:20万km 価格:30万元(450万円)	耐久性:25万km 価格:20万元(300万円)	耐久性:30万km 価格:18万元(270万円)
水素インフラ	主な水素源	再エネ由来水素及び副生水素		再エネ由来水素
	輸送	圧縮貯蔵・輸送	液化水素貯蔵・輸送	有機ハイドライド貯蔵・輸送
	水素ST	100力所	300力所	1,000力所

出典：“Hydrogen Fuel Cell Vehicle Technology Roadmap”, Strategy Advisory Committee of the Technology Roadmap for Energy Saving and New Energy Vehicles

注:1元=15円として換算 *1:新エネ・省エネ車技術ロードマップ1.0の一環

出典：環境省「脱炭素化に向けた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

韓国の政策①：2019年1月に水素経済活性化ロードマップを策定

<p>削減目標</p>	<p>中期目標(NDC)</p> <p>2030年までに -24.4%(2017年比)</p>	<p>長期戦略</p> <p>2050年までに カーボンニュートラル</p>	<p>水素の 位置づけ</p>	<p>■ 全部門における利活用を促進</p> <p>➢ 例えばエネルギー部門では電力需給調整や水素燃料電池発電、産業部門では製鉄への活用の可能性を示す</p> <p>環境政策名称</p> <p>パリ協定に基づく長期戦略 ("2050 Carbon Neutral Strategy of the Republic of Korea towards a Sustainable and Green society")</p>												
<p>水素・FC 政策の 全体像</p>	<p>■ 産業通商資源部が「水素経済活性化ロードマップ」(2019/1)にて水素・燃料電池政策の全体像を定める</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2018年6月産業通商資源部が、水素燃料電池産業の創出へ2.6兆円(2,500億円)を予算計上(2022年まで)^{*1} ➢ 2019年に第3次マスタープランを公表。水素をエネルギーミックスの重要な役割と位置付け。燃料電池技術へ注力 <p>■ 産業通商資源部が水素サプライチェーン構築に向けた「水素輸入タスクフォース」発足(2020/6)、政府が燃料電池の普及に向けた「水素経済委員会」発足(2020/7)等、2020年の政府動向が活発化</p>															
<p>定量目標</p>	<p>■ FCV等の利用アプリや、水素ST^{*2}等の導入目標を示す</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2022</th> <th>2040</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FCV</td> <td>8.1万台</td> <td>620万台</td> </tr> <tr> <td>FCバス</td> <td>0.2万台</td> <td>6万台</td> </tr> <tr> <td>水素ST</td> <td>320か所</td> <td>1,200か所</td> </tr> </tbody> </table> <p>■ 水素コストやSC全体の定量目標も定める</p>			2022	2040	FCV	8.1万台	620万台	FCバス	0.2万台	6万台	水素ST	320か所	1,200か所	<p>施策例^{*3} (予算詳細)</p>	<p>■ 産業通商資源部</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ バスの耐久性向上に向けた実証 ➢ 天然ガス等との統合水素ST実証 ➢ 既存STにおける実証実施のための特例法設置 ➢ RPS制度における水素発電の位置づけ <p>■ 産業通商資源部、環境部</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 再エネ水素ステーション技術開発実証
	2022	2040														
FCV	8.1万台	620万台														
FCバス	0.2万台	6万台														
水素ST	320か所	1,200か所														

出典: UNFCCC、韓国政府、産業通商資源部(MOTIE)、環境部(MOE)、KBS

*1 国際調査機関(Ifri)の調査レポートによる *2: Station *3: Policy Plan on Fuel Cell Vehicle & Market Activation (2016)

出典: 環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

韓国の政策②：水素経済活性化ロードマップ（抜粋）

	2018	2022	2040
水素車両	1,800台 (内需:900台)	8.1万台 (内需:6.7万台)	620万台 (内需:290万台)
乗用車	1,800台 (内需:900台)	7.9万台 (内需:6.5万台)	590万台 (内需:275万台)
バス	2台	2,000台	6万台 (内需:4万台)
タクシー	—	—	12万台 (内需:8万台)
トラック	—	10tトラック ^{*1}	12万台 (内需:3万台)
水素ステーション	14か所	310か所	1,200か所
水素供給量	13万t/年	47万t/年	526万t/年
水素価格	—	6,000₩(567円)/kg	3,000₩(284円)/kg

出典：韓国政府(2019)水素経済活性化ロードマップ

*1: 10tトラックを開発、または導入する、との目標と考えられる

出典：環境省「脱炭素化にむけた水素利活用に係る国内外の動向」

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

日本市場

- 水素・燃料電池関連の市場規模は、日本だけでも 2030年に1兆円程度、2050年に8兆円程度に拡大すると試算されている。今後、10～35年間で大きく成長する分野と期待されている。
- 日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界1位で、2位以下の欧米をはじめとする各国と比べて 5倍以上と諸外国を大きく引き離している。また、家庭用燃料電池システムを世界に先駆けて商品化するなど、水素エネルギー利活用分野における現時点での日本の競争力は高いといえる。

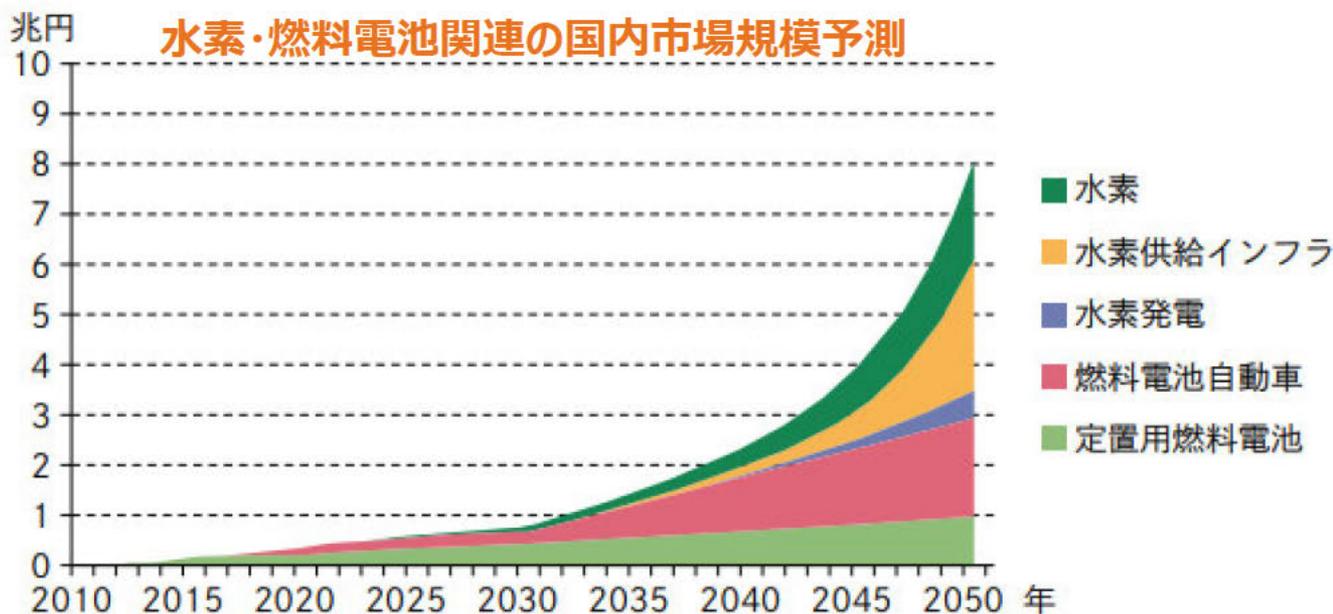
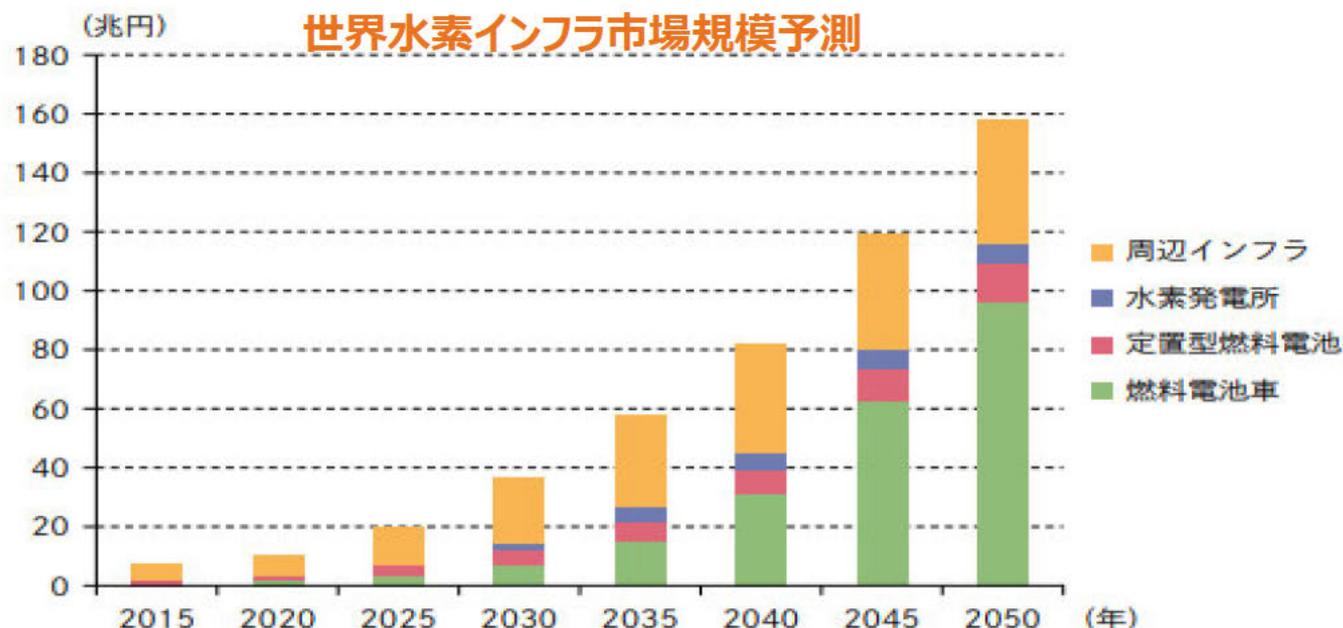


図 1-6 我が国における水素・燃料電池関連の市場規模予測

出典：経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」（2014年6月）

世界市場

- 水素エネルギーの市場は、現在は家庭用燃料電池システムなどの定置用燃料電池が中心であるが、燃料電池自動車の導入と水素ステーションの整備により初期市場が形成され、その後、これらの本格的な普及や、水素を利用した発電の導入により、大きく拡大することが期待され、2030年に1兆円程度、2050年に8兆円程度と予測されている。
- また日経BPクリーンテック研究所は、世界の水素インフラの市場規模は、2020年には10兆円を超え、2030年には40兆円弱、2040年には80兆円、2050年には160兆円になると予測している。



出典：NEDO「水素エネルギーの市場の現状と展望」
<https://www.nedo.go.jp/content/100639757.pdf>

IEAの世界水素需給予測（需要と供給）

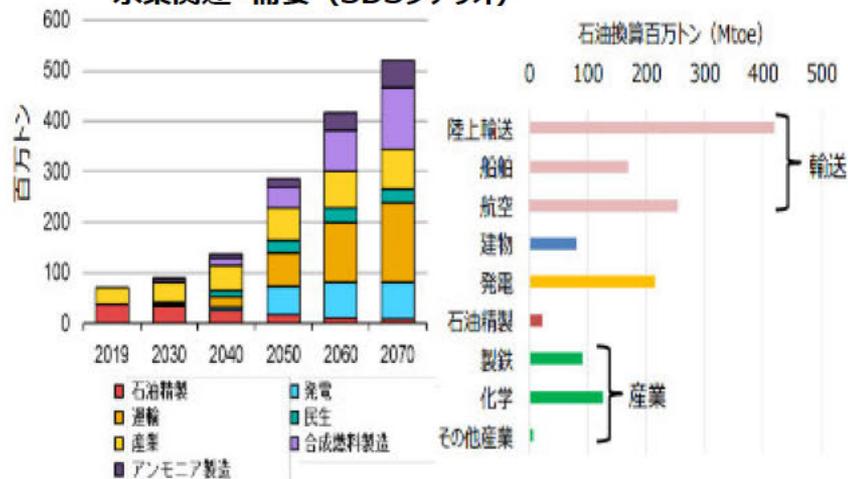
需要側

- IEAはパリ協定を遵守等するシナリオ（SDSシナリオ）において、2070年にカーボンニュートラルを達成する必要があり、その際の世界の水素需要は約5.2億トン（最終エネルギー消費に占める水素関連シェア約13%）を見込む。
- 特に、電化等による脱炭素化が困難な輸送部門や産業部門に加え、発電部門での水素の大規模実装が重要と考えられている。

供給側

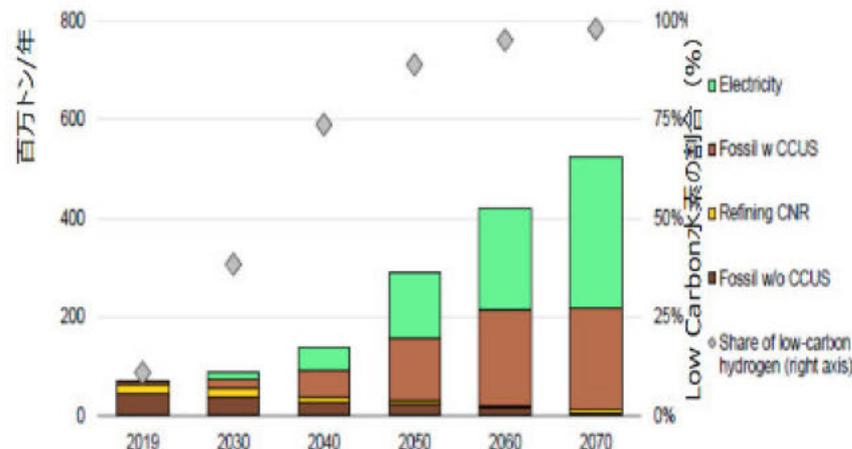
- IEAのSDSシナリオの予測では、2070年時点では、再エネ由来水素が約6割、化石燃料由来水素が約4割、水電解装置の総容量は3300GWを見込む。
- また、今後10年はCCUSを実装しないグレー水素等が供給の大きな割合を占めることが予想される。

IEAによる水素需要の推移と2070年の各部門における水素関連*需要（SDSシナリオ）



*水素関連：アンモニア、メタネーション等を通じて合成燃料を含む

製造源別の水素製造量の推移（IEAのSDSシナリオ）



IEA 2020. All rights reserved.

Note: CNR = hydrogen as by-product from catalytic naphtha reforming in refineries.

出典：経済産業省 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室,
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf

国際水素サプライチェーンのためのプロジェクト

大量輸入するための国際的なサプライチェーンの構築をはかり、水素の低コスト化を目指す。

未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証事業

輸送が難しいことから利用先が限定されている低品質な石炭である「褐炭」を活用し、豪州で水素を製造して日本へ運ぶことを目指す。このプロジェクトでは、豪州の褐炭から水素を製造する部分と、それを日本へと輸送する部分の実証が行われている。川崎重工業は世界初となる液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」を建造。今後、世界初の液化水素の大規模海上輸送による褐炭水素を日本に輸送する予定である。

有機ケミカルハイドライド法による未利用エネルギー由来水素サプライチェーン実証実験

ブルネイでは、技術研究組合「次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合（AHEAD）」による、「有機ケミカルハイドライド法による未利用エネルギー由来水素サプライチェーン実証実験」が行われている2019年11月にブルネイの水素化プラントが開所。2020年4月、川崎の脱水素プラントが竣工。実証のための全施設が整い、5月に世界初となる国際サプライチェーンの実証運転が開始。ブルネイで製造した水素は、すでに日本に向けて輸送を開始している。

シンガポールやマレーシアなどにおいてMCH（メチルシクロヘキサン）を用いた水素の輸送・貯蔵、利活用の検討が行われている。



出典：経済産業省 資源エネルギー庁「今後の水素政策の検討の進め方について」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf

産業動向（欧州）

燃料電池列車

2018年末に、フランスのアルストム社が製造した燃料電池列車, Coradia iLintがドイツで稼働し*、試験が成功したことで、2021年にさらに14の燃料電池列車が稼働することが発表された。英国とオランダも、アルストム水素列車に関心を示している。中国は更なる可能性を模索し、2019年佛山（中国）で稼働を始めた。

*2018年9月、仏の重電アルストムの燃料電池列車がドイツ北部ニーダーザクセン州で商業運転を開始。燃料電池列車として世界初（日本では鉄道総研が小規模にテストのみ）。

水素還元による製鉄プロセス

2019年3月、ルクセンブルクの世界最大の鉄鋼メーカー、アルセロールミタルが製鉄プロセスでのCO₂排出を削減させるため、水素還元による製鉄プロジェクトを開始することを発表した。投資額は6500万ユーロ（80億円）。ハンブルク拠点に実証プラントを数年以内に建設予定。年間生産量10万トンを実証。将来的には、再生可能エネルギー由来の水素を用いることも視野に入れる。

水素発電

オランダのヌオン社（スウェーデン・バッテンフォール社の子会社）は、運営するガスタービン・コンバインドサイクル発電所（三菱パワー製ガスタービン）の一部を2027年までに100%水素専焼の発電所に切り替える計画。

水素フェリー

ノルウェー最大のフェリー会社Norledは、乗客約300人と80車両を積載可能な水素フェリーを2021年就航予定。又、デンマークのフェリー会社DFDSは、ノルウェーと協力し、2027年にグリーン水素燃料電池で駆動するフェリーの商業化を目指す。



出典：ALSTOM,
<https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/coradia-iliint-worlds-1st-hydrogen-powered-train>



出典：DFDS,
<https://www.dfds.com/en/about/media/news/hydrogen-ferry-for-oslo-copenhagen>

出典：NEDO <https://www.nedo.go.jp/content/100895075.pdf>, Electric, <https://electrek.co/2020/12/08/denmark-norway-worlds-largest-green-hydrogen-ferry/>, 経済産業省資源エネルギー庁「2050年カーボンニュートラル 実現に向けた水素発電」https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/020_04_00.pdf

産業動向（米国）

米国はFCフォークリフトの普及が進んでいる。エネルギー庁はFCフォークリフトの導入台数が2018年時点で、2万台に到達したと報告した。

- Amazonは大量のFCフォークリフトを導入中。
- アラバマ州モバイルにあるウォルマートの輸入流通センターは2018年8月にオープンし、Plug Powerのフォークリフト182台が稼働している。全車両がGen Drive水素燃料電池で稼働しており、全国の複数のセンターで2,000台以上のフォークリフトが追加されている。又、カルフルでも運用されている。
- BMWは、2018年にドイツのライプツィヒにある製造工場にFCフォークリフトを配備した。リンデマテリアルグループを含むコンソーシアムによって開発されたフォークリフトは、水素のバリューチェーンをさらに発展させることを目的としたBMW主導のプロジェクトの一部である。BMWはサウスカロライナ州の製造工場で275台の車両を運用している米国最大のフリートの1つを運用している。

単位：箇所、台

項目	米国	日（参考）
Backup Power/MW	240	NA
Forklifts	25,000	160
Fuel Cell Buses	30	8
H2 Retail Stations	40	108
Fuel Cell Cars	6,600	2,440

出典：NEDO



出典：Plug Power HP

出典：NEDO <https://www.nedo.go.jp/content/100895017.pdf>

FCHEA <http://www.fchea.org/in-transition/2019/8/5/fuel-cell-customers-material-handling>

水素ステーション（国内）

日本には162箇所の水素ステーションがあり、2020年11月26日時点にて135箇所が稼働中である。2018年に設立されたJHyMは、FCV需要を最大化する水素ステーションネットワークの構築を目的とし、水素ステーション事業者、自動車会社、金融投資家等が連携する、世界初の取り組みである。第1期に80箇所の整備を目指す。

水素ステーションの整備状況

全国：162箇所（開所：135箇所）

※2020年11月26日時点



出典：経済産業省資源エネルギー庁

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso2020.html>

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf

JHyMホームページ <https://www.jhym.co.jp/>

官民一体の推進体制の構築

水素ステーションの戦略的整備に向け、日本水素ステーションネットワーク合同会社(JHyM)を設立



第1期：2018-2021年度
第2期：2022-2027年度

水素ステーション（海外）

米国（カリフォルニア州）

米国には、2021年2月時点で48箇所の水素ステーションがあり、そのうち45箇所がカリフォルニア州に集中している。

カリフォルニア州エネルギー委員会（CEC）は2020年12月、水素ステーションの数を大幅に増やすために1億1,500万ドルを投資する計画を承認。これまでの州の投資をほぼ2倍にし、カリフォルニアに200の公共水素ステーションを配備する目標。この計画では、2027年までに新たに111箇所の水素ステーションを州内に建設。その多くは乗用車、トラック、バス用の多目的使用向けに設計されている。カリフォルニア州では現在、16箇所を建設中であり、順調に計画が進めば2027年には約170箇所となる予定。

（参考）2018年におけるカリフォルニア州の水素ステーション開所目標



出典：CEC "Joint Agency Staff Report on Assembly Bill 8: 2018 Annual Assessment of Time and Cost Needed to Attain 100 Hydrogen Refueling Stations in California"

欧州

Hydrogen Europeは、2030年までにヨーロッパに最大100,000台の水素トラックと1,500の水素ステーションを配備する計画を発表した。現在の水素ステーションの数は、ドイツが群を抜いてトップの90箇所、次にフランスに15箇所、デンマーク8箇所、オランダ・スウェーデン各5箇所などとなっている。

カナダ（ブリティッシュコロンビア州）

現在10箇所の水素ステーションが稼働しており、2021年末までにさらに3箇所がオープンする予定である。

韓国

現在運営中の水素ステーションは、研究用8箇所を含めて合計45箇所。政府は2022年までに310箇所に拡大する計画。

中国

2020年に43箇所の水素ステーションを建設。2025年までに200以上、2050年には10,000に近づくと予測されている。

出典：NEDO「米国における水素・燃料電池技術開発動向」, <https://www.nedo.go.jp/content/100895017.pdf>

California Energy Commission <https://www.energy.ca.gov/news/2020-12/energy-commission-approves-plan-invest-115-million-hydrogen-fueling>

Energy.gov <https://afdc.energy.gov/stations/states>、<https://h2.live/en>、<https://hydrogencouncil.com/en/international-hydrogen-energy-forum-seoul-korea/>

<https://equalocean.com/news/2020120415213>

海外プロジェクト①

IEAのデータベースには445のプロジェクトが記載されているが、そのうち稼働中は35か国・地域、169プロジェクトとなっている。

国別稼働プロジェクト数

Country	個数	Country	個数
Argentina	1	Islamic Republic of Iran	1
Australia	2	Iceland	1
Austria	3	Italy	5
Belgium	2	Japan	8
Bolivia	1	Lebanon	1
Canada	7	Malaysia	1
Switzerland	2	Netherlands	5
Chile	1	Norway	4
China	3	New Zealand	3
Denmark	7	Poland	1
Estonia	3	Portugal	1
Finland	2	Singapore	1
France	9	Spain	5
UK	6	Sweden	2
Germany	47	Thailand	2
Greece	4	Turkey	4
Greenland	1	USA	9
India	7	Various*	7
合計：169プロジェクト			

出典：IEA Hydrogen Projects Database - Fuel report (June 2020)
<https://www.iea.org/reports/hydrogen-projects-database>

※Variousは機密情報源のため非公開。

海外プロジェクト②

AREH (Asian Renewable Energy Hub) (豪州)

豪州の地域の近隣諸国が直面している主要なエネルギー安全保障と温度効果ガス排出削減の課題に取り組むプロジェクト。①26GWの風力および太陽光発電、②豪州のピルバラのエネルギーユーザー向けに3GWの発電容量、③グリーン水素とグリーンアンモニアを生産するための最大23GWの発電、④最大100TWhの年間総発電量、⑤50年以上の設計計画などが提案されている。

NorthH2プロジェクト (オランダ)

オランダ沖の洋上風力発電から2030年までに約4ギガワット、2040年までに10ギガワット以上の再生可能電力を使用してグリーン水素を生産し、北西ヨーロッパの水素経済を始動させる事を目的としたプロジェクト。オランダのガス供給会社のGasunie、港湾運営会社のGroningen Seaports、Shell Nederland、そしてノルウェーのEquinorとドイツのRWEも参加している。

AquaVentus (ドイツ)

洋上風力発電からの再生可能電力を使用してグリーン水素を生成することを目的としたプロジェクト。RWE、Vattenfall、Shell、E.ON、Siemens Energy、Siemens Gamesa、Vestas、Northland Power、Gasunie、Parkwindなど27の企業、研究機関、組織のコンソーシアムから成る。

Murchison Renewable Hydrogen Project

西オーストラリア州の風力および太陽資源を利用して、持続可能なグリーン輸出エネルギー製品を製造する。主な輸出先はアジア、特に日本と韓国となる。

Beijing Jingneng Inner Mongolia

中国の国営電力会社BeijingJingneng Powerは、風力発電と太陽光発電、水素製造、エネルギー貯蔵を組み合わせたプロジェクトを中国北部の内モンゴル自治区で開始。プラントは年間40万から50万トンの水素を生産できるようになる。

出典：<https://asianrehub.com/>、<https://www.north2.eu/en/>、<https://www.group.rwe/en/our-portfolio/innovation-and-technology/hydrogen/aquaventus>、<https://hydrogenrenewablesaustralia.com/>、<https://www.rechargenews.com/energy-transition/gigawatt-scale-the-worlds-13-largest-green-hydrogen-projects/2-1-933755>

主な海外企業 (欧米)

企業名	企業情報
Ballard (カナダ)	カナダの燃料電池メーカー。
Hydrogenics (カナダ)	水素ステーション建造も手掛けるカナダの燃料電池メーカー。
Ceres Power (英国)	英国の燃料電池技術・エンジニアリング会社。主にはSOFC(固体酸化物形燃料電池)燃料電池を製造している。
ITM Power (英国)	エネルギー貯蔵・クリーン燃料企業。
Siemens (ドイツ)	製造業、インフラストラクチャー、輸送など、経済のバックボーンを形成する産業を中心としたテクノロジー企業。
thyssenkrupp Uhde Chlorine Engineers (ドイツ)	グリーン水素、エネルギー貯蔵、持続可能な化学物質の完全なバリューチェーンを提供。
Nel hydrogen (ノルウェー)	再生可能エネルギー源からの水素の生産、貯蔵、流通のためのソリューションを提供するグローバル企業。Nel ASAの子会社
Nedstack (オランダ)	オランダのPEM燃料電池メーカー。主にシステムインテグレーター向けにPEM燃料電池スタックを設計、製造しており、PEMスタックをモバイルから大規定置型まで幅広い種類に実装している。
PowerCell (スウェーデン)	スウェーデンの高出力密度を有するPEM燃料電池スタック・システムのメーカー。定置型から自動車、船舶用など、幅広い用途に向けて、スタック・システムを製造している。
McPhy (フランス)	水素の固体貯蔵の技術開発を発端にフランスで2008年に設立された。水素における製造・貯蔵・配給における分野で幅広く活動し、水素装置の設計・製造・統合を手掛けている。
FuelCell Energy (米国)	燃料電池発電事業を手がけている。トヨタと共同で米国カリフォルニア州ロングビーチ港に燃料となる水素を生み出し、2.35メガワットの発電が可能な燃料電池 (FC) 発電所および水素ステーションを併設。
Bloom Energy (米国)	発電ならびに電気の供給および販売。水素と天然ガスの混合物を処理できるシステムを製造しており、韓国で100%水素ベースのシステムを展開すると発表。
Proton Onsite (米国)	20年以上の研究開発に基づいた高度なPEM電解技術を持った米国の世界最大の水素製造装置メーカー。2017年にノルウェーNel ASAに買収され子会社化されている。
PLUG POWER (米国)	米国燃料電池メーカー。フォークリフト、予備電源などに向けて燃料電池を製造するほか、水素ステーションの開発などをおこなっている。また商業用車においても、燃料電池システムを提供している。
Air Products & Chemicals (米国)	産業用のガスと化学薬品の販売を主な事業とする。よりクリーンな輸送燃料の生産を目指し20余りの諸国で250超の燃料プロジェクトを展開する水素燃料のパイオニア。
Cummins (米国)	エンジンメーカー。2019年にHydrogenicsを買収し、水電解ソリューション (オンサイト水素生成用) および水素燃料電池システム (バス、トラック、電車などの大型電気自動車用) の製造をリードしている。

