

電力分野のトランジション・ロードマップ[®]

2022年2月策定、2025年11月更新
資源エネルギー庁 電力基盤整備課

トランジション・ロードマップの目的・位置づけ

- 本ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」（2021年5月策定、2025年3月改訂、金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国企業が電力分野においてトランジション・ファイナンス※1を活用した資金調達を検討するにあたり参考することができるものとして、策定するものである。
- 同時に、銀行・証券会社・投資家・評価機関等に対して、我が国企業が電力分野において実施しようとしているトランジション戦略又はファイナンスの資金使途がトランジション・ファイナンスの対象として適格かどうかを判断する際の一助とするものである。
- 脱炭素化に向けた取組に際しては、各企業が全社レベルでの脱炭素化に向けた戦略を描くことが重要である。全社レベルの脱炭素化に向けた戦略に対して、個別の取組がしっかりと紐付いていることが、資金調達のトランジション適格性を判断する際の大前提となる。
- 本ロードマップは、2050年のカーボンニュートラルの実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 本ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※2やグリーン成長戦略※3、グリーンイノベーション基金※4における研究開発・社会実装計画と整合的なものである。
- 本ロードマップについては、今後の脱炭素及びトランジションに関する技術の開発や実用化の動向を踏まえ、必要に応じ、隨時改定を行う。（2025年11月改定）

※1：「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

※2：<https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/ndc.html>

※3：https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html

※4：https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gifund/index.html

1. トランジション・ファイナンス概論

2. 電力分野の動向

3. 電力分野のトランジション・ロードマップ

4. 科学的根拠の整理

5. 参考

トランジション・ファイナンスの概念

- 2015年パリ協定において、世界的な平均気温上昇を産業革命以前と比較し最低2℃より低く保ち、1.5℃に抑える努力を継続することが、世界共通の長期目標とされた。
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change : 気候変動に関する政府間パネル) の報告にて、今世紀末の気温上昇を産業革命対比1.5℃に抑えるためには、2050年前後に温室効果ガス排出量を実質ゼロにする必要があることが示された。
- 目標達成のためには、気候変動対策にかかる投資を積極的に行うことが重要である。再生可能エネルギー等へのグリーン投資を推進することはもちろん、排出削減困難なセクターにおける低炭素化の取組を行うことなど、脱炭素へのトランジション(移行)を図る必要がある。



- 排出削減困難なセクターに属する企業が、パリ協定に整合的な目標設定を行い、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を実施するためのファイナンスを「トランジション・ファイナンス」として推進することが必要である(※)。
- 事例が積み上がり国内での市場形成が順調に進みつつある一方で、国際的な共通認識の醸成という意味では未だ途上であり、引き続き良質な事例の積み上げによる市場の健全性の維持が重要である。

トランジション・ファイナンスの位置づけ

- 資金調達者が、パリ協定と整合した長期目標を実現するための戦略を明確に求められる点において、より将来に対し
て野心的な取組にコミットする主体へのファイナンスとなる。
- 資金使途がグリーンに限定されない点がグリーン・ファイナンスと異なり、調達主体がパリ協定と整合したトランジ
ション戦略の策定を求められる点でサステナビリティ・リンク・ボンド/ローンと異なる。

| 調達形態 | グリーンボンド (GB) | グリーンローン (GL) | サステナビリティ・リンク・ ボンド (SLB) | サステナビリティ・リンク・ ローン (SLL) | トランジション・ファイナンス |
|----------------------------------|--|---|------------------------------------|---|---|
| 資金使途 | 環境改善効果を有するグリーン プロジェクトに限定 | 環境改善効果を有するグリーン プロジェクトに限定 | 資金使途限定なし 但し、ESG等達成に向けた目標 設定要 | 資金使途限定なし 但し、ESG等達成に向けた目標 設定要 | 資金使途限定型（トランジション・ ボンド/ローン）と資金使 途非限定型（トランジション・ リンク・ボンド/ローン）があ る |
| 主な資金提供者 | 個人投資家・機関投資家 | 銀行など金融機関 | 個人投資家・機関投資家 | 銀行など金融機関 | （ボンド）個人投資家・機関投 資家 （ローン）銀行など金融機関 |
| レポーティング | 一般開示すべき | 貸手に報告すべき GLであること表明する場合、一 般開示が望ましい | 一般開示すべき | 貸手に提供すべき SSLであること表明する場合、 一般開示が奨励される | 形態に応じて左記に準じる |
| 外部レビュー (発行前) 外部検証 (発行後) | 外部レビュー取得が望ましい 検証は第三者機関の活用によ つて補完されることが望ましい | 外部レビュー取得が望ましい | 外部レビュー取得が望ましい 独立した外部検証を受けるべき | 外部レビュー取得が望ましい 独立した外部検証を取得しなけ ればならない | 外部レビュー取得が望ましい 形態に応じて左記に準じる |

1. トランジション・ファイナンス概論

2. 電力分野の動向

3. 電力分野のトランジション・ロードマップ

4. 科学的根拠の整理

5. 参考

(国際動向)

- 近年、世界的に自然災害の激甚化が進む中、温室効果ガスの削減が喫緊の課題となっている。
- 2023年11月から開催されたCOP28では、2030年までに再生可能エネルギー設備容量を世界全体で3倍、エネルギー効率の改善率を世界平均で2倍へ拡大するといった野心的な取組に加え、原子力、排出削減が困難な分野でのCO₂回収・有効活用・貯蓄などの低減・除去技術、低炭素水素製造を含む、排出ゼロ及び低排出技術を加速させるとの記載が決定文書に盛り込まれるなど、カーボンニュートラル実現に向けてあらゆる技術を活用していく方向性が示されている。
- 2023年5月に開催されたG7広島サミットにおいて、エネルギー安全保障、気候変動、地政学的リスクに一体的に対応し、各国の事情に応じた多様な道筋を認めつつ、ネット・ゼロ実現という共通のゴールを目指す方針が示された。
- 2024年4月に開催されたG7気候・エネルギー・環境大臣会合において、石炭火力については、各国のネット・ゼロの道筋に沿って、2030年代前半、または、気温上昇を1.5度に抑えることを射程に入れ続けることと整合的なタイムラインで、排出削減対策が講じられていない既存の石炭火力発電をフェーズアウトすることに合意した。

電力分野の脱炭素化を取り巻く国内外の動向

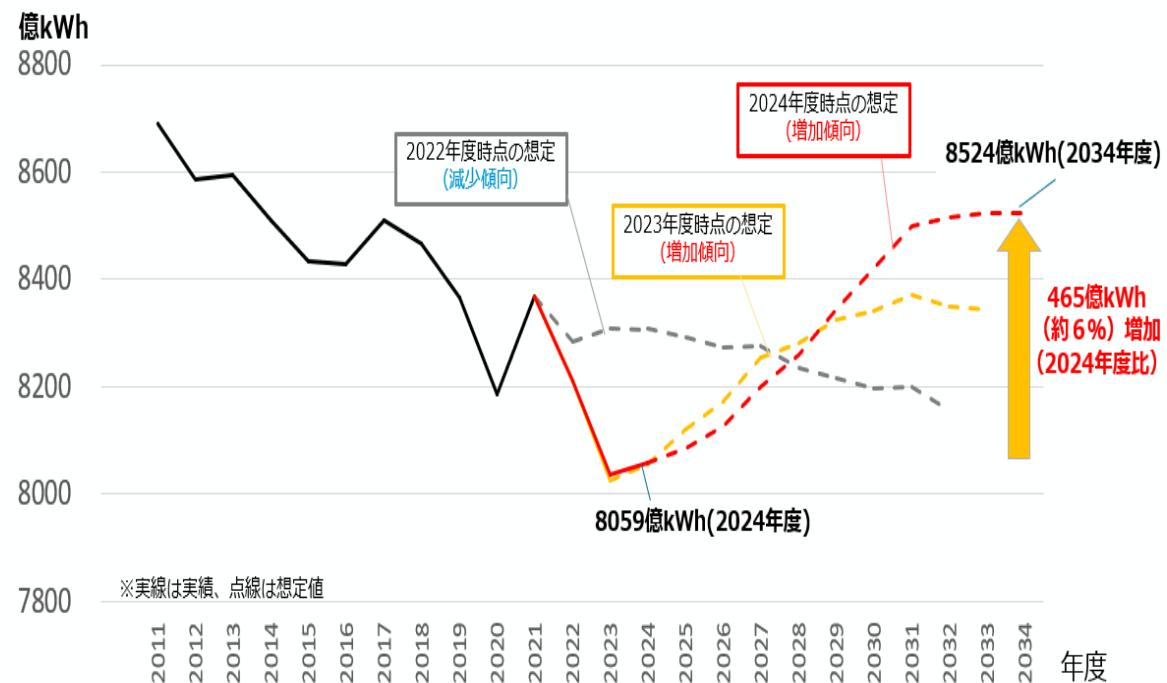
(国内の動向)

- こうした国際的な動向も踏まえつつ、2025年2月に閣議決定された第7次エネルギー基本計画においては、カーボンニュートラルの実現に向けて、エネルギー安全保障を確保しつつ、経済成長と両立する形で取組を進めていく必要があるとされている。日本国内のCO₂排出量のうち、電力由来の間接排出は約4割を占めており、電力分野におけるCO₂排出量の削減は我が国においても喫緊の課題である。
- 我が国では、人口の減少や省エネルギーの浸透などにより、2007年度以降、電力需要が減少傾向にあったが、今後、DXやGXの進展により、電力需要が増加に転じることが見込まれている。
- 現状、我が国の電源構成の約7割を火力発電が占めているが、電力の安定供給の確保を大前提としつつ、電源の脱炭素化を進めることが重要である。
- 我が国が産業を自国に維持・確保し経済成長できるかは、脱炭素電源を十分確保できるかが重要な要素となる。脱炭素電源が十分確保できなければ、国内投資や経済成長の機会を逸することとなり、雇用の確保や賃上げも困難となり、国民生活にも大きな影響を及ぼすこととなる。このためにも、脱炭素電源の拡大を図り、最大限活用していくことが必要不可欠である。
- 加えて、2050年カーボンニュートラル実現に向けては、S+3Eのバランスを確保しつつ、まずは電源の脱炭素化と電化を進めていく。
- なお、2050年のカーボンニュートラル達成という大目標は世界各国で共有しつつも、具体的なトランジションの道筋は、各国の個別事情により異なり得る点に留意する必要がある。

(参考) 日本における電力需要の見通し

- 人口減少や節電・省エネ等により家庭部門の電力需要は減少傾向だが、データセンターや半導体工場の新增設等による産業部門の電力需要の大幅増加により、全体として電力需要は増加傾向となった。
- 科学技術振興機構（JST）は、データセンターによる電力需要は省エネが進んでもなお増加と分析。

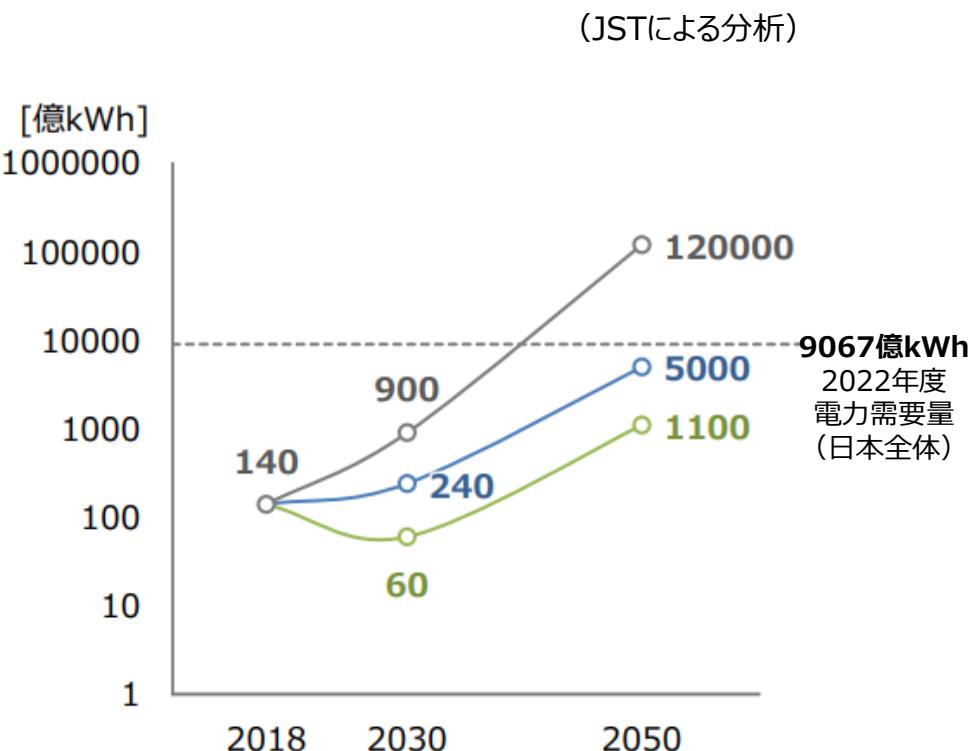
我が国の需要電力量の見通し



※ 現時点でのデータセンター・半導体工場の申込状況をもとに想定した結果、
2031年度を境に伸びが減少しているが、将来の新增設申込の動向により変わる可能性がある。

出典先：電力広域的運営推進機関「全国及び供給区域ごとの想定」より資源エネルギー庁作成

データセンターによる電力需要の増加

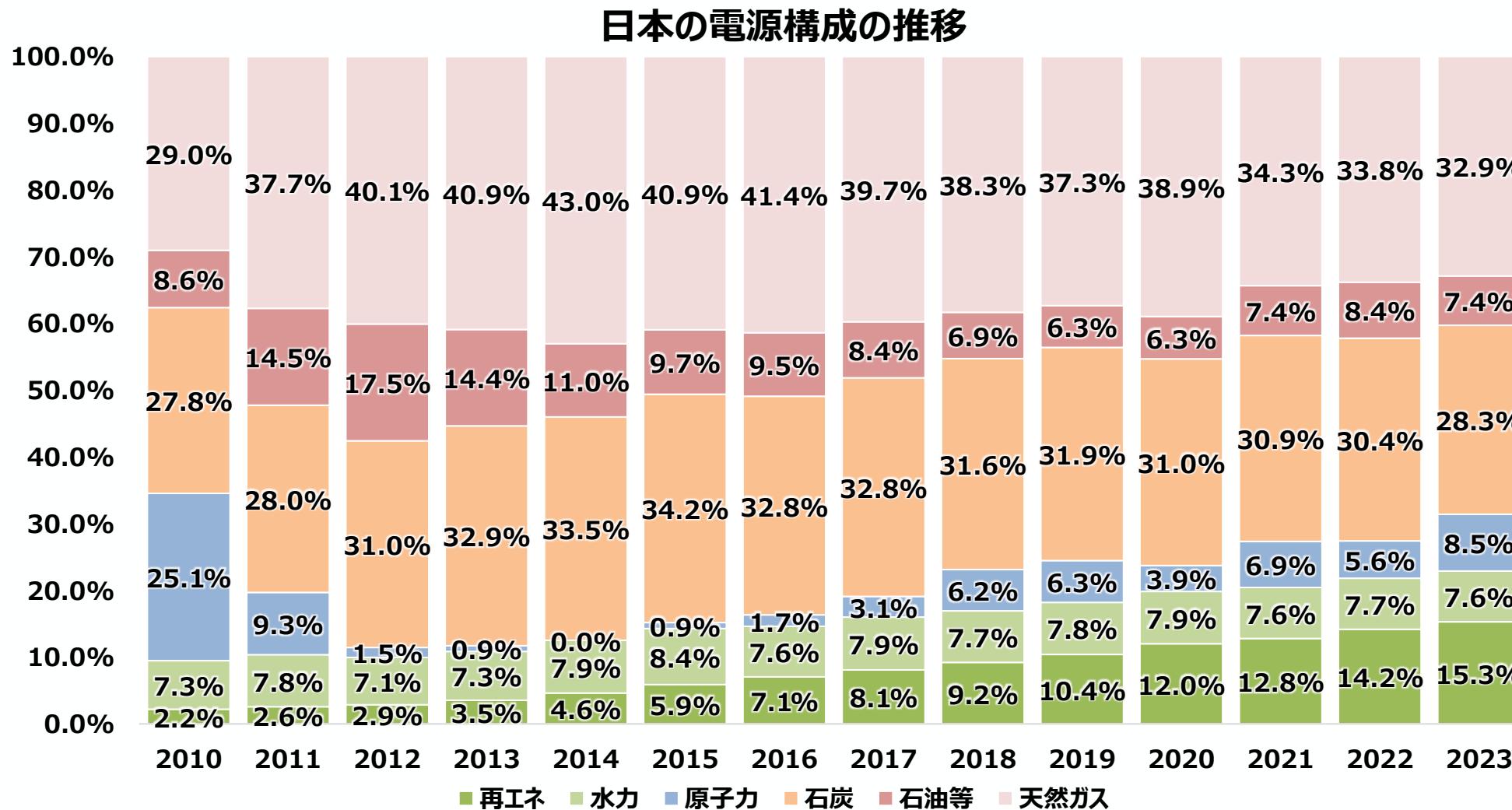


- As is : 現時点の技術のまま、全く省エネ対策が進まない場合
- Modest : エネルギー効率の改善幅が小さい場合（2030年までと同等の改善率で2050年まで進歩）
- Optimistic : エネルギー効率の改善幅が大きい場合

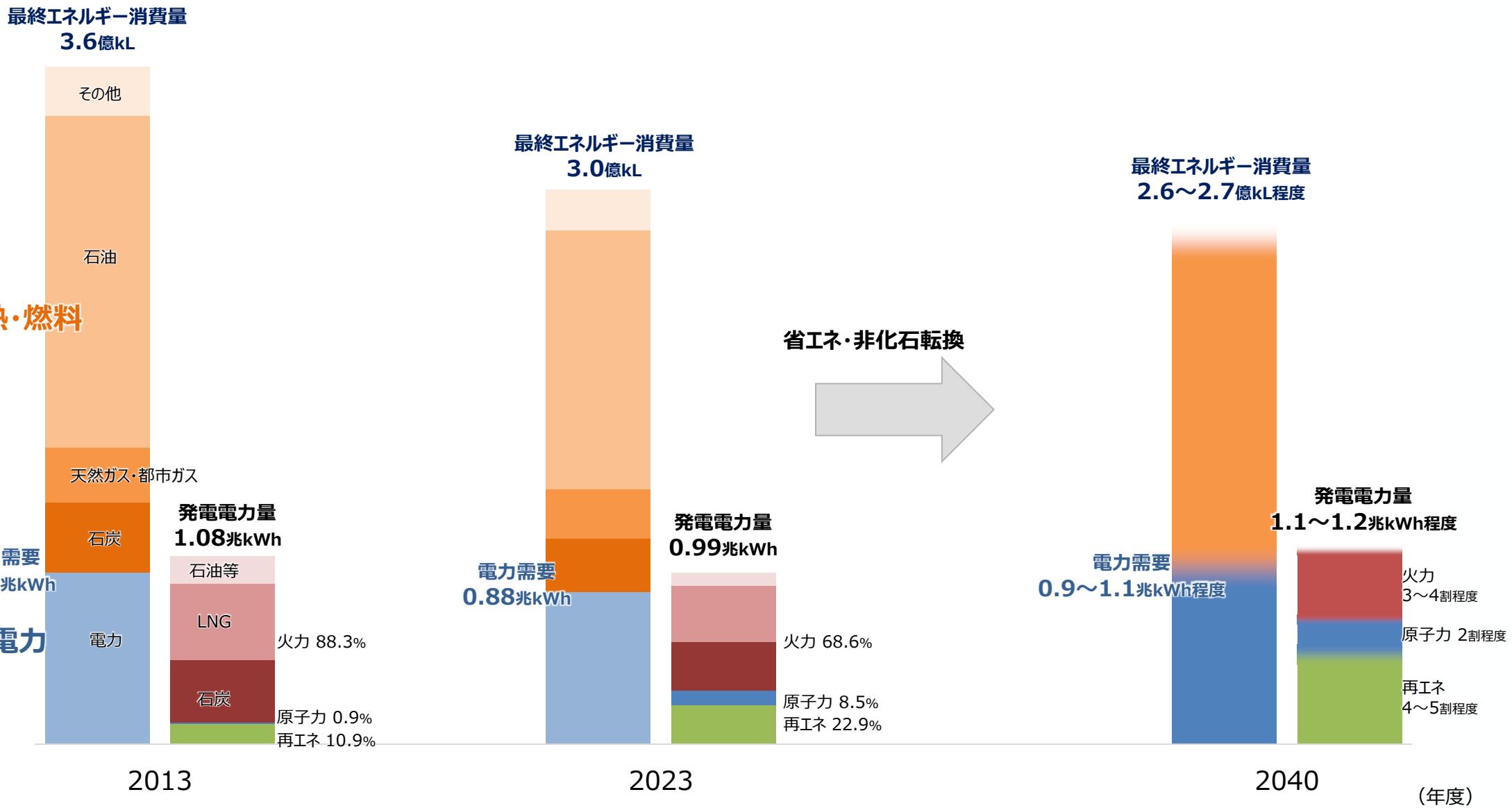
日本の電源構成の推移

第1回電力システム改革の検証を踏まえた制度設計ワーキンググループ
(2025年6月13日) 参考資料1

- 東日本大震災以降、電源構成に占める火力発電の比率は急激に増加傾向にあったが、その後は減少傾向にあり、2023年度の火力発電比率は約69%。



(参考) エネルギー需給の見通し (イメージ)



出典：総合エネルギー統計（2023年度確報）、2040年度におけるエネルギー需給の見通しをもとに資源エネルギー庁作成

1. トランジション・ファイナンス概論

2. 電力分野の動向

3. 電力分野のトランジション・ロードマップ

4. 科学的根拠の整理

5. 参考

電力分野のトランジションに関する基本的な考え方①

(電力政策に関する基本的な考え方)

- 電力は、国民生活や経済活動に欠かせないものである。電力分野の脱炭素化の取組を進めるにあたっては、それらの影響を十分に考慮しなければならない。
- 脱炭素社会という目指すべき目標は各国で共通している。ただ、その達成方法は多様な道筋があり、各国の事情を踏まえて現実的な脱炭素化の取組を進めることが不可欠である。
- この点、電力分野の脱炭素化は、エネルギー基本計画等に基づく我が国のエネルギー政策と一体的に進めていくべきものである。具体的には、安全性の確保を大前提に、エネルギーの安定供給を第一として、経済効率性の向上と環境への適合を目指していく必要がある。

(電力を取り巻く日本の事情)

- 我が国は、化石資源に恵まれず、エネルギー供給の多くを輸入に依存する一方、平地が少なく、過酷な自然条件の下で再エネの導入拡大へのハードルが高いという特性を有している。加えて、四方を海に囲まれ、海外と電力を輸出入する国際連系線がない上に地域ごとに電力系統が独立して発展してきたなど、諸外国と異なるエネルギー供給の脆弱性を抱えている。
- ロシアによるウクライナ侵略をはじめとする地政学リスクの台頭や国際情勢の変化により、エネルギー供給の不確実性が高まる中、電力の安定供給を確保するためには、燃料を安定的に確保する必要がある。
- また、異常気象、発電所の休廃止の進展、火力発電所の東京湾・太平洋沿岸への集中等、自然災害に対して脆弱な構造的課題も存在する。こうした状況を踏まえると、2030年代初頭にかけて、特に夏季・冬季の高需要期における電力需給は予断を許さない厳しい状況が続く可能性がある。
- こうした事情を踏まえ、現実に即した脱炭素化の取組を進めることができが、国として実効的な気候変動対策につながる。

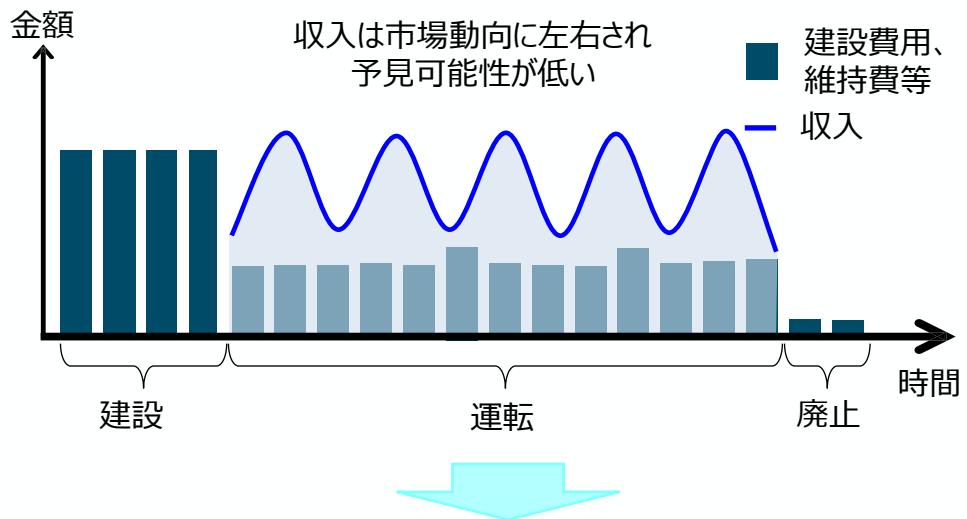
(電力分野のトランジションの在り方)

- こうした前提条件の下で脱炭素化を進めていくにあたっては、多様な電源を統合した電力システムを構築していくことが重要となる。
- 具体的には、脱炭素電源を拡大させていく中で、変動性の高い再エネや調整電源としての火力、揚水・蓄電池や原子力などが相互に補完しあいながら、系統全体で安定供給を確保していく必要がある。さらに、発電や送配電、さらには需要側を一体的に捉え、高い柔軟性を備えた電力システムの統合を図っていくことも求められる。
- このような電力システムの構築のためには、最先端の技術の実装が不可欠であり、これに向けた技術の開発や、その技術の導入コストの低減に資する研究開発も併せて進めていく必要がある。
- 電力分野のトランジションとは、これらの要素を考慮しつつ進めていくべき取組である。

(参考) 長期脱炭素電源オークションの概要

- 近年、既存電源の退出・新規投資の停滞により供給力が低下し、電力需給のひっ迫や卸市場価格の高騰が発生。
- このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく、脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度（名称「長期脱炭素電源オークション」）を、2023年度から開始。
- 具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、固定費水準の容量収入を原則20年間得されることとすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する。

〈電源投資の課題〉

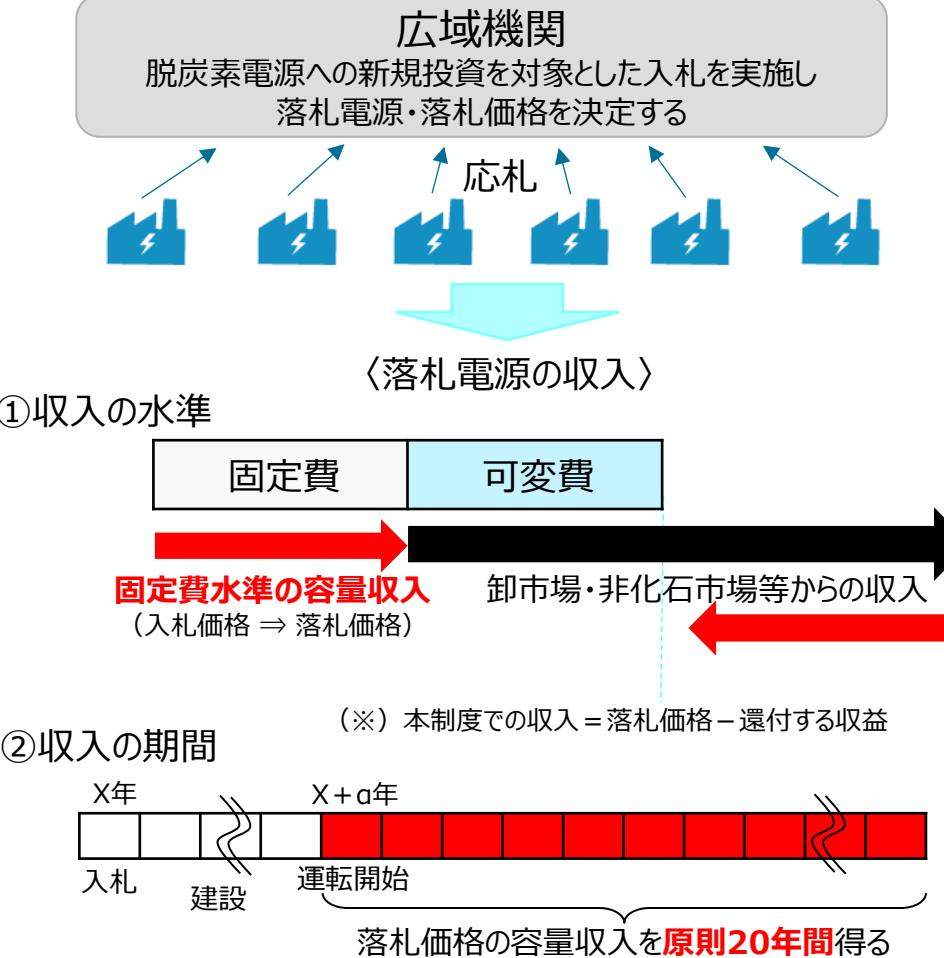


〈投資判断に必要な要素〉

①投資判断時に
収入の水準を
確定させたい

②投資判断時に
長期間の収入を
確定させたい

〈新制度のイメージ〉



第2章 募集概要 オークション参加対象となる電源 (2/2)

- 本オークション（応札年度：2025年度）には、今後公表される募集要綱にて電源種ごとに定められた諸条件を満たす電源のみ参加対象となります。
- 募集対象となるエリアは、日本全国です。ただし、沖縄地域及びその他地域の離島を除きます。

| 対象 | 電源種別 | 燃料又は発電方式 | 専焼/混焼 | 新設・リプレース等/改修 | 本オークションに参加可能な設備容量（送電端）[万kW以上] | 電源等区分 | | |
|---------|---------------|-----------|-------------|----------------------|-------------------------------|-------|--|--|
| 脱炭素電源 | 太陽光 | — | — | 新設・リプレース | 10 | 変動電源 | | |
| | 風力 | 陸上風力、洋上風力 | — | 新設・リプレース | 10 | 変動電源 | | |
| | 蓄電池 | — | — | 新設・リプレース | 3※2 | 安定電源 | | |
| | 長期エネルギー貯蔵システム | — | — | 新設・リプレース | | | | |
| | 水力 | 揚水 | — | 新設・リプレース・既設の大規模改修※1 | 3 | 安定電源 | | |
| | | 一般(貯水式) | — | 新設・リプレース | | | | |
| | | 一般(調整式) | — | | | | | |
| | | 一般(流込式)※4 | — | | | | | |
| | 地熱 | — | — | 新設・リプレース | 10 | 安定電源 | | |
| | 原子力 | — | — | 新設・リプレース・既設の安全対策投資※3 | 10 | 安定電源 | | |
| | 火力 | 水素 | 専焼 | 新設・リプレース/改修 | 10（新設・リプレース） 5（改修） | 安定電源 | | |
| | | | 混焼 | | | | | |
| | | アンモニア | 専焼 | 新設・リプレース/改修 | | | | |
| | | | 混焼 | 改修 | 5 | | | |
| | | CCS | — | 改修 | 5 | | | |
| | バイオマス | 専焼 | 新設・リプレース/改修 | 10 | | | | |
| LNG専焼火力 | 火力 | LNG火力 | 専焼 | 新設・リプレース | 10 | 安定電源 | | |

※1「オーバーホール（水車及び発電機を全て分解し、各部品の点検、手入れ、取替えや修理）を行う場合であって、主要な設備（発電機（固定子）、主要変圧器、制御盤）の全部を更新するもの」が該当

※2 本オークションに参加可能な設備容量（送電端）で、1日1回以上連続6時間以上の運転継続が可能な能力を有しており、期待容量等算定諸元一覧の連続発電可能時間の年平均値が6時間以上のもの

※3 2013年7月に施行された新規制基準に対応するための投資を対象 ※4 貯水式・調整式においても安定的に供給力を提供できないものは、変動電源としての参加が可能

(参考) 水素発電・アンモニア発電 概要

概要

水素

- 燃焼速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃焼速度が速いため、その燃焼を制御する技術が必要。
- 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素専焼化も可能。

現状の取組

アンモニア

- 発電用バーナーの中心にある再循環領域（高温・低酸素）にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃焼。
- 低混焼では解決済のNOx処理や、着火の不安定性等の技術的検証を行うことで、専焼化も可能。

強み

- 既存の発電設備のタービン部やボイラなどの設備を利用可能、アセットを有効活用出来る。
- 調整力、慣性力機能を具備しており、系統運用安定化に資する。

弱み

- 一ヵ所で大規模な水素需要を創出し、サプライチェーン構築に貢献出来る。
- ガスタービンは日本企業がトップクラスのシェアを占めており、高い競争力を持つ。また、水素専焼の技術開発に見通し有。

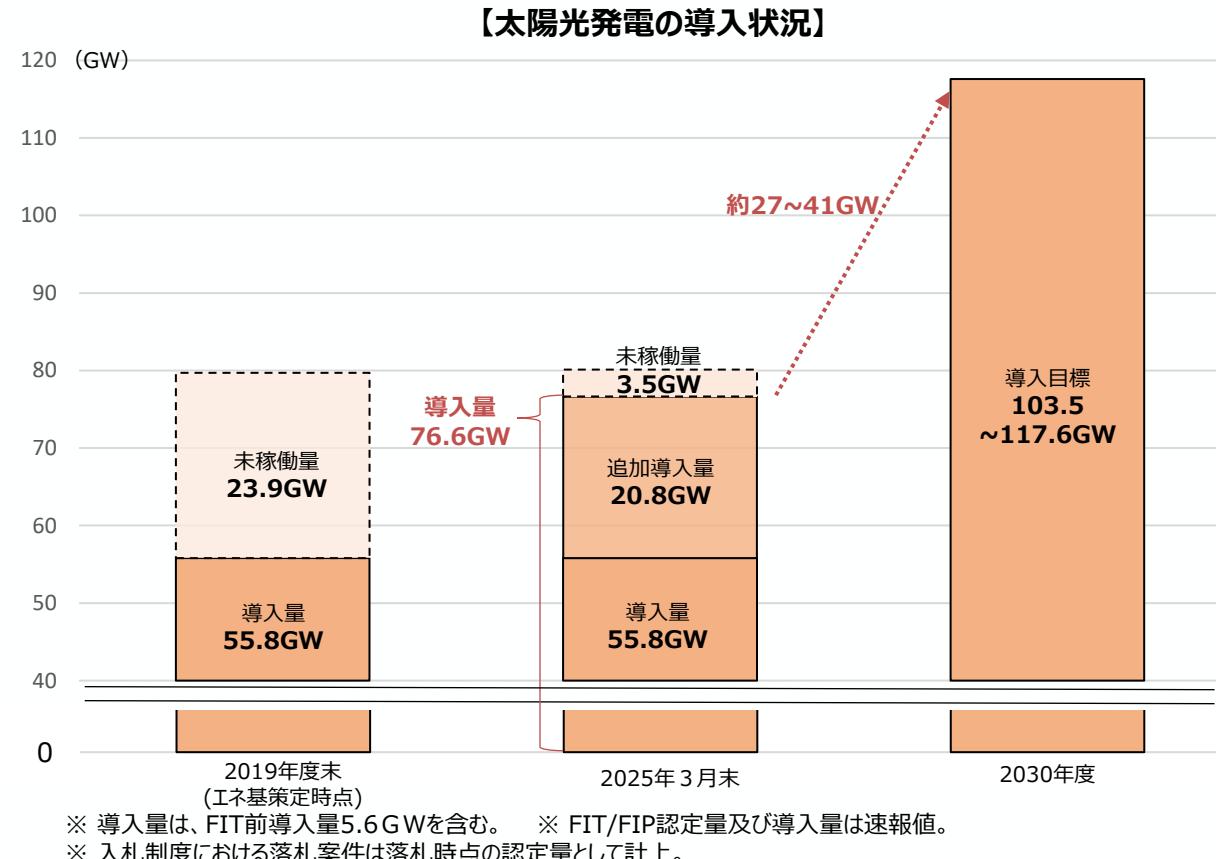
- 既に肥料用途を中心にアンモニア市場が存在。既存の製造・輸送・貯蔵技術を活用したインフラ整備が可能。
- アジアの脱炭素化に向けたトランジションへの有力な手段のひとつ。市場獲得に向けて海外企業に先んじて技術開発・社会実装に向けた取組が進められている。

