

電力分野のトランジション・ロードマップ^o

2022年2月

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方針」（2021年5月金融庁・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照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における研究開発・社会実装計画※4と統合的なものである。
- 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、随時改定を行う**。
- なお、電力分野の脱炭素化に向けた取組は、あくまで電力分野の各企業が主体となって進めるべきものであるが、国としても、2030年時点でのエネルギーミックスの策定や基金を通じた脱炭素技術の開発や導入に向けた支援を行い、電力分野のトランジションを後押ししていく。

※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.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai41/siryou1.pdf>

※3：<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

※4：https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/003_03_00.pdf

目次

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。**

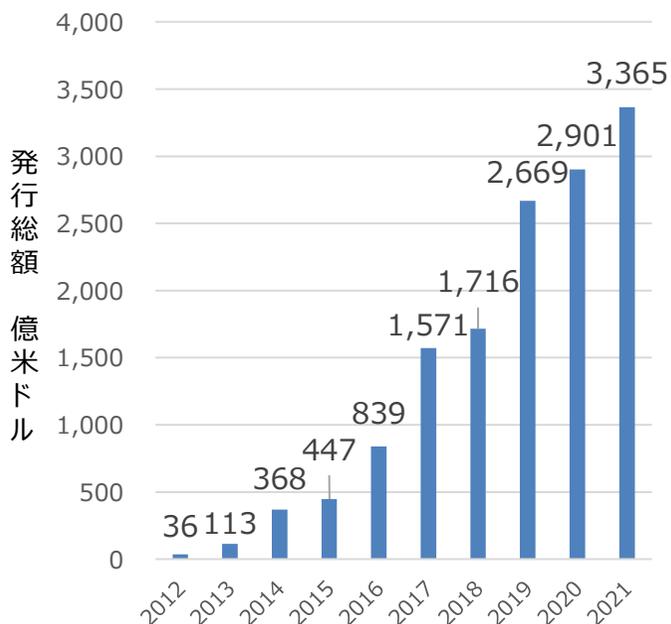


- **排出削減困難なセクターに属する企業が、パリ協定に統合的な目標設定を行い、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を実施するためのファイナンスを「トランジション・ファイナンス」として推進することが必要である(※)。**
- 黎明期においては、資金調達者の前向きな挑戦と資金供給者の理解など、双方の創意工夫のもとで、**何がトランジション・ファイナンスなのか事例を積み上げながら明確にしていくことが必要不可欠である。**業種別のロードマップ策定後はそれを参照し取り組むことが可能である。

(参考)サステナブル・ファイナンス

- グリーン・ボンド、ローンは、資金調達の用途がグリーンプロジェクト(環境改善効果のある事業)に限定されている。発行額は、パリ協定以後拡大傾向にある。しかし、発行拡大に伴いグリーンウォッシュ※1が顕在化しており、普及を図りつつも信頼性確保に向けた取組が必要となっている。
- サステナビリティ・リンク・ボンドやリンク・ローンは、資金調達の用途は限定されないものの、調達主体が事前に設定したサステナビリティ/ E S G 目標の達成状況に応じて金利が変わるなど、条件が変化する可能性がある。2030年までに温室効果ガス70%減にする等、自社で定めた野心的なサステナビリティ/ E S G 目標達成に向けて取り組むことを、債券の開示資料等で表明する必要がある。

世界のグリーンボンド発行額の推移



	グリーン・ボンド	グリーン・ローン (G L)	サステナビリティ・リンク・ボンド	サステナビリティ・リンク・ローン (S L L)
資金用途	グリーンプロジェクト限定	グリーンプロジェクト限定	資金用途限定なし 但し、ESG等達成に向けた目標設定要	資金用途限定なし 但し、ESG等達成に向けた目標設定要
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
レポートイング	一般開示推奨	貸手に報告推奨 G L であること表明する場合、一般開示推奨	一般開示推奨	貸手に報告推奨 S S L であること表明する場合、一般開示推奨
外部レビュー	外部レビュー取得奨励 結果開示推奨	外部レビュー取得奨励 貸手に結果開示推奨 一般開示奨励	外部レビュー取得奨励 結果開示推奨	外部レビュー取得奨励 貸手に結果開示推奨 一般開示奨励

※1：グリーンボンド等のラベルを使用し、企業やその商品・サービスなどがあたかも環境に配慮しているかのようにみせかけること。ごまかしを意味するホワイトウォッシュに基づく造語。
 ※2：グリーンボンドガイドライン2020年版(環境省), サステナビリティ・リンク・ボンド原則自主的ガイドライン2020年6月(ICMA日本語版)より作成

(参考)債券とローンの違い 電力会社の状況

- 電力会社の資金調達においては、発行体の保有資産全体を担保とした優先弁済権が付与される「一般担保付社債」の発行が可能である。幅広い投資家層のアクセスを可能としており、発行利率の低減にも寄与している。
- ただし、「一般担保付社債」発行は2025年3月末までとなっており、以降の長期資金対応のためにもトランジション・ファイナンスは重要である。

資金調達手法(債券とローン)の特性比較

	ボンド	ローン
資金提供者	個人投資家(不特定) 機関投資家	銀行等の金融機関
資金調達規模	一般的には、ローンと比較すると多額の調達が容易と言われる	一般的には、債券と比較すると多額の調達が容易でないと言われる
調達コスト	変動金利ベースの調達(発行)もあるが、ローンと比べると固定金利が一般的	一般的には「基準金利 + スプレッド(事業に進行等に応じて上乗せされる金利)」
借入期間	一般的には、ローンと比較すると長期間対応の可能性が高いと言われる	一般的には、多くの金融機関が対応可能な年数は5 ~ 10年程度(最長20年程度)と言われる
返済(償還)の柔軟性	一般的には、分割返済も可能だが、ローンと比較すると期限一括返済(償還)が多いと言われる	一般的には、元利均等が原則だが、債券と比べると柔軟な返済スケジュールの設定が可能と言われる
リスケジュール等の柔軟性	組み直しも可能だが、ローンと比べると柔軟性には難がある	債権者の承諾が前提となるが、債券と比べると容易とされる
その他	基本的に債権者は不特定という考え方。債権者間の意思統一に一定の工夫が必要と思われる	債権者が明確である

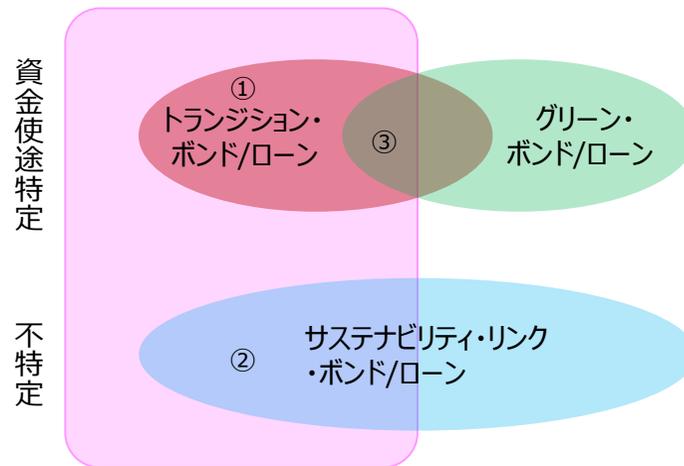
トランジション・ファイナンスの位置づけ

- セクターの移行において、現実的なトランジションを進めていく観点から、**脱炭素化に資する移行期の取組にも焦点を当てて**資金供給を促す「トランジション・ファイナンス」が重要である。
- 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、調達主体が定めた目標がパリ協定と整合していること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。
- 換言すれば、グリーン・ファイナンスのように資金使途を特定したファイナンスのみならず、資金使途不特定のファイナンス（トランジション・リンク・ボンド/ローン）や、資金使途やプロジェクト選定プロセスを定めたフレームワーク※1を用いたボンドの発行も広くトランジション・ファイナンスとなりうる。
- なお、下図の通り、トランジションの4要素を満たせば、グリーン・ボンドやサステナビリティ・リンク・ボンドもトランジション・ファイナンスの一種となりうる。

トランジション・ファイナンス開示要素

要素1	資金調達者のクライメート・トランジション戦略とガバナンス
要素2	ビジネスモデルにおける環境面のマテリアリティ
要素3	科学的根拠のあるクライメート・トランジション戦略(目標と経路)
要素4	実施の透明性

トランジション・ファイナンス(概念)



「トランジション」ラベル対象

- ①トランジションの4要素を満たし、資金使途を特定したボンド/ローン(資金使途はグリーン・プロジェクトに当たらない)
- ②トランジションの4要素を満たし、トランジション戦略に沿った目標設定を実施、達成状況に応じ借入条件が変動する資金使途不特定のボンド/ローン
- ③トランジションの4要素を満たし、既存のグリーン・ボンド原則、グリーンボンドガイドラインに沿ったもの
- ④その他、①～③に限らずトランジション4要素を満たすもの

※1：グリーンファイナンスに先立ち、調達資金の使途やプロジェクトの評価と選定プロセス、調達資金管理方法について定めた方針のこと。

※2：2021年5月 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 金融庁・経済産業省・環境省

目次

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

電力分野の脱炭素化を取り巻く国内外の動向

(国際動向)

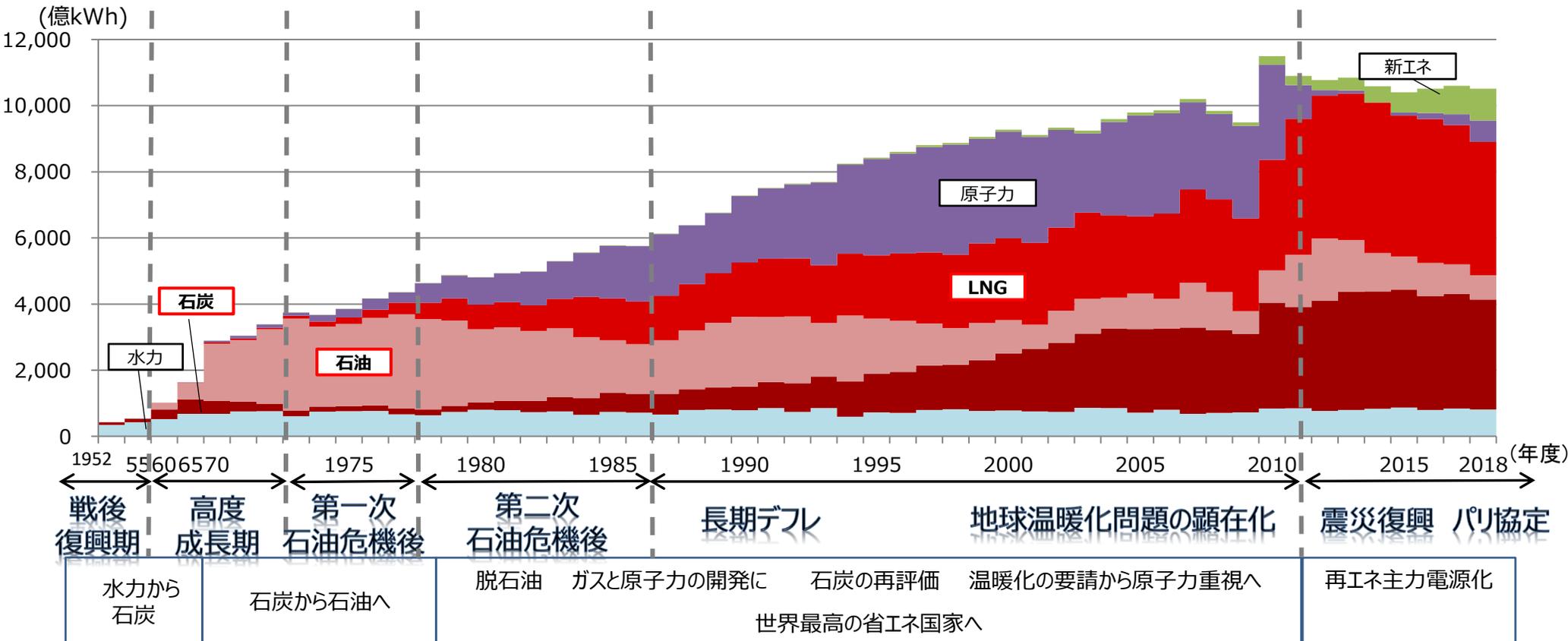
- 近年、世界的に自然災害の激甚化が進む中、温室効果ガスの削減が喫緊の課題となっている。2021年11月のCOP26においては、産業革命前からの気温上昇幅を1.5度に制限するための努力を追求することのほか、排出削減対策の講じられていない石炭火力発電の速減に向けた努力を加速すること等の合意がなされた。
- とりわけ、温室効果ガスの大半を占めるCO₂の排出削減は最重要課題であり、CO₂排出量の多い電力分野における取組の必要性は極めて高い。そうした中で、2021年6月のG7サミットにおいては、日本を含めた先進各国において、「2030年代の電力システムの最大限の脱炭素化を達成すること、また、それを更に加速させる行動にコミットする」ことが合意された。

(国内の動向)

- こうした国際的な動向も踏まえつつ、2021年10月に閣議決定された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、産業界、消費者、政府など国民各層が総力を挙げて取り組む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。
- 現状、我が国の電源構成の約8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、電源の脱炭素化を加速的に進めることが重要である。
- 加えて、2050年のカーボンニュートラル実現に向けては、電力分野以外の分野におけるCO₂削減が欠かせない。特に、熱需要分野のCO₂排出削減を進める上では、電力分野の脱炭素化を進めることを前提に、電化を促進することが重要となる。
- 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。

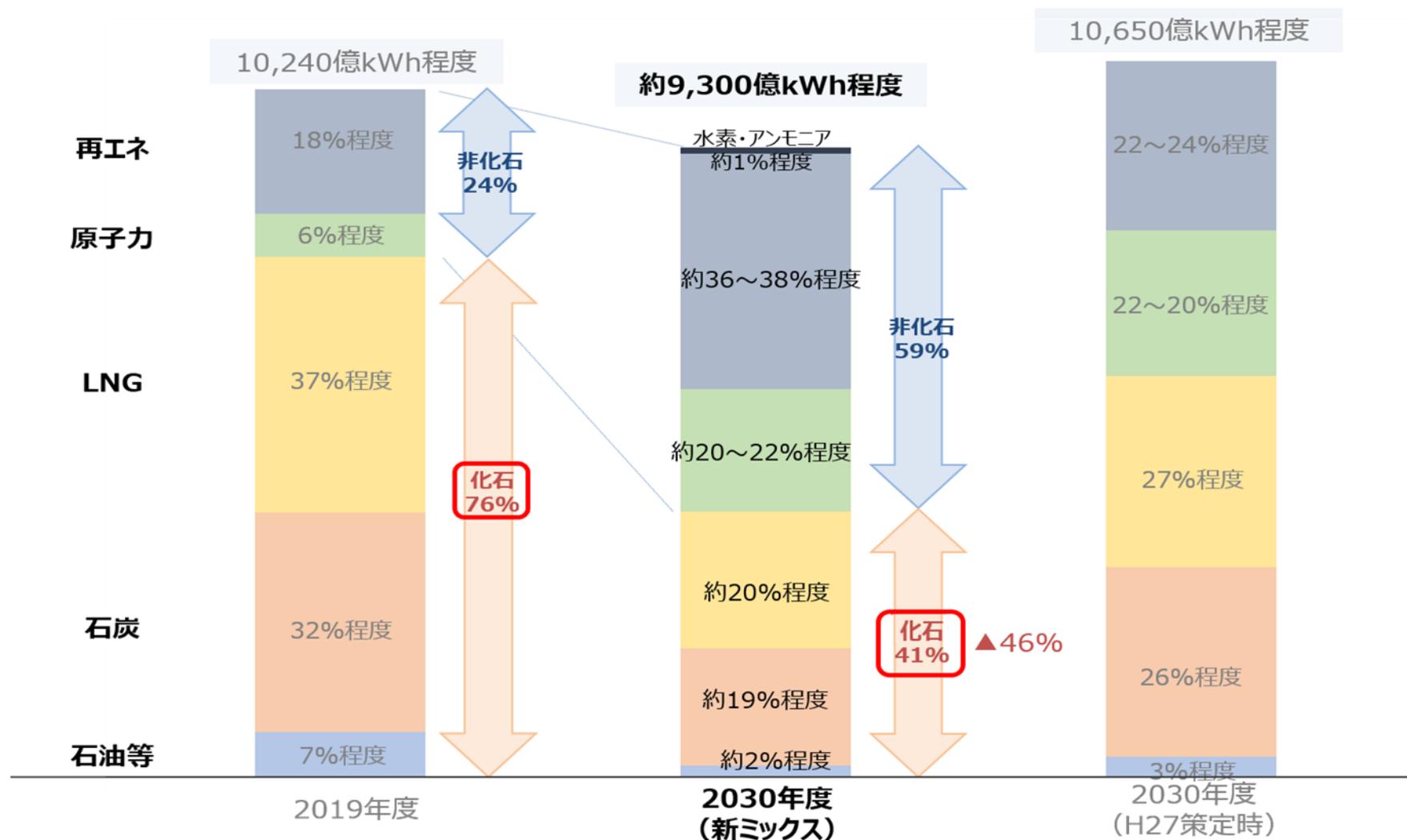
化石燃料のエネルギー源としての歴史

- 戦後は水力発電を中心としていたが、高度経済成長期には電力需要の増大に伴い、石炭火力や石油火力といった火力発電が急増し、高度経済成長を牽引。
- その後、1970年代の石油危機や地球温暖化問題等により、原子力やLNG火力が増大。2011年東日本大震災以降は停止した原発に代わり、火力発電が増大。
- 近年は、再エネの導入拡大や原発の再稼働等により、火力発電の発電量は減少。



足下の状況と新たなエネルギーミックス

- 第6次エネルギー基本計画（2021年10月22日閣議決定）において、2030年度時点で火力を現行の76%程度から**41%程度まで減少**させることを明記。
- これは、従来のエネルギーミックスの56%よりも、更に踏み込んだ数値。



目次

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頂点は各国で共通している。ただ、その登り方には違いがあり、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をはじめとする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、安全性を大前提とした上で、電力の安定供給や経済効率性の確保を目指していく必要がある。

(電力を取り巻く日本固有の事情)

- 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。
- このため、電力の安定供給の確保のためには、燃料を安定的に確保する必要がある。実際に、2021年の初めには、LNG在庫の低下による電力需給のひっ迫も生じている。
- また、太陽光比率が高いことから、一日の中でも電力供給量に大きな差が生じており、これにより、卸電力市場における価格差も拡大している。
- こうした固有の事情を踏まえ、現実に即した脱炭素化の取組を進めることが、国として実効的な気候変動対策を行うことにつながる。

(参考) 電力需要と国土と再エネ比率

- 日本は、太陽光は世界3位の導入容量、再エネ全体では世界6位
- 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 (2019)