主な海外企業（韓国・中国）

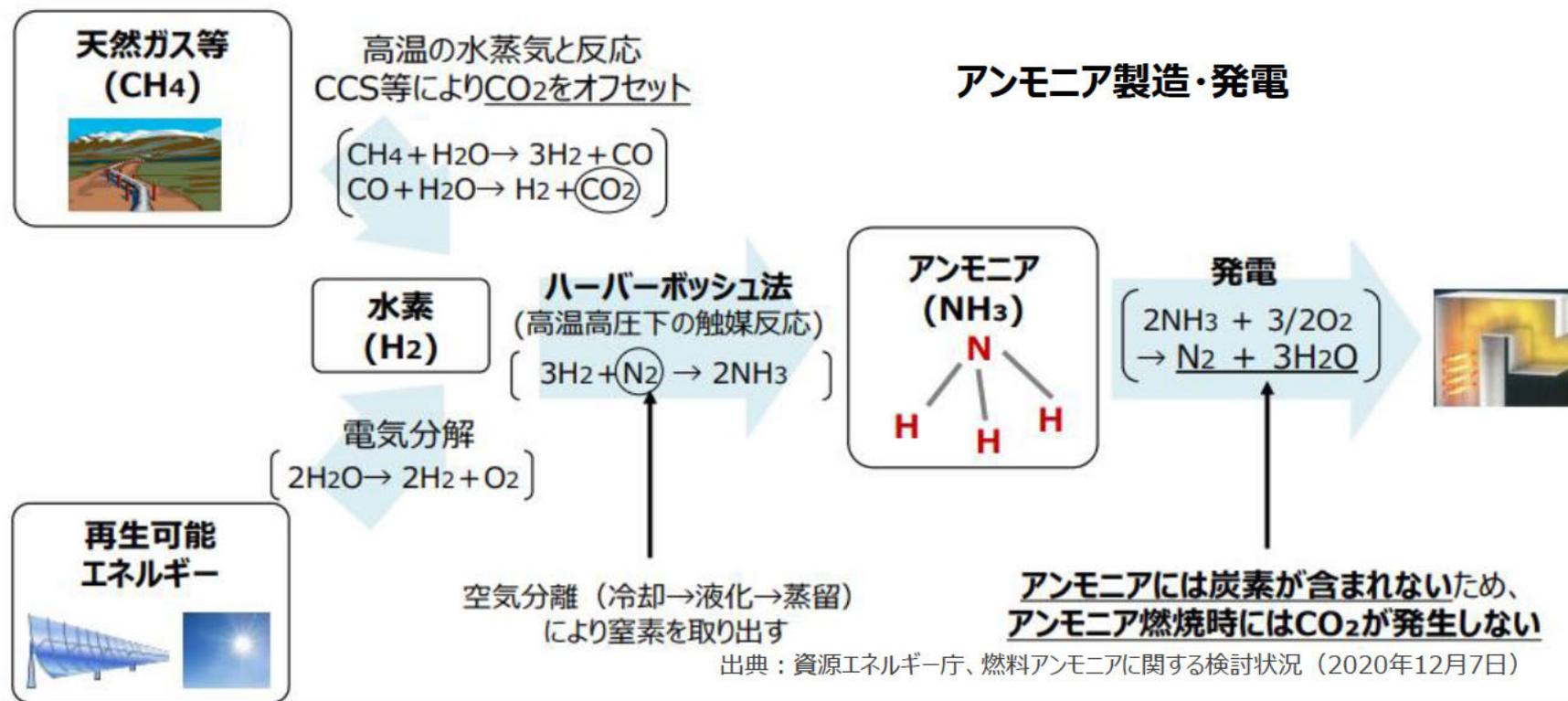
企業名	企業情報
Deogyang（徳陽）（韓国）	総合ガスメーカー。
SKグループ（韓国）	Plug Power社に総額1兆6000億ウォンを投資すると発表。水素エネルギー事業を急ピッチで拡大している。
POSCOグループ（韓国）	韓国鉄鋼大手。豪州の鉄鉱石採掘大手フォーテスキュー・メタルズ・グループ（FMG）と、再生可能エネルギーを活用した「グリーン水素」の普及事業で提携したと発表。
Doosan（斗山）グループ（韓国）	マイクロソフトと組み、次世代の成長動力である水素燃料電池を活用したドローンを開発。
Hyundai Motor（現代自動車）グループ（韓国）	中国に海外初の水素燃料電池システムの生産工場を建てる事を発表。
上海汽車集団（中国）	自動車最大手。従来のガソリン車や電気自動車（EV）の枠を越えて水素自動車でリードを目指している。
Weichai Power（中国）	大手自動車・機器製造会社。
Beijing SinoHytec（中国）	水素燃料電池エンジン技術の研究開発と工業化に注力。

主な海外企業（スタートアップ）

企業名	企業情報
HyPoint（米国）	二酸化炭素排出量ゼロの、航空輸送および都市の航空モビリティセクター向けのより効率的なエネルギー性能を備えた水素燃料電池システムを開発している。
PowerUp Energy Technologies（米国）	ポータブル燃料電池ベースのスマート発電機SMARTGENを製造し、ヨットやRV車などに搭載された電力を生産し、最終的には電力のバックアップを行う。
HyTech Power（米国）	内燃エンジンベースの車両に水素エネルギーソリューションを提供している。
Enapter（ドイツ）	特許を取得したモジュール式水素発生器を構築している。
HYON（ノルウェー）	Nel、PowerCell、Hexagon Compositesの3つの水素エネルギーソリューションプロバイダーによって設立された合併会社。

アンモニアの概要①

アンモニアは、現在、その大半が天然ガス、石油、石炭等の化石燃料から製造されている。また、技術的には、再生可能エネルギーによる製造も可能である。天然ガス等の場合は改質反応、再生可能エネルギーの場合は電気分解によって水素を製造し、いずれもハーバー・ボッシュ法によってアンモニアを製造する流れとなる。これらアンモニア製造により発生する CO₂ は、カーボンリサイクル や CCS (EOR を含む) によって抑制することが可能である。



出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

アンモニアの概要②

- これまでアンモニアは水素キャリア（液化水素、MCH 等）の一つとして位置づけられ、液化水素やMCHと比べて、運搬が容易である点に優位性が見出されていた。
- 技術開発によって、燃料としてもCO₂を排出しないゼロエミッション燃料、すなわち「燃料アンモニア」として火力発電や工業炉、船舶（燃料電池を含む）等への直接利用の可能性が高まっている。特に火力発電への直接利用においては、アンモニア専焼（アンモニア火力発電）によって発電設備からのCO₂排出抑制に大きな効果を期待できる。
- アンモニアと石炭は混焼が容易であることから、まずは石炭火力発電への利用が見込まれている。また、船舶分野においても、2018年に国際海事機関（IMO）がGHG削減戦略・目標を打ち出して国際海運の脱炭素化を推進しており、アンモニアは船舶用燃料としての利用が期待されている。
- アンモニアは、すでに肥料用途を中心に 国際的な貿易インフラが整っており、燃料用途のための高圧化や冷却化等の技術的課題も少ない。



出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

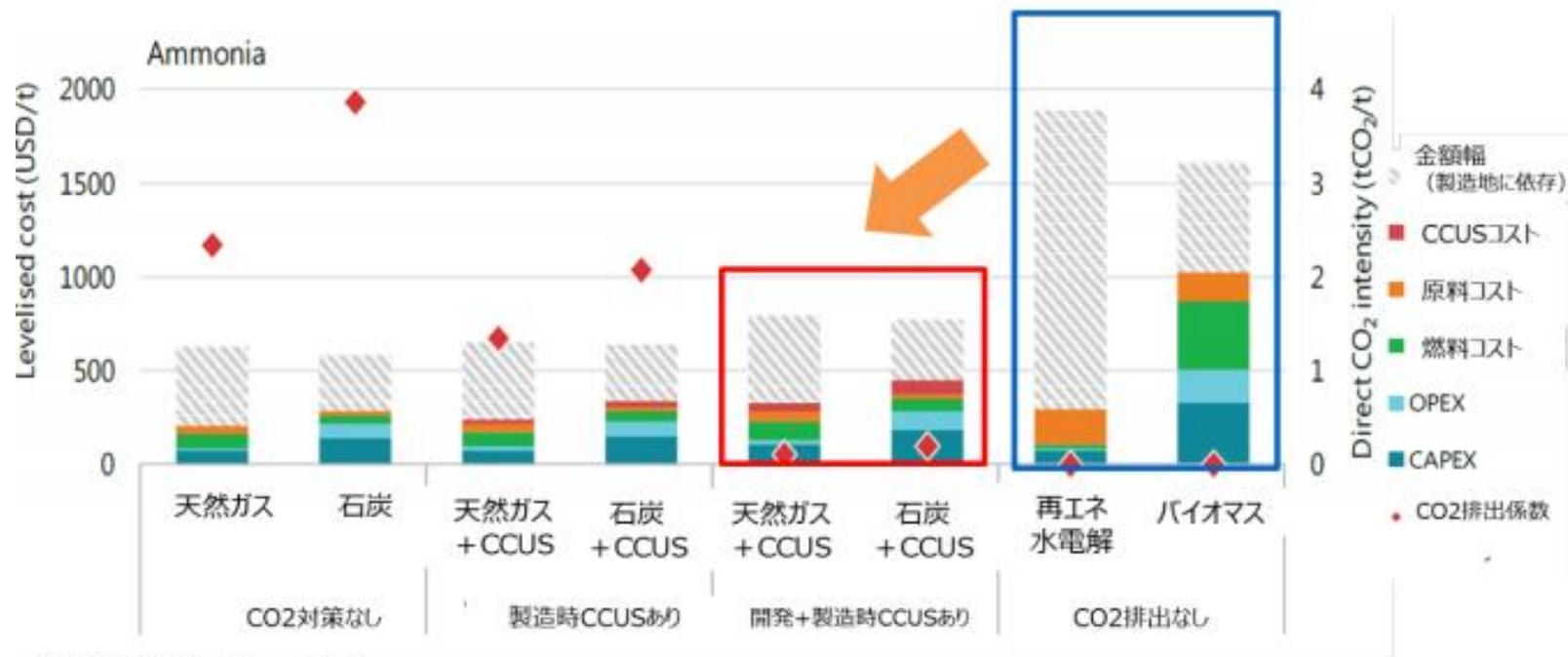
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

Hello-G

アンモニアの製造方法とコスト

現時点では、再生可能エネルギーから製造されたアンモニア（**グリーンアンモニア**）に比べ、天然ガスや石炭を原料としたアンモニア（**グレーアンモニア**）の価格競争力は極めて高い。また、天然ガスや石炭を原料として開発・製造段階で生じるCO₂をカーボンリサイクルやCCSによって回収したアンモニア（**ブルーアンモニア**）についても、グリーンアンモニアと比較して1/2～1/3程度と試算されており、依然として価格競争力が高い。

<製造方法毎のコスト比較（2018年）>



(出典) IEA, The Future of Hydrogen

出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

アンモニアの製造方法とコスト

アンモニアの発電コストは水素と比較して大きく下回っている。

	水素発電 (2020年時点試算)	アンモニア発電 (2018年時点試算)
製造	海外水素製造 (天然ガス+CO ₂ 販売 (EOR用途)) 11.5円/Nm³	海外水素製造 (天然ガス+CO ₂ 販売 (EOR用途)) 11.5円/Nm³ (=201ドル/トン) 海外アンモニア製造 4.3円/Nm³ (=76ドル/トン)
輸送	水素輸入 (ローリー輸送+液化+積荷+海上輸送) 162円/Nm³*	アンモニア輸入 (積荷+海上輸送) 2.3円/Nm³ (=40ドル/トン)
発電	水素発電機 7万~9万円/kW**	アンモニア専焼設備 46万円/kW (参考) アンモニア混焼設備 29万円/kW
発電コスト	専焼 97.3円/kWh*** (参考) 10%混焼 20.9円/kWh***	専焼 23.5円/kWh (参考) 20%混焼 12.9円/kWh

(出典)

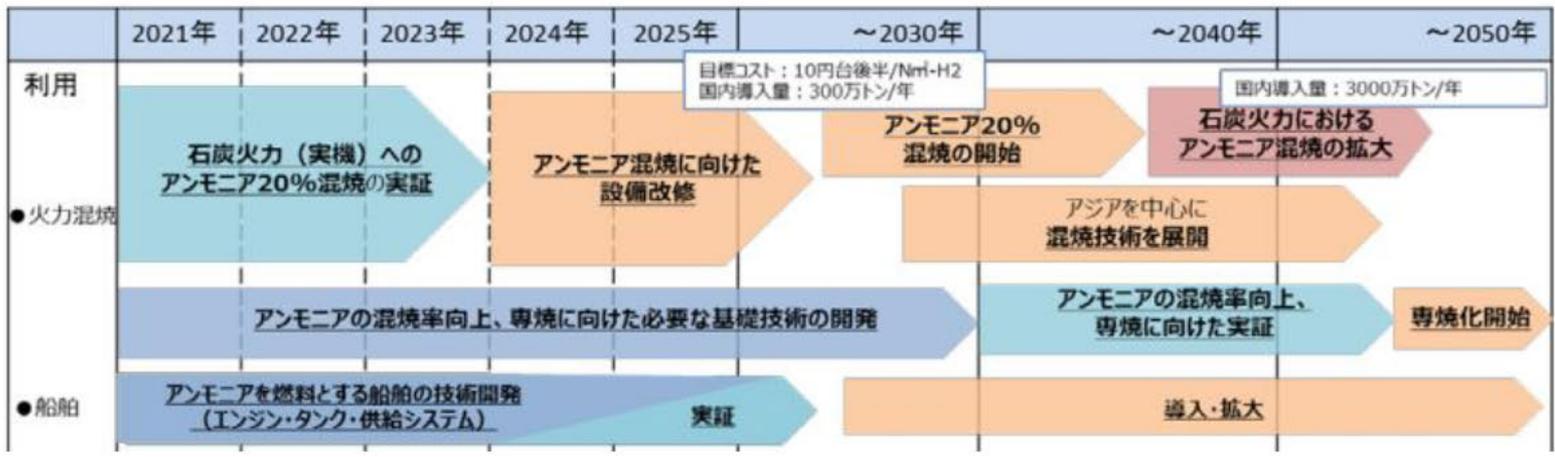
- * 事業者ヒアリングに基づき試算
- ** 富士経済「2020年版水素利用市場の将来展望」水素ガスタービン発電
- *** 発電コスト検証WGより試算

(出典)

- アンモニア製造・輸入コスト：日本エネルギー経済研究所 SIP「CCS・EOR技術を軸としたCO₂フリーアンモニアの事業性評価」をもとに資源エネルギー庁試算
- アンモニア混焼設備、発電コスト価格：電源開発SIP「火力発電燃料としてのCO₂フリーアンモニアサプライチェーンの技術検討」
- アンモニア専焼設備、発電コスト：事業者へのヒアリング等をもとに資源エネルギー庁試算

官民協議会策定 ロードマップ（利用：発電・船舶等）

- <短期的：～2030年>
- 石炭火力発電への20%アンモニア混焼の導入、及び普及を目標とする。2021年度の事業開始から3年間程度、NEDO 事業において実機を活用した20%混焼の実証を行うことで 20%混焼の技術を確立させる。その後、発電事業者を通じて、NOx を抑制した混焼技術の既設発電所への実装・燃料アンモニアの導入を目指す。
 - また、円滑な導入・拡大のため、現在行われている総合資源エネルギー調査会等での議論を進め、非化石価値の顕在化など燃料アンモニアのエネルギー政策における位置づけを明確化する。
- <長期的：～2050年>
- 収熱技術開発を含めた混焼率の向上（50%～）そして 専焼化技術の開発を積極的に進め、既存の火力発電のリプレイスによる実用化とその拡大を目指す。
 - ゼロエミッション火力発電として、東南アジアのみならず世界全体にその技術を展開し、世界全体の脱炭素を加速化させるとともに、我が国のグリーン産業の成長を促進する。



出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

官民協議会策定 ロードマップ（供給）

<短期的：～2030年>

- 製造プラントの新設を進め、必要な燃料アンモニアを安定的に供給できる体制を構築する。
- 積出港にてアンモニア輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備を行うとともに、国内港湾にて必要な燃料アンモニアの輸入・貯蔵等が可能となる環境を整備する。
- 燃料アンモニア供給の安定化を図るため、生産国と消費国（日本含むアジア）との有機的な連携を通じて、燃料アンモニアを重要な資源と捉え、我が国がコントロールできる調達サプライチェーンの構築を目指していく。

<長期的：～2050年>

- 東南アジアをはじめとする世界全体で燃料アンモニアが広く普及することを想定し、2050年に国内含む世界全体で1億トン規模の我が国企業による調達サプライチェーンの構築を目指す。ここで、競争力のある燃料アンモニアの導入に向け、各工程における高効率化に向けた技術開発も実施する。

- また、燃料アンモニアの普及後において、生産時に排出されるCO₂のより効率的な抑制を図るための技術開発及び環境整備を進めていく。



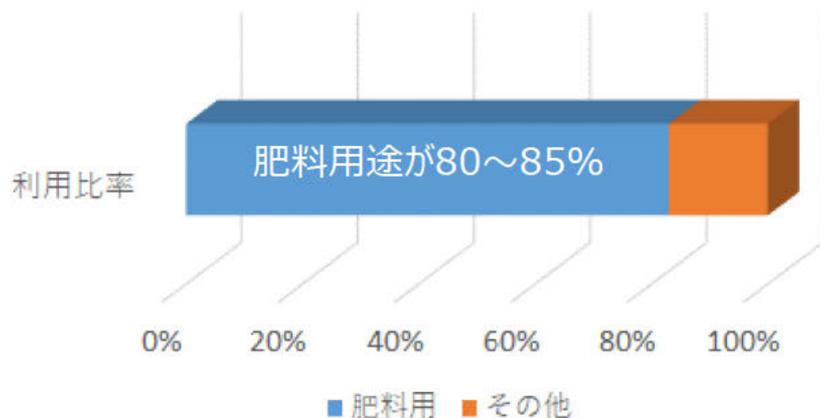
出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/henryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

市場規模①

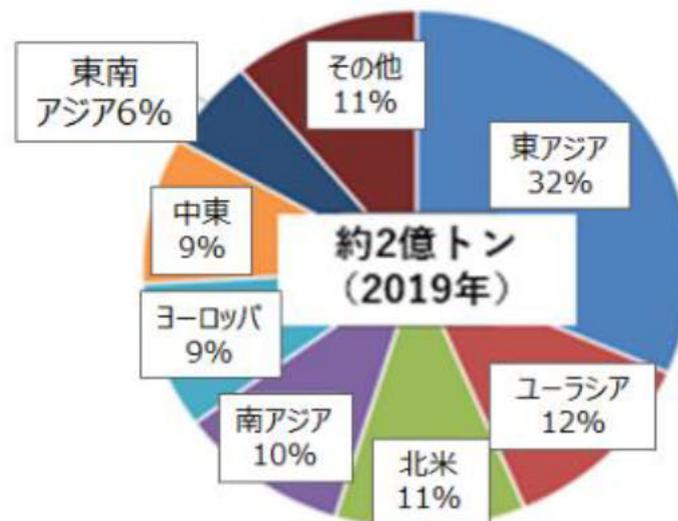
世界全体でのアンモニアの用途は、その約8割が肥料として消費されている。残りの2割は工業用で、メラミン樹脂や合成繊維のナイロンなどの原料となる。世界の人口は現在も増え続けているため、食料確保の必要性から考えても、農産物の肥料として利用されるアンモニアの重要性は今後も変わらないだろうと考えられる。世界の原料用アンモニア生産は2019年で年間約2億トン程度である。

アンモニアの利用用途



出典：各種報資料より、ハロ-G作成

地域別生産量

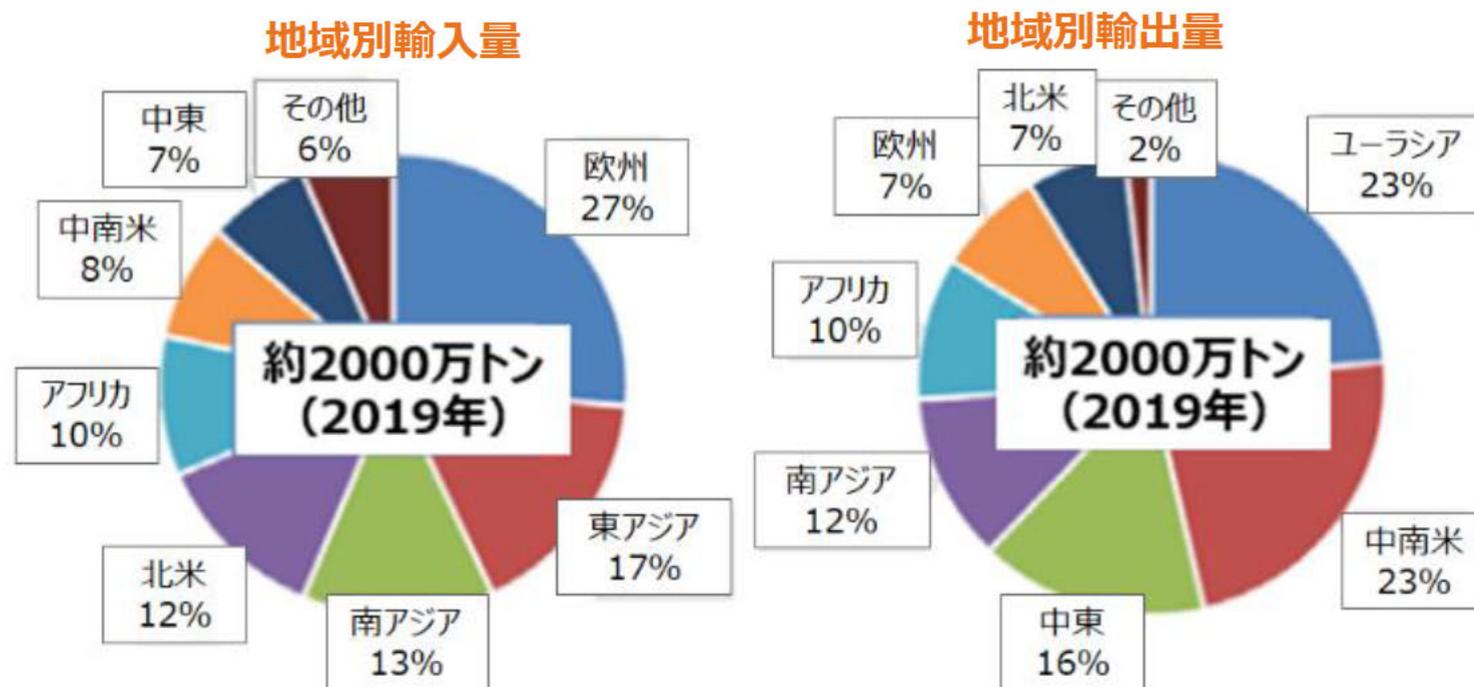


出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf,
経済産業省資源エネルギー資源庁, https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ammonia_01.html

市場規模②

原料用アンモニアの貿易量は生産量 2 億トンのうちの 1 割（約2,000万トン）で、ほとんどが地産地消されている。日本国内で見ると、原料用アンモニア消費量は約108万トン（2019年）であり、国内生産は約 8 割、輸入は約 2 割（輸入元はインドネシア及びマレーシア）と、世界的に見ても小規模な市場となっている。



出典：燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

海外プロジェクト

NEOMプロジェクト（サウジアラビア）

エジプト・ヨルダンに隣接する紅海沿岸に大規模スマートシティを建設するプロジェクト。サウジアラビアが策定した2030年までの経済改革計画「ビジョン2030」の一環で、脱石油を目指す。太陽光発電と風力発電を使用して、2025年までに1日あたり3,500トンのグリーンアンモニアの生産に50億ドルが投資されている。

AREH（豪州）

豪州の地域の近隣諸国が直面している主要なエネルギー安全保障と温室効果ガス排出削減の課題に取り組むプロジェクト。①26GWの風力および太陽光発電、②豪州のピルバラのエネルギーユーザー向けに3GWの発電容量、③グリーン水素とグリーンアンモニアを生産するための最大23GWの発電、④最大100TWhの年間総発電量、⑤50年以上の設計計画などが提案されている。

Yara（ノルウェー）

ノルウェーの化学会社Yaraはノルウェー国内で年間50万トンのグリーンアンモニアを生産し、排出物のない輸送用燃料と脱炭素食品ソリューションに電力を供給する計画を発表した。更に、ヨーロッパ初の大規模なグリーンアンモニアプロジェクトを確立し、水素経済を可能にし、グリーンエネルギーの移行を加速することを目指して、ノルウェー国営電力会社のスタットクラフトと投資会社のAkerHorizonsとの間で同意書に署名した。これは、脱炭素プロジェクトであるだけでなく、グリーン水素とグリーンアンモニアの新しいバリューチェーンを確立できる戦略的投資となる。

シーメンスグリーンアンモニアデモンストレーター

ドイツの充電メーカー、シーメンスは、英国オックスフォードシャー州ハーウェルの概念実証プラントで水素の貯蔵および輸送方法としてアンモニアの使用を調査している。デモンストレーターは、1日30kgのアンモニアを処理できるハーバーボッシュ合成ユニットを用いて、特注の水素と窒素からクリーンなアンモニアを生成する。このプロジェクトは、アンモニア燃料から電力を生成する専用のアンモニアエンジンも含まれており、アンモニアの再生可能エネルギー、アンモニアのエネルギー貯蔵、およびアンモニアを電気へ戻す可能性も示している。

出典：<https://www.yara.com/>、<https://asianrehub.com/>、<https://www.ammoniaenergy.org/>

国内企業

三菱商事株式会社

インドネシア・スラウェシ島で天然ガス由来のアンモニアを製造するパンチャ・アラマ・ウタマ（PAU）に出資している。また、2020年、日本エネルギー経済研究所と、サウジアラビアの国営石油会社であるサウジアラムコが、天然ガス由来のブルーアンモニアを製造し、日本へ輸送する実証実験を開始し、そのプロジェクトにも参画している。

伊藤忠商事

ロシアでアンモニアを製造して、日本へ輸送するサプライチェーン構築の実証実験に参画している。

又、VOPAK Terminal Singapore Pte Ltd との間で、シンガポールでのアンモニア燃料の船用供給に関するサプライチェーン構築に関する共同研究に取り組んでいくことを合意した。

丸紅株式会社

豪州でアンモニアを製造して、日本へ輸送するサプライチェーン構築の実証実験に参画している。

株式会社 IHI

2020年、日本エネルギー経済研究所と、サウジアラビアの国営石油会社「サウジアラムコ」が、サウジで天然ガス由来のブルーアンモニアのサプライチェーン実証試験に協力している。

JERA

東京電力グループと中部電力とが出資する発電会社であるJERAは、アンモニア専焼を見据え、2050年時点でのCO₂ゼロエミッションを目指し、国内事業におけるCO₂ゼロエミッションの道筋を示した「JERAゼロエミッション2050 日本版ロードマップ」を公表した。このロードマップでは、2030年までにJERAが保有するすべての非効率な石炭火力発電所（超臨界以下）を停廃止することや、火力発電所における化石燃料とアンモニアや水素の混焼と、その混焼率を徐々に引き上げていくことなどを柱としている。ロードマップは、今後、政策等の前提条件を踏まえて段階的に詳細化を図っていく予定である。

日本郵船エナジートランスポート

現在、化石燃料のみに依存して、800隻の外航船を運航している。課題は厳しいが、IMOの2050年の温室効果ガス排出削減目標に取り組んでいる。2030年代までに、外航の長距離コンテナ船のアンモニア燃料と、貨物船や旅客フェリーなどの沿岸、短中距離船の水素燃料電池などの海洋部門で機能する一連の脱炭素ソリューションを検討している。

福島再生可能エネルギー研究所

福島県の福島再生可能エネルギー研究所では、再エネ由来電力で作った水素からアンモニアを合成する実証研究が行われている。将来的には、カーボンフリーの燃料アンモニアを使った電力を普及させていくことも考えられている。

出典：三菱商事HP、伊藤忠商事HP、丸紅HP、IHIHP、<https://www.jera.co.jp/>、<https://www.nyk.com/index.html>、経済産業省資源エネルギー庁

海外企業・組織

企業名	国	企業情報
Yara	ノルウェー	世界最大の肥料生産、アンモニア市場の25%のシェアを持つノルウェーの化学会社。
NEL	ノルウェー	再生可能エネルギー源からの水素の生産、貯蔵、流通のためのソリューションを提供。
Siemens AG	ドイツ	重電メーカー。多国籍の複合企業。
BASF	ドイツ	世界最大の化学会社。
ThyssenKrupp AG	ドイツ	ドイツのエッセンに本社のある鉄鋼・工業製品メーカー。アンモニア製造技術の主要なライセンサー。
ITM Power	英国	エネルギー貯蔵・クリーン燃料企業で水素技術のスペシャリストの一つ。
Proton Ventures	オランダ	エンジニアリング会社。2001年の設立以来、アンモニアエネルギーの概念を擁護することでプロファイルを構築してきた。エンジニアリングおよびプロジェクト管理サービスを提供している。
Haldor Topsoe A/S	デンマーク	触媒会社。炭素排出量を削減するテクノロジーの世界的リーダーになることを目指す。
Oersted	デンマーク	デンマーク最大のエネルギー会社。
KBR	米国	米国のエンジニアリング、調達、建設会社。アンモニア製造技術の主要なライセンサー。
Airgas	米国	米国で最大の工業用アンモニアの販売業者。世界3大産業ガス会社の1つであるエアリキードの一部門。
Trammo	米国	産業で使用される主要な原材料を販売、取引、流通、輸送する大手国際マーチャндаイジングおよび商社。
一般社団法人 クリーン燃料アンモニア協会		アンモニアの研究開発から社会実装に向けた取り組みを検討する組織。2021年2月現在で国内企業67社、外国企業14社、その他大学や研究機関など、産官学の組織・団体が参加している。CO ₂ フリーアンモニアの供給から利用までのバリューチェーン構築を目指し、技術開発/評価、経済性評価、政策提言、国際連携等を実施していく。
The Ammonia Energy Association		米国、ニューヨーク州に拠点を置く非営利団体。2021年2月時点で90社が参加している。持続可能なエネルギー経済におけるアンモニアの使用に関連する知識を収集、普及する。