- 液化水素の場合、脆化に加え、極低温という厳しい環境に耐えうる材質を使う必要。
- 水素を別のキャリアとして運ぶ場合、キャリア変換等の追加コストが発生する。

- 混焼率向上、専焼化にあたっては、低混焼では解決済のNOx処理、収熱悪化、着火の不安定性を解消する技術的検証が必要。
- 毒性があるため、取り扱いには配慮が必要。

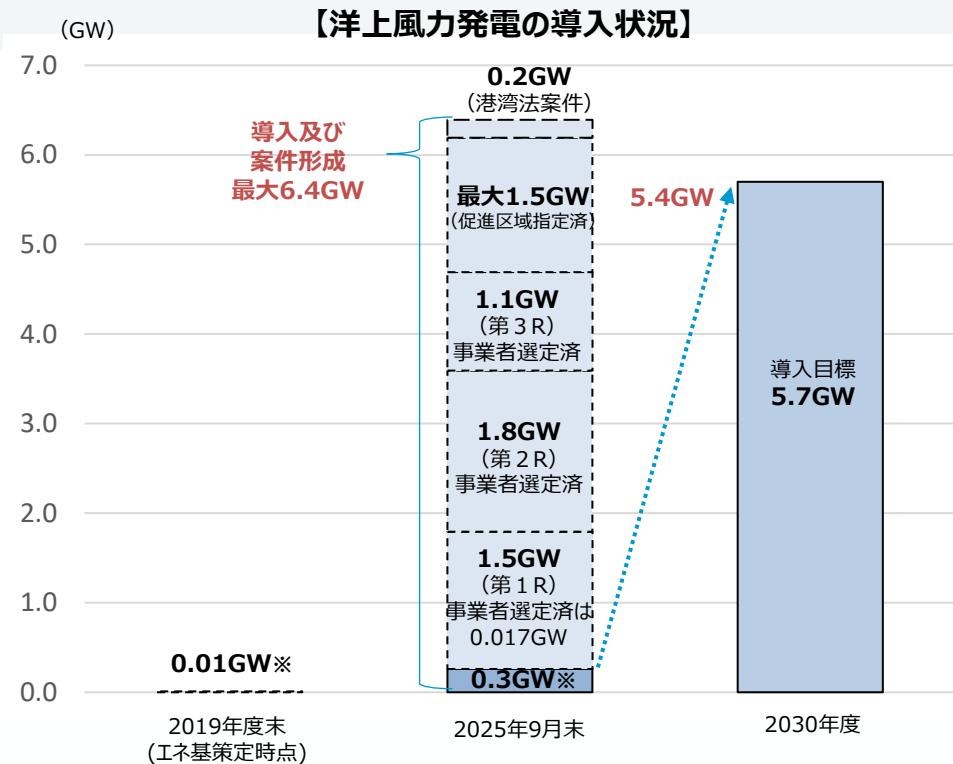
(参考) 太陽光発電の導入状況

- 太陽光発電の2025年3月末時点の導入量は76.6GW。直近数年間では概ね3.5～5GW/年のペースで導入が進んでいる。2030年目標（103.5～117.6GW）の実現には、今後約6年間で27～41GWの導入、すなわち、4.5～7GW/年のペースで導入を継続していくことが必要となる。
- 他方、我が国の国土面積当たりの太陽光導入容量は、既に主要国の中で最大級となっており、特に地上設置型について、今後の導入余地となり得る適地が減少している。適地減少等を背景に、FIT/FIP制度の認定容量は足下では減少している一方で、導入コストの低減が進み、FIT/FIP制度によらずに事業を実施する形態も現れてきている。

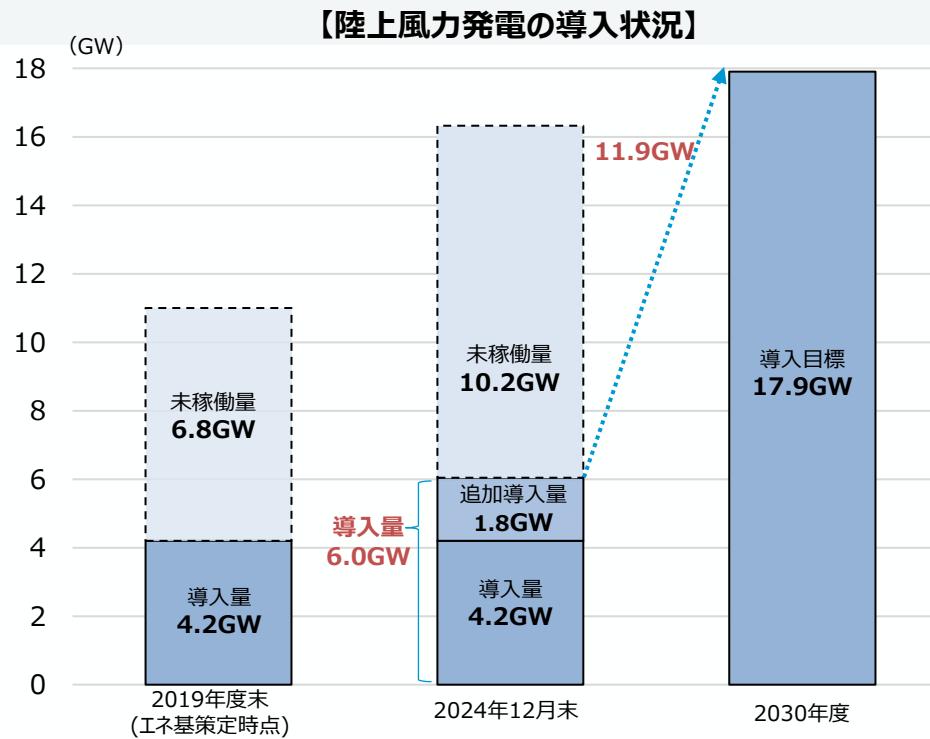


(参考) 風力発電の導入状況

- 洋上風力発電は、足下では、再エネ海域利用法等に基づき、着床式洋上風力発電を中心に、これまでに6.4GWの案件が形成されたほか、有望区域や準備区域が多数存在しており、2030年導入目標（5.7GW）に向けて取組が進展している。
- 陸上風力発電は、2030年導入目標（17.9GW）に対して、2024年12月末時点の導入量は6.0GW、FIT/FIP認定済未稼働の容量は10.2GWに達している。



注) 再エネ海域利用法、港湾法等に基づく設備容量等を記載。
※ 導入量については、港湾法等に基づき実施している発電事業で稼働済みの設備容量を記載。
それ以外は、系統確保容量又は調査事業で算定した当該区域において想定する出力規模。



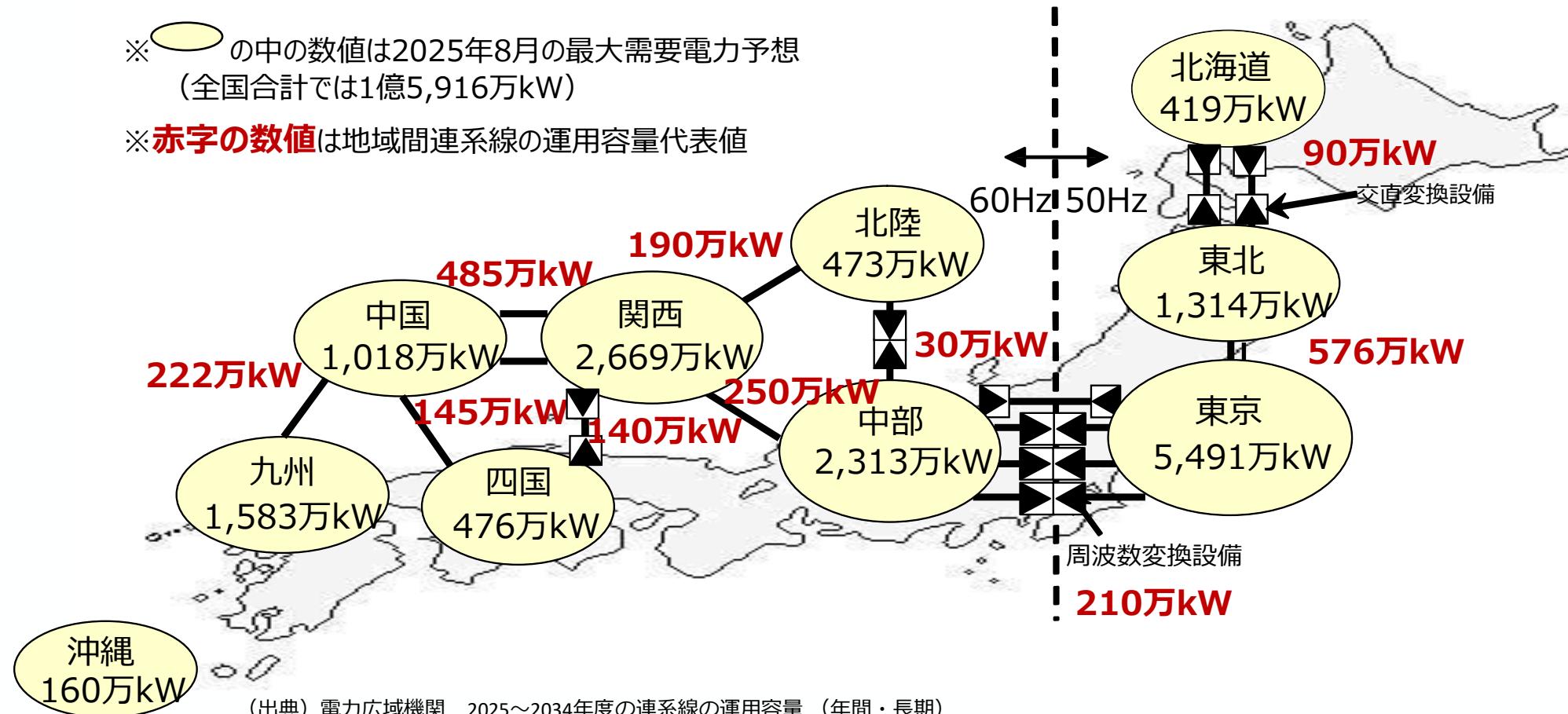
※ 導入量は、FIT前導入量2.6GWを含む。

※ FIT/FIP認定量及び導入量は速報値。

※ 入札制度における落札案件は落札時点の認定量として計上。

(参考) 我が国の送配電網

- これまで、電力会社の供給エリアごとに送配電網が整備されてきた。
- このような歴史的経緯から、我が国では、エリア間の「地域間連系線」や、東日本と西日本とを繋ぐ周波数変換設備の容量が小さい。



(参考) 近年の主な需給ひつ迫

令和6年7月23日 総合エネルギー調査会
基本政策分科会（第59回） 資料1より作成

- 電力自由化以降の供給力の低下や再エネの導入拡大等によって、足元では電力需給のひつ迫が発生。主な事象とその原因等は以下のとおり。

| 時期と主な要因 | 主な要因 | 主な対応策 |
|--|--|---|
| 1 2020年度冬期 【継続的な寒波／LNG在庫減少】 | <ul style="list-style-type: none">① 継続的な寒波による電力需要の増加。② 石炭火力のトラブル停止（約550万kW）や天候不順による太陽光発電量の減少が発生。③ 海外のLNG供給設備の停止に起因したLNG在庫減少により、LNG火力の稼働抑制。 | <p>【ひつ迫時】自家発焚き増し、他エリアからの電力融通、連系線の運用容量拡大</p> <p>【ひつ迫後】燃料モニタリングの仕組みの導入 需給ひつ迫を予防するための発電用燃料に係るガイドラインの策定</p> |
| 2 2022年3月 【真冬並の寒波／福島県沖地震】 | <ul style="list-style-type: none">① 地震等による発電所の停止 3/16 広野火力等（合計335万kW） 3/22 磐梯火力等（合計134万kW）② 東京-東北間の送電線の運用容量低下 (500万kW⇒250万kW)③ 太陽光の出力変動（月内で最大1,257万kW） | <p>【ひつ迫時】</p> <ul style="list-style-type: none">・ 火力発電所の出力増加、自家発焚き増し、補修点検中の発電所の稼働、他エリアからの電力融通・ 小売電気事業者から大口需要家への節電要請・ 電力需給ひつ迫警報発令（2022年3月）・ 電力需給ひつ迫注意報発令（2022年6月） <p>【ひつ迫後】</p> <ul style="list-style-type: none">・ 需給ひつ迫注意報の創設・ 発電所の休廃止に関する事前届出制の導入・ 予備電源制度の導入 |
| 3 2022年6月 【異例の暑さ／発電設備の補修】 | <ul style="list-style-type: none">① 年より22日早い梅雨明け（6月27日に梅雨明け）により、6月末時点で異例の暑さにより需要が大幅に増加（27日の東電管内の想定最大需要は東日本大震災以降、最大（5,276万kW））② 年より大幅に早い梅雨明けにより、複数の火力発電所が補修点検により稼働停止 | |

（基本的考え方）

- 脱炭素化に向けた取組に際しては、個別のプロジェクトベースの技術の活用に留まるのではなく、全社レベルでの脱炭素化に向けた戦略を描くことが重要である。全社レベルの脱炭素化に向けた戦略に対して、個別の取組がしっかりと紐付いていることが、資金調達のトランジション適格性を判断する際の大前提となる。
- 2050年のカーボンニュートラルに向けた道筋は、各社の置かれた状況により異なって然るべきである。具体的には、系統規模や再エネポテンシャルなど、エリアによって異なる条件や現時点での電源構成の違いといった事情に配慮する必要がある。

(発電分野)

- 発電分野においては、電力の安定供給と脱炭素化を両立するため、地域と共生した再エネや、安全性の確保と地域の理解を大前提とした原子力を用いた着実な脱炭素化を進めていくことが重要である。
- 火力電源は、温室効果ガスを排出するという課題がある一方、データセンターや半導体工場の新增設等による電力需要増加に対応する供給力、再エネ等による出力変動や周波数変動を補う調整力、系統の安定性を保つ慣性力といった安定供給上重要な役割を有している。
- このような中、火力全体として安定供給に必要な発電容量 (kW) を維持・確保しつつ、非効率な石炭火力を中心に発電量 (kWh) を段階的に減らしていく。
- 例えば、LNG火力は石炭・石油火力と比べて温室効果ガスの排出量が少なく、将来的な水素の活用やCCUSの導入などによる脱炭素化が可能である。また、高効率な火力設備の導入による排出削減の余地も大きく、電力の安定供給のために必要な火力の供給力を維持・確保する観点からは、電源の脱炭素化に向けたトランジションの手段として、LNG火力の活用と高効率設備の導入は引き続き重要である。
- ただし、脱炭素化に向けて、水素・アンモニア・バイオマスの混焼及び専焼、CCUSの活用などの技術開発及び実証を進め、できる限り早くその実装を進めていく。
- こうした取組を通じて、将来的なゼロエミッション技術への移行を支える現実的かつ段階的な道筋を描くことが求められる。

(送配電及び需要分野)

- 再エネの導入拡大に向けた送配電網の増強、蓄電池や揚水の導入といった系統の高度化に向けた取組は、直接的に脱炭素化に資するものではないが、電源構成の脱炭素化を目指す上で不可欠なものである。したがって、間接的に脱炭素化を推し進めるという意味において、これらの取組もトランジションであると言える。
- 热需要の電化の推進やディマンドリスポンス（DR）などの需要サイドの取組については、CO₂排出を伴う热利用を減らし、再エネの導入に寄与するなどの意味において、トランジションであると言える。水の電気分解により製造した水素を用いた热の利用（间接的な電化）も同様である。ただし、热需要の電化及び间接的な電化については、発電分野において脱炭素化が进展していることが大前提となる。

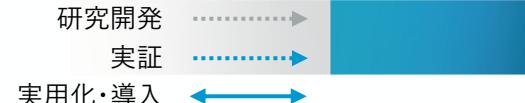
(その他)

- 「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」で示されているとおり、事業者による直接的な排出削減への取組のみならず、トランジションにより経済的な不利益を被る立場にある者への支援を含む「公正な移行」への取組や、他社の脱炭素化の取組への支援についても、トランジションであると言える。
- 例えば、大型発電所の休廃止を含む脱炭素化の取組にあたっては、地域経済や雇用への影響を踏まえながら、地域の実情に応じてトランジションを進めていく必要がある。
- なお、各事業主体において排出削減努力を徹底的に行うという前提の上、当該努力だけでは脱炭素化が困難な特別の事情がある事業者が存在することも考えられる。そのような場合、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入による排出量の削減という選択肢が否定されるものではない。

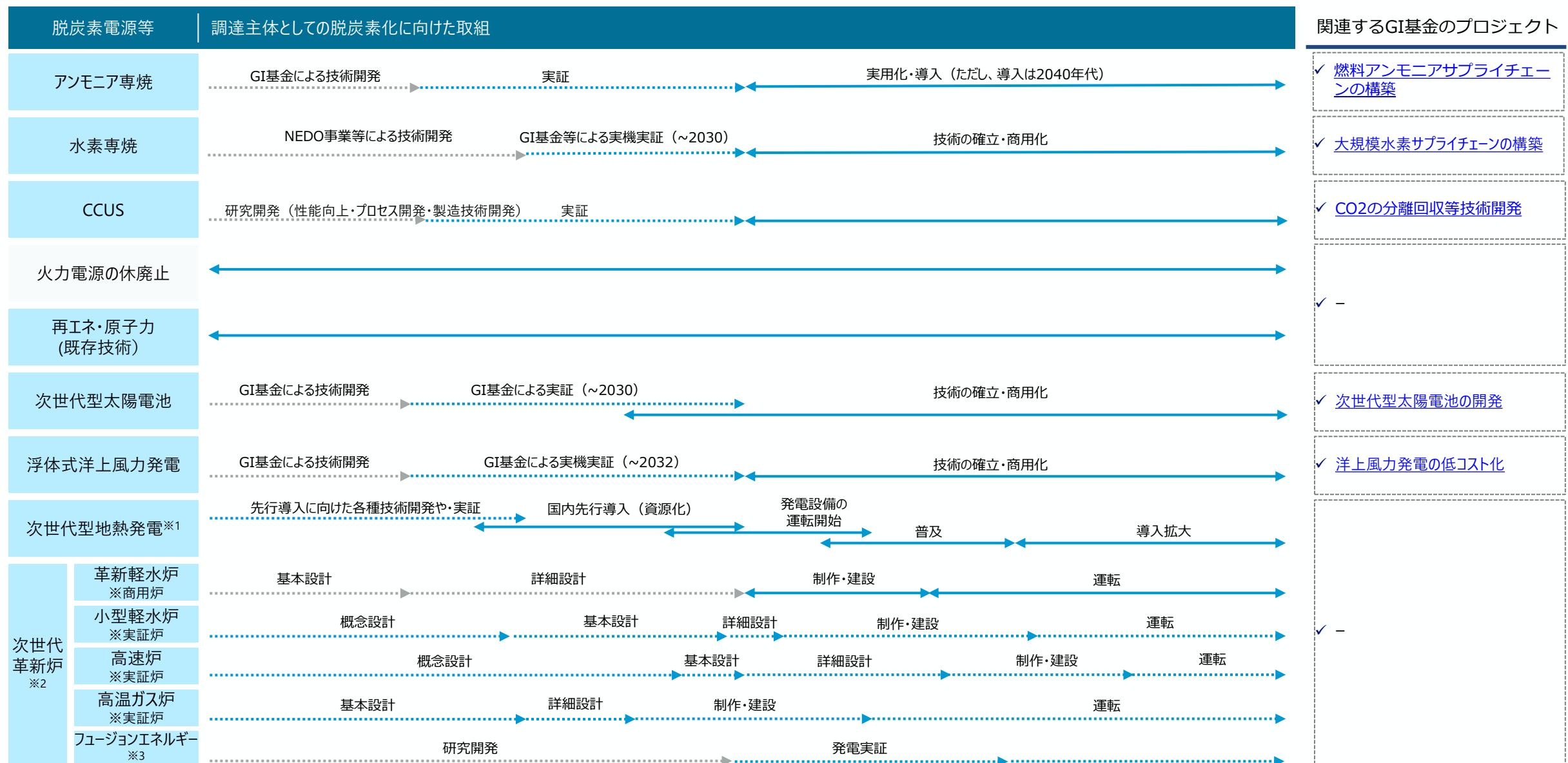
電力分野のトランジション・ロードマップの範囲（技術）

- 電力分野においては、脱炭素化に資する技術は多様であり、また、技術開発に要する時間も長期にわたるものが多い。そのため、脱炭素化に向けた取組を進めていく上では、あらかじめ特定の技術に決め打ちするのではなく、多様な技術開発の可能性を追求していくことが重要である。
- こうした考え方の下、現時点において有望と考えられる技術については、本ロードマップの線表において、その見通しを可能な限り定量的に示す。具体的には、水素・アンモニア・バイオマスの混焼及び専焼、CCUSの活用といった火力電源の脱炭素化や、原材料を含めて強靭なサプライチェーン構築が期待される次世代型太陽電池、四方を海で囲まれ我が国の導入ポテンシャルが高い浮体式洋上風力発電、現状の地熱ポテンシャルを拡大する可能性がある次世代型地熱発電といった最新鋭の再エネ、安全対策等を講じた既設原子力発電、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉、系統増強や需要側の電化に向けた技術等が対象となりうる。
- また、これらの新たな技術を実現するために必要となる水素・アンモニア等の燃料供給サプライチェーンの確立や、CO₂分離回収・カーボンリサイクルといった要素技術開発も必要である。
- さらに、火力電源の休廃止についても、脱炭素化への移行を支える選択肢の一つと位置づけられる。ただし、脱炭素化と安定供給の両立を図る観点から、火力全体として安定供給に必要な発電容量 (kW) を維持・確保しつつ、非効率な石炭火力を中心に発電量 (kWh) を段階的に減らしていくことが必要である。
- なお、カーボンニュートラルに向けた低炭素・脱炭素技術は、単体での導入に加え、複数の技術を組み合わせることで相乗効果を発揮する可能性がある。

電力分野の脱炭素化に向けたトランジション・ロードマップ*



2020 2025 2030 2040 2050



*1 詳細は「次世代型地熱推進官民協議会 中間取りまとめ（案）」を参照されたい

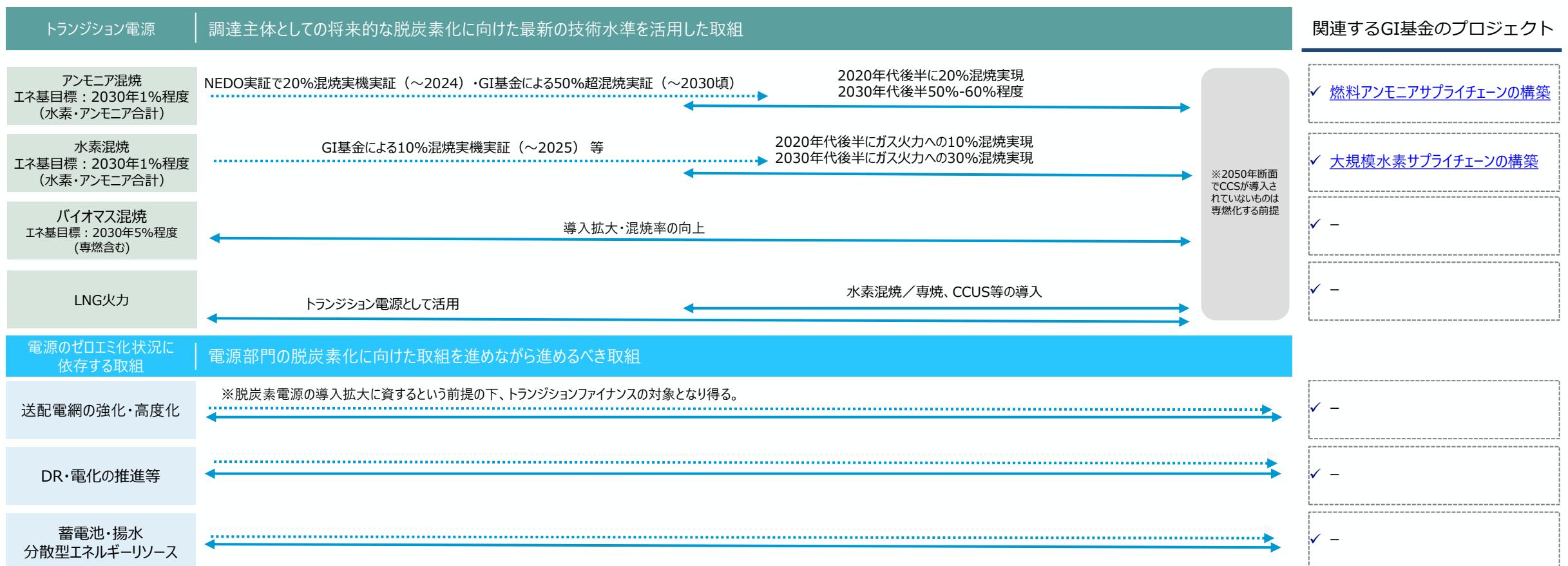
*2 詳細は「経済産業省「GX実現に向けた基本方針参考資料」「「今後の道行き」事例16：次世代革新炉」を参照されたい

*3 詳細は「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を参照されたい

電力分野の脱炭素化に向けたトランジション・ロードマップ



2020 2025 2030 2040 2050



※火力電源の高効率化や石炭から天然ガスへの転換等については、将来的にアノニア・水素の混焼・専焼やCC(U)Sの導入を見据えつつ、2050年までに脱炭素電源化するという前提の下、トランジションファイナンスの対象となり得る。
 ※「電化」には、間接的な電化（再エネ等由来の電力を活用した水電解により製造した水素の活用）を含む。
 ※混焼率はいずれも熱量ベース。

(参考) カーボンニュートラルへの道筋

CNに向けた低炭素・脱炭素技術「脱炭素電源等」

| 技術名 | 概要 | 排出係数※1 | 実装年※2 | 主な参照先※3 |
|----------|-------------------------------|----------|--------|--|
| アンモニア専焼 | ✓ ボイラー・ガス터ービンでのアンモニア専焼 | 最大100%削減 | 2030年代 | <ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 エネルギー基本計画 GI基金・社会実装計画※4 |
| 水素専焼 | ✓ 水素タービンによる専焼 | 最大100%削減 | 2030年代 | <ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 エネルギー基本計画 GI基金・社会実装計画※4 |
| CCUS | ✓ CO2分離回収技術の技術開発・実証・導入・商用化の推進 | 最大100%削減 | 2030年代 | <ul style="list-style-type: none"> エネルギー基本計画 GI基金・社会実装計画※4 |
| 火力電源の休廃止 | ✓ 既存火力電源の休廃止 | — | 既に導入 | <ul style="list-style-type: none"> エネルギー基本計画 |

※ 1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※ 2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※ 3：実装年の参照先には下線を付加。

※ 4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

(参考) カーボンニュートラルへの道筋

CNに向けた低炭素・脱炭素技術「脱炭素電源等」

| 技術名 | 概要 | 排出係数※1 | 実装年※2 | 主な参照先※3 |
|------------------------|---|----------|-------------------------|---|
| 再エネ・原子力 (既存技術) | ✓ 地域と共生した再エネおよび、安全性の確保と地域の理解を大前提とした原子力の導入（既設原子力の安全対策等を含む） | 最大100%削減 | 既に導入 | • エネルギー基本計画 |
| 次世代型太陽電池 | ✓ 太陽光発電の適地の制約がある中、軽量・柔軟等の特徴を兼ね揃えるペロブスカイト太陽電池の早期社会実装を進めて行く (コスト目標、導入目標) ・2025年：20円/kWhの技術確立 ・2030年：14円/kWhの技術確立、GW級の量産体制の構築 ・2040年：10~14円/kWh以下の実現、累計20GWの導入 | 最大100%削減 | 2020年代後半 (タイムラインは左記) | • エネルギー基本計画 • GI基金・社会実装計画 • 次世代型太陽電池戦略 • IEA ETP CETG |
| 浮体式洋上風力発電 | ✓ 広大なEEZを含む開発エリアの拡大に際し、水深の深い海域に設置可能な浮体式洋上風力について、低コストに量産化する技術を確立し早期の社会実装を目指す | 最大100%削減 | 2020年代後半 | • エネルギー基本計画 • GI基金・社会実装計画※4 • 洋上風力産業ビジョン（第2次） • IEA ETP CETG |
| 次世代型地熱発電 | ✓ 地下深くの高温・高圧な热水を利用した超臨界地下熱を利用した地熱発電技術や、地下の高温岩盤を利用した自然由来の热水を必要としない地熱発電技術 | 最大100%削減 | 2030年代 | • エネルギー基本計画 • IEA ETP CETG |
| 次世代革新炉・ フュージョンエネルギー | ✓ 革新軽水炉、小型軽水炉、高速炉、高温ガス炉、フュージョンエネルギー | 最大100%削減 | 2030年代以降※5 | • エネルギー基本計画 • 分野別投資戦略 • 革新炉開発の技術ロードマップ • フュージョンエネルギー・イノベーション戦略 • IEA ETP CETG |

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

※5：実装時期は革新炉の種類等により異なる。

(参考) カーボンニュートラルへの道筋

CNに向けた低炭素・脱炭素技術「脱炭素電源等」

| 技術名 | 概要 | 排出係数※1 | 実装年※2 | 主な参照先※3 |
|------------------------|-----------------------------------|---------------|---|--|
| アンモニア混焼 | ✓ 石炭火力へのアンモニア混焼 | — (混焼率に依存) | 2020年代後半 (石炭火力への20%混焼) 2030年代後半 (石炭火力への50%超混焼) | ・ エネルギー基本計画 ・ グリーン成長戦略 ・ GI基金・社会実装計画※4 |
| 水素混焼 | ✓ ガス火力への水素混焼 | — (混焼率に依存) | 2020年代後半 (ガス火力への10%混焼) 2030年代後半 (ガス火力への30%混焼) | ・ エネルギー基本計画 ・ グリーン成長戦略 ・ GI基金・社会実装計画※4 |
| バイオマス混焼 | ✓ 石炭火力へのバイオマス混焼 | — (混焼率に依存) | 既に導入 | ・ エネルギー基本計画 |
| LNG火力 | ✓ 電源の脱炭素化に向けたトランジション手段としてのLNG火力活用 | — | 既に導入 | ・ エネルギー基本計画 |
| 送配電網の強化・高度化 | ✓ 再エネの導入拡大に向けた送配電網の増強等 | — | 既に導入 | ・ エネルギー基本計画 |
| DR・電化の推進等 | ✓ 需要サイドにおける脱炭素化に向けた取組、電化等 | — | 既に導入 | ・ グリーン成長戦略 ・ エネルギー基本計画 |
| 蓄電池・揚水・LDES・分散型エネルギー資源 | ✓ 統系安定化に資する蓄電池・分散型エネルギー資源の導入等 | — | 既に導入 | ・ グリーン成長戦略 ・ エネルギー基本計画 |

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

1. トランジション・ファイナンス概論
2. 電力分野の動向
3. 電力分野のトランジション・ロードマップ
4. 科学的根拠の整理
5. 参考

カーボンニュートラルへの技術の道筋 | 科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参考して策定しており、パリ協定と整合する。
- 地域と共生した再エネ・安全性の確保と地域の理解を大前提とした原子力の最大限活用に加え、火力発電の休廃止、アンモニア・水素混焼・専焼技術、CCUSの導入拡大等により2050年のカーボンニュートラルを実現する。

CO₂削減イメージの概要・根拠等

概要・策定根拠

- 右図は、p 28～30に記載の技術を含め、発電分野の排出削減に向けた技術が広く普及することを前提に、日本の発電分野全体での排出削減経路のイメージを示したもの。
- 削減イメージの作成にあたっての各種想定は、「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」等、2050年カーボンニュートラルの実現を見据えた我が国の各種政府施策や、パリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

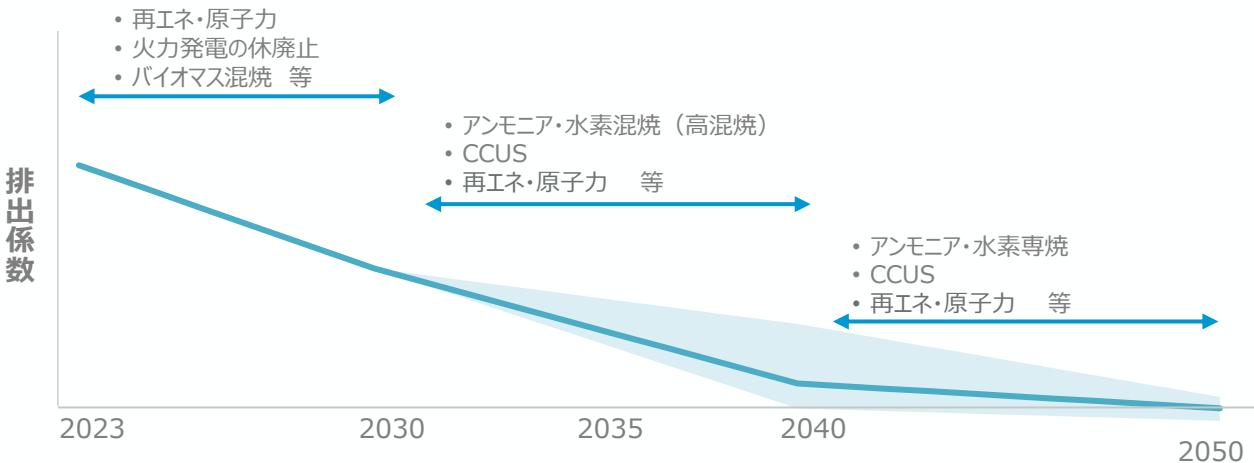
経路に大きな影響を与える主な要素

- 次世代型太陽光・洋上風力等の再エネ拡大
- CCS等による火力発電の低・脱炭素化
- 再エネ・原子力の最大限活用等

パリ協定整合性の確認

- 削減イメージは、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」において、日本の地域・産業特性を踏まえつつ、NDCやパリ協定整合のシナリオ等との整合を検証し、科学的根拠／パリ協定整合性を確認している。

CO₂排出削減イメージ※



1 2020～2030

地域と共生した再エネ・安全性の確保と地域の理解を大前提とした原子力の利用拡大に加え、火力発電へのバイオマス混焼や休廃止により低炭素化を進めていく。並行して、アンモニア・水素混焼技術やCCUSの技術開発・実証に取り組む。

2 2030～2040

アンモニア・水素混焼の導入拡大、混焼比率拡大による高混焼化等に取り組む。

3 2040～2050

アンモニア・水素専焼の実用化、導入拡大等により大幅な排出削減を行い、カーボンニュートラルを実現。

※：我が国における電力産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には電力各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

