令和5年度原子力の利用状況等に関する調査
（国内外における原子力政策・産業動向調査等）

調査報告書

MRI 三菱総合研究所

令和6年3月29日

目次

はじめに 2

（1）震災後の国内原子力産業に関する調査・分析 3

（2）諸外国および原子力関係国際機関における政策動向調査 5

①各国における原子力発電関係動向の収集・共有 6

②各国における原子力政策などについての基本情報の調査 7

③海外における原子力政策等動向に関する資料の取りまとめ等 8

④原子力関係国際機関における議論の動向に関する調査 9

（3）日本の原子力政策・産業動向の発信支援 10

Copyright © Mitsubishi Research Institute

はじめに

本報告書は、経済産業省資源エネルギー庁殿からの委託事業として株式会社三菱総合研究所が実施した「令和5年度原子力の利用状況等に関する調査（国内外における原子力政策・産業動向調査等）」の調査成果をまとめたものである。

本事業では、国内および諸外国・地域における原子力政策に係る議論の動向等を幅広く情報収集・分析することを通じて、我が国の原子力政策の立案・発信に資することを目的としており、以下の実施項目について本報告書にとりまとめた。

（1）震災後の国内原子力産業に関する調査・分析
- ① 国内外のサプライヤチェーンの動向・市場調査
- ② 部品・素材の供給途絶対策
- ③ サプライヤの技術・人材の維持・強化の取組

（2）諸外国および原子力関係国際機関における政策動向調査
- ① 各国における原子力発電関係動向の収集・共有（随時提供した情報）
  - ✓ 諸外国の原子力関連機関、関連事業者等の公開情報を収集し、経済産業省資源エネルギー庁殿へ、メールを用いて即時的な情報として提供したもの。
- ② 各国における原子力政策などについての基本情報の調査（国別プロファイル）
  - ✓ 調査対象国・地域の原子力動向をより良く把握できるようにするために、各国の基本情報、エネルギー政策・計画、原子力政策・計画、原子力関連動向等の情報をとりまとめた国別プロファイル。
- ③ 海外における原子力政策等動向に関する資料の取りまとめ等（重要動向として提供した情報）
  - ✓ 上記①のうち、詳細な検討が必要な案件について、背景情報なども踏まえた重要情報として情報提供したもの。（参考情報や経緯等、必要とされる範囲で整理・提供した情報を含む。）
- ④ 原子力関係国際機関における議論の動向に関する調査
  - ✓ 経済産業省資源エネルギー庁殿ご担当課からの依頼に応じて原子力関係国際機関が発行したレポートの概要を取りまとめたもの。

（3）日本の原子力政策・産業動向の発信支援
- ✓ 経済産業省資源エネルギー庁殿ご担当課からの依頼に応じて日本の原子力政策や国内の産業動向について対外発信に使用する資料の作成を行ったもの。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

（1）震災後の国内原子力産業に関する調査・分析

Copyright © Mitsubishi Research Institute

（1）震災後の国内原子力産業に関する調査・分析

震災後の国内原子力産業に関する調査・分析として、①～③の3項目について、以下に示すそれぞれの項目について、調査・分析した内容を取りまとめた。
調査内容詳細について、**別添1「震災後の国内原子力産業に関する調査・分析」**を参照。

①国内外のサプライヤチェーンの動向・市場調査

- 脱炭素への貢献
- 国内の産業動向・人材育成調査
- 原子力産業・SCによる国内経済への裨益
- 原子力を国内SCで保持する経済面以外の裨益
- 原子力産業の国産化
- 世界の原子力市場の見通し
- 諸外国の産業動向・人材育成調査
- GX等で対象となる他産業の市場規模推移とサプライチェーン調査

②部品・素材の供給途絶対策

- SC喪失による影響
  ※③に共通する事項は③にも含めている。

③サプライヤの技術・人材の維持・強化の取組

- 国内の技術者教育の取り組み
- 他産業での技術・人材の維持・強化の取組
- 他産業での人材数算出の取組
- 国内でのものづくり人材育成の新たな取組
- 諸外国での技術・人材の維持・強化の取組
- 日本国内の人材育成体制改善案の検討

Copyright © Mitsubishi Research Institute

（2）諸外国および原子力関係国際機関における政策動向調査

Copyright © Mitsubishi Research Institute

①各国における原子力発電関係動向の収集・共有

原子力発電およびこれに関係する気候変動対策・エネルギー政策に係る海外報道や海外政府・民間企業等による発表について逐次情報収集を行い、以下の方法にて、情報提供を行った。

■ **海外報道や海外政府・民間企業等による発表の取りまとめ、配信**

- 原子力発電およびこれに関係する気候変動対策・エネルギー政策に係る海外報道や海外政府・民間企業等による発表について、毎週3回とりまとめ、メールにて配信を行った。
  - ✓ 各国における原子力発電所の新設計画、建設状況等
  - ✓ 原子力政策の変更等
  - ✓ 革新炉等の開発状況、プロジェクト状況等
  - ✓ 各国の原子力規制動向等

■ **米政府及び議会、現地有識者に関する提供情報**

- 日本における原子力政策立案の参考とすべく、特に、米国の原子力・エネルギー関連動向について動きがあった際に、不定期に、同国原子力・エネルギー政策に精通するシンクタンクから、米政府及び議会、現地有識者に関する提供情報を行った。（年間60本程度）
  - ✓ 連邦政府の原子力関連予算等
  - ✓ 連邦政府の原子力関連政策等
  - ✓ 州政府の原子力支援策等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

②各国における原子力政策などについての基本情報の調査

調査対象国・地域の原子力動向をより良く把握できるようにするために、各国の基本情報、エネルギー政策・計画、原子力政策・計画、原子力関連動向等の情報を、国別プロファイルとして取りまとめた。

なお、重点6カ国（米国、英国、仏国、カナダ、中国、韓国）については、ポイントをそれぞれ1枚に総括した資料及び調査対象国における各国の基本情報、エネルギー政策・計画、原子力政策・計画、原子力関連動向等（輸出戦略、サプライヤ動向、等を含む）を整理した。

※これらの調査内容について、詳細は**別添2「国別プロファイル　2024年3月」**を参照。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

③海外における原子力政策等動向に関する資料の取りまとめ等

海外における原子力政策等動向に関する問い合わせに対して、情報収集及び資料の取りまとめを行った。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

④原子力関係国際機関における議論の動向に関する調査

本項目について、経済産業省資源エネルギー庁殿ご担当課からの依頼はなかった。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

（3）日本の原子力政策・産業動向の発信支援

Copyright © Mitsubishi Research Institute

（3）日本の原子力政策・産業動向の発信支援

本項目は、経済産業省資源エネルギー庁殿ご担当課からの依頼に応じて日本の原子力政策や国内の産業動向について対外発信に使用する資料の作成を行うものであるが、ご担当課からの依頼はなかった。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

令和5年度原子力の利用状況等に関する調査
（国内外における原子力政策・産業動向調査等）
調査報告書

別添1「震災後の国内原子力産業に関する調査・分析」

MRI 三菱総合研究所

令和6年3月29日

目次

①国内外のサプライヤチェーンの動向・市場調査 2

②部品・素材の供給途絶対策 44

③サプライヤの技術・人材の維持・強化の取組 46

Copyright © Mitsubishi Research Institute

①国内外のサプライヤチェーンの動向・市場調査

1. 脱炭素への貢献
2. 国内の産業動向・人材育成調査
3. 原子力産業・SCによる国内経済への裨益
4. 原子力を国内SCで保持する経済面以外の裨益
5. 原子力産業の国産化
6. 世界の原子力市場の見通し
7. 諸外国の産業動向・人材育成調査
    - ① 仏国
    - ② 米国
    - ③ 英国
    - ④ 韓国
8. GX等で対象となる他産業の市場規模推移とサプライチェーン調査

Copyright © Mitsubishi Research Institute

今後の脱炭素への貢献

- **原子力発電はライフサイクルを通じた温室効果ガス排出量が少ない電源である。**

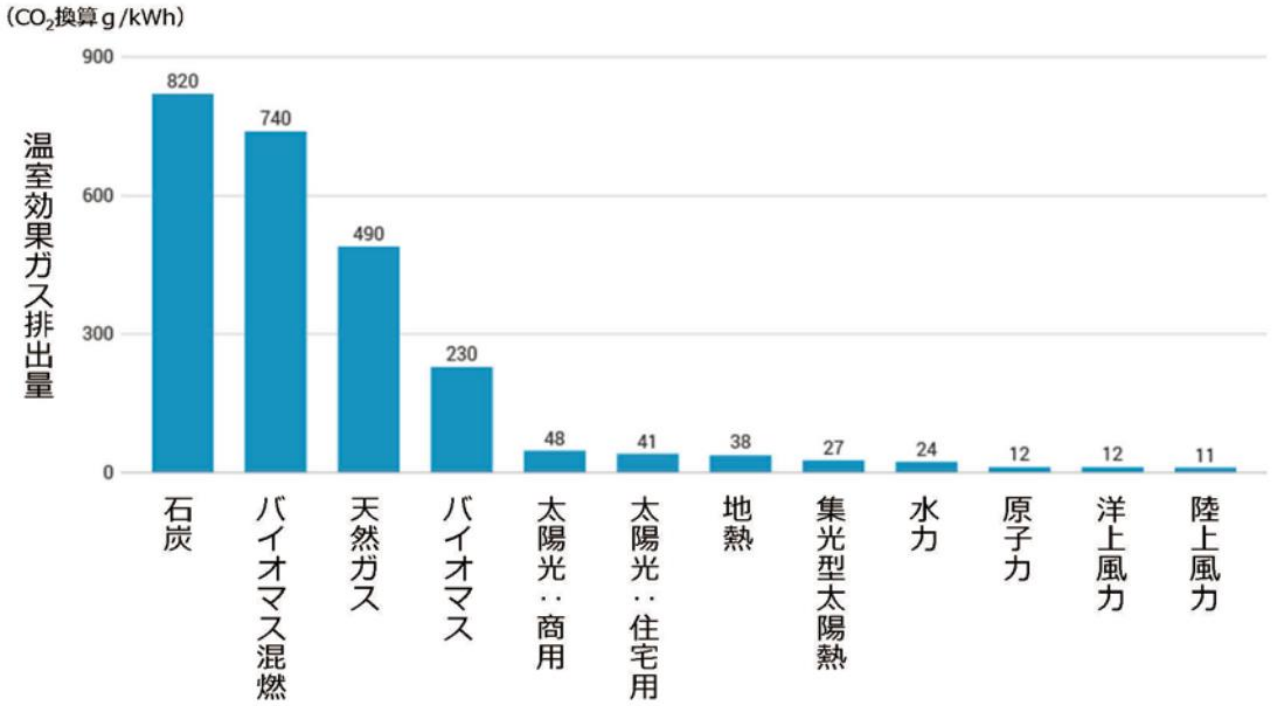


図 8　電源別ライフサイクル温室効果ガス排出量（二酸化炭素換算）

(注) IPCC 第 5 次評価報告書第 3 作業部会報告書 Annex 3「Technology-specific Cost and Performance Parameters」(2014 年) を基に世界原子力協会 (WNA) 作成。
(出典) 世界原子力協会 (WNA)「Carbon Dioxide Emissions From Electricity」(2021 年) に基づき作成

※使用電力量当たりの温室効果ガス排出量を二酸化炭素相当量に換算した値を示す単位

出所：令和３年度版原子力白書「特集　２０５０ 年カーボンニュートラル及び経済成長の実現に向けた原子力利用」

- 原子力発電におけるライフサイクル温室効果ガス排出量は12gCO_2e/kWh※
- 太陽光発電（41～48gCO_2e/kWh）よりも低く、洋上風力発電（12gCO_2e/kWh）に匹敵する低さ

- 特に原子力発電は石炭火力発電と比べると温室効果ガス排出量が極めて低く、石炭火力からのリプレイス等を行う価値は高いといえる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

今後の脱炭素への貢献

- 高い設備利用率での運用が可能であり、安定供給が見込める。
- 米国では高い設備利用率を達成している。今後、他の電源の設備利用率などと比較し、より安定供給のできるベースロード電源としての活用が見込まれる。