出典：各社HP

波力発電

波力発電は、波のエネルギーを利用して発電する。発電方法は、①発電装置内の空気室に流れ込んだ海水の上下運動によって押し出された空気タービンを回す「**振動水柱型**」、②波を受けた物体が振り子のように動いて発電する「**可動物体型**」、③防波堤の内側に作った貯留池に防波堤を超えた波を溜めて出来る水面の高低差を利用する「**越波型**」、④高速回転するコマが波に揺られて傾いたときに元に戻ろうとする力を利用した「**ジャイロ式**」の大きく4タイプがある。現在、世界各国で様々なタイプの波力発電装置の開発・研究が進められており、ヨーロッパや米国が先行している。

取組み事例：

- **神奈川県平塚市**の海岸で、波力発電装置の実用化に向けた実証実験。2020年度末までのプロジェクト。東京大学生産技術研究所を代表とするグループが提案した新型波力発電装置を平塚新港防波堤前面に設置した。



平塚波力発電所（2号機）

- **フランス北西部ノルマンディー地方**の海上で、欧州最大となる波力発電所が2021年に建設開始する。プロジェクトは、Normandie Hydrolienne社が請け負う。2024年までに発電所が完成し、2027年までに発電容量3GWを目指す予定である。

●波と風、太陽を利用するハイブリッド発電——海上浮遊式発電システムを開発

ドイツのSINN POWERは、波力、風力、太陽光発電を組み合わせた海洋プラットフォームを開発した。仕様に合わせて組み合わせが変更可能なモジュール式を採用し、世界初の海に浮かぶハイブリッドプラットフォームとする予定である。2020年夏から、ギリシャ・クレタ島で太陽光発電モジュールのテストを実施する予定で、現在協力企業を模索している。

出典：平塚波力（環境省CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業） <http://www.city.hiratsuka.kanagawa.jp/common/200074600.pdf>
<http://www.city.hiratsuka.kanagawa.jp/common/200074600.pdf> / <https://ideasforgood.jp/2018/11/16/normandie-hydrolienne-power-plant/> https://engineer.fabcross.jp/archieve/200608_hybrid-platform.html

Ⅲ－２ 個別分野

輸送・製造関連産業

(自動車・蓄電池産業、半導体・情報通信産業、カーボンリサイクル産業)

輸送・製造関連産業と電動化、電力管理

- 輸送・製造関連産業は、自動車、蓄電池、半導体・情報通信産業、等を対象とする。
- CO₂削減に焦点を絞ったカーボン系産業の取り組みとして、CCUS/カーボンリサイクルを取り上げている。

輸送・製造関連産業

グリーン成長戦略の区分	内容
自動車（自動車・蓄電池産業）	FCV（燃料電池車）、EV（電気自動車）、PV（プラグインハイブリッド車） HV（ハイブリッド車）、CDV（クリーンディーゼル車）
蓄電池（自動車・蓄電池産業）	発電用定置型蓄電池、家庭用定置型蓄電池、産業用定置型蓄電池 自動車用蓄電池、輸送機器用蓄電池、産業機械用蓄電池 業務用定置型蓄電池、家電用蓄電池、乾電池、その他
半導体・情報通信産業	グリーンIT（電力管理、その他）、パワー半導体
カーボンリサイクル産業	CCUS/カーボンリサイクル：CO ₂ の分離回収と活用（CCS, EOR、活用等）

省エネ自動車の種類と特徴①

<p>EV 電気自動車 Electric Vehicle</p> 	<p>CO₂排出ゼロ。100%電気で走行</p> <p>電気自動車は、外部電源から車載のバッテリーに充電した電気を用いて、電動モーターを動力源として走行するクルマです。ガソリンを使用しないため、走行時のCO₂排出量はゼロ。これからの時代における重要なエコカーになっていくでしょう。</p>	 <p>日産 リーフeL 三菱 i-MiEV BMW i3</p>
<p>PHV プラグインハイブリッド自動車 Plug-in Hybrid Vehicle</p> 	<p>電気自動車とハイブリッド自動車のいいとこどり</p> <p>電気自動車とハイブリッド自動車の長所を合わせて進化させたクルマです。充電することもでき、その電気を使い切っても、そのままハイブリッド自動車として走行することができるため、電切切れの心配がありません。近距離からロングドライブまで安心してお乗りいただけます。</p>	 <p>トヨタ プリウスPHV 三菱 アウトランダーPHEV</p>
<p>FCV 燃料電池自動車 Fuel Cell Vehicle</p> 	<p>水素と酸素の化学反応で作った電気で走行</p> <p>水素と空気中の酸素を化学反応させて電気を作る「燃料電池」を搭載し、そこで作られた電気を動力源としてモーターで走行するクルマ。燃料となる水素は多種多様な原料から作ることができます。走行中に排出されるのは、水のみでCO₂の排出はゼロ。</p>	 <p>トヨタ MIRAI ホンダ CLARITY FUEL CELL</p>
<p>CDV クリーンディーゼル自動車 Clean Diesel Vehicle</p> 	<p>CO₂排出量が少なく燃料効率のよいクルマ</p> <p>ガソリンより価格の安い軽油を燃料として使用するクルマです。技術革新により、粒子状物質（PM）や窒素酸化物（NOx）などの排出量も少なくなり、排ガスはクリーンに。ガソリン車と比較して約30%燃費効率が良く、CO₂の排出量が少ないという、力強い切迫も魅力です。</p>	 <p>マツダ CX-3 トヨタ ランドクルーザープラド</p>

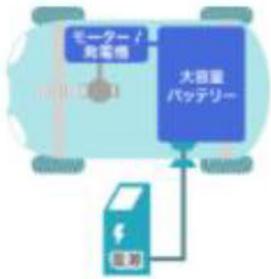
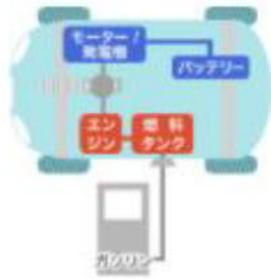
出典：次世代自動車振興センター HP「クリーンエネルギー自動車A to Z」
http://www.cev-pc.or.jp/lp_clean/about/

省エネ自動車の種類と特徴②

- 電池の容量は電気のみで走行するEVが最も大きい。
- PHVは家庭でも充電可能な点がEV、HVと異なる。
- PHVは電池が充電切れの状態になってからガソリンを消費する点で、状況によりガソリンエンジンと電気の両方を用いるHVと異なる。

EV・PHV・HVの違い

「電気を利用して走行」する電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド自動車（PHV）そしてハイブリッド自動車（HV）、どこが違うの？

	電気自動車 (EV)	プラグインハイブリッド自動車 (PHV・PHEV) ^{※1}	ハイブリッド自動車 (HV・HEV) ^{※1}
燃料	電力	電力+ガソリン	ガソリン
燃料供給方法			
基本的な構造例 (イメージ)			
バッテリー容量 ^{※2}	大 (約30倍)	中 (約10倍)	小 (ベース)
説明	EVはクルマに搭載した大容量バッテリーに車外から充電し、その充電された電気のみで走ります。燃料は電気のみです。	HEVと同様にガソリンエンジンに加えてモーター・バッテリーを搭載していますが、バッテリーはHEVに比べ大容量で、EVと同様に車外から充電できます。走行し始めはEVと同様にバッテリーの電気のみで走りますが、バッテリーの電気が尽くると、ガソリンエンジンを使いHEVとして走行します。燃料はガソリンと電気のみです。	ハイブリッド自動車は「2つの動力源」で走行するクルマです。ガソリンエンジンに加えてモーター・バッテリーを搭載。走行状況に応じてエンジン・モーターの2つの動力源を最適にコントロールし、燃費を向上させます。燃料はガソリンのみです。

出典：次世代自動車振興センター HP「クリーンエネルギー自動車A to Z」
http://www.cev-pc.or.jp/lp_clean/about/

燃料電池自動車（FCV）

- 次世代自動車の分野において、電気自動車（EV）が主流であるが、燃料電池自動車（FCV）も航続距離と高速燃料補給に関して優れた性能を発揮することが期待される。
- 現在、FCVは水素ステーションの未整備の状態での燃料補給の場所に課題がある。しかし1回の充填にかかる時間は満充填でも約3分と利便性が高い。
- FCVと比較すると、EVの充電時間は急速充電でも80%充電で約30分、普通充電では8時間と待ち時間が非常に長い。したがって1回の充電時間が長いEVは普段使いの中で、家庭やショッピングモールといった生活圏内で手軽に一部補充する使い方が適している。一方、中・長距離移動中でサービスエリアや遠方の目的地付近といった場所での補給ではFCVの方が適している。

燃料電池自動車（FCV）、電気自動車（EV）の比較

	FCV	EV
航続距離	650~750km	~400km
充電/充填時間	3分	急速充電で30分
寿命	電池劣化の問題はほとんど発生しない	8年程度
インフラ数	約100箇所	急速充電：約7,100基
インフラ設置コスト	高価	安価
将来的な環境性能	高い ※水素の低炭素化が必要	高い ※電源の低炭素化が必要

出典：経済産業省、内閣府、文部科学省、国土交通省、環境省「第10回水素・燃料電池戦略協議会事務局提出資料 水素社会実現に向けた戦略の方向性」平成29年9月22日

https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/pdf/010_01_00.pdf

日本と諸外国の電気自動車（EV）普及目標

	主な目標・発言	全自動車台数 (2015年)	EV・PHV 定量台数目標			
			2016年	2020年	2030年	2040年
日本	2030年までに EV・PHVの新車販売 20~30%を目指す (経済産業省)	8,000万台	15万台 (累計)	100万台 (累計)	20~30% (新車販売)	
英国	2040年までに ガソリン・ディーゼル車 販売終了*1 (運輸省、環境・食料農村地域省)	4,000万台	9万台 (累計)	150万台 (累計)		ガソリン・ディーゼル 販売終了
フランス	2040年までに GHG排出自動車の 販売終了*1 (ユロ・エコロジー大臣)	4,000万台	8万台 (累計)	200万台 (累計)		ガソリン・ディーゼル 販売終了
ドイツ	ディーゼル・ガソリン車の禁止は 独政府のアジェンダには 存在しない (政府報道官)	5,000万台	7万台 (累計)	100万台 (累計)	600万台 (累計)	
中国	2019年から生産量の一部*2を EV・FCV・PHVとするよう 義務化 (工信部)	1億6,000万台	65万台 (累計)	500万台 (累計)	8,000万台 (累計)	
米国 (加州)	販売量の一部*3を ZEV*4とする規制あり (2018年からHVが対象外に) (カリフォルニア州)	2,500万台	56万台 (累計)	150万台 (累計)		※2025年の目標

※1PHV・HVの終了については明言されていない ※2 2019年10%、2020年12% ※3 2020年 6% (EV・FCVのみの値) ※4 Zero Emission Vehicle (EV・FCV・PHV)

出典：資源エネルギー庁「EV普及のカギをにぎるレアメタル」2018年04月20日

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ev_metal.html

韓国 グリーンニューディールにおけるグリーンモビリティ施策

- 韓国政府は2020年12月「2050カーボンニュートラル推進戦略」を公表。モビリティ分野で掲げられたのは、(1)乗用車、バス、貨物車両などで113万台の電気自動車（EV）の普及や充電インフラの拡充、(2)20万台の乗用車、バス、貨物車などの水素自動車や450基の水素ステーションの整備、(3)老朽化したディーゼル車のLPGまたはEVへの転換（貨物車13万5,000台、通学用バス8万8,000台、ディーゼル車や建設機械116万台、農業機械3万2,000台）だ。これらを通じ、2022年に5万2,000人、2025年に15万1,000人の雇用創出を目指す。
- 2022年までに未来車に対する補助金予算は4兆5000億ウォン追加される。電気自動車の補助金は2020年を基点に徐々に減り、2022年には終了する予定だったが、電気自動車の需要増大のために3年延長し、「グリーン・ニューディール」期間まで実施。乗用車は2024年まで、電気バス・電気貨物車は2025年まで補助金が支給。水素貨物車については2021年に初めて購入補助金がモデル事業として投入され車種に関係なく、2025年まで補助金が支給。
- 自動車会社に低公害車を一定割合販売すること義務付けた「低公害車普及目標制」が施行され販売量の15%が目標。しかし政府は、目標量を満たした残りの量は、炭素排出権のように他の企業と取引しすることができる「クレジット制度」を実施するとした。排出権のように他の企業と取引できるようにして、企業の負担を軽減する。政府の計画通りに2025年までに電気・水素車133万台が普及すると、販売される自動車5台のうち1台（販売比率18.9%）は環境に配慮した車になる。

出典：JETRO「韓国のグリーン政策を読み解く」2021年3月2日

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2021/c6d232c0dfa4e111.html>

MK News 2020-7-16

<http://japan.mk.co.kr/view.php?category=30600004&year=2020&idx=11392>

中国「自動車産業中長期発展計画」が定める目標

- 政府は自動車産業の発展をさらに推進するため、2017年4月に「自動車産業中長期発展計画」を公開し、2020年および2025年までの自動車産業の重点目標や支援措置などを発表。
- 中国政府が近年特に力を入れているのが、新エネルギー車の普及と環境規制。
- 外資系自動車メーカーが中国市場に参入する際の出資制限も2022年までに撤廃する方針。これにより、外資メーカーの参入を促し、国内メーカーの技術力を向上させる狙い。

計画目標	2020年まで	2025年まで
コア技術の取得・躍進	<u>世界トップ10の新エネルギー車（NEV）企業、スマート車企業を育成</u> する	<u>全世界に影響力があるNEVの基幹企業が市場シェアを一層拡大し、スマート車が世界トップレベルに入る</u>
全産業チェーンの安全なコントロールの実現	<u>1,000億円規模の自動車部品企業集団を複数形成し、コア技術領域の部品で国際競争力を強化</u> する	<u>世界トップ10に入る自動車部品企業集団を複数形成</u> する
中国ブランド自動車の全面的な発展	<u>世界で知名度の高い自動車ブランドを複数作り、商用車の安全性能を大きく高める</u>	複数の中国ブランド車企業の <u>生産・販売量が世界トップ10入り</u> する
新型産業エコシステムの形成	スマート化レベルを上昇させ、アフターマーケットおよびサービス業がバリューチェーンに占める割合を45%以上とする	重点領域のスマート化を実現させ、アフターマーケットおよびサービス業がバリューチェーンに占める割合を55%以上とする
国際発展能力の引き上げ	中国ブランド車の <u>先進国への輸出</u> の実現	中国ブランド車の世界への <u>影響力のさらなる強化</u>
グリーン発展レベルの大幅な上昇	新車の平均燃費を5.0ℓ/100km、エコカーの平均燃費を4.5ℓ/100kmとする 商用車のエコ性能を先進レベル、「国6」排出基準を実施し、NEVのエネルギー効率を先進レベル、車のリサイクル率95%を達成する	新車の平均燃費を4.0ℓ/100kmまで引き上げる <u>商用車のエコ性能を世界トップレベルに、排出を先進レベルに、NEVのエネルギー効率を世界トップレベルに、車のリサイクル率を先進レベルにそれぞれ引き上げる</u>

出典：JETRO「変わりゆく中国の自動車産業政策」2018年6月1日

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2018/0601/c2fd1ee12be62de6.html>

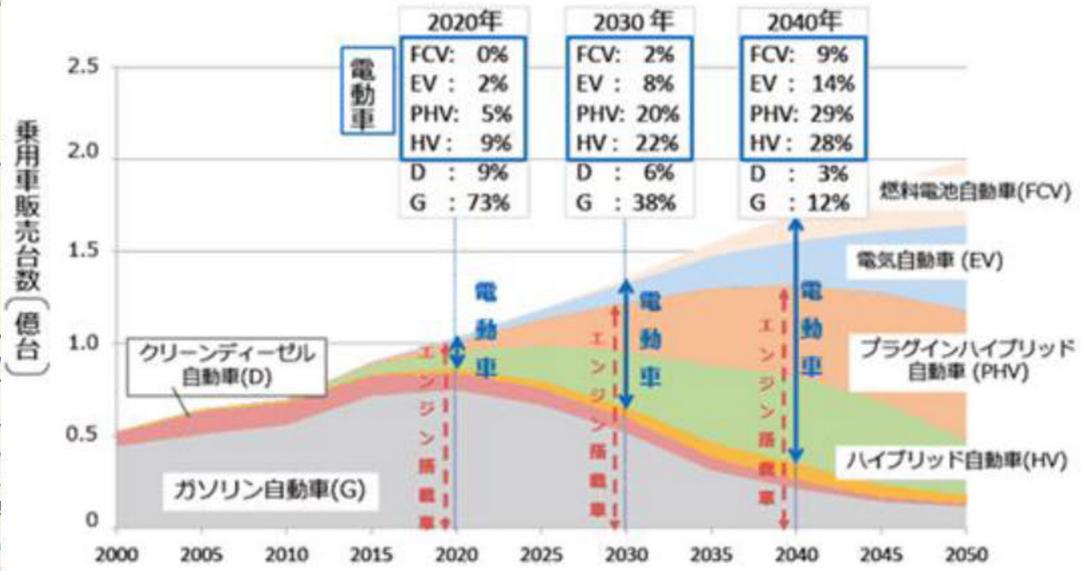
タイプ別自動車の普及予測

- 2030年におけるタイプ別自動車の販売予測では、ガソリン自動車の比率が最も高く、次いで、HV（ハイブリッド車）、PHV（プラグインハイブリッド車）が中心的な存在であるとの予測が出ている。
- その後、ガソリン自動車の比率が徐々に低下し、2040年ごろから電動車が50%以上となると予想されている。

◇ 民間の市場予測

- 次世代自動車の中心的な市場である中国では、2018年に導入した新エネルギー車（NEV = New Energy Vehicle）規制によって、EV、PHV、FCV（燃料電池自動車）の販売が加速した。しかし、2019年6月に、NEVに対する補助金が削減され、EV市場の成長は鈍化した。欧州や米国でもEV市場は補助金が支えている側面があり、規制や補助金が市場に与える影響は大きい。
- EV、FCVなどの普及が進むには、世界景気の好循環、リチウムイオン電池の価格低下、ガソリン価格の高騰などの要因が重なることが条件となるとの見方もある。

世界の自動車販売予測



出典：経済産業省「自動車新時代戦略会議（第1回）資料」平成30年4月18日、
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seizou/jidousha_shinjida/pdf/001_01_00.pdf

出典：Motor-Fan「世界700万台？電気自動車（EV）の3年後はどうか？自動車界の近未来を予想する」2019年12月27日
<https://motor-fan.jp/tech/10013002>

EV/PHV参入メーカー

- 2019年のEV/PHVの販売台数のトップはテスラで、36万7820台で、前年比49.9%増と過去最高であった。2019年通期売上高は、前年の14.5%増の245億7800万ドル(約2兆6750億円)。最終損益は8億6200万ドル(約940億円)の赤字だが、前年2018年よりも約1億1400万ドル赤字幅が縮小。
- 2位はBYDで22万9506台の販売実績、3位はBAICの16万251台、4位SAICの13万7666台と上位は中国メーカーが占めた。
- 5位BMW、6位Volkswagenとドイツメーカーが続き、7位に日本の日産自動車がある。

2019年 世界市場におけるEV/PHVメーカー TOP20

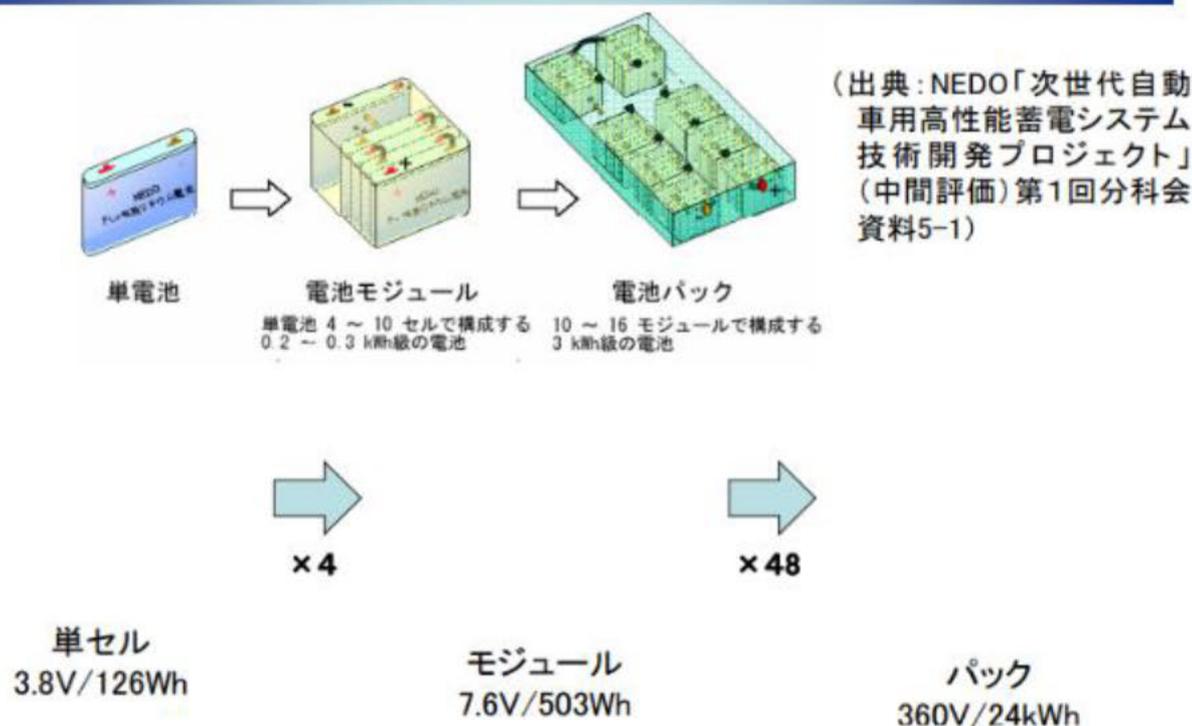
順位	メーカー	国	順位	メーカー	国
1	Tesla	米国	11	Kia	韓国
2	BYD	中国	12	Mitsubishi	日本
3	BAIC	中国	13	Renault	フランス
4	SAIC	中国	14	Chery	中国
5	BMW	ドイツ	15	GAC	中国
6	Volkswagen	ドイツ	16	Volvo	スウェーデン
7	Nissan	日本	17	Great Wall	中国
8	Geely	中国	18	Dongfeng	中国
9	Hyundai	韓国	19	Changan	中国
10	Toyota	日本	20	JAC	中国

出典：兵庫三菱「【世界全体編】EV/PHV/PHEV 年間 販売台数ランキング TOP20【2019年 最新】」2020年2月29日
<https://www.hyogo-mitsubishi.com/news/data20200229090000.html>
 を元にハロー-Gが加工

蓄電池の形状

蓄電池は、最小構成部品である電池セル（単電池）、いくつかのセルを組み合わせた電池モジュール、モジュールを組み合わせてパックなどの形態で販売、利用されている。

自動車用二次電池のセル、モジュール、パックの定義



出典：産業技術総合研究所「放射光を用いたリチウムイオン二次電池正極素材の評価・解析技術」
http://support.spring8.or.jp/Doc_workshop/PDF_20110812/kobayashi.pdf

蓄電池の種類（素材）

	概要・用途	コスト	メリット	デメリット
鉛蓄電池	1859年にフランスのプランテが発明。ガソリン車にも搭載され、エンジン起動の際使用の他、フォークリフトの主電源、非常用電源等の幅広い用途で利用。	1kWごとに5万円	<ul style="list-style-type: none"> ・コストが比較的安価 ・サイクル数3,000回 ・過充電に強い ・広い温度範囲で動作 	<ul style="list-style-type: none"> ・充放電のエネルギー効率が低い
ニッケル水素電池	マイナス極に水素吸蔵合金、プラス極にオキシ水酸化ニッケル、電解液に水酸化カリウム等アルカリ水溶液を利用。リチウムイオン電池ができるまでは、主にモバイル機器のバッテリーとして使用。ハイブリッドカーのバッテリーや「eneloop」などで使用。	1kWごとに10万円	<ul style="list-style-type: none"> ・過充電や過放電に強く、急速充放電が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・自己放電が大きい ・寿命6～7年と短い。
リチウムイオン電池	ノートパソコンや携帯電話など、モバイル機器のバッテリーに用いられる。家庭用・産業用蓄電池でも用いられ、大規模施設のための大容量化が進む。	1kWごとに20万円	<ul style="list-style-type: none"> ・サイクル数35,000回 ・寿命6～15年 ・小型化・高密度化が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・コストが高い ・過充電や過放電に弱い
NAS電池	大規模電力貯蔵施設、電力負荷平準化、再生可能エネルギーの出力などに期待。日本ガイシ株式会社だけが製造。	1kWごとに4万円	<ul style="list-style-type: none"> ・自己放電などがなく、充放電のエネルギー効率高い ・サイクル数に制限がなく長寿命 	<ul style="list-style-type: none"> ・作動温度が300度程度で、ヒーター等による加温が必要
レドックスフロー電池	イオンの酸化還元反応を用いて充放電を行う。再生可能エネルギー拡大のために、電力関係者から大きな期待。		<ul style="list-style-type: none"> ・20年のシステム耐久性 ・材料に発火性のものがないので、常温運転可能 	

出典：各種資料を基にハロ-G作成

「タイナビ蓄電池」 <https://www.tainavi-battery.com/feature/about-battery/>

「エコでんち」 <https://ecodenchi.com/faq/faq-351/>

蓄電池の性能比較

電池	リン酸鉄 リチウム	鉛	ニッケル カドミウム	ニッケル 水素	コバルト酸 リチウム	マンガン リチウム	ナトリウム 硫黄	レドックス フロー
平均電圧 (V)	3.2	2	1.2	1.2	3.7	3.7	2.1	1.4
体積エネルギー 密度(wh/l)	180~300	100	80~150	120~250	360~500	250~400	150~250	15~40
重量エネルギー 密度(wh/kg)	85~130	24~40	40~60	40~80	135~150	100~140	100~200	10~30
サイクル回数 (回)	2,000回 10年	300回 5~10年	300回	300回	400回	500回	15年	10年
瞬間最大放電 力係数	20C	1~3C	10C	5C	3C	5C~10C	—	—
過放電力 (%)	100%	60%~80%	100%	100%	100%	100%	—	—
自己放電率 (%) (毎月)	1	20	30	30	3	5	—	—
充電電流係数	3C	0.3C	3C	2C	1C	3C	—	—
メモリー効果	無	無	有	無	無	無	—	—
ROHS	適合	不適合	不適合	適合	適合	適合	—	—
安全性	安全	水素発生の 恐れあり	良	良	熱暴走の 恐れあり	熱暴走の 恐れあり	高温での取り扱 いが必要	良
作動温度 (℃)	気温と同等	気温と同等		気温と同等			300程度	10~40程度

出典：各種資料を基にHello-G作成。

電池の情報サイト <https://kenkou888.com/category18/entry354.html>、CONTAC HP <http://www.cotac.co.jp/battery>

電池バンク <https://batterybank.jp/>

リチウムイオン電池の利用用途

リチウムイオン電池の大型化に伴い、利用用途が増加。



出典：各種資料よりHello-G作成

<https://www.baysun.net/application.html>

https://www.mhi.com/jp/products/energy/lithium_outline.html

<http://www.cotac.co.jp/battery/>

移動体向けリチウムイオン電池の開発状況

グリーン成長戦略における航空機、船舶のカーボンニュートラル、電動化の計画

	現状と課題	今後の取組
航空機	<p>電動化</p> <p><u>装備品・推進系電動化には技術的課題有</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 装備品電動化は一部導入のみ（補助動力装置に使用されるリチウムイオンバッテリーについて搭載実績） • 電動化に不可欠な航空機向け電池（燃料電池含）、モータ、ジェネレータ、インバータについて、<u>潜在能力はあるものの、航空機向けには性能向上が必要</u> • 日本企業の強みを売り込むことで、欧米メーカーとパートナーシップを強化 • 合わせて必要になる軽量化・効率化については、2010年以降、<u>日本製炭素繊維複合材の活用が進んでおり、今後のシェア拡大が重要</u>。また、素材や設計による更なるエンジン効率化が重要 	<p>今後の取組</p> <p><u>ハイブリッド電動化・全電動化への対応</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2030年までに、機体のモデルチェンジに合わせ、装備品電動化に向けた技術、ハイブリッド電動化向け技術を確立 • 2050年に向け、装備品市場の拡大や、小型機（20人以下）における全電動化、リージョナル機（100人以下）以上のハイブリッド電動化に向けたコア技術の拡大、組み立て技術の確立を目指す • 世界の電動航空機・水素航空機の市場は拡大（2030-2050年で約2兆ドルを見込む） • 欧米メーカーとの連携強化とともに、産学官連携を通じて、<u>国際標準化を推進し、海外市場を獲得</u> • <u>国際的な開発競争や制度の状況を踏まえつつ、国内の制度・仕組みを検討（航空機工業振興法）</u> • 並行して、複合材の軽量化・製造コストの更なる低減を実現、将来エンジンに向けた革新素材を開発し、将来機における市場拡大を目指す
船舶	<p>カーボンフリーな代替燃料への転換</p> <p>現状と課題</p> <ul style="list-style-type: none"> • 一部企業等が自動車用等の水素燃料電池システムを転用した小型の水素燃料電池船やリチウムイオン電池を用いたバッテリー推進船を開発・実証中。 • <u>水素・アンモニアを直接燃焼できるエンジンが必要</u> • 水素燃料電池システムやバッテリー推進システムは出力・重量・サイズ上近距離・小型船に限定。 • 遠距離・大型船向けに高出力が必要だが、水素・アンモニアを直接燃焼できるエンジンが存在しない。 	<p>今後の取組</p> <p>遠距離・大型船向けの技術開発・実用化</p> <ul style="list-style-type: none"> • 近距離・小型船向けに水素燃料電池システムやバッテリー推進システムの普及を促進。 • 遠距離・大型船向けに水素・アンモニア燃料エンジン及び付随する燃料タンク、燃料供給システムの開発・実用化を推進。

