



日本原子力学会 2024年秋の大会 東北大学川内北キャンパス(2024/9/11-13)

[2G_PL01]

日本原子力学会 新型炉部会セッション

再生可能エネルギー導入拡大を見据えた
新型炉に期待される新たな技術開発
(1) 再エネ協調技術開発の国内外動向

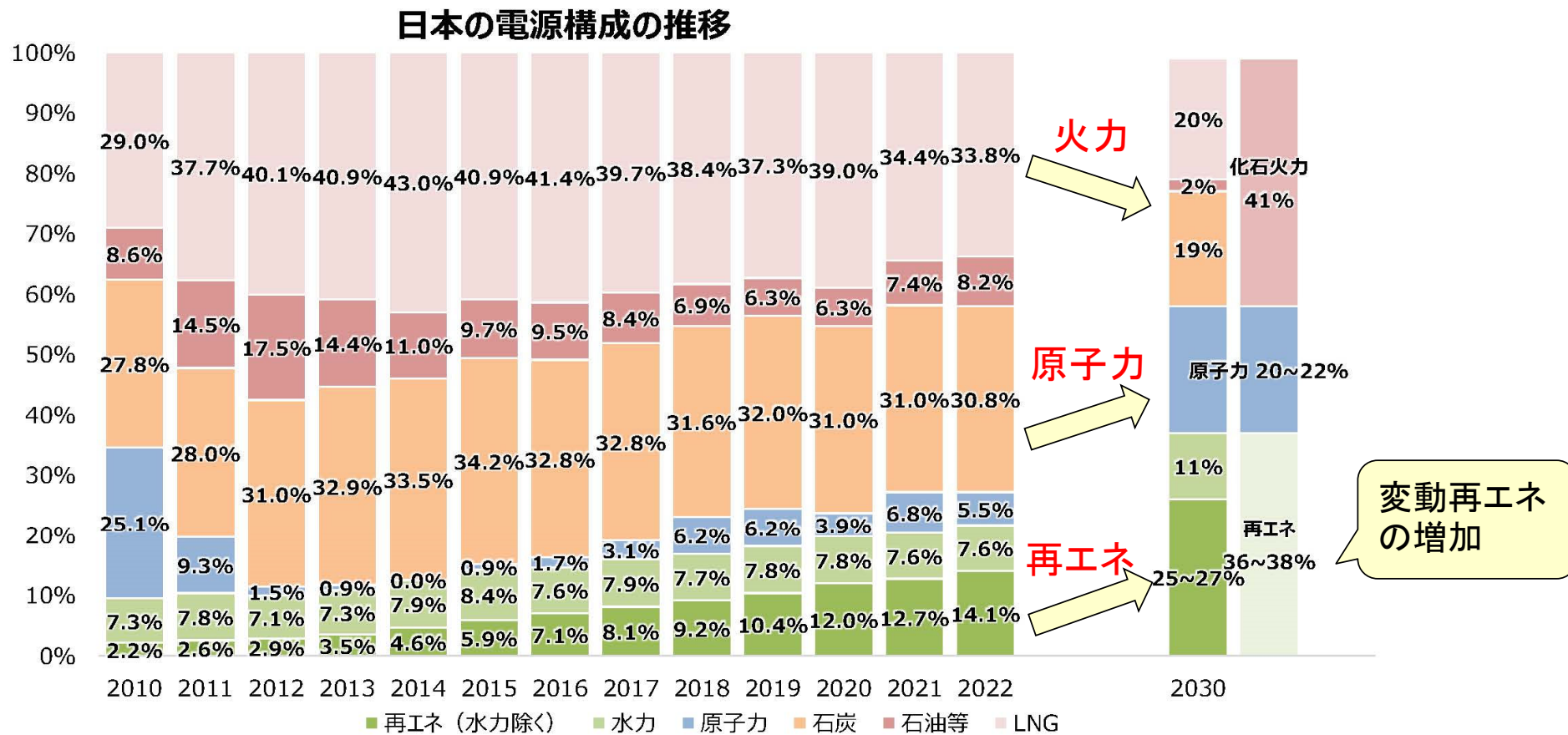
2024年9月12日

日本原子力研究開発機構
大洗研究所

山野 秀将、豊岡 淳一

日本の電源構成の推移と2030年度の電源構成

- 火力発電は、東日本大震災直後は急激に割合が増えたが、その後減少傾向が続いている。
- しかし、2022年度の脱炭素電源は約27%であり、残りの約73%は火力発電に依存している状況にある。



出所) 基本政策分科会
第59回会合(令和6年7
月22日)資料1 p.22

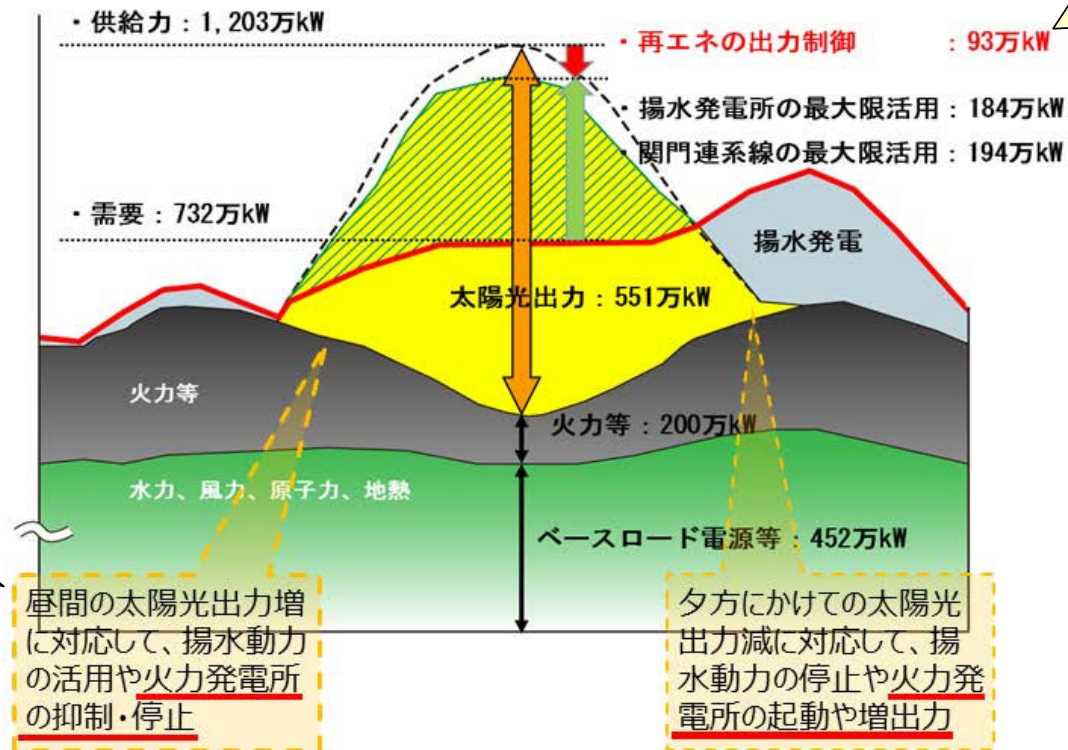
(出典) 総合エネルギー統計(2022年度確報)、2030年度におけるエネルギー需給の見通しをもとに資源エネルギー庁作成