1. トランジション・ファイナンス概論
2. 電力分野の動向
3. 電力分野のトランジション・ロードマップ
4. 科学的根拠の整理
5. 参考

(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
4. 日本のエネルギー事情

1. 東京電力福島第一原子力発電所事故後の歩み

- 東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故からまもなく14年が経過するが、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験、反省と教訓を肝に銘じて取り組むことが、引き続きエネルギー政策の原点。
- 足下、ALPS処理水の海洋放出、燃料デブリの試験的取出し成功等の進捗や、福島イノベーション・コースト構想の進展もあり、オンサイト・オフサイトともに取組を進めているところ。政府の最重要課題である、福島の復興・再生に向けて最後まで取り組んでいくことは、引き続き政府の責務である。

2. 第6次エネルギー基本計画策定以降の状況変化

- 他方で、第6次エネルギー基本計画策定以降、我が国を取り巻くエネルギー情勢は、以下のように大きく変化。こうした国内外の情勢変化を十分踏まえた上でエネルギー政策の検討を進めていく必要。
 - ロシアによるウクライナ侵略や中東情勢の緊迫化などの経済安全保障上の要請が高まる。
 - DXやGXの進展に伴う電力需要増加が見込まれる。
 - 各国がカーボンニュートラルに向けた野心的な目標を維持しつつも、多様かつ現実的なアプローチを拡大。
 - エネルギー安定供給や脱炭素化に向けたエネルギー構造転換を、経済成長につなげるための産業政策が強化されている。

3. エネルギー政策の基本的視点（S+3E）

- エネルギー政策の要諦である、S+3E（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合性）の原則は維持。
- 安全性を大前提に、エネルギー安定供給を第一として、経済効率性の向上と環境への適合を図る。

4. 2040年に向けた政策の方向性

※第7次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

- DXやGXの進展による電力需要増加が見込まれる中、それに見合った脱炭素電源を国際的に遜色ない価格で確保できるかが我が国の産業競争力に直結する状況。 2040年度に向けて、本計画と「GX2040ビジョン」を一体的に遂行。
- すぐに使える資源に乏しく、国土を山と深い海に囲まれるなどの我が国の固有事情を踏まえれば、エネルギー安定供給と脱炭素を両立する観点から、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入するとともに、特定の電源や燃料源に過度に依存しないようバランスのとれた電源構成を目指していく。
- エネルギー危機にも耐えうる強靭なエネルギー需給構造への転換を実現するべく、徹底した省エネ、製造業の燃料転換などを進めるとともに、再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源を最大限活用する。
- 2040年に向け、経済合理的な対策から優先的に講じていくといった視点が不可欠。S+3Eの原則に基づき、脱炭素化に伴うコスト上昇を最大限抑制するべく取り組んでいく。

5. 省エネ・非化石転換

- エネルギー危機にも耐えうる需給構造への転換を進める観点で、徹底した省エネの重要性は不变。加えて、今後、2050年に向け排出削減対策を進めていく上では、電化や非化石転換が今まで以上に重要となる。CO2をどれだけ削減できるかという観点から経済合理的な取組を導入すべき。
- 足下、DXやGXの進展による電力需要増加が見込まれており、半導体の省エネ性能の向上、光電融合など最先端技術の開発・活用、これによるデータセンターの効率改善を進める。工場等での先端設備への更新支援を行うとともに、高性能な窓・給湯器の普及など、住宅等の省エネ化を制度・支援の両面から推進する。トップランナー制度やベンチマーク制度等を継続的に見直しつつ、地域での省エネ支援体制を充実させる。
- 今後、電化や非化石転換にあたって、特に抜本的な製造プロセス転換が必要となるエネルギー多消費産業について、官民一体で取組を進めることが我が国の産業競争力の維持・向上に不可欠。

6. 脱炭素電源の拡大と系統整備

※第7次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

<総論>

- DXやGXの進展に伴い、電力需要の増加が見込まれる中、それに見合った脱炭素電源の確保ができなかつたために、国内産業立地の投資が行われず、日本経済が成長機会を失うことは、決してあってはならない。
- 再生可能エネルギーか原子力かといった二項対立的な議論ではなく、再生可能エネルギーや原子力などの脱炭素電源を最大限活用することが必要不可欠。
- こうした中で、脱炭素電源への投資回収の予見性を高め、事業者の積極的な新規投資を促進する事業環境整備及び、電源や系統整備といった大規模かつ長期の投資に必要な資金を安定的に確保していくためのファイナンス環境の整備に取り組むことで、脱炭素電源の供給力を抜本的に強化していく必要がある。

<再生可能エネルギー>

- S+3Eを大前提に、電力部門の脱炭素化に向けて、再生可能エネルギーの主力電源化を徹底し、関係省庁が連携して施策を強化することで、地域との共生と国民負担の抑制を図りながら最大限の導入を促す。
- 国産再生可能エネルギーの普及拡大を図り、技術自給率の向上を図ることは、脱炭素化に加え、我が国の産業競争力の強化に資するものであり、こうした観点からも次世代再生可能エネルギー技術の開発・社会実装を進めていく必要がある。
- 再生可能エネルギー導入にあたっては、①地域との共生、②国民負担の抑制、③出力変動への対応、④インバーションの加速とサプライチェーン構築、⑤使用済太陽光パネルへの対応といった課題がある。
- これらの課題に対して、①事業規律の強化、②FIP制度や入札制度の活用、③地域間連系線の整備・蓄電池の導入等、④ペロブスカイト太陽電池（2040年までに20GWの導入目標）や、EEZ等での浮体式洋上風力、国の掘削調査やワンストップでの許認可フォローアップによる地熱発電の導入拡大、次世代型地熱の社会実装加速化、自治体が主導する中小水力の促進、⑤適切な廃棄・リサイクルが実施される制度整備等の対応。
- 再生可能エネルギーの主力電源化に当たっては、電力市場への統合に取り組み、系統整備や調整力の確保に伴う社会全体での統合コストの最小化を図るとともに、次世代にわたり事業継続されるよう、再生可能エネルギーの長期安定電源化に取り組む。

<原子力>

- 原子力は、優れた安定供給性、技術自給率を有し、他電源と遜色ないコスト水準で変動も少なく、また、一定出力で安定的に発電可能等の特長を有する。こうした特性はデータセンターや半導体工場等の新たな需要ニーズにも合致することも踏まえ、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく。
- 立地地域との共生に向けた政策や国民各層とのコミュニケーションの深化・充実、核燃料サイクル・廃炉・最終処分といったバックエンドプロセスの加速化を進める。
- 再稼働については、安全性の確保を大前提に、産業界の連携、国が前面に立った理解活動、原子力防災対策等、再稼働の加速に向け官民を挙げて取り組む。
- 新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・設置については、地域の産業や雇用の維持・発展に寄与し、地域の理解が得られるものに限り、廃炉を決定した原子力発電所を有する事業者の原子力発電所のサイト内での次世代革新炉への建て替えを対象として、六ヶ所再処理工場の竣工等のバックエンド問題の進展も踏まえつつ具体化を進めていく。その他の開発などは、各地域における再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえて検討していく。
- 次世代革新炉（革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・フュージョンエネルギー）の研究開発等を進めるとともに、サプライチェーン・人材の維持・強化に取り組む。

<火力>

- 火力は、温室効果ガスを排出するという課題もある一方、足下の供給の7割を満たす供給力、再エネ等による出力変動等を補う調整力、系統の安定性を保つ慣性力・同期化力等として、重要な役割を担っている。
- 足下の電力需給も予断を許さない中、火力全体で安定供給に必要な発電容量（kW）を維持・確保しつつ、非効率な石炭火力を中心に発電量（kWh）を減らしていく。具体的には、トランジション手段としてのLNG火力の確保、水素・アンモニア、CCUS等を活用した火力の脱炭素化を進めるとともに、予備電源制度等の措置について不斷の検討を行う。

6. 脱炭素電源の拡大と系統整備（続き）

※第7次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

＜次世代電力ネットワークの構築＞

- 電力の安定供給確保と再生可能エネルギーの最大限の活用を実現しつつ、電力の将来需要を見据えタイマーな電力供給を可能とするため、地域間連系線、地内基幹系統等の増強を着実に進める。更に、蓄電池やDR等による調整力の確保、系統・需給運用の高度化を進めることで、再生可能エネルギーの変動性への柔軟性も確保する。

7. 次世代エネルギーの確保/供給体制

- 水素等（アンモニア、合成メタン、合成燃料を含む）は、幅広い分野での活用が期待される、カーボンニュートラル実現に向けた鍵となるエネルギーであり、各国でも技術開発支援にとどまらず、資源や適地の獲得に向けて水素等の製造や設備投資への支援が起こり始めている。こうした中で我が国においても、技術開発により競争力を磨くとともに、世界の市場拡大を見据えて先行的な企業の設備投資を促していく。また、バイオ燃料についても導入を推進していく。
- また、社会実装に向けては、2024年5月に成立した水素社会推進法等に基づき、「価格差に着目した支援」等によりサプライチェーンの構築を強力に支援し、更なる国内外を含めた低炭素水素等の大規模な供給と利用に向けては、規制・支援一体的な政策を講じ、コストの低減と利用の拡大を両輪で進めていく。

8. 化石資源の確保/供給体制

- 化石燃料は、足下、我が国のエネルギー供給の大宗を担っている。安定供給を確保しつつ現実的なトランジションを進めるべく、資源外交、国内外の資源開発、供給源の多角化、危機管理、サプライチェーンの維持・強靭化等に取り組む。
- 特に、現実的なトランジションの手段としてLNG火力を活用するため、官民一体で必要なLNGの長期契約を確保する必要。技術革新が進まず、NDC実現が困難なケースも想定して、LNG必要量を想定。
- また、災害の多い我が国では、可搬かつ貯蔵可能な石油製品やLPガスの安定調達と供給体制確保も「最後の砦」として重要であり、SSによる供給ネットワークの維持・強化に取り組む。

9. CCUS・CDR

※第7次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

- CCUSは、電化や水素等を活用した非化石転換では脱炭素化が困難な分野においても脱炭素を実現できるため、エネルギー安定供給、経済成長、脱炭素の同時実現に不可欠であり、CCS事業への投資を促す支援制度の検討、コスト低減に向けた技術開発、貯留地開発等に取り組む。
- CDRは、残余排出を相殺する手段として必要であり、環境整備、市場の創出、技術開発の加速に向けて取り組んでいく。

* CDR : Carbon Dioxide Removal (二酸化炭素除去)

10. 重要鉱物の確保

- 銅やレアメタル等の重要鉱物は、国民生活および経済活動を支える重要な資源であり、DXやGXの進展や、それに伴い見込まれる電力需要増加の対応にも不可欠である。他方で、鉱種ごとに様々な供給リスクが存在しており、安定的な供給確保に向けて、備蓄の確保に加え、供給源の多角化等に取り組むとともに国産海
洋鉱物資源の開発にも取り組む。

11. エネルギーシステム改革

- システム改革は、安定供給の確保、料金の最大限の抑制、需要家の選択肢や事業者の事業機会の拡大を狙いとして進めてきており、これまでの取組を検証しながら更なる取組を進める必要がある。
- 特に、電力システム改革について、電力広域融通の仕組みの構築や小売自由化による価格の抑制、事業
機会の創出といった点で、一定の進捗があった一方、DXやGXの進展に伴い電力需要増加が見込まれる
中の供給力の確保や、燃料価格の急騰等による電気料金の高騰といった課題に直面している。
- こうした事態に対応するべく、安定供給を大前提に、価格への影響を抑制しつつGX実現の鍵となる電力システムの脱炭素化を進めるため、①脱炭素電源投資確保に向けた市場や事業環境、資金調達環境の整備、②電源の効率的活用・大規模需要の立地を見据えた電力ネットワークの構築、③安定的な量・価格での
電力供給に向けた制度整備や規律の確保を進めていく。

12. 国際協力と国際協調

※第7次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

- 世界各国で脱炭素化に向けた動きが加速する一方、ロシアによるウクライナ侵略や中東情勢の緊迫化などの地政学リスクの高まりを受けてエネルギー安全保障の確保の重要性が高まっている。
- こうした中で、化石資源に乏しい我が国としては、世界のエネルギー情勢等を注視しつつ、包括的資源外交を含む二国間・多国間の様々な枠組みを活用した国際協力を通じて、エネルギー安全保障を、経済成長及び脱炭素と同時実現する形で進めていく。
- 特に、東南アジアは、我が国と同様、電力の大宗を火力に依存し、また経済に占める製造業の役割が大きく、脱炭素化に向けて共通の課題を抱えている。こうした中で、AZECの枠組みを通じて、各国の事情に応じた多様な道筋による現実的な形でアジアの脱炭素を進め、世界全体の脱炭素化に貢献していく。

* AZEC : Asia Zero Emission Community(アジア・ゼロエミッション共同体)

13. 国民各層とのコミュニケーション

- エネルギーは、日々の生活に密接に関わるものであり、エネルギー政策について、国民一人一人が当事者意識を持つことが何より重要となる。
- 国民各層の理解促進や双方向のコミュニケーションを充実させていく必要があり、そのためにも政府による情報開示や透明性を確保していく。特に、審議会等を通じた政策立案のプロセスについて、最大限オープンにし、透明性を高めていく。
- エネルギーに対する関心を醸成し、国民理解を深めるには、学校教育の現場でエネルギーに関する基礎的な知識を学習する機会を設けることも重要。また、若者を含む幅広い層とのコミュニケーションを充実させていく。

【参考】2040年度におけるエネルギー需給の見通し

- 2040年度エネルギー需給の見通しは、諸外国における分析手法も参考としながら、様々な不確実性が存在することを念頭に、複数のシナリオを用いた一定の幅として提示。

| | 2023年度 (確報値) | 2040年度 (見通し) |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| エネルギー自給率 | 15.3% | 3~4割程度 |
| 発電電力量 | 9877億kWh | 1.1~1.2兆kWh程度 |
| 電源構成 | 再エネ 22.9% | 4~5割程度 |
| | 太陽光 9.8% | 23~29%程度 |
| | 風力 1.1% | 4~8%程度 |
| | 水力 7.6% | 8~10%程度 |
| | 地熱 0.3% | 1~2%程度 |
| | バイオマス 4.1% | 5~6%程度 |
| | 原子力 8.5% | 2割程度 |
| | 火力 68.6% | 3~4割程度 |
| 最終エネルギー消費量 | 3.0億kL | 2.6~2.7億kL程度 |
| 温室効果ガス削減割合 (2013年度比) | 27.1% | 73% |

(参考) 新たなエネルギー需給見通しでは、2040年度73%削減実現に至る場合に加え、実現に至らないシナリオ（61%削減）も参考値として提示。73%削減に至る場合の2040年度における天然ガスの一次エネルギー供給量は5300~6100万トン程度だが、61%削減シナリオでは7400万トン程度の見通し。

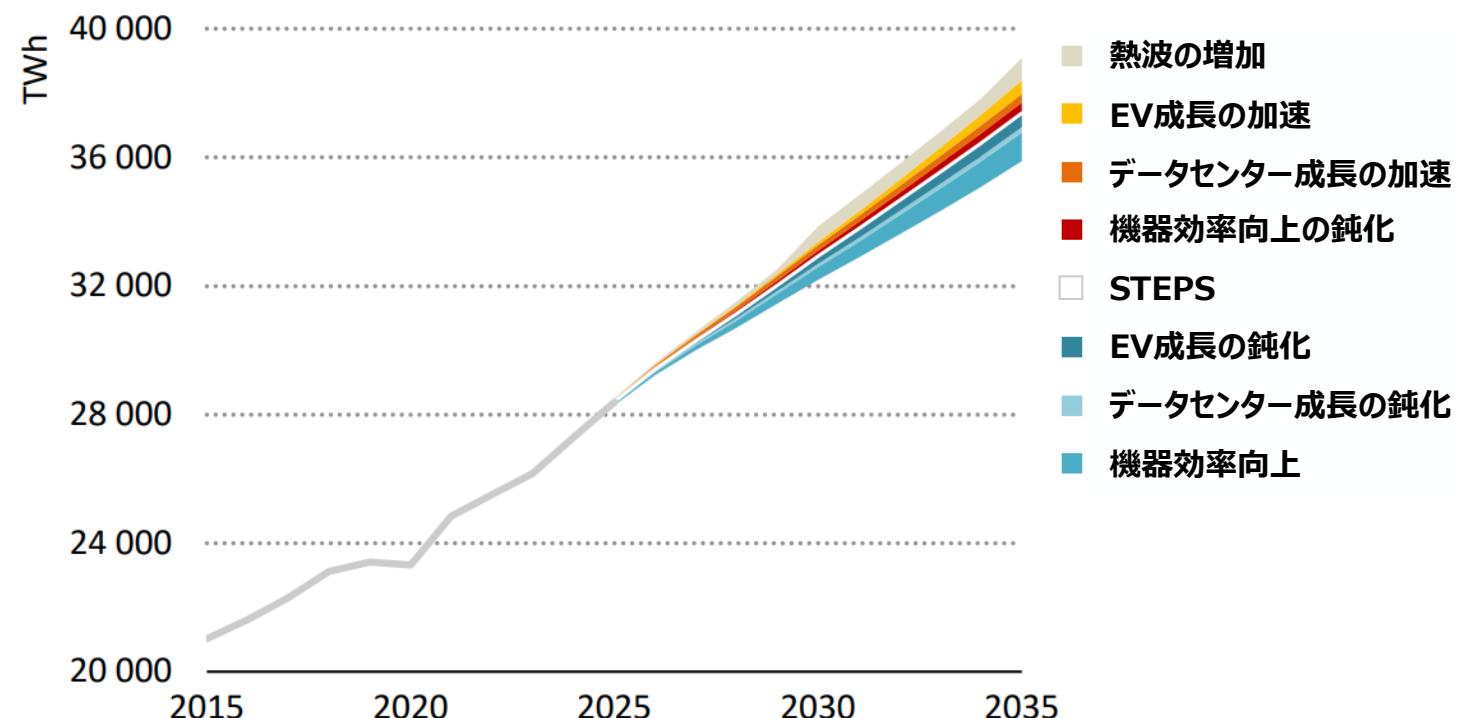
(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
4. 日本のエネルギー事情

WEO2024における世界の電力需要予測

- 昨年10月、IEAは「World Energy Outlook 2024」を公表。世界的なエネルギー危機や特定国へのサプライチェーン依存によるリスクの高まりを踏まえて、エネルギー安全保障の不变の重要性を再確認するとともに、不確実性を強調し、「将来のエネルギー需給の姿に対して単一の見解を持つことは困難」と指摘。
- また、世界の電力需要は、STEPS（注）で2023年から2035年に向けて年率約3%で増加すると予想。電力需要の主な変動要因として、①データセンター需要、②平均気温の上昇、③電気機器の省エネ、④EV需要を挙げている（①～④の感度分析では、年成長率は約2.7%～3.4%まで変動）。

世界の電力需要予測とSTEPS感度分析（2015年～2035年）

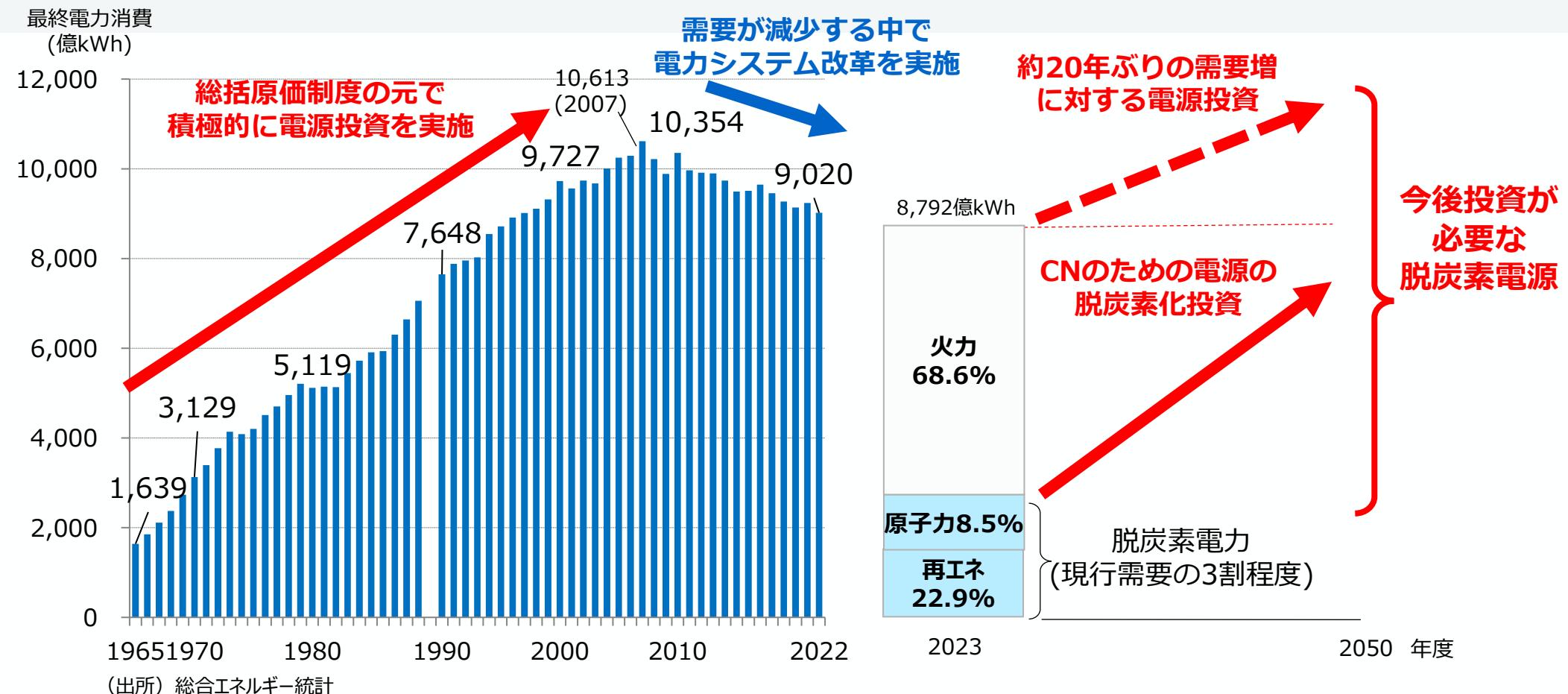


(注) STEPS : Stated Policies Scenario、公表政策シナリオ

(出典) IEA「World Energy Outlook 2024」を基に経産省作成。

脱炭素電源投資の重要性

- 半導体工場の新規立地、データセンター需要に伴い、国内の電力需要が約20年ぶりに増加していく見通し。2050CNに向けた脱炭素化とあいまって、大規模な電源投資が必要な時代に突入。これまでの電力システム改革時には必ずしも想定されていなかった状況変化が生じている。
- 脱炭素電源の供給力を抜本的に強化しなければ、脱炭素時代における電力の安定供給の見通しは不透明に。
- ※電力広域的運営推進機関は、2025年度から30年度にかけて電力需要が年率0.7%程度で増加する見通しを公表（2025年1月）。



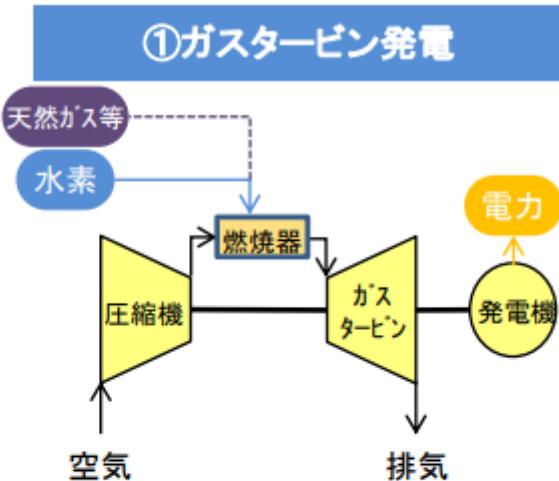
(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
 - a) 水素・アンモニア
 - b) CCUS
 - c) 次世代型太陽電池
 - d) 浮体式洋上風力発電
 - e) 次世代型地熱発電
 - f) 次世代革新炉等
4. 日本のエネルギー事情

水素発電の概要

- 水素を燃料に用いた発電方法は、以下3種類の方法がある。

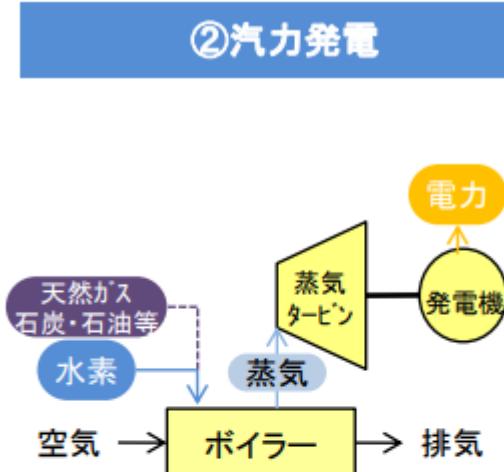
- ① ガスタービンの燃料として水素を用いるもの
- ② 蒸気タービン用のボイラー燃料として水素を用いるもの
- ③ 燃料電池を用いるもの



「水素」または「水素+他の燃料」をガスタービンにて燃焼させ回転力を得て、発電機を駆動させて発電する。

コンバインド発電として利用できれば、
汽力発電に比べて高効率

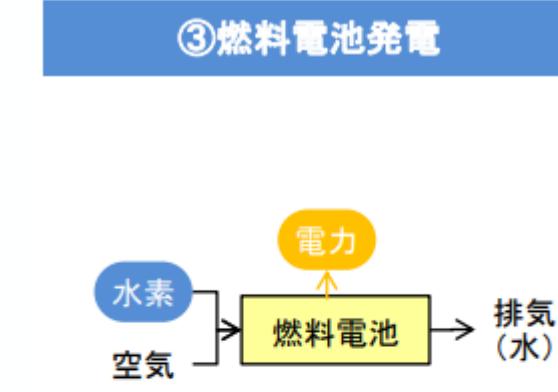
一定の技術課題が解決されれば、
既存ガスタービン同様に規模の拡大も可能



「水素」または「水素+他の燃料」をボイラーで燃焼、発生した蒸気によりタービンにて回転力を得て、発電機を駆動させて発電する。

通常の汽力発電と同程度の発電効率

通常の汽力発電と同様に
規模の拡大も可能



水素と酸素の化学反応から直接電力を取り出す。

化学反応による発電のため高効率
熱利用によりさらに効率向上

規模拡大には比例的にスタックを
増やす必要があり現状では高コスト

「水素社会推進法」の成立等について

- 日本は世界で初めての水素に関する国家戦略（水素基本戦略）を2017年12月に策定。EU、ドイツ、オランダなど25カ国以上が水素の国家戦略を策定し、水素戦略策定の動きが加速化、水素関連の取組を強化。
- 2023年、6年ぶりに水素基本戦略を改定。技術の確立を主としたものから、商用段階を見据え、産業戦略と保安戦略を新たに位置づけた。
- 2024年、水素社会推進法が成立。低炭素水素等の導入拡大に向けた規制・支援一体的な制度を講じていくことに。

水素等を巡るこれまでの流れ



導入量及びコストの目標

□ 年間導入量：発電・産業・運輸などの分野で幅広く利用

現在（約200万t）→ 2030年（最大300万t）※→ 2040年（1200万t程度）※→ 2050年（2000万t程度）

※水素以外にも直接燃焼を行うアンモニア等の導入量（水素換算）も含む数字。

□ コスト：長期的には化石燃料と同等程度の水準を実現

2030年（30円/Nm³*）→ 2050年（20円/Nm³以下）
(ノルマルリューベー)
(334円/kg) (222円/kg)

※ 1Nm³=0.09kgで換算。

※ Nm³（ノルマルリューベー）：大気圧、0 °Cの時の体積のこと

2023年11月のLNG価格とのパリティ：21.6円/Nm³-H₂

2022年平均LNG価格とのパリティ：27.7円/Nm³-H₂

2022年9月（ウクライナ侵攻後最高値）：38.4円/Nm³-H₂

第6次エネルギー基本計画での水素・アンモニアの位置づけ

2030年の電源構成のうち、1%程度を水素・アンモニアとすることを目指す。

水素に係る海外動向

- インフレに伴う開発費の増大や政策の不透明感による水素プロジェクトへの投資の停滞等により、急激な盛り上がりを見せた水素ブームは緩やかに。
- 一方、欧州を中心に長期間の政府支援は着々と継続。水素関連プロジェクトは、着実に進展。
一時のブームでなく、真剣な事業者は、2030年よりも早い商業運転開始を目指す。
- 数百～千数百億円規模の中小規模の案件組成を進める欧州に対し、兆円規模の強力な支援で、いち早く大規模サプライチェーンのユースケースを作り、世界で着実に市場開拓を狙う。

EU

- 欧州水素銀行による第1回入札を実施。10年間で総額7.2億ユーロ(約1,200億円)の支援を見込む。2024年10月に6件のプロジェクトが助成金契約に締結し、5年内(2029年まで)の運転開始を予定。
- 第2回入札では、新たに水電解槽の総容量に対して中国からの調達を制限する要件を追加。2025年2月に申請を締切り、同年11月までに助成金契約の締結を予定。

イギリス

- 水素と既存原燃料との価格差支援(CfD支援)のラウンド1を実施。15年間のCfD支援総額は23億ポンド(約4,485億円)を見込む。2024年10月に11件のプロジェクトを採択、うち10件と契約を締結し、最速で2025年から商業運転を開始。
- ラウンド2は、2025年4月に27件のショートリストを公表。2025年中の審査完了およびラウンド3の開始を予定。

ドイツ

- 9億ユーロ(約1,500億円)の予算を確保し、H2Globalによるダブルオークションのうち、第1回固定価格買取入札を実施。2024年7月、1件のプロジェクトを選定。最大3.97億ユーロ(約660億円)の支援で2027年からの供給開始を見込む。
- 第2回固定価格買取入札を開始(25年2月)し、ドイツ連邦政府・オランダ政府から25億ユーロ(約4,100億円)の追加支援を予定。

米国

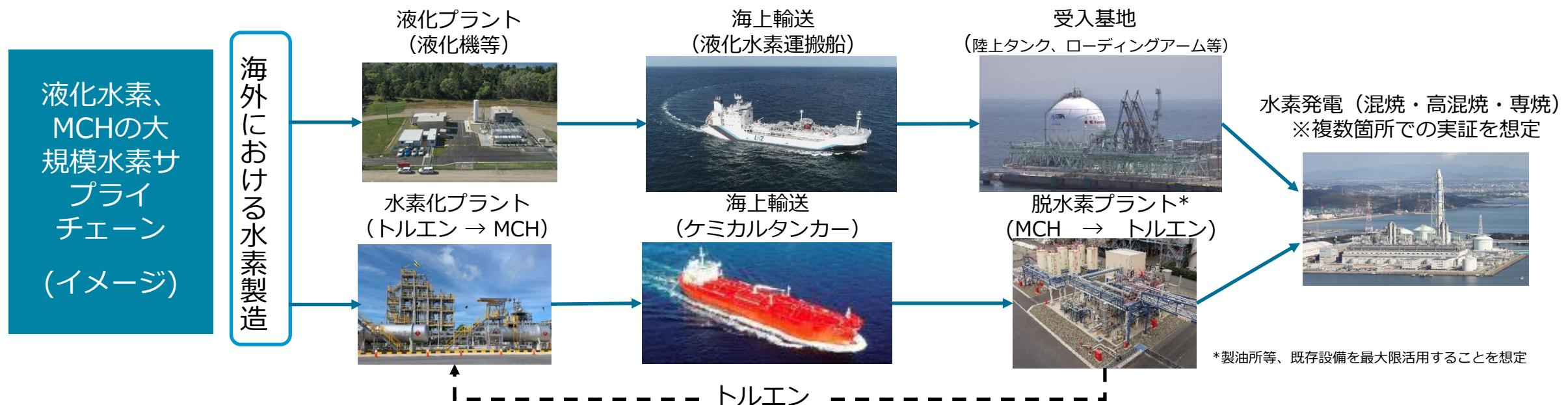
- トランプ大統領就任後、米国内のエネルギーを解放し、世界中にシェールガスを輸出する方針。米国内水素ハブへの資金拠出は一時停止され、米国内のクリーンエネルギー普及の動きは失速。
- 一方、水素を名指した批判はないことから、水素・アンモニア政策への影響は限定的との見方も。
- 2025年7月4日に、IRA（インフレ抑制法）改正案が成立。CCS等の税額控除は引き続き継続しており、ブルー水素・アンモニアへの影響は僅少。また、水素の生産税額控除も2027年末までに建設開始すれば適用可能など、グリーン水素・アンモニアへの影響も限定的な見込み。

中国

- 世界の水素需要の約3割（2024年の生産・消費規模3,650万トン超え）を占める、現時点で世界最大の水素消費国。
- トラック・バスを中心に燃料電池自動車の販売台数が急増。10年間で累積約9万台の日本に対し、韓国のペース（年間3万台）も大幅に超えて、中国は2年間で1万台を超える増加ペース。
- グリーン水素・グリーンアンモニアの大規模製造プロジェクトでは、既に稼働を開始済のものもあり、急激な勢いで社会実装が進行中。

大規模水素サプライチェーンの構築 (国費負担額: 上限3,211.2億円 (うち150億円GX))

- 水素社会の実現に向け、**大規模水素サプライチェーン構築と需要創出**を一体的に進めることが必要。
 - 将来的な**国際水素市場の立ち上がり**が期待される中、日本は世界に先駆けて液化水素運搬船を建造するなど、**技術で世界をリード**。大規模需要の見込める**水素発電技術についても我が国が先行**。
 - そのため、複数の水素キャリア（液化水素、MCH）で①**輸送設備の大型化等の技術開発・大規模水素輸送実証**を支援することに加え、②**水素発電における実機での水素の燃焼安定性に関する実証**を一体で進めるなどし、**水素の大規模需要の創出と供給コスト低減の好循環の構築**を推進し、**供給コストを2030年に30円/Nm³、2050年に20円/Nm³以下（化石燃料と同等程度）**とすることを目指す。



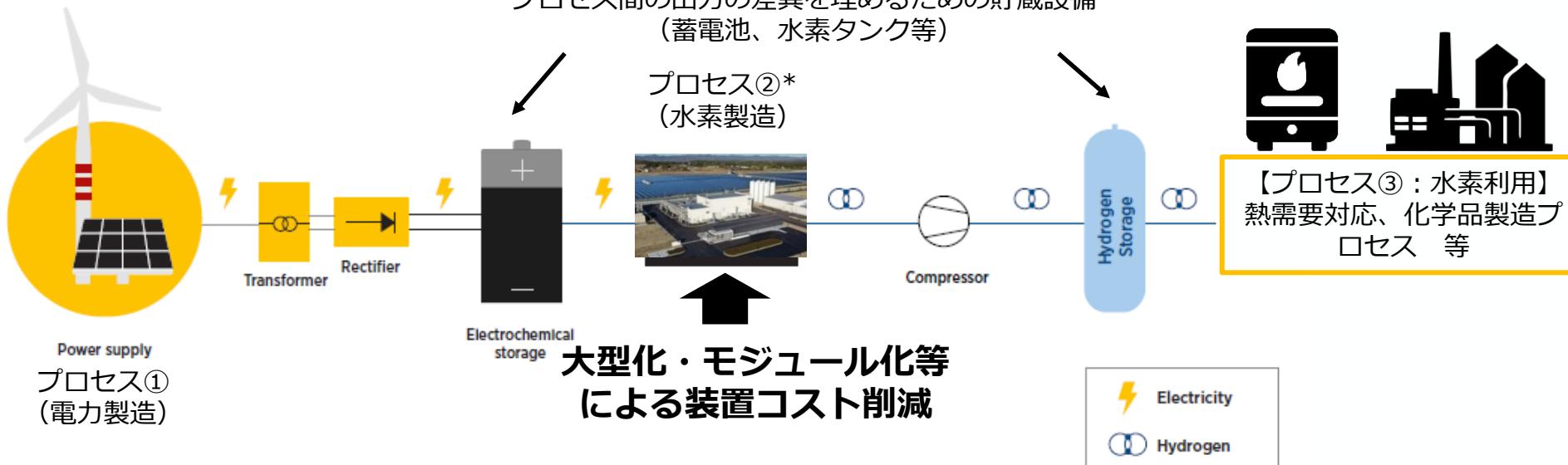
再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造