出典：内閣官房「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」令和2年12月
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/siryou1.pdf>

輸送機器（航空機、船舶）向けリチウムイオン電池の開発状況

輸送機器（航空機、船舶）向けのリチウムイオン電池の場合、小型化、出力密度などが課題となっている。

航空機産業

- 現状は、エンジンスターターなど限られた用途で二次電池を利用しているレベルで電動化までは課題が多い。今後も、航空機を電池の動力のみで飛行させることは難しく、電池の性能とハイブリッド型が現実的。
- GSユアサが2030年までに1000 Wh/kg（セル単位）のリチウム硫黄電池の研究開発実施すると公表予定。また、出力を高めるために超電導技術（超電導モーター、超電導ケーブルなど）技術は必要。
- 日本では、2019年から、次世代電動航空機に関する技術開発事業として、電池（GSユアサ）、超電導のモーター・インバーター（九州大学、産総研）などを支援している。2035年から2050年の飛行機に乗るような電池やモーターを支援している。
- リチウム硫黄電池については、英国、米国の企業も開発を進めている。一方で、中国などはドローン技術から飛行機の電動化に向かっている。

船舶産業

- 船舶産業の電動化については、リチウムイオン電池を用いたバッテリー推進船などの開発が課題となっている。

出典：経済産業省製造産業局 航空機武器宇宙産業課「航空機のカーボンニュートラルの取り組み」、その他資料

次世代蓄電池の開発理由

リチウムイオン電池の欠点を補う次世代電池として全固体電池、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、多価イオン電池などが開発されつつある。その他、カリウムイオン電池について東京理科大学などで研究開発が進められている。

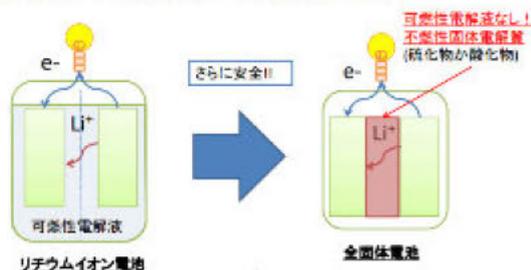
リチウムイオン電池の課題



全固体電池

＜なぜ全固体電池か？＞

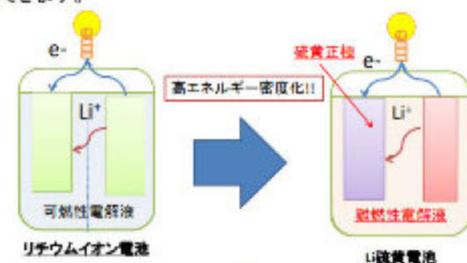
可燃性の電解液を使用しないため、漏液せず安全性の高い電池と考えられています。広い温度域での使用やセル内並列構造による高電圧化、安全機構等の簡易化による高エネルギー密度化が期待されています。



リチウム硫黄電池

＜なぜ硫黄電池か？＞

LIB正極の10倍程度の高容量密度をもち、資源的に豊富で安価な硫黄を正極活性物質として用いており、エネルギー密度の向上が期待できます。



リチウム空気電池

＜なぜリチウム空気電池か？＞

理論エネルギー密度が大きいリチウム空気電池など長期的な課題をもつ電池系を次々世代電池として位置づけ、研究開発を進めています。



多価イオン電池

＜なぜ多価イオン電池か？＞

1つの金属イオンで複数の電子が動く、例えばマグネシウム電池など長期的な課題をもつ電池系を次々世代電池として位置づけ、研究開発を進めています。



出典：先端的低炭素化技術開発（ALCA）「戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発特別重点技術領域 < 次世代蓄電池 >」2018年7月3日
https://www.jst.go.jp/pdf/pc201807_kanamura.pdf

次世代蓄電池の動向

次世代電池については、下記のような研究成果が報告されている。

電池種類	エネルギー密度	出力密度	寿命	成果
全固体電池 (硫化物系)	200 Wh kg ⁻¹ (集電、外装除く)	-	数百cycle	電解質量を低減することで目標を達成可能、セルレベルでの試験を実施
全固体電池 (酸化物系)	数十 Wh kg ⁻¹	low	未確認	室温付近での動作可能ないくつかの材料系・プロセスを確認
リチウム硫黄電池	200 Wh kg ⁻¹ (外装除く)	エネルギー密度を重視	800 cycle (Low Sload)	正極上の硫黄担持量を増大、かつ電解液量を低減させることにより目標を達成可能。リチウム負極のデンドライト生成抑制が鍵。金属Liを用いないLi-S電池も並行して検討。
リチウム空気電池	500 Wh kg ⁻¹	20 Wkg ⁻¹	20 cycle	パッシブ型並列スタックの動作実証。新規電解液による充電過電圧の低減とデンドライト抑制。
マグネシウム電池	300 Wh kg ⁻¹ based on Cathode	-	-	負極Mgと正極活物質の両者に適合する電解液の開発あるいはSEIの創成が重要。
リチウム金属電池	400 Wh kg ⁻¹	0.5 kW kg ⁻¹	500 cycle	サイクル寿命向上が重要。電解液の最適化あるいはSEIに関する研究が必要。実現可能な電池。セルデザインに着手。
アニオン電池	100 Wh kg ⁻¹ (集電、外装除く)	数 kW kg ⁻¹	1000 cycle 以上	エネルギー密度向上には新規正極活物質の変更が必要。出力特性を活かしたエネルギーデバイスの検討。

出典：先端的低炭素化技術開発（ALCA）「戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発特別重点技術領域 < 次世代蓄電池 >」2018年7月3日
https://www.jst.go.jp/pdf/pc201807_kanamura.pdf

定置用蓄電池の導入量・導入施策等

		CA州 	英国 	ドイツ 	豪州 	中国 	日本 
2019年 累積 導入量	合計	2.5 GWh	0.9 GWh	2.4 GWh	1.5 GWh	25.5 GWh	9.6 GWh
	再エネ併設・ 系統用	2.1 GWh	0.8 GWh	0.5 GWh	0.6 GWh	5.5 GWh	1.2 GWh
	業務・産業用	0.2 GWh	0.01 GWh	0.1 GWh	0.5 GWh	20.0 GWh (基地局UPS含む)	6.0 GWh (基地局UPS含む)
	家庭用	0.2 GWh	0.1 GWh	1.8 GWh	0.4 GWh	0.02 GWh	2.4 GWh
主な電池導入施策		<ul style="list-style-type: none"> 設置義務 補助金 市場整備 電気料金設計 	<ul style="list-style-type: none"> 電力取引市場整備 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金 市場整備 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金 実証事業 	<ul style="list-style-type: none"> VPP実証 補助金
家庭用蓄電システムコスト (工事費なし) ※1		7.9万円/kWh 9.8-13.5kWh規模 市場平均※2	10.1万円/kWh 8kWh規模 メーカー参考価格※3	14.2万円/kWh 6-12 kWh規模 市場相場※4	9.3万円/kWh 8kWh規模 市場相場※5	導入実績がほぼない ため、不明	14.0万円/kWh 市場全体平均※6
2019年 PV・風力導入量		127 GW※7 (米国全体)	37GW※8	107GW※9	18GW※10	437GW※11	60GW※12

出典：経済産業省 定置用蓄電システム普及拡大検討会 第1回 定置用蓄電システム普及拡大検討会
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/001.html

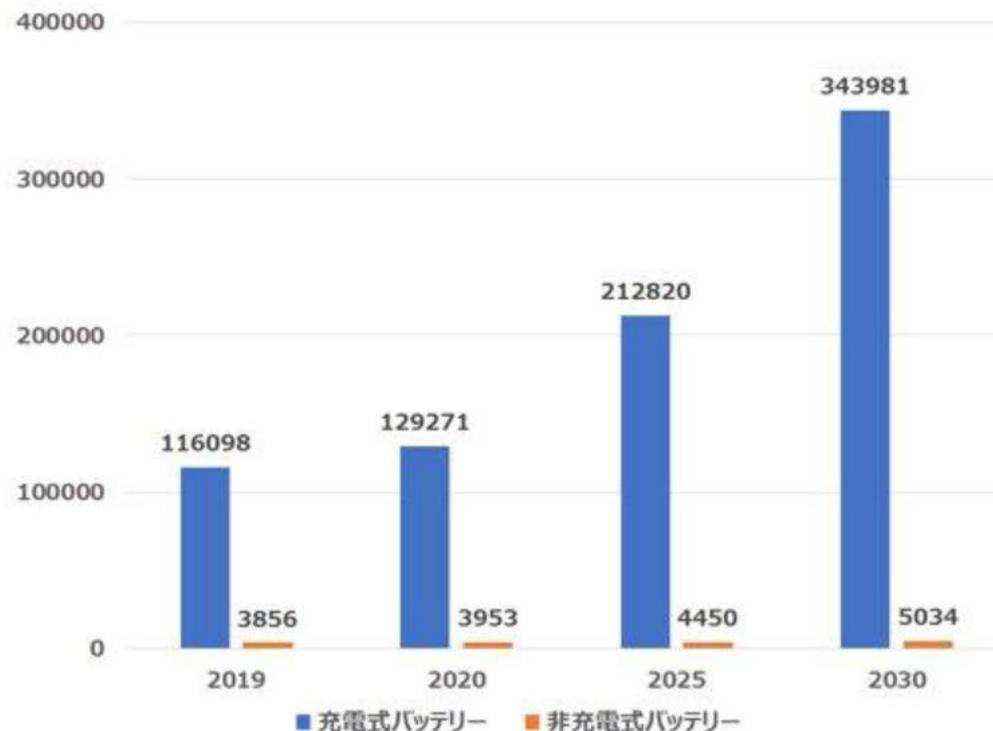
欧州委、循環型経済に向けたバッテリー規制の改正案

- 今回の改正案はあらゆる種類のバッテリーを対象とし、その製品設計から生産プロセス、再利用、リサイクルに至るライフサイクル全体を規定。
- 製品設計では、EVバッテリーや産業用充電電池を対象に、以下の点などを義務化（規則案第7条）。
- 製造者や製造工場の情報、バッテリーとそのライフサイクルの各段階での二酸化炭素（CO₂）総排出量、独立した第三者検証機関の証明書などを含む、カーボン・フットプリントの申告（2024年7月1日から）。
- ライフサイクル全体でのCO₂排出量の大小の識別を容易にするための性能分類（performance class）の表示（2026年1月1日から）。
- ライフサイクル全体でのカーボン・フットプリントの上限値の導入（2027年7月1日から）。
- コバルトや鉛、リチウム、ニッケルを含むEVバッテリー、産業用バッテリー、自動車蓄電池に関しては、次の点などを義務化（同第8条）。
- これらの原材料のうち再利用された原材料の使用量の開示（2027年1月1日から）。
- 再利用された同原材料のそれぞれの使用割合の最低値の導入（2030年1月1日から）
- いずれの点も詳細は欧州委が今後、委任立法により決定するとしている。
- さらに、循環型経済の推進策として、リサイクルの実施を前提に、種類別のバッテリーの回収義務などの製造者責任も追加。モバイルバッテリーに関しては2023年末までに45%、2030年末までに70%の回収を求める。また、EVバッテリー、産業用バッテリー、自動車蓄電池に関しては既存の回収義務の強化策として、最終消費者が新たなバッテリーを購入しない場合でも無償で回収することなどを求める。

リチウム電池素材の需要動向

- 2019～2030年までの電池用リチウムの需要は、蓄電池向けを中心に増加傾向。
- 電池需要の増加が予想される中、電池製造メーカーの製造能力は限界に達する予想。

電池用リチウムの世界需要（2019～2030年：タイプ別）



出典：以下の資料を基にハロー-G作成

Statista「Global projection of lithium demand for batteries by type 2019-2030」2020年7月

<https://www.statista.com/statistics/452010/projected-demand-for-lithium-in-batteries-by-type-globally/>

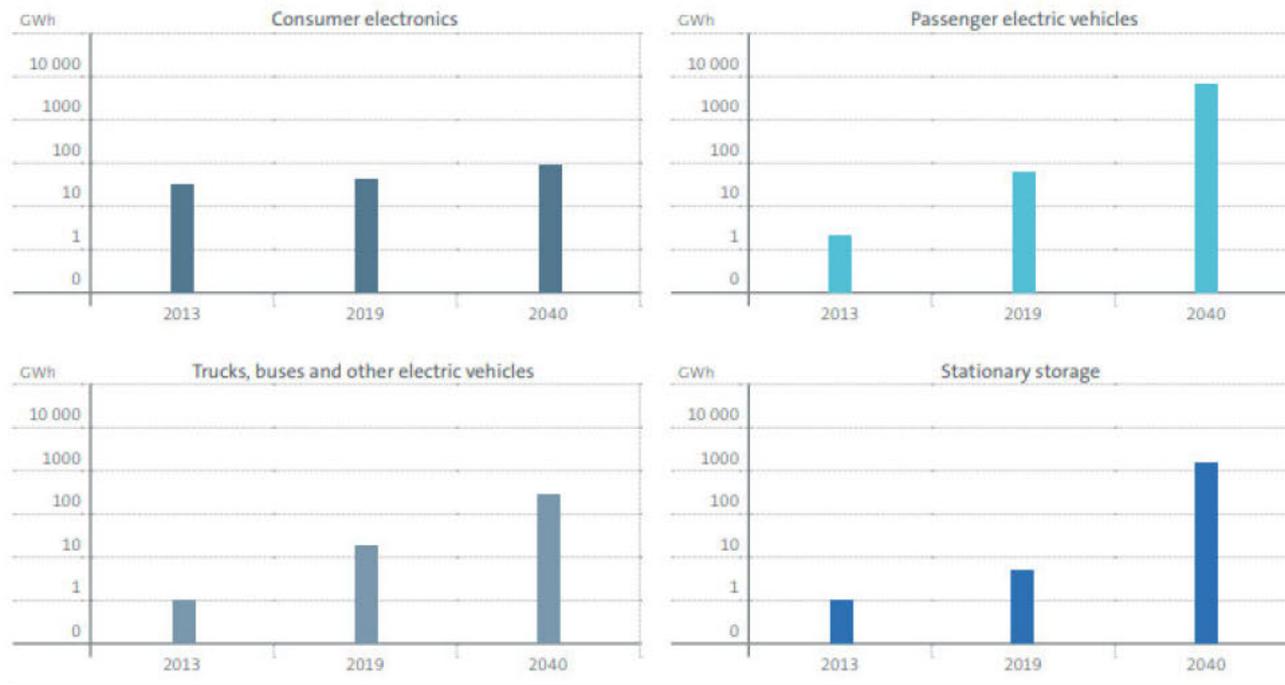
電池需要（用途別）

- 2013～2019年に最も需要が伸びたのが車両向け（自家用車やバス、トラック、その他の自動車）。
- 2013年の段階で最も需要が多かった家電向けの蓄電池は比較的緩やかに増加。
- 電力貯蔵用の電池は、2013～2019年は大きな需要増はなかったが、2040年に向けて急速に需要拡大。

用途別の電池需要と予測

Figure 2.2

Current and future demand for batteries across key applications, Sustainable Development Scenario



Source: International Energy Agency

Note: Projections from passenger electric vehicles, trucks, buses and other electric vehicles and storage are from the IEA's Sustainable Development Scenario. For consumer electronics, the historic growth rate has been extrapolated to 2040.

出典：IEA「Innovation in batteries and electricity storage」2020年9月

[http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/969395F58EB07213C12585E7002C7046/\\$FILE/battery_study_en.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/969395F58EB07213C12585E7002C7046/$FILE/battery_study_en.pdf)

蓄電池 市場

定置用蓄電池の世界市場

- 矢野経済研究所によれば、定置用蓄電池の世界市場規模は2019年は前年比88.1%の1万4951MWhに縮小。世界的には需要は堅調であったが、定置用蓄電池の火災の影響で韓国市場が停滞したことが大きく影響した。
- 2021年以降は、地球温暖化対策のパリ協定もあり、欧米などの先進国に加えて、中国やインドなどの途上国でも再エネルギーの導入拡大により、電力系統向け大型蓄電池の需要が伸び、2026年には19年比8.5倍に成長すると予想。

定置用蓄電池世界市場規模予測



出典：矢野経済研究所「定置用蓄電池（ESS）世界市場に関する調査を実施」2020年10月13日

https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2525

ニュースイッチ「激化する車載電池の投資合戦、中韓リードで国内メーカーどうする？」

2020年12月14日、<https://newswitch.jp/p/25051>

車載用蓄電池の地域別動向

- これまで、車載用リチウムイオン二次電池の市場は中国が牽引してきた。
- 今後は、各国の環境規制の高まりから自動車メーカーが電動化戦略を強化する方針。
- 地域別にみると、環境規制に厳格な欧州市場が拡大し、中国とともに市場を牽引する存在となる見通し。

車載蓄電池世界市場規模（単位：億円）

国、地域	2019年	2035年（予測）
中国	13,286	73,169
欧州	4,531	81,579
日本	2,282	12,553
その他	6,629	29,884
世界市場	26,728	197,185

出典：富士経済

全固体電池 市場

- リチウムイオン電池の代替として普及が期待される全固体電池は、電解液の代わりに不燃性の固体電解質を使用するため、液漏れや発火の心配がなく、高い安全性と信頼性そして長寿命が特長の次世代電池として普及が期待される。
- 全固体電池の市場規模は2020年では6200万ドル程度であるが、開発が順調に進むと2025年頃から普及に拍車がかかり、2027年には4億8000万ドル程度の市場規模になると予想。

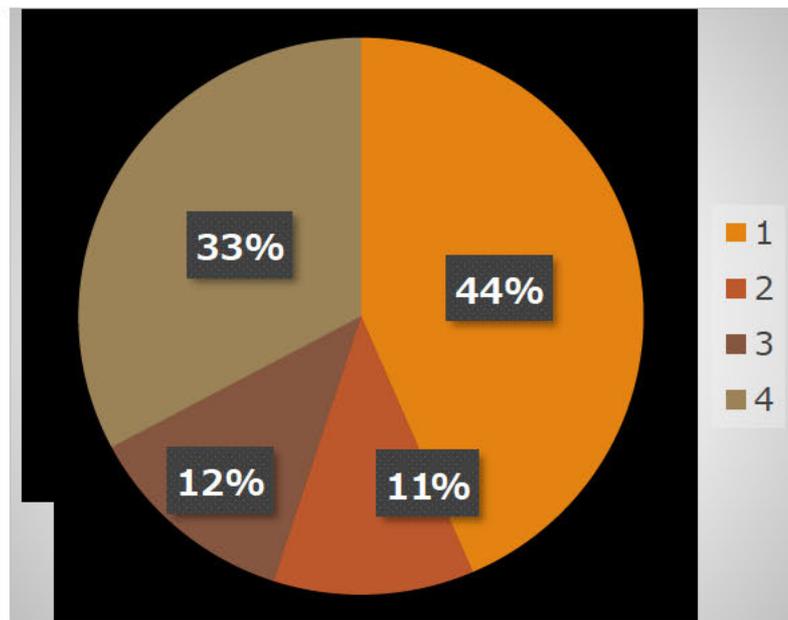
全固体電池世界市場規模予測



出典：MarketsandMarkets Research, Press release「Solid State Battery Market」2020年4月 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/solid-state-battery-market-164577856.html#:~:text=%5B155%20Pages%20Report%5D%20The%20global,34.2%25%20during%20the%20forecast%20period.>
TDK HP https://www.jp.tdk.com/ja/featured_stories/entry_024.html

- 2019年の段階で、定置用蓄電池の利用用途で多いのは系統・再エネ併設用向けの電池であり、今後も大きく需要が伸びることが期待される。また、住宅向けの蓄電池需要の伸びも期待される。

定置用蓄電池の利用用途



出典：富士経済「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2020 ESS・定置用蓄電池分野編」2020年7月17日 より作成」
<https://www.fuji-keizai.co.jp/file.html?dir=press&file=20075.pdf&nocache>

各種電池 参入企業

エネルギーストレージ

	企業名	国籍
1	Fluence	米国
2	NextEra Energy Resources	米国、カナダ
3	BYD Company	中国
4	Samsung SDI	韓国
5	Parker Hannifin	米国
6	GE Energy	米国
7	LG Chem	韓国
8	GreenSmith Energy Management Systems	フィンランド
9	ComEd	米国
10	NEC Energy Solutions	日本
11	RES	英国
12	Invenergy	米国
13	Tesla	米国
14	Xtreme Power	米国

鉛蓄電池

	企業名	国籍
1	ジョンソンコントロールズ・インターナショナル	米国
2	エキサイド・テクノロジーズ	フランス
3	GSユアサコーポレーション	日本
4	エナーシス	米国
5	C&Dテクノロジーズ	米国
6	アマララジャ	インド
7	Leoch国際技術	中国
8	パナソニック	日本

全固体電池

	企業名	国籍
1	Cymbet	米国
2	Robert Bosch	ドイツ
3	Toyota Motor	日本
4	Solid Power	米国
5	Excellatron Solid State	米国
6	BrightVolt	米国

出典：各種資料より、ハロ-G作成

<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/solid-state-battery-market-164577856.html>

<https://securetpnews.info/2020/10/01/固定鉛蓄電池市場2020分析と正確な見通し-ジョンソ/>

<https://energyacuity.com/blog/2019-top-energy-storage-companies/>

車載蓄電池メーカー

- 電気自動車（EV）向けの電池製造の世界シェアは、中国最大手のCATL（Contemporary Amperex Technology Co., Ltd = 寧徳時代新能源科技）がトップ。CATLは中国国内では49%と圧倒的シェア。
- 次いで、韓国のLG化学が23%、三番手が日本のパナソニックで19%。これら上位3社で約7割のシェア。
- 中国には第4位のBYDグループなど複数の電池メーカーが存在。

主要車載電池メーカーと世界シェア（2020年）

企業名	国	シェア
CATL（寧徳時代）	中国	25%
LG化学	韓国	23%
パナソニック	日本	19%
BYDグループ（比亞迪）	中国	7%
サムスンSDI	韓国	6%
SKイノベーション	韓国	5%
その他		15%

中国のHEV/PHV/EV電池メーカー

中国の電池メーカー
CATL（寧徳時代）
BYD（比亞迪）
Gotion High-Tech（国軒高科）
Lishen Battery（力神電池）
CALB（中航鋰電）
Farasis Energy（孚能科技）
CATL - SAIC（時代上汽）
Sunwoda（欣旺達）
BAK Battery（比克電池）
CATARC（卡耐新能源）

出典：エコノミストOnline「E V用バッテリーで世界シェアトップ「中国・CATL」の知られざる正体」2021年2月6日

<https://weekly-economist.mainichi.jp/articles/20210202/se1/00m/020/027000c>

EVSmart「中国CATLとEV用電池安定調達を図る自動車メーカーの関係を整理してみた」2020年8月23日

<https://blog.evsmart.net/electric-vehicles/automaker-supplier-relationship-with-catl/>

マークラインズHP

https://www.marklines.com/ja/market_report/hv_phv_ev_battery_01_2019

参考資料①

中国・CATL（寧徳時代新能源科技）

- CATL（寧徳時代新能源科技）は中国の大手自動車メーカーと車載電池の合弁会社を設立して供給している。また、米テスラ、ドイツのBMW、ダイムラー、フォルクスワーゲン（VW）、仏PSAなどの欧州メーカーやトヨタ自動車、日産自動車、ホンダなどの日本メーカーなど世界中の自動車大手に「全方位」で車載電池を供給している。
- 投資についての動きをみると、2020年は投資額500億元（約7,500億円）で、電池の生産能力を2023年に300ギガワット（2020年比で5倍程度）に引き上げる計画を発表した。また、2021年には、最大290億元（約4,700億円）を投じて中国内の3カ所で工場を新設、増設すると発表した。
- 海外への投資をみると、2018年にドイツ・チューリンゲン州に初の海外工場、2021年にはインドネシア工場の建設を開始した。今後、米国での工場建設も視野に入れる見通しである。

コスト競争力、技術開発

- CATLは鉱山資源の確保、電池用原材料の調達、素材開発、製造（セル・モジュール・パック）、コバルト、ニッケルなどのリサイクルを一貫して行っており、コストダウンを図りつつあり、電池生産1ギガワット当たりの設備投資は2017年の3.5億元から2020年の2.5億元まで低下した（LG化学の8割程度）。また、CATLの電池セルコストは2017年の134ドル／キロワット時（kWh）から、2020年の88ドル／kWhへと、約35%のコストダウンを実現した。
- CTP（セル・トゥ・パック）技術を採用した新型電池は、部品点数を40%削減し、電池パックの統合効率を現行の75%から90%に高め、生産効率を50%向上させた。また、EV車台と電池を一体化し、新技術「CTC（セル・トゥ・シャーシ）」を開発中で、これは動力配分の最適化とエネルギー消費の低減で航続距離1,000キロを実現する。

出典：エコノミストOnline「EV用バッテリーで世界シェアトップ「中国・CATL」の知られざる正体」2021年2月 [https://weekly-](https://weekly-economist.mainichi.jp/articles/20210202/se1/00m/020/027000c)

[economist.mainichi.jp/articles/20210202/se1/00m/020/027000c](https://weekly-economist.mainichi.jp/articles/20210202/se1/00m/020/027000c)

EVsmart「世界シェア3年連続No1～電池業界の超新星CATLとは？」2020年8月5日 <https://blog.evsmart.net/electric-vehicles/automaker-supplier-relationship-with-catl/>

電子デバイス新聞「急躍進の中国CATL、車載用LiBで世界トップを走る」2020年 <https://www.sangyo-times.jp/article.aspx?ID=2771>

FP BB News「中国のリチウムイオン電池メーカー、欧州進出を加速」2020年11月5日 <https://www.afpbb.com/articles/-/3313982>

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGM033FL0T00C21A200000/>

参考資料②

リチウムイオン電池の世界シェア1位に躍り出たLG化学

- LG化学、サムスンSDI、SKイノベーションを合わせた韓国電池メーカー3社の世界市場のシェアは34.7%に達しており、韓国は「電池強国」になりつつある。中でもLG化学は電気自動車シェア1位のテスラをはじめ、自動車メーカー上位20社のうちフォルクスワーゲン、ルノー、ボルボ、GM、現代自動車など13社に電池を供給しており、2020年には会社設立後初めて売り上げ30兆ウォン（約2兆8174億円）を突破した。（前年比で売り上げは9.9%、営業利益は185.1%それぞれ増加した。）LG化学の台頭の背景には、欧州の電気自動車市場の拡大と、中国のテスラ工場への納品があり、世界シェア24.6%で、1位に躍り出ている。
- 一方、LG化学のライバルで、以前は世界シェア1位であった中国のCATL（※）は、コロナ禍で業績にダメージを受け、リチウムイオン電池の供給量が前年比28.1%も減少し、世界シェアを23.5%に落とした。

（※） 2011年に創業したCATLは、世界最大のEV市場である中国で急成長を果たし、2019年には4年連続で世界首位となった。中国では、上海汽車、広州汽車など地場大手自動車メーカーとそれぞれ車載電池の合併会社を設立し、BMW、ダイムラー、VWなど世界大手にも供給している。

出典：東洋経済オンライン

<https://toyokeizai.net/articles/-/365841#>

NETIB-NEWS

<https://www.data-max.co.jp/article/37712>

中央日報

<https://s.japanese.joins.com/JArticle/274901?sectcode=320&servcode=300>

電力マネジメント

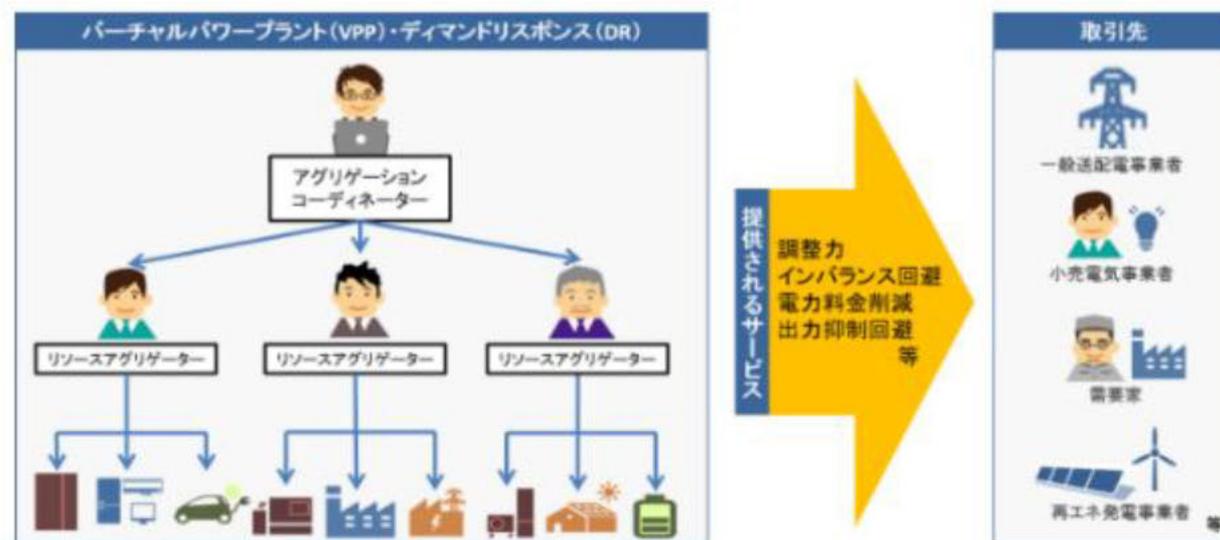
- 東日本大震災による電力需給ひっ迫により、省エネとともに、電力の需給バランスを意識したエネルギー管理の重要性が認識されるようになった。
- 風力発電、太陽光発電などの再生エネルギーが普及するとともに、太陽光発電や家庭用燃料電池などのコージェネレーション、蓄電池、電気自動車、ネガワット(節電した電力)など、需要家側に導入される分散型のエネルギーリソースが普及。
- 発電手段が多様化し、分散型エネルギー資源 (DER) への依存度は急速に高まった。
- 増大し、複雑化した双方向システムを管理するプラットフォームとしてVPP (バーチャルパワープラント) が必要とされた。VPPを実現することで、DERを効率的に管理し、従来の24時間365日の集中型発電所と同じサービスを提供することが可能となる。