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/059/059_004.pdf

調整力としての火力の役割

- 太陽光や風力といった変動再エネの導入の進展に伴い、その出力変動を吸収し、需給バランスを調整する機能を持つ他電源の存在が必要。
- 他のエリアよりも再エネの導入量が多い九州エリアでは、**火力発電は、再エネの出力増減に応じて抑制・停止、起動・増出力といった出力調整を行いながら運用されており、電力の安定供給に大きく貢献している。**

九州の電力需給イメージ（2018年10月21日の例）



2021年までは九電のみ。
2022年以降は全国規模
に拡大

再エネの変動性に 火力が出力調整

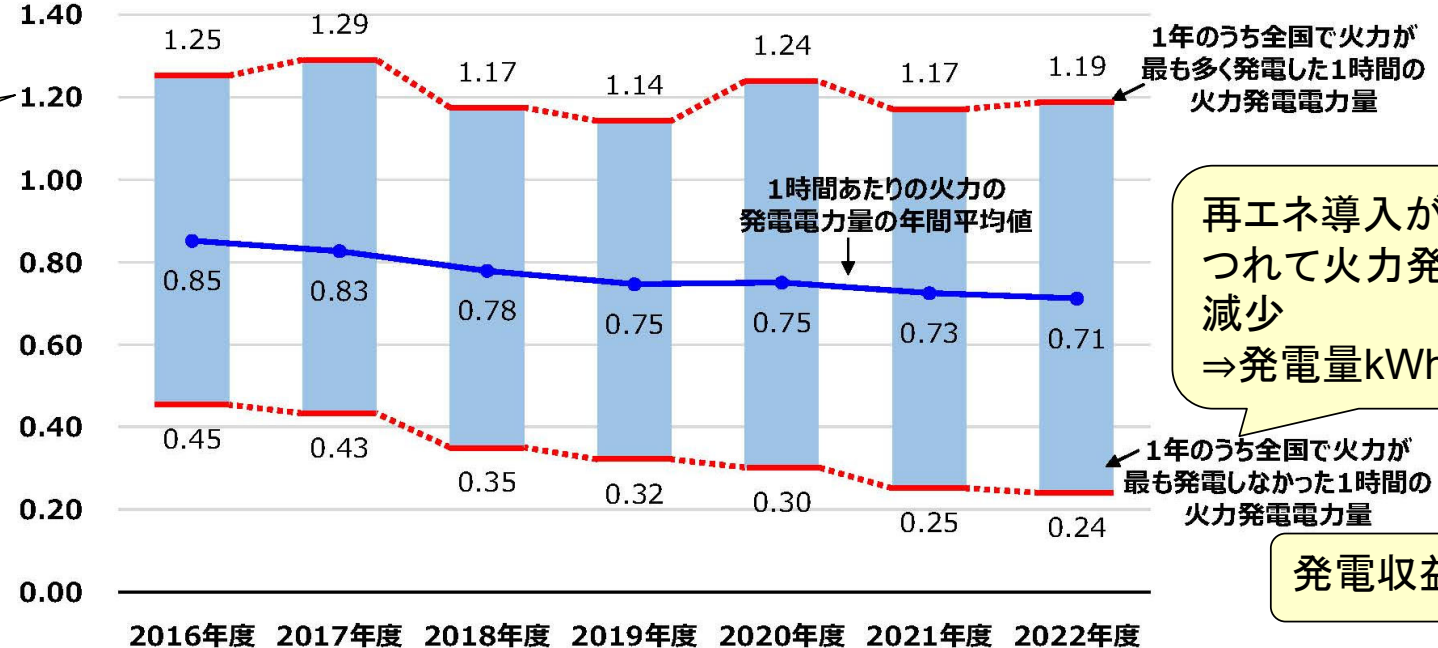
昼間の太陽光出力増
に対応して、揚水動力
の活用や火力発電所
の抑制・停止

夕方にかけての太陽光出力減に対応して、揚水動力の停止や火力発電所の起動や増出力

1時間あたりの火力の発電電力量の推移

- 一般送配電事業者が公表している1時間毎のエリア発電実績を集計すると、**火力の1時間あたり発電電力量の年間平均値は、減少傾向**にある。また、火力の1時間毎の発電電力量の最小値（1年のうち、全国の火力が最も発電しなかった1時間の発電電力量）も、減少傾向。
- 他方で、火力の1時間毎の発電電力量の最大値（**1年のうち、全国で火力が最も多く発電した1時間の発電電力量**）は横ばい。再エネが導入拡大する中で、**火力の発電電力量は減少する一方で、火力に求められるkWは変わらず、発電電力量の振れ幅が拡大**している。

火力の1時間あたり
発電電力量
(億kWh/h)