(国費負担額：上限1070.5億円（うち349億円GX）)

- 日本は世界有数規模の水電解装置を福島に有するものの、開発は欧州勢が先行。市場も再エネが安い欧州等が先に立ち上がりと見込まれている。
- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤の確立や、先行する海外の水電解市場獲得を目指すべく、複数のタイプの水電解装置（アルカリ型、PEM型、SOEC）の大型化やモジュール化、膜等の優れた要素技術の実装、水素利用と一体でのPower-to-X※のシステム実証等を強力に後押しし、装置コストの一層の削減（現在の最大1/6程度）を目指す。

※再生可能エネルギー由来の電力（Power）で水を電気分解し、製造された水素を化石燃料や原料等（X）の代替のために活用する技術

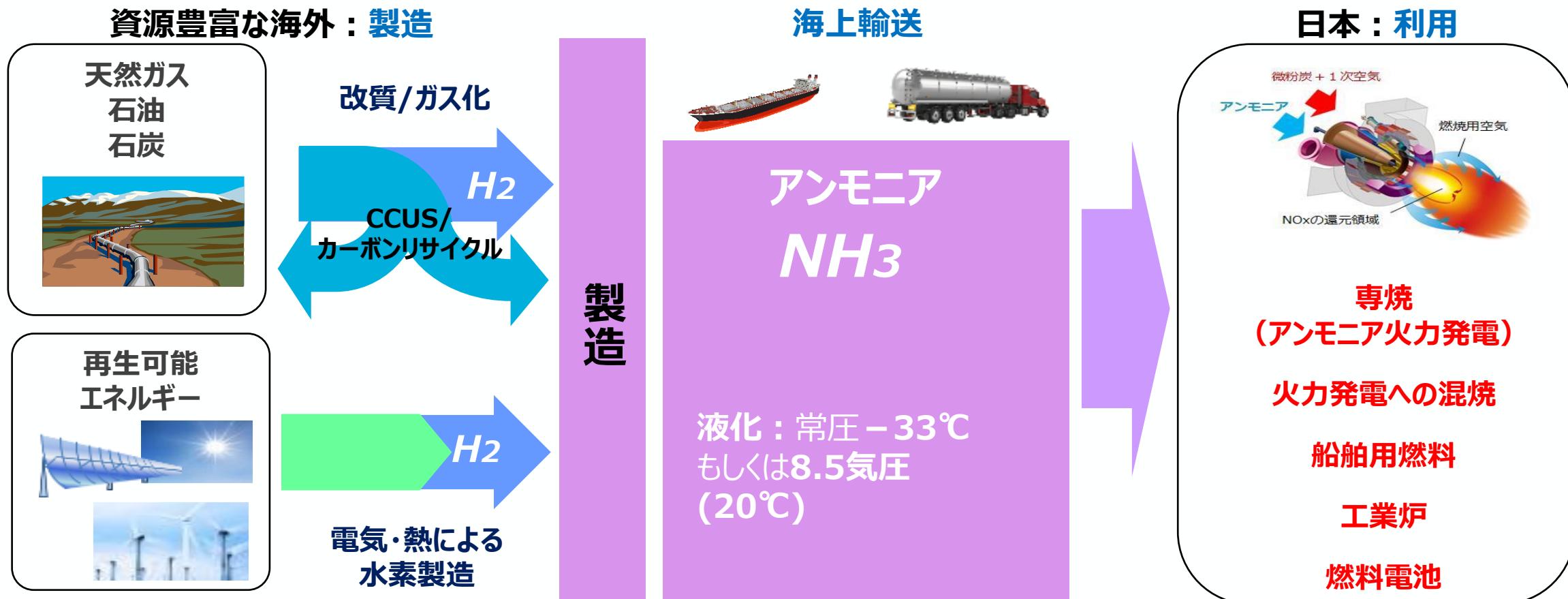
Power-to-Xのシステム構成



水電解装置の開発と合わせて、ボイラー等の熱関連機器や基礎化学品の製造プロセスとを組み合わせ、再エネ電源等を活用した熱需要や産業プロセス等の脱炭素化に関するシステム全体を最適化する実証を行う予定

燃料アンモニアの位置づけ

- アンモニアは、天然ガスや再生可能エネルギー等から製造することが可能であり、燃焼してもCO₂を排出しないため、気候変動対策の有効な燃料の一つ。また、アンモニアは、水素キャリアとしても活用でき、水素と比べ、既存インフラを活用することで、安価に製造・利用できることが特長。
- グリーン成長戦略に重要分野の1つとして位置づけられ、第7次エネルギー基本計画でも幅広い分野で活用が期待されるエネルギーとして明記。



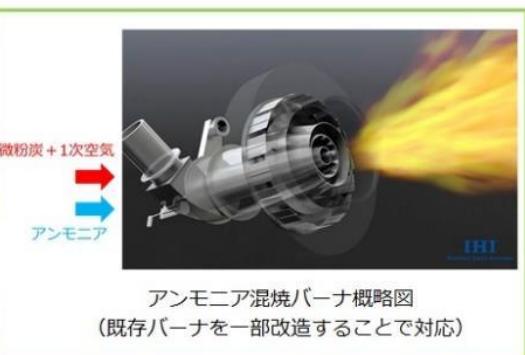
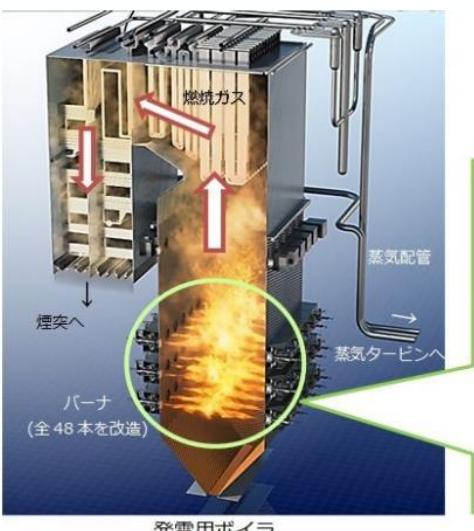
燃料アンモニアの利用

- アンモニアは水素のキャリアとしても活用することができ、そのまま燃料として利用することもできる。
- また、アンモニアの肥料・原料としてのサプライチェーンはすでに構築されており、これまでのノウハウを活用して、さらにサプライチェーンを拡大することが可能。
- 海外でもアンモニアへの注目は次第に高まってきており、単なる移行期のための技術ではなく、CNの選択肢となりうる。

アンモニア活用実証（例）

【アンモニア混焼発電実証】

- **我が国独自の技術**として、石炭火力発電のバーナーにアンモニアを20%混焼した際の安定燃焼とNOx排出量の抑制に成功。
- 2021年度からJERA碧南火力発電所実機（100万kW）で**20%混焼の実証試験を実施（4年間）。**
- 技術としては、実用化の目処が立っている。



【アンモニア燃料内航船・外航船の開発】

体制：日本郵船株式会社
日本シップヤード株式会社
株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
株式会社IHI原動機
商業運航予定：2028年度頃



【アンモニア専焼ガスタービンの開発】

体制：株式会社IHI
国立大学法人東北大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
商用化予定：2026年度頃*

備考：**燃焼時のGHG排出99%超削減達成。**

*IHIがGentari Hydrogenとの2026年度中の商用運転に向けた基本合意を締結



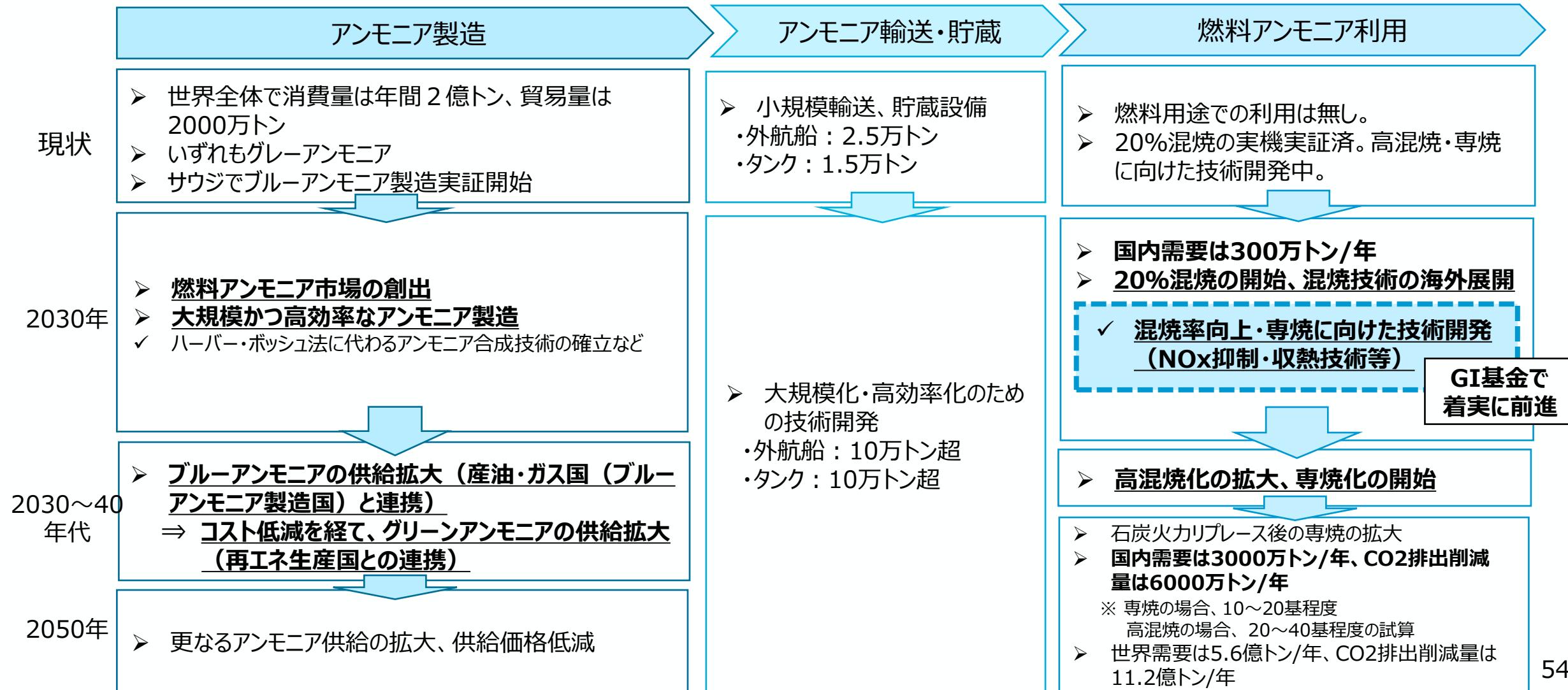
【ガラス溶解炉でのアンモニアバーナー活用実証】

体制：AGC株式会社
大陽日酸株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人東北大学
実証期間：2021年度～2025年度

(出典) JERA、日本郵船、IHI、AGC、NEDO

アンモニア利用の拡大に向けた道筋

- 燃料アンモニアの着実な導入・拡大においては、発電・船舶等における利用面で拡大と、低廉で安定的なサプライチェーン構築・強化という双方の取組が必要。多面的な政策的支援を実施。



石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術（専焼技術含む）の開発・実証

事業の目的・概要

- (1) アンモニア高混焼微粉炭バーナおよびアンモニア専焼バーナを開発し、事業用石炭火力発電所においてアンモニア利用の社会実装に向けた技術実証を行う。
- (2) 実証試験前のフィジビリティスタディにおける各種検討および実機での実証試験を通じてアンモニア混焼率50%以上の混焼技術を確立し、商用運転の実施可否を判断する。

実施体制

※太字:幹事企業

株式会社IHI、三菱重工業株式会社、株式会社JERA

事業規模等

- 事業規模:約452億円
- 支援規模*: 約279億円

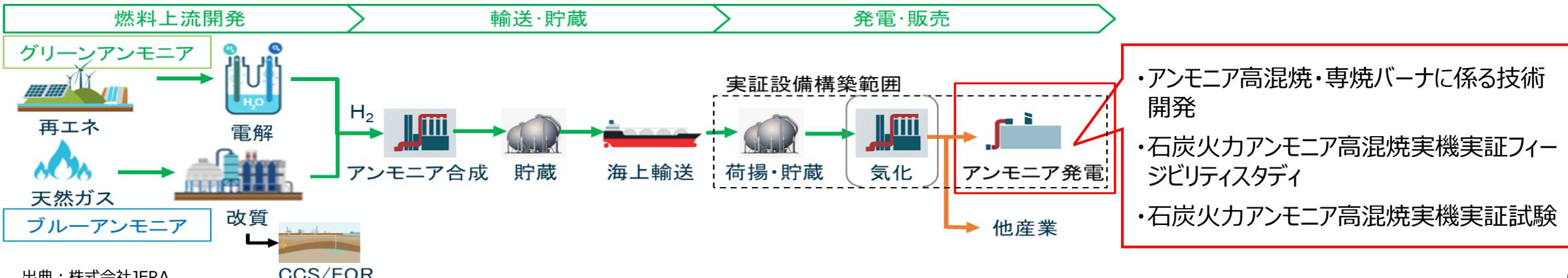
*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり
補助率など: 助成1/2、委託 → 1/2助成（インセンティブ率は10%）

事業期間

2021年度～2028年度（8年間）

事業イメージ

アンモニアサプライチェーン



- GI基金事業を通して研究開発を行った成果を基に、アンモニア専焼の商用運転や更なる大規模燃焼技術開発に向けて、各国や海外企業と連携をしながら、取り組みを進めている。

マレーシアでのアンモニア専焼ガスタービン発電事業

- ・ マレーシアは石炭火力の割合も高く、アンモニア混焼などの発電の脱炭素化のニーズが見込める。
- ・ IHIとGentariは、IHIがGI基金事業を通して開発したアンモニア専焼ガスタービン技術を活用し、マレーシアのペトロナスコンビナートにて商用利用を行うMOUを、2023年に締結。
- ・ 燃料全てを脱炭素化する初の実装案件として、2026年度の商用運転開始を目指している。

※ Gentari (ジェンタリ) マレーシア国営石油ガス企業ペトロナスの子会社



IHI製アンモニア専焼MW級ガスタービン



MOC締結式の様子

アンモニアガスタービンの大型燃焼試験

- ・ IHIはGI基金を通して開発した2MWアンモニア専焼技術をさらに進化させ、大規模燃焼技術の開発を進めている。
- ・ IHIとGE Vernovalは2024年に共同開発契約を締結し、発電用大型ガスタービンのアンモニア専焼に向けた研究開発を進行中。
- ・ 2025年6月には、大型燃焼試験設備を完工。実用化に向けて着実に取組を進め、2030年までの実用化を目指している。

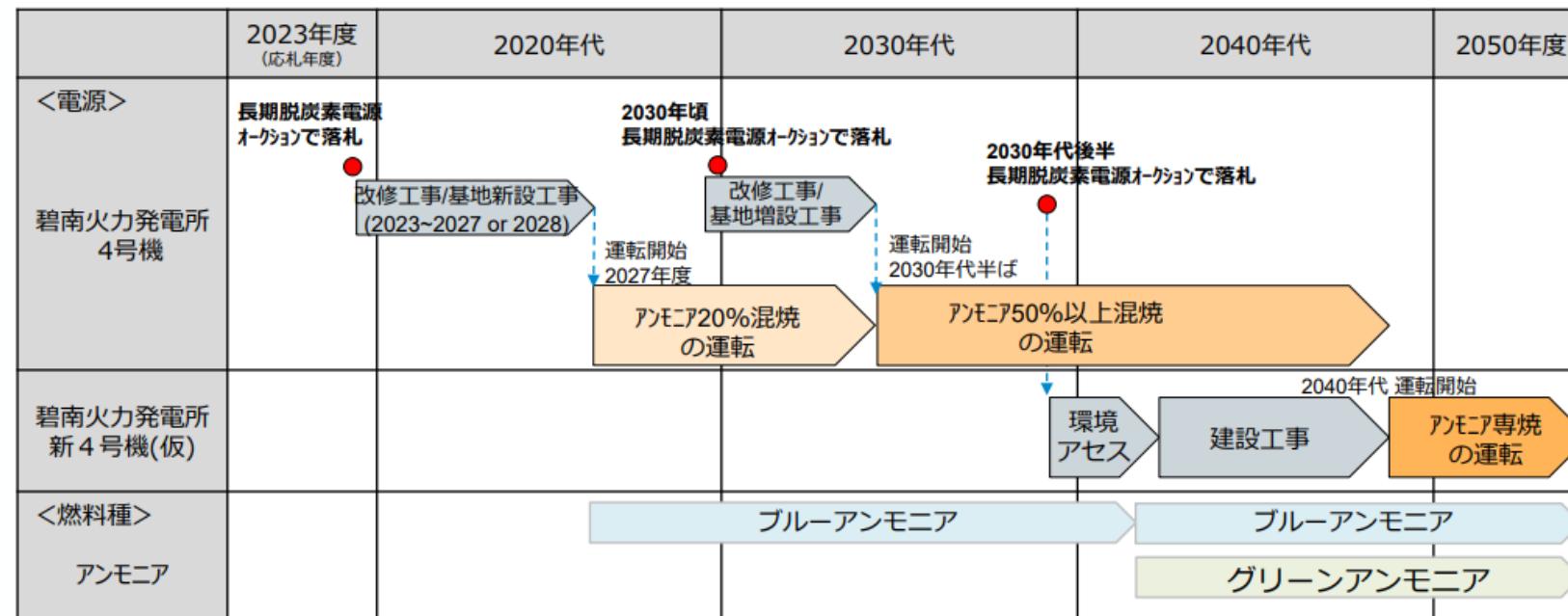


IHI相生工場に新設した大型燃焼試験設備

(参考) 石炭火力発電の脱炭素化に向けた取り組み (JERAの例)

- 例えば、JERA碧南火力発電所4号機において、既存の石炭火力発電所含め、脱炭素化の取組を進めており、脱炭素化ロードマップとしてアンモニア混焼・専焼への道筋を提示。

碧南火力発電所4号機の脱炭素化ロードマップ (株式会社JERA 2023年10月)



<前提条件>

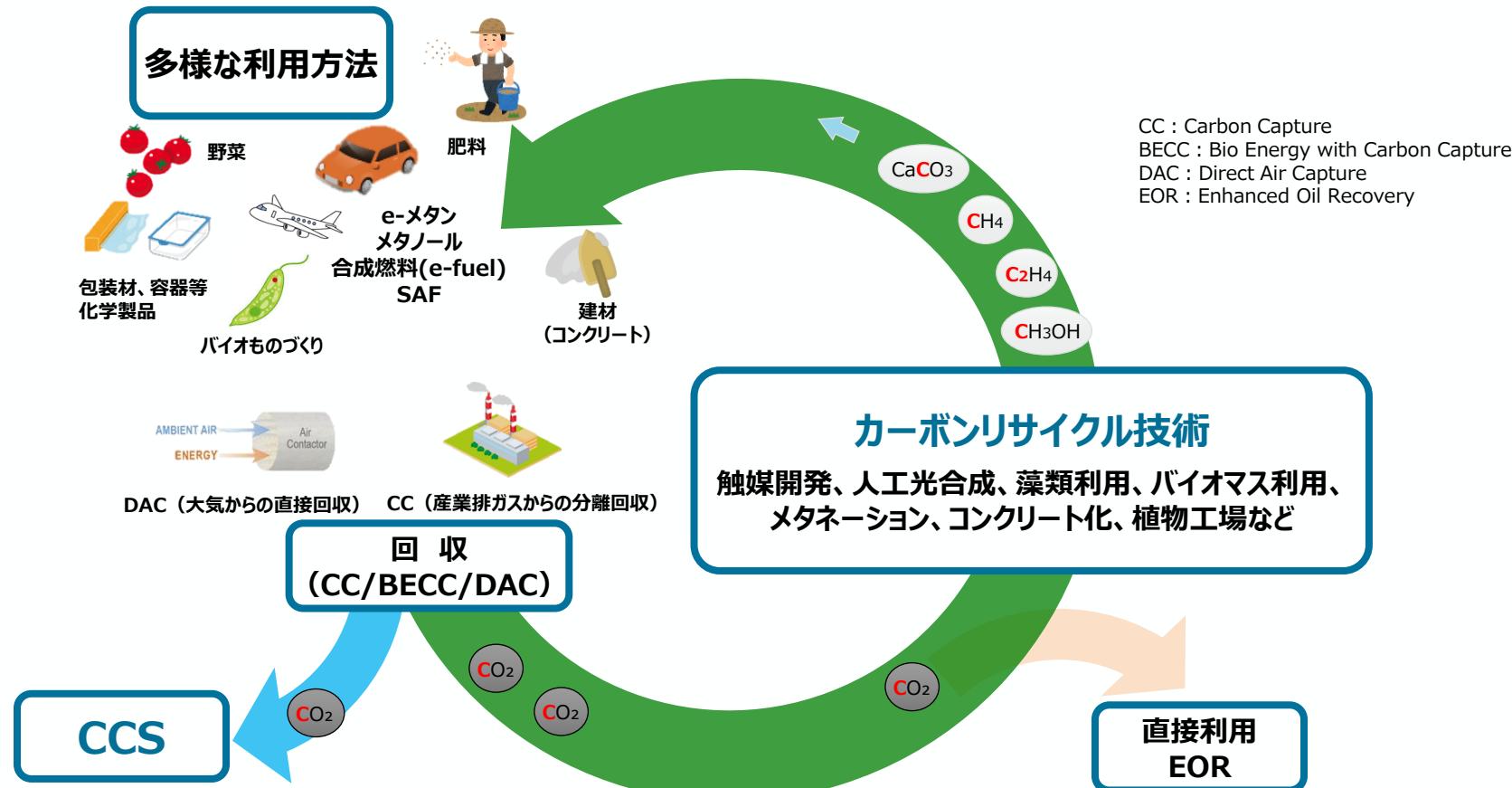
- ✓ 長期脱炭素電源オーケション、サプライチェーン支援等の制度の適用を通じた、適切な投資回収及び事業性の確保
- ✓ 混焼・専焼化のための技術開発の実現及び実証試験の成功
- ✓ 混焼率向上・専焼化のための投資にあたり、金融機関から資金調達ができる
- ✓ 20%混焼の運転開始時期は、サプライチェーン支援等の制度適用を踏まえたアンモニア製造事業等の進捗を考慮して2027年度から変更する
- ✓ 混焼開始時におけるブルーアンモニアの利用については、サプライチェーン支援等の制度適用やCCSの開発状況を踏まえて決定
- ✓ 2040年代のブルー/グリーンアンモニアの利用は、経済性や炭素価格等を踏まえて総合的に判断

(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
 - a) 水素・アンモニア
 - b) C C U S
 - c) 次世代型太陽電池
 - d) 浮体式洋上風力発電
 - e) 次世代型地熱発電
 - f) 次世代革新炉等
4. 日本のエネルギー事情

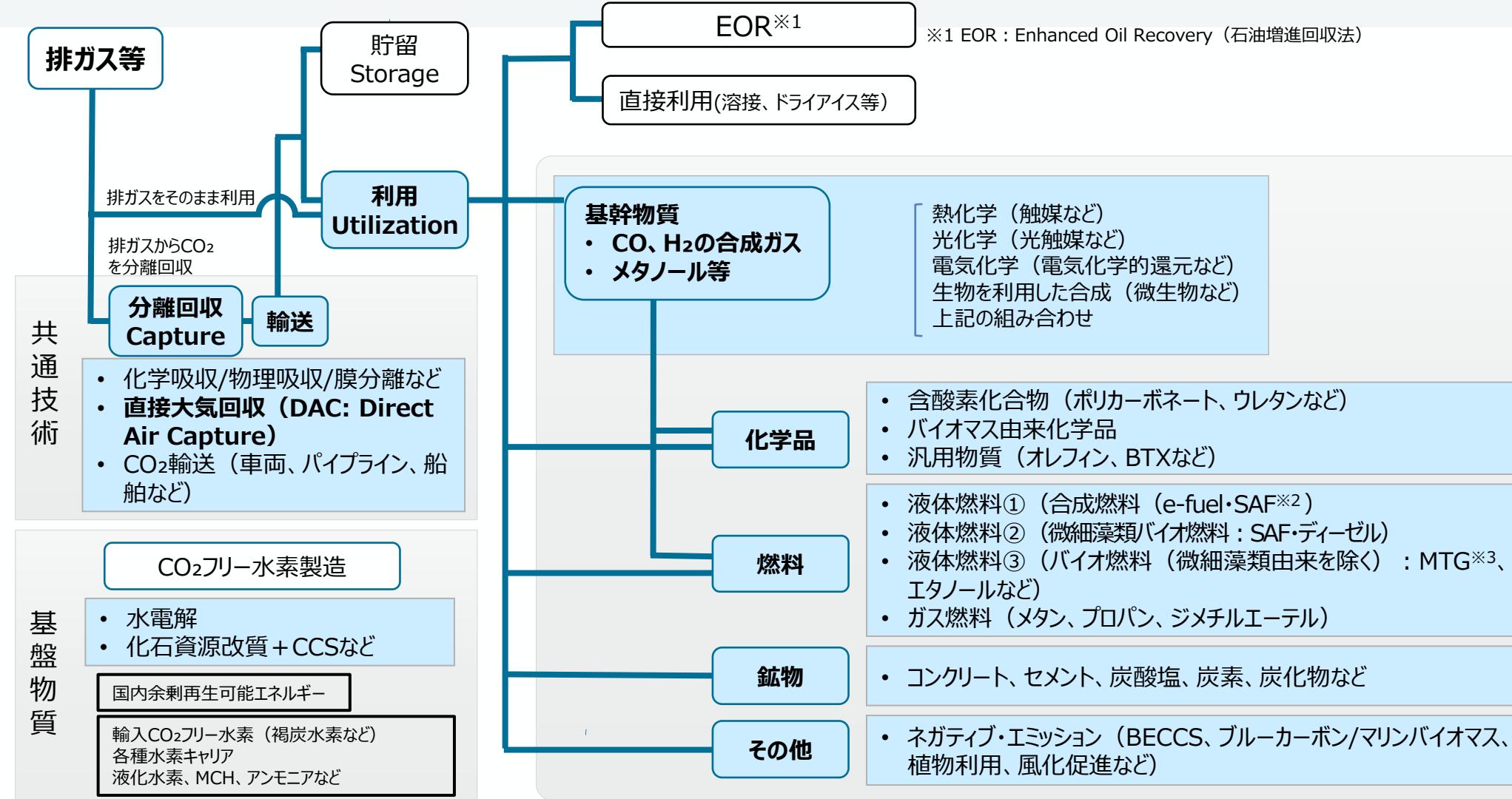
(参考) カーボンマネジメント

- 二酸化炭素の除去 (CDR : Carbon Dioxide Removal)、回収・利用・貯留 (CCUS : Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) によってCO₂を循環的に利用、削減する取り組み。



CCUS/カーボンリサイクルとは

- **CCU・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等、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**：工場や発電所等から排出される二酸化炭素を大気放散する前に回収し、地下へ貯留する技術。



CO₂分離回収に関する技術開発

- CCSの最初の工程となるCO₂分離回収のコストは、排出ガスに含まれるCO₂の濃度や圧力などによって異なり、排出ガスの性状に応じて最適な分離回収方法を用いる必要があり、技術開発を支援。
- 商業化で先行している化学吸收法と比較して、さらなるコスト低減を目指し、物理吸收法や固体吸収法など、新たな回収方法の実証試験を実施中。
- 今後の課題として、大規模回収によるシステムの信頼性向上や吸収材等の耐久性確保による更なる低コスト化を追求していく必要がある。また、中小規模の排出設備に対する回収設備の最適化も検討が必要。

主なCO₂分離回収方法

| 分離回収技術 | 技術概要 |
|--------|--|
| 化学吸收法 | ・CO ₂ と液体との <u>化学反応を利用して分離回収</u> する方法。 |
| 物理吸收法 | ・ <u>圧力差を利用して、CO₂を液体中に溶解させて分離回収</u> する方法。吸収能は液体に対するCO ₂ の溶解度に依存。 |
| 固体吸収法 | ・ <u>固体吸収材によるCO₂分離回収技術</u> 。 ・アミン等を含浸させた多孔質材（低温分離用）や、CO ₂ 吸収能のある固体剤（高温分離用）に吸収させる。 |
| 膜分離法 | ・分離機能を持つ <u>薄膜を利用</u> し、その <u>透過性・選択性を利用して混合ガスの中からCO₂を分離する方法</u> 。 |

現在商業化されている化学吸收法による分離回収コスト

4,000円台 / t -CO₂

大崎クールジェン：IGCC（物理吸収法）

- 高圧で高濃度のCO₂を含む排出ガスを分離回収することで、商用機レベルで分離回収コスト2,000円台/ t -CO₂を目指す。
- ブルーウォーター製造時の効率的なCO₂回収にもつながる技術。
- 課題は、稼働状況に応じたシステムの最適化と長期連続試験による信頼性向上。



舞鶴火力発電所（固体吸収法）

- 2024年3月に実証試験を開始。固体吸収法の技術確立及び商用機レベルでの分離回収コスト2,000円台/ t -CO₂を目指す。
- 最適な吸収材の開発等を進めることで、LNG火力にも適用可能性がある技術。
- 課題は、長期試験による信頼性向上と吸収材の耐久性確保。



CO₂分離回収技術の特徴と技術課題（化学吸収法）

- 実績も豊富で大量のCO₂分離回収に向く一方で、吸収したCO₂を回収するための熱エネルギーが大きいことが課題であり、新たな固体吸収剤等の開発が必要。

アミン吸収法の商用例

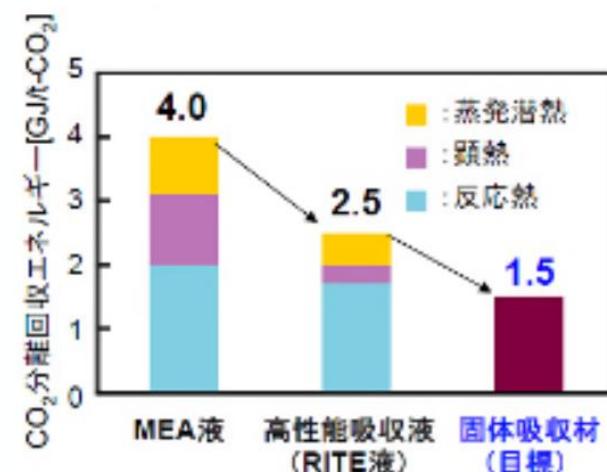
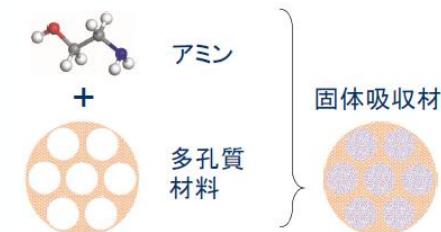


三菱重工エンジニアリング Petra Nova

出典：三菱重工技報 Vol.55

- 世界最大の石炭火力排ガス処理プラント (4776t/d)
- 独自のアミン吸収液 KS-1™
- 蒸気/電気統合による省エネ設計

新規アミン吸収材の開発例



RITE 固体吸収剤

出典：RITE CO₂回収技術高度化事業ホームページ

- 水の蒸発潜熱/顯熱をカットする新規固体吸収材
- 分子設計したアミンと多孔材料の新規複合剤

CO₂分離回収技術の特徴と技術課題（物理吸着法）

- 分離回収エネルギーが相対的に小さく、コンパクトな設計が可能であるという特徴があるが、吸着剤によっては水分の吸着阻害や寿命が短いことが課題。化学安定性が高く、低圧・低濃度でも吸收量が大きい新規吸着剤の開発が必要。

高炉排ガスへの実証例

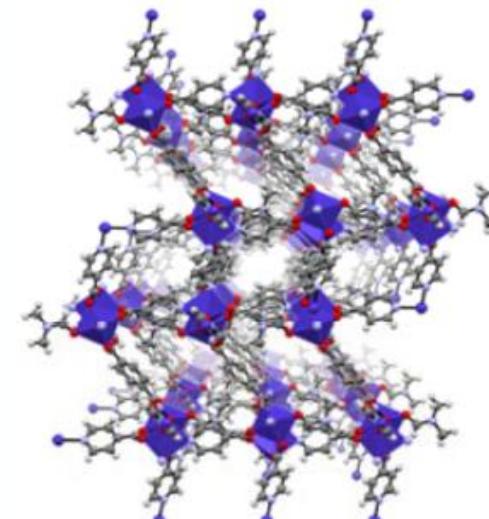


出典：NEDO COURSE50成果報告書

住友精化/JFE COURSE50 (2012)

- ・CO₂回収原単位129.7 kWh/t-CO₂達成
- ・化学吸収法との組み合わせにより、高濃度CO₂排ガスに対して2000円/t-CO₂達成に目処。

新規吸着材の開発例



Co-MOF 出典：立教大学プレスリリース (2020)

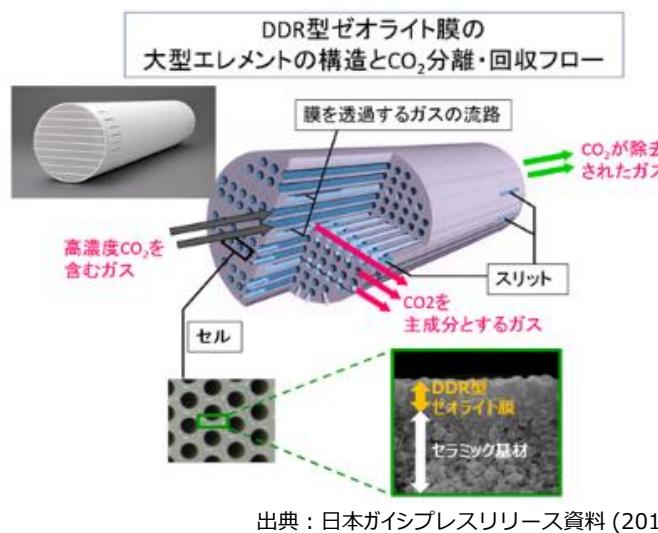
日本曹達/立教大学 (2020)

- ・イソニコチン酸を補助配位子とする新たな分子設計により、新規なCO₂吸蔵材料を開発。

CO₂分離回収技術の特徴と技術課題（膜分離法）

- CO₂の選択的分離が可能であり、設備が簡易であるが、分離性能や安定性の向上が課題。微量不純物に対する安定性や分離性能に優れる新規分離膜の開発が必要。

ゼオライト分離膜



日本ガイシ／日揮

- ・世界最大級のセラミックス製分離膜
- ・北米で随伴ガス実証開始(2019)