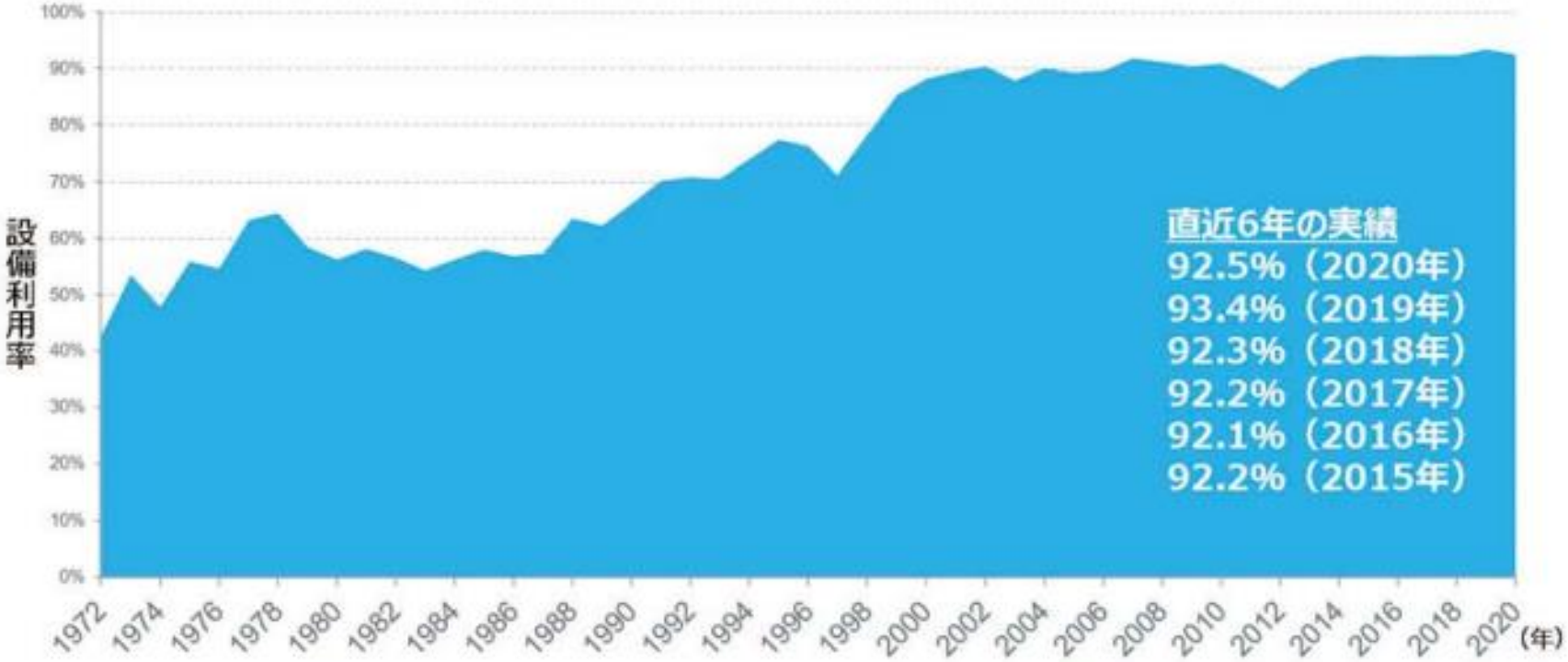


図 12　米国における設備利用率の推移

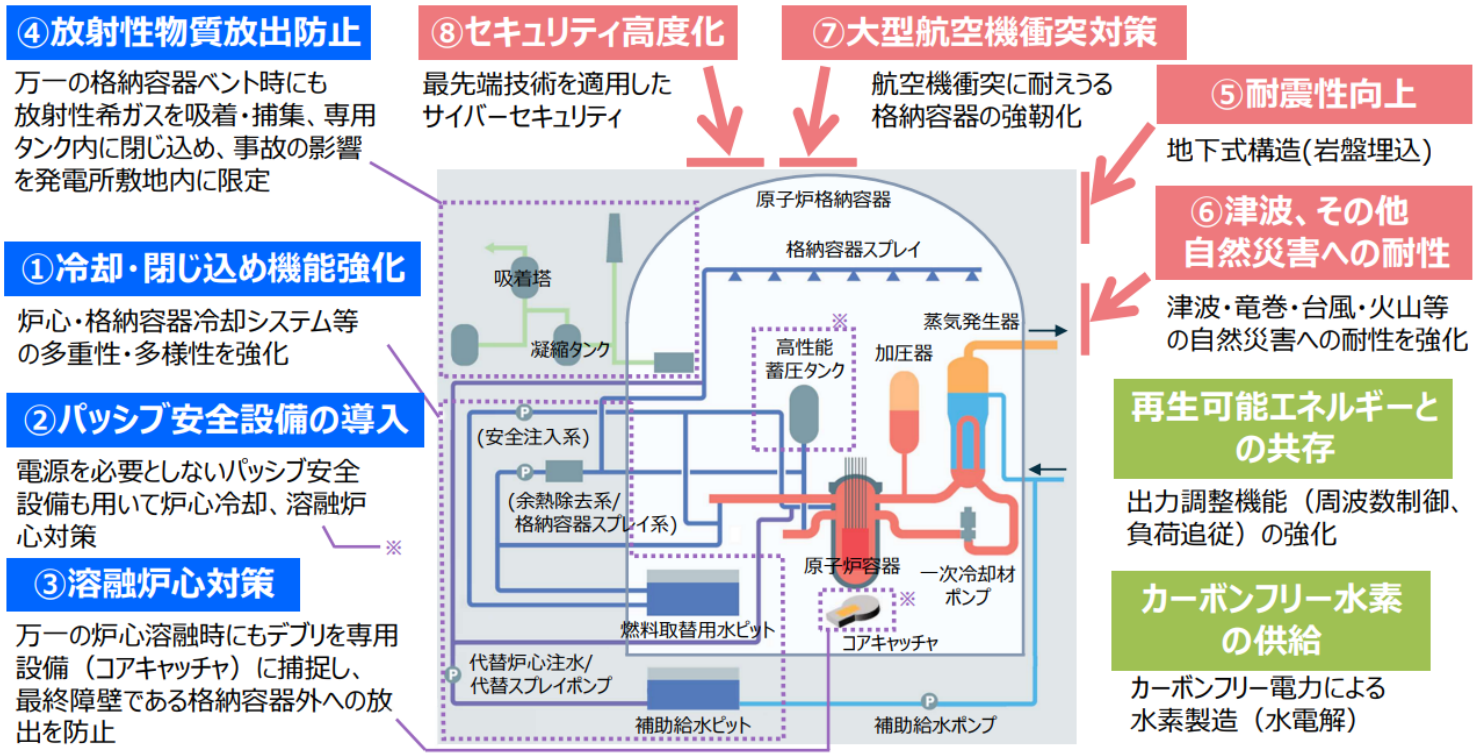
(出典) 米国原子力エネルギー協会(NEI)「U.S. Nuclear Industry Capacity Factors」(2021 年)に基づき作成

出所：関西電力、原発の長期連続運転を検討　利用率向上を目指す、2023年11月15日、https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUF157CK0V11C23A1000000/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内先進炉の導入

- 三菱重工SRZを導入することで再生可能エネルギーとの共存および水素製造が期待される。
- 再生可能エネルギーの拡大に伴う電力系統不安定化や、低負荷期の余剰電力発生という課題に、カーボンフリー電源である原子力で対応を行っていく。
- 一日単位の電力需要変化に合わせた出力調整運転である「日負荷追従運転」に対応する。
- 秒～分単位の比較的小幅な電力需要変化に合わせ、プラント出力を調整（約±5%）する「周波数制御運転」に対応する。

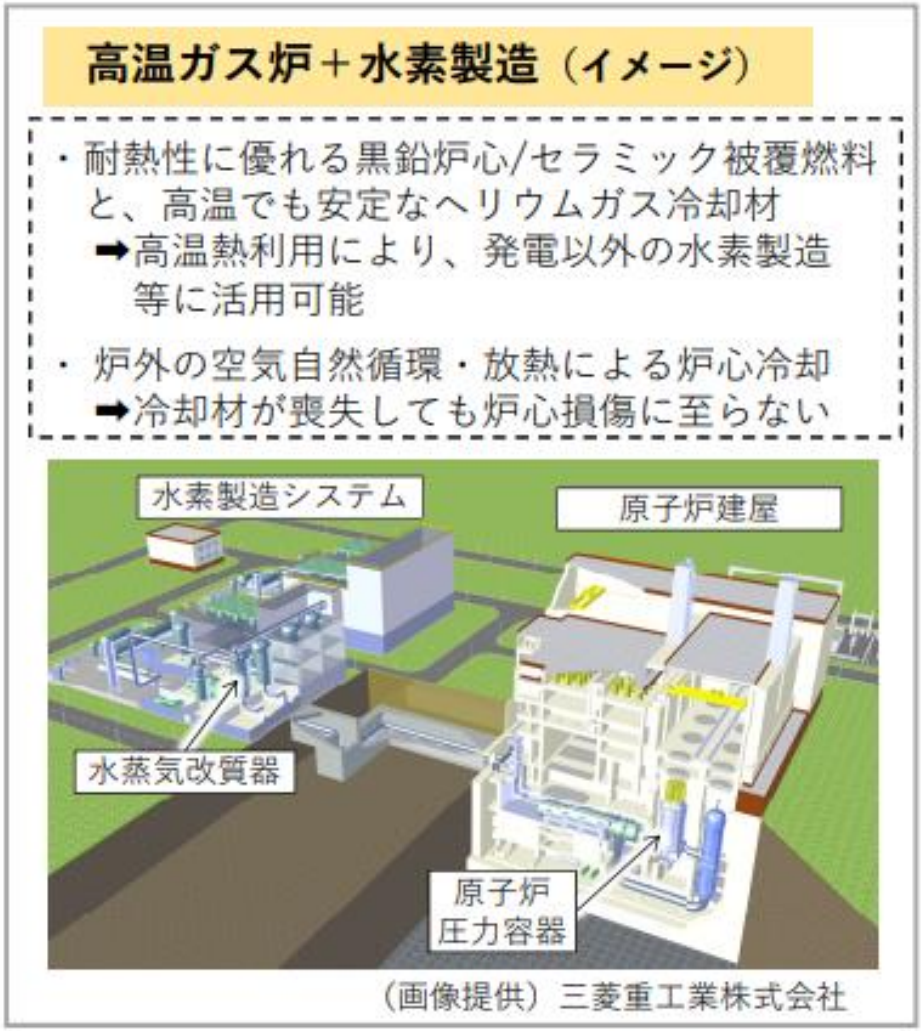


Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所）原子力安全部会セミナー「革新軽水炉 SRZ-1200」、2022年10月29日

国内先進炉の導入

- 高温・高速炉を導入した際の脱炭素への貢献は水素製造および熱利用が挙げられる。



出所）九電グループ「カーボンニュートラルビジョン2050」、2021年4月28日

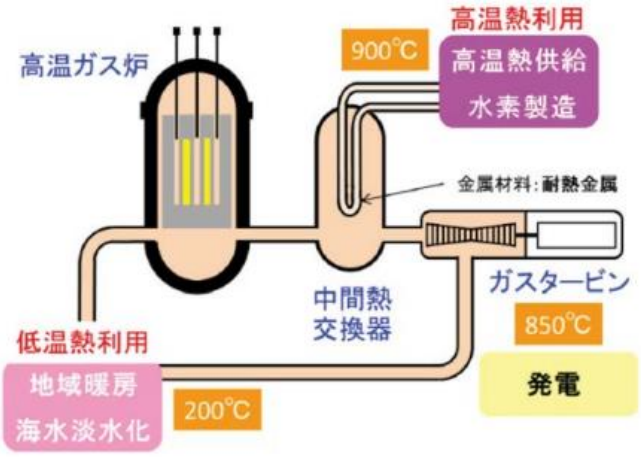


図 13　高温ガス炉における多様な熱利用のイメージ
（出典）原子力機構「カーボンニュートラルに貢献する高温ガス炉の開発（2022.03.31 掲載）」（2022 年）

水素製造

■ 約220MWtの熱で時間当たり12 万Nm³/hr（年間9億 Nm³以上）の水素製造量を目指している。さらに、2050 年以降に向けて高温水蒸気電解法や IS 法等、カーボンフリー水素製造方法の実用化を想定

熱利用

■ 熱を用いた工業利用という側面でも脱炭素への貢献が期待される。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

先進炉導入に関する海外事例①ー化学産業の活用ー

- 米国において民間企業による先進炉導入事例が増加しつつある。

ダウ社高温ガス炉導入プロジェクト概要

X-エナジー社 高温ガス炉

ダウ社概要

- プラスチックや人口化合物のシリコン、産業用中間代謝産物といった素材製品分野の製造を行う
- 世界31か国104地点に製造工場をもつ
- ダウ社は2050年までに温室効果ガスの排出量実質0を目指している

高温ガス炉導入概要

- ダウ社が所有するシードリフト製造サイトに、X-エナジー社の高温ガス炉を導入し、クリーンで安全性の高いベースロード用電源を用いた製造を行う
- 各原子炉は80MW/基のユニットとして運転するよう設計されており、4基のプラントを導入し合計320MWの電力を供給する供給源として最適化されている。

メリット

- 電力供給だけでなく、1モジュール当たりの熱出力が20万kWほどあるため、高温高圧の蒸気を産業用にも使用することができる
- 小型で少ない敷地面積で導入することができる

出所）X-energy社HP、2024年3月閲覧、https://x-energy.com/media/news-releases/dow-and-x-energy-to-drive-carbon-emissions-reductions-through-deployment-of-advanced-small-modular-nuclear-power

Copyright © Mitsubishi Research Institute

先進炉導入に関する海外事例②ーIT企業の活用ー

- **マイクロソフト社をはじめとする、大規模な電力消費を要するデータセンター等を保有する企業での原子力由来の電力購入は脱炭素社会へ大きく貢献している。(1)**
  - 米コンステレーション・エナジー社は6月29日、米マイクロソフト社がヴァージニア州に所有するデータセンターへ供給する電力を、最大35%原子力由来にする契約を締結
  - マイクロソフト社は本契約によって、同社が新たに購入する風力発電および太陽光発電を原子力発電により補完
  - マイクロソフト社はコンステレーション・エナジー社が保有する単位時間ごとのカーボン・フリー・エネルギー(CFE)マッチングプラットフォームを利用して電力使用実績を追跡可能

- **ヘリオン社及びマイクロソフトは世界初の核融合発電による電力購入契約を発表した。(2)**
  - ヘリオン社は2028年までに発電を開始することを目指しており、少なくとも50MWを供給する

出所)
(1)Constellation Signs Hourly Carbon-Free Energy Matching Agreement with Microsoft to Support a Clean-Powered Data Center, マイクロソフト社, June 29, 2023,(https://www.constellationenergy.com/newsroom/2023/Constellation-signs-hourly-carbon-free-energy-matching-agreement-with-Microsoft-to-support-a-clean-powered-data-center.html)
(2) Helion announces world's first fusion energy purchase agreement with Microsoft, Helion Energy, May 10, 2023, https://www.helionenergy.com/articles/helion-announces-worlds-first-fusion-ppa-with-microsoft/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業界との関連における国内の人材育成の取り組み

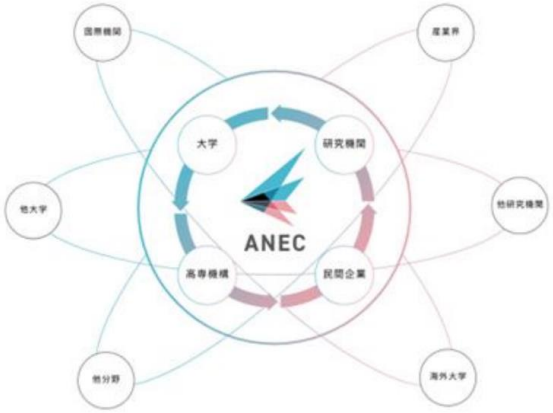
- 原子力人材育成ネットワークでは、産業界から必要な「人材スキル・ニーズ」を特定し、積極的に情報発信し、若手技術者等の人材確保に注力する方針である。
- 文部科学省では、ANEC（未来社会に向けた先進的原子力協力コンソーシアム）を活用し、今後産業界の人材ニーズを踏まえ、経済産業省と文部科学省が連携し、教育機関・研究機関のカリキュラム・講座開発を実施するなど、産学官の原子力人材育成体制を拡充していく方針である。

原子力人材育成ネットワークの取組

- 産学官の原子力人材育成機関の相互協力の強化及び我が国一体となった原子力人材育成体制の構築を目指し、国の呼びかけにより、平成22年に「原子力人材育成ネットワーク」を設立。
- **企業や国際社会が求める人材像をより的確に把握**し、効果的・効率的・戦略的に人材育成活動を推進。
- 人材の育成と確保を戦略的に行う方策を検討し、2014年に戦略ロードマップを策定、現在この**ロードマップの改訂版を検討中**。

ANECの概要

- 全国の大学、高等専門学校、研究機関、民間企業等が連携して、大学等や一般の方々のための最適なカリキュラムを構築。
- 大型実験施設の共同利用を通じた実習機会の充実や国際機関や海外の大学、他分野との連携を促進する。



出所）資源エネルギー庁、革新炉開発に関する検討の深堀りについて、令和４年11月２日、
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/006_03_00.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力産業による経済への波及影響

- 各国の原子力産業による年間の国内経済への影響を、運転中の原子炉1基あたりの値で評価した。

		米国	英国	仏国	韓国	カナダ	日本
原子炉(基)	運転炉(現在)	93	11	56	24	19	33
経済への影響(直接)	年間あたり(評価年)	430億ドル※US1(2010)	64億ポンド※UK1(2016)	490億ユーロ(2019)※FR1	ー	60億加ドル※C1(2017)	2兆1,034億円(2020)
	年間・1基あたり(円換算)	約600億円	約954億円	約1,200億円	ー	約319億円	約637億円
経済への影響(間接)	年間あたり(評価年)	808億ドル※US1(2010)	124億ポンド※UK1(2016)	1,262億ユーロ(2019)※FR1	ー	170億加ドル(2017)	ー
	年間・1基あたり(円換算)	約1,130億円	約1,850億円	約3,087億円	ー	約904億円	ー
	備考	ー	第二次波及効果までと考えられる	第二次波及効果まで	ー	原子力産業の支出に乗数をかけて算出	ー