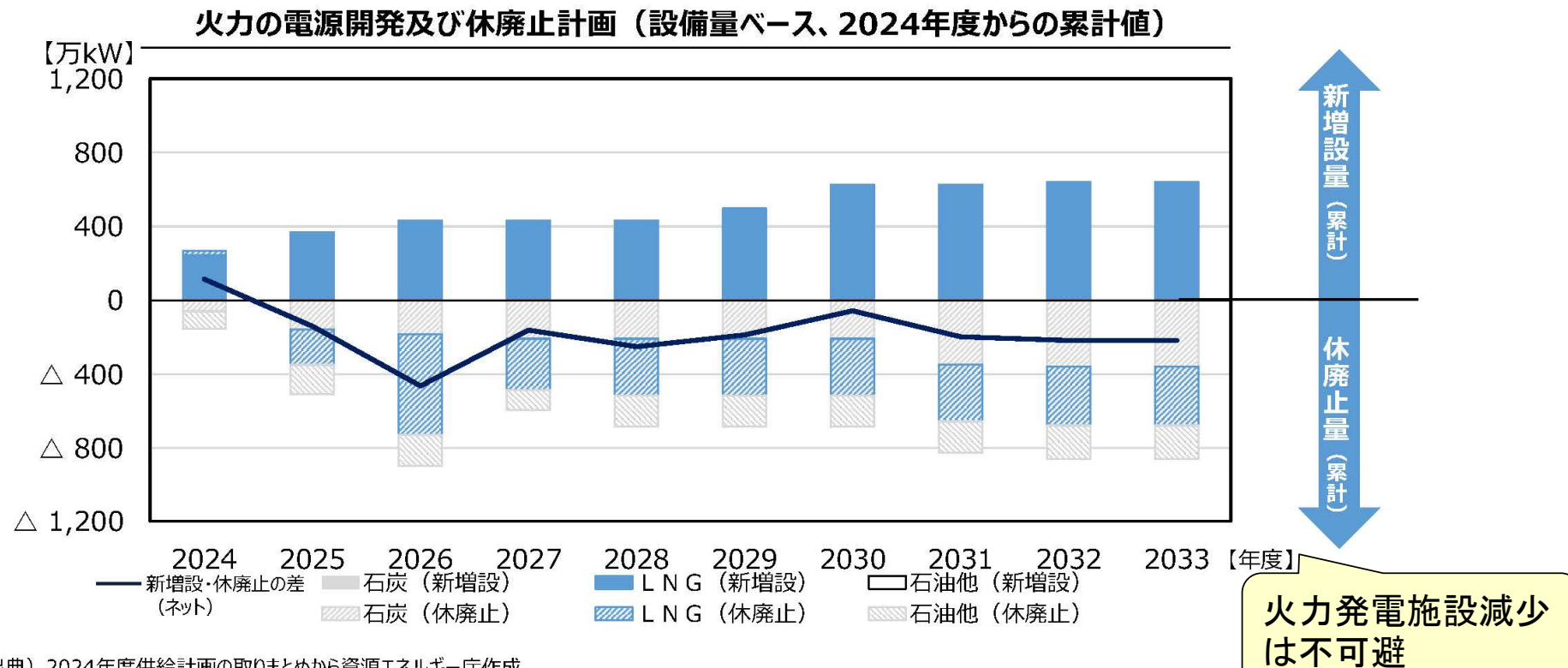
再エネが発電しないときは
火力で発電必要
⇒発電能力kWの維持必要

再エネ導入が進むにつれて火力発電量は減少
⇒発電量kWhは減少

発電収益は悪化

火力の新增設及び休廃止計画の推移

- 供給計画によると、2025年度以降は火力の休廃止が増加し、新增設を上回る状態が続く見込み。
- 2027～2033年度にかけては、現在より約200万kW程度火力の設備容量が減少する状態が継続する見込み。



出所) 基本政策分科会
第59回会合(令和6年7
月22日)資料1 p.31

(出典) 2024年度供給計画の取りまとめから資源エネルギー庁作成
(注) 2024年度からの累計値である点に留意。

石油他は、石油、LPG、その他ガス、歴生物混合物の合計値。休廃止には長期計画停止を含み、休止・長期計画停止からの再稼働による休止容量の減少分も含む。

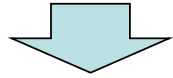
31

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/059/059_004.pdf

報告内容

◆火力発電は再エネの変動性を補う調整力

- 火力発電施設減少



◆次世代革新炉(新型炉)

- 再エネの変動性を補う調整力という新たな価値
- 原子力の新たな活用方法

◆再生可能エネルギー導入拡大を見据えた新型炉に期待

- IAEAの取組
- GIFの取組
- 再エネ協調技術開発の国内外動向
 - 統合エネルギーシステム
 - 蓄熱
 - 水素製造

原子力と再エネの共存の議論は10年前から欧米で行われていた

Nuclear Energy Agency (NEA), “Nuclear Energy and Renewables: System Effects in Low-carbon Electricity Systems,” OECD 2012, NEA No. 7056 *

- ◆ 提言1： 発電コストはシステム全体で評価すべき(プラントレベルやグリッドレベルではなく)
- ◆ 提言2： システムコストを最小化するための規制の枠組みとすべき
 - 調整力を有する事業者の利益の減少に対して補償すべき。
 - 間欠的電源からのランダムな供給ではなく、時間レベルで安定な電力供給とするか、変動性再エネの大量導入の場合には特別な補償を与えるべき
 - 電力系統増強や系統間接続のような系統拡張に係るコストは可能な限り複数の代表的な事業者割り当てるべき
 - バックアップ電源に対する炭素排出は監視し、炭素税を課すべき
- ◆ 提言3： 変動性再エネ導入を補完するための低炭素技術の調整力の価値を、その有効性を含めて認識すべき
 - 間欠的な再エネを有した系統において柔軟なバックアップ能力を有する低炭素電源である原子力エネルギーは、政策目標に合致し、重要な役割を果たすことを認識すべき
 - 容量市場、長期電力供給契約及び炭素税の組み合わせによって市場ベースの枠組みを提供し、原子力エネルギーや他の調整力を持つ低炭素技術が経済的に持続可能になれるように確保すべき
- ◆ 提言4： 将来の低炭素システムのための柔軟性が開発されるべき
 - 現在の技術レベルでは、低炭素電力システムは再エネと原子力を高い占有率としなければならない
 - システムアプローチに基づき、柔軟性が開発されるべきと推奨される
 - 調整力を有した低炭素バックアップ技術(原子力、エネルギー貯蔵、デマンドレスポンス、国際的な電力融通)の負荷追従能力の増加が求められる

* <https://www.oecd.org/publications/nuclear-energy-and-renewables-9789264188617-en.htm>

脱炭素の取り組みが加速⇒原子力と再エネの協調

◆ 2016: 原子力と再エネのシナジー探索ワークショップ

(International Workshop to explore synergies between nuclear and renewable energy sources, Golden, Colorado, USA, June 9-10, 2016*)