約500万人



再エネ発電量
約2000億kWh



再エネ以外の必要電力量
約1000億kWh

ノルウェー

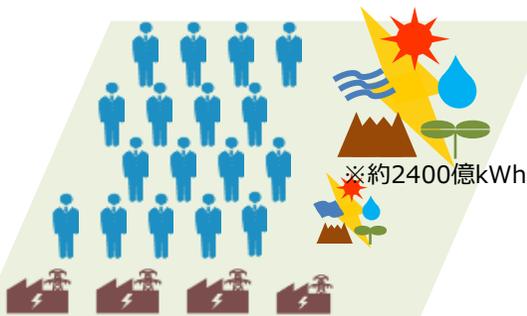
再エネ比率 : 98%
国土面積 : 37万km²
△再エネ1% : 13億kWh



※約50億kWh

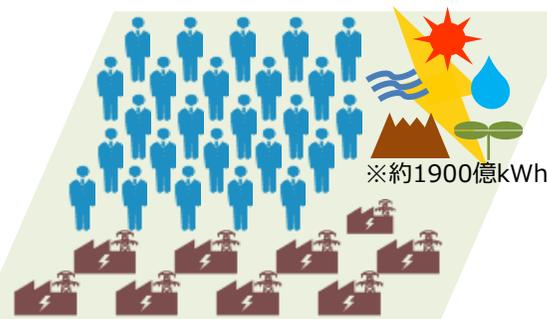
ドイツ

再エネ比率 : 40%
国土面積 : 35万km²
△再エネ1% : 61億kWh



日本

再エネ比率 : 18%
国土面積 : 36万km²
△再エネ1% : 103億kWh

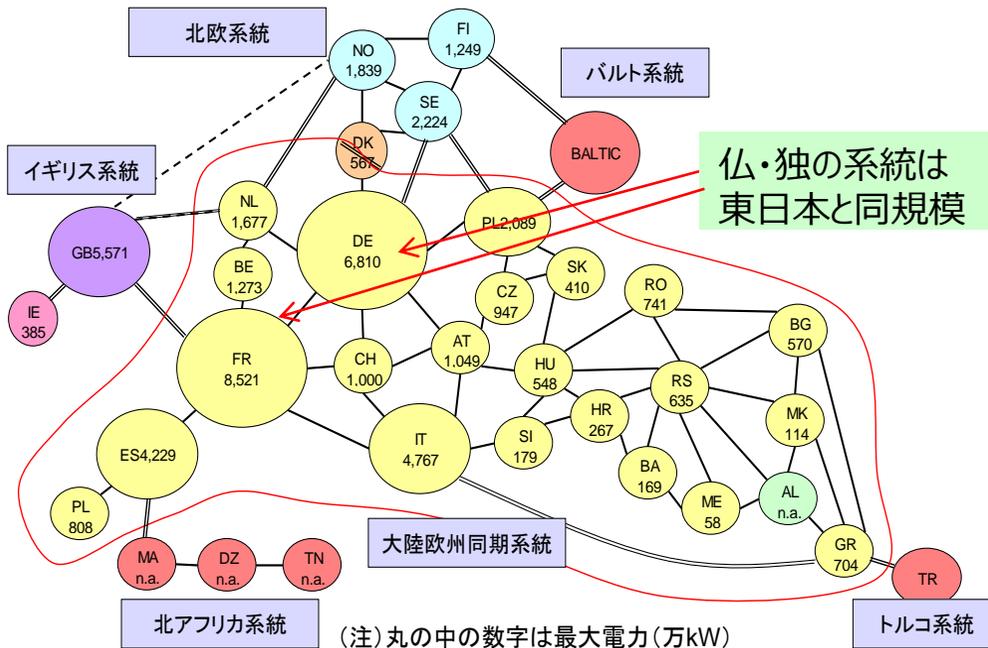


(参考) 日本の送電網 (系統) の比較

- **欧州は、欧州全体でメッシュ型の送電網を形成。国内での供給不安時には他国から原子力・石炭など多様な電源種による電力融通を受けることが可能。**
- 一方で、**日本は国際連系線※が無く、自国内の電源のみで供給力確保をする必要があるのに加え、エリア間の融通可能量 (送電容量) に制限あり。このため、自国内のみの電源構成・融通制約を踏まえながら安定供給を確保しなければならない。**

※国際連系線の実現に向けては、電力の安定供給など安全保障上の問題や、長距離の海底ケーブルを建設する高コストに見合う効果があるかという経済性の問題、両国間のルールの違いなどを克服するための国内法・国際法上の制度整備等、様々な課題がある。

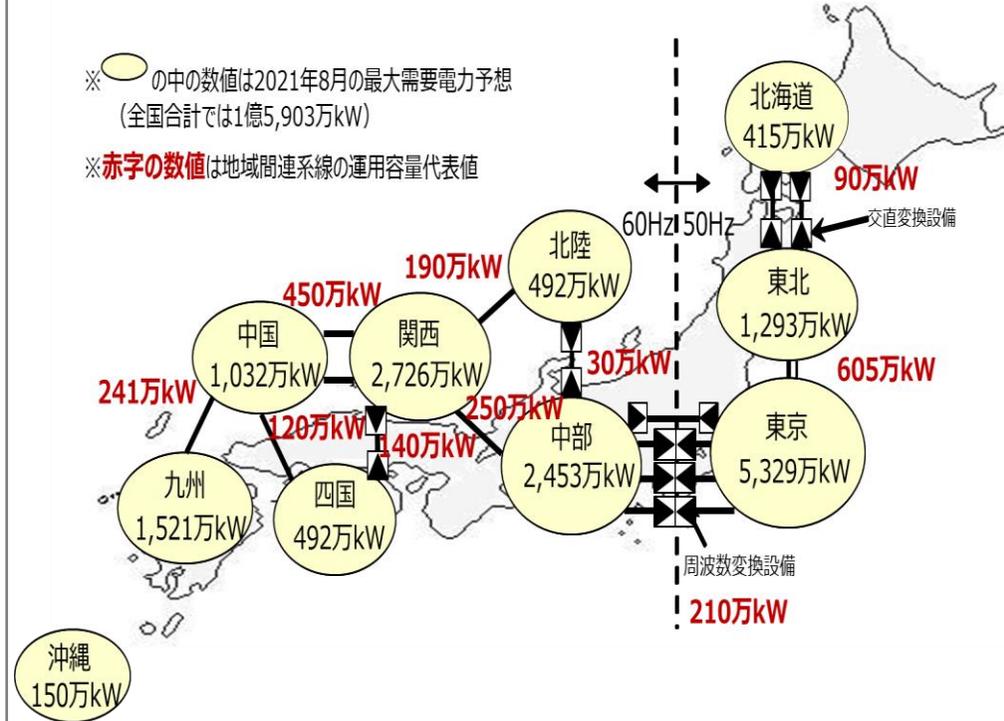
<欧州>



仏・独の系統は東日本と同規模

大陸欧州の系統規模：約3.8億kW

<日本>



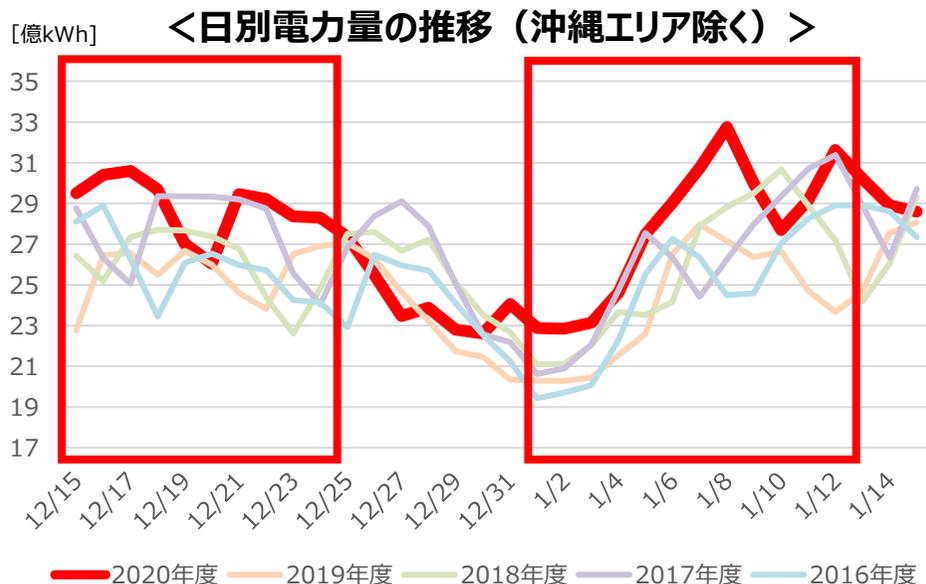
日本の系統規模：約1.6億kW

(参考) 2021年1月の電力需給逼迫の要因について

2021年4月20日 第33回電力・ガス基本政策小委員会 参考資料3

- 今冬の需給逼迫は、断続的な寒波による電力需要の大幅な増加とLNG供給設備のトラブル等に起因したLNG在庫減少によるLNG火力の稼働抑制が主因。さらに、石炭火力のトラブル停止や渇水による水力の利用率低下、太陽光の発電量変動といった背景事象が重なったことで、需給逼迫は増幅。
- こうした逼迫の裏には、石油火力の休廃止や稼働中原発の減少という構造的な事象が存在。

需要増 ↑



12月後半（12/15-31）における電力需要の経年比較（2020年度）

	2016年度比	2017年度比	2018年度比	2019年度比
増加率	+7%	0%	+4%	+9%

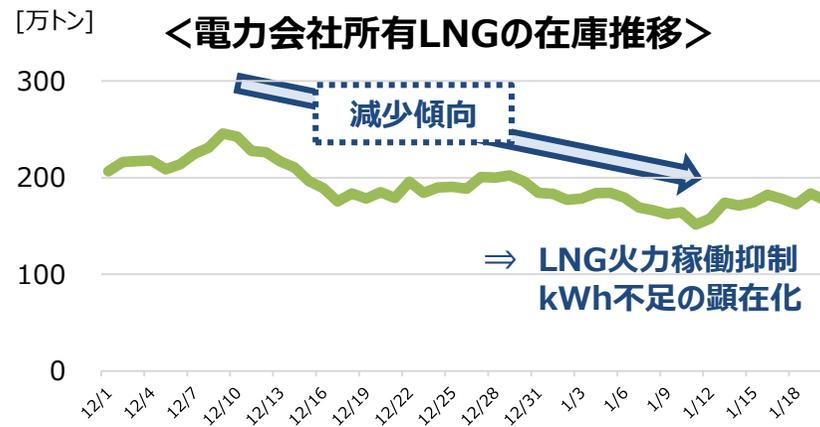
1月前半（1/1-15）における電力需要の経年比較（2020年度）

	2016年度比	2017年度比	2018年度比	2019年度比
増加率	+11%	+6%	+8%	+14%

※電力広域的運営推進機関系統情報公開システム（速報値）

供給低下 ↓

【LNG火力】
燃料不足による稼働抑制 ↓



※旧一般電気事業者へのヒアリングを元に資源エネルギー庁作成。デッドストック含む数量。

背景事象

需給逼迫を増幅

【石炭火力】
トラブル停止 ↓

【水力】
渇水による
利用率低下 ↓

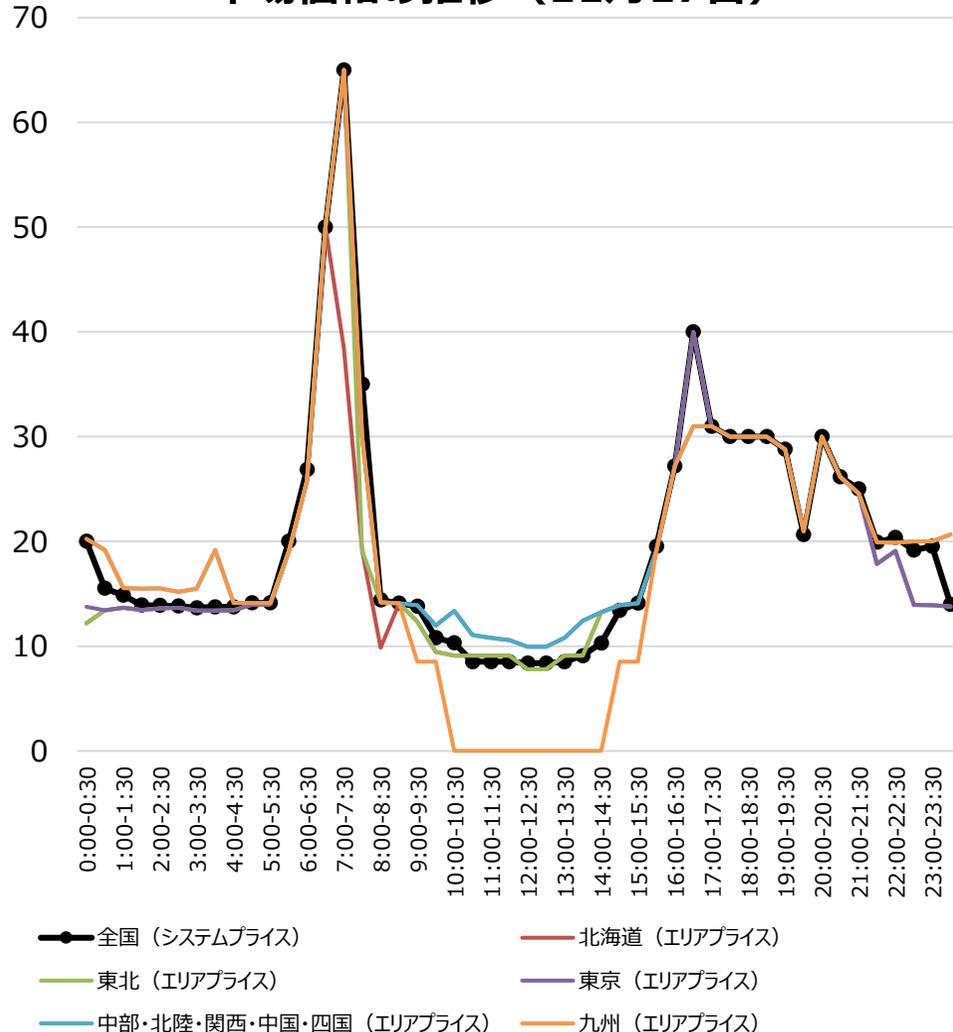
【太陽光】
発電量変動 ↑↓

構造的な事象

【石油火力】
休廃止 ↓

【原子力】
フル稼働基数減 ↓

市場価格の推移 (11月17日)



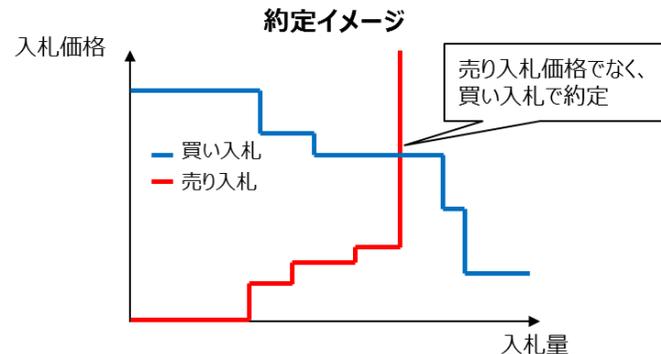
(1) **燃料価格の上昇**などを背景に、全体的に、電力市場価格が高くなる傾向

(2) **正午前後**においては、**太陽光発電 (0.01円/kWh) の出力増化**などを背景に、電力市場価格が低くなる傾向

(参考) 0.01円/kWhをつけたコマ数

	2020年 10月、11月	2021年 10月、11月
全国 (システムプライス)	8	18
九州 (エリアプライス)	36	336

(3) **早朝や夕方**などにおいては、**太陽光発電 (0.01円/kWh) の出力減少**などを背景に、電力市場価格が高くなる傾向



電力分野のトランジションに関する基本的な考え方②

(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、化石電源の比率を低減させていく中で、変動性の高い再エネや調整電源としての火力、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。

電力分野のトランジション・ロードマップの範囲（コーポレートレベルでの取組①）

（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、現時点において実用化された脱炭素電源である再エネや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、国際連系線がないなどの状況にある我が国において、変動電源である再エネの導入を拡大する中で、供給力や調整力、慣性力といった安定供給上重要な役割を有している。一方で、CO₂排出量が多いことから、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の活用といった技術の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とが求められる。
- また、これらの火力電源の脱炭素化に加え、以下もトランジションの範疇である。
 - 既存の火力発電所の休廃止や再エネの出力制御低減に向けた火力電源の最低出力引下げ等による火力発電割合の着実な引下げ
 - 火力電源の稼働率の低減や高効率化などを組み合わせた着実なCO₂排出量の削減

電力分野のトランジション・ロードマップの範囲（コーポレートレベルでの取組②）

（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。
- 熱需要の電化の推進やデマンドリスポンス（DR）などの需要サイドの取組については、CO2排出を伴う熱利用を減らし、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。水電気分解により製造した水素を用いた熱の利用（間接的な電化）も同様である。ただし、熱需要の電化及び間接的な電化については、発電分野において脱炭素化が進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。

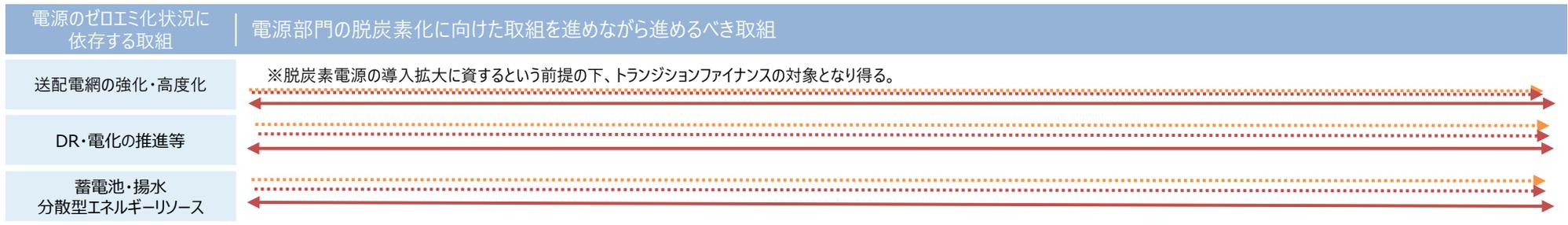
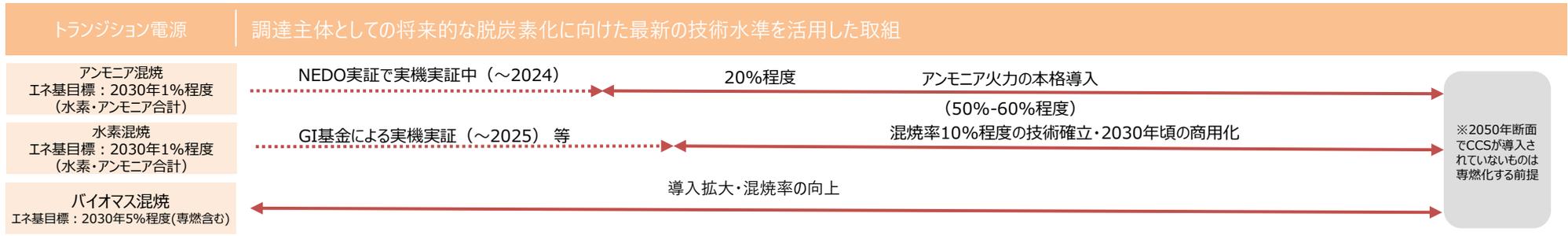
電力分野のトランジション・ロードマップの範囲（技術）