- 各国の事例ベースで、建設・運転等のライフサイクル各フェーズにおける、経済への影響(見込み含む)を整理した。

		米国	英国	仏国	韓国	カナダ	日本
対象プラント(設備容量)		ヴォーグル3・4(1,250MW×2)	ヒンクリーポイントC(1,720MW×2)	EPR1基※FR3(1,630MW)	米国・中東10基	オンタリオ州SMR(実証炉300MW)	ー
ライフサイクルのフェーズごとの経済への影響	1基あたり建設時 運転時/年	(2014年レポートでは、建設により51億ドルの価値発生)※US2	7.5億ポンド※UK2 2,000万ポンド/年(運転)	ー	ー	約34億ドル※C2	ー
	備考	"代替発電と比較した顧客への価値"と表現されている。度重なるコスト上昇があるため、参考として記載	地元経済への貢献見込み値	ー	ー	建設・60年運転の合計値とみられる	ー

Copyright © Mitsubishi Research Institute

※基数は〇年現在、
※1米ドル:130円、1ポンド:164円、1ユーロ:137円、1加ドル:101円換算

原子力産業による雇用数への波及影響

- 各国の原子力産業による雇用への影響を、運転中の原子炉1基あたりの値で評価した。

		米国	英国	仏国	韓国	カナダ	日本
原子炉(基)	運転炉	93	11	56	24	19	33
雇用数(直接)	人数	7万人※US3	6.6万人※UK1	18万人※FR1	2000社	3万人※C3	4.9万人
	1基あたり	750人	6,000人	3,200人	ー	1580人	1480人
	備考		原子力部門従事者	発電所直接雇用と原子力SC	ー	製造企業・輸出企業から推定	原子力関係従事者数
雇用数(間接)	人数	47.5万人※US3	15.5万人※UK1	45.7万人※FR1	ー	7.6万人※C1	ー
	1基あたり	5,100人	14,000人	8,160人	ー	4000人	ー
	備考	ー	非原子力企業や乗数効果による推定	非原子力企業や乗数効果による推定	ー	直接雇用数からの推定	ー

- 各国の事例ベースで、建設・運転等のライフサイクルの各フェーズにおける、雇用数を評価した。

		米国	英国	仏国	韓国	カナダ	日本
対象プラント(設備容量)		ヴォーグル3・4(1,250MW×2)	ヒンクリーポイントC(1,720MW×2)	EPR1基(1,630MW)※FR3	米国・中東10基	オンタリオ州SMR(実証炉300MW)	
ライフサイクルのフェーズごとの経済への影響	1基あたり 建設時 運転時 廃止措置時	建設時:3,000人以上 運転時:400人 ※US4	建設時:12,500人※UK2 運転時:450人	建設時:2,700名※FR2 運転時:500名※FR2	ー	1,939人/年※C2 296人/年 183人/年	ー
	備考	運転時は見込み値	見込み値	見込み値	ー	見込み値	ー

- 各国で評価された、原子力発電所の国産化率を整理した。

	米国	英国	仏国	韓国	カナダ	日本
国産化率	比率情報なし(原子力関連企業700社以上※US3)	ー	80%(2011年試算)※F1	ー	74%※C4(今後のSMR建設見込み)	多くの原発で90%以上

経済効果・雇用数の比較に関する出所一覧

【全体情報】
原子炉基数：IAEA、Power Reactor Information System、PRIS - Country Statistics (iaea.org)
サイクル施設：IAEA、Nuclear Fuel Cycle Facilities Databese、Nuclear Fuel Cycle Facilities (NFCIS) (iaea.org)
【アメリカ】
・経済効果：米国内複数のプラントの電力販売の売上高に基づき算出されている。
DOE, “Nuclear Energy Supply Chain Deep Dive Assessment(2022)”, https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-02/Nuclear%20Energy%20Supply%20Chain%20Report%20-%20Final.pdf
NEI, “Nuclear Energy’ s Economic Benefits — Current and Future(2012)”, http://large.stanford.edu/courses/2018/ph241/may2/docs/nei-apr12.pdf
【イギリス】
・経済効果：原子力セクター(発電所、原子力機器等を提供する企業・組織)の粗付加価値(売上から原価等を引いたもの)。
Nuclear Industry Association and Oxford Economics – Activity Report (2017)
【フランス】
・経済効果：原子力セクター(原子力発電事業者と原子力サプライチェーン)の売上
Deloitte、Economic and Social Impact Report、2019年4月25日、https://www.foratom.org/downloads/nuclear-energy-powering-the-economy-full-study/?wpdmdl=42758&refresh=5cc15b9cd1ec31556175772
フランス原子力学会、フランスの経済復興計画の一翼を担う原子力新規建設、2020年5月13日、https://www.jaif.or.jp/cms admin/wp-content/uploads/2020/07/JP-SFEN-Nuclear-new-build.pdf
【韓国】
・経済効果：2019年の原子力産業の総売上高。発電事業者15.9兆ウォン、サプライヤー3.9兆ウォン、研究機関およびその他、8932億ウォン。
科学技術情報通信部、2019年度原子力産業実態調査、2021年4月、
https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&nttSeqNo=3017379&pageIndex=&searchTxt=&searchOpt=ALL&bbsSeqNo=65&mId=84&mPid=83
【カナダ】
・経済：原子力産業の粗付加価値
MZConsulting Inc., “BENEFITS OF NUCLEAR ENERGY FOR CANADIANS”, https://cna.ca/wp-content/uploads/2019/11/MZ-Consulting-Benefits-of-Nuclear-Energy-for-Canadians.pdf
Canadian SMR Roadmap Steering Committee, “A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors”, 2018. https://smrroadmap.ca/wp-content/uploads/2018/11/SMRroadmap EN nov6 Web-1.pdf
【日本】
・経済効果：原子力関係支出高（電気事業者）
JAIF, “原子力発電に係る産業動向調査 2021報告書” https://www.jaif.or.jp/cms admin/wp-content/uploads/2021/11/sangyodoukou2021 report.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

【参考】英国原子力発電所の雇用創出と経済効果

- 英ハートルプール発電所においては、年間4,000万ポンド（約75億円）の雇用創出
- ほか建設中・計画中の発電所においても、多量の雇用創出、多額の経済効果見込みが算出

発電所	出力・基数	雇用（人数）	経済効果	CO2削減量
Hartlepool（運転中）	1.2GW（2基合計値）	530人（正社員） 200人（契約社員） 加え、運転停止期間の作業において ＋60人（新規雇用） ＋300人（契約社員）	雇用創出： 給与合計4000万ポンド （約75億円） ※正社員、契約社員合計	稼働40年間累計： 8,990万tCO2の削減 （225TWh、GTCC換算）
Hinkley Point C（建設中）	1.6GW×2基	累計19,200人の直接雇用 雇用支援サービスを利用し累計1,820人が就業 現状22,000人の雇用 （見込み） 建設終了時までに71,000人雇用	英国南西部の地元企業に累計53億ポンド（約1兆円）を投じる 英国南西部の1,343企業が建設に関与 全活動の64%が英国産業寄与 労働力の34%は地元より雇用	ー
Sizewell C（計画中）	1.67GW×2基	2,600人のSuffolkでの建設業務 70,000人の雇用支援 （見込み） 建設ピーク時に約1万人の雇用を創出	（見込み） 96,600ポンド/人（約1,800万円）の粗付加価値（GVA） 40億ポンドの地域経済活性化寄与	（見込み） 900万tCO2/年 60年稼働予定

特にHPCにおいて、高い国産化率により、多数の地元企業への裨益と地元での雇用創出を実現

（出所）EDF Energy、Hartlepool Power Station hits the big 40 https://www.edfenergy.com/media-centre/news-releases/hartlepool-power-station-hits-big-40
GOV.UK、Sizewell C starts private investment process https://www.gov.uk/government/news/sizewell-c-starts-private-investment-process
英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省、Designation of NNB Generation Company (SZC) Limited
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1120491/szc-designation-document.pdf
https://www.edfenergy.com/sites/default/files/hpc_socio_economic_report_2023_-_compressed.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力産業のサプライチェーンを国内に置く意義（雇用・経済以外）

米国	英国	仏国	韓国	カナダ	日本
• カーボンフリーの大規模電源 • 原子力平和利用による国家安全保障への貢献	• 低炭素かつ安価、多くの電力を供給 • SMRに関して、海外市場に大きなポテンシャルがある • 世代を超えた高賃金の雇用を提供	• 脱炭素化された電力を生産 • 安全で自立した発電 • 人材育成への寄与。年間に従業員1人あたり平均9日程度の訓練に投資し、これはフランス平均の3倍に相当	• 温室効果ガス排出量の削減目標達成に大きく貢献 • 新たに建設する新ハンウル3・4号機を加えた10基の原子炉をすべて稼働させると年間約5,000万トンの温室効果ガスを削減	• 安全でクリーンで安価なエネルギー源、気候変動目標を達成するために不可欠 • 従来石炭火力の段階的な廃止時に喪失する経済活動を代替できる可能性	• エネルギー安全保障の確立 • 信頼性の高いプラントの提供 • 柔軟できめ細かいアフターサービス • 迅速なトラブル対応

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国サイズウェルCでの情報

- **Designation of NNB Generation Company（SZC）Limitedでは非財務価値として下記内容について言及されている。**
- **段落番号127番（p.26）**
  - 【供給確保】最近の世界的な出来事は、エネルギー輸入が外国への不必要な依存につながる可能性があることを強調している。原子力発電は、英国内で発電することによって、このような外国への依存を減らすのに役立つ。また、原子力発電は天候に左右されないため、英国が輸入エネルギー（化石燃料と電力）に間接的にさらされることを緩和する重要な要素でもある。原子力が引き続きエネルギーミックスにおいて重要な役割を果たすことを認めることは、エネルギー安全保障を改善し、不安定な世界の化石燃料価格への曝露を減らすのに役立つ。
- **段落番号128番（p.26）**
  - 【原子力パイプラインの維持】上述したように、DDM分析では、サイズウェルCを追加した場合の費用対効果を検証しているが、サイズウェルCの後にGW規模の原発を新たに建設することはないと仮定している。しかし、サイズウェルCの建設はオプション価値を持つ可能性が高い。サイズウェルCの建設は、英国における原子力サプライチェーンの維持と強化に役立つ。これにより、将来の原子力発電所のコストが削減され、サイズウェルC以降の将来の原子力プロジェクトを実施する英国の能力が向上する可能性が高い。

出所）Designation of NNB Generation Company (SZC) Limited Designation of NNB Generation Company (SZC) Limited: Secretary of State's reasons for designation (publishing.service.gov.uk)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

諸外国における原子力産業の他産業への裨益

米国	英国	仏国	韓国	カナダ
• 医療分野（X線、がん治療、滅菌等）から宇宙探査まで非発電分野に貢献 • 熱利用・水素製造等にも活用可能	• 他の産業・サービスに利益をもたらす	• 原子力のサプライチェーンはその80%以上が中小企業であり、航空、自動車、化学、造船、鉄鋼、石油・ガス部門などの他の主要産業部門にもサービスを提供 • 新規原子力プロジェクトは、業務の見通しと長期的安定性によって、工業設備への投資を支援	ー	• 原子力技術・研究炉がカナダ全土で製造されている医療用同位体の重要な生成元 • COVID-19流行時、原子力企業数社は、人工呼吸器部品やフェイスシールドの医療機器等を製造

Copyright © Mitsubishi Research Institute

日本の原子力国産化の歴史（RIETI資料より国産化関連を抜粋整理）

- **原子力発電所は国産化融資制度の創設や海外企業に頼らない技術開発・建設が進められたことで国産化が進んだ。その後、エネルギーの自立、日本の国情を考慮したプラント建設、機器供給の海外依存への不安等から国産化が必要とされた。**
  - 1960年代、原子力発電所開発における、政府・電力会社・電機メーカの協力関係は極めて強固であり、原子力発電に対する産業政策は、早期から、国産化の推進を強く念頭に置かれた。
  - 初期に稼働する原子力発電所は、主契約は海外企業となり、主要機器が輸入され、国内電機メーカが下請けとして各種機器を製作する等、技術を吸収しながらノウハウの吸収や人材育成を進めた。
  - 技術的に国産化の見込みが十分でない中、日本開発銀行は1966年に「国産化融資制度」を創設した。国産化を進める理由はエネルギー安全保障、国内経済への裨益、最先端技術育成の三つが挙げられた。
  - 島根原発の建設は、初めて国内電機メーカが単独で主契約社となり、大きなチャンスとなった。
  - 海外企業の技術提携では入手できない技術もあり、自主研究開発や製作経験で補完や改善が行われた。そのため、初期の敦賀原発等では国産化率は55%程度だったが、島根原発では94%を達成した。
  - 電力会社、電機メーカの双方が原子力発電機器の国産化を重視し、密接な共同研究を行ったことが、原子力技術の国産化を進めたと考えられる。

  - 1980年代、原子力機器の産業振興政策として、「原子力機器産業は高付加価値産業で高度な技術開発を要し、他産業への波及効果が大きく、極めて重要な産業である。」とし、また、エネルギーの自立性を図るとともに、被曝に厳しく地震国である日本の国情に応じたプラント建設のために国産化が必要とされた。
  - さらに、核不拡散との関係のため、機器供給を海外に委ねるのは不安があり、機器供給の市場は海外企業によって支配される独占的構造で、対抗するために」国産化が必要とされた。
  - また、TMI事故による赤字を踏まえ、また、今後の高速増殖炉への展開も考慮し、機器産業が負担に耐えるための産業基盤の確立が必要とされた。
  - これらを理由に、日本開発銀行への低利融資や技術開発への助成装置を求めた。

出所）石井 晋（独立行政法人経済産業研究所）、”原子力発電の効率化と産業政策―国産化と改良標準化―“，2014.，
https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/14j026.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国産化率実績・予定

米国	情報なし
英国	【実績値】ヒンクリーポイントC(EPR、64%(建設費に対して)、2018年建設開始、2027年予定)
仏国	【実績値】80%(EPR、2011年時点の実績値)
韓国	【実績値】 • ハンビット3・4号機(OPR1000、74%、1989-90年建設開始、1995-96年営業) • セウル1・2号機(APR1400、100%、2008-9年建設開始、2016-19年営業)
カナダ	【見込値】74%(今後のSMR建設見込み値) ※別途MRI独自でカナダ・オンタリオ電力にヒアリングした結果、「ベンダー選定時に60～80%はカナダ国内の企業に発注することといった要求をしているとのこと」を口頭で確認。
中国	【実績値】主要な原子力発電設備の国産化率は90%以上(2022年時点) (参考)三門1号機(AP1000、32%、2009年建設開始、2013年予定→2018年営業) 海陽2号機(AP1000、72%、2010年建設開始、2015年予定→2019年営業)
エジプト	【見込値】エルダバ1号機(VVER-1200、20%、2022年建設開始、2028年予定) エルダバ4号機(VVER-1200、35%、運転予定年不明)
チェコ	【推計値】75%(2015年、原子力国家行動計画にてサプライチェーンの供給能力として言及。可能な値である点に注意)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国産化率に関する制限

米国	• バイ・アメリカン法(BABA)により、連邦政府が資金を拠出するものに対して製造製品の国産化率が総コストの55%を超過する必要 • 特に鉄鋼製品について、溶解工程からコーティング塗布に至るまで一連の工程を米国内で行う必要があるとされている
英国	【記載は確認できず】
仏国	【記載は確認できず】 • フランスルランスにおいて国内産業の強化が謳われたが、国産化率に関する数値的な目標は設定されず。
韓国	【記載は確認できず】 • 1992年に、韓国原子力委員会は「原子力研究開発中期計画(1992～2001年)」で国産化目標を設定し、「95 in 95」(1995年に95%の国産化を！)をスローガンとして、国産化を促進。
カナダ	【記載は確認できず】 • 国産化率の向上に向けた目標や施策などは見当たらず。原子炉に関しては独自な炉型(CANDU炉)であることを考えるとほとんどの資機材が自国で製造されていると考えられる。
中国	【記載は確認できず】 • 国産化率への数値目標は無いが、原子力発電中長期発展計画にて、建設や原子力発電設備の国内製造を請け負った企業に対し、税制上の優遇措置や国庫からの支援を実施。
エジプト	【記載は確認できず】 • ロシアからの原発輸入はBOO(Build、Own、OperateをROSATOMが行う)方式に基づいており、国産化への焦点は当たっていないと考えられる
チェコ	【記載は確認できず】