出典：資源エネルギー庁 ホームページ

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html

ERAB (Energy Resource Aggregation Businesses)

エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスとは、VPPやDRを用いて、一般送配電事業者、小売電気事業者、需要家、再生可能エネルギー発電事業者といった取引先に対し、調整力、インバランス回避、電力料金削減、出力抑制回避等の各種サービスを提供する事業のことである。

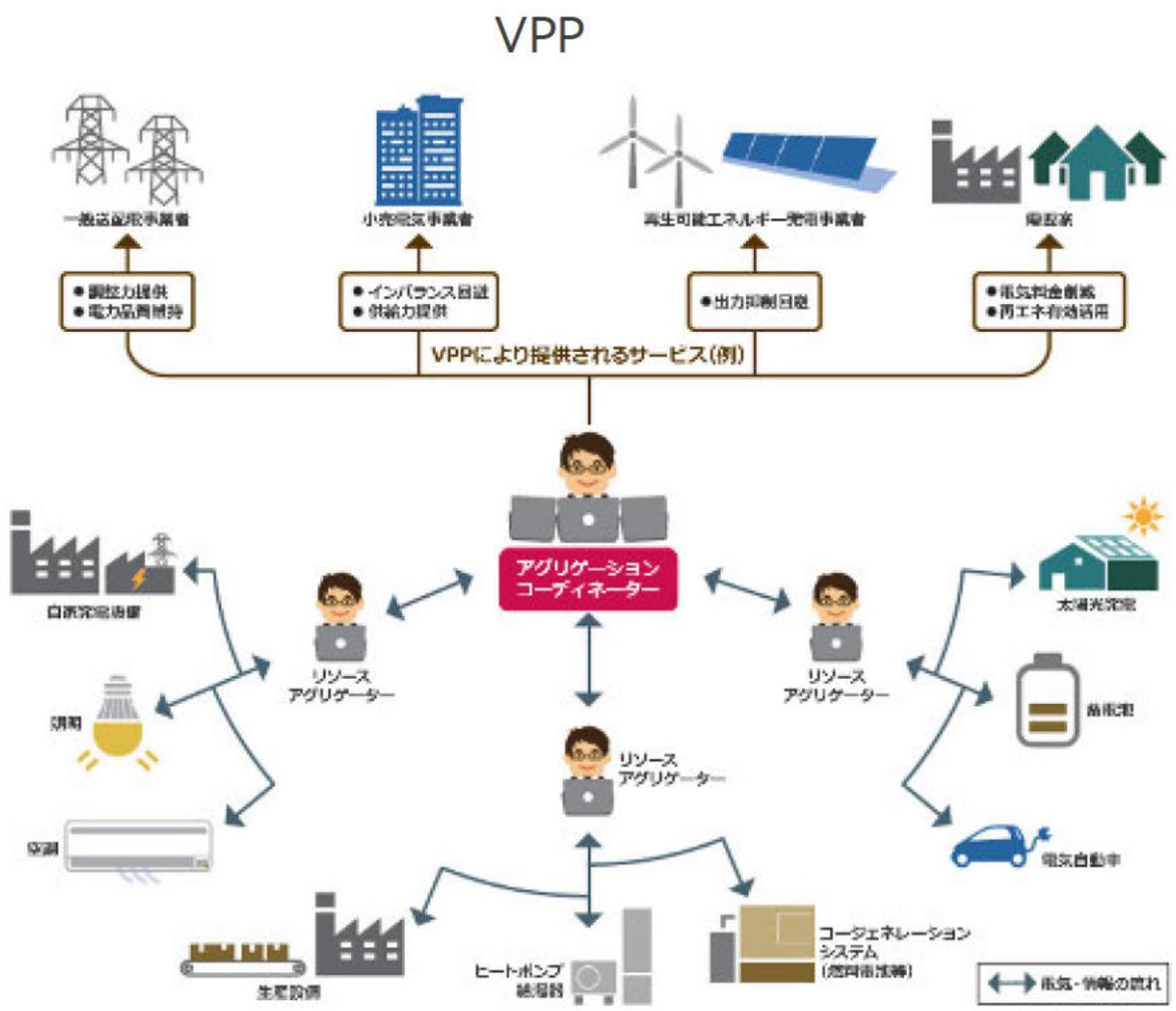


VPP (Virtual Power Plant)

● **VPP**は、従来、主に火力発電所の稼動・停止等、「供給側」で行ってきた電力の需給調整について、電力系統に点在する需要家の機器をIoT化し、一括制御することで、需要家設備から捻出できる需給調整力を有効活用し、あたかも1つの発電所（仮想発電所）のように機能させる仕組み。

※ **デマンドレスポンス(DR)**
需要家側エネルギーリソースの保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させること。

※ **アグリゲーター**
需要家側エネルギーリソースや分散型エネルギーリソースを統合制御し、VPPやDRからエネルギーサービスを提供する事業者である。



出典：資源エネルギー庁 ホームページ
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html

電力インフラ輸出とサービス

発電所インフラの輸出では、進出後のサービスを踏めたトータルソリューションが重要

インフラ海外展開懇談会 最終取りまとめ

■ 基本的な考え方

- I インフラシステムの輸出から、**インフラシステムの海外展開**へ
⇒現地での売上や投資事業、ビジネスの重要性が一層高まる
- II 単なる技術・機器の輸出から、**価値共創**へ
⇒アジア等の現地ニーズに応じた製品やサービスを提供し、互いに利益を享受しながら、共に成長していく
- III **インフラの質**としても「**持続可能性**」、「**強靱性**」、「**安全性**」といった価値が一層重要に
⇒地球温暖化等の環境問題、貧困・格差拡大等の社会問題、さらには昨今の世界的な新型コロナウイルスの感染拡大のようなパンデミックリスクなどにより、インフラの新たな価値が顕在化している

これらの実現のためには、既存施策の大胆な見直しが必要

■ 現状と見直しの方向性

デジタル メガプラットフォームや新興国スタートアップ等の台頭、日本のデジタル化の遅れ

- ✓現地社会課題の解決に資するデジタルインフラの振興、日本企業の組織変革やビジネス環境変革とを一体的に行うことによる産業競争力獲得
- ✓取組の土台となる国際ルール形成等

エネルギー

日本の優位性変化や再エネ等の技術ニーズ増大

- ✓世界の長期的なカーボンニュートラル実現への貢献、各技術を活用したSDGs達成のサポート
- ✓相手国ニーズに対応した、官民一体となったパッケージ型提案力の強化

■ 分野横断的事項

- ✓KPI再考（+α SDGs達成度等）
- ✓ファイナンスを含めたインフラ海外展開支援ツールの更なる強化
- ✓各種政府支援策を通じた、現地政府機関や国際機関との連携強化による我が国のレバレッジ効果の向上
- ✓海外展開政策に加え、産業競争力を高める国内政策の十分な実施

サービスの種類

- 進出前
相手国ニーズに合わせたFS（フィージビリティスタディ）、コンサルティング
- 進出中
プラントの設計、建築の際の指示
- 進出後
電力供給管理（VPP）、保守メンテナンス、現地エンジニアの育成

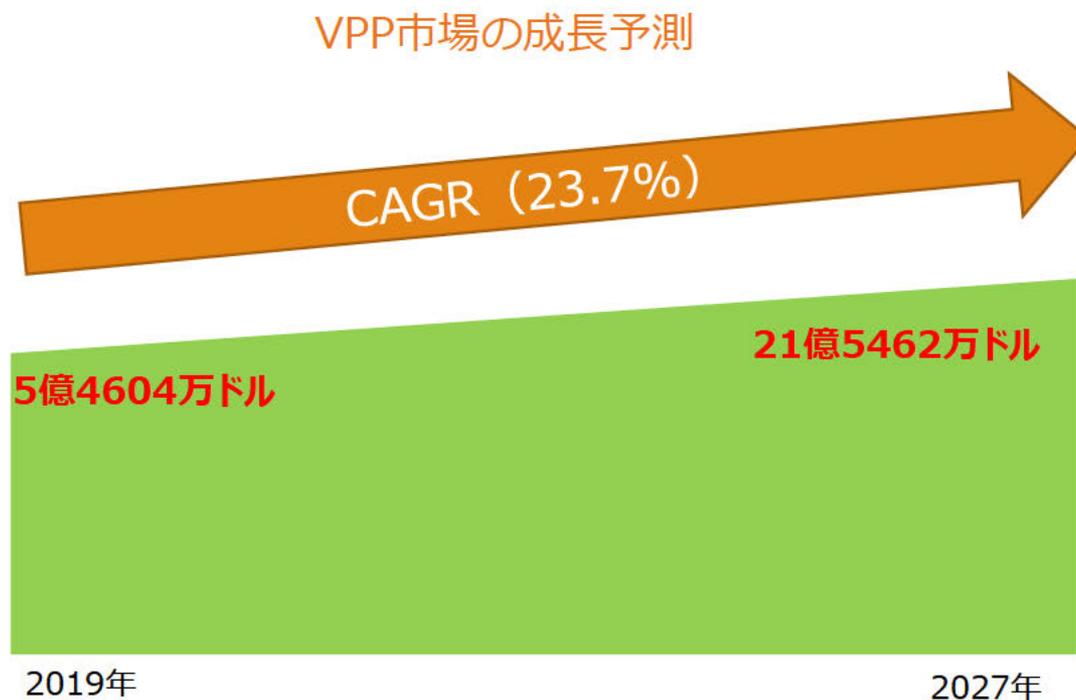
留意点

- 価格面では中国などに対抗できないため、技術力、現地との協力
- タービンなどのエネルギー技術（保守も含む）だけではなく、日本の弱みであるデジタル化についても対応することが重要。

出典：資源エネルギー庁 インフラ海外展開懇談会 最終取りまとめ
https://www.meti.go.jp/shingikai/external_economy/infura_kaikaitenkai/pdf/20201120_1.pdf

VPP (Virtual Power Plant)市場

世界のVPP市場は、2019年の5億4604万米ドルから、2027年末までに21億5462万米ドルに達し、2020年～2027年のCAGRで23.71%の成長が予測されている。



出典：MAXIMIZE MARKET RESEARCH

<https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/virtual-power-plan-market/14847/>

VPP主要参入企業

VPPソリューションのプロバイダーや電力マネジメント関連の企業は、米国を中心に、英国、ドイツなど欧州の企業がほとんどを占める。

スマートメーターメーカー

企業名	国
Itron Inc	米国
Landis + Gyr	スイス
Schneider Electric SA	ドイツ
Badger Meter	米国
EDMI	シンガポール
Holley Metering Limited	中国
Neptune Technology Group Inc.	米国
Sensus	米国
Honeywell International Inc	米国

VPPソリューションプロバイダー

企業名	国
Blue Pillar	米国
Cisco Systems, Inc.	米国
Comverge	米国
Cpower Energy Management	米国
Flexitricity Limited	英国
Hitachi, Ltd.	日本
IBM	米国
Olivene, Inc.	米国
Open Access Technology International, Inc.	米国
Osisoft	米国
Power Analytics Corporation	米国
Sunverge	米国
Toshiba Corporation	日本
Upside Energy, Ltd	英国

企業名	国
AutoGrid Systems	米国
Centrica REstore	英国
Enbala	米国
Kiwi Power	英国
Limejump	英国
Siemens	ドイツ
ABB	スイス
Next Kraftwerke	ドイツ
Enel X	イタリア
AMS	米国
Duku Energy	米国
RWE	ドイツ
Bosch	ドイツ
GE Digital Energy	米国
Schneider Electric	フランス
Viridity Energy	米国

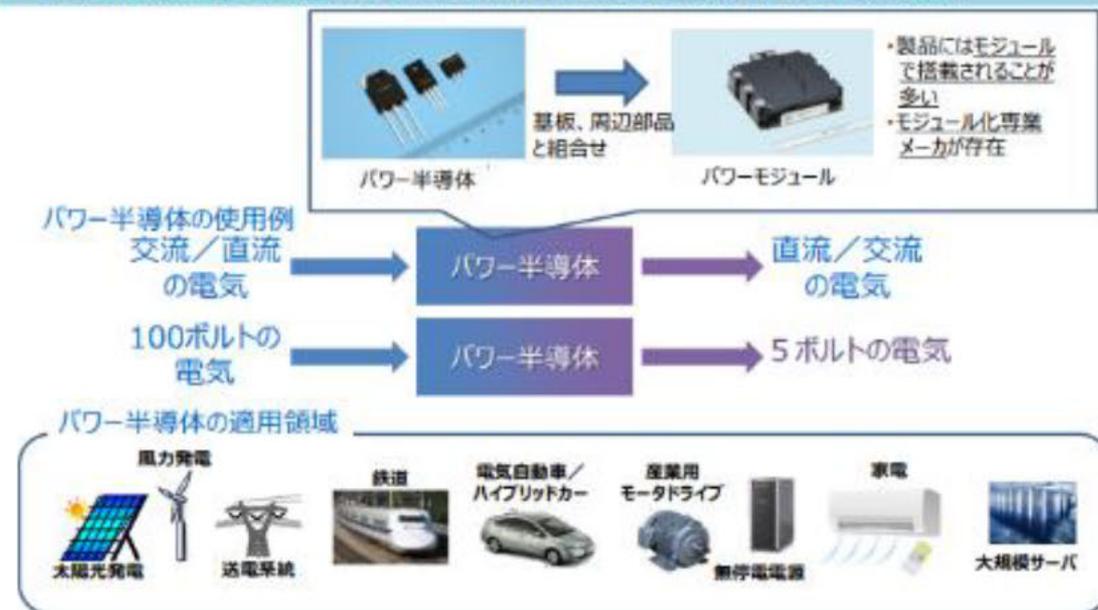
出典：株式会社グローバルインフォメーション「VPP (バーチャルパワープラント)市場、主要参入企業の戦略とは」2020年4月30日
<https://www.gii-news.jp/nav931272-20200430>、"Global Virtual Power Plant Market Size, Status and Forecast 2020-2027"
 Report Ocean HP, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000154.000067400.html>
 Maximize Market Research, <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/virtual-power-plan-market/14847/>

パワー半導体の説明

- 「演算」や「記憶」などを行う通常の半導体に対して、パワー半導体は、電源(電力)の制御や供給を行う。
- パワー半導体は高い電圧や大きな電流も制御可能であるため、電化製品に加えて、大電流/大電圧を扱う発電/送電設備、FA機器、次世代型のICT建機など幅広い用途で使用されている。
- パワー半導体を利用することで機械に必要とされる最適な電力を供給することができる。そのため、円滑に稼働するだけでなく、省エネルギーにつながり、環境に対する負荷も軽減される。
- ダイキンによれば、インバーターを搭載したエアコンは、搭載していないものと比較して消費電力が58%削減できる。

パワー半導体とは

- パワー半導体は電圧や電流、周波数を制御するもので、半導体単体に加えてパワーモジュール（複数のパワー半導体を組み合わせたもの）が半導体メーカーから出荷される。
- 適用領域は、電力、鉄道、自動車、産業機器、家電、通信機器、など多岐にわたる。



パワー半導体の役割

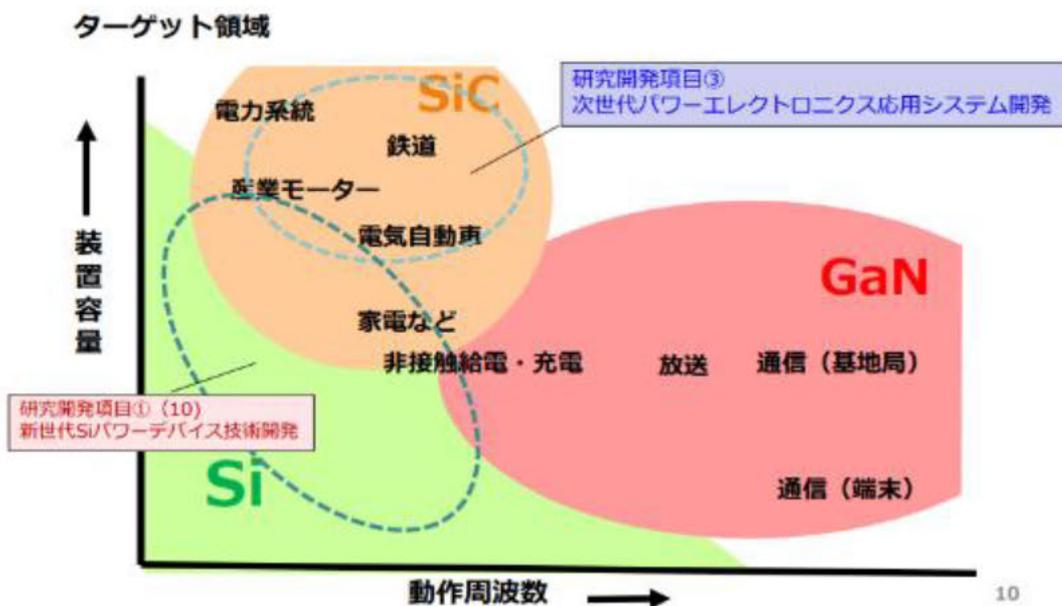
1. コンバータ (converter) : 交流 (AC) の電気を直流 (DC) に変換する整流機能。
2. インバータ (inverter) : コンバータとは逆に直流電圧を交流電圧に変換する機能。
3. 周波数変換 : 交流の周波数を変換する機能。
4. レギュレータ : 直流の電圧変換 (昇圧、降圧)、電圧維持機能。

出典：経済産業省「フレキシブル3次元実装コンソーシアム「次世代パワーモジュールの放熱特性評価と国際標準化」シンポジウム」 2020年12月4日
<https://www.kansai.meti.go.jp/3jisedai/project/elctronics/press/powerelectronics.pdf>)

次世代のパワー半導体

- 現在のパワー半導体の材料はシリコン（Si）が主流であり、シリコンウェハをより薄く加工し、パワー半導体の性能を向上させてきた。しかし、薄さの追求は限界で、Siによるパワー半導体の性能向上は限界。
- そこで次世代のパワー半導体の材料としてSiC（炭化ケイ素/シリコンカーバイド）やGaN（窒化ガリウム）が注目されている。
- SiCはSiと比べてパワー半導体による電力損失を大幅に削減可能である。また、高温での動作も可能なため、冷却装置、デバイスが小型化が可能。
- GaNはより高い周波数で動作し、SiCはより高い入力電圧を処理し、高電力の出力を駆動する。
- 現在、GaNはテレコムやサーバなどのアプリケーションで最大600～700Vの電源向けに選択される傾向がある。SiCは鉄道やエアコンなどで徐々に普及してるが、より高い電圧が必要となる電気自動車、ハイブリッド自動車、太陽光インバータなどの分野での普及が期待される。
- SiC、GaNの普及が進まない理由として加工が困難で、コストが高いことが挙げられており、加工技術向上が期待される。

次世代パワー半導体のタイプ別 利用領域

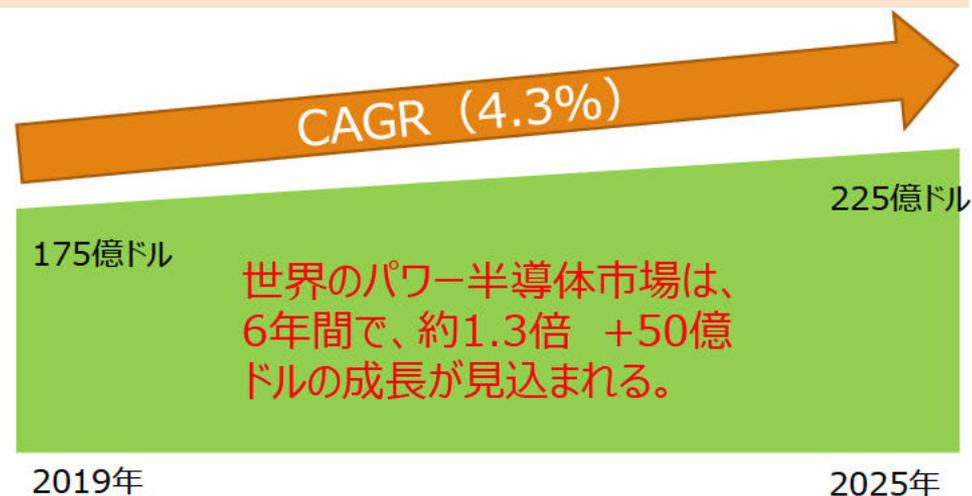


出典：NEDO「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」平成28年9月6日
<https://www.nedo.go.jp/content/100799306.pdf>

パワー半導体市場

- フランスの半導体市場動向調査会社Yole Développementによると、2019年のパワー半導体市場は175億ドルであり、今後年平均成長率4.3%で成長し、2025年には225億ドル規模に成長。
- 次世代パワー半導体の素材として期待されるSiCベースのモジュールは米国のTesla社や中国のBYDをはじめとする自動車メーカー数社で採用が拡大。
- 市場として注目されているのは、電気自動車などの開発が進む中国。中国のEVメーカーに対して欧米のパワー半導体メーカーがデバイスを提供。
- この状況を打開するため、中国のパワー半導体企業と中国政府は、パワーエレクトロニクスデバイスの国内生産を強化。結果、徐々に中国のパワーモジュールと半導体メーカーのシェアは増加。

パワー半導体市場の成長予測



出典：Yole Développement “Discrete Power Device Packaging: Materials Market and Technology Trends 2019” 2019年1月
https://www.i-micronews.com/products/discrete-power-device-packaging-materials-market-and-technology-trends-2019/?utm_source=PR&utm_medium=email&utm_campaign=Discrete Power Devices Packaging MarketOverview May2019-1&cn-reloaded=1

パワー半導体 主要メーカー

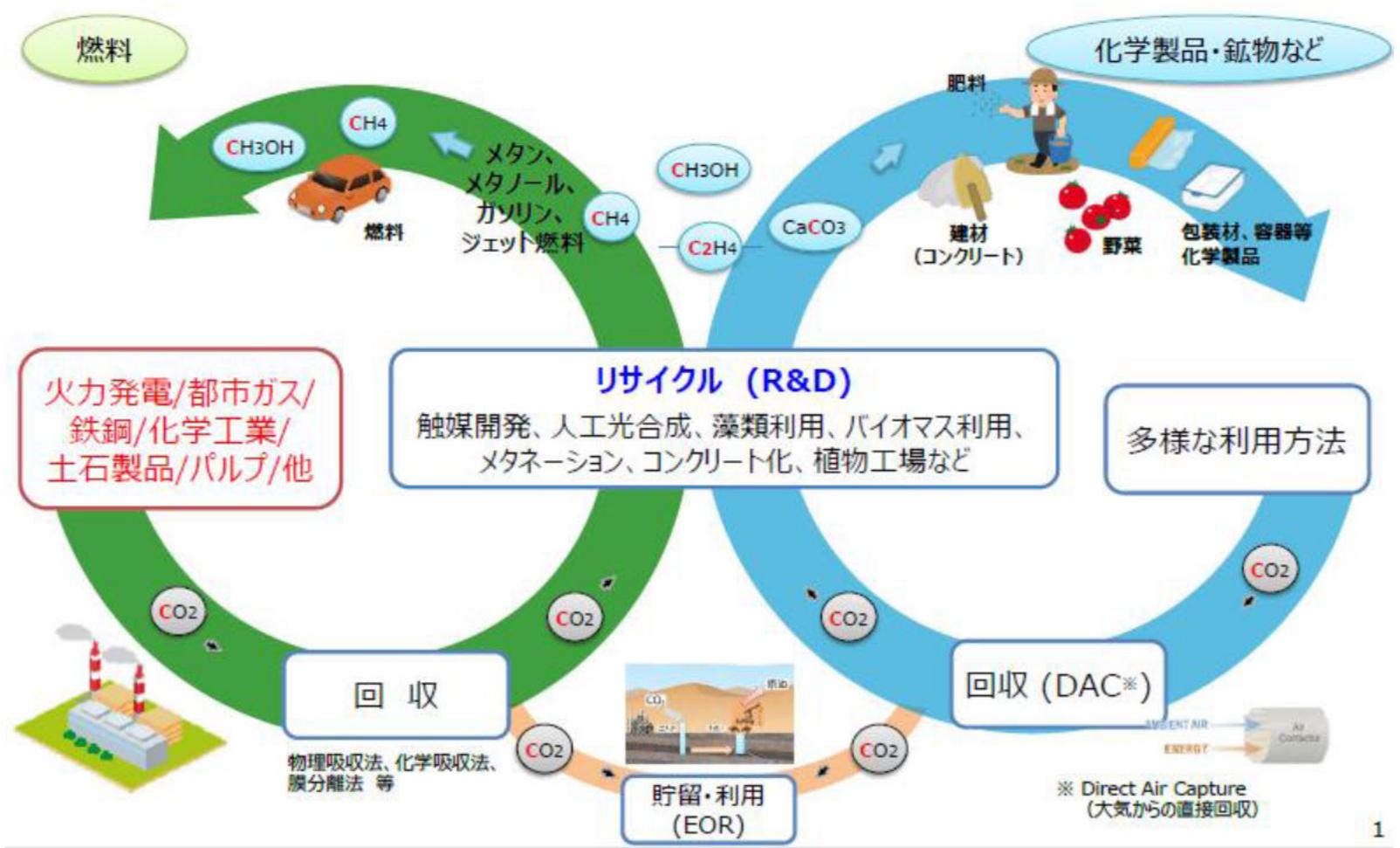
- パワー半導体の参入メーカーは、日本、欧州、米国の企業が中心となっており、中国や韓国、台湾などの企業は上位にはいない状況である。
- パワーエレクトロニクス機器の製造において、中国は依然としてInfineon、富士電機、三菱電機などの海外サプライヤーに強く依存している。
- ただし、中国のパワー半導体サプライヤーは、現在のパワーエレクトロニクスのエコシステムで重要な役割を担うところまで成長してきている。

パワー半導体メーカー

	メーカー名	国籍
1	Infineon Technologies AG	ドイツ
2	ON Semiconductor	米国
3	STMicroelectronics	スイス
4	Vishay Intertechnology	米国
5	三菱電機	日本
6	ローム	日本
7	東芝	日本
8	ルネサス	日本
9	富士電気	日本
10	Littelfuse	米国
11	Diodes	米国
12	Semikron	ドイツ
13	Nexperia	中国
14	Alpha & Omega Semiconductor	米国
15	Bosch	ドイツ

出典：Yole Développement「Discrete Power Device Packaging: Materials Market and Technology Trends 2019」2019年1月
https://www.i-micronews.com/products/discrete-power-device-packaging-materials-market-and-technology-trends-2019/?utm_source=PR&utm_medium=email&utm_campaign=Discrete Power Devices Packaging MarketOverview May2019-1&cn-reloaded=1