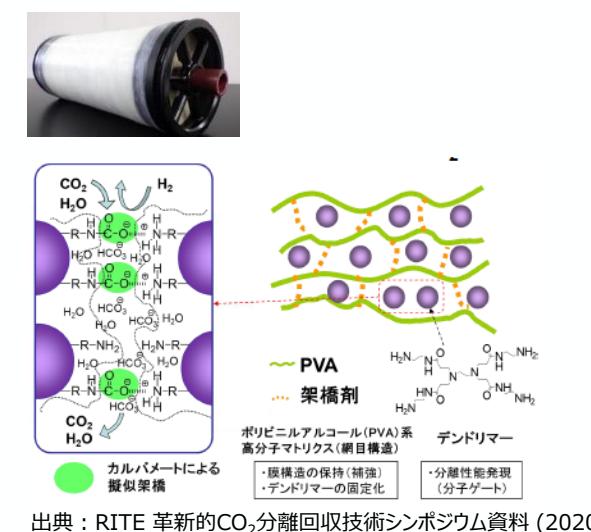
炭素系分離膜



東レ

- ・世界初の多孔質炭素纖維利用
- ・CO₂分離層との複合化

高分子分離膜



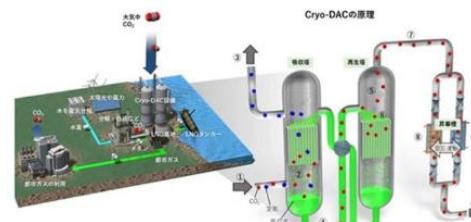
住友化学/RITE

- ・CO₂を選択的に透過する
“分子ゲート機能”実現

CO₂分離回収技術の特徴と技術課題（その他方法）

- 前述の技術方式以外にも、有望な技術方式が存在。こういった技術活用の可能性も排除せず、幅広い技術を開発対象の候補とした上で、用途に応じて最適な技術を選択し、CO₂分離回収コストを下げていくことが重要。

冷熱利用

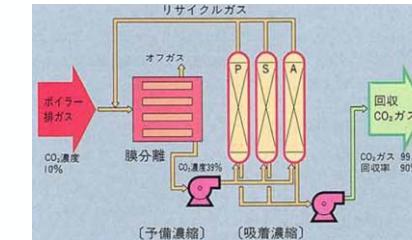


東邦ガス／名古屋大学(2021)

出典：東邦ガスプレスリリース資料 (2021)

- LNG冷熱によりCO₂を固化し、減圧を得る。減圧ポンプ動力不要となりCO₂回収エネルギーが低減。

ハイブリッド法

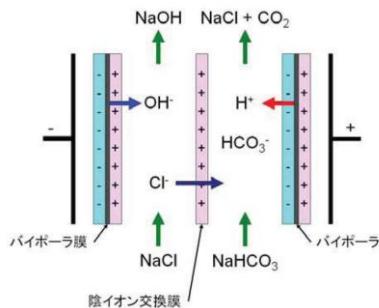


中国電力

出典：中部電力技術開発ライブラリー58号

- 膜分離(CO₂荒取り)と、物理吸着法(高濃縮)の併用により、CO₂回収エネルギーが低減。

電気透析法



成蹊大学／東京大学 出典：SCEJ 42nd Autumn Meeting 資料

- イオン交換膜を用いた電気透析法によりCO₂を分離。イオン交換膜のイオン抵抗の低減によりCO₂回収エネルギー低減が期待。

電気スイング法



MIT (2019)

出典：Energy Environ. Sci誌., (2019年), 12, 3530–3547

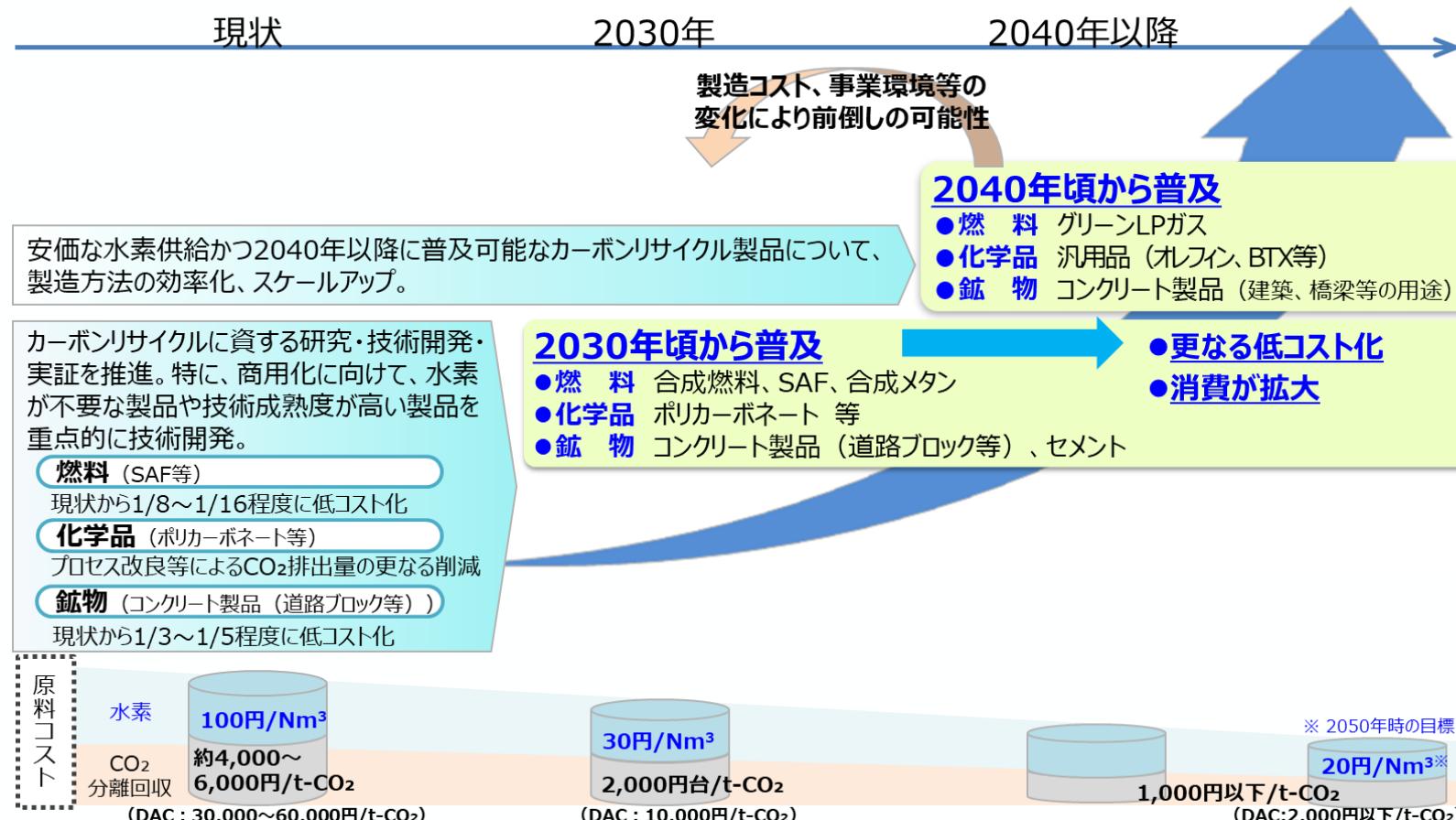
- 導電ポリマーを被覆した電極のON/OFFによりCO₂を吸着/分離する。

カーボンリサイクルを拡大していく絵姿

- 水素の調達環境や技術成熟度等を踏まえつつ、各製品分野における可能な限り早期の技術確立、低コスト化、普及を目指し、技術開発や実証を進める。

※市場投入や海外展開を見据え、CO₂削減効果（環境価値）についてLCA等の観点を含め、意識することが重要。

LCA : Life Cycle Assessment (ライフサイクルアセスメント)



(出典)「カーボンリサイクルロードマップ」(2023年6月策定)に資源エネルギー庁一部加筆

グリーンイノベーション基金を活用したカーボンリサイクル技術開発

- グリーンイノベーション基金を活用し、コンクリート等製造、燃料製造、プラスチック原料製造、バイオものづくり、CO₂分離回収の5プロジェクトを組成。予算規模は合計で約5,327億円※。

※国費負担上限額（2025年11月時点）

1. コンクリート/セメント*

コンクリート製造技術*

- CO₂削減量の最大化・用途拡大・低コスト化が課題。
→ CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発



CO₂を吸収する混和材

セメント製造*

- 石灰石からセメントを製造する工程でCO₂が必然的に発生。
→ 石灰石由来のCO₂を全量近く回収する、セメント製造プロセスを開発

2. カーボンリサイクル燃料*

持続可能な航空燃料 (SAF:Sustainable Aviation Fuel)

- 国際航空輸送分野でのSAFの活用は必要不可欠。
→ SAFの製造技術（ATJ）を開発、製造コスト100円台/Lを目指す。

合成燃料

- 電化が困難なモビリティ等の脱炭素化には、合成燃料の社会実装がカギ。
→ 製造プロセス全体のさらなる高効率化等

合成メタン

- ガス体エネルギーの脱炭素化が課題
→ 高効率なメタン合成（水電解反応とメタン合成反応の一体化）

グリーンLPG

- 非化石燃料由来のLPガス合成技術の確立が必須。
→ グリーンなLPガス生成の基礎技術となる触媒や合成方法等

3. 化学産業*

- 化学産業からのCO₂排出の約半分は、ナフサ分解プロセス（エチレン、プロピレン等の基礎化学品製造）。
→ グリーン水素とCO₂からの化学品製造技術（人工光合成）、熱源のカーボンフリー化によるナフサ分解炉技術等を開発



光触媒パネルの大規模実証

4. バイオものづくり*

- ゲノム改変技術とデジタルとの融合により、製品が拡大。
→ 微生物設計プラットフォーム技術の高度化、微生物の開発・改良および微生物等による製造技術の開発・実証等（CO₂を直接原料とする水素細菌などによるバイオものづくり）

5. CO₂分離回収技術*

- 分離回収に必要なエネルギーコストの低減が課題。
→ 分離素材の革新により、低コスト化、国際競争力の強化を図る。

新規アミン吸収剤の開発例



カーボンリサイクル実証研究拠点について

- 2019年、広島県大崎上島町に複数の企業や大学などの活動拠点を整備。大崎クールジェンプロジェクトで回収したCO₂を利用しつつ、カーボンリサイクルの要素技術開発や実証研究を、ひとつの場所で集中的・横断的に実施することにより、当該分野のイノベーション・実用化を加速。
- 現在、微細藻類由来SAF、CO₂有効利用コンクリート、パワー半導体の材料になる炭化ケイ素の開発など、拠点内で10プロジェクトが稼働。



海外CCUS拠点との連携

広島で開催されたカーボンリサイクル産学官国際会議（2023年9月）やIEATCP（ICSC・GHG）主催のカーボンマネジメントワークショップ（2025年3月）に合わせて、海外のCCUS事業者等が訪問。入居事業者と意見交換を実施。



広島大学による人材育成プログラムとの連携

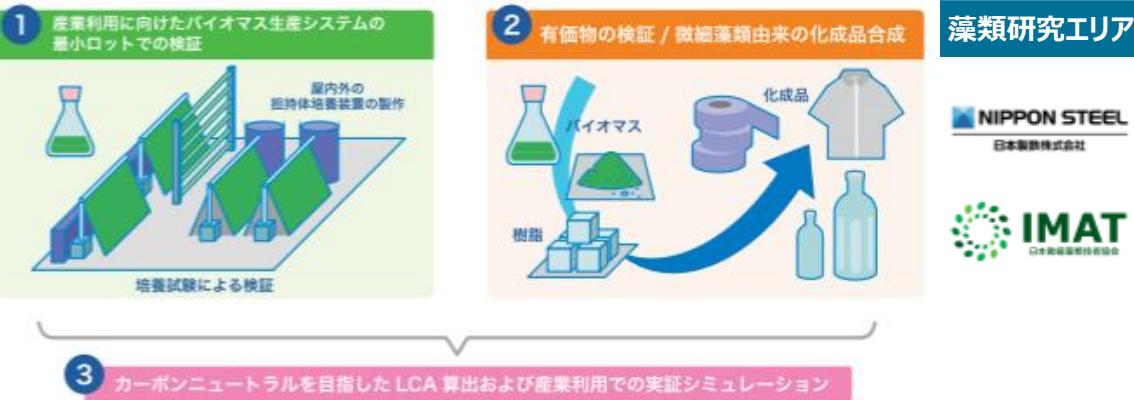
CR人材の育成を目的として、NEDO事業の一環で広島大学が「カーボンリサイクル特別講座」を開設。講座の一環としてCR拠点の視察、意見交換を実施。



カーボンリサイクル実証研究拠点における技術開発事例

微細藻類の担持体培養技術とバイオマス製品化の研究開発

- 新規培養技術である担持体培養による産業利用に向けた技術開発及び生産バイオマス利活用の観点から以下の研究開発に取り組む。（日本製鉄、IMAT）



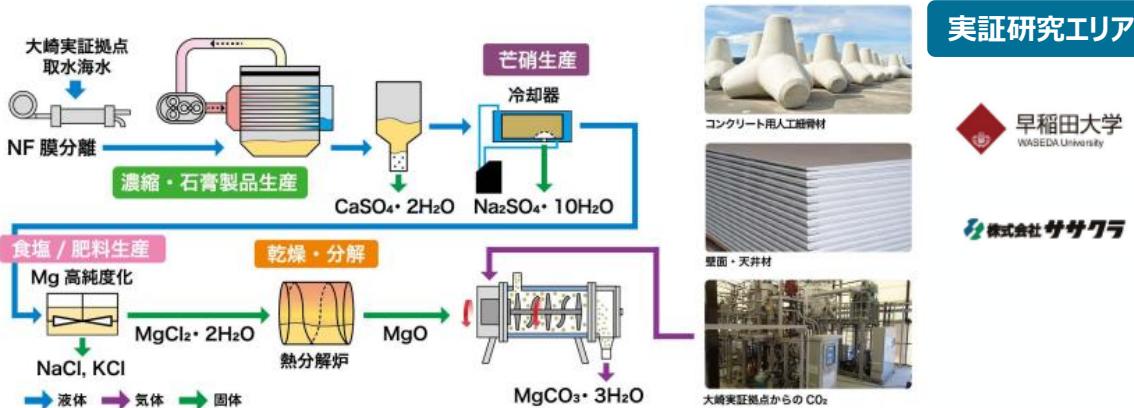
藻類研究エリア

NIPPON STEEL
日本製鉄株式会社

IMAT
日本微藻技術協会

海水を用いた有価物併産カーボンリサイクル技術実証と応用製品の研究開発

- 海水中に含まれるマグネシウムにCO₂を固定することで、コンクリートや建築材への適用を目指し、製造方法等を行う。あわせて経済性の評価を実施。
(実施者：ササクラ等)



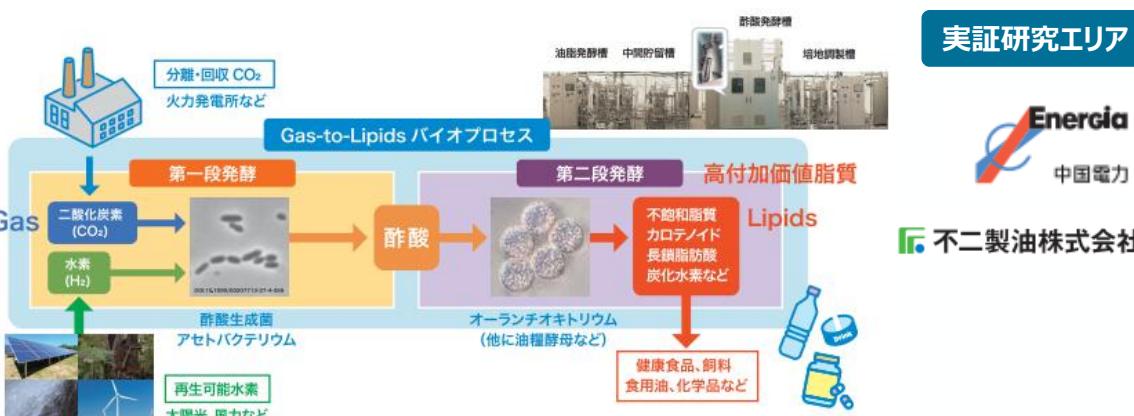
実証研究エリア

早稲田大学
WASEDA University

株式会社ササクラ

Gas-to-Lipidsバイオプロセス実用化開発

- CO₂(Gas)からDHA, アスタキサンチン、スクワレンなどの高付加価値脂質 (Lipids)を生産する『Gas-to-Lipidsバイオプロセス』について、本技術の経済性改善とさらなる物質変換効率の向上を目指す。
(実施者：中国電力等)



実証研究エリア

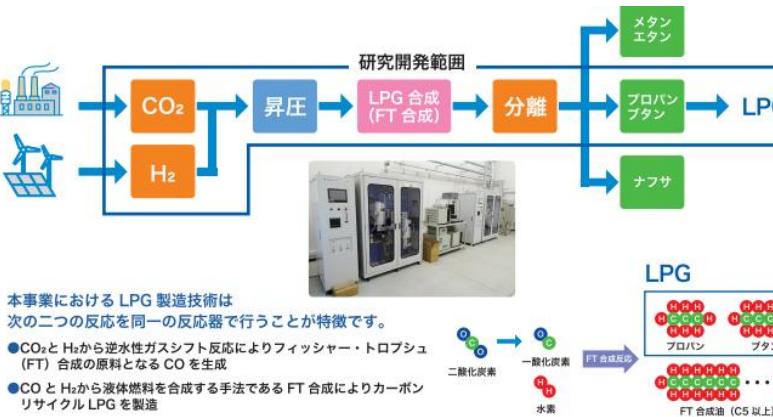
Energia
中国電力

不二製油株式会社

カーボンリサイクル実証研究拠点における技術開発事例

カーボンリサイクルLPG製造の研究開発

- CO₂と水素を原料としたカーボンリサイクルLPG製造に係る触媒の改良や量産化技術の開発を行うことで、カーボンリサイクルLPG製造技術の確立を目指す。
(実施者：ENEOSグループ)



基礎研究エリア

ENEOSグループ株式会社

アンモニア及びプラズマを利用する先導的カーボンリサイクルシステムの研究開発

- プラズマを利用してCO₂を高効率分解して化成品製造等に用いられるCOの製造、加えて未反応CO₂とアンモニアを反応させてメタネーション原料等に利用するシステムの確立を目指す。(実施者：岐阜大学等)



基礎研究エリア

東海国立
大学機構
岐阜大学

KAWADA
INDUSTRIES, INC.

シリコン系廃棄物高度資源化技術によるカーボンリサイクル型SiC合成の研究開発

- 太陽光パネルの廃棄工程やSi半導体製造工程で発生するシリコン系廃棄物をCO₂を活用し、再資源化することで、カーボンニュートラル社会および循環経済の実現を目指す。
(実施者：東北大学等)



基礎研究エリア

TOHOKU
UNIVERSITY

住友商事
Enriching lives and the world

産業間連携事業の方向性

- カーボンリサイクルの社会実装を進めるためには、CO₂排出者と利用者を連携させる産業間連携、すなわちCO₂等のサプライチェーン構築が必要。産業間連携などを通じて、CO₂の流通規模を大きくすることで、将来的なコスト低減も期待。また、CO₂削減効果の最大化や新たな産業育成による地域活性化にも繋がる可能性もある。
- カーボンリサイクルロードマップにおいても、既に大規模産業集積型やオンサイト型は具体的な取組が行われていることから、中小企業分散型について深掘りしていく必要性に言及。

大規模産業集積型

- CO₂排出者とCO₂利用者が存在
- 複数のCR用途が見込まれる
- 規模のメリットを活かした効率的なインフラ整備が可能

(五井・蘇我（千葉）コンビナートの例)

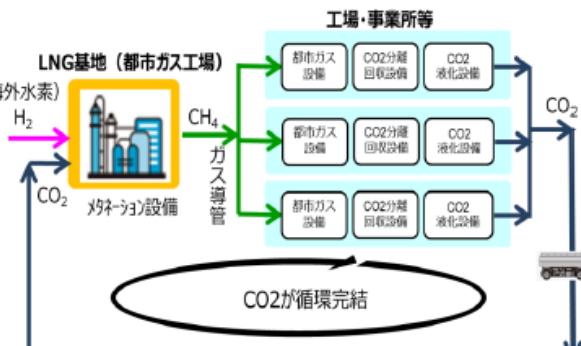


(出典) NEDO事業「千葉県五井地区産業間連携調査（横河電機）」

中小規模分散型

- 大規模なCO₂排出源がないため、CO₂を集約することが必要
- CRの用途は水素の調達状況により異なる。（内陸地などでは、コンクリート・セメントや食品、農業、バイオなど）

(中部圏での検討例)

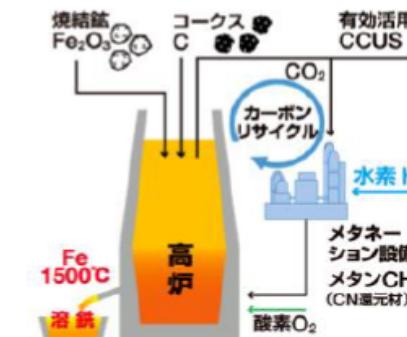


(出典) 第9回メタネーション推進官民協議会
(株式会社アイシン、株式会社デンソー、東邦ガス株式会社資料)

オンサイト型

- メタネーションなどのCR技術を想定
- 実証段階から早期に実現可能であり、CR導入初期、実証期において重要な役割
- 排熱や蒸気の有効利用など、トータルのエネルギー収支の検討が必要

(カーボンリサイクル高炉の例)



(出典) 第7回メタネーション推進官民協議会 (JFEスチール(株)資料)

NEDO交付金事業において実現可能性調査

今後の検討対象へ

GI基金において対応

CCSバリューチェーンにおける我が国企業の強み

- 我が国は、CCSバリューチェーンについて、CO2の分離・回収、輸送、貯留の各分野において技術的な優位性を有するとともに、分離・回収から貯留まで一貫したCCSシステムを構築可能。
- 世界のCCS市場は、2030年以降に飛躍的な拡大が見込まれることを踏まえ、2023年度調査では、特に設備技術を中心に、CCSバリューチェーンを要素技術に分解した上で、我が国企業が有する有望技術や市場獲得の可能性について調査・分析を実施。

分離・回収



- すでに技術確立されている化学吸収法による分離・回収プラントは、三菱重工が世界シェアの7割以上の商用実績を有する。また、国内では省エネルギー型CO2回収装置がすでに商用稼働している。
- 固体吸収法や膜分離法は、各国で技術開発が進められているが、固体吸収法のエネルギー消費量、膜分離法の選択性などの観点で、我が国の技術は優位性を有する。
- CO2コンプレッサー（圧縮機）は、成熟技術であり国内外に多くのプレイヤーが存在するが、国内企業も世界各地で多数の導入実績を有する。

輸送（船舶・導管）



- NEDO事業で研究開発・実証中の低温・低圧による液化CO2輸送船は、実用化されれば世界初の技術であり、更なる大型船の実現に向けて大きな前進となり、国内外からの需要が見込まれる。
- 世界の造船における我が国のシェアは近年20%程度で推移しており、液化CO2輸送船のカーゴタンクの安全弁などの舶用機器の製造について、従来より国内企業に優位性がある。
- CO2パイプラインについては、国内企業においてこれまで高強度の鋼管を製造・輸出してきた実績を有している。

貯留・モニタリング



- CO2貯留に用いる耐CO2鋼管（ケーシングパイプ・チューピングパイプ）について、国外プロジェクトでの採用実績があるなど、国内企業が製造・供給実績があり、優位性を有する。
- モニタリング技術について、光ファイバー計測の技術開発、地震計の製造技術や計測技術などの面で国内企業が優位性を有する。

三菱重工

世界シェアの7割以上の
CO2回収実績

Kawasaki

固体吸収法の
研究開発

三菱重工コンプレッサ IHI KOBELCO

世界各地のプラントで
コンプレッサーの導入実績

三菱造船

低温・低圧による
液化CO2輸送船の開発

K LINE KAWASAKI KISEN KAISHA, LTD.

Northern Lightsでの
液化CO2輸送船運航

FUKUI 株式会社 福井製作所

液化CO2輸送船で
世界シェア10割の
安全弁供給実績

NIPPON STEEL

JFE スチール 株式会社

耐CO2鋼管の
製造・供給実績

RITE

Research Institute of Innovative
Technology for the Earth
省エネルギー型吸収液の実用化
膜分離法の研究開発
光ファイバー計測の技術開発

(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
 - a) 水素・アンモニア
 - b) CCUS
 - c) 次世代型太陽電池
 - d) 浮体式洋上風力発電
 - e) 次世代型地熱発電
 - f) 次世代革新炉等
4. 日本のエネルギー事情

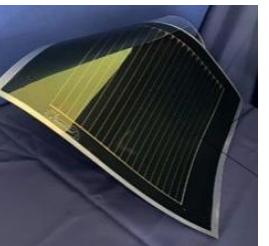
次世代型太陽電池への期待

- 2030年のエネルギー・ミックス、2050年のカーボンニュートラルの実現に向け、地域との共生が図られた形で、太陽光発電の導入拡大を進める必要。その際、建物の壁面や、耐荷重性の低い屋根など、これまで導入が困難であった場所にも導入可能となる次世代型太陽光電池であるペロブスカイト太陽電池の活用が期待される。
- 主な原材料のヨウ素は、日本は世界第2位の産出量（シェア30%）。原材料を含め強靭なサプライチェーン構築を通じエネルギーの安定供給にも資することが期待される。

【ペロブスカイト太陽電池イメージ】



出典：積水化学工業（株）



出典：（株）エネコートテクノロジーズ



出典：（株）東芝

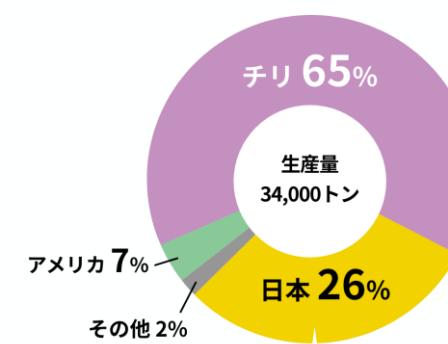


出典：（株）カネカ



出典：（株）アイシン

【ヨウ素の国際シェア】



※当社推定

（千葉県でヨウ素の原料のかん水をくみ上げ、製造している様子）



※2022年当社推定
(出所)
（株）合同資源HP

「次世代型太陽電池戦略」の概要

- 太陽電池産業を巡る過去の反省も踏まえ、官民が連携し、世界に引けを取らない「規模」と「スピード」で、量産技術の確立・生産体制整備・需要創出を三位一体で進める。
- 官民協議会において、「次世代型太陽電池戦略」として取りまとめ、その内容について2025年2月に閣議決定した「第7次エネルギー基本計画」に盛り込んだところ。

| 生産体制整備 | 需要創出 | 量産技術の確立 |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">✓ GXサプライチェーン構築支援補助金も活用し、<u>2030年までの早期にGW級の生産体制構築</u>を目指す。✓ <u>早期に国内市場の立ち上げ</u>（一部事業者は今年度から事業化開始予定）。✓ 様々な設置形態に関する実証を進め、<u>施工方法を確立</u>。ガイドライン策定も検討着手。 | <ul style="list-style-type: none">✓ <u>2040年には約20GW導入</u>を目指す。✓ 先行的に導入に取り組む重点分野（施工の横展開可能、追加的導入、自家消費率高）へ<u>2025年度から導入補助により投資予見性の確保</u>。✓ 政府機関・地方自治体や環境価値を重視する民間企業が初期需要を牽引。 | <ul style="list-style-type: none">✓ <u>GI基金を活用し、2025年20円/kWh、2030年14円/kWhが可能となる</u>技術を確立。<u>2040年に自立化可能な発電コスト10円(※)～14円/kWh以下の水準</u>を目指す。 <small>(※) 研究開発の進展等により大幅なコスト低減をする場合</small> |
| 産業競争力の実現 | | 海外展開 |
| <ul style="list-style-type: none">✓ サプライチェーンの中で特に重要なものは、<u>国内で強靭な生産体制を確立</u>、世界への展開を念頭に様々な主体を巻き込む。✓ <u>特許とブラックボックス化した全体の製造プロセス</u>を最適に組み合わせ、サプライチェーン全体で、製造装置を含め技術・人材の両面から<u>戦略的に知的財産を管理</u>。✓ フィルム型は、<u>製造～リサイクルまでのライフサイクル全体での付加価値を競争力</u>につなげる。 | <ul style="list-style-type: none">✓ <u>国際標準策定での連携が見込める高度研究機関を有する国</u>（米・独・伊・豪など）や早期に市場立ち上げが期待できる国から順次展開。✓ 次世代型太陽電池の信頼性評価等に関する<u>国際標準の早期策定</u>。✓ 同志国とともに<u>価格によらない要素（脱炭素、安定供給、資源循環等）</u>を適切に反映していく仕組みを構築。 | |

※政策の前提となる状況（海外・技術開発等）を絶えずモニタリング、隨時柔軟に政策のあり方を見直す

(参考) 次世代型太陽電池戦略の進め方 (イメージ)

| | 短期（2025年～） | 中期（2030年～） | 長期（2040年～） |
|------------|---|--|--|
| 生産体制 | ～数百MW/年 | 約1GW/年～数GW/年 | 数GW/年～ |
| 価格 | 既存シリコン太陽電池より高価格となることが想定 | 20円/kWh～14円/kWh | 自立化水準 10円/kWh※～14円/kWh以下 <small>※研究開発の進展等により大幅なコスト低減をする場合</small> |
| 導入見込み | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 当初から海外展開を視野に入れ、国内市場から立ち上げる ✓ 2025年20円/kWh、2030年14円/kWhの技術確立に向けGI基金による支援を継続。タンデム型の実現に向け研究開発支援 ✓ GI基金による社会実装の実証（2024年9月に第一弾、2025年9月に第二弾の採択公表済み） ✓ 2030年までの早期にGW級の生産体制を目指した投資支援、強靭なサプライチェーン構築に向けた関係事業者の投資支援（2024年9月から公募を開始、2024年12月に採択公表済み） ✓ 重点分野を特定しつつ、既存太陽電池との値差等に着目した導入支援（2025年度から開始） <ul style="list-style-type: none"> ✓ 多様な設置場所への導入拡大支援 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内市場に広く展開 ✓ 導入が見込まれる海外市場から優先し展開 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内・海外市場に広く展開 国内：20GW程度 海外：500GW～ |
| ①量産技術の確立 | | | |
| ②生産体制整備 | | | |
| ③需要創出 | | | |
| 導入に向けた環境整備 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 國際標準化の検討 ✓ 設置施工に関する実証の実施 ✓ 廃棄リサイクルの技術開発・システム検討 | | 自立化 |

①量産体制の構築について

- ・ フィルム型・ガラス型ペロブスカイト太陽電池については、2025年度までに20円/kWh、2030年度までに14円/kWhが可能となる技術確立を目指す。
- ・ 様々な設置形態での社会実装を念頭に置いたユーザーと連携した実証を進める。（2024年3月に公募開始し、同年9月に第一弾、2025年9月に第二弾採択済。）

| | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | 2026年度 | 2027年度 | 2028年度 | 2029年度 | 2030年度 |
|---|---|--------|--------|--|---|--------|--------------|--------|--------|--------|
| 【研究開発内容①】 次世代型太陽電池 基盤技術開発事業 | 1) 開発環境・評価設備整備 2) 新材料等の共通基盤開発 3) 評価・分析体制の構築 4) 國際標準の推進（2024年度から追加） | | | | | | 5) タンデム化技術開発 | | | |
| 【研究開発内容②】 次世代型単接合太陽 電池実用化事業 | 1) 製造技術の確立 2) 製品の大型プロトタイプ開発（TRL : 5） ※太陽電池の性能を満たす技術の確立 | | | | | | | | | |
| 【研究開発内容③】 次世代型単接合太陽 電池実証事業 | | | | 1) 最終プロトタイプ開発（TRL : 6） ※最終製品として性能を含む仕様を満たす技術の確立 2) 実証試験（TRL : 7） ※最終製品として性能・仕様を実証的に立証 | | | | | | |
| 【研究開発内容④】 次世代型タンデム太 陽電池量産技術実証 事業 | | | | | 1) 製造技術の確立 ※太陽電池の性能を満たす技術の確立 2) 製品化を想定した最終プロトタイプ開発（TRL : 6） ※最終製品として性能を含む仕様を満たす技術の確立 3) 実証試験（TRL : 7） ※最終製品として性能・仕様を実証的に立証 | | | | | |

※2025年9月にタンデム型を支援対象として追加することを決定

(参考) グリーンイノベーション基金での採択事業者について

- 2025年4月より公募を行った実証事業では、エネコートテクノロジーズ、パナソニック ホールディングス、リコーの3社を採択。3社は、2030年度に年間製造能力300MW（ガラス型の建材一体型は200MW）以上の量産体制の構築を進める事業構想を有している。
- 2024年9月に採択された積水化学工業に加えて、各社の独自技術を活かして、2030年に14円/kWhを可能とする技術の確立を目指していく。



出典：(株)エネコートテクノロジーズ提供資料

エネコートテクノロジーズ

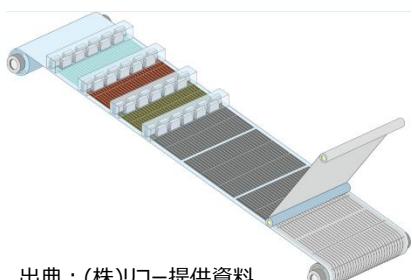
設置自由度の高いペロブスカイト太陽電池の社会実装に向けた量産技術開発と実証
多様なプレイヤーとの実証・研究開発を通して、フィルム型ペロブスカイト太陽電池の量産化・低コスト化を目指す。
委託先：日揮、KDDI、豊田合成、YKK AP、京都大学、青山学院大学（設置施工・研究開発等）
協力先（※助成を受けない）：トヨタ自動車、INPEX、サンケイビル、MOL PLUS(商船三井CVC)



出典：パナソニック HD(株)HP

パナソニック ホールディングス

ガラス型ペロブスカイト太陽電池の量産技術開発とフィールド実証
意匠性・性能を兼ね備えた**建材一体型**のガラス型ペロブスカイト太陽電池の開発・実証
委託先：AGC株式会社、パナソニック環境エンジニアリング株式会社



出典：(株)リコー提供資料

リコー

インクジェット印刷ペロブスカイト太陽電池生産技術開発および社会実装に向けた設置施工技術・電装技術開発

有機半導体技術とインクジェット技術を応用し、全機能層インクジェット印刷によるロール・トゥ・ロールでのペロブスカイト太陽電池の製造

連携先：大和ハウス工業株式会社（施工技術開発）

NTTアノードエナジー株式会社（電装設計技術開発）

注：フィールド実証事業（研究開発内容③）については、上記三社以外に、積水化学工業株式会社・東京電力水HD株式会社が2024年9月に採択済

②生産体制の構築

- ペロブスカイト太陽電池について、2030年を待たずにGW級の量産体制構築を目指す。次世代型太陽電池の導入拡大と産業競争力の強化に真に資するものに支援対象を重点化し、強力に投資促進していく。
- 積水化学工業では、新会社を設立の上で、5年間で3145億円の投資を行い、GW級のライン構築を目指していく。大阪府堺市にて、2027年度には、100MW級の製造ラインが稼働予定。
- 引き続き、ペロブスカイト太陽電池に関するサプライチェーン全体の強靭化を進め、GX実現に向けた投資を促進していく。

<積水化学工業>

100MWの生産ライン新設を決定。

2030年まで追加投資を行いGW級のライン構築を目指す。



出所：積水化学HP



ロールtoロールでの生産

③需要の創出～導入初期における重点分野～

- 今年度より一部企業にて事業化が開始し、導入補助を開始するところ、導入初期段階における需要家の支援においては、導入拡大と生産体制整備に向けた予見性確保の観点から、フィルム型ペロブスカイト太陽電池の導入に係る重点分野を以下のとおり設定していく。

基本的な考え方

①設置場所

- 追加性：設置場所の耐荷重が $10\text{kg}/\text{m}^2$ 以下相当の屋根等
※優先すべき社会実装モデルとしては、屋根を想定。
ここでの耐荷重とは、屋根自体の積載荷重ではなく、既存の設置物等を考慮した上で太陽電池を設置する上での差分の耐荷重を指す。