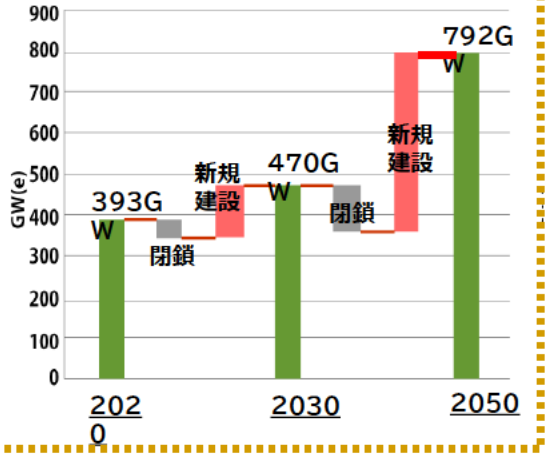
Copyright © Mitsubishi Research Institute

世界の原子力市場の拡大見通し

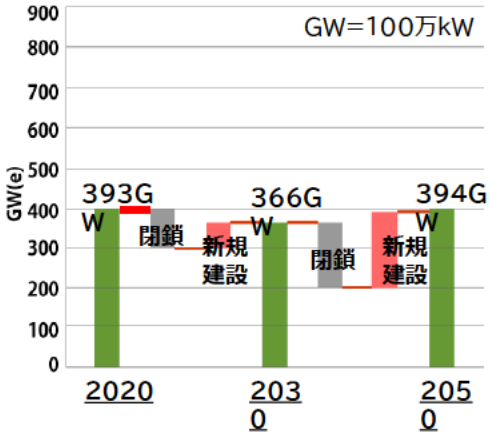
- 国際機関の分析によると、原子力の市場規模は、2050年には最大で年間約60兆円程度まで拡大。そのうち、アジアの旺盛な需要拡大に応える伸び（石炭からのリプレース等）が大宗を占める。
- SMR等新型炉は2050年で市場の1/4との予測。

世界の原子力設備容量予測[1]
～IAEA：国際原子力機関～

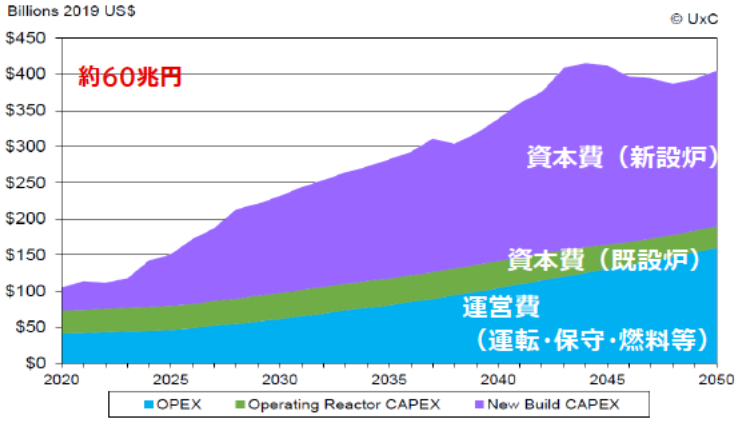
【高予測】各国で温暖化対策を拡充



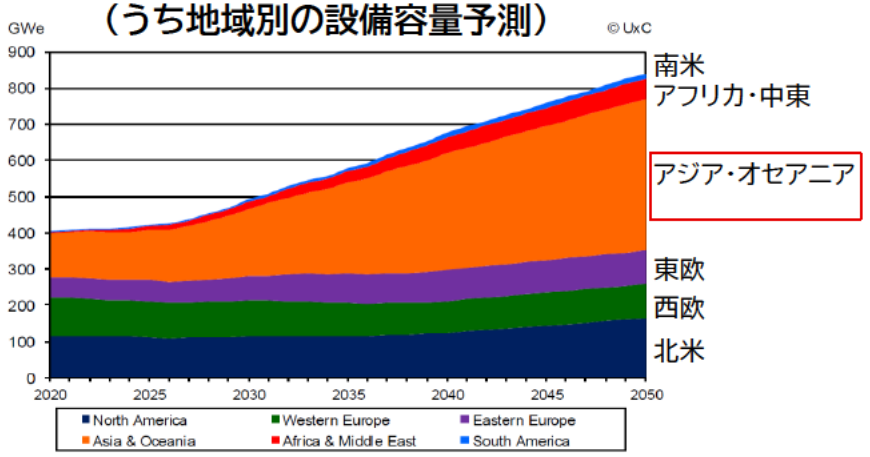
【低予測】各国で現状維持



世界の原子力市場予測（IAEA「高予測」に相当）
～NEI：米国原子力エネルギー協会～



（うち地域別の設備容量予測）



非従来型炉の市場規模予測
～NEI：米国原子力エネルギー協会～

「SMR、マイクロ炉、革新炉（高温ガス炉、溶融塩炉等）が、より市場に浸透していけば、これら**非従来型の炉は、2050年の市場において、最大で25%を占める可能性**がある」

出所）IAEA「Energy,Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050」、NEI「Global Nuclear Market Assessment Based on IPCC Global Warming of 1.5℃ Report」より作成

出所）資源エネルギー庁，第3回革新炉WG（令和4年7月1日）資料3，2022年7月1日

Copyright © Mitsubishi Research Institute

革新炉型毎のグローバル市場獲得ポテンシャル

- 革新軽水炉は海外市場で一定の競争力を有するサプライヤも存在する。
- その他炉型についても、相手国のサプライチェーンの弱みを補完する形で初号機プロジェクトに参画し、実績を積むことで、将来市場を獲得できる可能性がある。

	対象国	市場規模[1]	機器・部材例	備考
EPR	英、仏、東欧 (18基～)	250億～/基	大型鍛造品、ポンプ 蒸気発生器等 伝熱管、バルブ　等	■ 仏英において、大型の革新軽水炉(EPR、EPR2)の建設の動き。**日本勢による受注確度が高い機器・部材もあり**、仏国内の生産能力次第では**更なる市場拡大が見込める可能性。**
AP1000	欧州 (数基～)	250億～/基	タービン、格納容器 大型鍛造品、ポンプ、バルブ等	■ WECはAP1000について、グローバルで受注を目指す。 ■ **米ボーグルでは日本企業の実績あり、第三国展開においても市場獲得の可能性。**
高温ガス炉	英、ポーランド (各1基)	400億～/基	制御棒駆動装置、炉内構造物 燃料交換機、大型鍛造品 バルブ等	■ 英国実証炉やポーランド研究炉について、HTTRで実績をもつJAEAと連携できる可能性。 ■ **自国調達目標が低く(英国は自国調達率50%を目標)、主要な構成機器・部材について、受注の可能性。**
高速炉 Natrium	米 (1基)	200億～/基	燃料交換機、制御棒計装 原子炉容器、バルブ等	■ **JAEA/もんじゅの経験を活かし、米テラパワー社と開発協力。原子炉容・炉内構造物・Na冷却系統機器は、受注可能性。** ■ **Buy American条項(自国調達率75%以上)には留意。**
BWRX-300	カナダ、米等 (7基～)	100億～/基	原子炉容器部材 制御棒駆動機構 バルブ、炉内構造物等	■ 日立GEやIHIは資本提携した上で、機器・部材への参画を検討中。 ■ **米加ともに自国の産業振興の観点で自国調達率を重視。**
VOYGR (NuScale)	米、ルーマニア等 (2基～)	100億～/基	格納容器、伝熱管、溶接材等	

出所）資源エネルギー庁，第3回革新炉WG（令和4年7月1日）資料3，2022年7月1日，
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/index.html より三菱総合研究所にて一部加工

Copyright © Mitsubishi Research Institute

(注)1. ヒアリングで可能性があると評価された機器・部材の想定販売額を積み上げたもの。

原子力人材育成の取り組み概況

※なお、詳細は、「③サプライヤの技術・人材の維持・強化の取組」にて後述。

- **原子力職業大学およびMATCHプログラムを通して必要人材の見通しから実際のプログラム実施まで一気通貫した原子力人材育成を行っている。**

- **原子力職業大学UMNの創立[1]**
  - 原子力職業大学（UMN）は2021年4月に創設、CSFNによる支援により立ち上げ。この取り組みは、地域、地域間、国レベルでの協力アプローチによって、特に重要度の高いスキルに関する原子力セクターの訓練システムを強化することが目的である。
  - UMNは新しい訓練組織ではないが、複雑な原子力サプライチェーンをより理解しやすいものとし、実施する訓練が分かりやすいものとするためのプラットフォームである。ウェブサイトを活用して各組織が作成した研修などを掲載している。
  - Pole Emploi（求職者のためのフランス政府機関）のような組織と協働することで、セクターが追加の手段を講じられることが可能。

- **MATCHプログラムの策定[2]**
  - 原子力業務を20セグメントに分類し、今後10年の間に各企業や組織が必要とする業務量および人材、さらには従業員の年齢および業界のトレンドを考慮した退職数から、必要な雇用数を算定。
  - 考慮範囲：GIFENに加盟する5つの原子力事業者（EDF、FRAMATOME、ORANO、CEAおよびANDRA）の全活動
  - 需要予測と人材流動予測を比較し、全体ビジョンを作成。事業セグメントごとに特定されたギャップ、その規模、緊急性に応じて、取るべきアクションのガイドラインを各セグメントに分け、提示。

出所）
1.エコロジー移行・国土結束省、エネルギー移行省、2023年4月21日、https://www.ecologie.gouv.fr/relance-du-nucleaire-agnes-pannier-runacher-et-roland-lescure-recoivent-rapport-du-gifen-0
2.エコロジー移行・国土結束省、エネルギー移行省、2023年6月9日、https://www.ecologie.gouv.fr/relance-du-nucleaire-100-millions-deuros-investis-dans-formation-recherche-et-linnovation-dans

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力人材育成に関する政府投資状況

- **原子炉新設計画を仏政府が打ち出したことにより、人材育成を含む政府投資が急加速で進んでいる。**
- **France2030による投資[1]**
  - フランス政府は2020年9月3日、「フランス・ルランス」復興計画を打ち出し、1000億ユーロの大規模投資計画で企業支援、生産モデルの見直し、インフラ変革、教育訓練への投資を目的として、EUから400億ユーロが提供。
  - 本投資は、「France 2030」プロジェクトから総額25億ユーロの人材育成への枠として投資する資金からの拠出。
  - その中でも民間原子力プロジェクトにおける人材育成と技術革新の促進に今後10年間で1億ユーロ以上を提供すると明示。
  - 今後10年間で原子力業界において10万人の新規雇用が必要となる報告書が発出される等、積極的な人材育成への投資を実施。
- **フランス国内建設計画（2022年2月、大統領は新たなエネルギー戦略を発表）[2]**
  - 再生可能エネルギーの大量導入
  - 原子炉の寿命を運転から50年またはそれ以降まで延長
  - 2050年までに6基のEPR2を建設（さらに8基のEPR2の建設について検討）
  - SMR推進（EDFによるNUWARDプロジェクトに5億ユーロの支出、革新的原子炉の開発に5億ユーロの支出）
  - EDFはGEスチームパワーのタービン建屋原子力事業とArabelleのタービンを購入予定

出所）
1.France Diplomacy「フランス・ランス復興計画」https://www.diplomatie.gouv.fr/en/french-foreign-policy/economic-diplomacy-foreign-trade/promoting-france-s-attractiveness/france-relance-recovery-plan-building-the-france-of-2030/
2. CSFN「原子力セクター」https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2023/01/230118J-French_nuclear_sector_-_organization_-_skills_development_jpn.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国の原子力産業の動向(1/2)

- **米国の原子力産業は、少数の大型炉開発・製造企業を中心に700社以上のサプライヤによって構築されており、サプライヤによる規格取得数も安定している。**

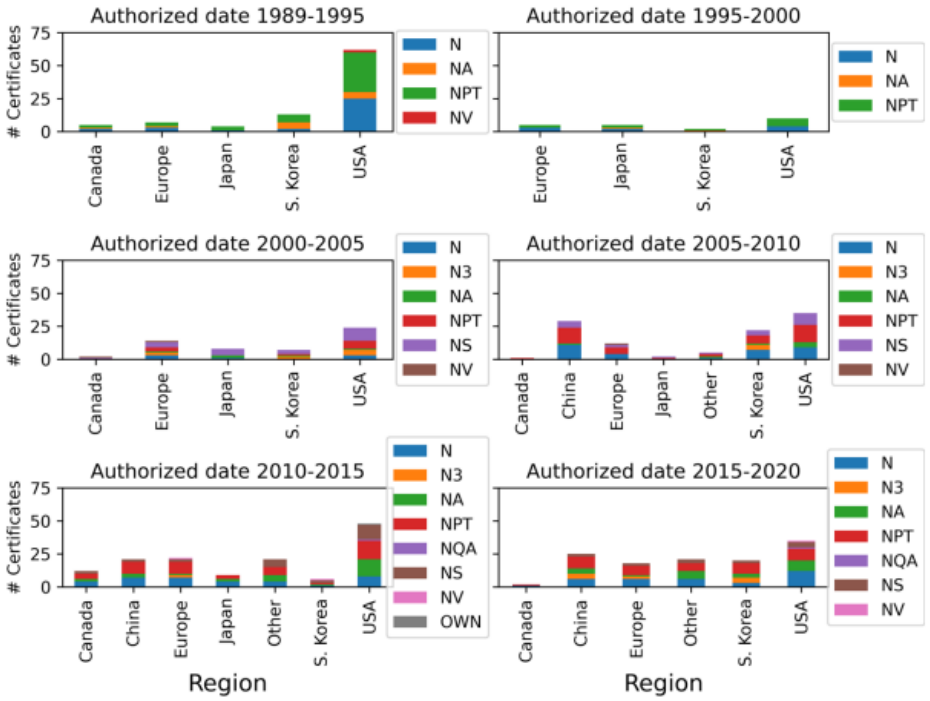
原子力産業の概況

- 米国における現在の原子力サプライチェーンは、少数の大型原子炉開発企業と、多数のサプライヤから構成
  - サプライヤは米国内に700社以上
  - 70,000人以上の直接雇用を創出
- 恒久的な地元雇用の提供と平均賃金の高さにより、以下の効果が計算されている
  - 産業の経済効果400億ドル/年
  - 連邦税、州税に120億ドル/年の貢献
- NIC(原子力産業評議会)には80以上、NEI(原子力エネルギー協会)には300以上の組織が加盟
- 米WH社AP-1000等、国際的なサプライチェーンが構築されている炉型も存在
  - 韓国・日本・イタリア・スイス・ブラジル・カナダにサプライヤが存在
- バイデン政権によるIRA(インフレ抑制法)においては、民生用原子力発電クレジットプログラムが成立
  - 発電量に応じたクレジット付与
  - 4年度にわたり累計60億ドルの資金調達