- 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、最新鋭の再エネ、原子力、また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。

研究開発 
 実証 
 実用化・導入 

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、将来的にアンモニア・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」

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・ガスタ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
CC(U)S	✓ 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
再エネ・原子力	✓ 再エネおよび原子力の導入	最大100%削減	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 エネルギー基本計画
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「トランジション電源」及び「電源のゼロエミ化状況に依存する取組」

	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
トランジション電源 電源のゼロエミ化状況に 依存する取組	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)	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 エネルギー基本計画
	蓄電池・揚水分散型エネルギーリソース	✓ 系統安定化に資する蓄電池・分散型エネルギーリソースの導入等	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> 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。

(参考) 水素発電・アンモニア発電 概要

水素

アンモニア

概要

- 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。

- 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。
- アンモニアは燃焼速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している。

現状の取組

- 小型器（1MW）での専焼は現在実機で実証を開始し、大型器（数十万kW級）は30%の混焼率を達成するための燃焼器の技術開発が完了。
- コストが下がれば、2050年時点での有望な電源となり得るため、JERAも2030年頃からの混焼開始を目指すことを表明。他電力会社も活用に関心。

- NOx発生抑制が課題であったが、混焼バーナーの開発に成功。現在大容量での混焼試験を実施中、2021年度から2024年度まで、実機を活用した20%混焼の実証を予定。
- こうした取組も踏まえ、JERAが2020年代後半からの火力発電での燃料アンモニアの活用に向けた計画を表明。その他電力会社も活用に関心。

強み

- **既存のガスタービン発電設備のタービン部など多くの設備をそのまま利用可能**、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。

- 一カ所で大規模な水素需要を創出し、**水素の活用を更に高めるための国際サプライチェーン構築に大きく貢献**出来る。
- 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**。
- -33℃（常圧）で液化が可能であるため、**輸送や貯蔵コストの抑制が可能**。

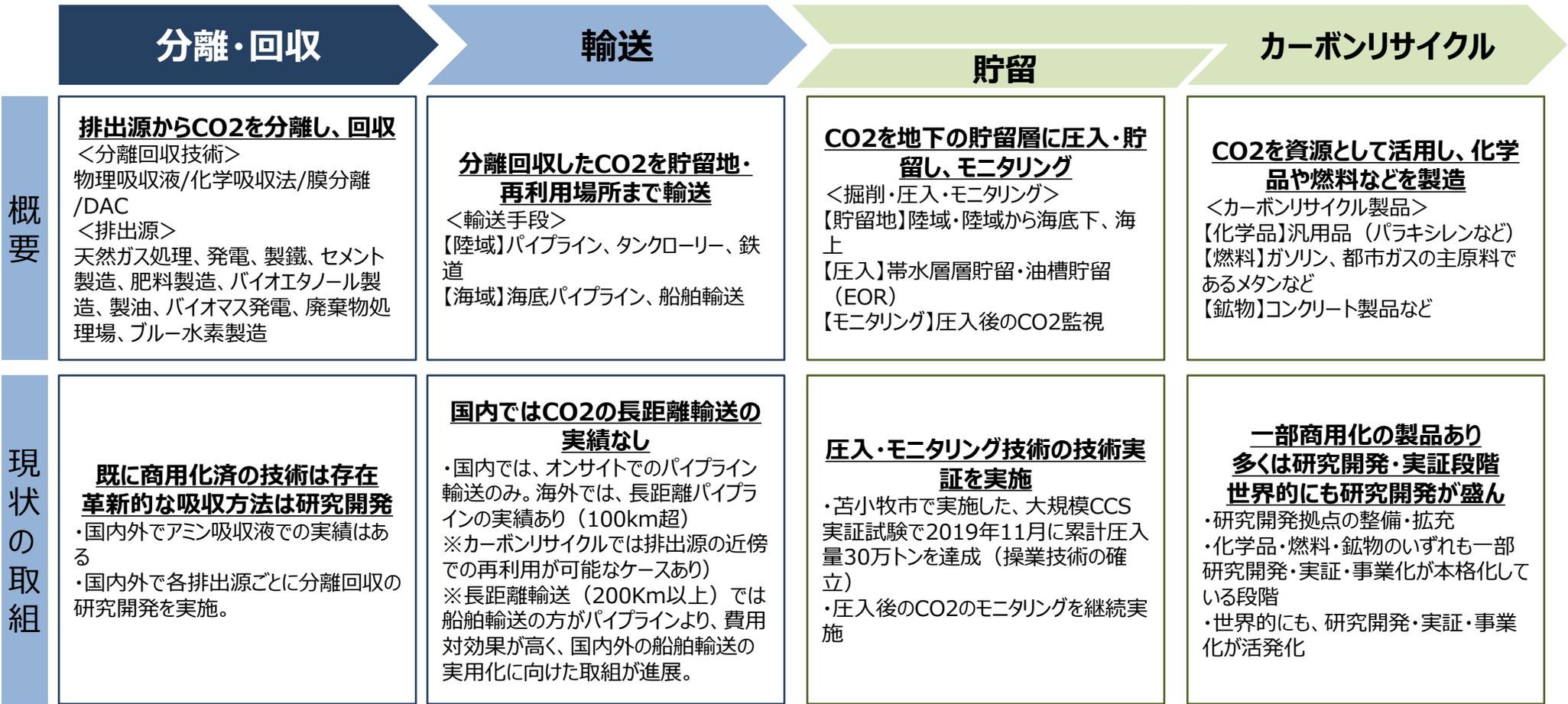
弱み

- 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る材質を使う必要。
- MCHやアンモニアを水素キャリアとして使う場合、脱水素行程でもエネルギーを使う。

- 混焼率向上、専焼化にあたっては**NOxの抑制技術、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術が必要**。
- 毒性があるため、取り扱いには配慮が必要。

(参考) CCUS/カーボンリサイクルの概要

- 一貫した基礎技術は確立済であり、現在は大規模化・商用化に向けた実証を実施しているところ。
- 我が国企業が国際的に競争力を有する領域も多く存在。



目次

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

科学的根拠の整理

- 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照したもので、パリ協定と整合する。
- 実用化済みの脱炭素電源である再エネ・原子力の着実な利用に加え、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。

主な参照先・作成根拠

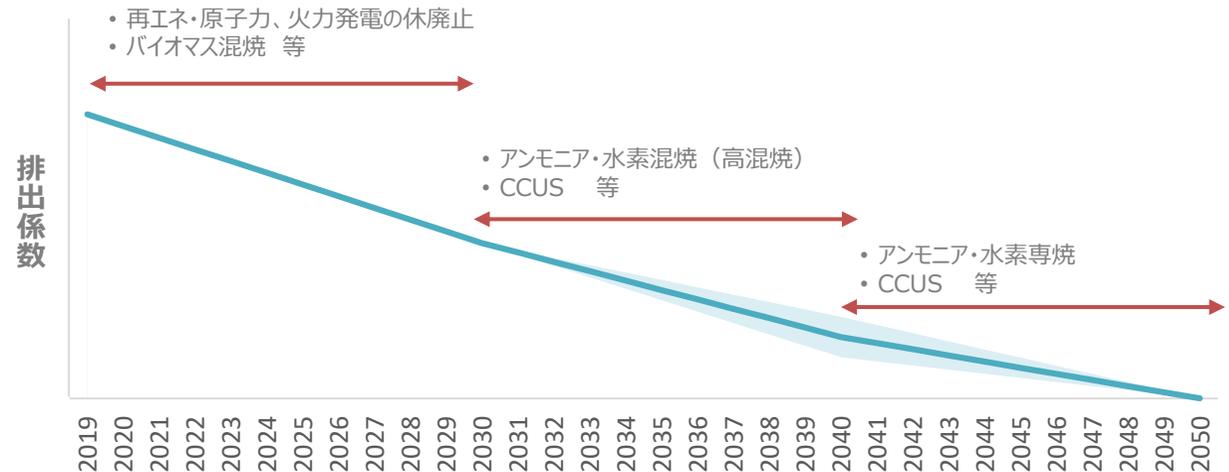
各種政府施策

- ✓ エネルギー基本計画、基本政策分科会資料
- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- ✓ 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「CO2の分離・回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ World Energy Outlook 2021 (IEA)
- ✓ Science Based Target initiative

CO2排出の削減イメージ※



1 2020～2030

実用化済みの脱炭素電源である再エネ・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火力電源の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。

目次

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. 技術開発の動向
 - a) アンモニア
 - b) 水素
 - c) CCUS
4. 日本のエネルギー事情

- 新たなエネルギー基本計画では、2050年カーボンニュートラル（2020年10月表明）、2030年度の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標（2021年4月表明）の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すことが重要テーマ。
 - 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、国際的なルール形成を主導することや、これまで培ってきた脱炭素技術、新たな脱炭素に資するイノベーションにより国際的な競争力を高めることが重要。
- 同時に、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服が、もう一つの重要なテーマ。安全性の確保を大前提に、気候変動対策を進める中でも、安定供給の確保やエネルギーコストの低減（S+3E）に向けた取組を進める。
- エネ基全体は、主として、①東電福島第一の事故後10年の歩み、②2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応、③2050年を見据えた2030年に向けた政策対応のパートから構成。

- 2050年に向けては、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が重要。
 - ものづくり産業がGDPの2割を占める産業構造や自然条件を踏まえても、その実現は容易なものではなく、実現へのハードルを越えるためにも、産業界、消費者、政府など国民各層が総力を挙げた取組が必要。
- 電力部門は、再エネや原子力などの実用段階にある脱炭素電源を活用し着実に脱炭素化を進めるとともに、水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電などのイノベーションを追求。
- 非電力部門は、脱炭素化された電力による電化を進める。電化が困難な部門（高温の熱需要等）では、水素や合成メタン、合成燃料の活用などにより脱炭素化。特に産業部門においては、水素還元製鉄や人工光合成などのイノベーションが不可欠。
 - 脱炭素イノベーションを日本の産業界競争力強化につなげるためにも、「グリーンイノベーション基金」などを活用し、総力を挙げて取り組む。
 - 最終的に、CO2の排出が避けられない分野は、DACCSやBECCS、森林吸収源などにより対応。
- 2050年カーボンニュートラルを目指す上でも、安全の確保を大前提に、安定的で安価なエネルギーの供給確保は重要。この前提に立ち、2050年カーボンニュートラルを実現するために、再エネについては、主力電源として最優先の原則のもとで最大限の導入に取り組み、水素・CCUSについては、社会実装を進めるとともに、原子力については、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。
- こうした取組など、安価で安定したエネルギー供給によって国際競争力の維持や国民負担の抑制を図りつつ2050年カーボンニュートラルを実現できるよう、あらゆる選択肢を追求する。

2030年に向けた政策対応のポイント【基本方針】

※第6次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

- エネルギー政策の要諦は、安全性を前提とした上で、エネルギーの安定供給を第一とし、経済効率性の向上による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に、環境への適合を図るS+3Eの実現のため、最大限の取組を行うこと。

2030年に向けた政策対応のポイント【需要サイドの取組】

- 徹底した省エネの更なる追求
 - 産業部門では、エネルギー消費原単位の改善を促すベンチマーク指標や目標値の見直し、「省エネ技術戦略」の改定による省エネ技術開発・導入支援の強化などに取り組む。
 - 業務・家庭部門では、2030年度以降に新築される住宅・建築物についてZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能の確保を目指し、建築物省エネ法による省エネ基準適合義務化と基準引上げ、建材・機器トップランナーの引上げなどに取り組む。
 - 運輸部門では、電動車・インフラの導入拡大、電池等の電動車関連技術・サプライチェーンの強化、荷主・輸送事業者が連携した貨物輸送全体の最適化に向け、AI・IoTなどの新技術の導入支援などに取り組む。
- 需要サイドにおけるエネルギー転換を後押しするための省エネ法改正を視野に入れた制度的対応の検討
 - 化石エネルギーの使用の合理化を目的としている省エネ法について、非化石エネルギーも含むエネルギー全体の使用の合理化や、非化石エネルギーの導入拡大等を促す規制体系への見直しを検討。
 - 事業者による非化石エネルギーの導入比率の向上や、供給サイドの変動に合わせたディマンドリスポンス等の需要の最適化を適切に評価する枠組みを構築。
- 蓄電池等の分散型エネルギーリソースの有効活用など二次エネルギー構造の高度化
 - 蓄電池等の分散型エネルギーリソースを活用したアグリゲーションビジネスを推進するとともに、マイクログリッドの構築によって、地産地消による効率的なエネルギー利用、レジリエンス強化、地域活性化を促進。

- S+3Eを大前提に、再エネの主力電源化を徹底し、再エネに最優先の原則で取り組み、国民負担の抑制と地域との共生を図りながら最大限の導入を促す。

【具体的な取組】

➤ 地域と共生する形での適地確保

→改正温対法に基づく再エネ促進区域の設定（ポジティブゾーニング）による太陽光・陸上風力の導入拡大、再エネ海域利用法に基づく洋上風力の案件形成加速などに取り組む。

➤ 事業規律の強化

→太陽光発電に特化した技術基準の着実な執行、小型電源の事故報告の強化等による安全対策強化、地域共生を円滑にするための条例策定の支援などに取り組む。

➤ コスト低減・市場への統合

→FIT・FIP制度における入札制度の活用や中長期的な価格目標の設定、発電事業者が市場で自ら売電し市場連動のプレミアムを受け取るFIP制度により再エネの市場への統合に取り組む。

➤ 系統制約の克服

→連系線等の基幹系統をマスタープランにより「プッシュ型」で増強するとともに、ノンファーム型接続をローカル系統まで拡大。再エネが石炭火力等より優先的に基幹系統を利用できるように、系統利用ルールの見直しなどに取り組む。

➤ 規制の合理化

→風力発電の導入円滑化に向けアセスの適正化、地熱の導入拡大に向け自然公園法・温泉法・森林法の規制の運用の見直しなどに取り組む。

➤ 技術開発の推進

→建物の壁面、強度の弱い屋根にも設置可能な次世代太陽電池の研究開発・社会実装を加速、浮体式の要素技術開発を加速、超臨界地熱資源の活用に向けた大深度掘削技術の開発などに取り組む。

- 東京電力福島第一原子力発電所事故への真摯な反省が原子力政策の出発点
 - いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提の下、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。国も前面に立ち、立地自治体等関係者の理解と協力を得るよう、取り組む。
- 原子力の社会的信頼の獲得と、安全確保を大前提として原子力の安定的な利用の推進
 - 安全最優先での再稼働：再稼働加速タスクフォース立ち上げ、人材・知見の集約、技術力維持向上
 - 使用済燃料対策：貯蔵能力の拡大に向けた中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用の促進、放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発
 - 核燃料サイクル：関係自治体や国際社会の理解を得つつ、六ヶ所再処理工場の竣工と操業に向けた官民一体での対応、プルサーマルの一層の推進
 - 最終処分：北海道2町村での文献調査の着実な実施、全国のできるだけ多くの地域での調査の実現
 - 安全性を確保しつつ長期運転を進めていく上での諸課題等への取組：
保全活動の充実等に取り組むとともに、諸課題について、官民それぞれの役割に応じ検討
 - 国民理解：電力の消費地域も含めて、双方向での対話、分かりやすく丁寧な広報・広聴
- 立地自治体との信頼関係構築
 - 立地自治体との丁寧な対話を通じた認識の共有・信頼関係の深化、地域の産業の複線化や新産業・雇用の創出も含め、立地地域の将来像を共に描く枠組み等を設け、実態に即した支援に取り組む。
- 研究開発の推進
 - 2030年までに、民間の創意工夫や知恵を活かしながら、国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、小型モジュール炉技術の国際連携による実証、高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立等を進めるとともに、ITER計画等の国際連携を通じ、核融合研究開発に取り組む。

2030年に向けた政策対応のポイント【火力】

- 火力発電については、安定供給を大前提に、再エネの瞬時的・継続的な発電電力量の低下にも対応可能な供給力を持つ形で設備容量を確保しつつ、以下を踏まえ、できる限り電源構成に占める火力発電比率を引き下げる。
 - 調達リスク、発電量当たりのCO2排出量、備蓄性・保管の容易性といったレジリエンス向上への寄与度等の観点から、LNG、石炭、石油における適切な火力のポートフォリオを維持。
 - 次世代化・高効率化を推進しつつ、非効率な火力のフェードアウトに着実に取り組むとともに、脱炭素型の火力発電への置き換えに向け、アンモニア・水素等の脱炭素燃料の混焼やCCUS/カーボンリサイクル等のCO2排出を削減する措置の促進に取り組む。
- 政府開発援助、輸出金融、投資、金融・貿易促進支援等を通じた、排出削減対策が講じられていない石炭火力発電への政府による新規の国際的な直接支援を2021年末までに終了。

- カーボンニュートラル時代を見据え、水素を新たな資源として位置付け、社会実装を加速。
- 長期的に安価な水素・アンモニアを安定的かつ大量に供給するため、海外からの安価な水素活用、国内の資源を活用した水素製造基盤を確立。
 - 国際水素サプライチェーン、余剰再エネ等を活用した水電解装置による水素製造の商用化、光触媒・高温ガス炉等の高温熱源を活用した革新的な水素製造技術の開発などに取り組む。
 - 水素の供給コストを、化石燃料と同等程度の水準まで低減させ、供給量の引上げを目指す。
コスト：現在の100円/Nm³→2030年に30円/Nm³、2050年に20円/Nm³以下に低減
供給量：現在の約200万t/年→2030年に最大300万t/年、2050年に2,000万t/年に拡大
- 需要サイド（発電、運輸、産業、民生部門）における水素利用を拡大。
 - 大量の水素需要が見込める発電部門では、2030年までに、ガス火力への30%水素混焼や水素専焼、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・普及を目標に、混焼・専焼の実証の推進や非化石価値の適切な評価ができる環境整備を行う。また、2030年の電源構成において、水素・アンモニア1%を位置付け。
 - 運輸部門では、FCVや将来的なFCトラックなどの更なる導入拡大に向け、水素ステーションの戦略的整備などに取り組む。
 - 産業部門では、水素還元製鉄などの製造プロセスの大規模転換や水素等の燃焼特性を踏まえたバーナー、大型・高機能ボイラーの技術開発などに取り組む。
 - 民生部門では、純水素燃料電池も含む、定置用燃料電池の更なる導入拡大に向け、コスト低減に向けた技術開発などに取り組む。

2030年度におけるエネルギー需給の見通しのポイント①

※第6次エネルギー基本計画概要資料から抜粋

- 今回の見通しは、2030年度の新たな削減目標を踏まえ、徹底した省エネルギーや非化石エネルギーの拡大を進める上での需給両面における様々な課題の克服を野心的に想定した場合に、どのようなエネルギー需給の見通しとなるかを示すもの。
- 今回の野心的な見通しに向けた施策の実施に当たっては、安定供給に支障が出ることのないよう、施策の強度、実施のタイミングなどは十分考慮する必要。（例えば、非化石電源が十分に導入される前の段階で、直ちに化石電源の抑制策を講じることになれば、電力の安定供給に支障が生じかねない。）