カーボンサイクルのコンセプト ～実現に向け研究開発を強力に推進～



出典：経済産業省「カーボンサイクル政策について」 2021年2月

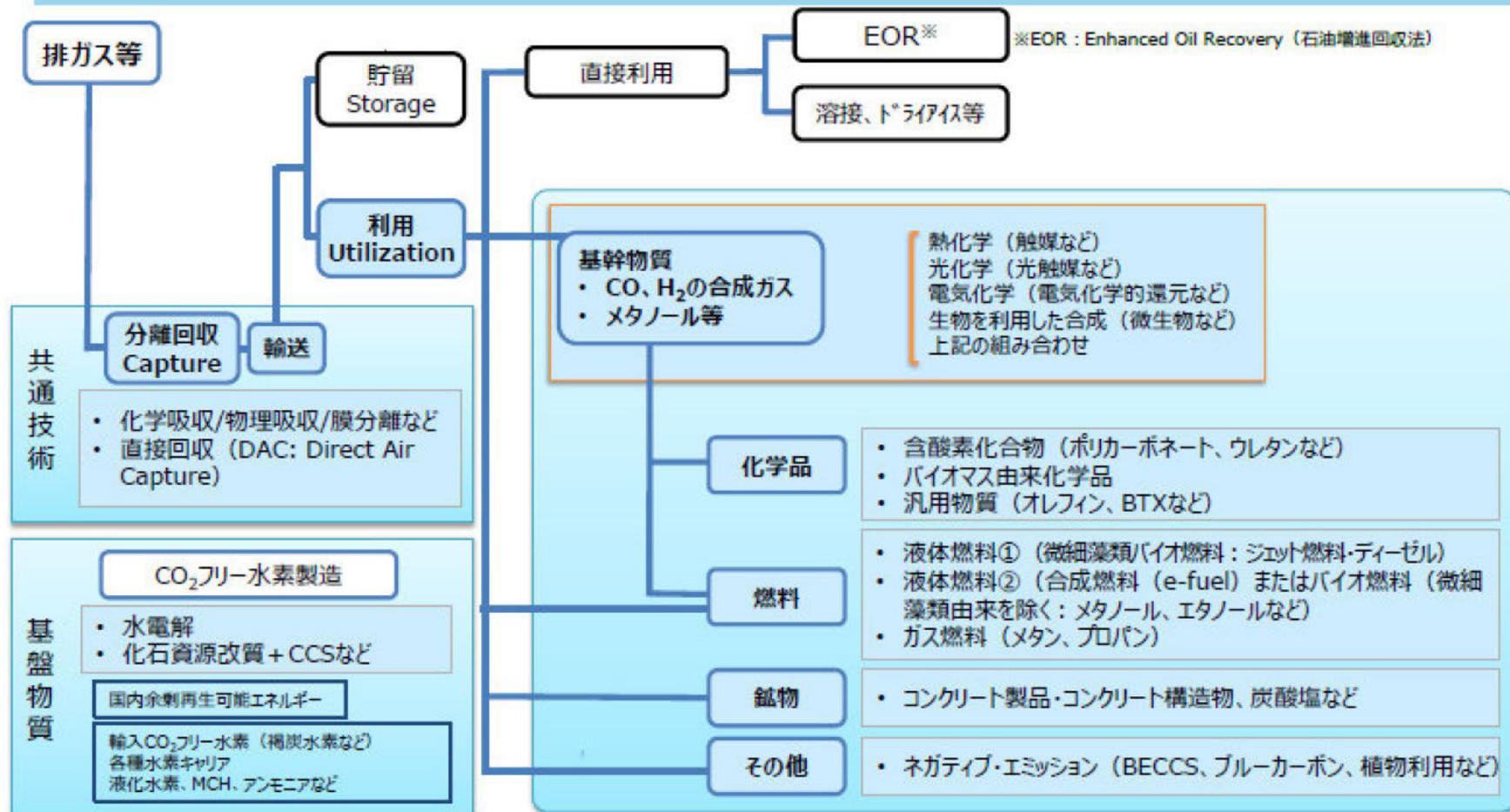
CCUS/カーボンサイクルの概要

- 火力発電のCO₂排出量をおさえる（低炭素化）ため、さまざまな取り組みがなされている。「CCUS/カーボンサイクル」はその取り組みのひとつ。
- CCSは、「Carbon dioxide Capture and Storage」の略で、日本語では「二酸化炭素回収・貯留」技術と呼ばれている。発電所や化学工場などから排出されたCO₂を、ほかの気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入するというもの。
- CCUSは、「Carbon dioxide Capture, Utilization/Carbon Recycling」の略で、CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO₂排出を抑制するもの。

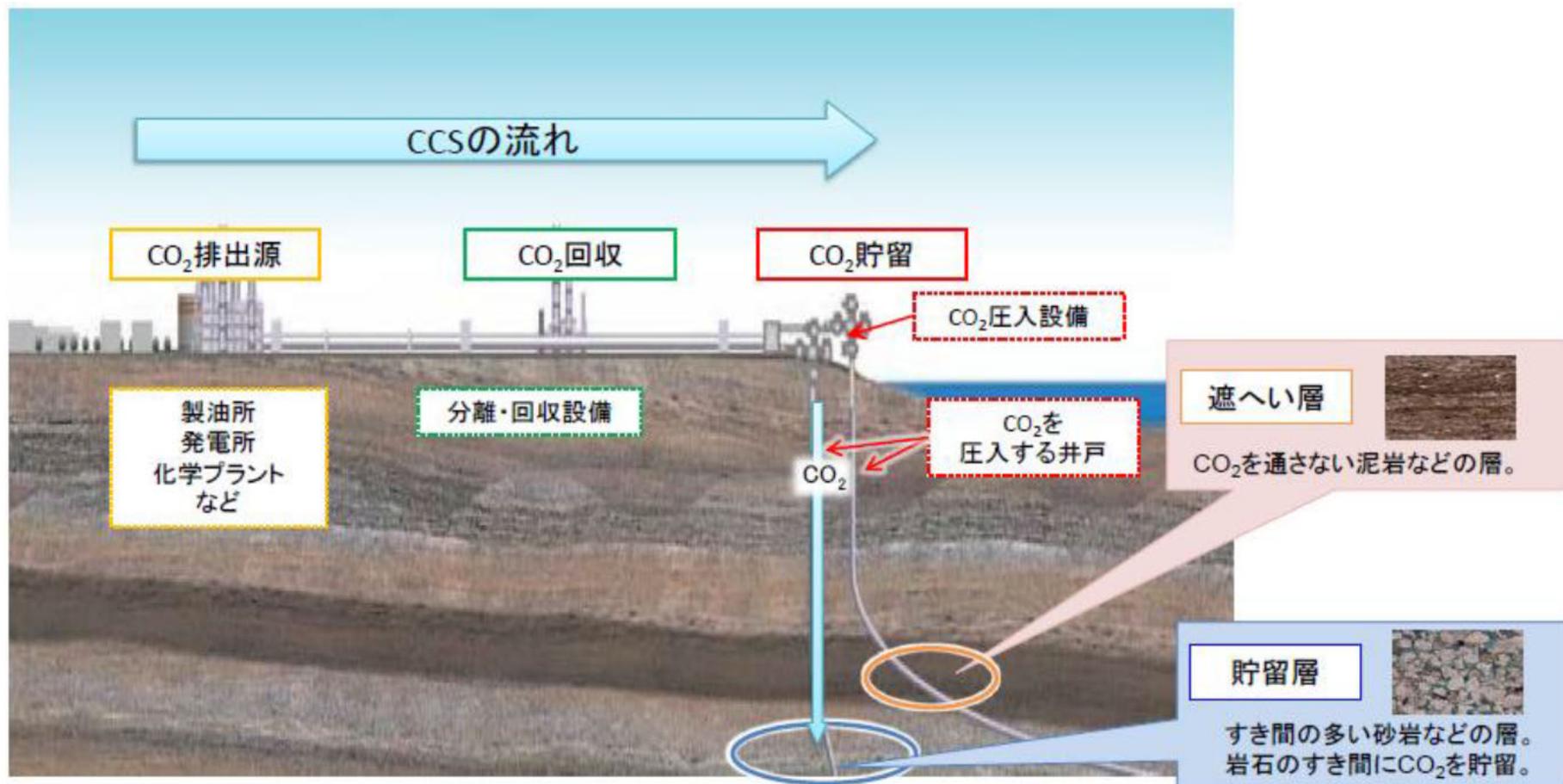
出典：経済産業省「CCSの進捗と今後の方向性」 2021年2月、経済産業省「カーボンサイクル政策について」 2021年2月
URLなし「提供より」

CCUS/カーボンサイクルの説明

- **カーボンリサイクル**：CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO₂排出を抑制。



CCSの説明

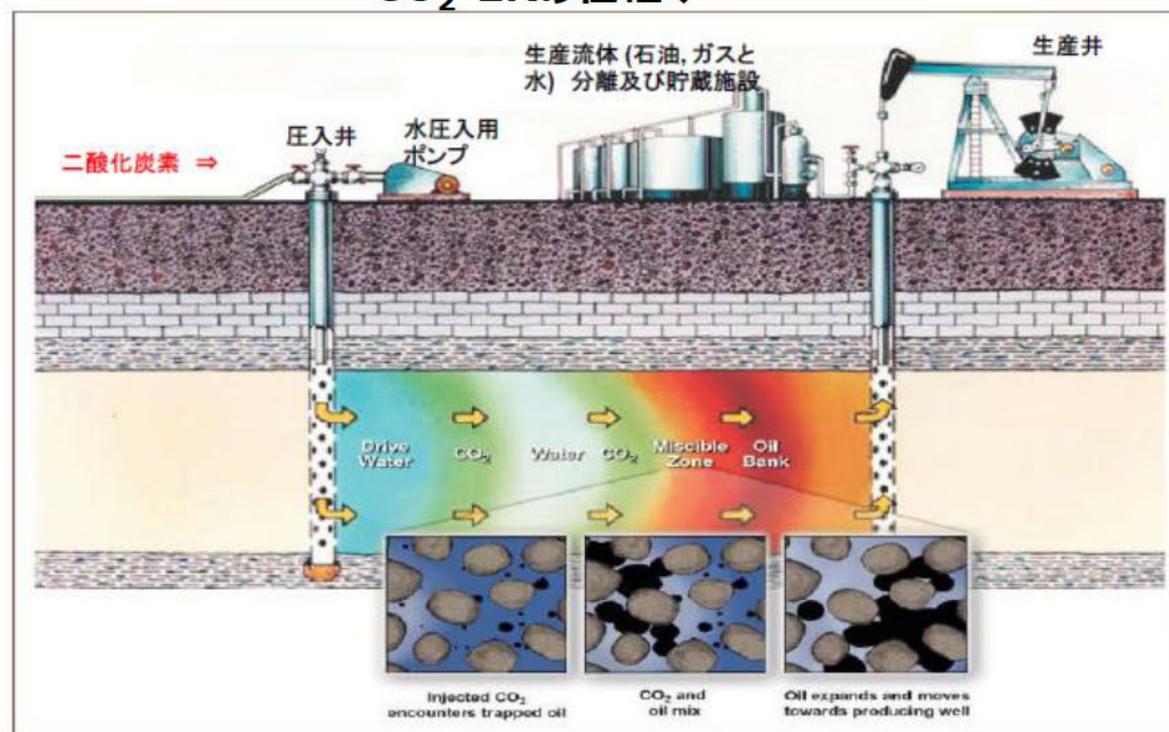


出典：経済産業省「CCSの進捗と今後の方向性」 2021年2月

CO₂-EOR

- 近年は、CO₂の「有効利用」を意味する“Utilization”を用いて、CCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization & Storage）と表記する国、団体が多い
- CCUSの1つに分類される-EOR（CO₂による原油増進回収法／CO₂攻法）は、CO₂を油田へ圧入することで、地層中の原油の流動性を向CO₂上させ、原油の生産量を増大させる手法
- 増油による経済性が見込まれるため、北米の一部の事業では、既に商業規模で実施

CO₂-ERの仕組み



CCSの意義

カーボンニュートラルの世界においては、化石燃料のように地球環境に固定されていた炭素を採取・使用することで大気に放散される温室効果ガス排出量を、

① 代替技術により排出をゼロに抑えるか、

② 大気放散される前にCCUSし、

グロス排出をゼロに抑える努力をしなければならない。また、農業・運輸など脱炭素化が困難な領域においては、その排出量分を

③ DACCS、BECCS、植林などのネガティブエミッションによって、大気からCO₂を回収・貯留することで、トータルとして、温室効果ガス排出量を実質ゼロ（ネットゼロ）をする必要がある。

● 脱炭素のオプションとしてCCUSが重要な理由は以下の通り。

① 脱炭素化が難しい分野において、CCUSは脱炭素化の代替手段になりうる。

② ネガティブエミッションに不可欠な技術（BECCS・DACCS）

③ 将来の大幅な温室効果ガス排出削減に貢献

④ 費用対効果が高い。（IPCCの分析によると、CCS無しの場合、コストが2.4倍に増加）

⑤ 多くの既存の発電所・産業施設の継続操業が可能（分離回収施設の後付可）

全体としてのカーボンニュートラル実現に向けたカーボンリサイクル

- **パリ協定の目標達成**に向け、温室効果ガスの**実効的な排出削減**、全体としてのカーボンニュートラルを**追求**。
- 他方、**国民生活向上・経済発展やエネルギー安全保障**にとって、発展段階に応じて、**化石燃料を使わざるを得ない産業・地域**が存在。
- **化石燃料のゼロエミッション化**の実現には、CO₂を資源として活用する**カーボンリサイクルが有効**。

➤ カーボンリサイクルの意義

1. カーボンリサイクル自体が、**直接的に温室効果ガス削減に貢献**。

2. カーボンリサイクルの実現には、水素や再生エネの活用・相乗効果が、**ネットゼロの実現に有効**。

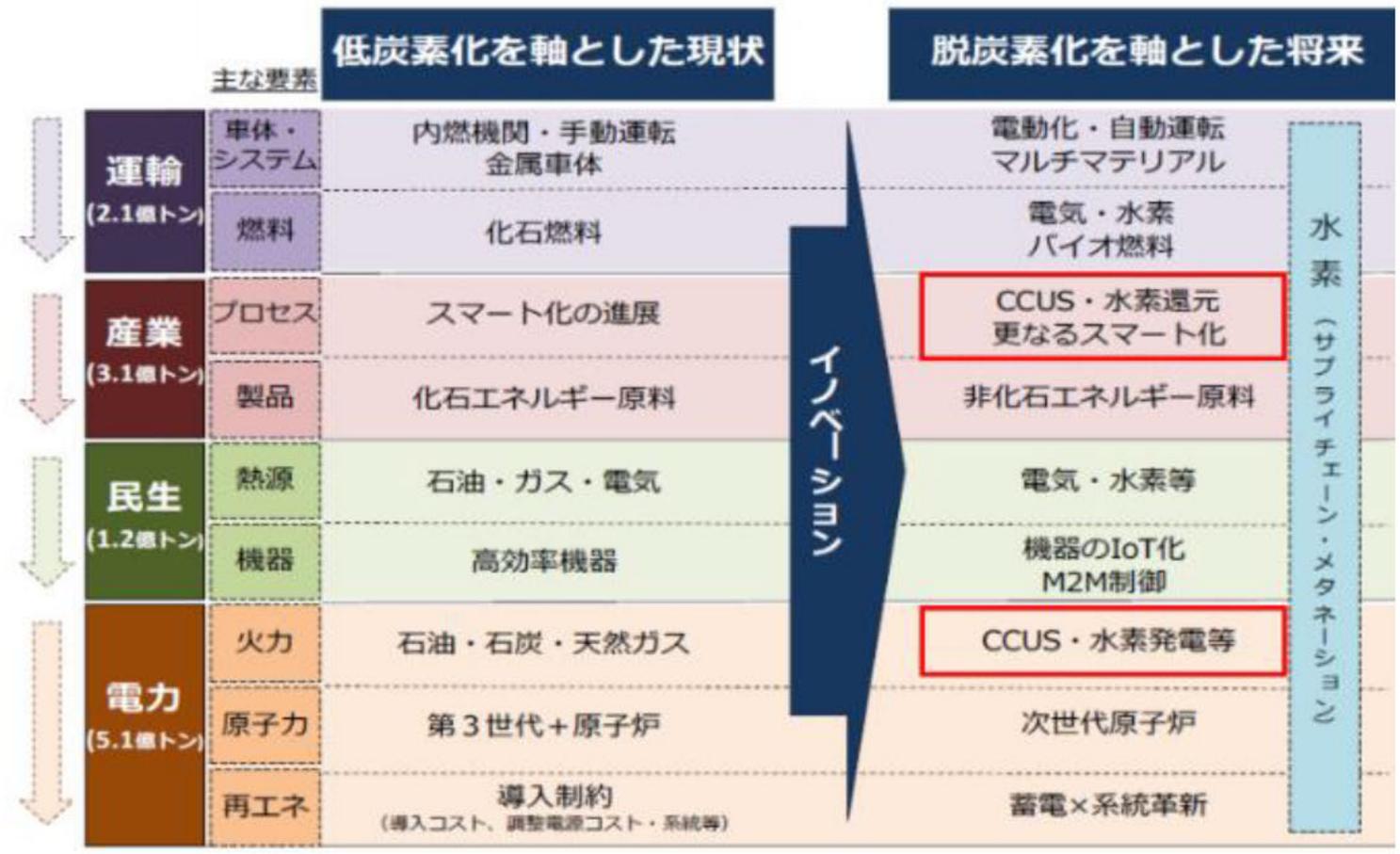
3. カーボンリサイクルは、（省エネ・省資源、リサイクル等と同様に）**多様な業種**（化学、セメント、機械、エンジニアリング、化石燃料、バイオ等）の事業者が、**それぞれの事業分野**において、**既存インフラを活用して取組可**。
（メタネーション、合成燃料（e-fuel）含む）

- 欧米各国においても、**化石燃料・既存インフラを活用**しつつ、温室効果ガスの**ネット・ゼロの実現**を目指し、（化石燃料由来のCO₂を相殺する）**ネット・ゼロエミッション技術**に着眼。
→ カーボンリサイクルと同様のコンセプト（サウジアラビアのCircular Carbon Economy、カナダのCarbon Capture and Conversion、米国のNet Negative Emission）を打ち出し、**開発競争が加速**。

出典：経済産業省「カーボンリサイクル政策について」 2021年2月

脱炭素化を軸とした将来像

一定の前提条件下においては、CCSは低炭素技術としてコスト競争力を有し、電力部門、産業部門において、CCUSが大規模削減の有力な手段の1つとして想定され、引き続き、CCSの実用化に向けた課題へ取り組んでいくことが重要。



出典：NEDO「CCUS/カーボンサイクル/バイオものづくり分野の技術動向について」,
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_07_01.pdf

3. 輸送・製造関連産業

5) CCUS / カーボンサイクル分野

概要

政策

市場

企業

技術開発動向

カーボンサイクル技術開発の概要

※1 価格は事例を調べ
 ※2 基幹物質、化学品（一部の含酸素化合物を除く）、燃料の多くの技術は普及するために安価で、大量の、CO₂フリー水素が必要。バイオマス由来の場合にも水素化処理等に用いる水素が必要。

	CO ₂ 変換後の物質	現状※1	課題	既存の同等製品の価格※1	2030年	2050年以降
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	-	プロセスの低コスト化	プロセスの更なる低コスト化
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）	300-500円程度/kg （ポリカーボネート（国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	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	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	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	100円/kg （エチレン（国内販売価格））	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
燃料	液体燃料（微細藻類燃料）	実証段階 【価格例】 バイオジェット燃料 1600円/L	生産率向上、低コスト・効率的な前処理技術 など	100円台/L （バイオジェット燃料（国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト（100-200円/L）	更なる低コスト化
	液体燃料（CO ₂ 由来燃料またはバイオ燃料（微細藻類由来を除く））	実証段階（合成燃料（e-fuel））、バイオエタノールのうち、可食性バイオマス由来については一部実用化	現行プロセスの改善、システム最適化 など	50-80円（原料用アルコール（輸入価格）） 約130円（工業用アルコール（国内販売価格））	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
	ガス燃料（メタン）	実証段階	システム最適化、スケールアップ など	40-50円/Nm ³ （天然ガス（輸入価格））	CO ₂ 由来CH ₄ のコストダウン	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
鉱物	炭酸塩、コンクリート製品・構造物	一部実用化、低コスト化に向けた様々な技術の研究開発が実施中 【価格例】数百円/kg（道路ブロック）	CO ₂ と反応させる有効成分の分離、微粉化 など	30円/kg （道路ブロック（国内販売価格））	道路ブロック：既存のエネルギー・製品と同等のコスト	道路ブロック以外：既存のエネルギー・製品と同等のコスト
共通技術	CO ₂ 分離回収	一部実用化（化学吸収法）、その他手法は研究・実証段階 【価格例】 4000円程度/t-CO ₂ （化学吸収法）	所要エネルギーの削減 など	-	1000-2000円台/t-CO ₂ （化学吸収、固体吸収、物理吸収、膜分離）	1000円以下/t-CO ₂
基盤物質	水素	概ね技術確立済み（水電解等）、他の手法を含め低コスト化に向けた研究開発が実施中	低コスト化 など	-	30円/Nm ³	20円/Nm ³ （プラント引き渡しコスト）

出典：経済産業省「カーボンサイクル政策について」 2021年2月

カーボンサイクル関連予算による主な技術開発① (2020年度)

化学品	製品・生成物	開発段階
富山大、日本製鉄、日鉄エンジニアリング、ハイコム、千代田化工、三菱商事	パラキシレン	基礎 (NEDO)
三菱ケミカル・東大等 (人工光合成プロジェクト)	メタノール/オレフィン	基礎 (NEDO)
AIST、神戸大学、かずさDNA研究所 味の素 (スマートセルプロジェクト)	バイオプラ・医薬品原料等	基礎～実証 (NEDO)
花王、大洋塩ビ、日本製紙、宇部興産、東ソー、大王製紙、スギノマシン、産総研、パナソニック、住友ゴム、福井大学等	セルロースナノファイバー	基礎～実証 (NEDO)
AIST、NITE、静岡県環境衛生科学研究所、東大、愛媛大、島津テクノ、日清紡	海洋生分解性プラ	基礎～実証 (NEDO)

鉱物	製品・生成物	開発段階
出光興産、宇部興産、日揮、成蹊大、東北大	セメント原料	基礎～実証 (NEDO)
竹中工務店	地盤改良材	基礎～実証 (NEDO)
トクヤマ、双日、ナミストテクノロジーズ	炭酸ナトリウム、重曹	基礎～実証 (NEDO)
中国電力、広島大 中国高圧コンクリート工業	緑化基盤材 等	基礎～実証 (NEDO)
早稲田大、サクラ、日揮	セメント原料 等	基礎～実証 (NEDO)
太平洋セメント	セメント原料	基礎～実証 (NEDO)

燃料	製品・生成物	開発段階
IHI、三菱パワー、ユーグレナ、bits、ちとせ、電源開発	ジェット燃料 (微細藻類)	基礎～実証 (NEDO)
国際石油開発帝石、日立造船	メタン	基礎～実証 (NEDO)
JPEC	e-fuel製造技術調査	基礎 (NEDO)

大崎拠点化	製品・生成物	開発段階
大崎クールジェン、JCOAL	拠点整備、研究支援	-
中国電力、鹿島建設、三菱商事	改良型CO2吸収コンクリート	基礎 (NEDO)
川崎重工業、大阪大	パラキシレン	基礎 (NEDO)
中国電力、広島大学	ディーゼル燃料等 (菌類)	基礎 (NEDO)
日本微細藻類技術協会	ジェット燃料 (微細藻類)	基礎 (NEDO)



出典：経済産業省「カーボンサイクル政策について」 2021年2月

カーボンサイクル関連予算による主な技術開発②（2020年度）

基礎・先導研究	製品・生成物	開発段階
大阪ガス、AIST	共電解を利用した水とCO2からの直接メタン合成	基礎 (NEDO)
JCOAL、慶應義塾大学 東京理科大学	ダイヤモンド電極を活用 CO2電気還元により 基幹物質を製造	基礎 (NEDO)
電力中央研究所、東京工業大学	CO2電解リバーシブル 固体酸化物セル開発	基礎 (NEDO)
AIST、同志社大学	高温溶解塩電解を 利用したCO2還元・分解	基礎 (NEDO)
東芝エネルギーシステムズ、九州大学	CO2/H2O共電解	基礎 (NEDO)
東海国立大学機構、澤藤電機 川田工業	放電プラズマによる CO2還元・分解	基礎 (NEDO)
電力中央研究所、慶應義塾大学	中低温イオン液体を用いた 尿素電解合成	基礎 (NEDO)
住友大阪セメント、山口大学 九州大学	カルシウム含有廃棄物から のカルシウム抽出、CO2鉱 物固定化	基礎 (NEDO)
MHPS、電力中央研究所、東洋建設 JCOAL	石炭灰及びバイオマス灰 によるCO2固定・活用	基礎 (NEDO)
神鋼環境ソリューション、岡山大学、 理化学研究所	金属ナトリウム分散体 によるカルボン酸合成	基礎 (NEDO)
三菱ガス化学、日本製鉄、日鉄エンジ 東北大学	CO2利用ポリカーボネート 製造用中間体	基礎 (NEDO)

CO2分離・回収	製品・生成物	開発段階
大崎クールジェン	物理吸収法	実証 (NEDO)
川崎重工業、RITE	化学吸収法 (固体)	実証 (NEDO)
住友化学、RITE	膜分離法 (有機膜)	実証 (NEDO)
日本製鉄、日鉄エンジ、神戸製鋼 JFEスチール	化学吸収法 高炉からCO2を分離回収	実証 (NEDO)

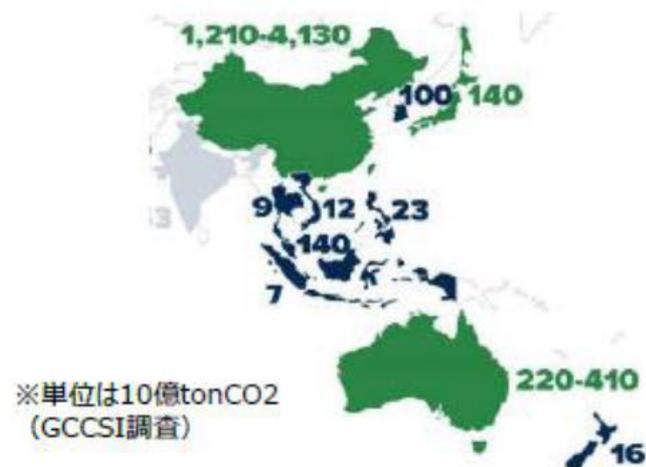
その他	製品・生成物	開発段階
日本CCS調査、三菱パワー、 三菱エンジ、三菱ガス化学	CCS実証/メタノール	実証/調査 (NEDO)
日本CCS調査	二酸化炭素貯留ポテンシャル	調査
アズビル、出光興産、ダイキン工業、 フジタ	JCM化を含む低炭素化技術 の活用案件発掘・調査	調査
日揮、JXTG、TCV	CO2圧入による原油増産の ためのCO2分離技術	実証
北陸先端科技大、早稲田大学、 東北大学、千葉大学等	カーボンニュートラル技術	基礎
AIST、東京農業大学、九州大学、 新潟大学、電力中央研究所等	国際共同研究	基礎

出典：経済産業省「カーボンサイクル政策について」 2021年2月

アジアグローバルネットワークの構築

- 革新的技術の一つである**CCUSは、アジア各国で100億トン以上の貯留ポテンシャルがあるもの**の政策・制度整備が進んでいない。**アジアの脱炭素化のためには、CCUSの環境整備を進め、技術・経験を共有**していくことが不可欠。
- **JCM（二国間クレジット制度）**を活用した、大規模日尼共同CCUSプロジェクト(Gundihガス田など)に向け調査開始。
- 我が国のCCUS技術の知見の共有とアジアへのCCUS普及を目的とした第3回東アジアエネルギーフォーラムを2020年年11月に開催予定。**ASEAN全域へのCCUS展開を見据え、アジアのCCUSネットワーク構築**を予定。