□ 両技術ともに相対的に資本費が高く、燃料費が低い

➢ 経済性のためにはフル出力運転がいい

□ シナジーとコジェネレーションが有益

➢ R&Dが必要

◆ 2018: 原子力と再エネ共存システムに関するIAEA会議

(IAEA Technical Meeting on Nuclear–Renewable Hybrid Energy Systems for Decarbonized Energy Production and Cogeneration, Vienna, Austria, October 22-25, 2018**)

□ 各国の取り組み状況

□ システム概念

□ 国際的なR&D協力の推進

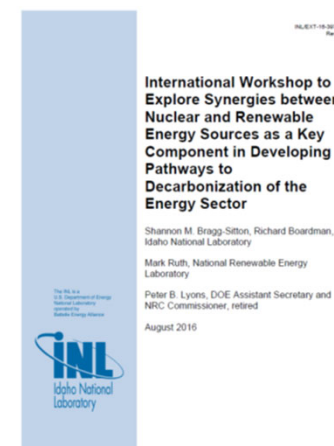
◆ 2019: 気候変動と原子力の役割に関するIAEA会議

(IAEA International Conference on Climate Change and the Role of Nuclear Power, Vienna, Austria, October 7-11, 2019***)

□ 2050年脱炭素目標のためには原子力が必要

➢ 1992年時点で火力の割合は81%だったが、25年たった2017年でも割合は変わらない。再エネや原子力が導入されていても、世界の電力需要は増えており、原子力の役割は重要

□ 自由化された電力市場で原子力事業を行うには、国の長期的な戦略と計画が必要



* <https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/7246953.pdf>

** <https://www.iaea.org/publications/13594/nuclear-renewable-hybrid-energy-systems-for-decarbonized-energy-production-and-cogeneration>

*** <https://www.iaea.org/atoms4climate>

IAEAにおける議論の活発化

◆ 2019: 第63回IAEA総会 (2019/9/16-20)*

- 再エネと共に柔軟に運転
- 原子力再エネ共存システムとしてSMR
- 非電力利用

◆ 2021:第65回IAEA総会 (2021/9/20-24)**

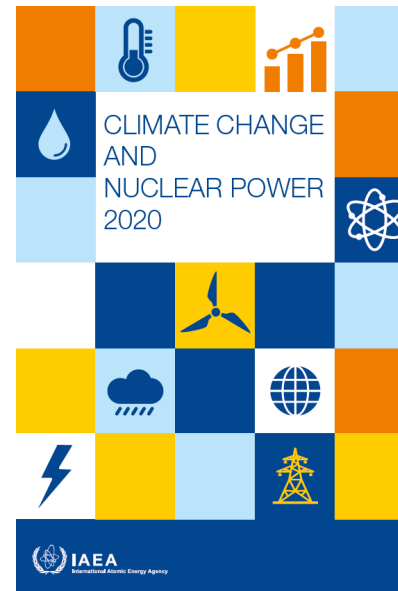
- 原子力水素

◆ 2022:第66回IAEA総会 (2022/9/26-30)***

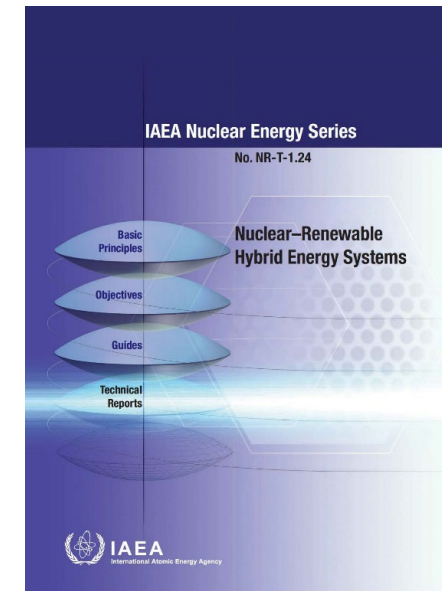
- SMR



◆ 2020:IAEA報告書 気候変動と原子力2020****



◆ 2023:IAEA報告書 原子力-再エネ協調システム*****



- 熱利用
 - 産業界での高温熱利用
 - 地域暖房での低温熱利用
 - 農業や食料市場
- 水素製造
- 海水脱塩化、セメント製造過程、化学産業

* <https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-and-renewables-playing-complementary-roles-in-hybrid-energy-systems>

** <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-event-showcases-progress-innovations-in-nuclear-hydrogen-for-a-clean-energy-transition>

*** <https://www.iaea.org/newscenter/news/the-week-ahead-iaea-hosts-annual-general-conference>

**** https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1911_web.pdf

***** <https://www.iaea.org/publications/15098/nuclear-renewable-hybrid-energy-systems>

GIF(第4世代原子カシステム国際フォーラム)における 原子力熱の非電力利用に関するタスクフォース (NEANH TF)

NEANH: Non-Electric Applications of Nuclear Heat

● 目的

- 焦点: 第四世代原子炉の電気以外の用途への可能性
 - 化石燃料に代わる熱エネルギー
 - 電力網を補完するサービス

● 第1回ワークショップ(2022年10月、カナダ)

- 再エネ主流のエネルギー市場での共存と統合を可能
- 送電網の安定性や品質を高める
- 第4世代原子炉と組み合わせた非電力利用に関する進行中の活動の紹介
- 可能性のある利点を追求した研究について議論

● 第2回ワークショップ(2024年4月、韓国)

- 原子力エネルギーを産業用途に結びつける際の具体的なニーズ、要件、潜在的な課題や懸念事項に関する情報を共有

NEANHメンバーシップ

オーストラリア

カナダ

中国

欧州原子力共同体(Euratom)

フランス

日本

韓国

ロシア

南アフリカ(オブザーバー)

イギリス

アメリカ

IAEA(オブザーバー)

NEA (GIF TS)