		(2019年度 ⇒ 旧ミックス)	2030年度ミックス (野心的な見通し)			
省エネ		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	6,200万kl			
最終エネルギー消費 (省エネ前)		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl			
電源構成	再エネ	(18% ⇒ 22~24%)	36~38%* ※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高みを目指す。			
	発電電力量: 10,650億kWh ⇒ 約9,340 億kWh程度					
	水素・アンモニア	(0% ⇒ 0%)		1%	(再エネの内訳)	
	原子力	(6% ⇒ 20~22%)		20~22%	太陽光 14~16%	
	LNG	(37% ⇒ 27%)		20%	風力 5%	
	石炭	(32% ⇒ 26%)		19%	地熱 1%	
	石油等	(7% ⇒ 3%)		2%	水力 11%	
				バイオマス 5%		
(+ 非エネルギー起源ガス・吸収源)						
温室効果ガス削減割合		(14% ⇒ 26%)	46% 更に50%の高みを目指す			

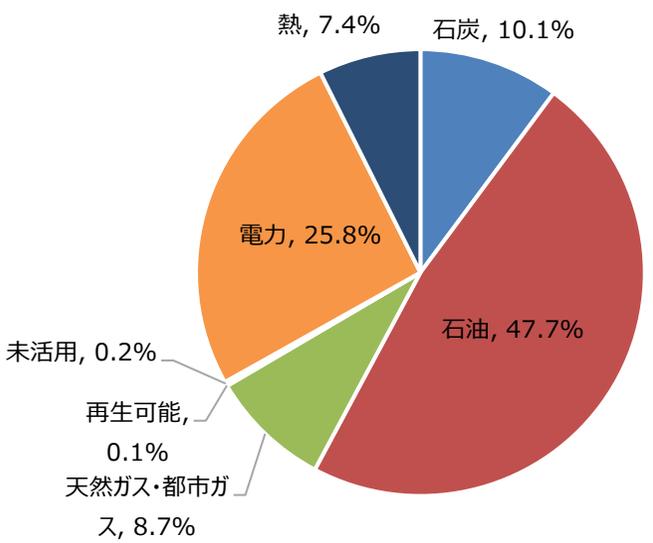
(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 技術開発の動向
 - a) アンモニア
 - b) 水素
 - c) CCUS
4. 日本のエネルギー事情

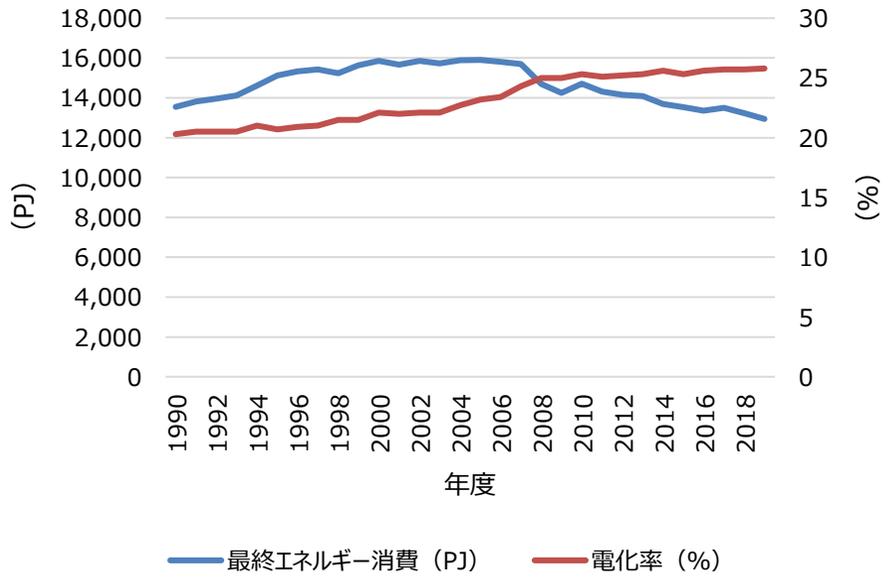
国内最終エネルギー消費に占める電力の割合

- 最終エネルギー消費のうち、電力が約25%を占める。
- 最終エネルギー消費は2000年代中頃をピークに減少傾向にあるが、電力化率は上昇トレンド。

エネルギー源別最終エネルギー消費（2019年度）



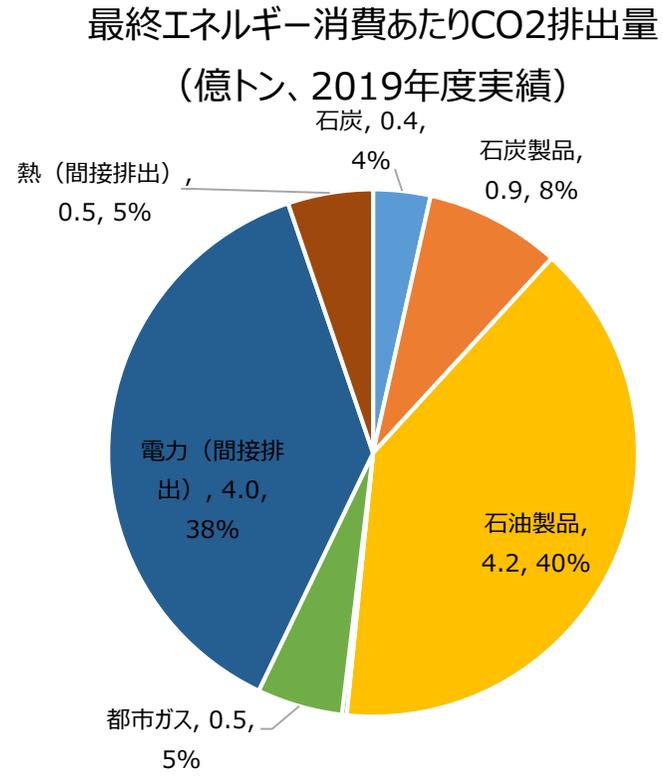
最終エネルギー消費と電化率の推移（1990～2019年度）



(出所) 経済産業省「総合エネルギー統計」(2019年度確報値)

電力分野のCO₂排出の現状

● 2019年度の我が国の最終エネルギー消費あたりCO₂排出量のうち、電力由来の間接排出は38%を占めており、電力分野における**CO₂排出量の削減は喫緊の課題**。

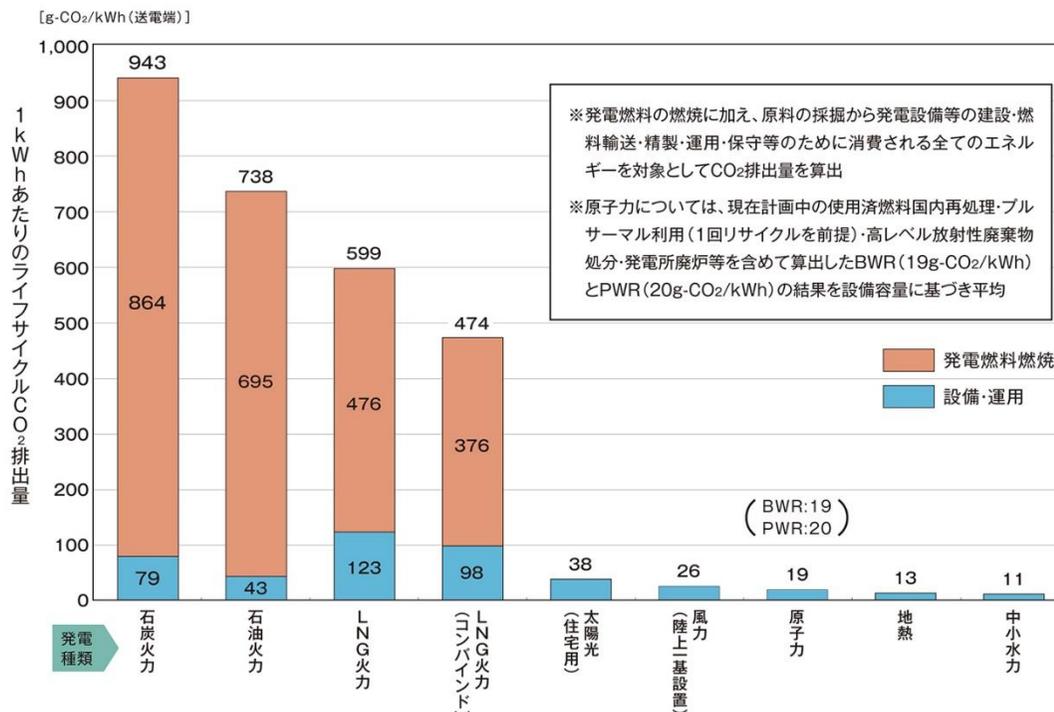


(出所) 経済産業省「総合エネルギー統計」(2019年度確報値)

発電に係るCO2排出内訳について

- 化石からの発電におけるライフサイクルCO2排出量のうち、原料採掘から燃料精製・輸送、発電設備建設・保守等にかかる設備・運用段階の排出量は1～2割程度。
- 電力分野全体でのカーボンニュートラル化に向けては、非化石電源の利用拡大や脱炭素技術の適用（CCUS等）が重要。

各種電源別のライフサイクルCO₂排出量



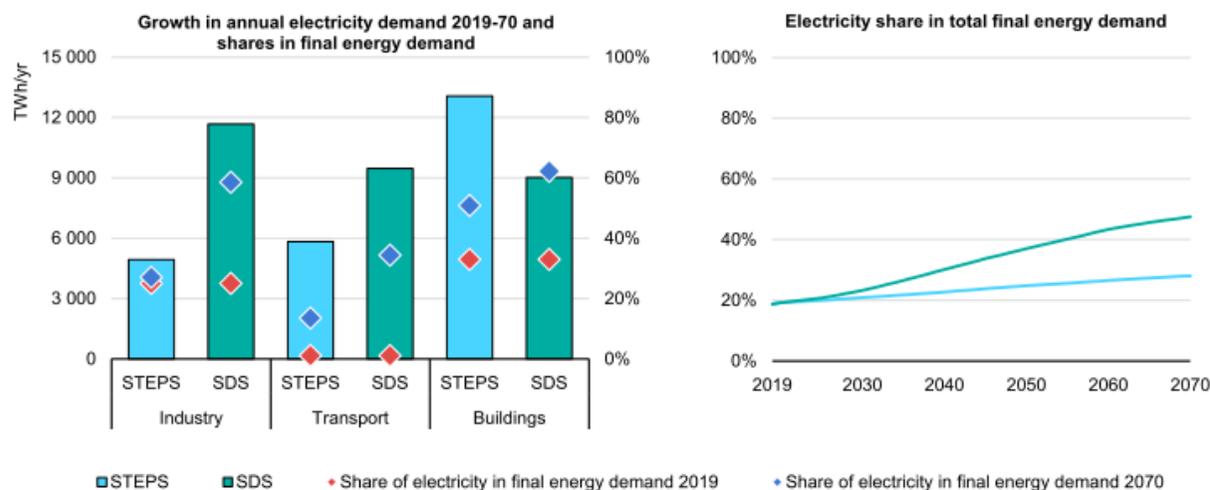
(出所) 電事業連合会公表資料 (電力中央研究所報告より作成)

世界の電力需要見通し、海外企業動向

- 世界の最終エネルギー消費に占める電力の比率は、現状の約20%から2070年には50%弱まで増加することが見込まれている。
- 海外電力会社では、再エネ拡大やエネルギー貯蔵設備等への投資が積極的に行われているが、エネルギー安定供給等の観点から一定程度は火力を維持する考えも見られる。

産業・運輸・業務部門における電力需要の見通しと電化率の推移

Figure 2.8 Growth in global electricity consumption by sector and scenario and electricity share in total final consumption in the Sustainable Development Scenario



海外電力会社の動向

- 2030年までにScope 1を80%削減、Scope 3を16%削減し、2050年までに全てのScopeでネットゼロ達成を目指している。**Scope 1の大幅削減のために石炭火力の段階的廃止と再エネ開発の加速に取り組む。**（Enel：イタリア）
- 2035年までに発電事業からのGHG排出量（Scope 1+2）をカーボンニュートラルにする目標を掲げ、**2021年からの3年間で27億ユーロをPtGやエネルギー貯蔵、グリーン/ブルー水素、CCU等に投資する計画を発表。**（Uniper：ドイツ）
- 2050年ネットゼロ（Scope 1）の目標を掲げ、再エネ開発や大規模エネルギー貯蔵設備の導入、水素サプライチェーンの構築（日本企業と連携）等に取り組んでいる。**火力発電についてはエネルギー供給安定性及び収益性の観点から一定程度維持しつつも、2050年に向けて段階的に縮小・廃止。**（AGL：豪州）

(参考資料) 目次

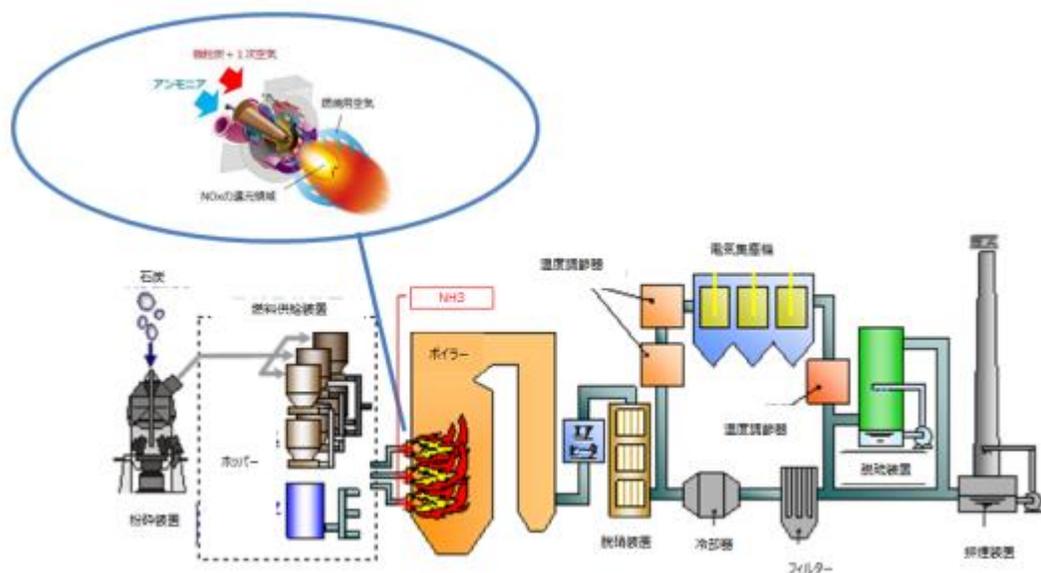
1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 技術開発の動向
 - a) アンモニア
 - b) 水素
 - c) CCUS
4. 日本のエネルギー事情

燃料アンモニアの需要の広がり

- アンモニアの燃料としての活用に向けた検討が進んでおり、NOx排出を抑制した石炭火力発電への混焼の基礎技術は確立済み。
- 今後、高混焼・専焼化といった利用量の拡大や、船舶や工業炉等の用途拡大も見込まれる中、需要拡大に対応した新たなサプライチェーンの構築が必要。

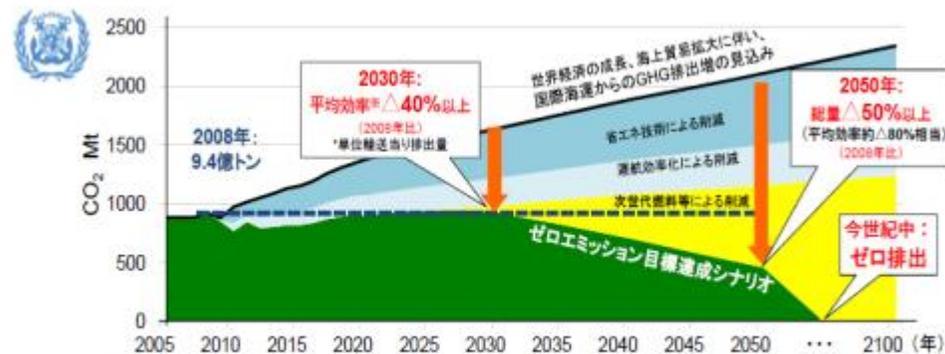
発電分野

- 既に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。
- 今年度から実機（100万kW）で20%混焼を実証（4年間）。その後、高混焼・専焼化を目指す。
- 仮に国内の大手電力の全ての石炭火力でアンモニアを20%混焼した場合、年間約2000万トンのアンモニア需要。



船舶分野

- 国際海事機関（IMO）は、2018年にGHG削減戦略を策定し、国際海運におけるGHG削減目標に合意。
 - ① 2030年までに平均燃費を40%以上改善（2008年比）
 - ② 2050年までにGHG総排出量を50%以上削減（2008年比）
 - ③ 今世紀中できるだけ早期にGHG排出ゼロ
- アンモニアを含む脱炭素燃料を活用した次世代船の開発を検討中。



(出典：国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ概要説明資料より)

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6次エネルギー基本計画※にも初めて明記。※水素・アンモニアで2030年の発電電力量の1%に。

資源豊富な海外：製造

天然ガス
石油
石炭

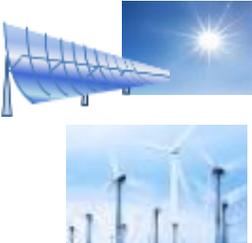


改質/ガス化

H₂

CCUS/
カーボンリサイクル

再生可能
エネルギー



H₂

電気・熱による
水素製造

製造

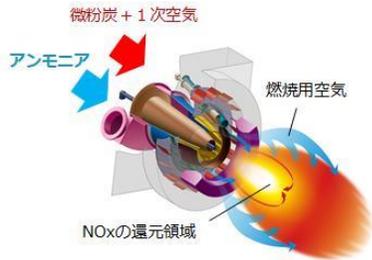
海上輸送



アンモニア
NH₃

液化：常圧 - 33℃
もしくは8.5気圧
(20℃)

日本：利用



微粉炭 + 1次空気

アンモニア

燃焼用空気

NO_xの還元領域

専焼
(アンモニア火力発電)