出所)https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2022/06/us_supply_chains

規格に係る動向

- 米国機械学会が認証する原子力規格(Nスタンプ)の新規取得企業数は、一時期落ち込んだものの、2000年代後半以降に回復



出所)https://www.osti.gov/servlets/purl/1813661/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国の原子力産業の動向（2/2）

- **米国の原子力産業は、先進原子炉の展開に伴う多様化が見込まれる一方で、財政面や金属・燃料の輸入等において脆弱性が見込まれる。**

今後の原子力への見通し

- 米エネルギー省（DOE）は2022年の調査にて、原子力産業に関し以下の3点で多様化すると言及
  - 電力部門以外（熱、水素等）への発展
  - サイズの多様化
  - 異なる冷却材と燃料の使用
- 米DOEの調査によると、米国原子力企業の弱みとして以下の3点が挙げられている
  - 建設プロジェクトにおけるコスト超過、遅延
  - 建設戦略、容量バランスへの関心の低さ
  - 新規ビジネスモデルへの関心の低さ
- 既存炉型に関する重要な課題として以下を提示
  - ウラン、リチウムの輸入依存
  - 鋼部材の安定した国内供給

出所）https://www.osti.gov/servlets/purl/1813661/

脆弱性への懸念

① **財政的課題**
- 高効率の天然ガスプラント、補助金を受けた再生可能エネルギーの普及によるコスト面での競争力低下

② **ウラン輸入**
- 国内鉱床からの採鉱が高コストであることより輸入に依存、国内の転換・濃縮施設は少ない

③ **HALEU燃料の確保**
- 国内にHALEU燃料の供給可能な機関は未だなく、露TENEXからの輸入が唯一の供給

④ **重要鉱物**
- 軽水炉建設に必要なクロム、ニッケルは50%以上を輸入に頼っている（南ア、インドネシア等）

⑤ **労働力の確保**
- 熟練労働力の定年により、技能人材が不足していることが原子力製造コンソーシアムにて発表

- **その他**
  - サイバーセキュリティ等

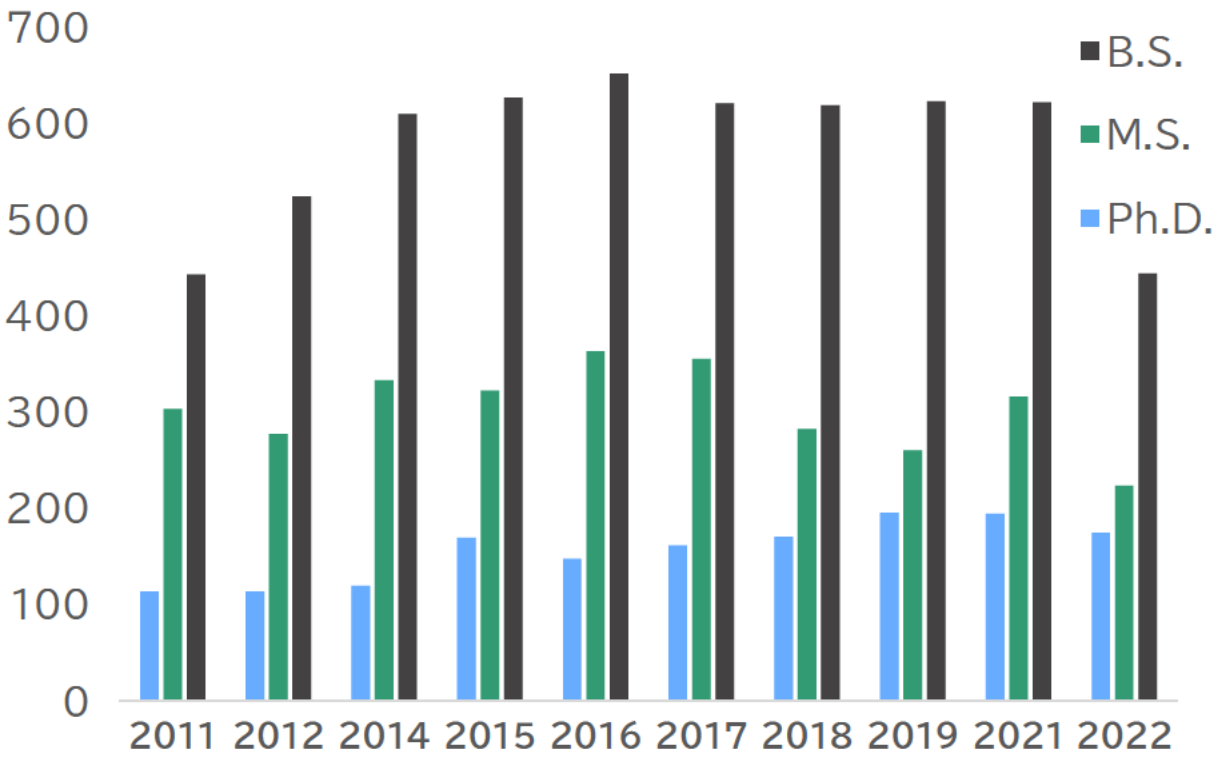
出所）EERE Technical Report Template (energy.gov)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国の原子力人材育成の状況について

- 修士および博士号を習得した学生に関しては、継続して研究の道を選択もしくは原子力関連の就職を選択する学生が多く見受けられた。
- 原子力に関連する学位取得者の推移に大きな変化は見受けれない。

原子力工学の学位取得者数



出所）Nuclear Engineering Enrollment and Degree Survey, 2021-2022 Data (orau.gov)

原子力工学の学位取得者数

- 2021年に原子力工学プログラムが授与した学士号の数は2019年から大幅に減少し、2022年にはわずかに増加した。
- 2021年と2022年に授与された原子力工学の学位数は、テキサスA&M大学が最も多く、テネシー大学、ミシガン大学、カリフォルニア大学バークレー校がこれに続いた。
- 学士号取得者の卒業後の就職先としては、米軍（現役兵）への就職が最も多かった。
- 修士号取得者の学位取得後の活動として最も多く報告されたのは、「研究」であった。
- 博士号取得者では、米国エネルギー省（DOE）の請負業者への就職が最も多かった。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国における新規建設停滞と人材問題

- **現在建設中のヒンクリーポイントCは約30年ぶりの新設であり、新規建設が停滞していた間にサプライチェーンが衰退した。**
- **ヒンクリーポイントCプロジェクトでは64%（契約件数ベース）が英国に本社を置く企業からの調達であるが、原子炉等の重要資機材は国外調達を行っている。**

- 英国では原子力部門の民営化が進められるとともに、電力市場が自由化された結果、初期コストが大きい原子力発電所の建設は敬遠され、1995年に運開したサイズウェルBが最後の運開
- 2008年に発表された「原子力白書」において原子力推進政策が明確になるものの、それ以降2024年1月現在までに建設が決定したのはヒンクリーポイントC（EPR2基）のみ
- 新規建設が停滞した結果、英国内の原子力サプライチェーンは衰退し、ヒンクリーポイントCの主契約者、エンジニアリング、原子炉系統提供者はいずれもフランス資本
- 業界団体である原子力技能戦略グループ（NSSG）は、2023年時点で軍事・民生合わせて約83,000人が原子力分野に従事しているが、2043年までに15～18万人に増加する必要ありと試算
- ヒンクリーポイントCの所有者であるEDFエナジー社は、人材育成・確保に向けて以下の施策を実施
  - 新たに3万人に研修機会を提供し、地元企業の参画を支援
  - 2024年時点で1000人以上の実習生に訓練の機会を提供
  - 溶接、電気、機械の3分野における新設を含めて、教育・研修・雇用に2,400万ポンド（約44億円）を投資
  - キャリア中断している技術者の復職を支援する「STEMリターナーズプログラム」と提携し、フルタイム職員を募集

出所）
エネルギー安全保障・ネットゼロ省（DESNZ），“Civil Nuclear: Roadmap to 2050”（2024），
https://assets.publishing.service.gov.uk/media/659fb2783308d200131fbe17/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Roadmap_report.pdf
英国原子力産業協会（NIA），“EDF LAUNCHES SECOND RETURNER PROGRAMME TO HELP STEM PROFESSIONALS”（2024），
https://www.niauk.org/edf-launches-second-returner-programme-to-help-stem-professionals/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国徒弟制度による人材育成の寄与

- 徒弟制度（Apprenticeship）は英国の産業全体で活用されている人材育成制度。
- 実習生として期間雇用され、経験・実績を積みながら教育や正社員登用の機会を得ることが可能。

徒弟制度の概要

- 給与を受けながらトレーニング（学校への通学や技能の学習など）と実務経験を積むことで、実習生のスキルアップ・キャリアアップを支援する制度
- 通常の雇用と同様に、雇用主が募集し、採用を判断
- 16歳以上のフルタイム学生以外が応募可能（学卒者等がスキルアップのために活用することも可能）
- 実習生は学生とは異なる位置づけで期間雇用（週30時間以上のフルタイム実習生と、それ以下のパート実習生の2種類が存在）
- 労働時間の20%以上はトレーニングと規定
- 英国内各地にトレーニング提供事業者が存在し、共通的なトレーニングプログラムを提供
- 研修期間を終了して認定を受けると、レベルに応じた教育・学位と同等の資格を獲得
- 雇用者に対しては政府から支援金が給付（財源は雇用者が支払う徒弟制度税）

徒弟制度のレベル分け

- 徒弟制度の認定機関であるIfATE（実習生・技術教育研究所）が職務に必要な知識・技能・行動をレベル（2～7の6段階）ごとに「スキル標準」として設定
- 各雇用者がスキル標準に準拠して徒弟制度を実施
- IfATEは原子力特化のスキル標準として、レベル2の「原子力作業員」（ST0291）やレベル5の「原子力技術者」（ST0380）など7種類を設定

レベル	要求事項	学位レベル
2	特定の業務に必要な基本的な知識と技能	中等教育終了（GCSE）
3	より専門的な知識とスキル	大学入学資格（A-Level）
4-5	より高度な専門スキル	短大相当終了（HND）
6-7	正式な学位の取得	学士・修士

出所）IfATE, “About apprenticeships”（閲覧日：2024年3月26日）, https://www.apprenticeships.gov.uk/apprentices/about-apprenticeships
NSSG, “Nuclear Apprenticeship Survey 2020-21”（閲覧日：2024年3月26日）, https://www.nssguk.com/wp-content/uploads/2023/10/nuclear-apprenticeship-survey-2020-21-final-1.pdf
IfATE, “LIST OF APPRENTICESHIPS WITH TEMPORARY DISCRETIONS OR FLEXIBILITIES”（閲覧日：2024年3月26日）, https://www.instituteforapprenticeships.org/covid-19/recent-announcements/list-of-standards-with-temporary-discretions-or-flexibilities/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

徒弟制度と紐づいたスキル標準化

- 徒弟制度では15の産業分野においてレベル2～7の6段階で様々なスキル標準を定義。
- 原子力に特化したスキルから溶接等の汎用的なスキルまで幅広い範囲を含み、それらが学歴と紐づいた共通的なレベルで表されるため、同一産業分野内では業界横断でスキル標準化が可能。

徒弟制度の産業分野区分

産業分野	スキル標準の例(レベル)
農業・環境・動物ケア	樹木専門家(4)
ビジネス・運営	サービスデザイナー(6)
ケアサービス	青少年支援員(3)
飲食提供・接客	上級シェフ(4)
建設・建造環境	家庭用電気技師(3)
クリエイティブ・デザイン	写真家(4)
デジタル	データエンジニア(5)
教育	アカデミックプロフェッショナル(7)
エンジニアリング・製造	配管溶接技師(3)
美容・理容	美容師(2)
健康科学	歯科技工士(5)
法律・経済・会計	経理助手(2)
社会安全	火気安全アドバイザー(3)
販売・マーケティング・調達	市場調査員(4)
運輸・流通	港湾作業員(2)

エンジニアリング・製造分野のスキル標準例

レベル	スキル標準の例
3	変電所整備士
3	バッテリー製造技能者
3	プロセス産業技能者
3	送配電技能者
7	インフラ設備管理士
3	高分子製造技能者
3	輸送冷凍設備技能者
7	ヒューマンファクター専門家
3	表面加工技能者
6	ロボティック技術者(大卒)
6	宇宙システム技術者
3	機械整備員
4	上級メンテナンス技能者
6	鉱業管理者
3	水道技能者

出所)IfATE, “SEARCH THE APPRENTICESHIPS”（閲覧日:2024年3月26日), https://www.instituteforapprenticeships.org/apprenticeship-standards/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

【参考】原子力分野におけるスキル標準の例（抜粋）

原子力作業員（レベル2）

- 原子力施設におけるプラント、システム、機器の現場操作を担当
- 標準実習期間24か月
- 運転、廃止措置、その他作業に求められる実践的なスキルの取得を目指す
- コアスキル
  - 規則や手順書の適用、遵守
  - プラント機器の監視とデータの記録
  - 機器の組み立てと解体
  - 防護服を着用しての効率的な作業
- コア知識
  - 危険物の最小化、除去、移送に関する業務知識
  - 安全性・セキュリティ
  - 放射線の基本的原理と影響
- 求められる行動
  - 安全への強いコミット
  - ステークホルダーに対する誠実さ、職業倫理
  - 業務を通じて適切なリスクアセスメントとエラーチェックを実施する品質意識
- 要求資格
  - 実習終了までに英語と数学でレベル2試験に合格

原子力技術者（レベル5）

- 化学、機械、電気、制御・計装、エンジニアリング、運転、廃止措置等の分野に従事
- 標準実習期間42か月
- 原子力施設の運転プロセスについて十分な技術的知識を有し、幅広い技術的・化学的・工学的業務を実施できる能力の取得を目指す
- コアスキル
  - 健康、安全、放射線防護、環境保護、品質、セキュリティ、リスク管理に関する責任を理解し、推進
  - 数学的・工学的・科学的ツールの適切な駆使
  - データを正確に取り扱い、指導の下で発表
- コア知識
  - 原子力技術に関連する工学の概念・理論
  - 原子力発電所、廃止措置、廃棄物管理に必要となる科学・工学分野の知識
  - 特定の原子力技術ツールの活用能力
- 求められる行動
  - 管理プロセスへの積極的な対応
  - 原子力産業を代表する能力・行動
- 要求資格
  - 実習終了までに英語と数学でレベル2試験に合格

出所）IfATE, “NUCLEAR OPERATIVE”（閲覧日：2024年2月12日）, https://www.instituteforapprenticeships.org/apprenticeship-standards/nuclear-operative-v1-0
IfATE, “NUCLEAR TECHNICIAN”（閲覧日：2024年2月12日）, https://www.instituteforapprenticeships.org/apprenticeship-standards/nuclear-technician-v1-0

Copyright © Mitsubishi Research Institute

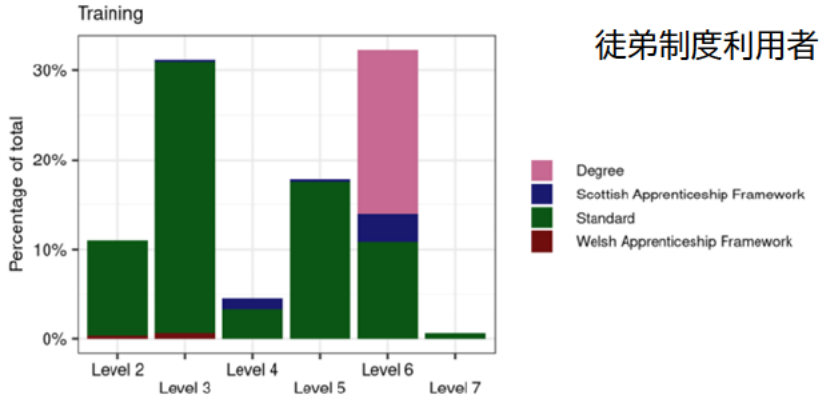
英国原子力産業におけるスキル標準化の活用例

- スキル標準に基づき、各事業者が原子力工学に限らず幅広い技術で徒弟制度利用者を募集。
- 現行従事者はレベル5の労働者が中心だが、新規採用者はレベル2・3・6が多い。