第2回GIF-NEANHワークショップの結論

1. 原子力の非電力利用には有益な歴史があるが、それは軽水炉技術を用いた低温用途に限られる。より**高温の産業用途**では、異なる点に考慮が必要であるが、第四世代原子炉技術の利用により、多くのメリットを受けられる可能性がある。
2. より高い温度を必要とする産業では、燃料転換(fuel switching)が容易ではなく、既存のプロセスに大幅な変更が必要である。この移行を可能にするには、**統合システム分析と財政的支援が必要**と考えられる。
3. 産業の脱炭素化のための**熱と電力の需要は増加**すると考えられる。
4. エンドユーザーが事業活動に原子力を活用する機会や可能性を評価するための報告書やツールが存在する。**原子力業界と産業界との関わり**を深めることが推奨される。
5. 産業部門での排出削減のために原子力を利用する大きなチャンスがあり、システムが商業的に利用可能となれば、エンドユーザーはすぐにでも**原子力を導入**するだろう。
6. 水素製造は特に関心が高く、**水素製造**における原子力の競争力を理解するためには**バリューチェーン分析**が必要である。
7. NEANHには規制上の不確実性があり、リスク情報に基づいた**グレーデッドアプローチ**によるケースバイケースのシステム分析が必要である。他方、明らかに克服できない技術的障壁はない。
8. 特有の規制環境、国内政策、代替エネルギーオプションの利用可能性、産業ユーザーのエネルギー需要およびサプライチェーン能力により、NEANHのビジネスチャンスは、**地理的な差異が明確**である。
9. この分野の進捗状況を伝えることも含め、原子力部門を超えた**協力体制の強化**が不可欠である。規制当局、投資家、一般市民の信頼を築くためには、**コミュニケーションと透明性**が重要である。
10. 今後のワークショップには、エンドユーザーや、金融機関、投資家、保険会社など、関連性のある**ステークホルダーを追加**で参加させるべきである。

統合エネルギーシステムの開発

- 統合エネルギーシステムに関する世界初の国立研究所サミットを開催(2022/1)。原子力、再生可能エネルギーその他の低炭素技術を含むエネルギー分野の国立研究所が集結し、エネルギー統合システム(Integrated Energy System: IES) * や原子力の非発電利用等に関する協力を議論。参加機関は以下の通り。

- ✓ カナダ: カナダ原子力研究所(CNL)
- ✓ フランス: 原子力・代替エネルギー庁(CEA)
- ✓ 日本: 原子力機構(JAEA)、日本エネルギー経済研究所(IEEJ)
- ✓ 英国: NNL、エナジー・システムズ・カタパルト
- ✓ 米国: アイダホ国立研究所(INL)、国立再生可能エネルギー研究所(NREL)

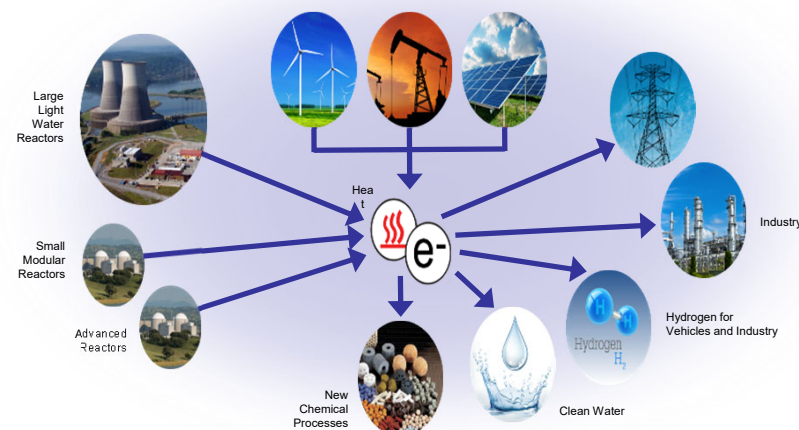
- 国立再生可能エネルギー研究所(NREL)は、アイダホ国立研究所(INL)との間を高速ネットワークで接続した「スーパーラボ」(太陽光発電、リチウム電池、水素製造用の電気分解装置、原子炉から構成)によりバーチャル・ハイブリッドプラントを実証(2023/3)。INLは、統合エネルギーシステム(IES)の最適化を図るため、長期的な経済性評価、リアルタイムの最適化、過渡プロセスのモデルを統合したソフトウェア「FORCE」を開発。

Today
Electricity-only focus

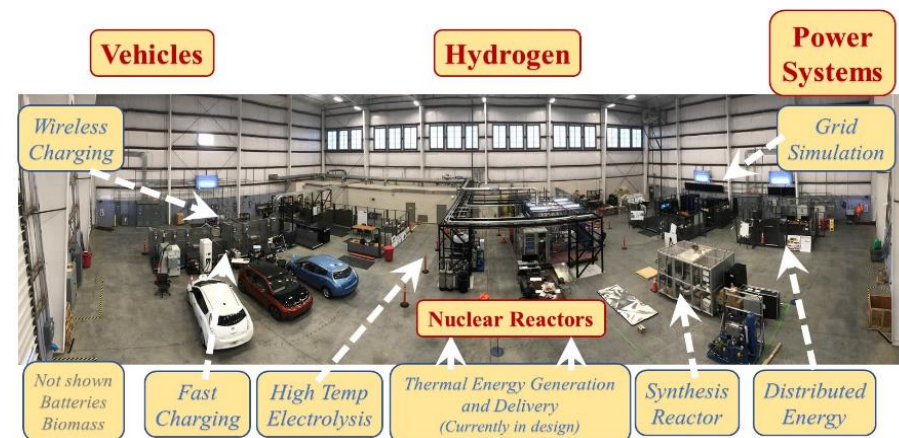


Potential Future Energy System

Integrated grid system that leverages contributions from nuclear fission beyond electricity sector



INL Energy Systems Integration Laboratory (interior)



蓄熱設備を有する新型炉 テラパワー社Natrium

出所: 資源エネルギー庁、革新炉WG第2回会合 資料4(令和4年5月19日), 仮訳p.4

今後の原子力の可能性を再考する

原子力の再定義

- 原子力の「スプロール化」を排除
 - デザイン・ツー・コスト (DTC)
 - 簡素化
 - 工期短縮
 - 設計に特化した人材配置
- 正味熱効率~ 41%

再生可能エネルギーとの融合

- ゼロエミッション、出力調整可能なエネルギー源
- 24時間365日100%で出力する原子炉の価格追随者 (プライスフォロワー)
- 発電容量345MWe
- エネルギー貯蔵装置と組み合わせて500MWe (5.5時間) まで拡張可能