火力発電への混焼

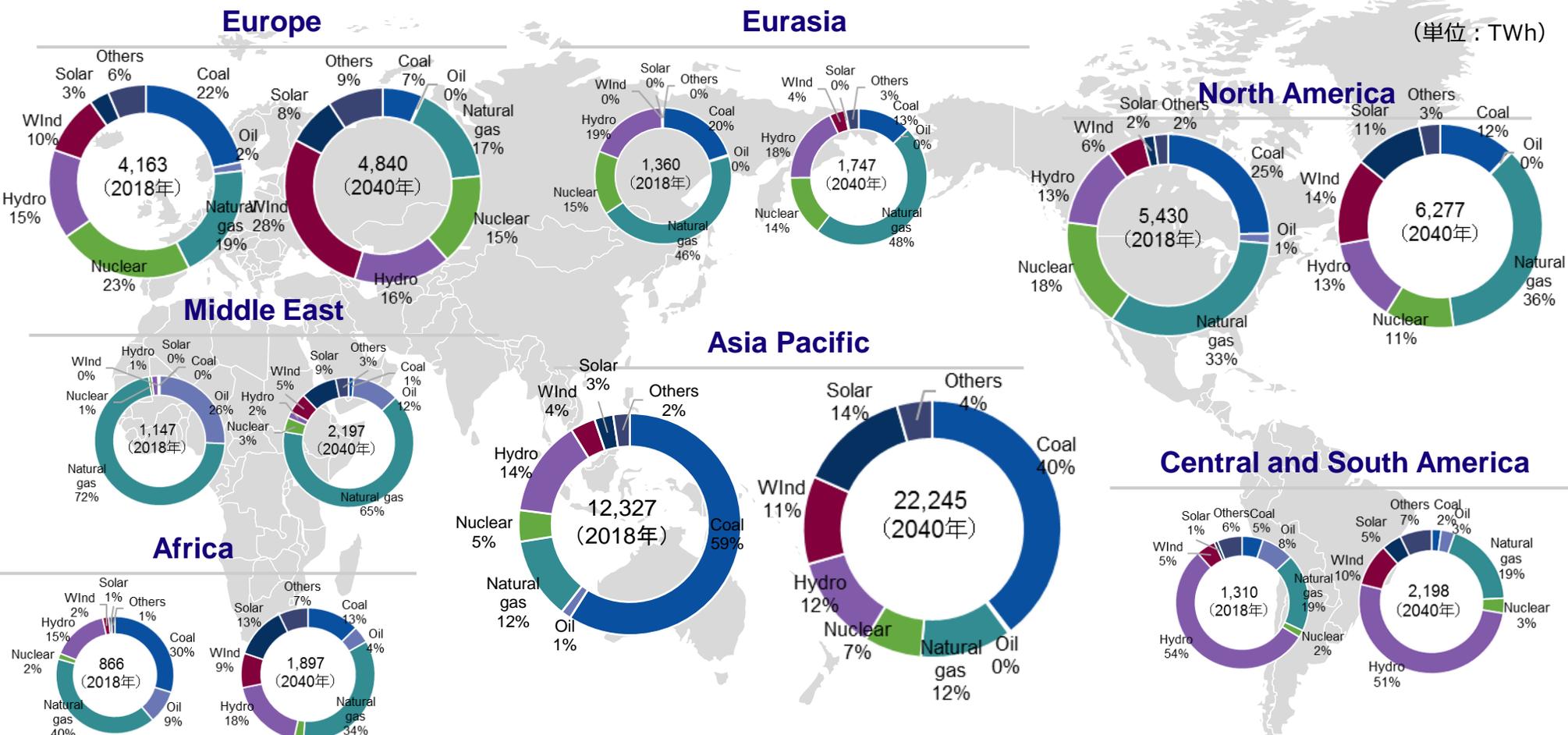
船舶用燃料

工業炉

燃料電池

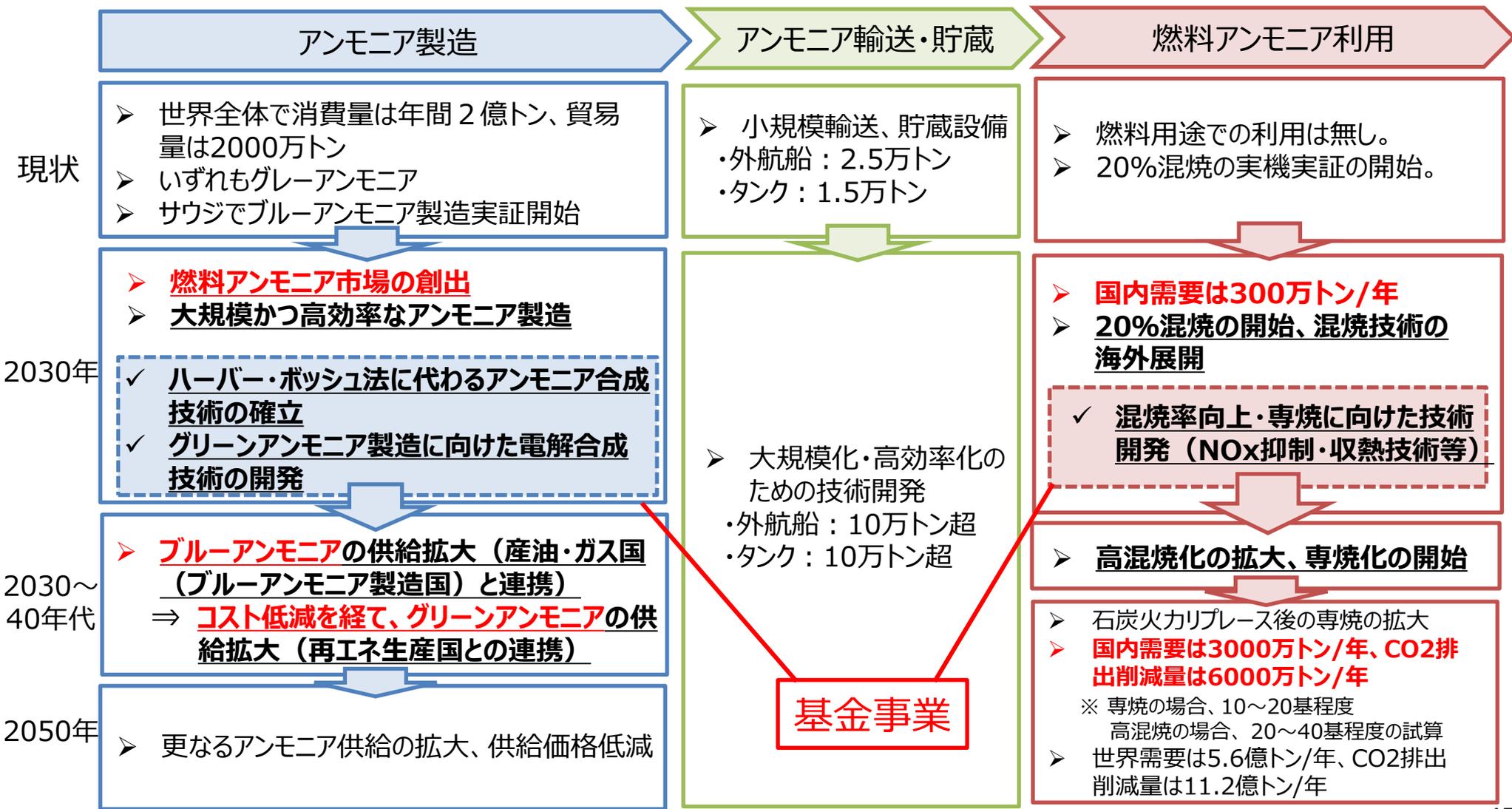
世界の石炭火力におけるアンモニア混焼・専焼の将来

- 世界のエネルギー需要増の7割はアジア太平洋地域で発生。同地域では、2040年でも石炭火力が電源構成の4割を占める。石炭火力設備容量は1820GW（日本のUSC容量の約100倍）。（※WEO 2020のSDSでは968GW）
 → 仮にこの1割にアンモニア高混焼が導入された場合、2.5億トン/年の需要が創出。



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。



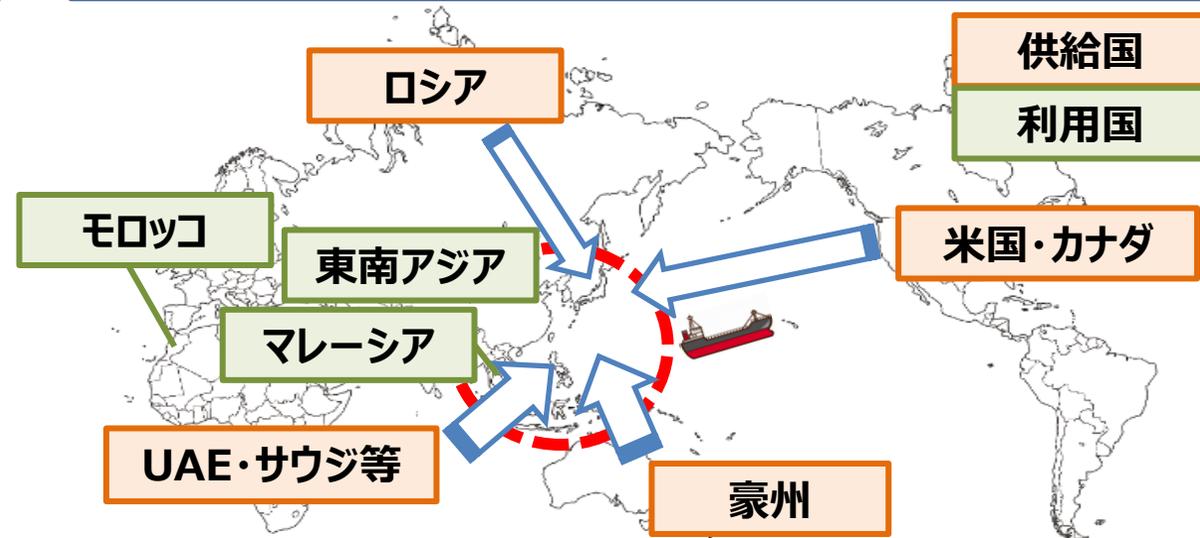
燃料アンモニアサプライチェーン構築に向けた取組

- 燃料アンモニアの需給拡大に向けては、以下の4つの視点で総合的な国際連携を推進。
 1. 国際的認知向上のため、国際エネルギー機関（IEA）から分析レポート発行で連携
 2. 供給確保のため、産ガス国や再エネ適地国とサプライチェーン構築に向けた連携
 3. 需要拡大のため、石炭火力利用国（マレーシアやモロッコ）とアンモニア発電可能性調査で連携
 4. 燃料アンモニア国際会議を主催することで日本主導で国際連携のプラットフォームを設立
- 1月の萩生田大臣東南アジア出張では、インドネシア・シンガポール・タイとの間でアンモニア利用を含むエネルギー・トランジションに係る政府間MOCを締結。特にインドネシアでは、現地石炭火力でのアンモニア混焼に係るFSの開始を合意するとともに、石炭輸出の一時停止措置の撤廃を働きかけ。

① IEAによる分析レポート

- 「The Role of Low-Carbon Fuels in Clean Energy Transitions of the Power Sector」（2021年10月発表）
- 主なメッセージ：
 - 再エネが拡大する中で電力セキュリティの確保が重要であり、アンモニアは有効な手段。
 - 先進国が技術開発やサプライチェーン構築を進めることで、アジアなどの途上国も安価でアンモニアを活用できる。

②③ 燃料アンモニアの潜在的需給国との連携



④ 第1回燃料アンモニア国際会議（2021年10月）の主催

2- (1) 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

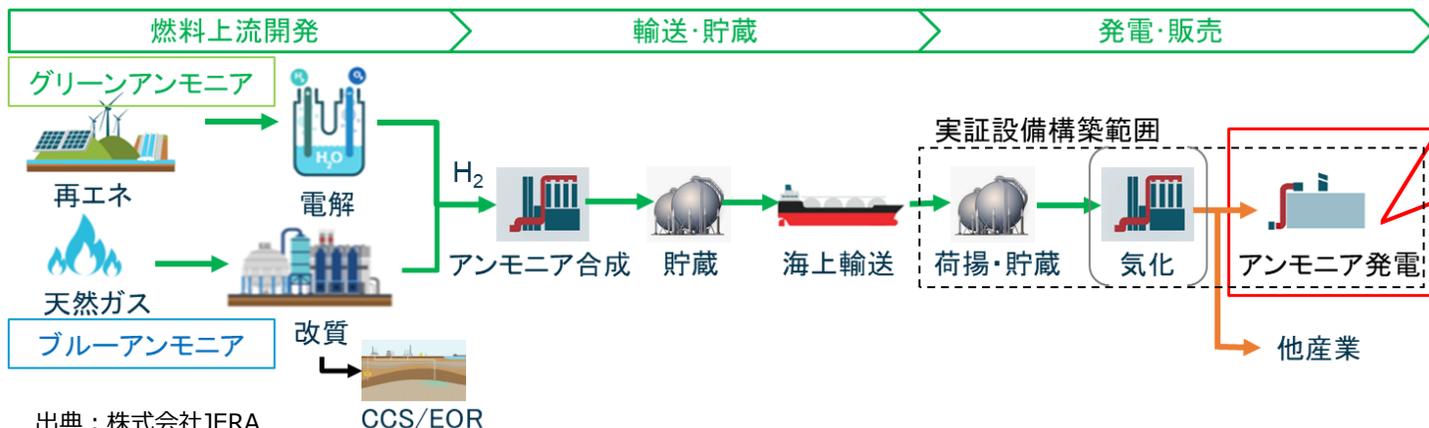
- 事業規模: 約452億円
 - 支援規模*: 約279億円
- *インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり
補助率など: 助成1/2、委託 → 1/2助成（インセンティブ率は10%）

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



- ・アンモニア高混焼・専焼バーナに係る技術開発
- ・石炭火力アンモニア高混焼実機実証フィジビリティスタディ
- ・石炭火力アンモニア高混焼実機実証試験

出典: 株式会社JERA

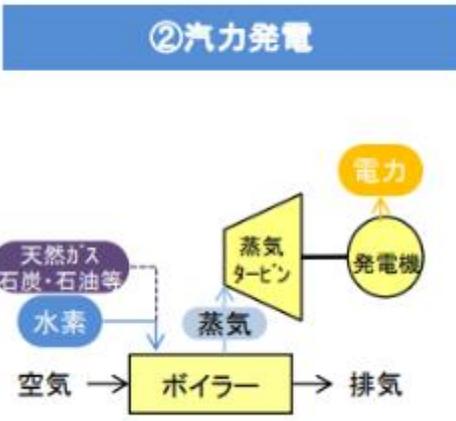
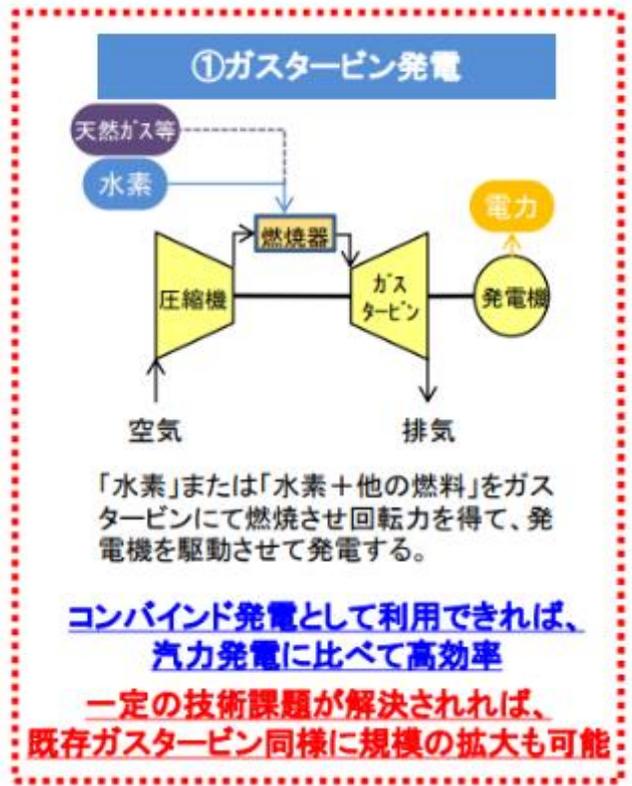
(参考資料) 目次

1. エネルギー基本計画の概要
2. 電力産業の概観
3. 技術開発の動向
 - a) アンモニア
 - b) 水素
 - c) CCUS
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。
 - ガスタービンの燃料として水素を用いるもの
 - 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
 - 燃料電池を用いるもの

水素を燃料とした発電の種類



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

水素分野における戦略等の策定状況について

- 日本は世界で初めての水素基本戦略を2017年12月に策定。近年は、水素を脱炭素化に必要な不可欠なエネルギー源と位置づけ、多くの国・地域が水素関連の取組を強化。日本がこの分野を今後もリードするためには、より一層取組を強化する必要。
- 昨年10月の菅総理のCN宣言を受け、昨年末策定したグリーン成長戦略でも重点分野の一つに位置付け。需給一体での取組により、導入量の拡大と供給コストの低減を目指す。

国内外の情勢変化等について

2017年12月
水素基本戦略策定

2019～2020年
各国水素戦略策定
及び、経済対策で
水素に注力

2020年10月
菅総理(当時)による
2050年CN宣言

2020年12月
グリーン成長戦略策定
(水素の位置付け)

2021年～
第6次エネ基の策定、
水素基本戦略見直し等
を見据えた検討(継続中)

グリーン成長戦略における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) → 2050年(2000万t程度)

□ コスト：長期的には化石燃料と同等程度の実現

現在(100円/Nm³) → 2030年(30円/Nm³) → 2050年(20円/Nm³以下)

水素に係る海外動向

- EUやドイツやオランダ、豪州など多くの国で水素の国家戦略が策定されるなど、世界中で取組が本格化。
- 脱炭素化が困難な商用車や産業分野での水素利用や、水素発電の導入、水素輸入に向けたサプライチェーンの検討等の動きが進展。

ドイツ

- 2020年6月に国家水素戦略を策定。
- 国内再エネ水素製造能力の目標を設定（2030年5GW、2040年10GW）。水電解による水素製造設備に対して、再エネ賦課金を免除。
- 中・長期的な大規模水素輸入に向けたサプライチェーン実証プロジェクトを実施予定。
- 連立与党が2020年6月3日に採択した経済対策において、国内の水素技術の市場創出に70億ユーロ、国際パートナーシップ構築に20億ユーロの助成を予定。
- 大型FCトラック向けの水素充填インフラ構築を支援。

米国

- 新車販売の一定割合をZEVとする規制の下、カリフォルニア中心にFCVの導入が進展（8000台超）。2024年からは商用車もZEV規制適用開始。
- ユタ州のIPPが大型水素発電プロジェクトを計画。2025年に水素混焼率30%、2045年に100%専焼運転を目指す。（MHPSがガスタービン設備を受注）
- ロサンゼルス港のゼロエミッション化に向けた構想の一環で、大型輸送セクターでの水素利用の検討が進む。
- DOEは大型FCトラックの開発を支援。

EU

- 2020年7月に水素戦略を発表。
- 2030年までに電解水素の製造能力を40GWを目指す。
- 暫定的に、低炭素水素（化石+CCUS）も活用。水素の製造、輸送・貯蔵、利用に向けて取り組む。
- 官民連携によるグリーン水素アライアンスを立ち上げ。
- 輸送分野では、商用車での水素利用を重視。

フランス

- 2020年9月に水素戦略を改訂。
- 2030年までに電解装置6.5GWの設置、年間60万トンのグリーン水素生産を目標として設定。
- グリーン水素の生産に使用する電力としては、再生可能エネルギーおよび原子力発電由来の電力を想定。
- 産業の脱炭素化に加え、大型FCトラックの開発が優先項目に。