原子力産業における徒弟制度募集の例

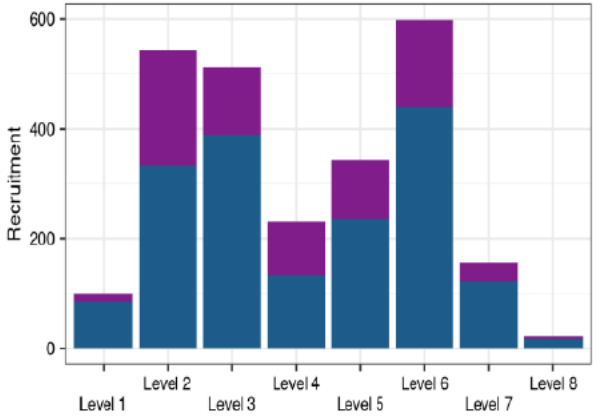
事業者	スキル例(レベル)
EDFエナジー(ヒンクリーポイントC)	電気技能者(3)
	地理空間調査技能者(3)
EDFエナジー(サイズウェルC)	事務弁護士(7)
ロールス・ロイス	原子力工学技能者(3)
英国原子力公社(UKAEA)	原子力健康管理者(2)
	準プロジェクトマネージャ(4)
	エンジニアリング技能者(3)
	製品設計開発エンジニア(6)
	電気技術者(6)
セラフィールド	原子力溶接点検技師(4)
	原子力施設作業員(2)
	配管技能者(3)
	メンテナンス技能者(3)
	金属加工技能者(3)
	工作機械技能者(3)

徒弟制度利用者・新規採用者のレベル



徒弟制度利用者

Figure 18



新規採用者

※徒弟制度のレベル2より下をレベル1、レベル7より上をレベル8として分類

出所）関係者ヒアリング、各社ウェブサイト、NSSG, “A scenario-based approach to nuclear workforce planning”(2023), (閲覧日：2024年3月26日), https://www.nssguk.com/wp-content/uploads/2023/12/Nuclear_Workforce_Data_Summary_20231206.pdf

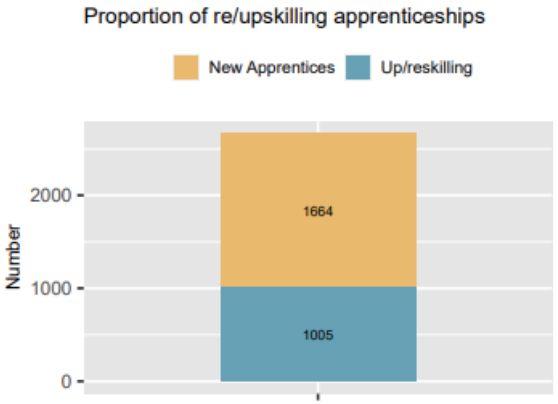
Copyright © Mitsubishi Research Institute

徒弟制度による原子力人材の流動性

- 英国の人材育成の根幹をなす徒弟制度では、62%が新規参入者、38%がリスキリング。
- 2023年の民生原子力では約2500人の新規雇用があり、その内約80%が新規参入者。
- 徒弟制度を通じたスキル標準化は、人材を原子力産業内に留めておく（産業界内での流動性を高める）ことにも寄与。

徒弟制度における内訳

- 2020年度は実習生の62%が新規参入者（中等教育卒業者や他産業経験者）、38%がリスキリング
  ※調査は原子力部門労働人口の約40%を占める組織からの回答に基づき、それらの組織が雇用する実習生数は2669人



新規採用者における内訳

- 2023年の民生原子力部門での新規採用者は2507人（内485人が実習生としての採用、176人が新卒学生、1846人が中途採用）であり、約50%が非原子力分野出身者、約30%が徒弟制度からの採用。

出所）関係者ヒアリング、NSSG, “Nuclear Apprenticeship Survey 2020-21”（2021），（閲覧日：2024年3月26日）
https://nuclearskillsdeliverygroup.com/wp-content/uploads/2023/10/nuclear-apprenticeship-survey-2020-21-final-1.pdf
NSSG, “A scenario-based approach to nuclear workforce planning”（2023），（閲覧日：2024年3月26日），
https://www.nssguk.com/wp-content/uploads/2023/12/Nuclear_Workforce_Data_Summary_20231206.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国における人材育成関連の政府取り組み概況

- **産業通商資源部は、2030年まで原子力を含むエネルギー人材2万名育成を目標として、原子力エコシステム支援事業や博覧会等で人材育成、就職支援等を実施している。**

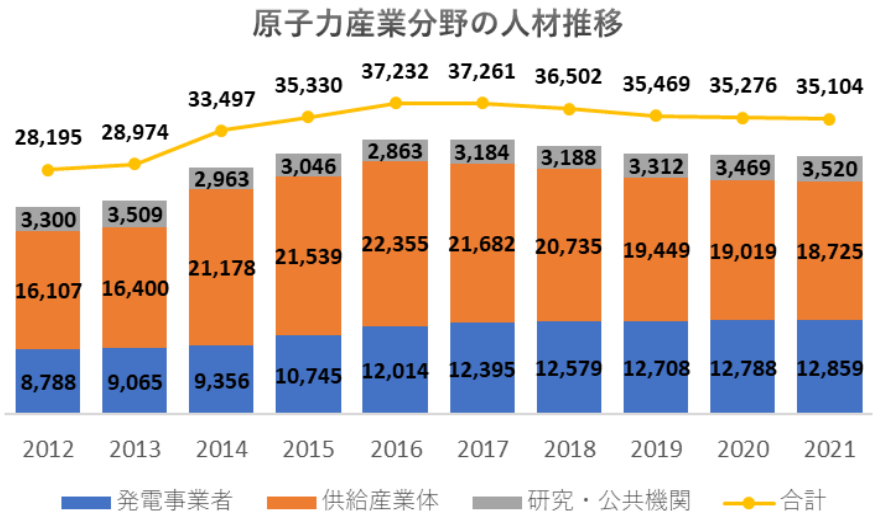
- **エネルギー人材育成中長期戦略（2023/5/26）**
  - ①現場需要、②地域連携、③グローバル力量強化に焦点を当て、2030年まで重要人材2万名の育成を目標に設定
- **原子力エコシステム支援事業（2023年、89億ウォン）**
  - 原子力企業の能力強化、原子力産業人材育成、小型モジュール原子炉（SMR）産業エコシステム基盤造成支援を実施
- **2023エネルギー新産業投資・職業博覧会（2023/11/1）**
  - 原子力を含む様々なエネルギー企業が求職者のための様々な支援プログラムの運営、エネルギー人材育成事業（融合大学院、イノベーションセンター等エネルギー技術人材育成：5年間（2018～2022）で2,017億ウォン支援）に関する表彰式等を実施

出所）報道・参考資料「大学と共に、エネルギー人材2万名育成本格化（2023/6/29掲載）」、産業通商資源部、
https://www.motie.go.kr/kor/article/ATCL3f49a5a8c/167450/view、2024年1月19日閲覧
出所）報道・参考資料「活力を取り戻した原子力エコシステム、未来へ再跳躍（2023/9/19掲載）」、産業通商資源、
https://www.motie.go.kr/kor/article/ATCL3f49a5a8c/167830/view、2024年1月19日閲覧
出所）報道・参考資料「エネルギーの未来を拓く人材を探す（2023/11/1掲載）」、産業通商資源部、
https://www.motie.go.kr/kor/article/ATCL3f49a5a8c/168044/view、2024年1月19日閲覧

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国における原子力産業分野の人材概況

- **韓国原子力産業協会（KAIF）にて毎年「原子力産業実態調査」を実施しており、2021年現在、原子力産業分野人材の推移はほぼ横ばいである。**
  - 2021年現在、原子力産業分野の全体人数は35,104名で、前年比0.5%（172名）減少。
  - 勤続年数は5～10年（10,011名、28.5%）の割合が最も高い。
  - 年齢別は30代が11,107名（31.6%）、40代が9,935名（28.3%）、50代が7,870名（22.4%）、20代が4,439名（12.6%）、60代以上が1,753名（5.0%）順にである。
  - 勤務条件別状況は、正社員が32,965名（93.9%）、非正社員が2,139名（6.1%）である。
  - 全体の中で「原子力発電所建設及び運営分野（19,945名、56.8%）」の割合が最も高い。
  - 女性の割合が高い分野は、原子力支援及び管理（23.6%）、原子力研究（13.9%）、原子力安全（13.3%）、NDT及びその他（13.2%）、原子力発電所建設及び運営（6.8%）順である。
  - 専門学士以上は30,164名（85.9%）である。



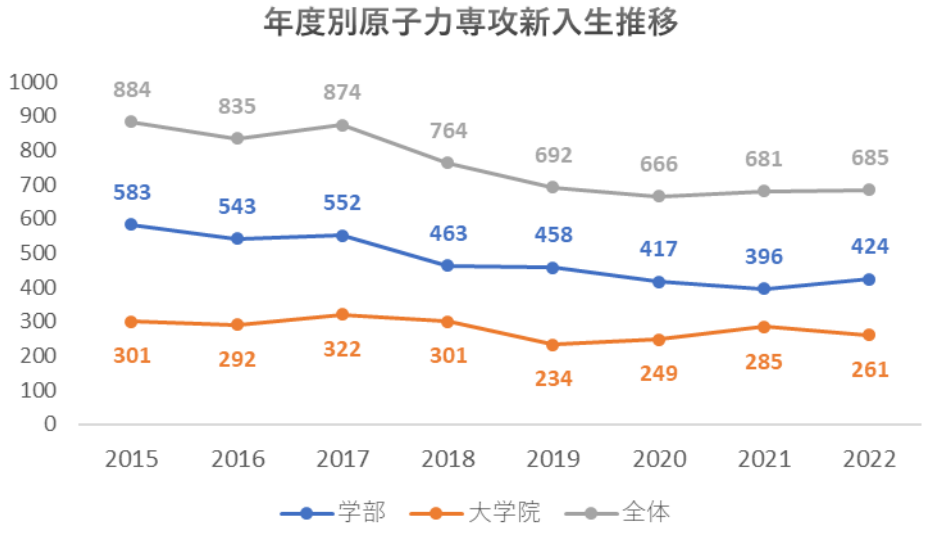
出所）2021年度原子力産業実態調査、韓国原子力産業協会、https://www.kaif.or.kr/ko/?c=157、2024年1月19日閲覧

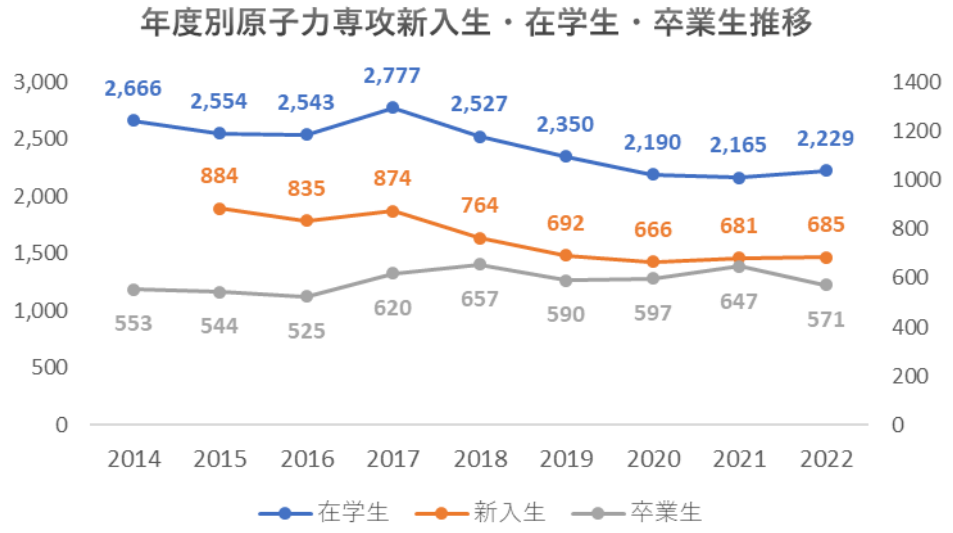
Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国における原子力産業分野の学生概況(1/2)

- 「原子力産業実態調査」によると、2022年現在、原子力関連の17大学の新入生・在学生数は前年に比べてほぼ横ばいである。

- 2022年現在、原子力関連の17大学(原子力工学科保有の8大学、原子力関連学科保有の9大学)における人材状況は、在学生が2,229名で前年比3.0%(64名)増加した。
- 2022年の原子力専攻の卒業生は合計571名で、前年比11.7%(76名)減少した。





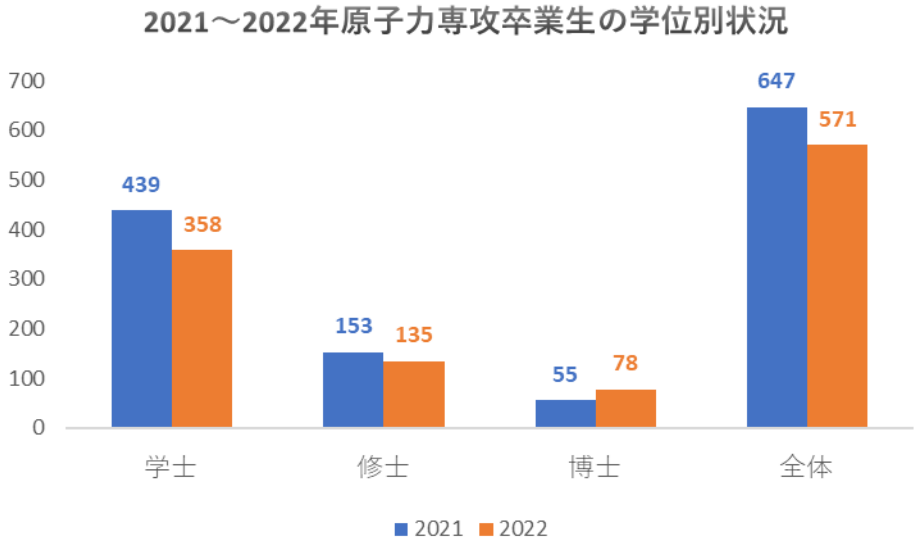
※新入生統計調査は2015年から開始/2018年廃止された嶺南大の2015～2017数値を反映