原子力の熱利用

- ◆ 750炉年以上の経験 - 440基を超える原子炉の総発熱量の0.5%未満を占める
 - ほとんどが水冷却炉
- ◆ **地域暖房**:43基の原子炉が使用され、～500炉年
 - 平均5%の熱出力、範囲は5～240MWth
 - 通常、<150° C
- ◆ **海水淡水化**:17基の原子炉を使用、～250炉年
 - ほとんどが熱プロセス(多重効用蒸留(MED)と多段フラッシュ(MSF))を使用、<130° C
- ◆ **工業用プロセス熱**:7基
 - 通常、中圧スチーム(<250°C)をベースとする。

原子力熱の産業プロセスへの利用

国名, 炉型	利用先	所在地	蒸気システム容量 MWth	運転
カナダ、ブルースA CANDU炉	重水製造、ブルース・エネルギー・センター	オンサイト重水製造 BECへのオフサイト供給	5,350	1981-1997
ドイツ、シュターデPWR	製塩所	オフサイト	30	1984-2003
スイス、ゲスゲンPWR	段ボール工場	オフサイト	54	1979-
英国、コールダーホールMAGNOX	燃料工場	隣接地		1956-2003

原子力コージェネレーションの過去の経験

- ◆ 英国コールダーホールMAGNOX(熱を利用したオンサイト核燃料発電所、2003年に停止)
- ◆ ノルウェー ハルデンBWR(サウグブルグス製紙工場用蒸気、2018年停止)
- ◆ スイス ゲスゲンPWR(段ボール工場への2km以上の蒸気輸送)
- ◆ カナダ ブルースA CANDU(地域および産業用暖房、コージェネレーションは1997年に停止)
- ◆ ドイツ シュターデPWR(製塩所、2003年に停止した原発)
- ◆ スイス ベツナウ(地域暖房)
- ◆ 東欧諸国(地域暖房)
- ◆ >200炉年以上の海水淡水化運転経験(主に日本、インド、カザフスタン; MSF、MED、RO(逆浸透法)技術)

反省と教訓

- ◆ 可能であれば、発電専用設計されたシステムの改修に費用がかかる可能性を避けるため、原子力システムの設計段階で熱利用を検討することが重要である。
- ◆ 原子力コージェネレーションシステムの安全で信頼性の高い運転については、前例が確立されている。
- ◆ 原子力基準や規制は、これらのシステムの多くが稼動して以来進化しており、現在の取り組みの一環として見直す必要がある。

原子力による地域暖房：再考の必要性

1. はじめに

- 非電力利用としては、地域暖房やプロセス熱の供給例もあり（ロシア、スウェーデン、ハンガリー、ブルガリア、スロバキア、ルーマニア、スイス、中国など）。

2. 地域暖房目的でのNPPからの熱回収の可能性と限界

- 熱利用目的の原子炉建設計画があるのは中国のみ。ロシアでは、かなり長い（77km）パイプラインが存在。フィンランドでは、議会承認が得られず断念。

3. 地域暖房

- 地域暖房は通常、人口が比較的密集し、熱需要が高い地域に設置される。
- 主な欠点は、配管（パイプライン）と暖房設備の投資コストが高いことである。
- 原子力による地域暖房は、1964年スウェーデン、1965年ロシアと、産業開始当初から利用されている。
- 地域暖房用として出力が最大なのは、ロシアとスロバキアのNPPである。
- ソ連、チェコ、スロバキア、ポーランド、ブルガリアで建設計画が中断、または建設が始まったが断念となった。
- 地域暖房供給に使用されている原子炉の大部分は東欧にある。
- 多くのプロジェクトが、電力自由化の後、資金調達が困難となり、プロジェクトは断念となった。