②導入主体等

- (A) 地域防災計画に位置づけられた避難施設や業務継続計画に位置づけられている施設 または
- (B) 温室効果ガス排出削減に向けた目標と計画を提出し、サプライチェーンの脱炭素に取り組む主体

③施工面

- 需要地と近接し、一定以上の自家消費率があること
- 現時点で一カ所当たりの導入容量が一定以上

(注) ペロブスカイト太陽電池の変換効率・信頼性、モジュール重量等の要件は別途設定
(製品管理の信頼性や供給の安定性にも留意)

※条件の定量部分は、必要に応じて柔軟に見直していく。

特に重点を置いて設置を進める考え方

- 設置場所の耐荷重が $6\text{kg}/\text{m}^2$ 以下で耐火性の観点や固定において、特別な施工を要しない屋根
(例：金属屋根)

- 今後3年間（2028年度まで目処）に、同一主体が累計で一定以上の設置を計画していること

- 公共インフラ空間への設置
(例：道路、空港、港湾等)

ペロブスカイト太陽電池の社会実装モデルの創出に向けた導入支援事業

(経済産業省・国土交通省連携事業)



【令和8年度要求額 5,000百万円（5,020百万円）】

ペロブスカイト太陽電池の国内市場立ち上げに向け、社会実装モデルの創出に貢献する自治体・民間企業を支援します。

1. 事業目的

2050年カーボンニュートラルの実現や2030年度の温室効果ガス削減目標の達成に貢献するため、軽量・柔軟などの特徴を有するペロブスカイト太陽電池の国内市場立ち上げに向けた導入支援をすることで、導入初期におけるコスト低減と継続的な需要拡大に資する社会実装モデルを創出し、民間企業や地域の脱炭素化を進めるとともに、産業競争力強化やGX市場創造を図る。

2. 事業内容

ペロブスカイト太陽電池は、これまで太陽電池が設置困難であった場所やインフラ施設等にも設置が可能であり、主な原材料であるヨウ素は、我が国が世界シェアの約30%を占めるなど、再エネ導入拡大や強靭なエネルギー供給構造の実現にもつながる次世代技術である。本事業では、ペロブスカイト太陽電池の導入初期における発電コスト低減のため、ペロブスカイト太陽電池の将来の普及フェーズも見据えて、拡張性が高い設置場所へのペロブスカイト太陽電池導入を支援する。

①事前調査・計画策定

ペロブスカイト太陽電池の導入に向けた事前調査（建物耐荷重の調査や現地確認）や、事前調査を踏まえた構造物単位での導入計画策定を支援する。

②設備等導入

従来型の太陽電池では設置が難しかった建物屋根・窓等・インフラ空間における建物屋根等への、性能基準を満たすフィルム型・ガラス型ペロブスカイト太陽電池の導入を支援する。

<主な要件>

- ・同種の屋根等がある建物への施工の横展開性が高いこと
- ・導入規模の下限、補助上限価格
- ・施工・導入後の運用に関するデータの提出
- 等

3. 事業スキーム

■事業形態

間接補助事業（計画策定：定額、設備等導入：2/3、3/4）

■補助対象 地方公共団体、民間事業者・団体等

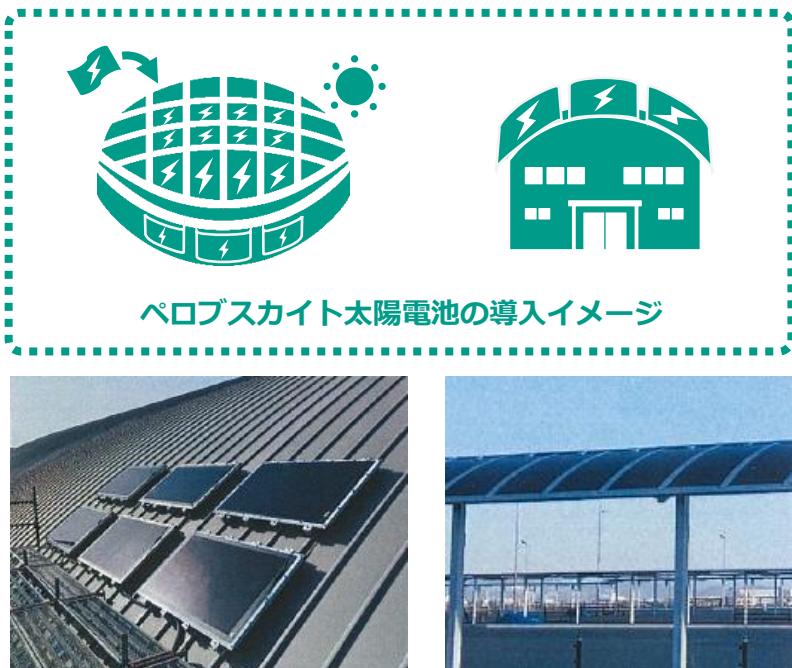
■実施期間

令和7年度～

お問合せ先：

環境省 大臣官房 地域脱炭素推進審議官グループ 地域脱炭素事業推進課 電話：03-5521-8233
環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室 電話：0570-028-341
資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー課 電話：03-3501-4031

事業イメージ



体育館・アーチ屋根

バスシェルター

出典：積水化学工業株式会社

全国に広がるペロブスカイト太陽電池導入の取組

- ペロブスカイト太陽電池の導入支援を本年9月4日から開始。これを受け、官民協議会に参加する自治体（全172自治体）や民間企業において導入の動きを具体化させていく。
- 東京都でも、2040年に約2GWの導入目標に向けたロードマップを策定し、独自の支援策を今年度から実施する予定。他の大都市における横展開を促していく。
- 東京都を含む5自治体では、GW級の導入目標の策定や大規模実証など先進的な取り組みが進むほか、20自治体で次世代型太陽電池の導入に関する予算措置等の取り組みが進んでいる。

大阪府

- 万博会場のバスターミナルに世界最大級のペロブスカイト（約250m）を設置。
- 今後の生産拠点を抱える堺市では、ペロブスカイト太陽電池の工場を対象とした税制優遇措置を実施

福岡県福岡市

- みずほPayPayドーム福岡への設置
- 民間事業者への導入補助を措置
- 軽量性を活かした実証を開始



みずほPayPayドーム
写真提供：福岡市

● GW級導入目標や大規模実証など行う自治体（5自治体）
● 次世代型太陽電池の導入に関する支援制度・取組を行う自治体（20自治体）
(2025年5月時点)

福島県

- Jビレッジ、あづま総合運動公園、県立博物館の県内3力所で実証を開始



Jビレッジでの実証（福島県楢葉町）

東京都

- 都内導入目標を公表
 - ・2035年：約1GW
 - ・2040年：約2GW
- 民間事業者への導入支援（10/10補助）を実施予定



内幸町一丁目街区南地区第一種市街地
再開発事業完成イメージ

愛知県

- 愛知県、アイシン、トヨタ等からなる「あいちPSC推進協議会」を設立
- ペロブスカイト太陽電池の導入目標量を検討

(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
 - a) 水素・アンモニア
 - b) CCUS
 - c) 次世代型太陽電池
 - d) 浮体式洋上風力発電
 - e) 次世代型地熱発電
 - f) 次世代革新炉等
4. 日本のエネルギー事情

洋上風力発電導入の意義

- 洋上風力発電は、①導入拡大のポテンシャル、②将来的なコスト低減、③経済波及効果が期待され、再エネの主力電源化に向けた切り札と位置付けられている。

①導入拡大のポテンシャル

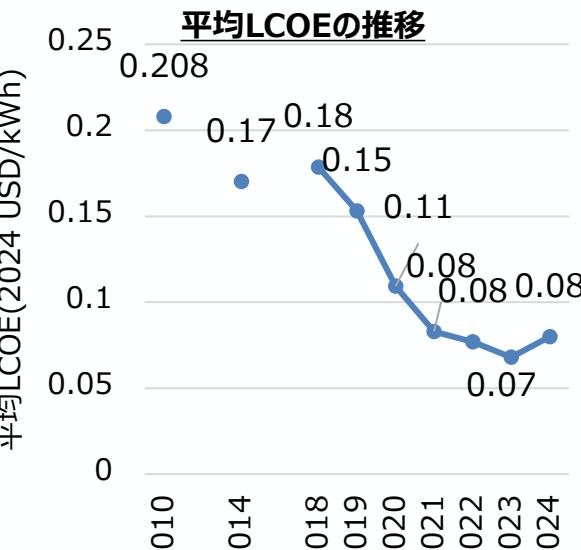
- 欧州を中心に世界で導入が進展。
- 日本においても、開発適地が減少している陸上風力に比べ、洋上風力は、国土が四方を海に囲まれ、領海・EEZは世界第6位の面積を誇ることを踏まえれば、導入拡大のポテンシャルは高い。



②将来的なコスト低減

- 欧州では、洋上風力発電の大量導入が先行し、域内で風車製造のサプライチェーンが形成。需要地に近い工場立地により輸送コストを抑えつつ、風車の大規模化や量産投資を行うことにより、コスト低減が進展。

- 日本においても、今後、国内サプライチェーンを整備することで、同様の展開が期待される。



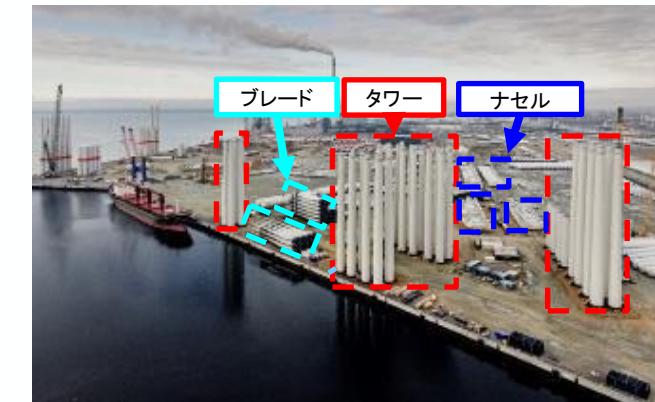
出所) IRENA, Renewable power generation costs in 2014, 2018-2024 より
三菱総合研究所作成

③経済波及効果

- 洋上風力発電設備は、部品数が多く (数万点)、また、事業規模も大きいことから、関連産業への波及効果が大きく、地域活性化にも寄与。

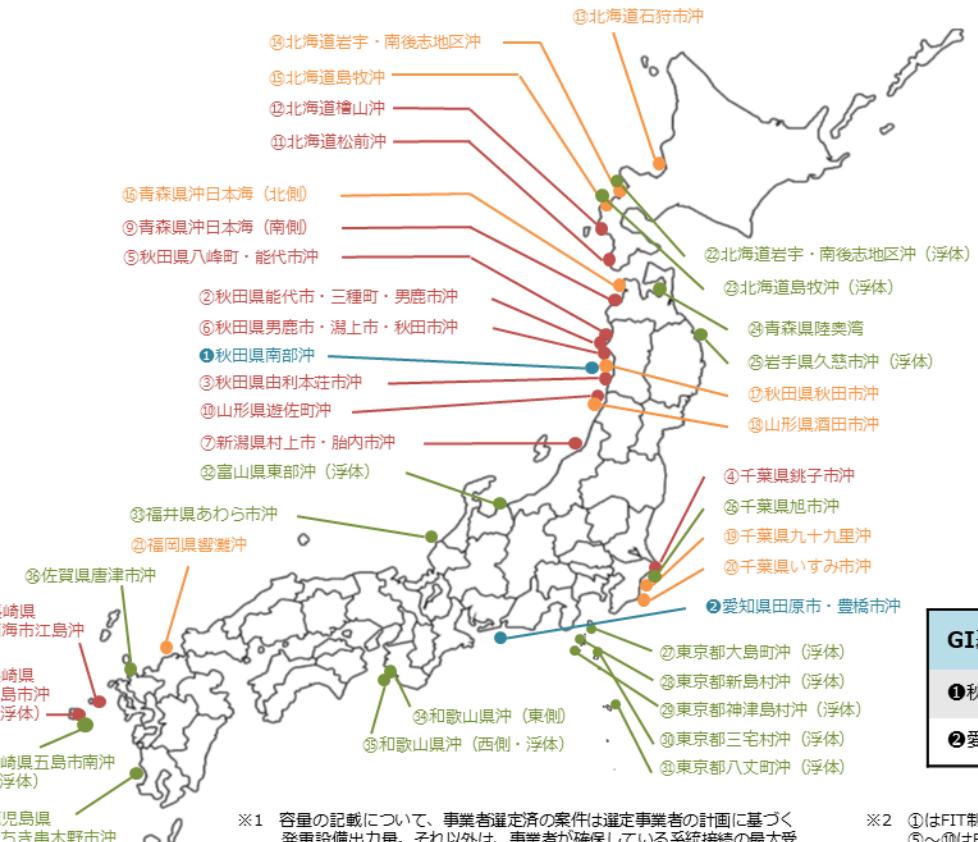
欧州の港湾都市の事例（デンマーク・エスピーウ港）

- ・建設・運転・保守等の地域との結びつきの強い産業も多いため、地域活性化に寄与。
- ・エスピーウ港には約200の企業が集積し、洋上風力とOil & Gas産業等を合わせて約10,000人の雇用を創出。



出所) Port of Esbjerg, <https://portesbjerg.dk/en/about-us/jobs>, 閲覧日:2025/9/25, 及びPort of Esbjerg Annual Report 2018

| 区域名 | 万kW※1 | 供給価格※2 (円/kWh) | 運開年月 | 選定事業者構成員 | <導入目標> 【】内は全電源の電源構成における比率 |
|------|-------------------|-------------------|-------------------------------|---|---|
| 促進区域 | ①長崎県五島市沖 (浮体) | 1.7 | 第1ラウンド公募 | 36 2026.1 戸田建設、ERE、大阪瓦斯、関西電力、INPEX、中部電力 | 現状：風力全体4.5GW【0.9%】 (うち海上0.01GW) |
| | ②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖 | 41.5 | | 13.26 2028.12 三菱商事洋上風力、三菱商事、C-Tech | 2030年：風力全体23.6GW【5%】 (うち海上5.7GW【1.8%】) |
| | ③秋田県由利本荘市沖 | 73.0 | 撤退 | 11.99 2030.12 三菱商事洋上風力、三菱商事、C-Tech、ウェンティジャパン | <洋上風力案件形成目標> |
| | ④千葉県銚子市沖 | 37.0 | | 16.49 2028.9 三菱商事洋上風力、三菱商事、C-Tech | 2030年 10GW／2040年 30-45GW (うち浮体 2040年 15GW以上) |
| | ⑤秋田県八峰町・能代市沖 | 37.5 | | 3 2029.6 ERE、イベルドローラ・リニューアブルズ・ジャパン、東北電力 | <洋上風力国内調達比率目標(産業界目標)> |
| | ⑥秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖 | 31.5 | 第2ラウンド公募 事業者選定済 約180万kW | 3 2028.6 JERA、電源開発、伊藤忠商事、東北電力 | 2040年 65%以上 |
| | ⑦新潟県村上市・胎内市沖 | 68.4 | | 3 2029.6 三井物産、RWE Offshore Wind Japan 村上胎内、大阪瓦斯 | |
| | ⑧長崎県西海市江島沖 | 42.0 | | 22.18 2029.8 住友商事、東京電力リニューアブルパワー | |
| | ⑨青森県沖日本海（南側） | 61.5 | 第3ラウンド公募 事業者選定済 約110万kW | 3 2030.6 JERA、グリーンパワーインベストメント、東北電力 | |
| | ⑩山形県遊佐町沖 | 45.0 | | 3 2030.6 丸紅、関西電力、BP Iota Holdings Limited、東京瓦斯、丸高 | |
| 有望区域 | ⑪北海道松前沖 | 25~32 | | | [凡例] ●促進区域 ●有望区域 ●準備区域 ● GI基金実証海域 (浮体式洋上風力) |
| | ⑫北海道檜山沖 | 91~114 | | | |
| | ⑬北海道石狩市沖 | 91~114 | | | |
| | ⑭北海道岩宇・南後志地区沖 | 56~71 | | | |
| | ⑮北海道島牧沖 | 44~56 | | | |
| | ⑯青森県沖日本海（北側） | 30 | | | |
| | ⑰秋田県秋田市沖 | 37 | | | |
| | ⑱山形県酒田市沖 | 50 | | | |
| | ⑲千葉県九十九里沖 | 40 | | | |
| | ⑳千葉県いすみ市沖 | 41 | | | |
| 準備区域 | ㉑福岡県響灘沖 | 48 | | | |
| | ㉒北海道岩宇・南後志地区沖（浮体） | ㉓東京都八丈町沖（浮体） | | | |
| | ㉔北海道島牧沖（浮体） | ㉕富山県東部沖（浮体） | | | |
| | ㉖青森県陸奥湾 | ㉗福井県あわら市沖 | | | |
| | ㉘岩手県久慈市沖（浮体） | ㉙和歌山県沖（東側） | | | |
| | ㉚千葉県旭市沖 | ㉛和歌山県沖（西側・浮体） | | | |
| | ㉜東京都大島町沖（浮体） | ㉝佐賀県唐津市沖 | | | |
| | ㉞東京都新島村沖（浮体） | ㉟長崎県五島市南沖（浮体） | | | |
| | ㉞東京都神津島村沖（浮体） | ㉟鹿児島県いちき串木野市沖 | | | |
| | ㉞東京都三宅村沖（浮体） | | | | |



*1 容量の記載について、事業者選定済の案件は選定事業者の計画に基づく発電設備出力量。それ以外は、事業者が確保している系統接続の最大受電能力、または系統確保スキームで算定した当該区域において想定する最大出力規模であり、区域の調整状況に応じて変動しうるもの。

*2 ①はFIT制度適用のため調達価格。
⑤～㉞はFIP制度適用のため基準価格。

GI基金実証海域

- ①秋田県南部沖
- ②愛知県田原市・豊橋市沖

(参考) 再エネ海域利用法に基づく公募制度等を通じた案件形成

- 排他的経済水域（EEZ）への洋上風力発電設備の設置について、長期間の設置を認める制度を創設。
- 本年3月に本法案を閣議決定し、6月に改正再エネ海域利用法が成立したところ。

① 経済産業大臣は、自然的条件等が適当である区域について、公告縦覧や関係行政機関との協議を行い、**募集区域として指定**することができる。

② 募集区域に海洋再生可能エネルギー発電設備を設置しようとする者は、設置区域の案や事業計画の案を提出し、経済産業大臣及び国土交通大臣による**仮の地位の付与（仮許可）**を受けることができる。

③ 経済産業大臣及び国土交通大臣は、仮の地位の付与を受けた事業者、利害関係者等を構成員とし、発電事業の実施に必要な協議を行う**協議会を組織**するものとする。

④ 経済産業大臣及び国土交通大臣は、協議会において協議が調った事項と整合的であること等の許可基準に適合している場合に限り、**設置を許可**することができる。

※ EEZにおける洋上風力等に係る発電設備の設置を禁止し、募集区域以外の海域においては設置許可は行わない。

※ 促進区域（領海及び内水）及び募集区域（EEZ）の指定等の際に、海洋環境等の保全の観点から、環境大臣が調査を行うこととし、これに伴い、環境影響評価法の相当する手続を適用しないこととする。

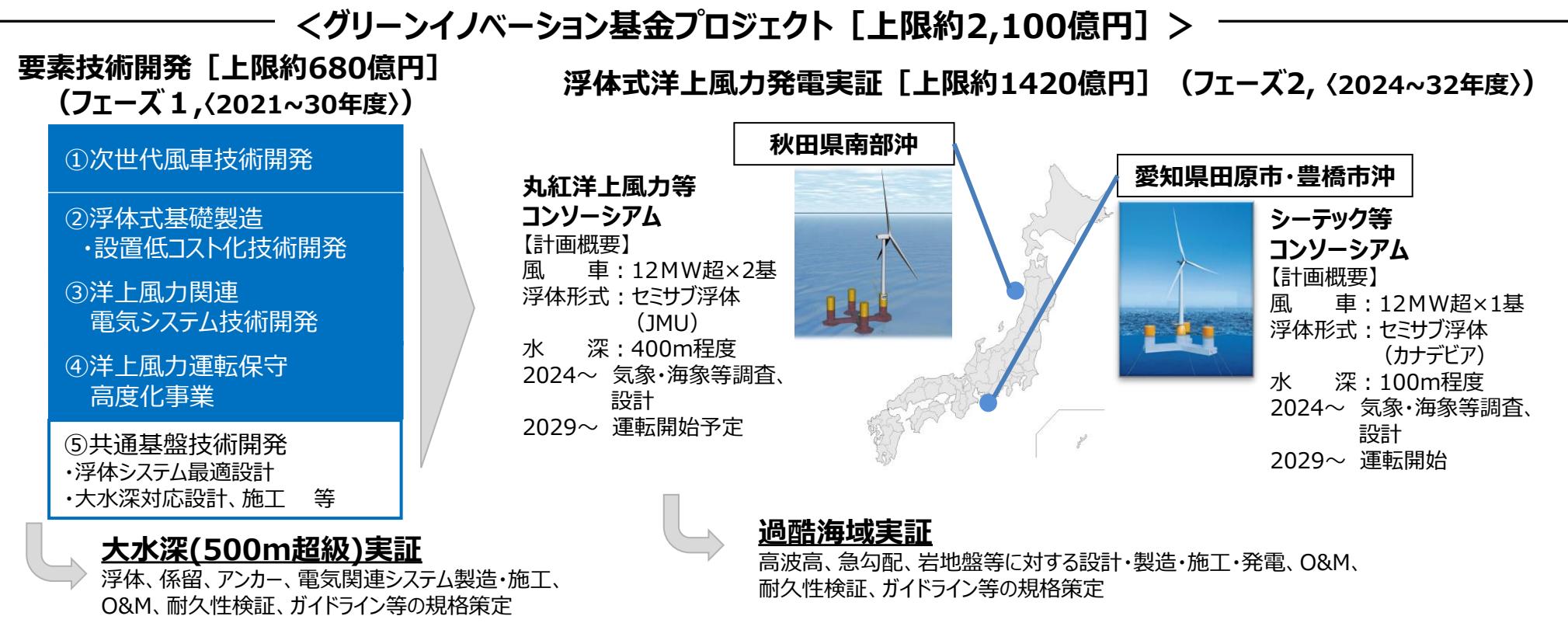
- 洋上風力のEEZを含む開発エリアの拡大に際し、浮体式も必要になる。
- 浮体式について魅力的な国内市場を創出するとともに、産業・技術基盤の充実やグローバル市場への展開を図るため、浮体式産業戦略検討会において、案件形成目標や国内調達比率目標等について議論。
- 今年8月8日の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」※でとりまとめ・公表。
※業界団体11団体（JWPA, ECOWIND, FLOWRA, FLOWCON他）、発電事業者8社（東電RP, 九電みらい他）、風車メーカー3社（ベスタス, GE他）、浮体等メーカー11社（住友電工, 今治造船他）、建設業者6社（鹿島, 大林組他）等が参加。

産業戦略のポイント

| ①世界的なインフレ等への対応 魅力的な国内市場の創出 | ②産業・技術基盤の充実 | ③グローバル市場への展開 |
|--|--|---|
| (政府の浮体式案件形成目標) <ul style="list-style-type: none">● <u>2040年までに15GW以上</u>の浮体式案件を形成 (洋上風力全体で30GW～45GW)● <u>2029年度中</u>を目途に大規模浮体式案件を形成 | (産業界の目標) <ul style="list-style-type: none">● <u>2040年までに国内調達比率を65%以上</u>● <u>2040年までに洋上風力関連人材を約4万人</u>確保・育成 | (官民の目標) <ul style="list-style-type: none">● <u>2040年までに海外浮体式案件30GW</u>に参画● <u>2030年までに欧州・アジア太平洋等10カ国・地域</u>と連携 |
| <ul style="list-style-type: none">• インフレ等に対する更なる環境整備• 浮体式コスト目標の検討• JOGMECセントラル調査のEEZへの拡充 | <ul style="list-style-type: none">• 風車の国産化に向けた体制構築・技術開発・設備投資と、それを通じたコスト低減• 浮体等の大量生産、港湾インフラの整備、船舶確保• <u>技術検証環境整備</u>、技術開発ロードマップに基づく技術開発 | <ul style="list-style-type: none">• グローバル風車メーカーとの官民協力• 業界協調体制による技術開発を通じ、<u>国際標準化を主導</u> |

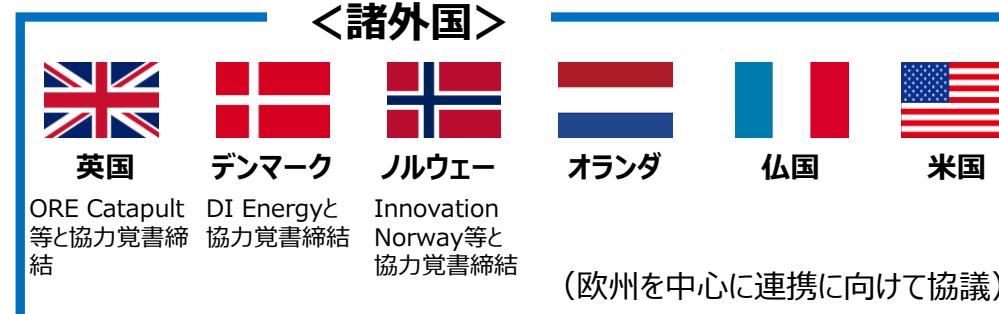
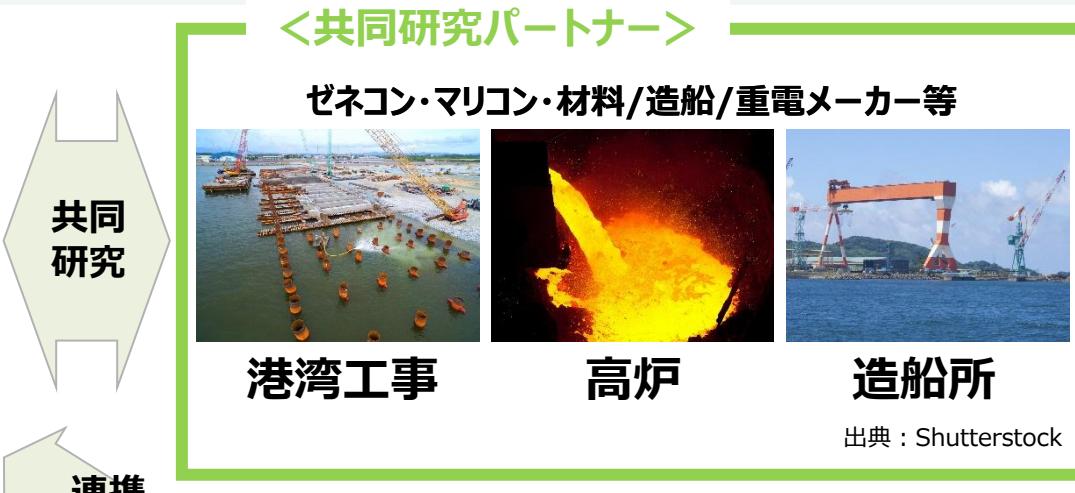
国内産業・技術基盤の充実（G I 基金を活用した技術開発）

- 浮体式洋上風力は、欧州を中心に実証プロジェクトが進展（10MW程度の風車で10機程度、水深300m以下）。世界的にコスト低減・量産化が共通課題。
- 我が国では、浮体式の早期社会実装に向けて、これら課題に対する技術確立を目指し、グリーンイノベーション基金により、2021年度から浮体基礎や電気システムなどの要素技術開発を実施、2024年度からこれら成果を活用し大型風車を用いた領海内における実証事業（秋田県南部沖、愛知県田原市・豊橋市沖）を実施。
- 今後、浮体式洋上風力を我が国EEZやアジア太平洋へ展開するために、過酷海象（高い波高、急峻な海底勾配等）における発電実証や、大水深においても係留索やケーブル等を低コストで施工するため技術実証に取り組む。



グローバル市場の拡大・獲得（FLOWRAを核とした共通基盤開発）

- 浮体式洋上風力技術研究組合（FLOWRA）は、浮体式洋上風力の広域かつ大規模な商用化や国内産業創出等に貢献するため、国内の発電事業者が協調し、2024年3月に設立された技術研究組合。
- グローバル展開や海外プロジェクトへの参入も視野に、欧州・米国等の海外諸機関と連携しながら、浮体式洋上風力の低コスト化・量産化技術の確立に取り組む。
- 具体的には、ゼネコン・マリコン・材料/造船/重電メーカー等と共同して、①風車・浮体一体システムの最適設計手法の開発や、②規格の策定、標準化等を進めていく。

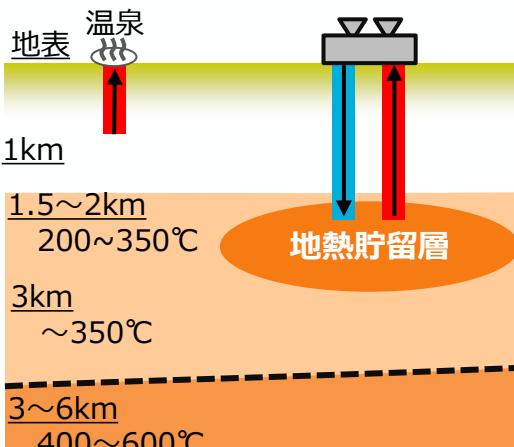
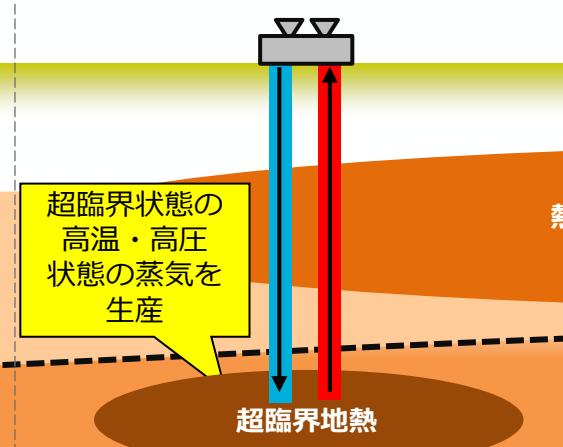
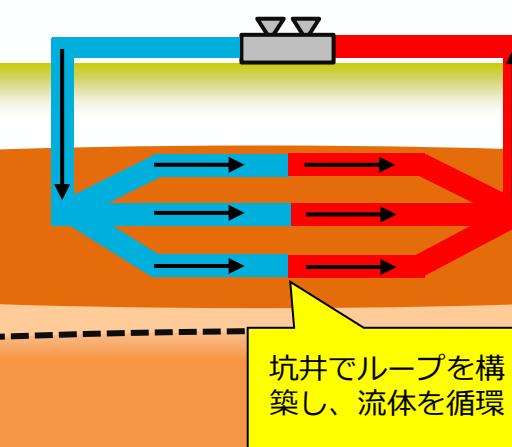
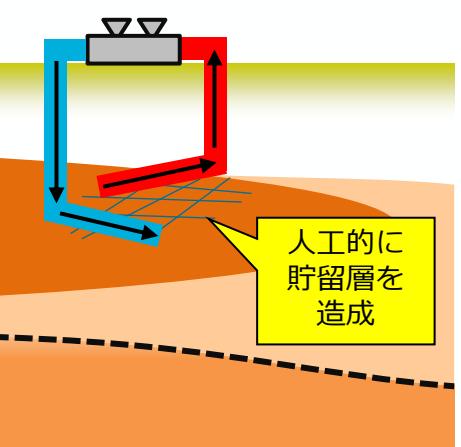


(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
 - a) 水素・アンモニア
 - b) CCUS
 - c) 次世代型太陽電池
 - d) 浮体式洋上風力発電
 - e) 次世代型地熱発電
 - f) 次世代革新炉等
4. 日本のエネルギー事情

次世代型地熱の位置付け

次世代型地熱の種類

| 従来型地熱 | 次世代型地熱 | | |
|--|---|--|--|
| | 超臨界地熱 Supercritical Geothermal | クローズドループ Closed-loop Geothermal System | EGS Enhanced Geothermal Systems |
| 熱・水・割れ目から成る地熱貯留層から蒸気を生産し発電。 | マグマ上部の高温高圧の流体(超臨界热水)から蒸気を生産し発電。 | 亀裂のない高温の地熱層に坑井掘削し、流体を循環させ発電。 | 地熱層貯留層を人工造成し、水を圧入・蒸気を生産し発電。 |
|  <p>地表 温泉 1km 1.5~2km 200~350°C 3km ~350°C 3~6km 400~600°C</p> <p>地熱貯留層</p> |  <p>超臨界状態の 高温・高圧 状態の蒸気を 生産</p> <p>超臨界地熱</p> <p>マグマ</p> |  <p>熱源</p> <p>坑井でループを構築し、流体を循環</p> |  <p>熱源</p> <p>人工的に 貯留層を 造成</p> |

次世代型地熱による課題解決の可能性

- “従来型地熱”に加えて、長期的かつ安定的な脱炭素電源として魅力的な地熱発電をさらに拡大するためには抜本的な課題解決が必要であり、次世代型地熱はそれに寄与する技術と整理。
- 今後、拡大が見込まれるデータセンター等に伴う電力需要の増加や、熱利用の拡大の可能性を踏まえると、カーボンニュートラル価値、ベースロード電源価値、エネルギー安全保障に寄与する国産・内製化、調整電源機能の可能性等、の特性を持つ次世代型地熱発電による安定的な電源供給が必要である。

従来型地熱における主な課題

地熱貯留層（熱・水・亀裂）を見つける必要性

火山周辺の山間地域に偏在性

偏在地域に伴う規制（温泉法・自然公園法等）の多さ

発電出力に対する発電コストの大きさ

それらを総合的に勘案した運転開始までの長いリードタイム

次世代型地熱に期待する課題解決

→ 热があれば開発可能 → 資源リスクの低減・試掘の成功率向上

→ 山間地域以外での展開 → 開発地域の拡大

→ 温泉や自然公園の回避が可能 → 規制リスクの低減

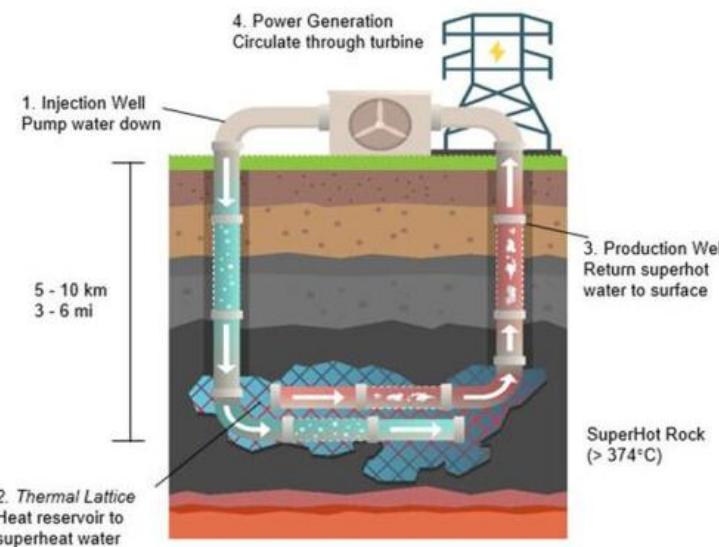
→ 坑井の出力増大・掘進率の向上 → 発電コストの低減

→ 開発リードタイムの短縮

(参考) 世界の主な次世代型地熱プロジェクト



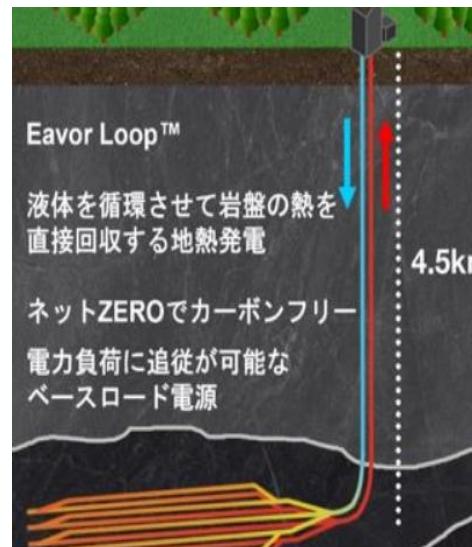
- 米国発のスタートアップ。
米DOEの支援を受け、
Superhot Rock (超高温岩体) へ掘削し、実証予定。