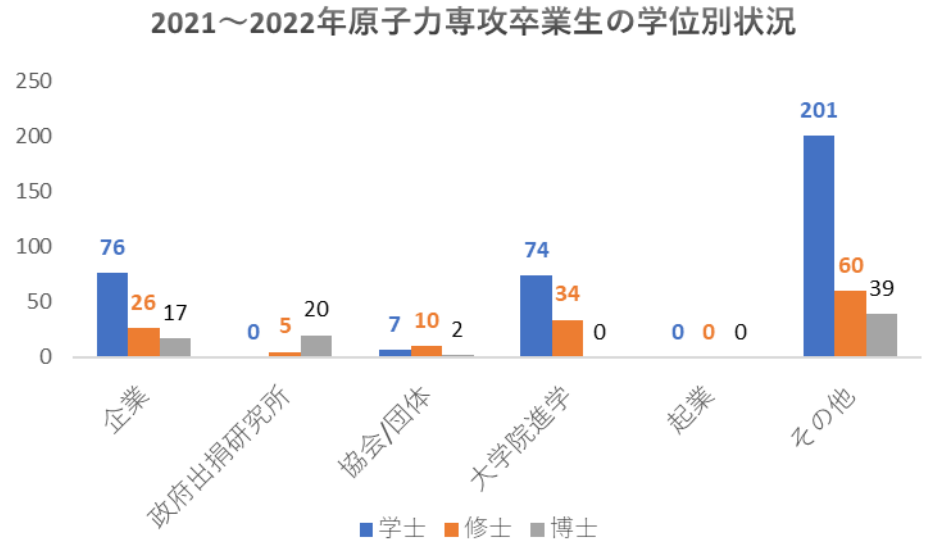
出所)2021年度原子力産業実態調査、韓国原子力産業協会、https://www.kaif.or.kr/ko/?c=157、2024年1月19日閲覧

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国における原子力産業分野の学生概況（2/2）

- **「原子力産業実態調査」によると、2022年現在、原子力関連の17大学の卒業生の数はやや減少しており、学部卒業後は3割弱が就職した。**
  - 2022年の原子力専攻卒業生571名のうち、就職は163名（28.5%）、進学は108名（18.9%）、未就職・休学・兵役等のその他は300名（52.5%）である。
  - 2022年の教授陣状況は、合計217名（専任講師以上の教授が128名、その他89名）で、2021年の199名に比べて9.0%増加した。在学生（2,229名）と教授（217名）の割合から、教授1人当たり10名の学生を教えている。





出所）2021年度原子力産業実態調査、韓国原子力産業協会、https://www.kaif.or.kr/ko/?c=157、2024年1月19日閲覧

Copyright © Mitsubishi Research Institute

今後の原子力人材の需要及び展望

- 5年間（2022年～2026年）の原子力人材の需要と展望として、原子力人材の需要及び展望は2,948名である。

主要分野	専攻	2022	2023	2024	2025	2026	合計(名)	
原子炉（研究炉）設計・結節	原子力	70	44	48	51	49	262	1,187
	機械設計	152	109	116	120	28	525	
	電気・電子	51	45	41	44	44	225	
	エネルギー等	121	14	14	13	13	175	
原子炉（研究炉）運営・整備・資機材製造	原子力	8	11	10	9	10	48	837
	機械設計	94	65	143	70	69	441	
	電気・電子	45	44	88	46	45	268	
	エネルギー等	35	11	11	11	12	80	
未来原子力システム開発	原子力	13	7	4	7	7	38	212
	機械設計	13	13	14	8	8	56	
	電気・電子	7	7	9	9	9	41	
	エネルギー等	13	13	16	15	15	77	
原子力・放射線安全・解体及び廃棄物管理	原子力	66	50	31	28	30	205	712
	機械設計	26	27	27	27	23	130	
	電気・電子	14	13	13	18	17	75	
	エネルギー等	83	52	62	53	52	302	
合計		811	530	647	529	431	2,948	2,948

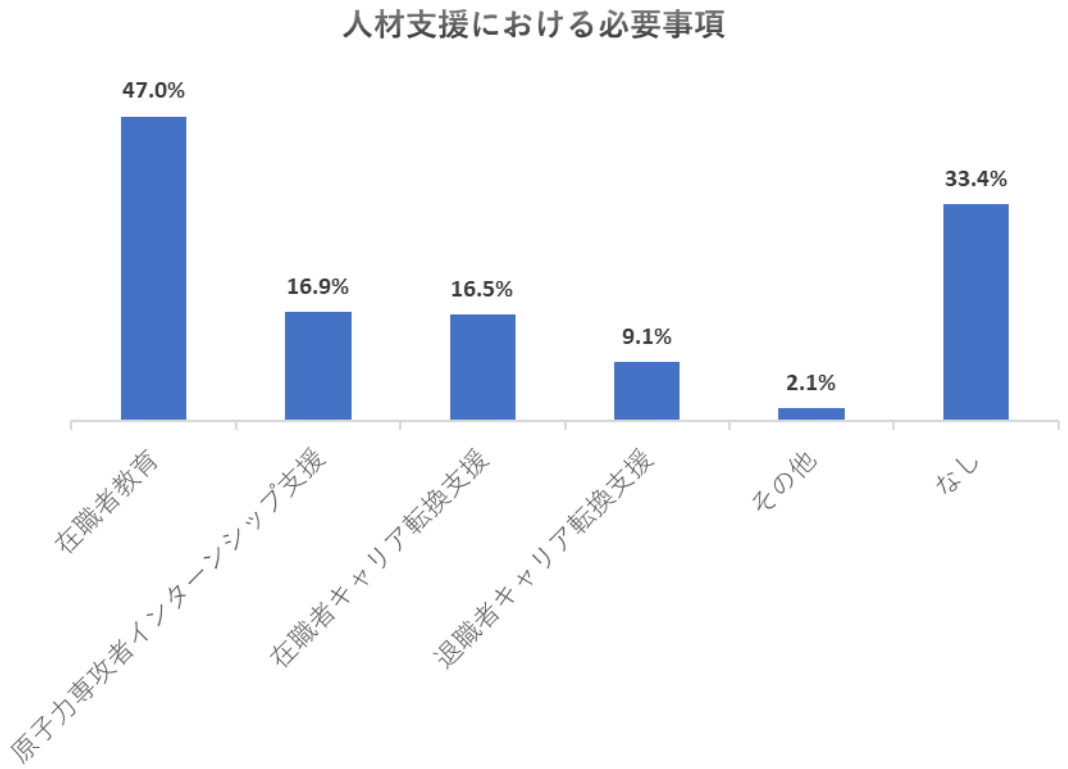
出所）2021年度原子力産業実態調査、韓国原子力産業協会、https://www.kaif.or.kr/ko/?c=157、2024年1月19日閲覧

※回答者ベース：
原子力人材の需要及び展望アンケートに回答した原子力企業（n=113）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

社会人（在職者）教育への顕著なニーズ

- 「原子力産業実態調査」にて実施した原子力企業を対象としたアンケート調査によると、人材関連で最も支援が必要な分野は在職者教育（47%）であった。
- 調査対象企業ら回答した人材関連で必要な支援としては、在職者教育（47.0%）との回答が最も多い。続いて、原子力専攻者のインターンシップ支援（16.9%）、キャリア転換支援（16.5%）、退職者キャリア転換支援（9.1%）の順である。



出所）2021年度原子力産業実態調査、韓国原子力産業協会、https://www.kaif.or.kr/ko/?c=157、2024年1月19日閲覧

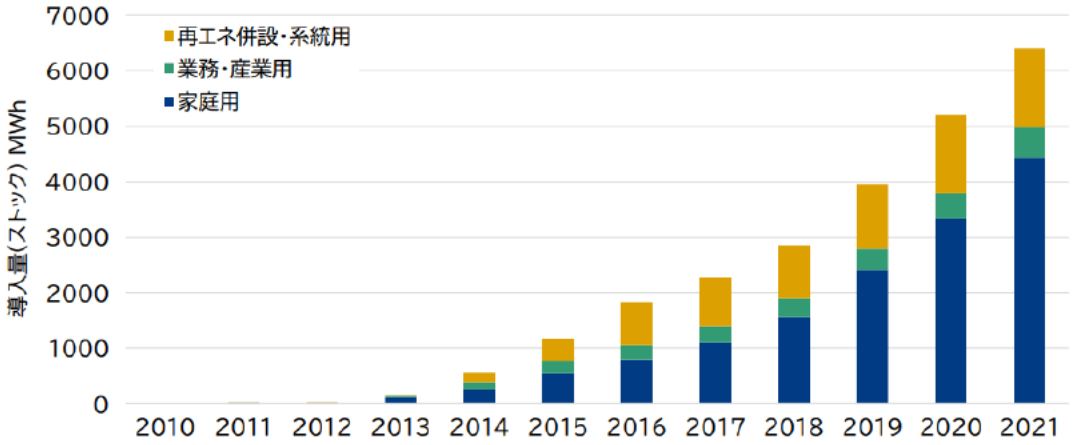
Copyright © Mitsubishi Research Institute

GX等で対象となる領域の概要（蓄電池）

- 国内の定置用蓄電システム導入量年々蓄積されており、拡大傾向にある。
- 蓄電池は製品化させるメーカーを中心とし、原料の鉱物や部品の電池セルを調達。

蓄電池業界における市場規模推移（約10年）

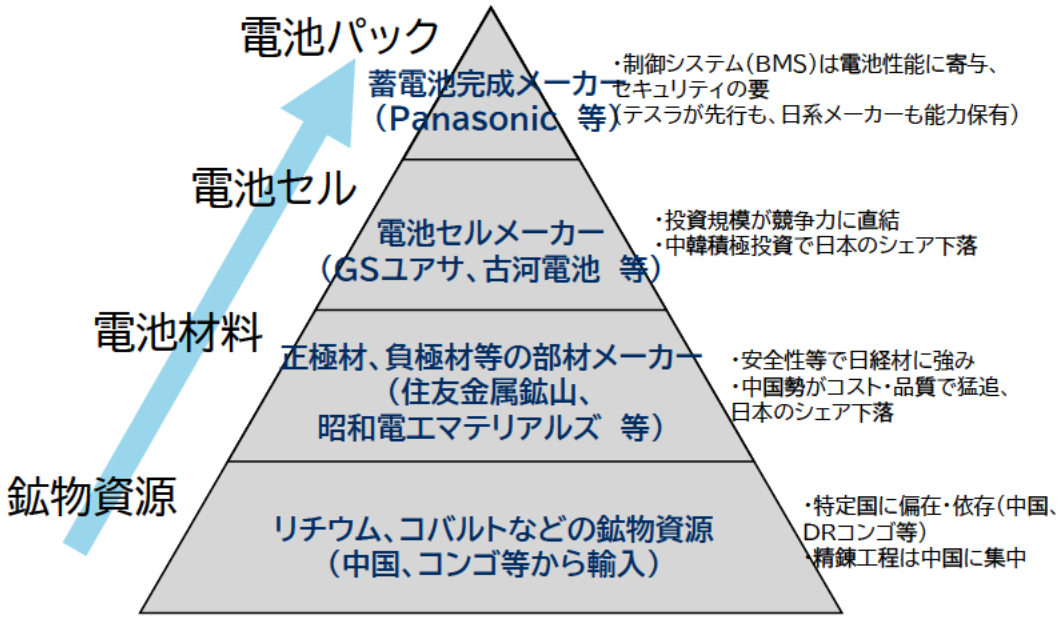
国内の定置用蓄電システム導入量実績（ストック）



出所）MRI 「定置用蓄電システムの普及拡大策の検討 に向けた調査」
（https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000050.pdf）
＜閲覧日：2024年1月19日＞

蓄電池業界における業界構造

蓄電池のサプライチェーン



出所）METI「蓄電池産業戦略」
（https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_saisyu_torimatome.pdf）＜閲覧日：2024年1月19日＞等に基づき三菱総研作成

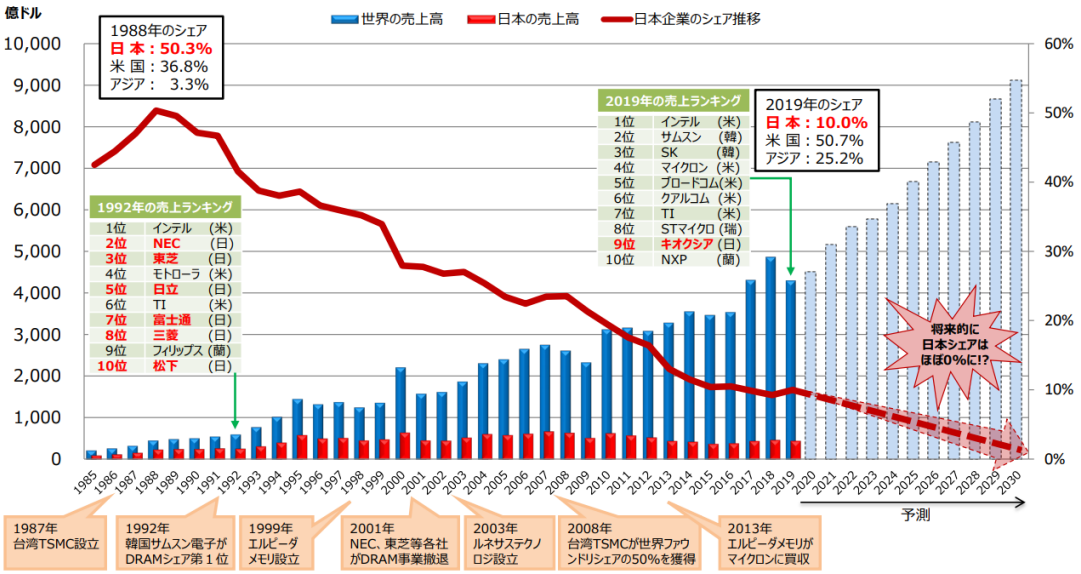
Copyright © Mitsubishi Research Institute

GX等で対象となる領域の概要（半導体）

- 半導体の世界の売上高は40年以上拡大している一方、日本の売上高は停滞している。
- 最終製品を販売するメーカーをトップとした産業構造が形成されている。

半導体業界における市場規模推移（約20年）

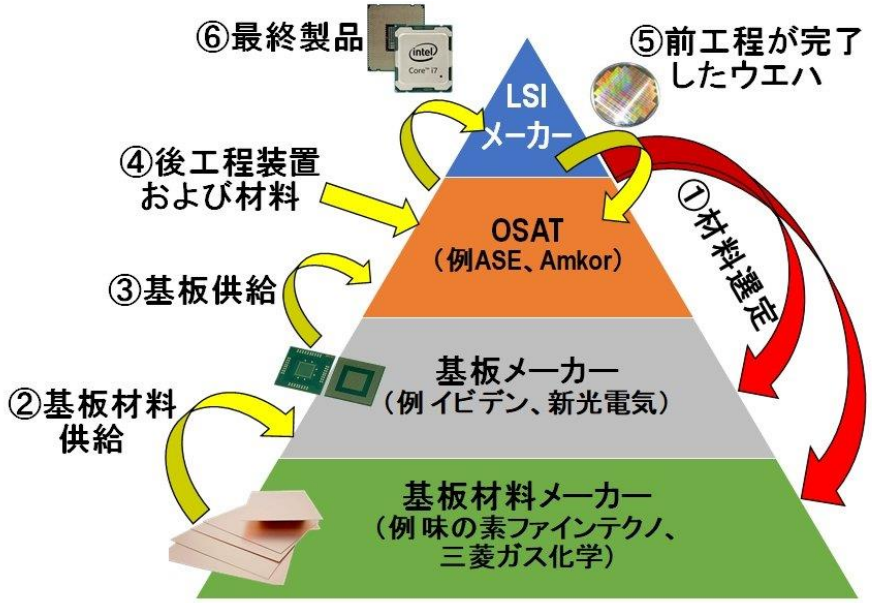
半導体の売上の推移（国内・世界）



出所）METI「半導体・デジタル産業戦略の方向性」
（https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0001/03.pdf）＜閲覧日：2024年1月19日＞