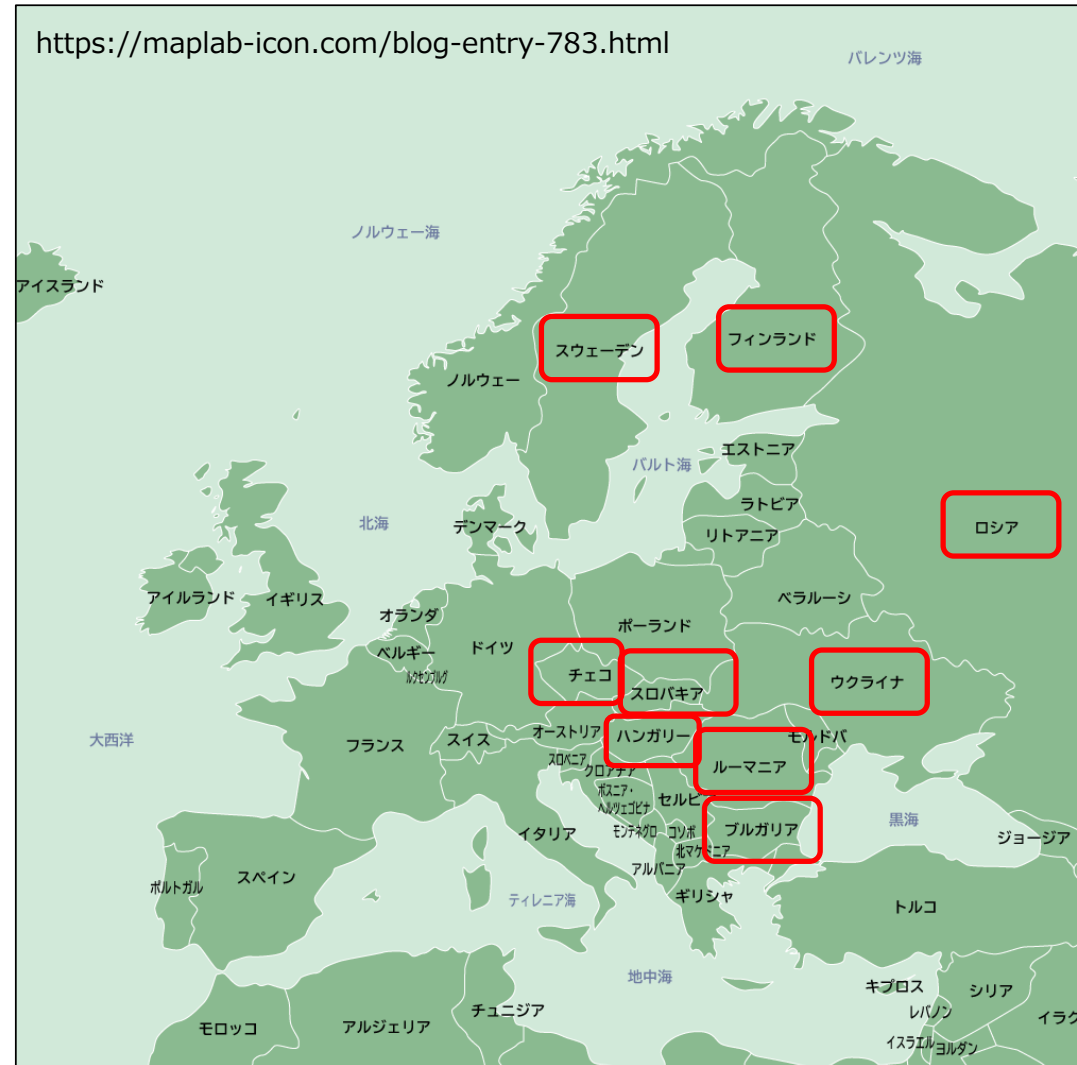
4. 結論

- 地域暖房利用の重要な障害となっているのは、現代のNPPがかなり大規模な施設であり、熱の供給が可能な主要都市部から遠く離れた場所に設置されているためである。
- 地域暖房プロジェクトの多くは、自由化されたエネルギー市場では資金調達が困難であり、実現不可能として放棄された。
- エネルギー市場の設計が重要であり、炉の設計寿命60年を通じて、コストが回収されるようなシステム（環境）では、非常に競争力があるとされ、逆に炉の資金融資期間（例えば15年）では、競争力がないとされるかもしれない。

原子力による地域暖房：世界の適用例

■ 原子力による地域暖房

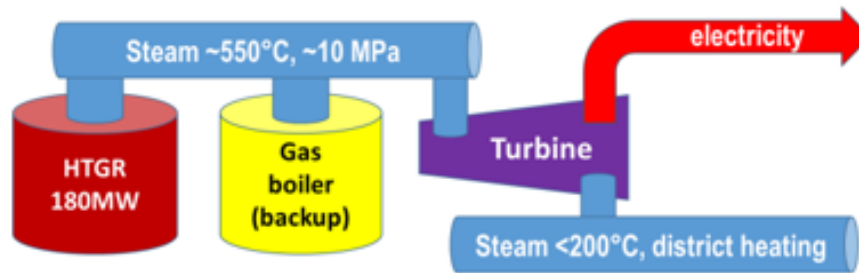
- 東欧、旧ソ連が中心となり、開発。
 - 大型炉にて運用。
 - 電力自由化に伴い、資金調達が困難となり、多くのプロジェクトが継続断念。
 - ロシアBN-600も実績はあるが、小規模。
-
- SMRによる熱供給がメインストリーム。
 - アカデミック・ロモノソフは、2020年に熱供給を開始。
 - フィンランドのスタートアップ企業も参入。
 - SAMRs（SMR, AMR, マイクロリアクター）ではマイクロリアクターも多い。
-
- 中国が複数のNPPで熱供給プロジェクトを開始。
 - 長距離熱輸送パイプライン建設、運転開始。
-
- SAMRs熱供給vs中国、の構図。



ポーランドにおける高温ガス炉めぐる動き

- 石炭依存のエネルギー構造からの転換のため、大型軽水炉の建設計画とは別に、高温ガス炉を導入する計画
- 石炭火力プラントからのリプレース用として、電力だけでなく、化学産業などの産業用の熱供給源としても利用
- ポーランドの国立原子力研究センター（NCBJ）が中心となり、日本原子力研究開発機構（JAEA）の支援を受けながら、高温ガス実験炉（HTGR-POLA）の開発を行い、概念設計を完成（2023年6月公開）

HTGRによる電熱供給



出所: NCBJ 発表“Research and development in SMR technologies – HTGR, a promising technology” 於 ZPP Conference, Warsaw, June 12, 2023

ポーランドの産業用熱利用の市場:

大規模 13 化学プラントで計 6,500MWt、
400～550°Cの熱需要あり。

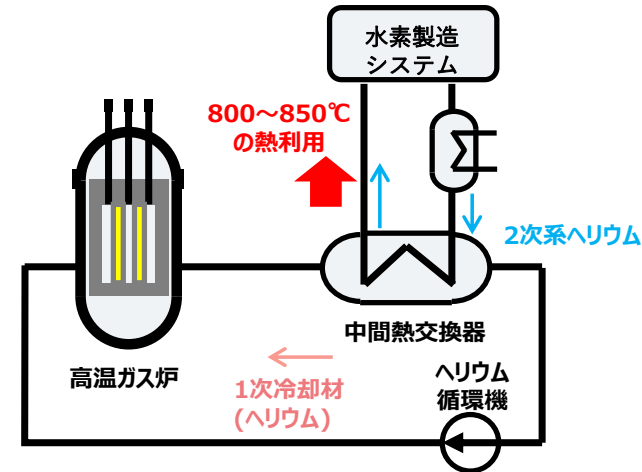


原子力発電プログラム（PNPP）2020と2040年までのエネルギー政策（PEP2040）では、高温ガス炉について大型炉の代替にはならないものの、NCBJで研究プロジェクトが進捗中であり、2040年以降、主に産業用のプロセス熱源として利用可能性があるとしている

Ref:https://www.jaif.or.jp/information/nucleartrend_poland

水素製造技術

- 高温ガス炉を熱源として800℃を超える超高温を水素製造施設に供給
- 水素製造施設には、カーボンフリー水素製造法を採用し、大量かつ安価な水素を供給
- カーボンフリー水素製造技術の技術成熟度を見極め、採用する水素製造技術を選定



	メタン水蒸気改質法	高温水蒸気電解法	メタン熱分解法	IS法
概要				
	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$	$\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C(s)}$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$