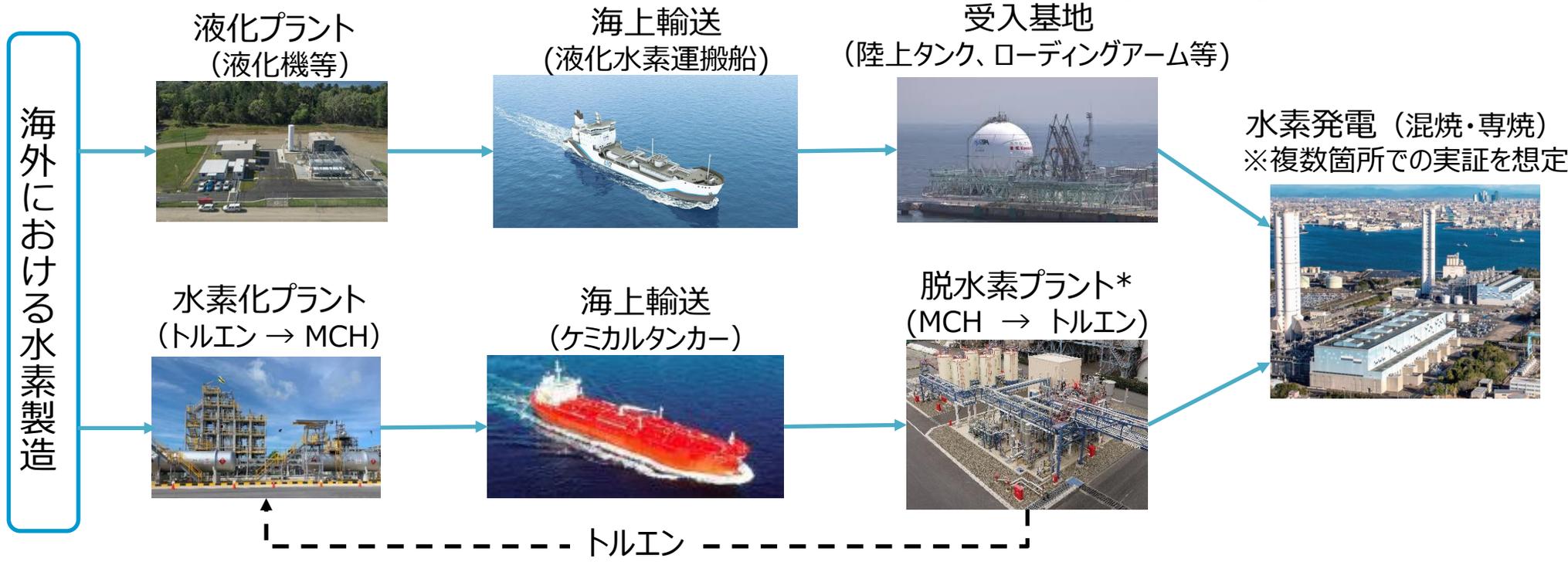
中国

- 2016年省エネ・新エネ車の技術ロードマップにおいてFCVの普及目標を策定。現在は商用車中心に普及が進む。
- 2020年4月にFCV産業のサプライチェーン構築への助成を発表。水素関連技術の競争力確立を目的とし、モデル都市を選定し、FCVや水素ステーションの技術開発・普及に奨励金を与える。

大規模水素サプライチェーンの構築（国費負担額：上限3,000億円）

- 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）とすることを旨とする。

液化水素、メチルシクロヘキサン（MCH）の大規模水素サプライチェーン(イメージ)



*製油所等、既存設備を最大限活用することを想定

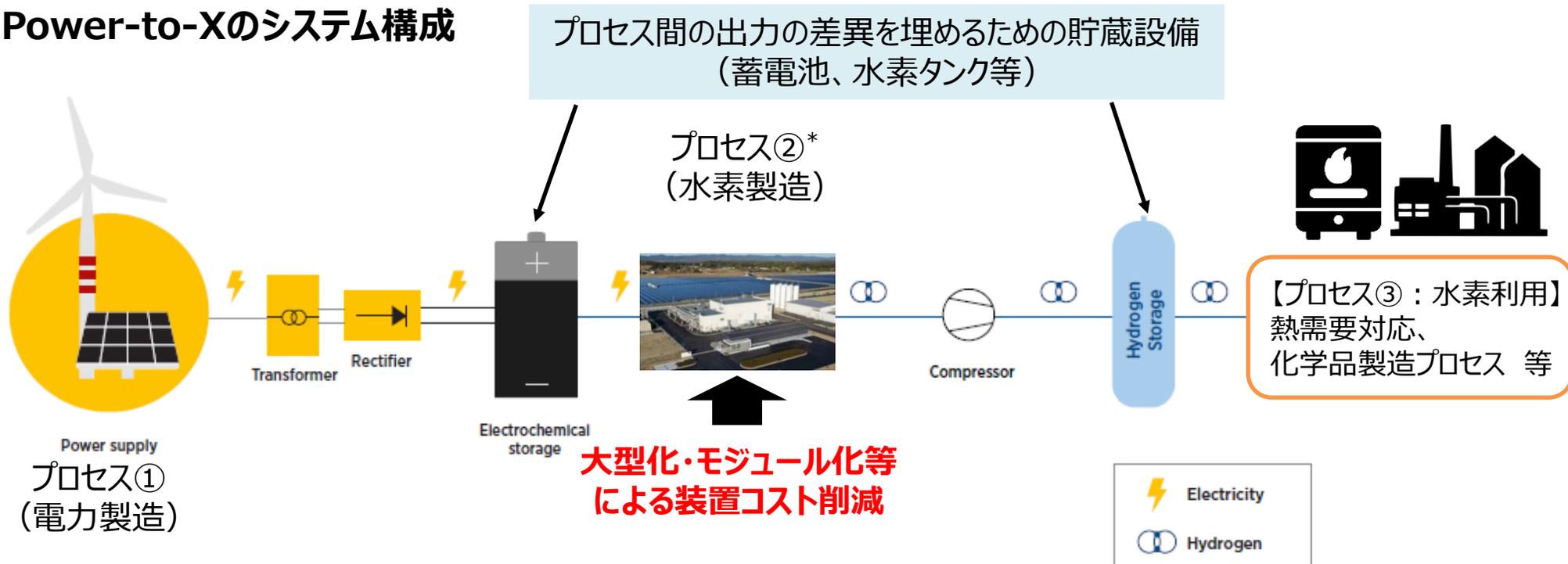
出典：HySTRA、AHEAD、各社HPより資源エネルギー庁作成

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700億円)

- 日本は世界最大級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）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。

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非電力部門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

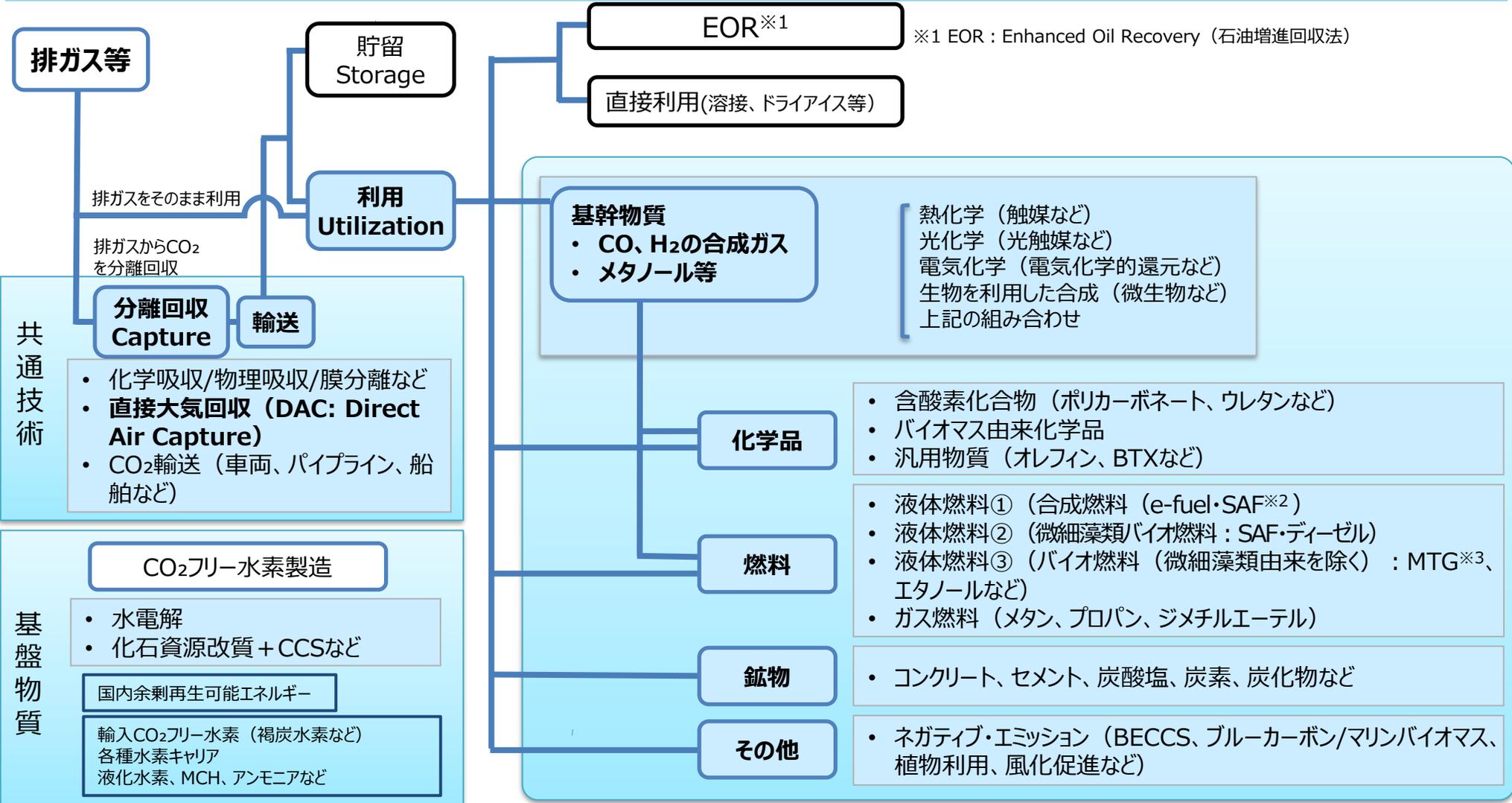
*写真は福島水素エネルギー研究フィールド (イメージ)

(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. 技術開発の動向
 - a) アンモニア
 - b) 水素
 - c) CCUS
4. 日本のエネルギー事情

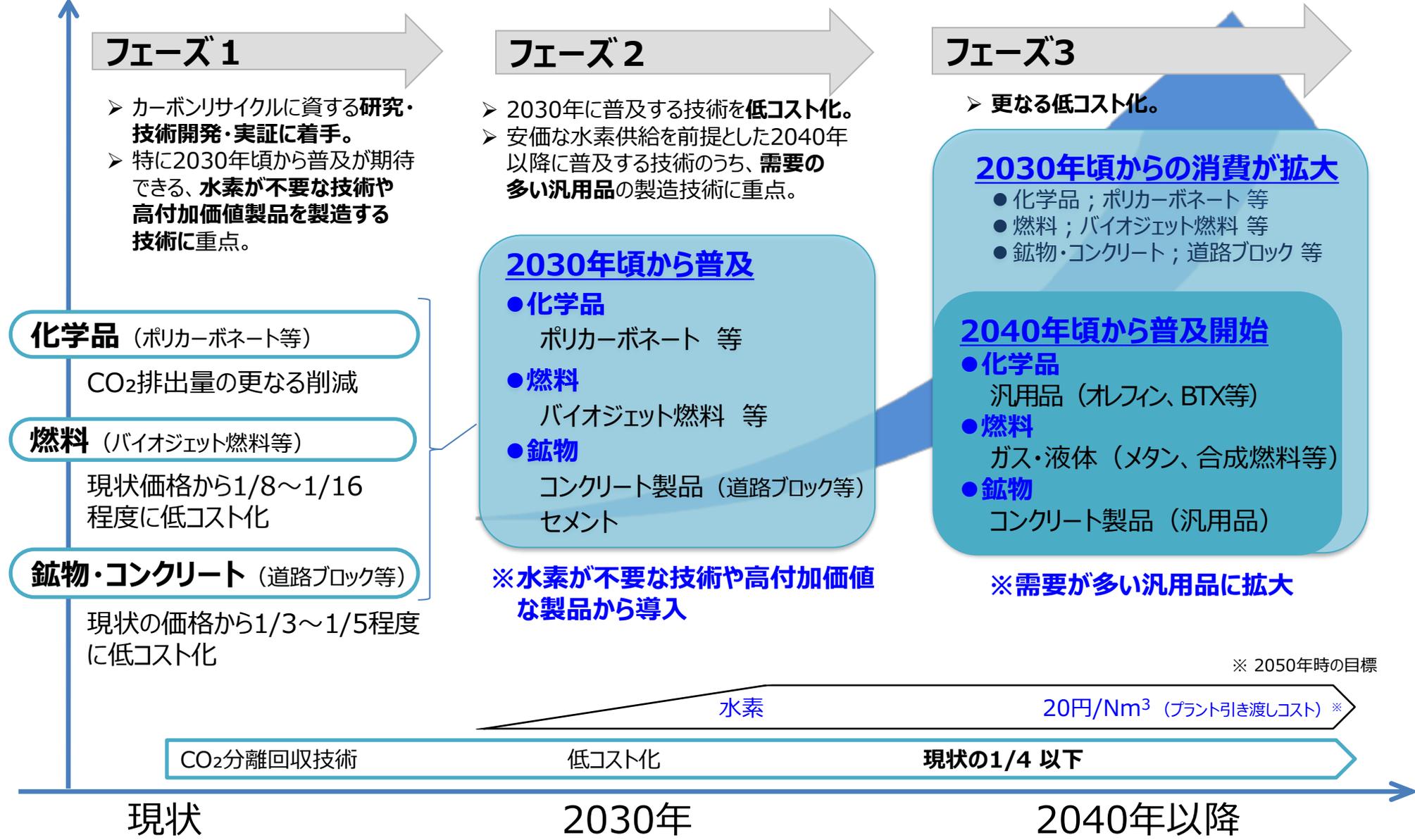
CCUS/カーボンリサイクルとは

- **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。



カーボンリサイクルを拡大していく絵姿（技術ロードマップ）

CO₂利用量



- 化学品**（ポリカーボネート等）
CO₂排出量の更なる削減
- 燃料**（バイオジェット燃料等）
現状価格から1/8～1/16程度に低コスト化
- 鋳物・コンクリート**（道路ブロック等）
現状の価格から1/3～1/5程度に低コスト化

カーボンリサイクル技術開発の促進

- **NEDO**を通じ、**カーボンリサイクル技術（CO₂分離回収、鉱物、燃料、化学品等）の開発、実証、拠点整備**を実施。
- **グリーンイノベーション基金**を活用し、2050年カーボンニュートラルに向けて、革新的な技術開発・社会実装に取り組む。

カーボンリサイクル関連予算（NEDO事業） 令和4年度予算案額 539億円

高効率なCO₂分離回収技術や、CO₂の有効利用に向けたカーボンリサイクル技術の開発・実証。

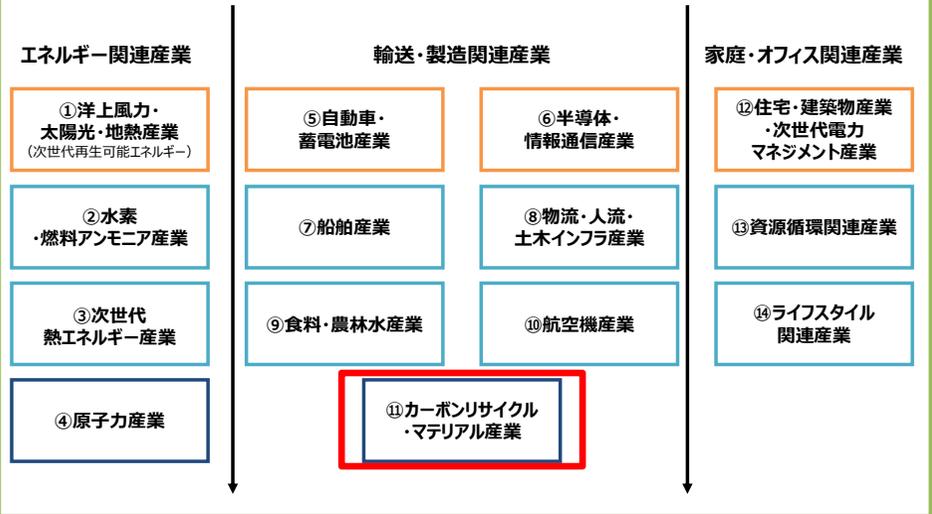
<事業例>

- ・CO₂を吸収するコンクリートの技術開発
- ・CO₂を集中的に吹き込んで大量生産した微細藻類を原料としたバイオジェット燃料の開発
- ・CO₂を利用した合成燃料(e-fuel) 製造技術の開発
- ・CO₂から化学品を製造する人工光合成の技術開発
- ・高効率なCO₂分離回収技術の開発 等

※**DAC (Direct Air Capture)** については、ムーンショット型研究開発（NEDO）により実施。

グリーンイノベーション基金（NEDO事業） 令和2年度補正予算額 2兆円

カーボンリサイクル分野を含む14分野について、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援。



CO₂分離回収の役割

● グリーン成長戦略では、電力部門においてCO₂回収を前提とした火力利用を選択肢として最大限追求（特にアジア）するとともに、カーボンリサイクル産業を創出することを想定。

● **電力部門の脱炭素化は大前提。**

→ 現在の技術水準を前提とすれば、全ての電力需要を**100%単一種類の電源で賅うことは一般的に困難。**

→ **あらゆる選択肢を追求。**

再エネ ……最大限導入。コスト低減、地域と共生可能な適地の確保、**蓄電池**活用。

→ **洋上風力・太陽光・蓄電池・地熱産業**を成長分野に。

水素発電 …… 選択肢として最大限追求。**供給量・需要量の拡大**、インフラ整備、**コスト低減。**

→ **水素産業・燃料アンモニア産業**を創出。

火力+CO₂回収 …… 選択肢として最大限追求。技術確立、適地開発、**コスト低減。**
→ **火力は必要最小限、使わざるを得ない**（特にアジア）。
→ **カーボンリサイクル産業**の創出。