※ 出典：Mazama Energy ホームページ



- カナダ発のスタートアップ。
クローズドループの商用化に向けて、
ドイツにて実証中。 **中部電力、鹿島**も出資。



※ 出典：鹿島建設ホームページ



- 米国発のスタートアップ。
Google社とEGS発電で
3,500kWのデータセンター用販
売契約を締結。 **三菱重工**も出資。

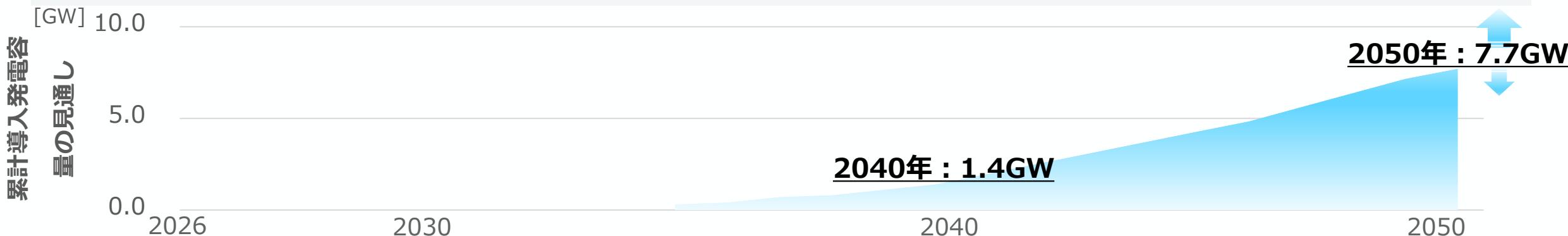


※ 出典：Googleホームページ

次世代型地熱実現に向けたロードマップ

長期ロードマップ

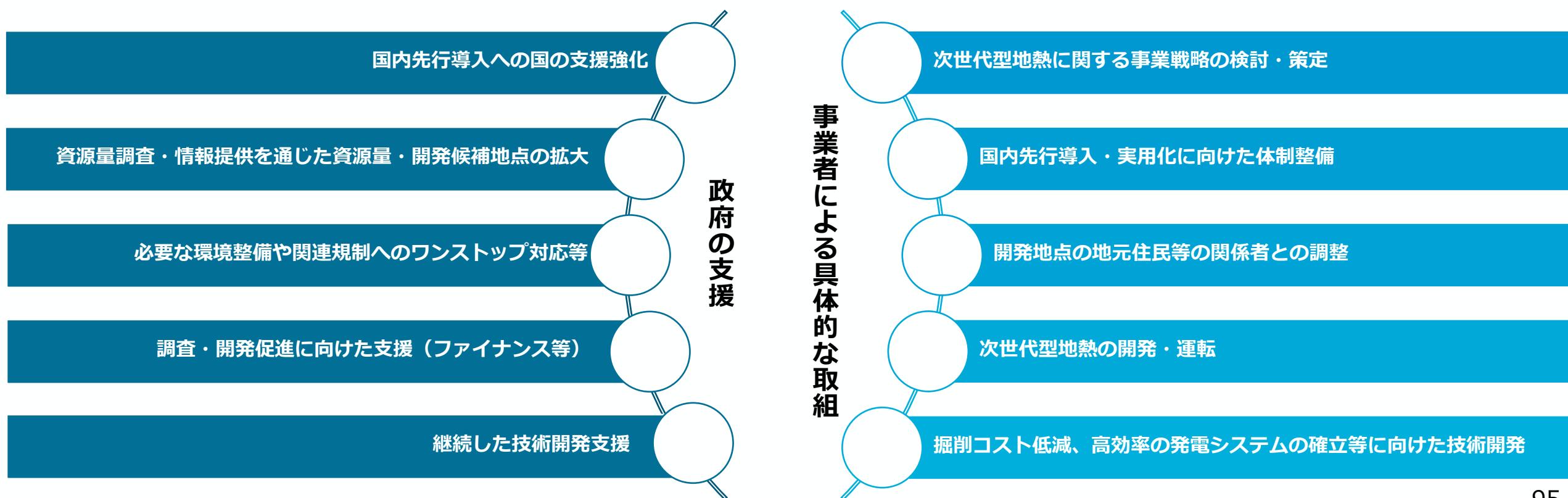
- 投資促進や革新的な技術導入を図ることで、フェーズ1として2030年までに国内で先行導入、フェーズ2として2030年代早期の次世代型地熱の運転開始、フェーズ3として国内普及とそれによる地熱発電の抜本的な導入量拡大を目指す。



| フェーズ1 | フェーズ2 | フェーズ3 |
|---------------------------------|---|---|
| 国内先行導入 | 発電設備の運転開始 | 普及・抜本的な導入量拡大 |
| ▶ 先行導入に向けた掘削技術など各種技術開発及び技術の先行導入 | ▶ 掘削コスト低減（掘進率の向上・坑井仕様の最適化）に向けた技術開発 ▶ 高効率熱回収システム・発電設備の構築に向けた最適化や技術開発 ▶ 生産コスト削減に向けた最適化や技術開発 | ▶ 資源量調査による開発候補地の拡大 ▶ 次世代型地熱の事業化に向けた支援（ファイナンス、地熱価値創造等） ▶ 事業体制整備、安全指針等の整理 |

ロードマップ実現に向けた主な対応の方向性

- 次世代型地熱ロードマップの実現を通じた次世代型地熱発電の導入拡大に向けて、事業者による具体的な取組・実行や、そのための着実かつ継続的な政府支援を通じて、官民一体で対応することが重要。



(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
 - a) 水素・アンモニア
 - b) CCUS
 - c) 次世代型太陽電池
 - d) 浮体式洋上風力発電
 - e) 次世代型地熱発電
 - f) 次世代革新炉等
4. 日本のエネルギー事情

次世代革新炉・フュージョンエネルギーの概要

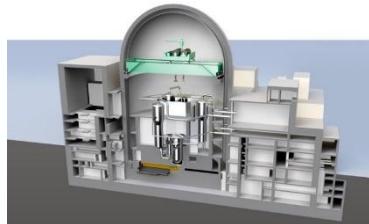
革新軽水炉

【特徴】

- 設計段階から新たな安全メカニズムを組み込むことにより、事故の発生リスクを抑制し、万が一の事故があった場合にも放射性物質の放出を回避・抑制する機能を強化。

【現状】

- 標準設計は概ね終了。規制基準を明確にするため、現在、原子力エネルギー協議会（ATENA）と規制委員会とで意見交換中。
- 経産省予算にて、新たな要素技術の成熟度を高める研究開発や実証試験を支援。

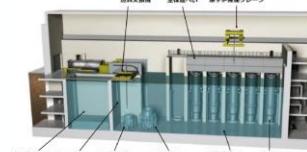


◆ 三菱重工業
(SRZ-1200)

SMR（小型モジュール炉）



◆ GEベルノバ日立
(BWRX-300)



◆ NuScale (NuScale SMR)

【特徴】

- 出力が30万kW以下の小型軽水炉。自然循環により、冷却ポンプや外部電源なしで炉心冷却が可能。

【現状】

- 米国やカナダにおいて、データセンターへの電力供給などの目的で、2030年前半での運転を目指し、開発が進められている。
- 海外プロジェクトへの日本企業の参画や研究開発を支援。

高速炉



【特徴】 ◆ 三菱重工業（実証炉）

- 冷却材にナトリウムを利用してプルトニウム燃焼を効率的に行う。
- 廃棄物量・有害度低減、資源の有効利用など核燃料サイクルの効果を向上。

【現状】

- GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年に開始。米国や仏国とも連携。
- 2024年7月、炉と燃料サイクルの研究開発全体を統合してマネジメントする組織をJAEAに設置。電力やメーカー、JAEAのメンバーで構成。

高温ガス炉



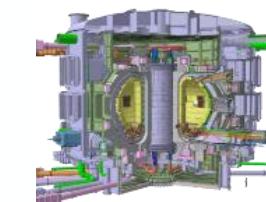
【特徴】 ◆ 三菱重工業（実証炉）

- 発電だけでなく高温熱を利用して水素製造を行う。
- 冷却材に化学的に安定なヘリウムを利用。減速材に耐熱性や蓄熱性等に優れた黒鉛を利用することで冷却機能を喪失しても自然に冷温停止が可能。

【現状】

- GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年に開始。英国とも連携。並行して試験炉「HTTR」による水素製造試験を目指す。
- HTTRへの水素製造施設の接続に向けて、2025年3月、原子炉設置変更許可を申請。

フュージョンエネルギー



【特徴】 ◆ ITER（実験炉）

- 核融合反応から得られる熱エネルギーを利用して発電。トカマク型、ヘリカル型、レーザー型など多様な炉型が提案されている。

【現状】

- 国家戦略において、世界に先駆けた2030年代の発電実証を目指すこととしている。
- 経産省予算にて、自動車業界・航空機分野への応用を見据えたレーザー開発、深部地熱等への応用を見据えたジャイロトロン開発等、フュージョンエネルギーと共に分野の技術開発を支援。

革新軽水炉（例：SRZ-1200）

1F事故の教訓を踏まえ、強化した安全対策を設計段階から組み込み、より高い安全性を追求。

ポイント① 非常用の冷却ポンプや電源等の安全設備の多重化と同時損傷リスクの回避

- ✓ 緊急時に炉心を冷やすための注水ポンプや電源などの安全設備を2系列から3系列に増強。
- ✓ さらに、それらが火災等により同時損傷しないよう、系統ごとに区画を分けて配置。

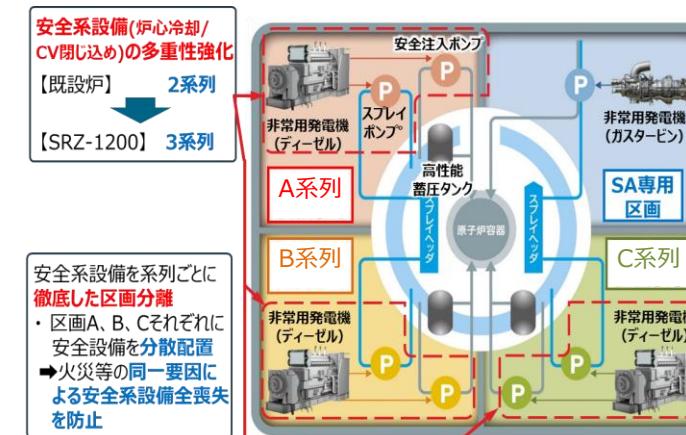
ポイント② 可搬型の非常用設備を、設計段階から原子炉に組み込むことで、非常時の注水・電源の信頼性を向上

- ✓ 原子炉への接続などの作業が必要な、送水車や電源車等の可搬型設備に代えて、設計段階から原子炉建屋の中に非常用注水ポンプや電源を組み込むことで、緊急時の注水・電源の作動の信頼性を向上。

ポイント③ 非常に電源なし・人的操作なしで自動的に炉心冷却する機能の強化

- ✓ 緊急時にも、水圧等の自然原理を利用し、電源なし・人的作業なしで、自動的に、より長い時間、炉心冷却を継続できるよう給水タンクを改良。

※さらに、万が一炉心損傷等などの重大事故が発生した場合の影響を抑制するシステムも強化（フィルタベント、コアキヤッチャー）



SRZ-1200の
安全設備の多重化と
区画分離のイメージ

SMR（小型軽水炉）の概要

- 出力は30万kW以下。自然循環により、冷却ポンプ、外部電源なしで炉心冷却が可能。
- 日本の産業基盤の維持・強化に資するよう、海外プロジェクトへの日本企業の参画や研究開発を支援。

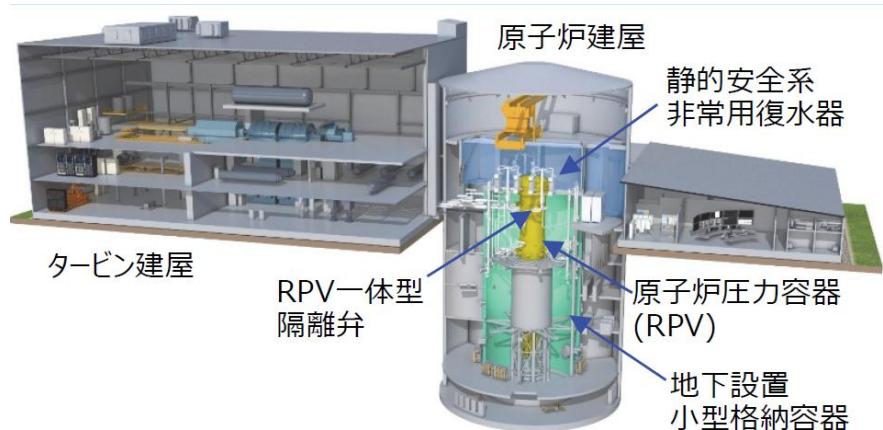
BWRX-300（米・GEベルノバHitachi社）

<概要>

- 米GEベルノバHitachi社と日立GEベルノバ社が共同開発する
電気出力30万kW級のBWR型SMR。
- 2021年12月2日、カナダの電力会社OPG社がオンタリオ州にて最速2030年運転開始を目指すプロジェクトに、当該炉型を選定。
- 経産省予算にて、日立GEの実温・実圧で試験できる設備を活用し、要素技術の実証に向けて研究開発を実施中。

<特徴>

- 自然循環の利用によりポンプを排除、受動的冷却システムにより電源・注水設備・運転員操作なしで7日間冷却可能。
- 圧力容器に隔離弁を直付けすることで、冷却材喪失事故の発生確率を削減。



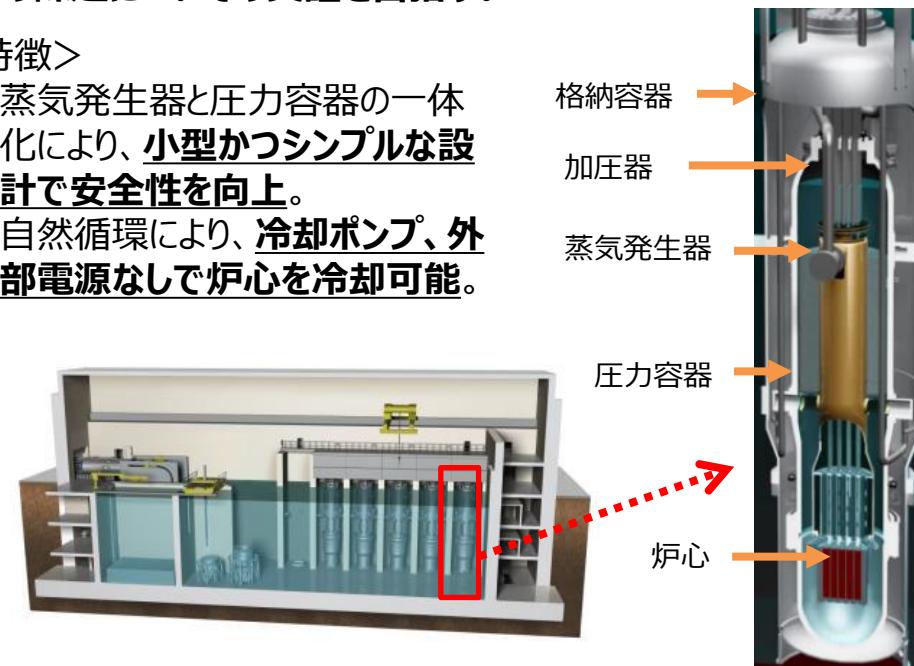
NuScale SMR（米・NuScale社）

<概要>

- 2007年、SMR開発を目的に設立された米NuScale社が開発するPWR型SMR。1モジュールの出力は5~7.7万kWで、最大12モジュールを設置可能（最大60~92万kW）。
- 米スタンダード・パワー社が、オハイオ州とペンシルベニア州で計画されているデータセンターへの電力供給に当該炉型を採用。2029年運転開始を目指す。
- 経産省予算にて、日揮・IHIが、モジュール・メンテナンス機器等の課題についての実証を目指す。

<特徴>

- 蒸気発生器と圧力容器の一体化により、小型かつシンプルな設計で安全性を向上。
- 自然循環により、冷却ポンプ、外部電源なしで炉心を冷却可能。

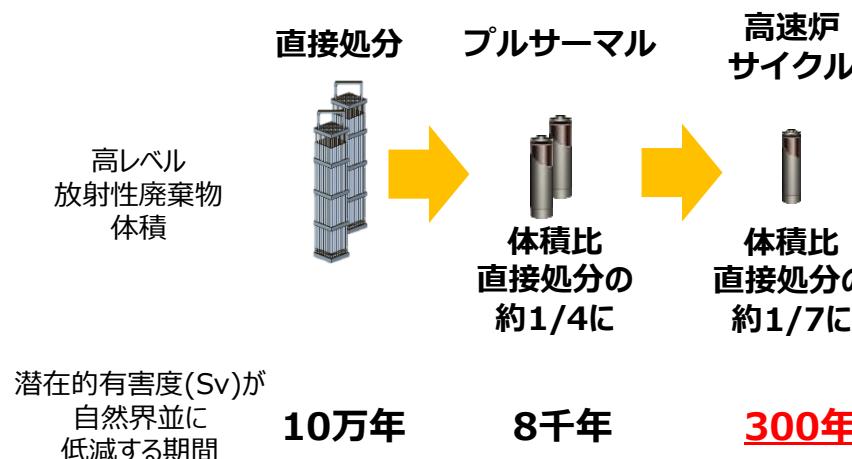


- 核燃料サイクルは、①高レベル放射性廃棄物の減容化、②有害度低減、③資源の有効利用等の観点から、引き続き推進することが重要。
- 高速炉では、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度が自然界並に低減する期間が10万年から300年にすることや、資源の有効利用も可能であり、核燃料サイクルの効果をより高める可能性。

高レベル放射性廃棄物の 減容化・有害度低減

高速炉サイクル

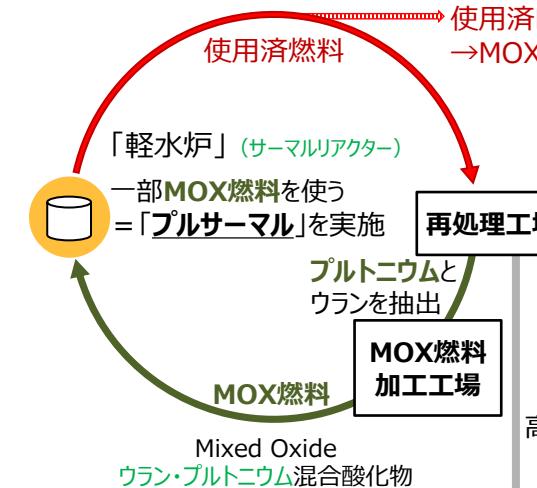
マイナーアクチノイド（MA）燃焼等でナトリウム冷却高速炉が米加で脚光を浴びる。



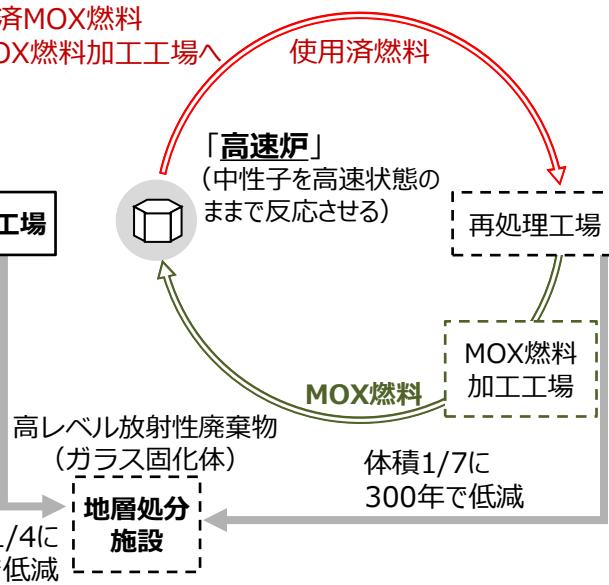
資源の有効利用

使用済燃料の再処理を経て製造した燃料を、軽水炉（プルサーマル）や高速炉で利用することで、資源を有効利用。

軽水炉サイクル



高速炉サイクル



高速炉実証炉開発事業

- 2023年3月、炉概念の仕様と将来的にはその製造・建設を担う事業者（中核企業）の公募を実施、7月12日の高速炉開発会議戦略ワーキンググループにおいて、炉概念として三菱FBRシステムズ株式会社が提案する『ナトリウム冷却タンク型高速炉』を、中核企業として三菱重工業株式会社を選定して、GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を9月から開始。
- 予算措置額：1,714億円（2023～27年度までの国庫債務負担行為含む）
- 2024年7月、炉と燃料サイクルの研究開発全体を一定のレベルまで完遂するとともに、両者を統合して基本設計に繋げていく機能（研究開発統合機能）を担う組織として、高速炉サイクルプロジェクト推進室をJAEAに設立。
- プロジェクト推進室によるマネジメントの下、実証炉の主要仕様及びR&D計画について具体化を進め、2024年12月、高速炉開発会議 戦略WGにおいて、実証炉の概念設計の出力を60万kW級とすること等を確認した。

<高速炉実証炉開発の今後の作業計画>

2023年夏：炉概念の仕様を選定 【23/7/12選定済】

2024年度～2028年度：実証炉の概念設計・研究開発

2026年度頃：燃料技術の具体的な検討

2028年度頃：実証炉の基本設計・許認可手続きへの移行判断

※戦略ロードマップ(令和4年12月23日 原子力関係閣僚会議)を基に作成

<ナトリウム冷却タンク型高速炉（イメージ）>

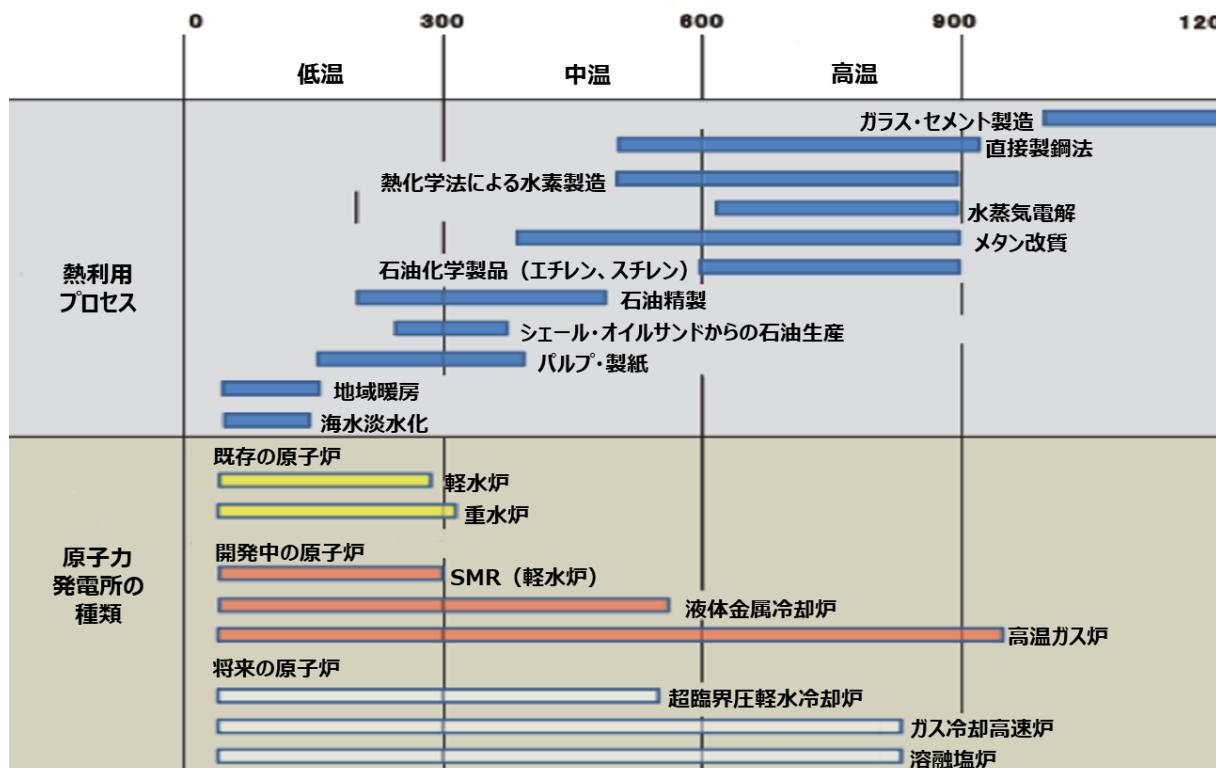


(出所) 三菱重工業株式会社PRESS INFORMATION (2023.07.12)
日本政府が開発を推進する高速炉実証炉の設計、開発を担う中核企業に選定
2040年代の運転開始に向け、ナトリウム冷却高速炉の概念設計などを推進

高温ガス炉

- 将来的な水素社会において、鉄鋼・化学等における原料、輸送機器や発電における燃料としては、大規模かつ経済的な水素の安定供給が必要。
- 高温ガス炉では950℃の高温熱が取り出せることから、水素製造や発電など熱の力スケード利用が可能。

熱利用プロセスと各炉型の温度範囲



(出所) IAEA Nuclear Energy Series, Opportunities for Cogeneration with Nuclear Energy

水素社会での高温ガス炉活用のイメージ



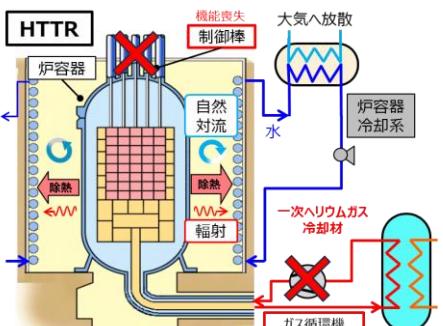
高温ガス炉に関する実証炉開発事業／水素製造試験

- 2023年7月25日、高温ガス炉の実証炉開発の中核企業（＝設計、製造、建設を担う事業者）として三菱重工業株式会社を選定。GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を8月から開始。
- 予算措置額：1,970億円（2023～27年度までの国庫債務負担行為含む）
- 実証炉はHTTRの約6倍の熱出力（＝200MW）とすることとし、現在、実証炉の設計及び研究開発（原子炉と水素製造施設の接続技術など）を実施中。
- また、HTTRの熱を利用して実際に水素製造を行うべく、2025年3月27日、日本原子力研究機構（JAEA）は、規制庁に原子炉設置変更許可を申請。今後、水素製造時の原子炉への影響や炉規法の扱う範囲を議論。

【各種取組状況】

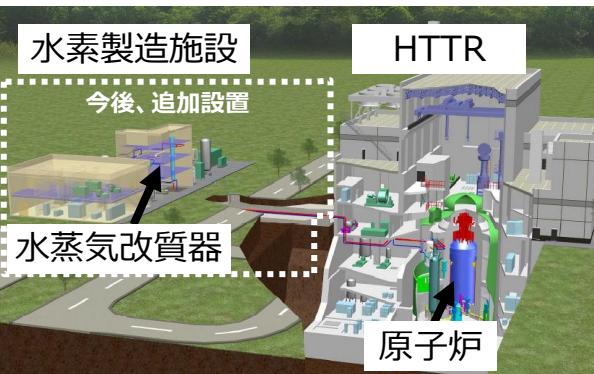
【 HTTRにおける安全実証試験 】

- **2024年3月27日**、原子力機構における試験炉HTTRにおいて、**安全性実証試験**を実施。
- **原子炉出力100%**の状態から、**制御棒挿入なし・冷却材循環機能喪失**でも、物理現象のみで原子炉出力が自然に低下して静定することの実証に成功。



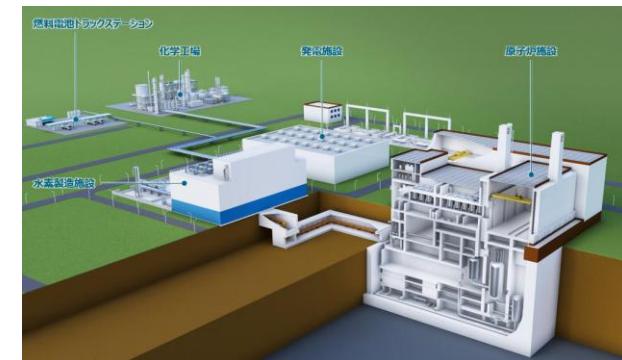
【 HTTRにおける水素製造試験 】

- **2028年度頃のHTTRでの水素製造試験開始**を目指し、2025年3月27日に、原子力規制委員会に申請。今後、規制審査と並行して改造工事を進めていく。
- **水素製造施設のうちどの設備までが炉規法の対象となるかが最大のポイント。**



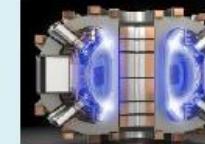
【 高温ガス炉実証炉 基本仕様 】

| | |
|-------|--------------------|
| 熱出力 | 200MW |
| 出口温度 | 900°C |
| 水素製造法 | IS法、熱SOEC法、メタン熱分解等 |
| 中核企業 | 三菱重工 |



多様なフュージョンエネルギーの炉型

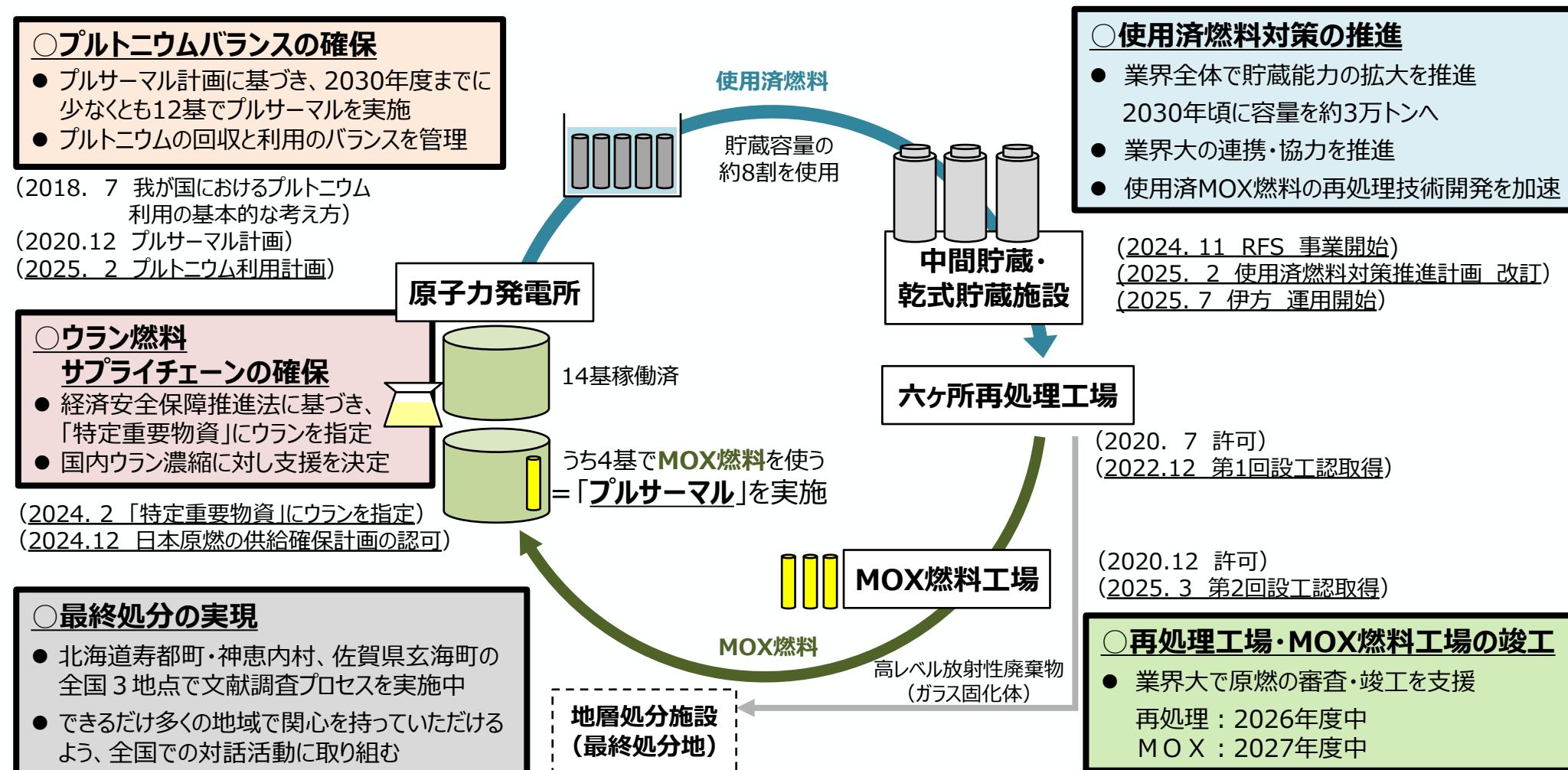
- 米国のスタートアップ企業を中心に、2030年前後でのフュージョンエネルギー実用化を掲げ、多様な炉型の開発への挑戦が発表されているが、フュージョン反応の連続化や、投入したエネルギー量を超えるエネルギーの回収など解決すべき課題もある。

| 磁場閉じ込め型 | | 慣性閉じ込め型 | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|---|---|---|--|---|--------------------------------------|---|------------------------------|
| トカマク型 | | レーザー型 | | | | | | | | | |
|  | (日) JA-DEMO |  | (米) Commonwealth Fusion Systems 2,800億円以上を調達 ビルゲイツ、Googleなど |  | (日) 核融合科学研究所 (NIFS) |  | (米) ローレンス・リバモア 国立研究所 |  | (米) Blue laser fusion 2,500万ドルを調達 | | |
| 球状トカマク型 | | 中心点火方式 | | | | | | | | | |
|  | (英) Tokamak Energy 350億円以上を調達 |  | (中) ENN 260億円以上を調達 |  | (日) Helical Fusion 9億円以上を調達 |  | (加) General Fusion 470億円以上を調達 ジェフ・ベゾス |  | (英) First Light Fusion 130億円以上を調達 |  | (米) Zap energy 260億円以上を調達 |
| 逆磁場配位型 | | ミラー型 | | | | | | | | | |
|  | (米) Helion Energy 800億円以上を調達 サムアルトマンなど |  | (米) TAE Technologies 1,680億円以上を調達 |  | (米) Lockheed Martin 飛行機や船等の動力源として開発中 |  | (日) 中部大学 ミュオンの特徴 ● 強い結合力→核融合 ● 高い透過力→構造物イメージング等 |  | (日) クリーンプラネット 20億円以上を調達 | | |
| その他 | | | | | | | | | | | |