各国の水素戦略（1/2）

国・地域	政策名	目標等	水素製造法	原子力
欧州	欧州の気候中立に向けた水素戦略 (2020.7.8)	再エネ水素用の電解設備容量: 6GW(2024年)、 40GW(2030年)	再エネ由来水素の開発に重点。 (短中期的には低炭素水素が必要)	原子力に関する記載無し
独国	国家水素戦略 (2020.6.10)	グリーン水素設備容量: 5GW(2030年)、 +5GW(2040年)	- 今後10年: ブルー水素、ターコイズ水素 - 長期的には再エネ由来のグリーン水素	原子力に関する記載無し
仏国	脱炭素水素のための 国家戦略 (2020.9.8)	電解設備容量: 6.5GW(2030年)	電気分解	原子力に関する記載無し
英国	英国水素戦略 (2021.8.17)	低炭素水素製造容量: 5GW(2030年)	- CCUS付メタン水蒸気改質、再エネ電力による水電解、CCS付バイオマスガス化(BECCS) (既存及び次世代原子力による水素製造、メタン熱分解、熱化学法水分解等も評価)	- 小規模原子力技術に投資、新規大規模原子力技術を追求。 2030年代半ば以降の水素製造源として原子力(SMR及びAMRによる熱、電力供給)。 - 水電解、高温水蒸気電解、熱化学法に原子力を想定。

各国の水素戦略（2/2）

国・地域	政策名	目標等	水素製造法	原子力
米国	水素プログラム計画 (2020.11.12)	- 水素製造・供給コスト：各\$2/kg - 産業・発電用途：\$1/kg	- 短期：石炭、バイオマス、廃棄物のガス化＋CCUS、化石燃料改質及びバイオマス変換、水電解（低温、高温） - 長期：短期に加え微生物変換または熱化学法や光電気化学法も含む	原子力水素は、低温及び高温電解
カナダ	カナダ水素戦略 (2020.12.16)	水素製造量： 300万トン（2025、高炭素） 400万トン（2030低炭素） 2000万トン（2050、低炭素）	グリーン水素、ブルー水素、原子力	- 大型原子炉：大規模集中型の水素生産、SMR：分散型水素生産への適用。 - SMRの高温熱による水素製造：水蒸気改質（蒸気発生源）、高温水蒸気電解、熱化学法。
露国	2035年までのエネルギー戦略 (2020.6.9)	水素輸出量： 0.2百万トン（2024年） 2百万トン（2035年）	- 再生可能エネルギーや原子力を含む天然ガス原料水素製造 - 転換法による水素製造、メタン熱分解、電気分解など	再生可能エネルギーや原子力を含む天然ガスからの水素製造の増加を記載
中国	低炭素水素・グリーン水素・再生可能水素の規格と認証制度 (2020.12.29)	- 低炭素水素<14.51 - グリーン水素・再生可能水素<4.9 [kg-CO2/kg-H2]	化石由来（石炭ガス化、天然ガス水蒸気改質）、水電解（再エネ、原子力）、副生水素を提示	原子力による水電解プロセスのLCAバウンダリを提示

英国 水素戦略（1/2）

（1）概要

- 英国政府（BEIS）は2021年8月17日、同国初の「**水素戦略**」⁽¹⁾を発表。
- 2020年11月18日に発表した「グリーン産業革命のための10ポイント計画」における低炭素水素を推進。
- 同戦略において、以下を提示⁽²⁾
 - 2030年までに英国で9,000人以上の雇用を創出し、40億ポンドの投資を可能とする。
 - 低炭素水素と化石燃料間のコストギャップを克服する方法を検討するための協議を開始。
 - 1億500万ポンドの政府資金提供により、排出産業の排出量を大幅な削減を支援。
 - グリーン水素とブルー水素（※）、複数の技術を支援する「ツイントラック」アプローチの下、2022年に政府の水素製造戦略の詳細を示す。
 - 産業界と協力の下、低炭素水素に関する英国規格を策定し、国内での水素の展開を支援。
 - 水素セクターの拡大に向け、ネットワーク及び貯蔵インフラの開発支援を検討。
 - 産業界と協力して、既存のガス供給に20%の水素を混合することの安全性、技術的実現性、コスト効果を評価。
 - 2022年初頭に水素セクターの開発アクションプランを立ち上げ、サプライチェーン、スキル、雇用に対する政府の企業支援を明示。



※：ブルー水素：メタン水蒸気改質＋CCUSにより製造される水素

グリーン水素：水電解により製造される水素（ゼロカーボン水素：グリーン水素の内、特に再生可能エネルギー由来電力によるもの）

英国 水素戦略（2/2）

（2）ロードマップ

- 同戦略では、2020年代における水素経済ロードマップを策定⁽²⁾。
- 「製造」、「供給網」、「利用」それぞれのビジョンを示すとともに各年代のキーアクションとマイルストーンを提示。
- 特に「製造」では、**2030年までに5GWの低炭素水素製造容量**を野心的な目標として掲げ、CCUS集積拠点を洋上風力発電を増強するとしている。
- なお、2050年における主要な水素製造は、CCUS付メタン水蒸気改質、再エネ電力による水電解及びCCS付バイオマスガス化（BECCS）と予測。ただし、既存及び次世代原子力による水素製造、メタン熱分解、熱化学法水分解といった他の水素製造法についても、将来の水素製造ミックス検討に向け評価が必要と言及。

（3）原子力に係る記載

- 脱炭素電源として、小規模原子力技術に投資しつつ、新規大規模原子力技術を追求。
- 2030年代半ば以降の水素製造源として原子力（SMR及びAMRによる熱、電力供給）を記載。
- 具体的には、水電解、高温水蒸気電解、熱化学法に原子力を想定しており、それぞれ、2020年代、2030年代及び2030年代後半の適用を想定。

- 我が国でも、2023年6月、「水素基本戦略」を発表
 - 全体方針、水素産業戦略、水素保安戦略が記述
- HTTRによる水素製造実証試験を進めている

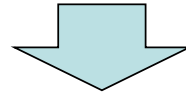
(1) BEIS, 「UK hydrogen strategy」, August 2021. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy>

(2) BEIS, 「UK government launches plan for a world-leading hydrogen economy」, August 2020. <https://www.gov.uk/government/news/uk-government-launches-plan-for-a-world-leading-hydrogen-economy>

まとめ

◆報告内容

□IAEAとGIFの取組を中心に、再エネ協調技術開発の国内外動向を紹介



□世界中で再エネ導入拡大を目指している中、統合エネルギーシステム、蓄熱、水素製造といった再エネ協調技術により、原子力の新たな価値が生み出される。

□高速炉や高温ガス炉といった新型炉は高温域の熱エネルギーを提供でき、原子力ー再エネ協調システムとして活かしやすい。

□ただし、諸外国に比べて、日本は再エネ協調技術開発が遅れている。

□民間の活力を活かした革新炉開発に国が支援していき、日本の原子力の人材・技術・産業基盤の維持・強化に繋げていくことが重要