原子力 …… **安全性向上**、再稼働、**次世代炉。**

→ **可能な限り依存度を低減しつつ、安全最優先での再稼働。**

→ **安全性等に優れた炉の追求。**

● 電力部門以外（産業・運輸・業務・家庭部門）は、「**電化**」が中心。**熱需要には、「水素化」、「CO₂回収**」で対応。

→ **電力需要は増加** → **省エネ関連産業**を成長分野に。

産業 …… **水素還元製鉄**など製造プロセスの变革

運輸 …… **電動化**、バイオ燃料、水素燃料

業務・家庭 …… **電化**、**水素化**、**蓄電池**活用

→ **水素産業、自動車・蓄電池産業、運輸関連産業、住宅・建築物関連産業**を成長分野に。

出典：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（概要資料）
（2021年6月18日）より抜粋

CO₂分離回収技術の特徴と技術課題（アミン吸収法）

● 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。

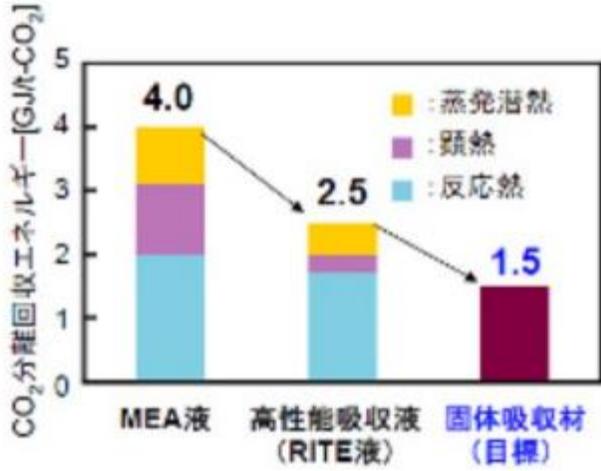
アミン吸収法の商用例



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/顕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・低濃度でも吸収量が多い新規吸着剤の開発が必要。

高炉排ガスへの実証例

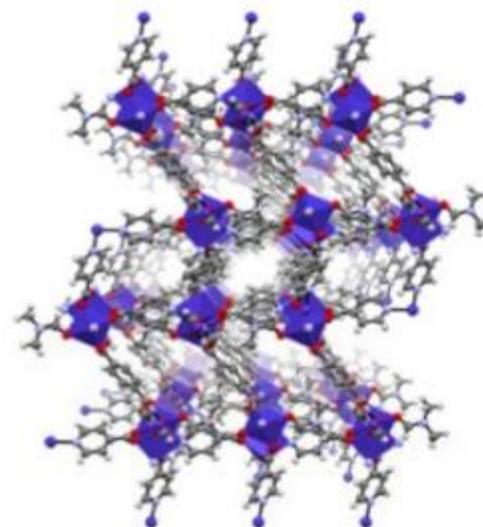


出典：NEDO COURSE50成果報告書

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)

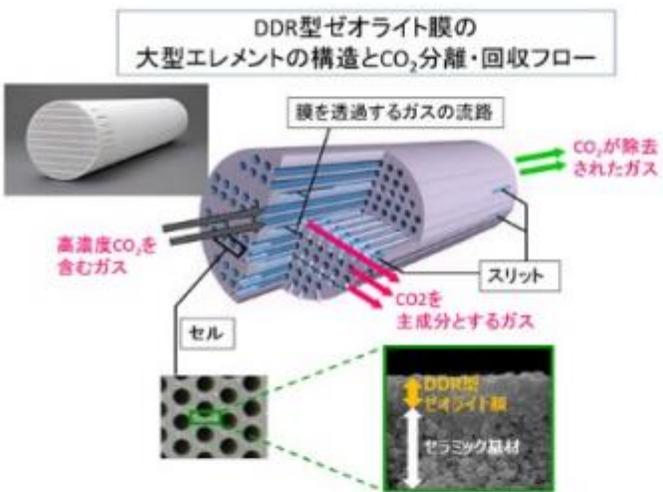
日本曹達/立教大学 (2020)

- ・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

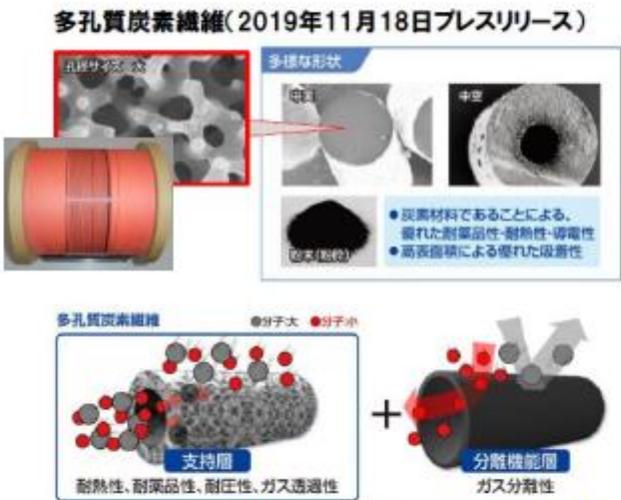


出典：日本ガイシプレスリリース資料 (2019)

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

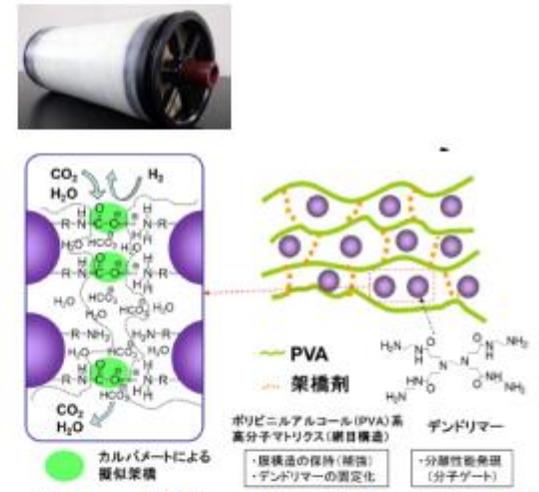


出典：東レプレスリリース資料 (2021)

東レ

- ・世界初の多孔質炭素繊維利用
- ・CO₂分離層との複合化

高分子分離膜



出典：RITE 革新的CO₂分離回収技術シンポジウム資料 (2020)

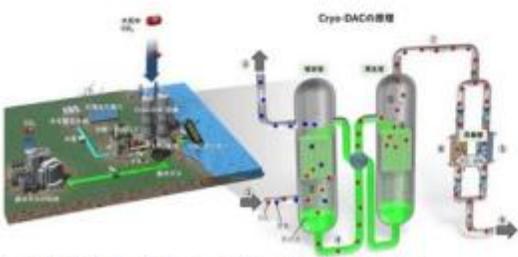
住友化学/RITE

- ・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ることが重要。

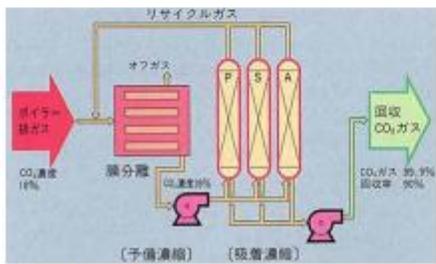
冷熱利用



・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。

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)

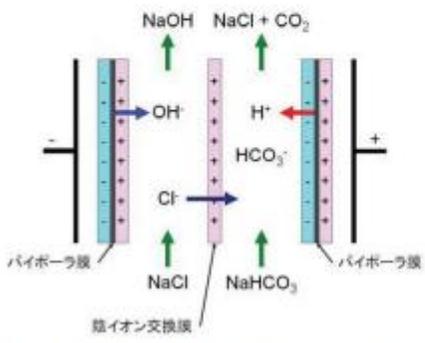
ハイブリッド法



・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。

中国電力 出典：中部電力技術開発ライブラリー58号

電気透析法



・イオン交換膜を用いた電気透析法によりCO₂を分離する。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される。

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

電気スイング法



・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。

MIT (2019) 出典：Energy Environ. Sci誌。(2019年), 12, 3530—3547

日本企業のCO₂分離回収技術の国際競争力

- 日本企業はこれまで、商用化されている石炭火力等の高濃度CO₂排ガスの分離回収プラントでトップシェア。
- 今後市場拡大が予想されるCO₂濃度10%以下のCO₂分離技術開発を推進することで、CO₂分離回収事業の分野でさらなる産業競争力を獲得することを期待。

技術方式	主な実績	国内企業	海外競合
アミン吸収法	・天然ガス随伴ガス、リフォーマーなどの高圧ガスへの適用で海外メーカ等の吸収剤が市場先行したが、 低圧ガス向けには日系メーカーが高性能吸収剤を開発し、商用適用と実証でリード。	三菱エンジ 東芝 日鉄エンジ	BASF Shell Dow Linde
物理吸着法	・海外はリフォーマー向け等で多くの実績。日本は製鉄向けではCOURSE50で世界に先駆け実ガス実証を完了。 物理吸着システム設備に特段の優劣はないが、CO₂吸着剤では日本メーカに存在感あり欧米でも採用実績。	住友精化 JFEエンジ 大陽日酸 クラレ	Linde UOP Air Liquid
膜分離法	・天然ガス随伴ガスへの適用で海外メーカ（UOP）が高分子膜適用で先行したが、 日本メーカーは高性能な分離膜（分子ゲート膜、ゼオライト膜）開発を開発し、実証で世界をリード。	日本ガイシ RITE 住化、東レ 三菱化学	UOP
物理吸収法	・天然ガス随伴ガス、リフォーマーなどの高圧ガスへの適用で海外メーカが存在感。		Linde, UOP Air Liquid

広島・大崎上島「カーボンリサイクル実証研究拠点」

- 広島県・大崎上島において、脱炭素化を見据えた次世代の高効率石炭火力発電技術を開発するため、石炭をガス化した上で燃烧させて発電する技術(IGCC)や、IGCCに燃料電池を組み合わせて更に高効率化した発電技術(IGFC)の実証試験を実施。
- その上で、IGCC、IGFCから回収するCO₂を活用して、バイオジェット燃料やCO₂吸収型コンクリートを生産するカーボンリサイクル技術の実証研究拠点を整備中。

○カーボンリサイクル
実証研究拠点



実証研究エリア



基礎研究エリア



CO₂由来パラキシレン製造技術開発設備



技術開発テーマ①（CO2吸収型コンクリート製造技術）

- コンクリート材料の混和材がCO2を吸収するとともに、セメント代替でコンクリート製造時のCO2排出を削減。
- CO2吸収型コンクリートは鉄筋の錆につながるため鉄筋構造物に使用できず、用途は道路・舗装ブロックに限定。また、コストが従来製品に比して3～5倍であることが課題。
- 用途拡大・低コスト化に向けて、鉄筋構造物等でも利用可能とする技術開発を実施中。

◆ 用途拡大の技術開発（2020～22年度）

- ・体制：中国電力、鹿島建設、三菱商事
- ・課題：鉄筋コンクリートに適用時の品質確保
現場打設に適用するための技術の確立 等

◆ 施工実績

	年度	発注者	事業	用途
1	2013	国土交通省	国道9号線土田歩道（島根県浜田市）	歩車道境界ブロック
2	2014	島根県	県道52号	歩車道境界ブロック
3	2015	島根県	第二浜田ダム	歩車道境界ブロック
4	2019	関東地方整備局	東京外かく環状道路中央JCTランプ	埋設型枠
5	2011	中国電力	福山太陽光発電所	インターロッキングブロック、フェンス基礎ブロック、歩車道境界ブロック
6	2012	中国電力	宇部太陽光発電所	太陽光パネル基礎ブロック
7	2012	中野駅前開発	中野セントラルパークレジデンス	天井パネル
8	2015	中国電力	芸北発電所	護岸ブロック
9	2016	中国電力	西ノ島変電所	歩車道境界ブロック
10	2016	エネルギーコミュニケーションズ	エネコム広島ビル	インターロッキングブロック

◆ 用途例

道路ブロック



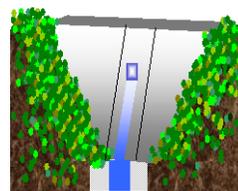
型枠



舗装ブロック



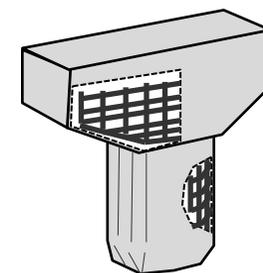
用途拡大の
技術開発



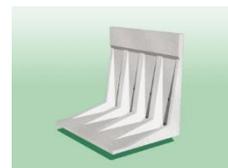
ダム



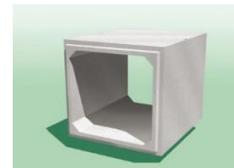
河川構造物



構造物の梁



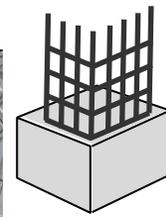
宅地造成用等のL字擁壁



共同溝・地下道等のボックスカルバート



護岸ブロック



構造物の柱

技術開発テーマ（②化学品、③燃料（微細藻類））

- （原油由来ではなく）CO₂を原料としたパラキシレン製造技術の開発

（パラキシレンは、PETやポリエステル繊維の原料）

- （CO₂から合成した）メタノールから、パラキシレンを選択的に合成する（収率を上げる）触媒及び合成プロセスを開発。

→ コスト低減、価値創出

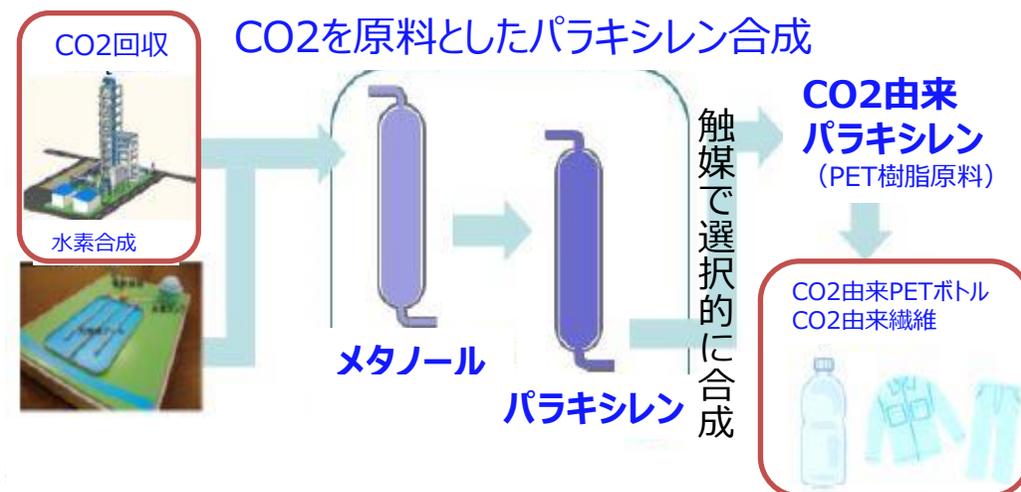
- 微細藻類に集中的にCO₂を吹き込み、効率的に光合成させる基盤技術の確立及び標準化

（藻類を原材料として、バイオジェット燃料等を製造）

- ①培養・分析条件を比較検証、標準化・体系化するテストベッドを整備・実証。

- ②上記①により標準条件を策定。

→ コスト低減



①テストベッドの整備



②標準条件の策定

環境・気候、培養試験、分析等における標準条件を策定。

実施体制 川崎重工業、大阪大学

実施期間 2020年～2024年度

実施体制 日本微細藻類技術協会
(ユーグレナ、IHI等)

実施期間 2020年～2024年度

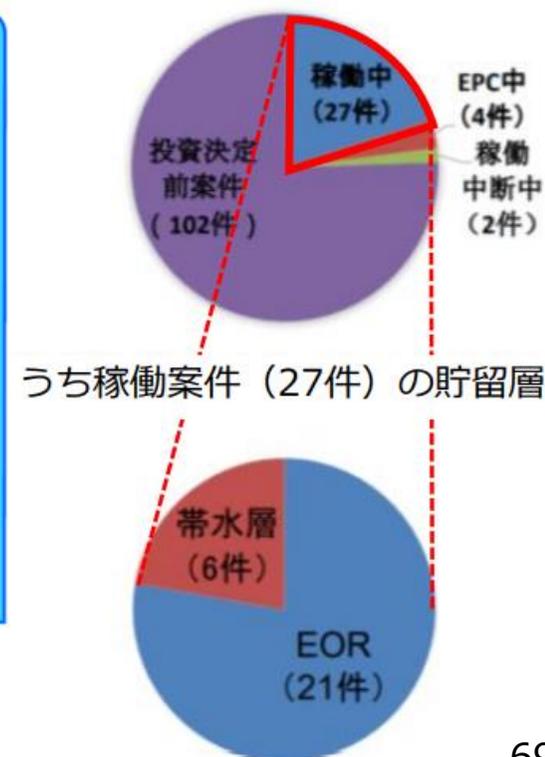
世界の商用CCS施設の概況

- 2021年9月時点で、世界の商用CCS施設は合計135件（うち27件が操業中、4件が建設段階、102件が開発段階、2件が操業停止中）
- 北米（78件）・欧州（38件）を中心に分布
- 2021年のみで、世界のCCS施設の計画は71件増加（うち41件が北米、25件が欧州）

大規模CCSプロジェクト数（135件）



(GCCSI (2021)に加筆)



(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. 技術開発の動向
 - a) アンモニア
 - b) 水素
 - c) CCUS
4. 日本のエネルギー事情

エネルギー源ごとの主な特徴

	安定供給	経済効率性	環境適合	その他の考慮事項
	中東依存度 2020年	発電コスト (円/kWh) 2030年	CO2排出量 (kg-CO2/kWh)	
再エネ	0%	【太陽光(事業用)】 ① 8.2 ~ 11.8 ② 19.9	0	・地域と共生する形での 適地確保や事業実施
原子力	0%	① 11.7~ ② 14.5	0	・安全性の確保 ・国民の信頼回復
LNG	16.4%	① 10.7 ~ 14.3 ② 10.3	0.38	・価格のボラティリティ
石炭	0%	① 13.6 ~ 22.4 ② 13.7	0.86	・国際的な脱炭素化の流れ
石油	89.9%	① 24.9 ~ 27.6 ② -	0.70	・島嶼部、緊急時には必要

※①発電コスト、②統合コストの一部を考慮した発電コスト(仮称)

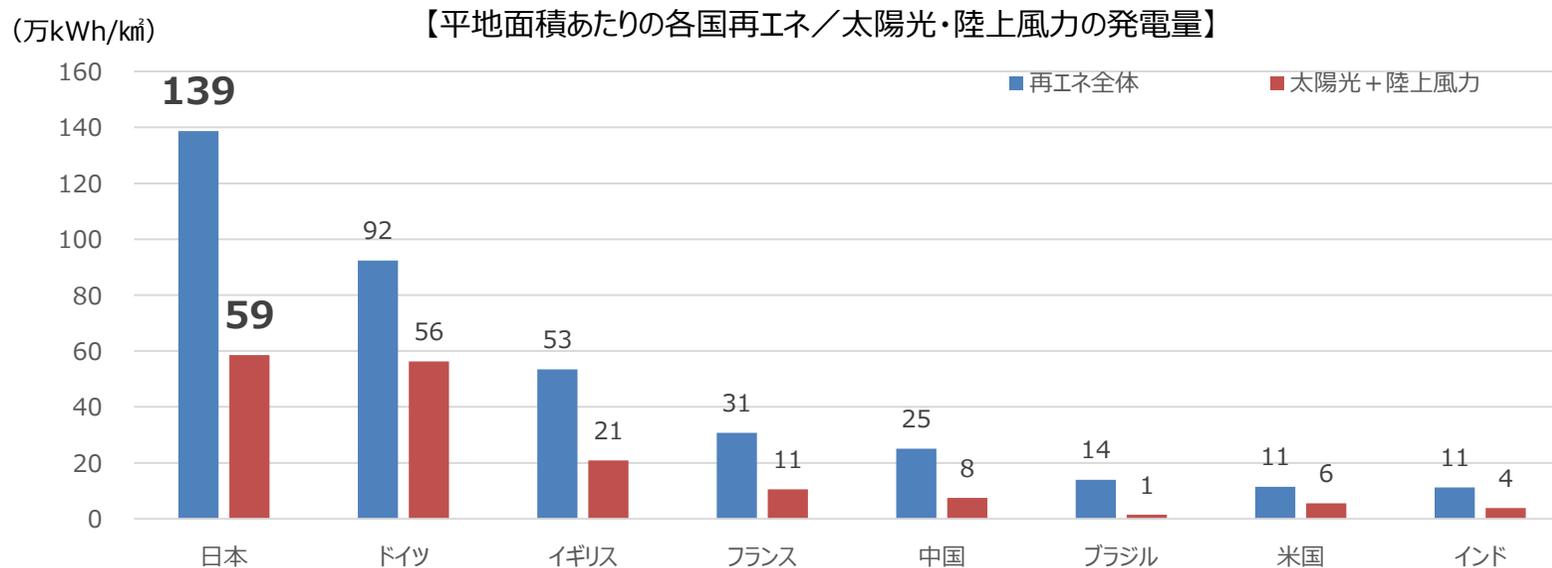
※エネルギーの安定供給確保には、サプライチェーンの中でコア技術を自国で確保する「技術自給率」(国内のエネルギー消費に対して、自国技術で賄えているエネルギー供給の程度)の向上も重要。