(出所) ムーンショット型研究開発制度における新目標（フュージョンエネルギー）について（文部科学省）一部加工

核燃料サイクルの確立に向けた取組

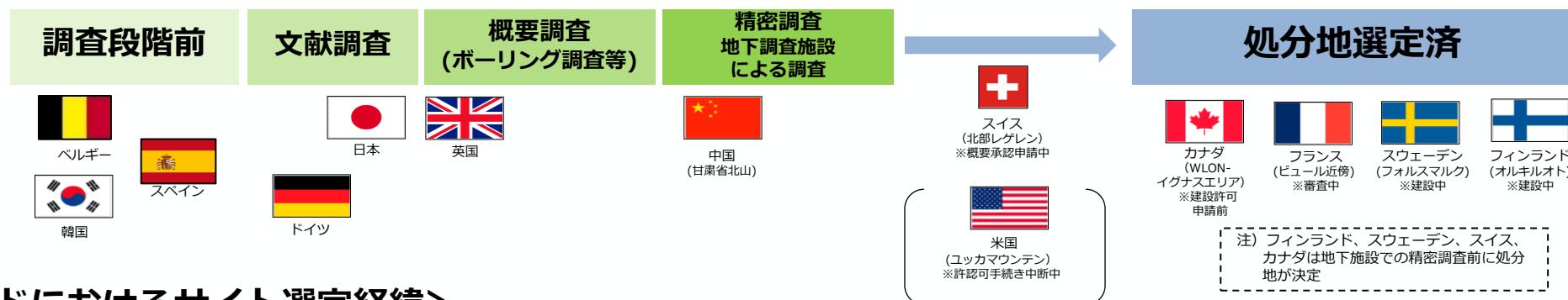
- 核燃料サイクルは、①高レベル放射性廃棄物の減容化、②有害度低減、③資源の有効利用等の観点から、一貫して国の基本の方針と位置付け。
- 原子力発電を安定的に利用する上で、関係自治体や国際社会の理解を得つつ、引き続き、核燃料サイクルを推進することが重要。



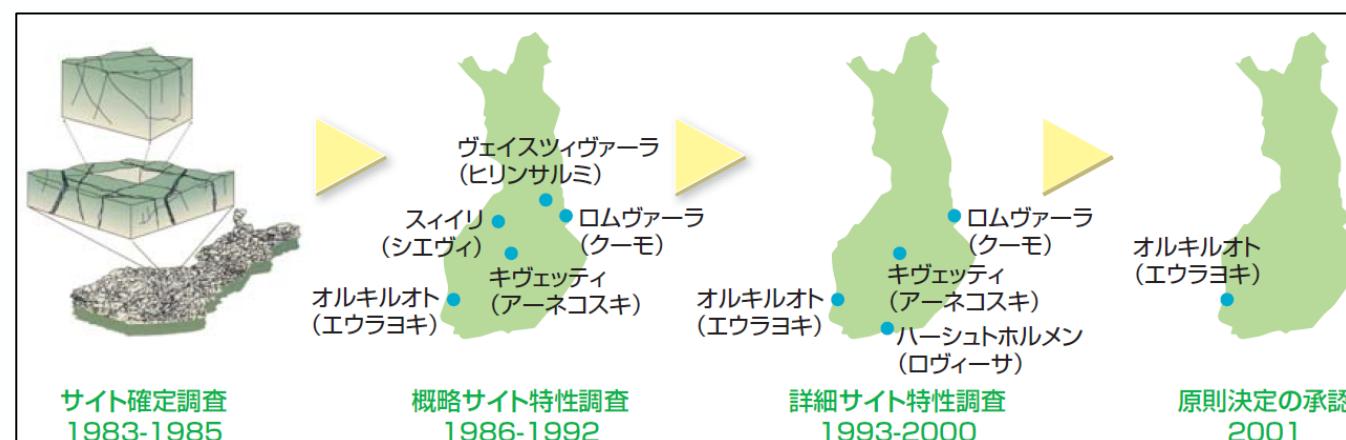
(参考) 高レベル放射性廃棄物の最終処分の諸外国の状況

- 高レベル放射性廃棄物の最終処分の実現は原子力を利用する全ての国の共通課題。
- 処分場の建設を開始しているフィンランド、スウェーデンにおいても、地層処分の実施を決めてから30年以上の歳月をかけて、国民理解・地域理解に弛まぬ努力を重ねてきている。
- 足下では、フィンランド、スウェーデン、フランス、カナダ等が処分地選定済。

<諸外国のサイト選定状況>



<フィンランドにおけるサイト選定経緯>



(参考資料) 目次

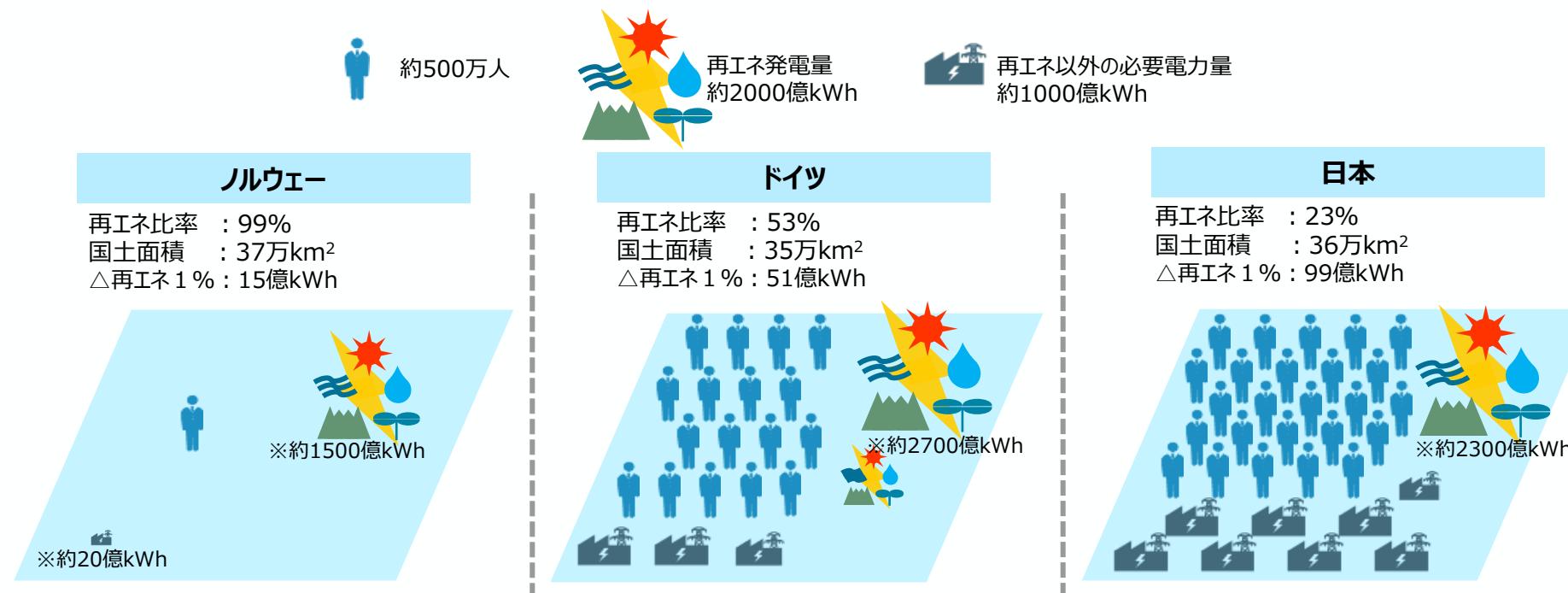
1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 各技術等の動向
4. 日本のエネルギー事情

電力需要と国土と再エネ比率

- 再エネは、エネルギー密度が低いため、「導入量」を増やす上では土地などの狭さが制約となる。
- 再エネ「比率」は、電力需要の大小に依存する。電力需要の大きい国では比率は低くなる。

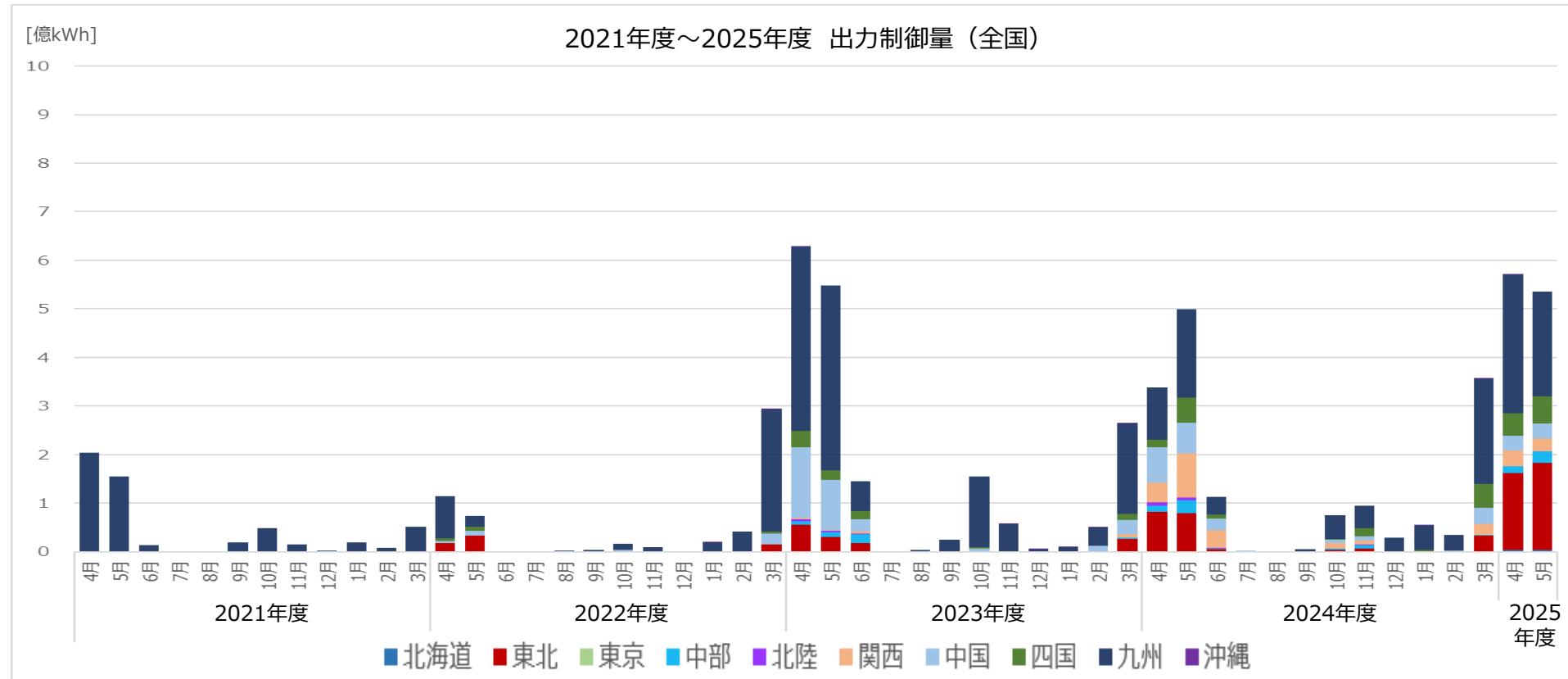
⇒ 日本は国土面積が狭い一方、需要が大きいため、諸外国に比べて再エネ比率の向上に制約がある。
(参考：EUの面積は日本の12倍、電力需要は3倍。)

同じ国土面積でも再エネの入れやすさや、比率の見え方は異なる（2023）



再エネ出力制御の実施状況について

- 再エネの導入拡大により出力制御エリアは全国に拡大、複数エリアでの同時出力制御の増加による域外送電量の減少や電力需要の減少等もあり、足元の出力制御量は増加傾向。
- 今春は天候等の理由により、全国の出力制御量は前年度と比較して増加傾向。

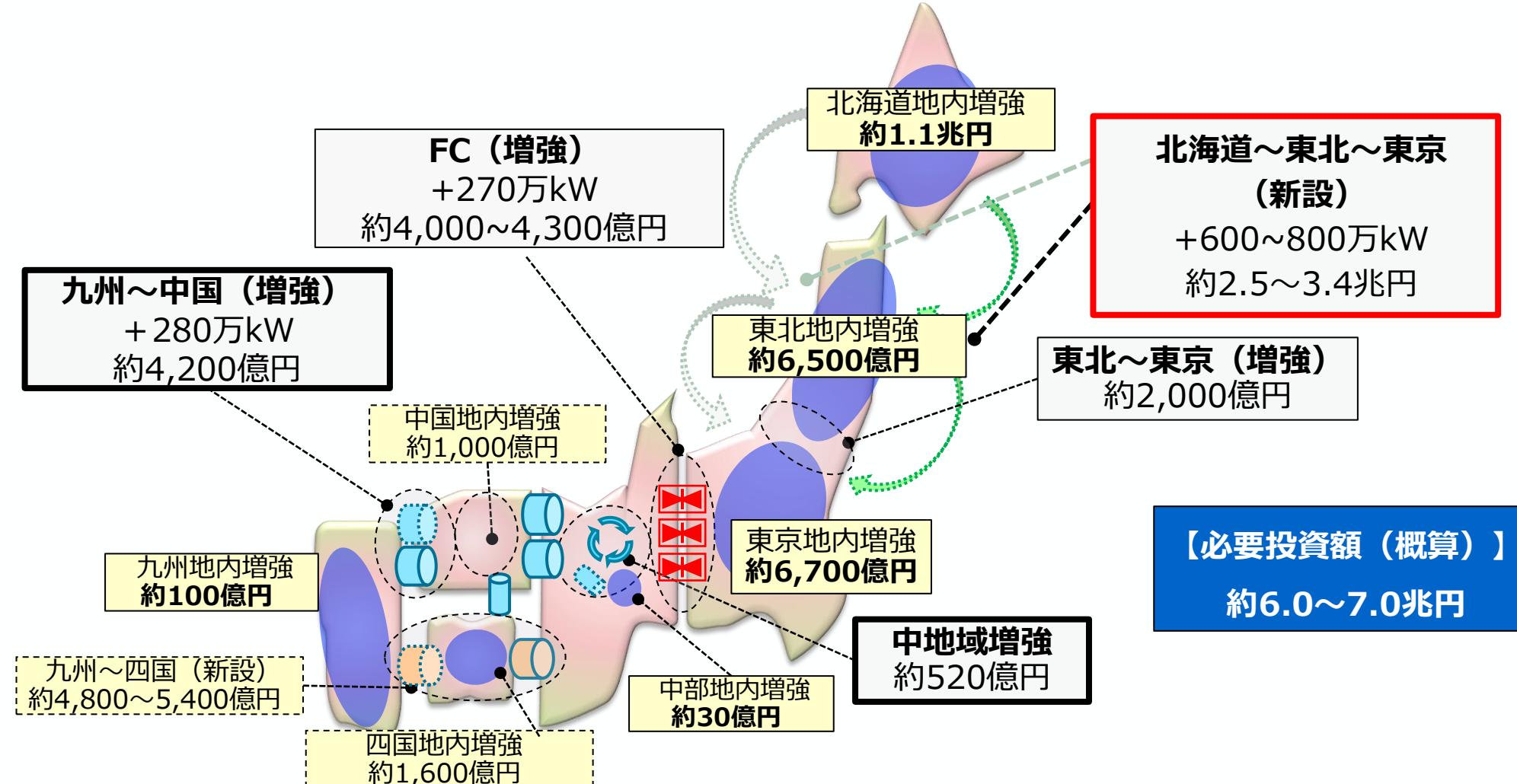


(出所) 各一般送配電事業者提出資料を元に資源エネルギー庁が作成（2025年5月時点）

※ 淡路島南部地域は四国から電気を供給される関係から、出力制御は四国エリアと同様に行われるが、数字は関西に含む。

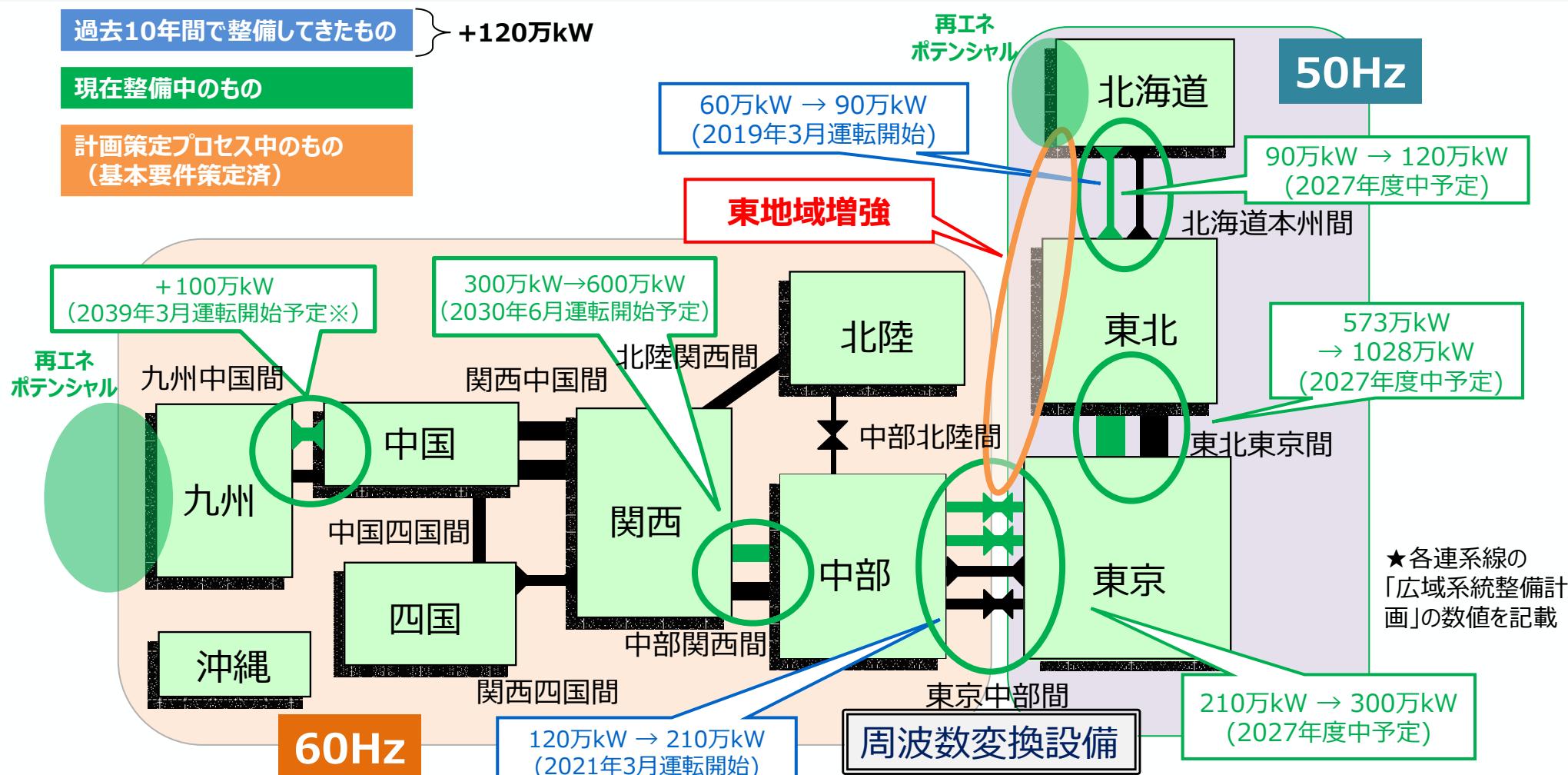
広域連系系統の「マスタープラン」

- 再エネ大量導入とレジリエンス強化のため、電力広域機関において、2050年カーボンニュートラルも見据えた、広域連系系統のマスタープランを2023年3月29日に策定・公表した。



地域間連系線の整備の状況と今後の方向性

- 再エネ適地と需要地を結び、国民負担を抑制しつつ再エネの導入を図るとともに、首都直下地震等により首都圏等に集中立地するエネルギーインフラが機能不全に陥った場合のバックアップ機能の強化を図るため、全国大での送電ネットワークの増強を進めることが必要。



(参考) 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。次世代型太陽電池や浮体式洋上風力について以下のような方向性が示されているほか、水素等・CCSについても策定されている。

次世代型太陽電池の分野別投資戦略①

1

- 太陽光発電は、2030年度の電源構成14～16%に向けて、2022年度の9%から増加させるとともに、カーボンニュートラルに向けて、引き続き導入拡大に取り組んでいく必要があるが、既に国土面積あたりの導入容量は主要国の中で最大。こうした中、次世代型太陽電池であるペロブスカイト太陽電池は、従来設置が困難な場所にも導入が可能であり、今後の太陽光発電の導入拡大の有力な選択肢。
- 主要原料のヨウ素は国内で生産されるなど、各原材料の国内調達が可能であり、特定国からの原料供給状況に左右されない強靭なエネルギー供給構造の実現につながる。
- 加えて、太陽光発電市場は、世界的にも、導入量が毎年右肩上がりで増加（2021年：176GW、2022年：234GW）しており、世界的な市場の獲得も期待される。
- シリコン系太陽電池では、欧州や中国などでの導入が加速化し、海外市場が猛烈なスピードで急拡大する中で、市場の拡大を見通した設備投資の不足や厳しい価格競争により、日本企業はシェアを落とした。
- ペロブスカイト太陽電池では、中国や欧州など諸外国でも研究開発競争が激化している状況にあるが、投資の「規模」と「スピード」でも競争し、諸外国に先駆け、早期の社会実装を進めていく。

<方向性>
量産技術の確立、生産体制整備、需要の創出に三位一体で取り組んで行く。

- ① 引き続き低コスト化に向けた技術開発や大規模実証を通じて、社会実装を加速。
- ② 2030年までの早期にGW級の量産体制を構築し、国内外市場を獲得。
- ③ 次世代型太陽電池の導入目標の策定やその達成に向けて必要なアプローチを通して、官民での需要を喚起するとともに、予見性を持った生産体制整備を後押し。

※なお、ペロブスカイト太陽電池以外の次世代型太陽電池についても、引き続き可能性を追求していく。

| <再エネ導入推移> | | | |
|-----------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| 再生可能エネルギーの累積供給量 | 2011年度 | 2022年度 | 2030年新規ターゲット |
| 再生可能エネルギーの累積供給量 | 10.4% (1,131億kWh) | 21.7% (2,189億kWh) | 36-38% (3,360-3,530億kWh) |
| 太陽光 | 0.4% | 9.2% | 14-16%程度 |
| | 48億kWh | 926億kWh | 1,290-1,460億kWh |

2023年から10年程度の目標 ※累積
国内排出削減：約2,000万トン
官民投資額：約31兆円～※の内数
※再生可能エネルギー：約20兆円～、次世代ネットワーク：約11兆円～の合計

分析

GX先行投資

- ① 2025年の事業化、その後の更なる性能向上のためのR&D
- ② 様々な業種・分野における導入・需要サイドと連携した大規模実証
- ③ サプライチェーン構築に向けた大規模投資
- ④ 需要支援を通じた初期需要創出

<投資促進策> ※GXリーグと連動

- ◆ GI基金によるR&D・大規模実証などの社会実装加速 ※措置済み
- ◆ 生産拠点整備のためのサプライチェーン構築支援
- ◆ 需要支援策の検討 ※右記参照

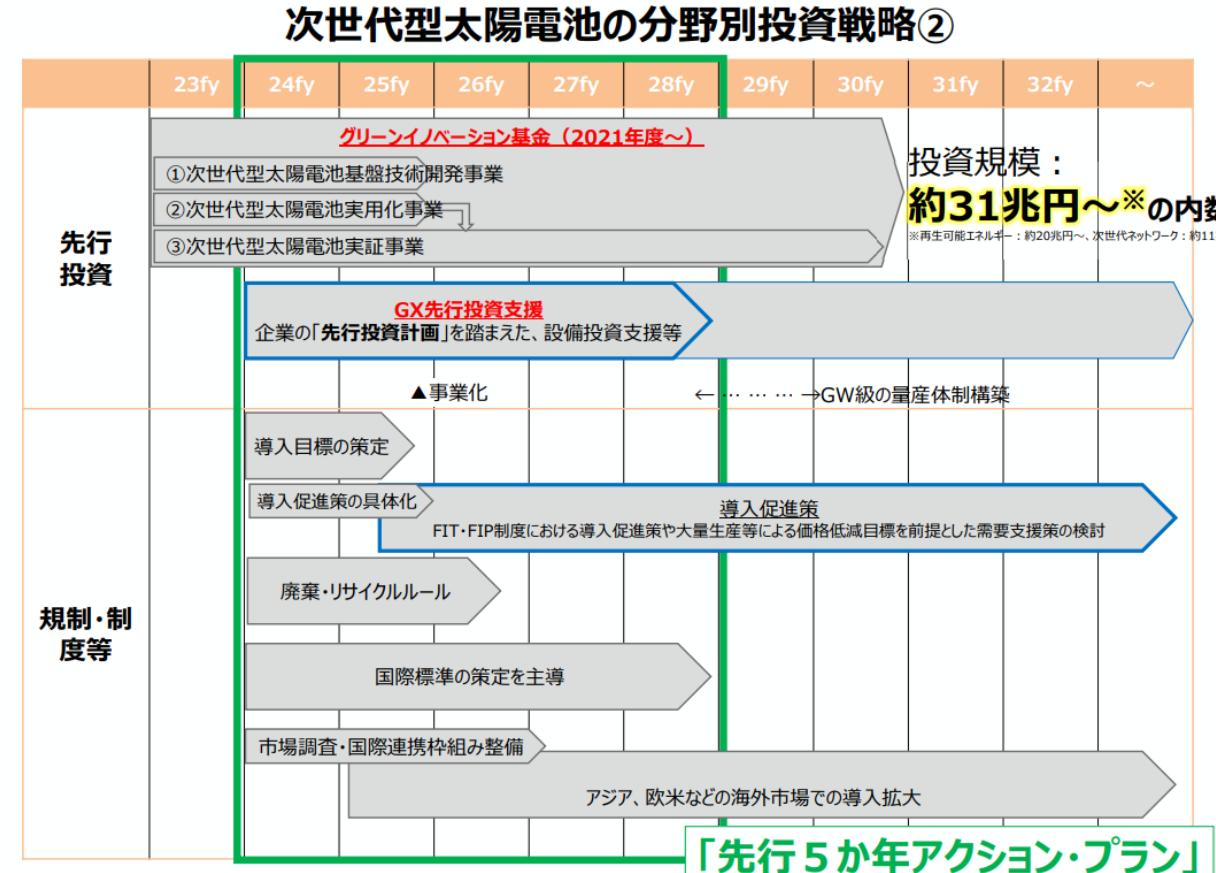
- 省エネ法における各産業分野の非化石エネルギー転換措置による導入促進
- 建築物省エネ法における再エネ利用促進区域制度等との連携検討
- 太陽電池の製造からリサイクル・廃棄までを見据えたビジネスモデルの普及・制度設計やルール作り

GX市場創造

- <導入目標の策定>
- ◆ 次世代型太陽電池の導入目標の策定
 - ➡ 2025年からの事業化を見据え、2020年代半ばに、100MW/年規模、2030年を待たずにGW級の量産体制を構築することを前提に検討。
 - ◆ 特に、**公共施設の導入目標**は先行して検討。

- <導入支援策の検討>
- ◆ 政府実行計画への位置付けや地方公共団体実行計画制度を通じて、政府・地方公共団体等の**公共施設での率先導入**
 - ◆ FIT・FIP制度における導入促進策や大量生産等による価格低減目標を前提とした需要支援策の検討
 - ◆ 様々なフィールドでの導入に向け、関係省庁が連携して推進
ex:建築物壁面（公共施設・ビル）、耐荷重性低い屋根（工場・倉庫・学校施設）、公共インフラ（空港・鉄道）、モビリティ、IoT機器

- <海外展開・市場獲得>
- ◆ 欧米等とも連携した評価手法等の**国際標準化**
 - ◆ 各国のエネルギー事情を踏まえ、**アジア、欧米などの海外市場獲得**



61

62

(参考) 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。次世代型太陽電池や浮体式洋上風力について以下のような方向性が示されているほか、水素等・CCSについても策定されている。

分析

浮体式等洋上風力の分野別投資戦略①

- 洋上風力発電は、①導入拡大の可能性、②コスト競争力のある電源、③経済波及効果が期待される。
- 2020年12月にとりまとめた洋上風力産業ビジョンにおいて、2030年10GW、2040年30～45GWとする案件形成目標を設定。2030年目標達成のため、再エネ海域利用法の下、これまで合計4.6GWの案件が着工式を中心に具体化するなど、着実に進捗。
- 今後、2040年目標を達成するためには、水深の深い沖合に適した浮体式洋上風力の導入拡大が必要。
- 欧州等においても、浮体式洋上風力については実証事業を中心に展開。

<方向性>

- 浮体式を含む洋上風力に関し、我が国の産業競争力を強化し、早期導入を実現
- 浮体式に特化した我が国の導入目標を策定・公表し、国内外の投資を促進
- 世界第6位の面積を有するEEZにおける洋上風力の導入に向けた具体的な制度的措置等の検討
- 低コスト化に向けた技術開発や大規模実証により社会実装を加速するとともに、国際標準等の実現に向け、欧米等と連携しながら研究開発や調査を実施。
- 必要なスキルを取得するための人材育成の強化
- 洋上風力等の再エネ大量導入に向けた、広域連系系統整備

| 再エネ導入推進 | | | |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| | 2011年度 | 2022年度 | 2030年新規タスク |
| 再エネ導入実績 | 10.4% (1,131億kWh) | 21.7% (2,189億kWh) | 36-38% (3,360-3,530億kWh) |
| 風力 | 0.4% | 0.9% | 5%程度 |
| | 47億kWh | 93億kWh | 510億kWh |

2023年から10年程度の目標 ※累積
国内排出削減：約5,500万トン
官民投資額：約31兆円～※内の内数
※再生可能エネルギー：約20兆円～、次世代ネットワーク：約11兆円～の合計

2

GX先行投資

- 国際標準等の実現に向けた研究開発・実証
- 国内サプライチェーン構築に向けた大規模投資
- 大規模な広域連系系統整備に向けた投資

<投資促進策> ※GXリゲーと連動

- GI基金によるR&D・実証などの社会実装の加速、国際標準等の実現※措置済み
- 生産拠点整備のためのサプライチェーン構築支援
- 必要なスキルを取得するための人材育成支援
- 海底直送電の整備を促進する敷設等技術の開発、次世代エネルギー含め環境整備に向けた金融支援

- + □ EEZにおける洋上風力の導入に向けた具体的な制度的措置等を行うための検討

3

GX市場創造

<案件形成の加速化>

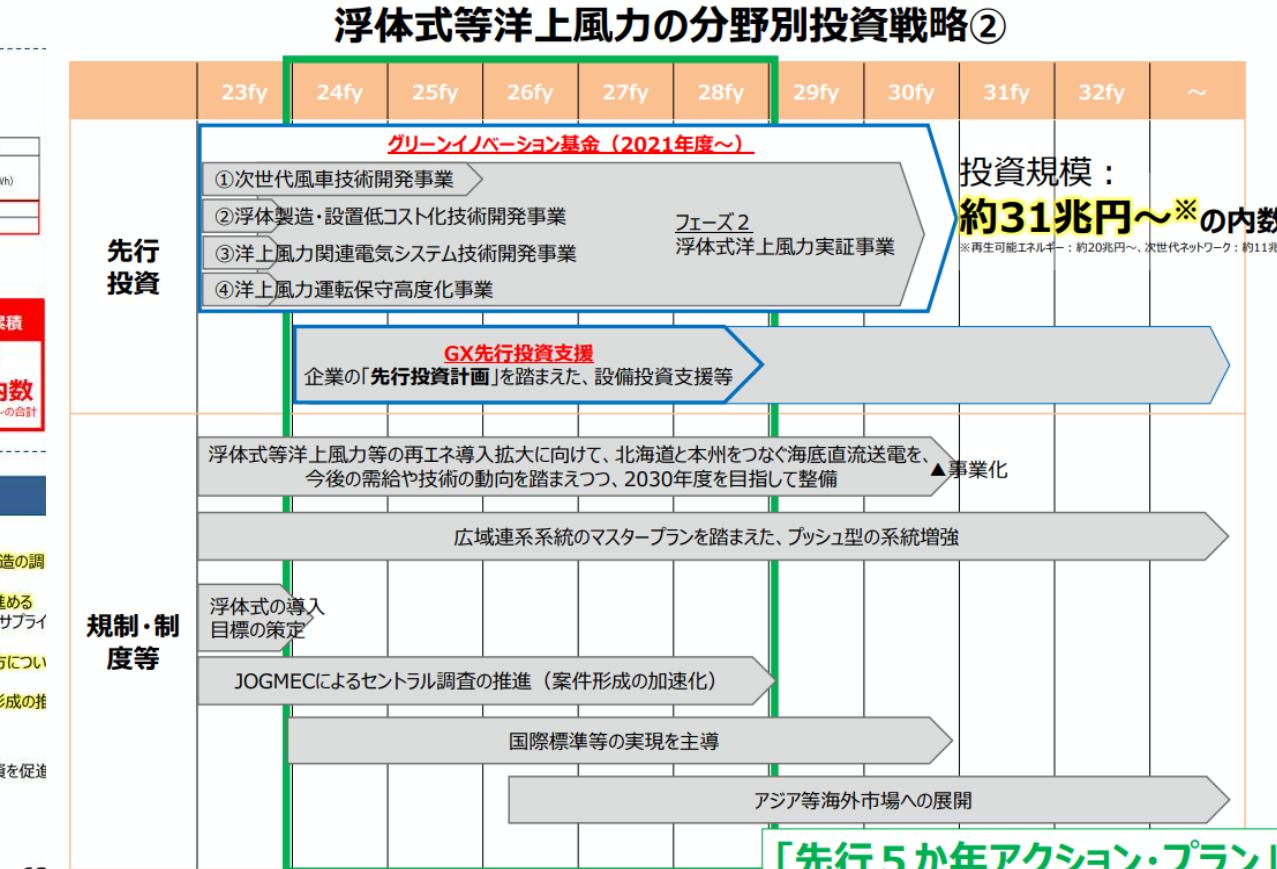
- セントラル方式の一環として、JOGMECが設備の基本設計に必要な風況や地質構造の調査を実施することで案件形成を加速
- 再エネ海域利用法に基づいた区域創出・事業者選定を行い、着実に案件形成を進める
- 洋上風力産業ビジョン(第1次)で掲げる国内調達比率60%目標を達成するため、サプライチェーン構築支援等の投資促進策を実施
- EEZにおける環境配慮の確保を含む、風力発電に係る環境影響評価制度の在り方について検討
- 広域連系系統整備の長期展望を示すマスターplanを踏まえた、プッシュ型の設備形成の推進

<市場の拡大>

- 浮体式に特化した導入目標の策定により、事業者の予見性を確保し国内外の投資を促進
- EEZにおける洋上風力の導入に向けた具体的な制度的措置等の検討

<海外展開>

- 欧米等との連携を通じ、国際標準等の実現に向けた研究開発・調査を実施
- アジア等海外市場への展開



63

65

経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会

電力分野 委員名簿（2023年3月策定時）

【座長】

秋元 圭吾

公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委員】

押田 俊輔

マニュライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長

梶原 敦子

株式会社日本格付研究所 常務執行役員 サステナブル・ファイナンス評価本部長

関根 泰

早稲田大学 理工学術院 教授

高村 ゆかり

東京大学 未来ビジョン研究センター 教授

竹ヶ原 啓介

株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／副所長

兼 金融経済研究センター長

松橋 隆治

東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

【専門委員】

清水 成信

電気事業連合会 副会長

圓尾 雅則

電力・ガス取引監視等委員会 委員、SMBC日興証券 マネージング・ディレクター

山内 弘隆

武蔵野大学 経営学部 特任教授、電力ガス基本政策小委員会 委員長

経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会

電力分野 委員名簿（2025年11月更新時）

【座長】

秋元 圭吾

公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委員】

押田 俊輔

マニュライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長

梶原 康佑

株式会社日本格付研究所 シニア・サステナブル・ファイナンス・アナリスト 国際評価ユニット長

関根 泰

早稲田大学 理工学術院 教授

高村 ゆかり

東京大学 未来ビジョン研究センター 教授

竹ヶ原 啓介

政策研究大学院大学 教授

【専門委員】

安藤 康志

電気事業連合会 副会長