アジアの貯留ポテンシャル

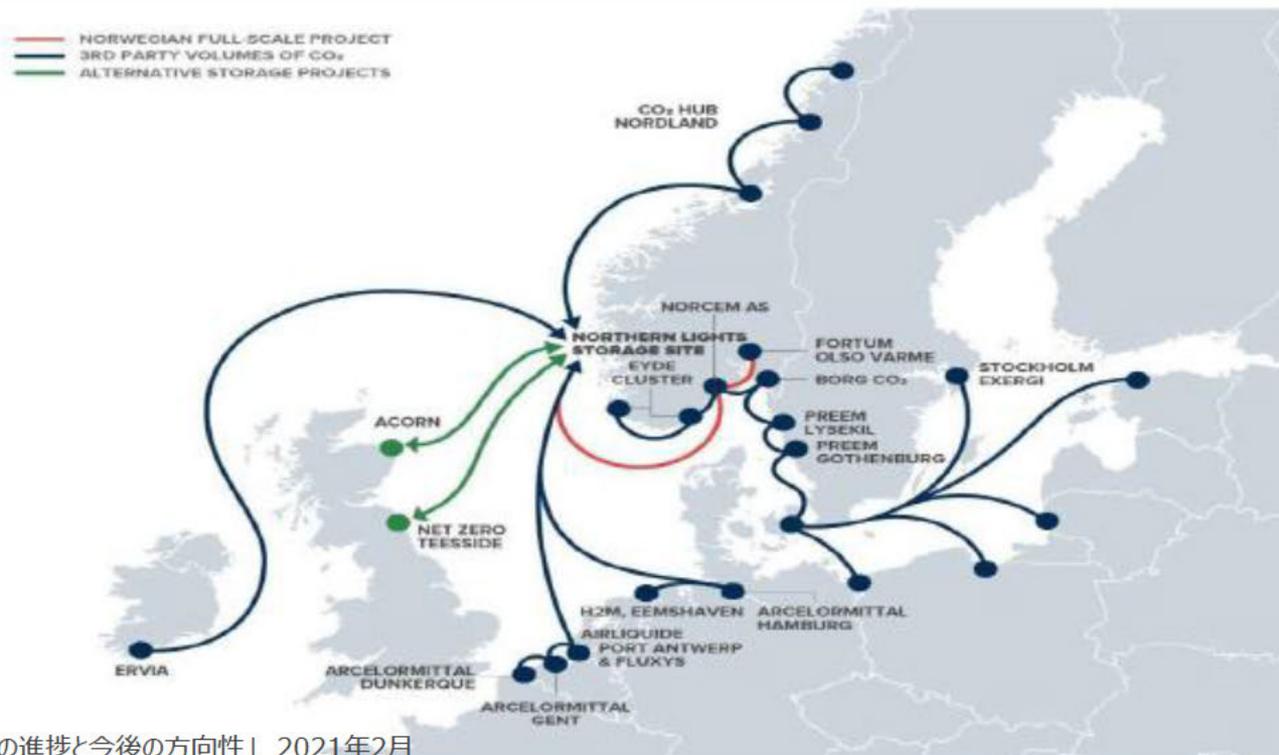


アジアのCCUSネットワーク



欧州での取り組み

- 欧州では、船舶も活用し、国境を越えたCO₂輸送・貯留ネットワーク（CCS Hub & Cluster）を構築し、欧州大でのCCSを実現する絵姿を描く。

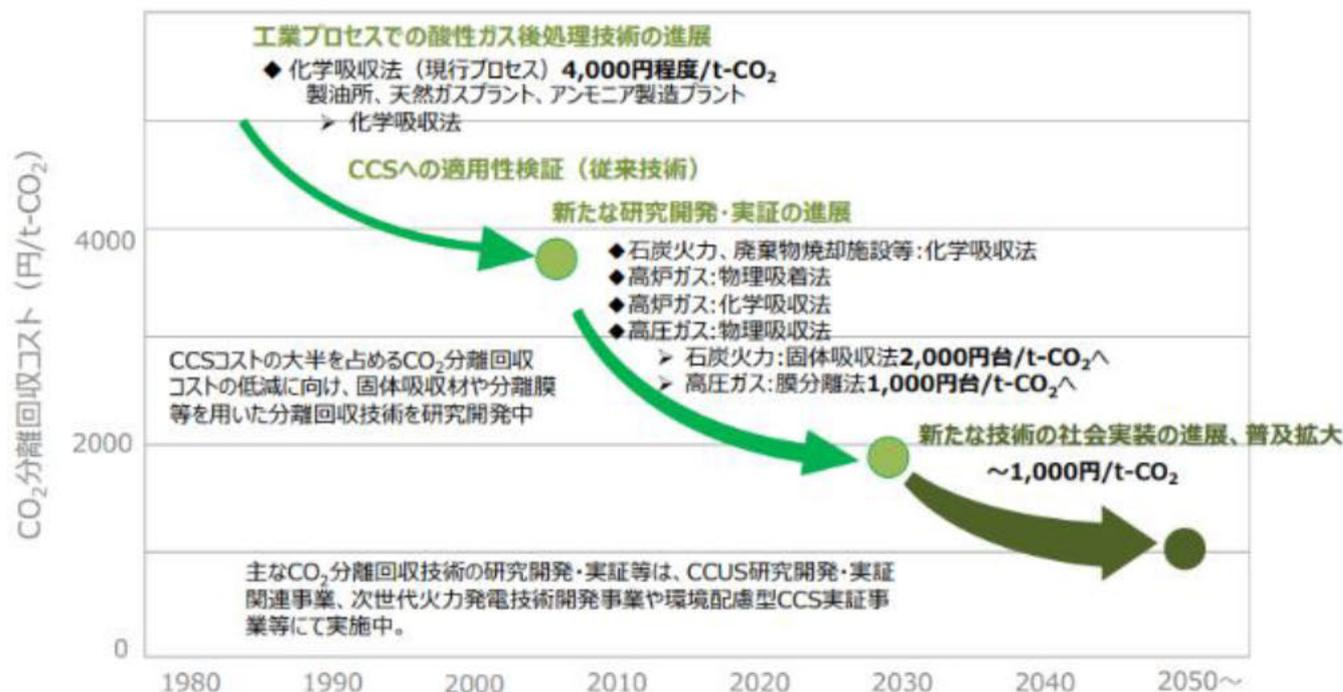


出典：経済産業省「CCSの進捗と今後の方向性」 2021年2月

- Northern Lights Project: ノルウェーの船舶輸送を活用したフルスケールCO₂回収貯留実証プロジェクト。フェーズ1では年間150万トンの貯留能力。Equinor、Shell、Totalは投資決定を行った。政府・議会が、前向きな最終投資決定を2020年に行えば、フェーズ1は2024年に操業開始と期待されている。将来的には、欧州各国からCO₂受け入れも想定している。
- 商用化に向けて、供給・輸送など面で、グローバルネットワークの構築、船舶での運搬などの課題がある。

CCUS/カーボンリサイクルのコスト

- 「革新的環境イノベーション戦略」において、「2050年までCO₂分離回収のコストを1,000円/t- CO₂ 以下とすることを目指す。」とされている。
- CCUS/カーボンリサイクルの基盤となる低コストなCO₂分離回収技術の確立が課題とされている。



出典：経済産業省「CCUS/カーボンリサイクル関係の技術動向」令和2年7月、
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_07_03.pdf
 統合イノベーション戦略推進会議決定「革新的環境イノベーション戦略」令和2年1月
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf>

国際機関によるCCSの位置づけ

IPCC AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (2014)

多くのモデルでは、追加的な排出削減がかなり遅延したり、又は、バイオエネルギー、CCS、及びその組み合わせ(BECCS)などの鍵となる技術の使用が制限されたりすると、2100年までに約450ppmCO₂換算という大気濃度水準^{*1}(2度目標)を達成できなかった。

^{*1} : 人為起源のGHGの排出による気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑えられる可能性が高い緩和シナリオは、2100年に大気中の濃度が約450ppmCO₂換算となるものである(確信度: 高い)。

Many models could not achieve atmospheric concentration levels of about 450 ppm CO₂eq by 2100 if additional mitigation is considerably delayed or under limited availability of key technologies, such as bioenergy, CCS, and their combination (BECCS).

CCS技術の利用が限定されているシナリオにおける総緩和費用の増加割合は、2100年までに約450ppmCO₂換算という大気濃度水準^{*1}(2度目標)において、138% (費用増加割合の幅: 29~297) [シナリオ数: 4] (Table SPM.2より引用)。

IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (2020)

CCUSの役割は、予測期間中に変化。最初は、電力セクターと重工業の既存の資産の脱炭素化に焦点が当てられるが、時間の経過とともに、大気からの炭素の除去にシフトし、排出削減が困難な分野の排出量を除去する。CCUSは、2070年の累積排出量削減に4番目に大きな貢献をしており、全体の15%を占める。

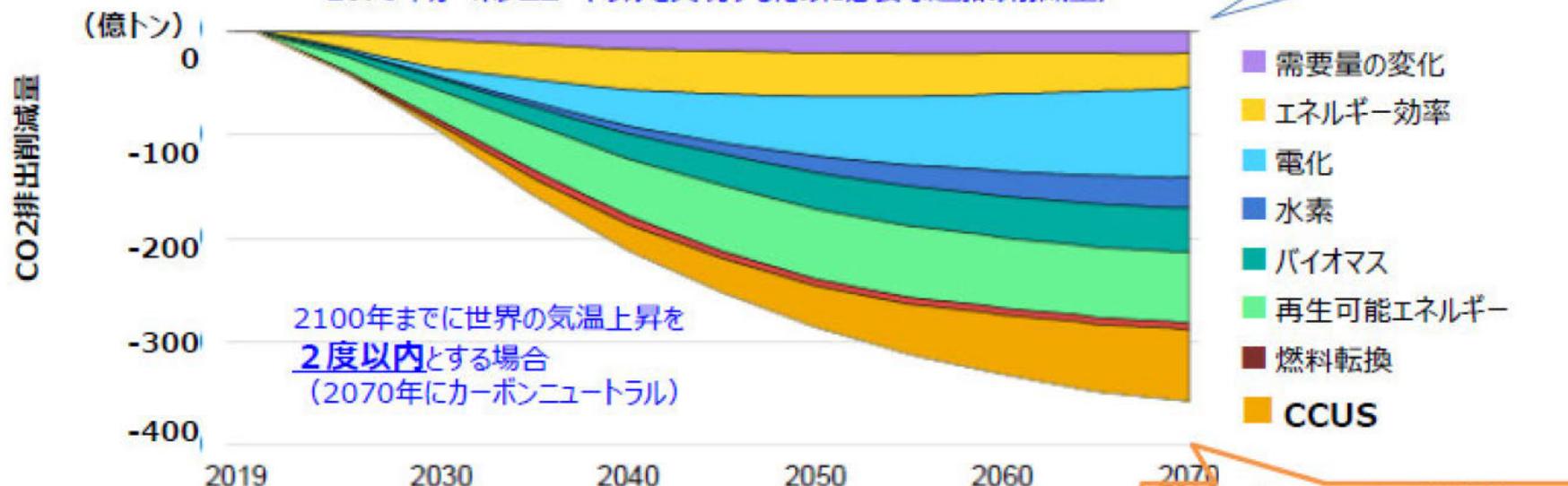
The role of CCUS changes over the projection period: at first the focus is on decarbonising existing assets in the power sector and heavy industries, but over time it shifts towards the removal of carbon from the atmosphere, offsetting emissions in sectors where they are hard to abate. CCUS makes the fourth-largest contribution to cumulative emissions savings in 2070, accounting for 15% of the total.

IEAの宣言

- IEA（国際エネルギー機関）によると、CCUSが、2070年までの累積CO₂削減貢献量の15%（約1650億トン）を担うことが期待されている。
- また、カーボンニュートラル達成時におけるCCUSのCO₂削減貢献量は約69億トン/年。

世界のエネルギー起源CO₂排出削減貢献量

パリ協定に基づいて各国が現在表明している削減目標に基づく排出量から、2070年カーボンニュートラルを実現するために必要な追加の削減量



カーボンニュートラル達成時にCCUSの削減貢献量は約69億トン/年。

(比較) 日本のCO₂排出量
約12億トン/年 (2018年)

出典：IEA “Energy Technology Perspectives 2020” Figure2.2

主要国のCCUS/カーボンサイクルの位置づけ

● 米国、カナダ、欧州諸国の2050年に向けた長期戦略においても、濃淡はあるものの、各国ともゼロエミ化、電化の重要な手段としてCCS/CCUSを位置付けている。

	削減目標	柔軟性の確保	主な戦略・スタンス		
			ゼロエミ化 ゼロエミ比率 引き上げ 変動再エネ + 原子力	省エネ・電化	CCUS
米国	▲80%以上 (2005年比)	削減目標に向けた 野心的ビジョン (足下での政策立案を意図するものではない)	引き上げ 変動再エネ + 原子力	大幅な電化 (約20%→45~60%)	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年 CCS火力 0~25%。 ・シナリオにより CCS付火力存在
カナダ	▲80% (2005年比)	議論のための 情報提供 (政策の青写真ではない)	電化分の確保 水力・変動再エネ + 原子力	大幅な電化 (約20%→40~70%)	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年 CCS火力 0~10% ・多排出産業で CCSの削減余地
フランス	▲75% (1990年比)	目標達成に向けた あり得る経路 (行動計画ではない)	電化分の確保 再エネ + 原子力	大幅な省エネ (1990年比半減)	<ul style="list-style-type: none"> ・完全ゼロエミ化 シナリオではCCS 不可欠 ・多排出産業で CCS活用
英国	▲80%以上 (1990年比)	経路検討による今後数年の 打ち手の参考 (長期予測は困難)	ゼロエミ比率 引き上げ 変動再エネ + 原子力	省エネ・電化を推進	<ul style="list-style-type: none"> ・2025年までに CCSの無い石炭火力を廃止 ・CCUS技術開発を先導
ドイツ	▲80~95% (1990年比)	排出削減に向けた 方向性を提示 (マスタープランを模索するものではない) <small>※定期的な見直しを行う</small>	引き上げ 変動再エネ	大幅な省エネ (1990年比半減)	<ul style="list-style-type: none"> ・産業部門で新技術による低炭素化が困難な場合に、CCU, CCSの順に検討

出典：経済産業省地球環境連携室「CCSを取り巻く状況」平成30年6月11日、
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangqi/ccs_jissho/pdf/001_05_00.pdf

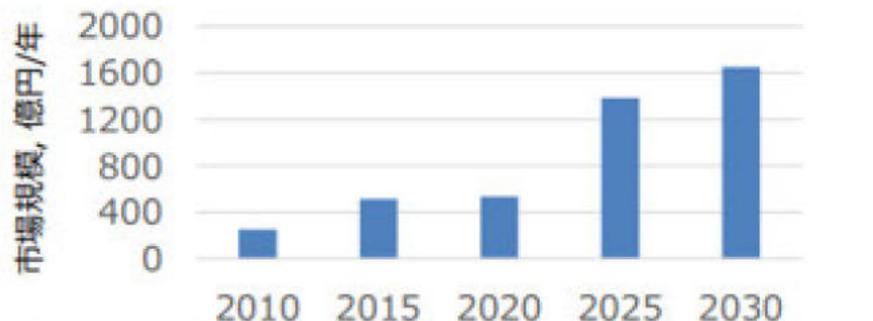
市場動向（総論）

- 富士経済（東京都中央区）の調査によると、2019年のCO₂分離・カーボンサイクル関連の世界市場は4兆8569億円。今後も拡大を続け、2030年には2019年比17.2%増の5兆6928億円に拡大すると予測。
- CO₂利活用プラントは、現状はCCS（CO₂分離・固定）プラントとEOR（石油回収増進）プラントが大半だが、カーボンサイクルに向けてCO₂利用化学品やE-Fuel（カーボンフリー水素やCO₂を反応させて作る合成燃料）の実証プラントが相次ぎ稼働し、2030年以降の実用化に向けて技術開発が進められている。世界のCO₂分離量は、2019年は7億6314万t。
- 世界のCO₂発生量は、2019年は331億9053万t、2030年は2019年比1.4%増の336億41251万tに増加すると予測。発電所での発生量が最も多く、2019年は全体の40%以上。尚、2020年は新型コロナウイルスの影響で一時的に落ち込むと予測。

市場動向（分離回収）

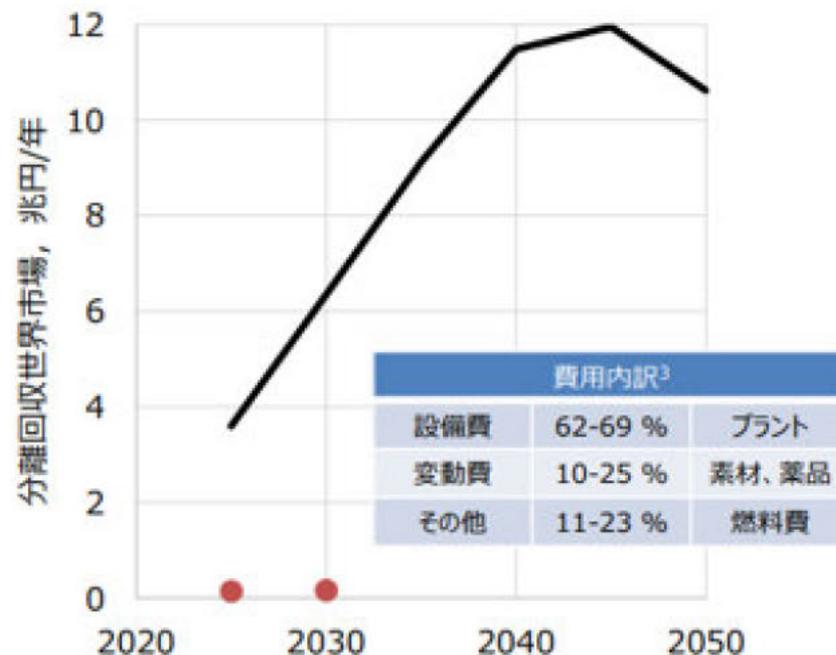
- EOR(石油増進回収)向けで500億円/年程度の市場(2015)。2050年の分離回収の市場は10兆円規模。(プラント建設:6~7兆円/年、吸収液や膜などの消耗品:1~3兆円/年)
- 現状、日本のエンジニアリングメーカーが分離回収プラント実績として高いシェア。
- 各国で分離回収のコスト目標と共に技術開発が推進され、今後、競争が見込まれる。

EORにおける分離回収設備の実績および計画



出典：IEA, The outlook for EORのデータに基づきNEDO TSCで作成。
<https://www.iea.org/newsroom/news/2018/november/whatever-happened-to-enhanced-oil-recovery.html>

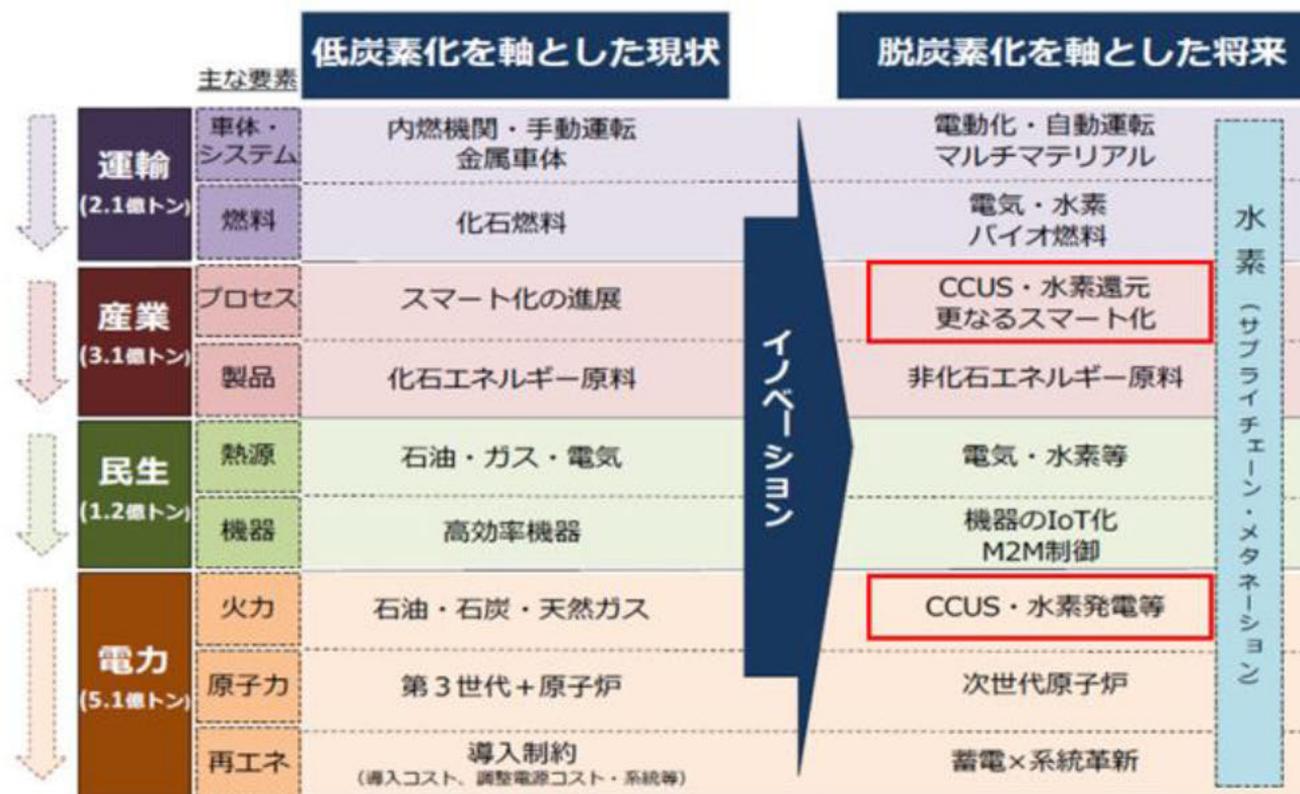
分離回収の世界市場



出典：NEDO「CCUS/カーボンサイクル/バイオものづくり分野の技術動向について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_07_01.pdf

脱炭素化を軸とした将来像

一定の前提条件下においては、CCSは低炭素技術としてコスト競争力を有し得、電力部門、産業部門において、CCUSが大規模削減の有力な手段の1つとして想定され、引き続き、CCSの実用化に向けた課題へ取り組んでいくことが重要となる。



出典：NEDO「CCUS/カーボンサイクル/バイオものづくり分野の技術動向について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_07_01.pdf

世界の大規模CCS/CO₂-EORプロジェクト（操業中）のビジネスモデルの分類

- 世界では、現在、21件の大規模プロジェクトが稼働中。CO₂回収追加コスト、EORによる収益の有無で分類すると、EORありで分離回収コストの低いプロジェクトが進行中。
- 日本では、EORが現実的でなく、発電分野においては、比較的分離回収コストも高く、検討されるビジネスモデルは追加でCO₂を回収し、帯水層貯留を実施するパターンとなる。

	分離回収コスト低い	分離回収コスト高い
EORあり	<p>11件</p> <p><u>製造プロセスでCO₂を回収 + CO₂-EOR</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 天然ガス処理8件 肥料製造からの回収3件 	<p>5件</p> <p><u>追加でCO₂を回収 + CO₂-EOR</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 水素製造（エアプロダクツ）・石油製造 発電（パウンダリーダム、ペトラノバ） 製鉄（アブダビ）
EORなし	<p>4件</p> <p><u>製造プロセスでCO₂を回収 + 帯水層貯留</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 天然ガス処理（スライプナー、スノーピット、ゴルゴン） バイオエタノール（イリノイ） 	<p>1件</p> <p><u>追加でCO₂を回収 + 帯水層貯留</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 水素製造（クレスト）

CCSコスト小：天然ガス処理、バイオエタノール製造、アンモニア・肥料製造⇒CO₂の分離・回収コストがもともと製品価格に含まれているため追加費用とならない、または小さい
 CCSコスト中：石油精製の水素製造⇒燃焼排ガスに比べ、ガス中のCO₂濃度が高く、中程度のコストで分離・回収できる
 CCSコスト大：セメント製造、製鉄、発電⇒石油精製等プロセス中のガスに比べ、ガス中のCO₂濃度が低く、CO₂の分離・回収コストが大きい。

1

出典：経済産業省「CCSの進捗と今後の方向性」2021年2月

世界の大規模CCS/CO₂-EORプロジェクト (2020年)

- 稼働中の事業の大半はEORであり、帯水層での大規模CCSは5件のみ(2019年)。
- 北米で多くのプロジェクトが先行している一方、中東、東アジアでのプロジェクト数も増加傾向。



出典：「CCUS研究開発・実証関連事業①～④」プロジェクトの概要 (公開) NEDO環境部
<https://www.nedo.go.jp/content/100923978.pdf>

世界の稼働中のCCS/CO₂-EORプロジェクト①

- 世界では21件のプロジェクトが稼働。21件のうち、天然ガス処理CCS：12件、アンモニア・肥料製造：2件、水素製造CCS：2件、バイオエタノールCCS：1件、発電CCS：2件、鉄鋼CCS：1件、石油精製：1件。

	プロジェクト名	国	CO ₂ 量/年	運転開始	排出源	回収対象ガス (回収タイプ)	輸送距離	輸送 タイプ	貯留 タイプ
1	Terrell Natural Gas Processing Plant (旧名Val Verde Natural Gas Plants) ¹⁾	米国	40 - 50万トン	1972	天然ガス処理	天然ガス	316 km	陸→陸 パイプライン	EOR
2	Enid Fertilizer CO ₂ -EOR ¹⁾	米国	70 万トン	1982	肥料製造	SMR合成ガス	225 km	陸→陸 パイプライン	EOR
3	Shute Creek Gas Processing Plant ¹⁾	米国	700 万トン	1986	天然ガス処理	天然ガス	最大460 km	陸→陸 パイプライン	EOR
4	Sleipner CO ₂ Storage	ノルウェー	100 万トン	1996	天然ガス処理	天然ガス	0 km	直接圧入	海底下 深部塩水層
5	Great Plains Synfuel Plant and Weyburn-Midale	カナダ	300 万トン	2000	合成天然ガス	石炭ガス化ガス	329 km	陸→陸 パイプライン	EOR
6	Snohvit CO ₂ Storage	ノルウェー	70 万トン	2008	天然ガス処理	天然ガス	153 km	陸→海底 パイプライン	海底下 深部塩水層
7	Century Plant ¹⁾	米国	840 万トン	2010	天然ガス処理	天然ガス	64-240 km	陸→陸 パイプライン	EOR
8	Air Products Steam Methane Reformer EOR	米国	100 万トン	2013	水素製造	SMR合成ガス	158 km	陸→陸 パイプライン	EOR
9	Coffeyville Gasification Plant	米国	100 万トン	2013	肥料製造	石油コークス ガス化ガス	112 km	陸→陸 パイプライン	EOR
10	Lost Cabin Gas Plant	米国	90 万トン	2013	天然ガス処理	天然ガス	374 km	陸→陸 パイプライン	EOR
11	Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field CCS	ブラジル	約100 万トン	2013	天然ガス処理	天然ガス	0 km	直接圧入	EOR
12	Boundary Dam Carbon Capture and Storage	カナダ	100 万トン	2014	発電所	石炭燃焼排ガス (燃焼後回収)	66 km	陸→陸 パイプライン	EOR
13	Uthmaniyah CO ₂ -EOR Demonstration	サウジ	80 万トン	2015	天然ガス処理	天然ガス	85 km	陸→陸 パイプライン	EOR
14	Quest	カナダ	約100 万トン	2015	水素製造	SMR合成ガス	64 km	陸→陸 パイプライン	陸上 深部塩水層
15	Abu Dhabi CCS (phase 1 being ESI CCS Project)	UAE/Abu Dhabi	80 万トン	2016	製鉄 (DRI)	SMR合成ガス	43 km	陸→陸 パイプライン	EOR
16	Petra Nova Carbon Capture	米国	140 万トン	2017	発電所	石炭燃焼排ガス (燃焼後回収)	132 km	陸→陸 パイプライン	EOR

出典：経済産業省「CCSの進捗と今後の方向性」2021年2月

世界の稼働中のCCS/CO₂-EORプロジェクト②

- 世界では21件のプロジェクトが稼働。21件のうち、天然ガス処理CCS：12件、アンモニア・肥料製造：2件、水素製造CCS：2件、バイオエタノールCCS：1件、発電CCS：2件、鉄鋼CCS：1件、石油精製：1件。

稼働中のプロジェクト（2）

	プロジェクト名	国	CO ₂ 量/年	運転開始	排出源	回収対象ガス (回収タイプ)	輸送距離	輸送 タイプ	貯留 タイプ
17	Illinois Industrial Carbon Capture and Storage	米国	100 万トン	2017	化学品生産 (エタノール)	穀物発酵ガス	1.6 km	陸→陸 パイプライン	陸上 深部塩水層
18	CNPC Jilin Oil Field CO ₂ -EOR (Phase III)	中国	60万トン	2018	天然ガス処理	天然ガス	53 km	陸→陸 パイプライン	EOR
19	Gorgon Carbon Dioxide Injection	豪州	340-400 万トン	2019	天然ガス処理	天然ガス	7 km	陸→陸 パイプライン	陸上 深部塩水層
20	Alberta Carbon Trunk Line ("ACTL") with Agrium CO ₂ Stream	カナダ	30-60 万トン	2020	肥料生産	SMR合成ガス	240 km	陸→陸 パイプライン	EOR
21	Alberta Carbon Trunk Line ("ACTL") with North West Sturgeon Refinery CO ₂ Stream	カナダ	120-140 万トン	2020	石油精製 (水素製造)	重質油ガス化ガス	240 km	陸→陸 パイプライン	EOR

建設中のプロジェクト

	プロジェクト名	国	CO ₂ 量/年	運転開始	排出源	回収対象ガス (回収タイプ)	輸送距離	輸送 タイプ	貯留 タイプ
22	Sinopec Qilu Petrochemical CCS	中国	40万トン	2020-2021	化学品生産	石炭ガス化ガス	75 km	陸→陸 パイプライン	EOR
23	Yanchang Integrated Carbon Capture and Storage Demonstration Project	中国	41万トン	2020-2021	化学品生産	石炭ガス化ガス	150 km	陸→陸 パイプライン	EOR
24	The ZEROS Project	米国	150万トン	2020年代後半	発電所	廃棄物ガス化ガス (酸素燃焼)	(検討中)	(検討中)	EOR

(注) SMR合成ガス：天然ガスの水蒸気改質によって製造される合成ガス (H₂, CO₂, CO, CH₄などから成る)
DRI：直接還元鉄（高炉によらず、鉄鉱石をH₂に富む合成ガスで還元する）

- 貯留目的のプロジェクトは、通常、深部塩水層と呼ばれる鹹水や飲料に適さない水で満たされた地層を対象とする。
- 深部塩水層のCO₂貯留容量は、油田と比べて格段に大きい。
- 大気中のCO₂排出量を削減するため、いずれは深部塩水層を対象としたプロジェクト数を増やしていく必要がある。

(出典) Global CCS Instituteの大規模CCUSプロジェクトデータに基づいて作成。

カーボンサイクルの取組状況①

- **CO₂分離・回収**；技術の国際競争力は、**優位**
化学吸収法（アミン液）が商用化済。排出源に合わせた**効率化・大規模化**が課題。
三菱重工エンジニアリングは、世界最大の回収能力（～5000t/日）の分離回収設備を商用化。
- **化学品**；ポリマーなど一部商用化。**研究開発・実証が本格化し始めた段階（競争状態）**
多様な製品・技術を対象とした研究・実証が**世界で活発化**。化学メーカーを中心に**研究開発**が進む。
旭化成は世界に先駆けて、**CO₂の原料利用技術を商用化**（ポリカーボネート）。

CO₂分離・回収

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
日	三菱重工エンジニアリング	化学吸収法（アミン液）	商用化
日	日鉄エンジニアリング	化学吸収法（アミン液）	商用化（NEDO）
独	BASF（化学メーカー）	化学吸収法（アミン液）	実証～商用化
蘭	シェル（石油化学）	化学吸収法（アミン液）	商用化
米	UOP（化学メーカー）	膜分離法（有機膜）	実証～商用化
日	住友化学、RITE	膜分離法（有機膜）	実証（NEDO）
英	Drax（電力）	バイオマス発電、CO ₂ 回収	実証
日	川崎重工業、RITE	化学吸収法（固体）	実証（NEDO）