※太陽光・風力(自然変動電源)の大量導入により、火力の効率低下や揚水の活用など電力システム全体で要する費用等(統合コスト)が高まるため、これも考慮する必要。

【出典】財務省「貿易統計」(2020年)・BP統計(2021年)・資源エネルギー庁「発電コスト検証ワーキンググループ」(2021年)
電力中央研究所「日本における発電技術のライフサイクルCO2排出量総合評価」(2016年)

平地面積あたりの各国再エネ発電量

- 電源によって必要とする地形は異なるが、太陽光や陸上風力の導入にあたっては平地等の適地の確保が重要。
- 平地あたりの再エネ発電量でみると、**日本は世界最大。限られた国土の中で導入が進展。**



【各国の平地面積及び再エネ発電量】

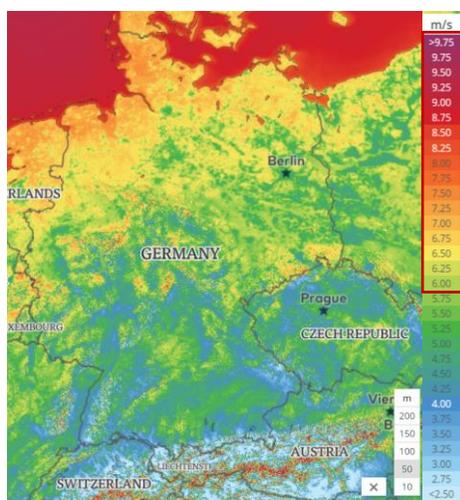
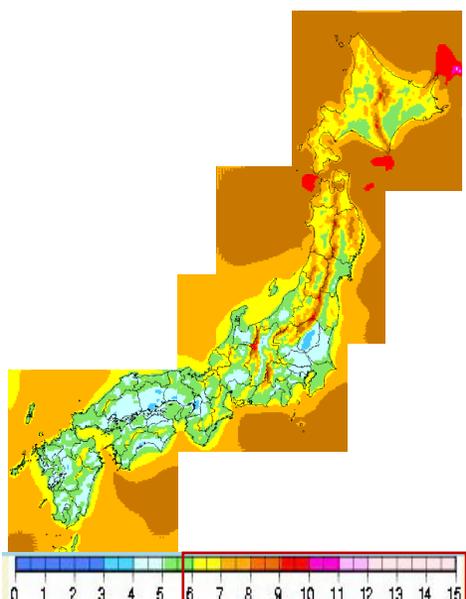
	日	独	英	仏	中	伯	米	印
国土面積	38万km ²	36万km ²	24万km ²	54万km ²	960万km ²	851万km ²	963万km ²	329万km ²
平地面積※ (国土面積に占める割合)	13万km² (34%)	25万km ² (69%)	21万km ² (88%)	37万km ² (69%)	740万km ² (77%)	355万km ² (42%)	653万km ² (68%)	257万km ² (78%)
再エネ発電量 (億kWh)	1,853	2,272	1,112	1,128	18,563	4,947	7,502	2,882
うち太陽光+陸上風力発電量 (億kWh)	767	1,384	433	387	5,556	519	3,650	974

(出典) 外務省HP (<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/index.html>)、Global Forest Resources Assessment 2020 (<http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf>)
 IEA Market Report Series - Renewables 2019 (各国2018年度時点の発電量)、総合エネルギー統計(2019年度速報値)より作成
 ※平地面積は、国土面積から、Global Forest Resources Assessment 2020の森林面積を差し引いて計算したものの。

陸上風力の適地

- 風力適地である6m/s以上の地域は、ドイツでは北部の平地を中心に広く国土に広がっているが、日本は沿岸部及び山地に集中している。
- 平地の適地が限られているため、安価な陸上風力発電の大量導入が進みにくい。

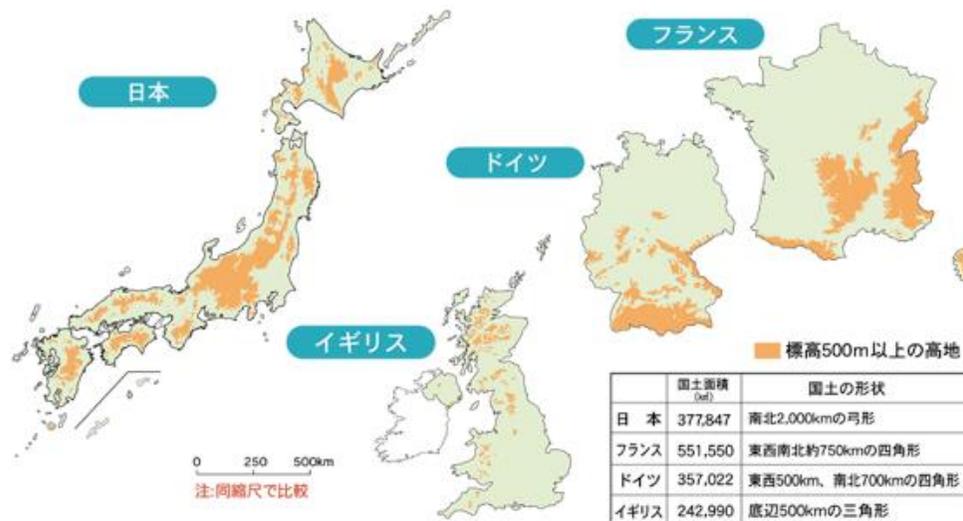
日本と欧州における風況の違い



50m高さでの風速分布（ドイツ）

(出所) NEDO局所風況マップ50m高さでの風速分布（日本）

日本と欧州各国の国土比較（同縮尺）

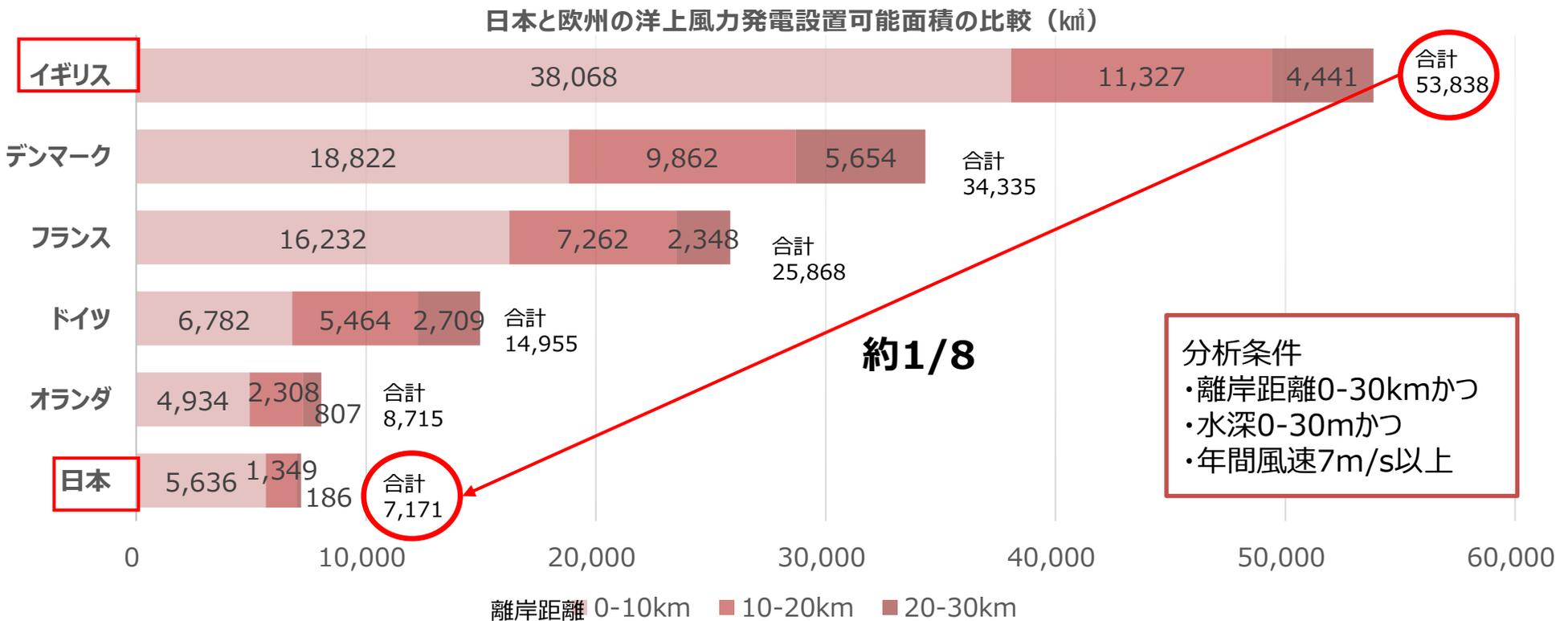


	国土面積 (km ²)	国土の形状
日本	377,847	南北2,000kmの弓形
フランス	551,550	東西南北約750kmの四角形
ドイツ	357,022	東西500km、南北700kmの四角形
イギリス	242,990	底辺500kmの三角形

出所) 一般財団法人国土技術研究センター

洋上風力の適地

- 日本の設置可能面積（着床）は、洋上風力の導入が進んでいるイギリスの約1/8（イギリス54,000 km²、日本約7,200 km²）。※離岸距離、水深、年間風速等から機械的に試算したもの
- 海底地形が急深な日本では立地が限られており、その中で、漁業者や地元と調整を進めながら案件形成を進めていく必要がある。



出典)「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」(2018.3.国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

電力需給の中における再生可能エネルギー導入の構造

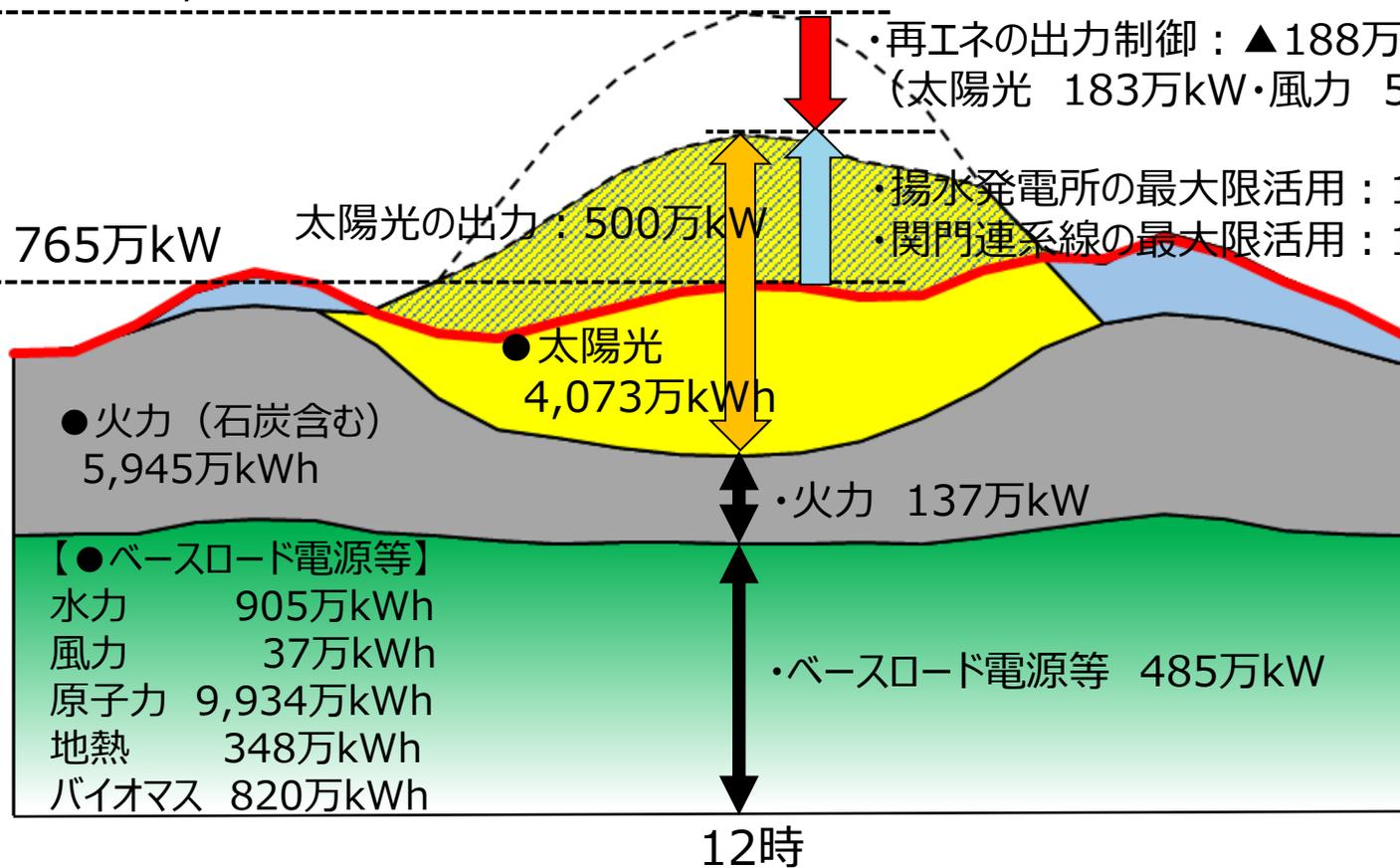
<再生可能エネルギー導入が進む九州エリアの電力需給イメージ（2019年5月3日の例）>

・最大供給力：1,309万kW

・需要：765万kW

・再エネの出力制御：▲188万kW
(太陽光 183万kW・風力 5万kW)

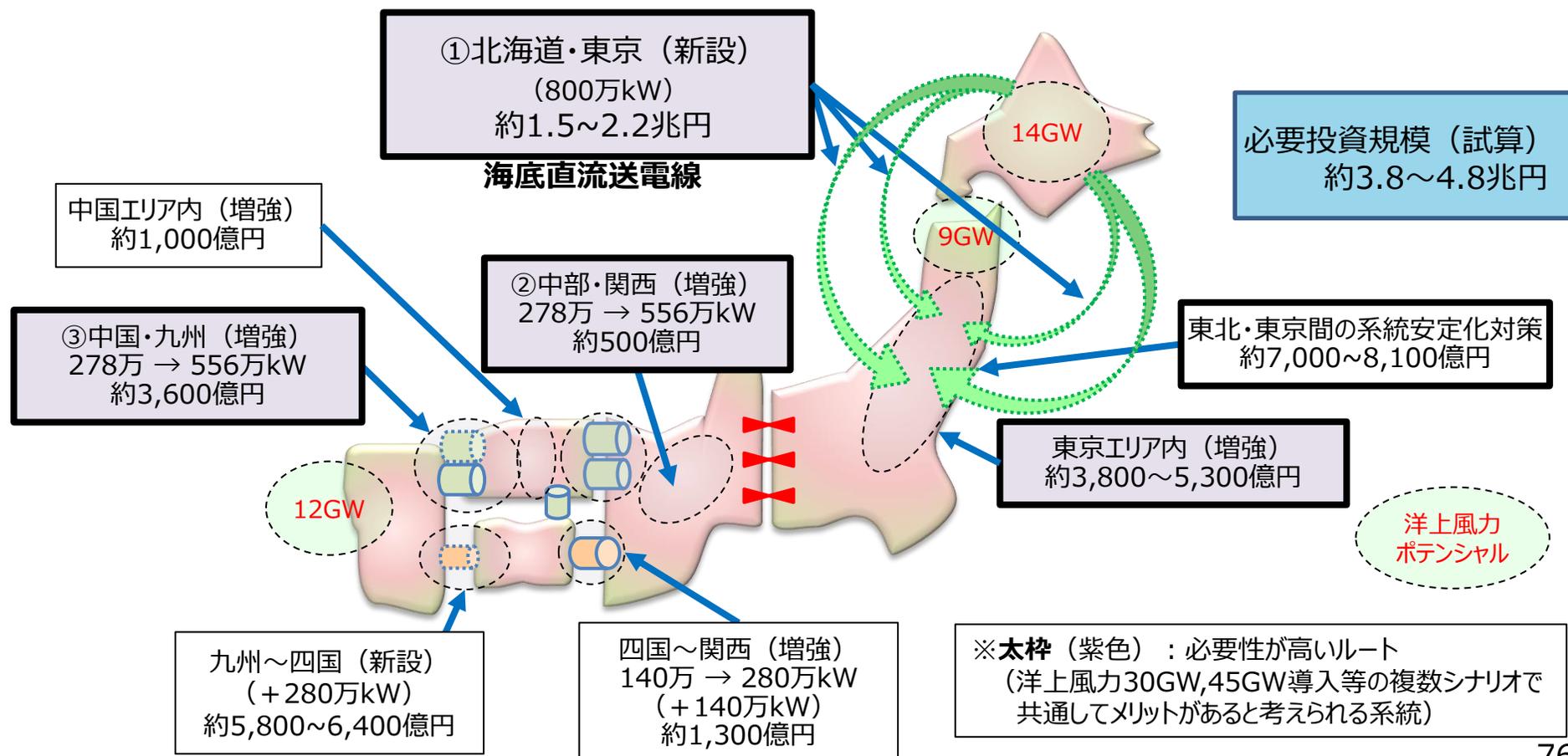
・揚水発電所の最大限活用：173万kW
・関門連系線の最大限活用：183万kW



送電網の整備

- 再エネ主力電源化に向けて、系統制約を克服する取組は重要。
- 再エネポテンシャルへの対応、電力融通の円滑化によるレジリエンス向上に向けて、全国大での広域連系系統の形成を計画的に進めるため、マスタープランの中間整理を5月にとりまとめた。新たなエネルギーミックス等をベースに、2022年度中を目途に完成を目指す。
- 北海道と本州を結ぶ海底直流送電等の必要性が高いルートは、順次、具体化を検討。

中間整理の概要（電源偏在シナリオ45GWの例）



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

【座 長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研機構（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 マニユライフ・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 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