各種資料を基にNEDO 技術戦略研究センター作成（2020）

化学品

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
日	旭化成	ポリカーボネート	商用化
米	Newlight Technologies（スタートアップ）	ポリマー（生体触媒を活用）	商用化
日	日本製鉄 千代田化工	パラキシレン	基礎（NEDO）
日	東工大	アクリル酸	基礎（JST）
日	東ソー・産総研	ウレタン原料	基礎（NEDO）
独	BASF（化学メーカー）	アクリル酸	基礎
日	三菱ケミカル・東大等（人工光合成プロジェクト）	メタノール/オレフィン	基礎（NEDO）

出典：経済産業省「カーボンサイクル政策について」 2021年2月

カーボンリサイクルの取組状況②

- **燃料、鉱物**（セメント・コンクリート）；
一部で商用化が進みつつある。**研究開発・実証が本格化し始めた段階（競争状態）**
（多様な製品・技術を対象とした開発・実証が活発化。コスト低減と用途拡大が課題。）
国内では、**化学、セメント、エネルギー、エンジニアリング**等多様な分野の企業が参画。
欧州・米国でも、**国家プロジェクトやスタートアップ**による**開発・実証**が活発化。

燃料

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
米	Lanzatech (スタートアップ)	エタノール	実証
米	Opus12 (スタートアップ)	メタン、エタン、エタノール	実証
日	国際石油開発帝石 日立造船	メタン	実証 (NEDO)
日	ユーグレナ	ジェット燃料(微細燃料)	実証
独	Audi (自動車メーカー)	メタン	実証
日	IHI	ジェット燃料(微細藻類)	基礎 (NEDO)

鉱物

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
日	中国電力、鹿島建設 等	CO ₂ 吸収コンクリート	商用化
英	O.C.O Technology (スタートアップ)	軽量骨材	商用化
米	Solidia Technology (スタートアップ)	CO ₂ 吸収コンクリート	商用化
米	Fortera (スタートアップ)	CO ₂ 吸収コンクリート	商用化
日	宇部興産、日揮、出光、 東北大学	セメント原料	実証 (NEDO)
日	太平洋セメント、東京大学、 早稲田大学	セメント原料	基礎～実証 (NEDO)
仏	LafargeHolcim 等 (セメントメーカー)	セメント原料	基礎～実証 (FastCarb PJ)

各種資料を基にNEDO 技術戦略研究センター作成 (2020)

メジャー石油開発企業の取り組み状況①

企業名	CO ₂ 排出削減目標	主な取り組み
BP (英国)	2050年までに生産過程におけるCO ₂ 排出量をネットゼロ、消費段階を含めたCO ₂ 排出量50%減	<ul style="list-style-type: none"> 低炭素事業への投資拡大、石油天然ガス生産の削減 カーボンオフセット、CCS、水素などの活用
Shell (英国、オランダ)	2050年までに生産過程におけるCO ₂ 排出量をネットゼロ、消費段階を含めたCO ₂ 排出量50%減	<ul style="list-style-type: none"> CCS、森林再生によるCO₂の削減 再エネ、バイオ燃料、水素利用、充電への投資拡大
TOTAL (フランス)	2040年までに生産過程、消費段階において、ネットCO ₂ 排出量を25～35%減	<ul style="list-style-type: none"> CCUS、省エネ脱炭素技術開発 経済性を維持できる石油上流投資を継続
Exxon Mobil (米国)	生産過程におけるCO ₂ 削減	<ul style="list-style-type: none"> メタン漏えい15%、随伴ガス焼却25%削減 バイオ燃料、CCSなどの研究開発を実施 2021年2月1日、CCS技術の新事業部門「ExxonMobil Low Carbon Solutions」を設立。CCSプラントを世界20ヶ所以上に建設する。2025年までに30億米ドル（約3,200億円）を投資する。
Chevron (米国)	生産過程におけるCO ₂ 削減	<ul style="list-style-type: none"> 豪州のLNGプロジェクトでの大規模CCSの実施 バイオ燃料、水素、再エネの技術開発投資

出典：新型コロナウイルスの感染拡大を踏まえた 資源・燃料政策の今後の方向性,
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/pdf/029_03_00.pdf

メジャー石油開発企業の取り組み状況②

BP（英国）、Eni（イタリア）、Equinor（ノルウェー）、National Grid（英国）、Shell（英国・オランダ）、TOTAL（フランス）は、英国北海で二酸化炭素の貯留インフラを建設するためのパートナーシップ、Northern Endurance Partnership（NEP）を結成。2026年に始動することを目指しており、CO₂回収、水素、燃料切り替えの組み合わせにより、2030年にネットゼロを達成するための現実的な経路を備えている。



出典：bpHP「New collaboration to develop offshore CCUS infrastructure」 <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/reimagining-energy/northern-endurance-partnership-to-develop-offshore-ccus-infrastructure.html>

メジャー石油開発企業の取り組み状況③

- 民間部門もいくつかの新しいCCUS投資を発表した。2020年4月、13の国際石油ガス会社のグループである石油ガス気候イニシアチブ（OGCI）は、米国の天然ガス発電所にCCUSを装備することに投資すると発表した（OGCI、2020）。1か月後、Equinor、Shell、Totalは、政府の支援を受けて、ノーザンライツのオフショアCO₂貯蔵プロジェクトに7億米ドル以上を投資する計画を発表した（Equinor、2020a）。7月、Equinorは、英国のHumber地域でCCUSを使用して天然ガスから水素を生産するプロジェクト- H2H Saltend -を主導すると発表した（Equinor、2020b）。
- DAC研究への支出も2020年の初めから拡大している。3月に、米国エネルギー省はDACへの2200万米ドルの資金提供を発表した。6月、英国政府はこの技術に1億ポンド（1億2800万米ドル）を割り当てた。さらに、主要なDAC技術開発者の1つであるClimeworksは、2020年9月に、DACの最大の民間投資である1億スイスフラン（1億1,000万米ドル）を調達したことを発表した（Climeworks、2020）。
- 石油ガス世界大手米エクソンモービルは2月1日、炭素回収・貯留（CCS）技術の新事業部門「ExxonMobil Low Carbon Solutions」を設立したと発表した。石油ガス大手に対する気候変動での批判が高まる中、エクソンモービルはCCSプラントを世界20ヶ所以上に建設し、「回収」で逃げ切る戦略を明確にした。2025年までに30億米ドル（約3,200億円）を投資する。

出典：IEA「CCUS in Clean Energy Transitions」2020年9月

<https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/a-new-era-for-ccus#growing-ccus-momentum>

Sustainable Japan「【アメリカ】エクソンモービル、CO₂削減策でCCS導入重視姿勢を鮮明に。逃げ切り図る」2021年2月20日

<https://sustainablejapan.jp/2021/02/20/exxon-mobil-ccs/59301>

3.輸送・製造関連産業 5)CCUS /カーボンリサイクル分野

概要

政策

市場

企業

主な参入企業

企業名	企業情報
BP (英国)	国際石油資本スーパーメジャーの1社。Net Zero Teesside (CCUS) プロジェクトを含む、CCSの研究、開発、およびプロジェクトに関与。
Royal Dutch Shell (英国、オランダ)	国際石油資本スーパーメジャーの1社。温暖化ガスの排出量を2050年までに実質ゼロとする中長期戦略を発表。
TOTAL (フランス)	国際石油資本スーパーメジャーの1社。2040年までに生産過程、消費段階において、ネットCO ₂ 排出量を25～35%減とする。
Exxon Mobil Corporation (米国)	国際石油資本スーパーメジャーの1社。CCSのグローバルリーダー。2021年1月5日、環境への取り組みをまとめたレポート『2021 Energy & Carbon』を発表。
Chevron (米国)	石油を始めとするエネルギー関連製品を扱う民間企業。西オーストラリアのGorgon CCSプロジェクトを実施。
Aker Solutions (ノルウェー)	大手エンジニアリング会社。造船、LNGプラント建設、油田プラントの建設など、世界中で事業展開している。1990年代からCO ₂ 処理ソリューションに取り組む。
Linde PLC (英国)	産業ガスおよびエンジニアリングの大手企業。
National Grid (英国)	電力・ガスを供給するインフラ企業。
Schlumberger Limited (米国)	世界最大のオイルフィールドサービス会社ヒューストンとパリに本社を構える。
Fluor Corporation	エンジニアリング、調達、建設、製造およびモジュール化、試運転、メンテナンス、ならびにプロジェクト管理サービスを提供。30基以上のプラントを持つ。
Siemens AG (ドイツ)	製造業、インフラストラクチャー、輸送など、経済のバックボーンを形成する産業を中心としたテクノロジー企業。
General Electric (米国)	電気事業をルーツとする多国籍グローバル企業。世界中で13のCCS実証プロジェクトを設計および構築。
Equinor ASA (ノルウェー)	北欧最大のエネルギー企業。40以上のCCSプロジェクトに参加している。

出典：各社HPより

主な参入企業（スタートアップ）

企業名	企業情報
LanzaTech（米国）	微生物のガス発酵技術を利用し、一酸化炭素や二酸化炭素を含む排ガスから低炭素燃料、及び化学品を製造する技術を開発。
Carbon Clean Solutions（英国）	自社開発し、特許を保有する回収溶剤の製造・販売、CO ₂ 回収設備のエンジニアリング・機材販売、CCU事業開発等。
CarbonCure（カナダ）	セメント製造によって毎日大量に排出されるCO ₂ をリサイクルしてコンクリートに注入するという事業に取り組む。
Carbon Engineering, Ltd.（カナダ）	グリーンエネルギー企業で、大気から直接二酸化炭素を回収するDirect Air Capture技術の商品化に力を入れている。
Carbon Recycling International（アイスランド）	二酸化炭素と水素から再生可能なメタノールを製造する技術を開発。
Blue Planet（米国）	コンクリート原料の骨材にCO ₂ を再利用する「CO ₂ 活用骨材」の製造技術を開発する。三菱商事が出資提供を行っている。
Infinium（米国）	CO ₂ と再生可能エネルギーからグリーン燃料「エレクトロフューエル（ElectrofuelsTM）」を生成する革新的技術を持つ。
AGG Biofuel（米国）	二酸化炭素およびその他の炭素質投入物を合成ガスに変換して、輸送用燃料、発電、プロセス熱、およびより価値の高い製品のさらなる処理に使用する。
Opus12（米国）	カリフォルニア州バークレーに拠点を置く化学技術企業。CO ₂ をプラスチックや輸送用燃料などの有益な化学物質に変換する技術を開発している。
Fortera（米国）	ポルトランドセメントと比較してCO ₂ 排出量を60%以上削減する新材料を開発。
Newlight Technologies（米国）	カリフォルニアを拠点とするバイオテクノロジー企業。プラスチックに取って代わることができる、AirCarbonと呼ばれる天然のカーボンが開発。
O.C.O Technology（英国）	炭素回収、持続可能な建設製品、廃棄物処理を専門とする。カーボンネガティブ骨材などの持続可能な建設製品を製造する。

参入企業

Lanza Tech (本社イリノイ州、米国)

特許技術は、鉄鋼業界で商業規模で展開されている。一酸化炭素、二酸化炭素、水素を含むガスを微生物により発酵させエタノールを生成。エタノールは、ディーゼル、ガソリン、またはジェット燃料の製造原料として、またプラスチックやポリマーの前駆体として使用可能。同社の製品ポートフォリオには、エタノールに加えて、化学製品や中間体など、他の化学製品製造プロセスの原材料として使用できる追加の生化学物質が含まれる。

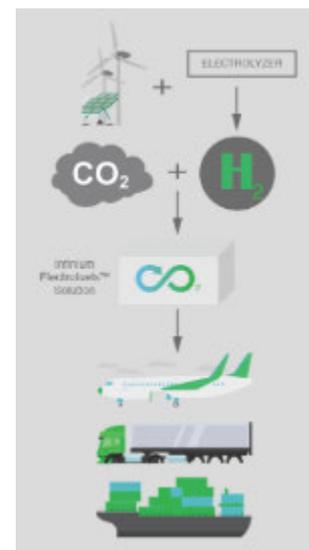
- 三井物産は2014年、2千万ドル（当時の為替レートで約20億円）を出資。
- 2017年、積水化学工業株式会社は、LanzaTechと共同開発し、“ごみ”をまるごと“エタノール”に変換する生産技術の開発に世界で初めて成功。
- 2019年、全日本空輸（ANA）は、2021年以降に米国にて製造・供給を予定する、エタノールを原料としたバイオジェット燃料の購入について合意。



Infinium (本社：カリフォルニア州、米国)

サクラメントに本拠を置く同社は、二酸化炭素および再生可能エネルギーからクリーン燃料「エレクトロフューエル」を生成する革新的な技術を持つ。この技術で、トラック、船、飛行機のエンジンに電力を供給する事ができ、輸送の即時脱炭素化が可能になる。

- 2021年1月、三菱重工は、米国のAmazon、英国のAPベンチャーズと共に出資を発表した。



出典：Lanza Tech <https://www.lanzatech.com/> , 三井物産HP, 全日本空輸HP, 積水化学工業HP, Infinium HP, <https://infiniumco.com/technology/>

CCSに直接関連しない企業のCCSに関する取り組み事例

マイクロソフト

自社のソフトウェア・プラットフォームを活用し、CCSに必要な技術とビジネスの革新を促進

→ ネット・ゼロ・カーボンの未来のビジネスニーズの達成を支援

【具体策】テクノロジーパートナーとしてNorthern Lightsプロジェクトに参加。Microsoftのデジタル専門知識を統合する方法を模索し、プロジェクトの効果的な開発に投資する方法を検証。将来的にはNorthern Lightsと協力して炭素管理を中心とした新たなビジネスエコシステムの構築を目指す。Microsoft最高環境責任者Lucas Joppa氏談「まだ大規模な炭素貯蔵が行われていないところで、大規模なバリューチェーンと輸送・貯蔵ネットワークを実現したい。」

Microsoft's intent is to work with Northern Lights to create a new business ecosystem around carbon management. The company will explore how a software platform based on open-source principles could help foster the technology and business innovation needed to make CCS a reality at an unprecedented scale.

United Airlines

2018年のUA社による2050年までの温室効果ガス排出量50%削減宣言を拡大し、100%削減へ

→ 新技術や持続可能な航空燃料（SAF）への投資を強化・拡大

【具体策】空気中からCO₂を回収し、地中に貯留する技術（DAC）に目を向けており、航空産業等がカーボン・フットプリントを削減するために従来から頼ってきたオフセット・プログラムからの方向転換を示す。DACの開発に数百万米ドルを投資し、排出した二酸化炭素をすべて回収する。この他にも、全世界の航空会社の中で、将来に購入することが公表されているSAFの50%以上を購入を目指す。UA CEOであるScott Kirby氏談「我々が大気中のCO₂レベルを真に削減出来る唯一の方法は、直接空気回収と隔離である。」

United Airlines is turning to technology that aims to capture carbon dioxide from the air and store it underground to help offset its carbon emissions completely by 2050, a change from offset programs the airline industry and others have traditionally leaned on to reduce their footprints.

参考資料

個別企業 (GENERAL ELECTRIC(GE), SEIMENS)

環境戦略

GEは脱炭素化に向けて、風力発電用のタービン、ガスタービンなどの発電プラント用の機器に力を入れている一方で、高効率燃焼エンジンなど航空機用エンジンの分野でもCO₂排出量削減に貢献する戦略を打ち出している。

2020年のGEの基本方針

GEでは、環境と健康に関して以下の3つ分野について注力していく方針を打ち出している。

1. **エネルギー転換と脱炭素化**
2. **精密医療：個人向けの診断と治療のパーソナライズ化**
3. **スマートで効率的な航空機**

◇上記の内、カーボンニュートラルに関わる1. 及び3. についての説明

1. **エネルギー転換と脱炭素化**に向けて、2030年までに排出ガス削減目標を達成すべく、石炭発電市場から撤退し、自国内及び海外における約50,000ほどの風力発電の設置、HAガスタービンなどによって顧客の脱炭素化を支援するために技術開発を推進する方針。
3. **スマートで効率的な航空機**については、GEのエンジンが排出ガス削減目標を達成するのに役立つ。GEのサイクルエンジンは、15%の燃料消費効率化を実現。ハイブリッド化の推進とともに航空業界に貢献する。

製品分野



GE9Xエンジン

GE9Xジェットエンジンは、ボーイングの777X長距離ジェットに対して提供する史上最大の航空機エンジンとなる。交換予定のGE90-115Bエンジンと比較して、燃料燃焼率が10%高く、排出ガスが45%削減できる。



HAガスタービン

GEのHAガスタービンは、コンバインドサイクル発電所の効率化を図る技術である。2019年、GEは100番目に受注したHAタービンである「7HA.03」には、最新技術を搭載し。現在、世界最大で、最も効率的なガスタービンとなっている。



Haliade-X洋上風力タービン

Haliade-X12メガワットタービンはドイツの北海において十分な風量が得られた場合、年間、67GWhを発電し、欧州の16,000世帯に対して電力を供給できる能力を持っている。今日利用可能な洋上風力タービンの中では、最大の出力を持っている。



出典：GE「2020 Notice of Annual Meeting and Proxy Statement」
https://www.ge.com/sites/default/files/GE_Proxy2020.pdf

財務諸表

- GEの事業部別売上高の推移を見ると、Gas発電の売上げが年々下がっているのに対して、再生可能エネルギーの売上は年々増回している。
- 内訳を見ると、自社開発の風力発電が年々増加している。

	Years ended December 31								
	2020			2019			2018		
	Equipment	Services	Total	Equipment	Services	Total	Equipment	Services	Total
Power	\$ 6,707	\$ 10,883	\$ 17,589	\$ 6,247	\$ 12,378	\$ 18,625	\$ 8,077	\$ 14,073	\$ 22,150
Renewable Energy	12,859	2,807	15,666	12,267	3,069	15,337	11,419	2,870	14,288
Aviation	8,582	13,460	22,042	12,737	20,138	32,875	11,499	19,067	30,566
Healthcare	9,992	8,017	18,009	11,585	8,357	19,942	11,422	8,363	19,784
Corporate items and industrial eliminations	(520)	314	(206)	243	697	940	1,263	987	2,250
Total GE Industrial revenues	\$ 37,620	\$ 35,480	\$ 73,100	\$ 43,080	\$ 44,639	\$ 87,719	\$ 43,679	\$ 45,359	\$ 89,038

SEGMENT REVENUES

	Years ended December 31		
	2020	2019	2018
Gas Power	\$ 12,655	\$ 13,122	\$ 13,296
Power Portfolio	4,935	5,503	8,853
Power	\$ 17,589	\$ 18,625	\$ 22,150
Onshore Wind	\$ 10,881	\$ 10,421	\$ 8,220
Grid Solutions equipment and services	3,585	4,016	4,579
Hydro, Offshore Wind and Hybrid Solutions	1,200	900	1,489
Renewable Energy	\$ 15,666	\$ 15,337	\$ 14,288
Commercial Engines & Services	\$ 13,017	\$ 24,217	\$ 22,724
Military	4,572	4,389	4,103
Systems & Other	4,453	4,269	3,740
Aviation	\$ 22,042	\$ 32,875	\$ 30,566

出典：GE「2020 Annual Report」

https://www.ge.com/sites/default/files/GE_AR20_AnnualReport.pdf

環境問題全般：CEへの取り組み

環境保護、CO₂削減などに積極的に取り組むシーメンスでは、CEに関する5つのビジネスモデルを打ち出している。

1. 製品寿命の延長
2. プラットフォームを活用したシェアリングモデル
3. リースによるPaaS(プロダクト・アズ・ア・サービス)
4. 廃棄物の再利用
5. 製品の再利用

これらのモデルを支えているのは、IoTプラットフォームのMindSphereというシステムであり、自社で構築、活用するばかりでなく、商品化して顧客にも利用してもらっている。

その他に、以下のような取り組みを行っている。

- レアアースやレアメタルなどの重要原材料を「有害物質」と位置づけ、全社的に利用の低減や置き換えを進めている。
- 医療機器の再製造、自動車部品の再生、風力発電のモーターにレアアースを使わない磁石を採用、ガスタービン部品の補修に3Dプリンタを活用などの取り組みを行っている。

CO₂排出ゼロ(カーボンニュートラル) にする取り組みの発表 (2015年9月、公表時)

- 2015年9月2日、シーメンスは、2030年までにカーボンフットプリント・ネットゼロを実現するという目標に向けて、今後3年間で製造設備や建物に約1億ユーロを投資すると発表した。
- 2015年、年間約220万トンに及ぶCO₂排出量を2020年までに半減させる計画を立てており、今後は建造物や製造工程におけるエネルギー管理システムや効率化システム、自動化システムなどの革新的技術に投資する。これらの取り組みにより年間2000万ユーロのエネルギーコスト削減が期待できるとした。
- 長年に渡るCO₂排出量削減に向け、シーメンスは当時、3つの方策を実施した。
 1. エネルギーコストの最適化に向けて製造設備およびオフィスビルに分散型エネルギーシステムを導入
 2. 低公害車および電気自動車を世界中で採用
 3. 天然ガスや風力などクリーン・エネルギーの利用を推進
- 2016年度からCO₂排出削減プログラムを開始し、エネルギー効率改善に向けて約4000万ユーロを世界15地域の工場に投資するとした。
- シーメンスのエネルギー効率とCO₂排出削減に関わる技術を結集した環境関連ソリューションは、2014年度には会社全体の売上の46%を占める330億ユーロを生み出しており、このソリューションを導入した顧客はドイツ全体のCO₂総排出量の半分に匹敵する年間4億2800万トンに及ぶCO₂排出量削減を実現しているとのことである。

出典： Sustainable Japan 「シーメンス、2030年までにカーボン・ニュートラル達成に向け1億ユーロを投資へ」2015年10月9日
<https://sustainablejapan.jp/2015/10/09/siemens/19128> 、シーメンスHP <https://new.siemens.com/jp/ja/kigyoushouhou/sustainability/decarbonization.html> 、プレスリリース「<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:5eec5943-8791-4f36-b1bd-4191abd19694/siemens-position-on-global-decarbonization-and-climate-change-v2.pdf>」

カーボンニュートラルに関する現状の取り組み状況

現状のシーメンスの取り組み

- シーメンスは、パリ協定における地球温暖化対策の目標達成するため、以下の持続可能性イニシアチブを実施。
 - ✓ Climate Groupが主導するRE100、EP100、EV100の3つのイニシアチブをサポート。
 - ✓ Science Based Targetsイニシアチブ (SBTi) に参加し、地球温暖化を摂氏1.5度に制限するために、バリューチェーン全体に沿った科学に基づく削減経路に取り組む。

カーボンニュートラル取り組みの現状

- シーメンスは、2030年までに以下の目標を掲げている。
 - ✓ 電気自動車がシーメンスのフリートの100%を占めることを目指す。(EV100 - 電気自動車)
 - ✓ 二酸化炭素排出量がゼロの建物を所有またはリースする。(EP100 - エネルギー生産性)
 - ✓ 再生可能エネルギーを調達100%を目指す。(RE100 - 再生可能エネルギー)
 - ✓ サプライチェーンの排出量を20%削減する予定である。
- シーメンスが2015年9月に発表した「CO₂排出ゼロ(カーボンニュートラル)を2030年までに実現」する目標について、2020年までに排出量を半分削減するという中間目標を掲げていた。実際は、2020年9月にその暫定目標を上回り、すでに排出量を54%削減している。今後、2050年までに排出ガスのないサプライチェーンの実現を目指している。
- シーメンスには、世界中に約65,000のサプライヤーが存在している。脱炭素化プログラムの一環として、これらのサプライヤーが生成する上流の温室効果ガス排出量に関するデータを公開している。

出典：シーメンス HP

<https://press.siemens.com/global/en/feature/decarbonization>

カーボンニュートラルに関する現状のイニシアティブ



科学ベースのターゲットイニシアチブ

シーメンスは、気候変動の劇的な影響を抑えるために、地球温暖化について+1.5Cの目標を設定し、科学に基づく温室効果ガス排出削減に取り組んでいる。



EP 100

IEAは、世界の気候目標の達成に必要な温室効果ガス排出削減の40%以上は、エネルギー効率により達成可能と推定している。シーメンスもエネルギー生産性を向上と同時に、排出量を削減する目標を掲げている。そのプロジェクトがEP100である。



RE 100

シーメンスのRE100は、CDP Worldwideと連携し、グローバル企業の再生可能エネルギー利用を促進し、100%の利用率まで高める活動であり、関連する情報の収集整理などを行っている。



EV 100

シーメンスは電気自動車への移行を推進している。EV100プロジェクトによって、2030年までに100%近くのEV化を進めることを目指している。

カーボンニュートラルに関するITソリューション分野での取組み

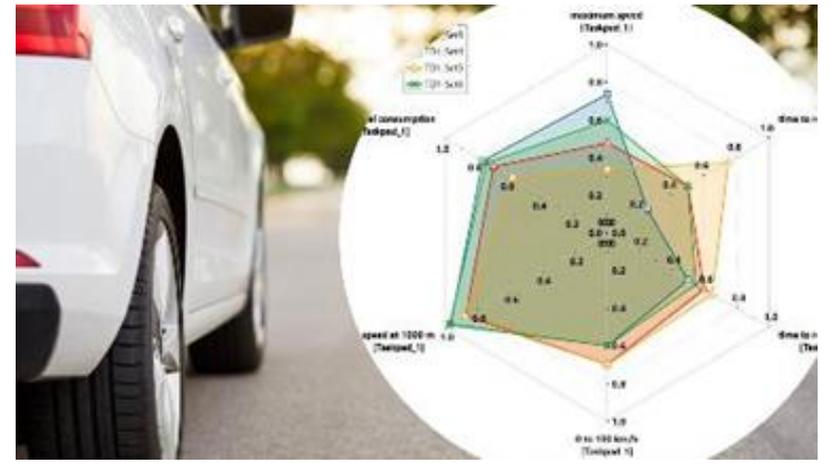
シミュレーション工場

「シミュレーション工場」は、システム・シミュレーションによって二酸化炭素の排出量を削減するものである。エンジニアリング部門による手作業のプロセスで行っていた作業を、シミュレーションモデルの同時処理により実現するソリューションである。

IBM Watson (AI)、ブロックチェーン技術の活用による自動車からの排出CO₂削減

シーメンスのトラベル管理部門は、CO₂排出量実質ゼロに向けさまざまな取組みをしてきた。例えば、オンライン・コラボレーションツールを活用して出張回数を減らす。テクノロジーを用いて、車両から排出されるCO₂を削減することなどである。

これらの取組みのため、シーメンスはIBMのAIシステムであるWatson AssistantとIBMブロックチェーン・データを用いたバーチャル・トラベルアドバイザーを構築し、自動車などの車両から排出されるCO₂削減量などの情報を把握できるようになった。



出典：シーメンス HP <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ja/webinar/emission-system-simulation-co2/76760>
 IBM HP <https://www.ibm.com/blogs/solutions/jp-ja/iot-siemens/>

カーボンニュートラルに関する他業種との連携

BASFとシーメンス・エナジー、カーボンマネジメント分野で協力（2021年2月9日）

BASFとシーメンス・エナジーは戦略的パートナーシップの一環として、温室効果ガス排出量の削減に向けた新技術の商業的導入を加速させる。BASFの技術的な専門知識とシーメンス・エナジーの革新的な製品およびサービスポートフォリオを組み合わせることにより、BASFは化学品製造におけるCO₂排出量削減で主導的な役割を拡大することを目指す。世界最大級の化学品製造拠点で、BASFの本社があるルートヴィヒスハーフェン工場では、複数のパイロットプロジェクトが検討されている。

パイロットプロジェクトには、モジュールでの容量拡張が可能な出力50メガワットの水素製造用PEM（プロトン交換膜）電解槽の建設、生産プラントの廃熱からプロセス蒸気を生成するための50メガワットの高温サーマルヒートポンプの設置が含まれる。また、シーメンス・エナジーのデジタル製品とCO₂最適化製品を使用し、ルートヴィヒスハーフェン工場における電力網の近代化も査定中である。さらに、電解プラント（PEM電解）の効率を高めるためのシステムや触媒の共同開発、および風力発電での協力の可能性を評価するための調査も行われている。

出典：BUSINESS & FINANCIAL NEWS「BASFとシーメンス・エナジー、カーボンマネジメント分野で協力」2021年2月19日、
<https://www.basf.com/jp/ja/media/news-releases/global/2021/02/p-21-123.html>

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：令和2年度内外一体の経済成長戦略構築にかかる国際経済調査事業（将来的なWTOプルリ交渉の可能性検討のための調査・分析）調査報告書

委託事業名：令和2年度内外一体の経済成長戦略構築にかかる国際経済調査事業（将来的なWTOプルリ交渉の可能性検討のための調査・分析）

受注事業者名：株式会社ハローG

頁	章番号	タイトル
43	Ⅲ-2-2	REN21「RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS
51	Ⅲ-2-2 (1)	(一社) 太陽光発電協会 HP
52	Ⅲ-2-2 (1)	太陽光発電のススメ HP
53	Ⅲ-2-2 (1)	太陽光発電のススメ HP
64	Ⅲ-2-2 (1)	(一社) 太陽光発電協会 HP
67	Ⅲ-2-2 (2)	電気事業連合会 HP
82	Ⅲ-2-2 (4)	日本地熱協会 HP
83	Ⅲ-2-2 (4)	日本地熱協会 HP
106	Ⅲ-2-2 (5)	ALSTOM
106	Ⅲ-2-2 (5)	DFDS
107	Ⅲ-2-2 (5)	Plug Power HP
195	Ⅲ-2-3 (5)	Infinium HP
199	参考資料	GE「2020 Notice of Annual Meeting and Proxy Statement」
204	参考資料	シーメンス HP
205	参考資料	シーメンス HP
205	参考資料	IBM HP