半導体業界における業界構造

後工程／パッケージの意思決定とモノの流れ（例：Intel）



出所）EE Times Japan
（https://eetimes.itmedia.co.jp/ee/articles/2112/14/news034_5.html?_gl=1*1a9iu7r*_ga*Mzk5ODIzNjgxLjE3MDU0NzI1MjE.*_ga_BJL5WT3RZQ*MTcwNTQ3MjUyMS4xLjEuMTcwNTQ3MjY1OS40OC4wLjA.#l_mm211214_nano11.jpg&_ga=2.216489363.441099972.1705472521-399823681.1705472521）＜閲覧日：2024年1月19日＞

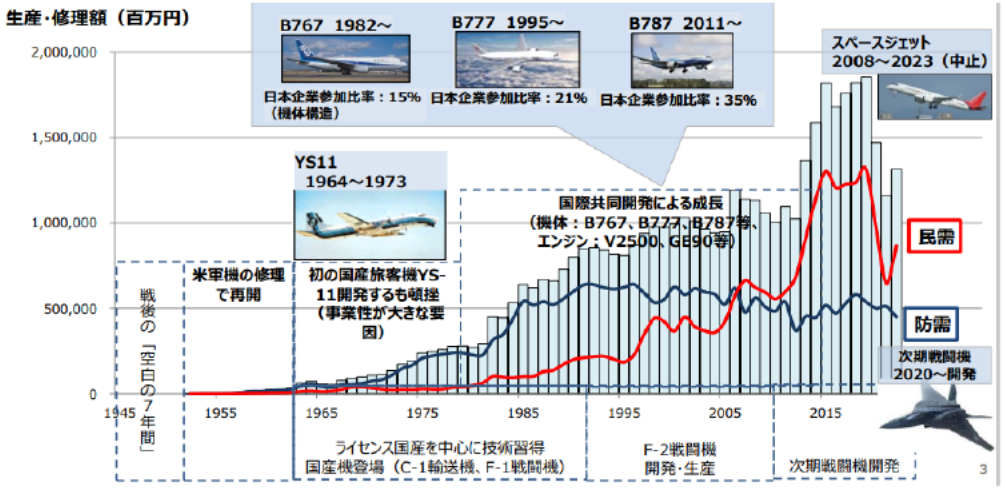
Copyright © Mitsubishi Research Institute

GX等で対象となる領域の概要（航空機）

- 国内の航空機の生産・修理額は1960年代以降増加傾向にあったものの、2020年以降は減少傾向にある。
- 産業構造については、完成メーカーをトップとしたピラミッド構造が形成されている。

航空機業界における市場規模推移

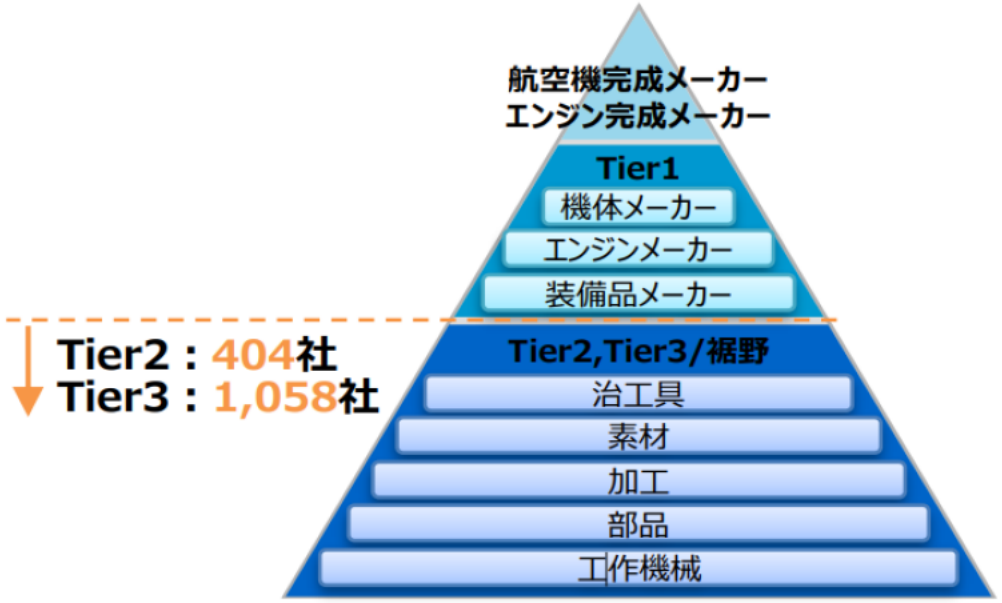
国内の航空機の生産額・修理額の推移



出所）METI「我が国の航空機産業の現状と航空産業を取り巻く国際的な環境変化」（https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/kokuki_uchu/pdf/002_04_00.pdf）<閲覧日：2024年1月19日>

航空業界における業界構造

日本の航空機・エンジンのサプライヤー構造概念図



出所）METI「我が国の航空機産業の現状と航空産業を取り巻く国際的な環境変化」（https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/kokuki_uchu/pdf/002_04_00.pdf）<閲覧日：2024年1月19日>

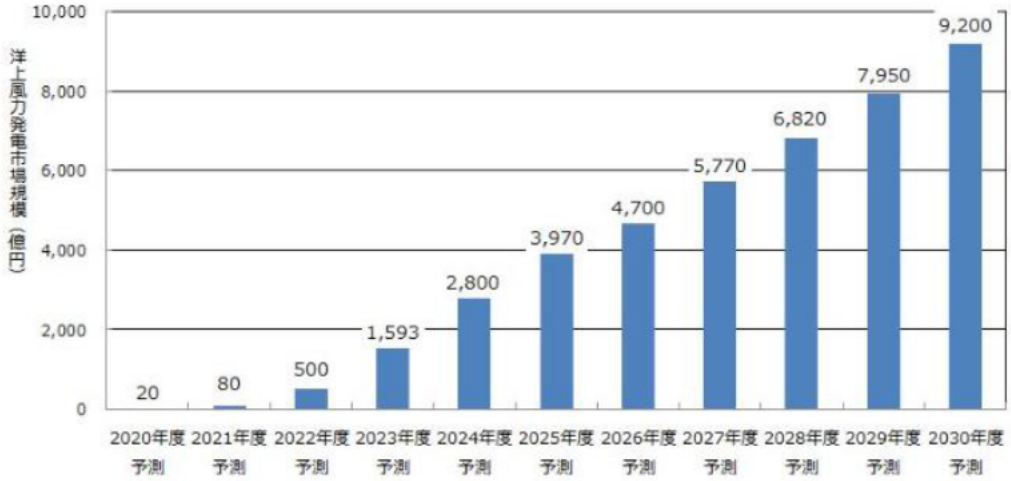
Copyright © Mitsubishi Research Institute

GX等で対象となる領域の概要（洋上風力）

- **国内の洋上風力発電の市場規模は2020年以降安定して増加すると予想され、洋上風力発電機は組立メーカーをトップとする産業構造が形成されている。**

洋上風力業界における市場規模推移（予測）

国内の洋上風力発電の市場規模予測



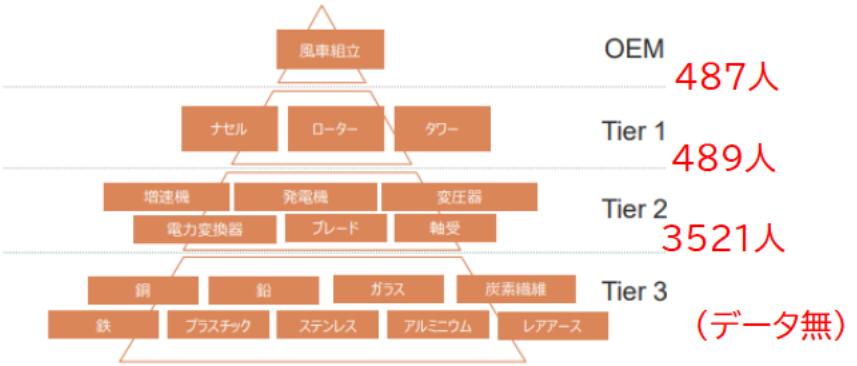
矢野経済研究所調べ

注1．市場規模は、洋上風力発電設備の新設市場（資本費ベース）、発電市場（売電売上高ベース）、維持メンテナンス市場（O&M事業者売上高ベース）を合算して算出した。
注2．2020年度以降すべて予測値

（出所）矢野経済研究所（https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2522）
<閲覧日：2024年1月19日>

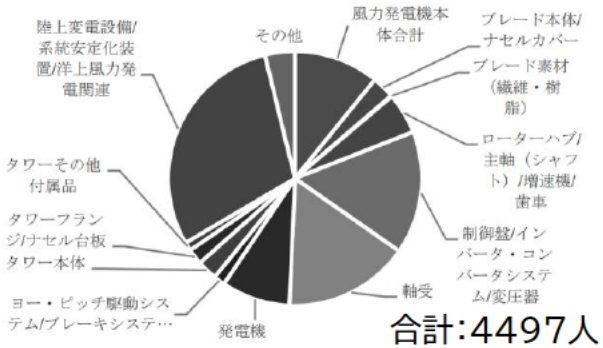
洋上風力業界における業界構造

洋上風力発電機の産業構造



出所）MUFG「 MUFGトランジション白書2.0 」
（https://www.bk.mufg.jp/cn/pdf/mufg_tw2_ptl.pdf）<閲覧日：2024年1月19日>

国内の風力関連とその他の従業員（2017 年度）



出所）戸田建設「サプライチェーンの形成」（https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwea/44/2/44_168/_pdf/-char/ja）<閲覧日：2024年1月19日>

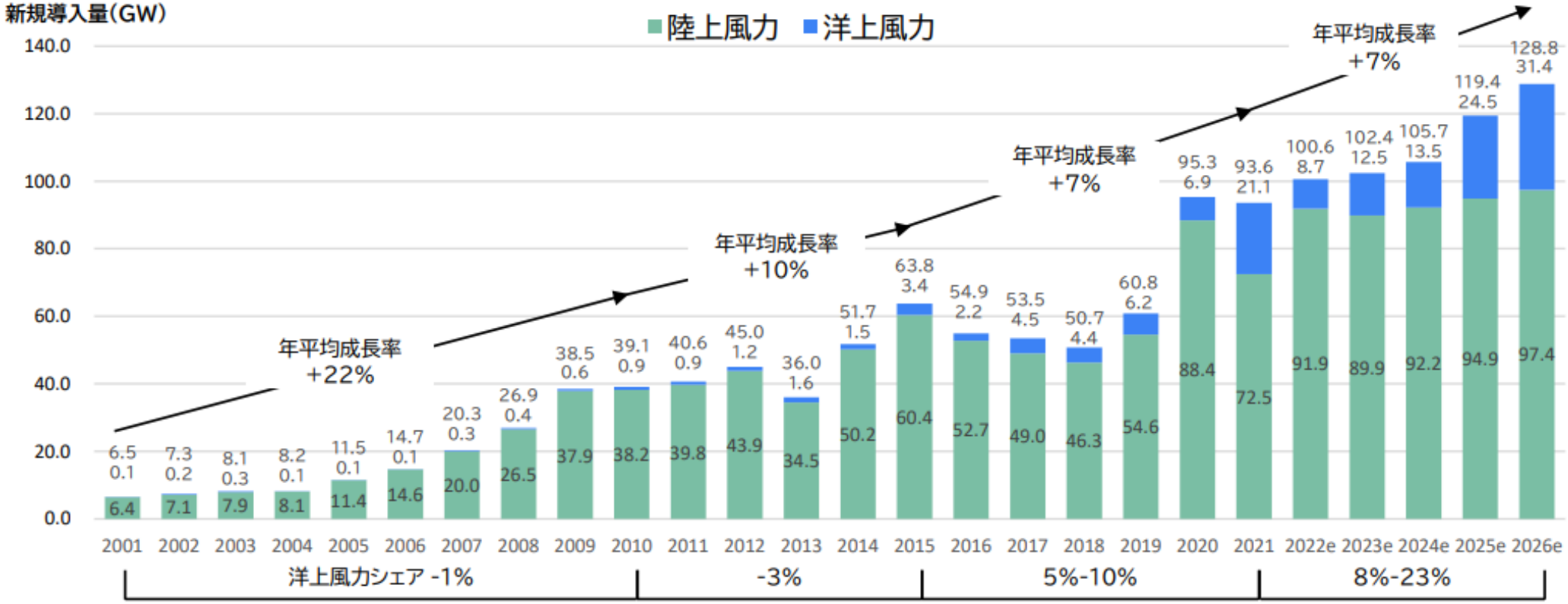
Copyright © Mitsubishi Research Institute

【参考】GX等で対象となる領域の概要（洋上風力）

- 世界全体では、陸上風力発電の導入量は20年以上増加しており、洋上風力発電も2010年以降増加している。

洋上風力業界における市場規模推移（約20年）

世界の洋上風力市場の推移



出所）MRI 「洋上風力発電事業の動向と国内企業の参入可能性について」（https://f-wpa.jp/site/wp-content/uploads/2023/03/fcfcfc6095579c5e7176ac2f295e1693.pdf）＜閲覧日：2024年1月19日＞

Copyright © Mitsubishi Research Institute

②部品・素材の供給途絶対策

1. SC喪失による影響
   ※②供給途絶対策と③技術・人材の維持・強化の取組にて共通事項が多く、
   ②の内容も③の位置づけとしている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

長期建設空白期間による原子力サプライチェーン喪失の影響

- **米国やフランスでは、<u>長期間原子力発電所の建設がなかったことで原子力サプライチェーンが弱体化</u>。近年の新設案件では建設遅延やコスト増加が発生。**

米国

- スリーマイル原子力発電所の事故以降新設案件がなく、ボーグル原発3・4号機は、**35年ぶりの新設着工原発**として、2013年に建設開始。
- ウェスティングハウス(WEC)の新型炉AP1000の世界初の建設(FOAK炉)。
- 長期間建設がない間、**米国では原子力に関与する事業者が減少し、主要資機材を日韓等の海外から輸入。**
  例)圧力容器(韓　斗山重工業)、格納容器(IHI)、
  　タービン(東芝ESS)

✓ 米国機械学会が認証する原子力規格(N-Stamp)取得企業が**600社(1980年)から200社以下(2007年)に減少。**
✓ 米国エネルギー省は、2005年、米国企業には**第三世代原子炉の主要資機材(原子炉圧力容器、蒸気発生器等)を製造する能力はない**と評価。
✓ 2002年以降、**原子炉圧力容器上蓋(取り替え用)は全て海外に依存。**

- 建設ノウハウの喪失や同時多発テロを受けた規制強化等の影響で**工期6年、建設費用約160億ドル以上増加。**

炉型	PWR (WEC　AP1000)
出力	110万kW×2基

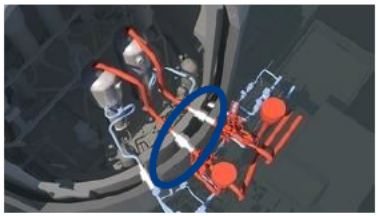
フランス

- フラマンビル原発3号機は、1993年着工のシボー2号機以来**14年ぶりの新設着工原発**として、2007年に建設開始。
- 仏電力会社EDFより仏フラマトム社が一括受注し、新型炉EPRの仏国内初の建設。
- ほとんどの資機材をフランス国内のサプライチェーン(フラマトム、アルストム等)でまかなうも、**原子炉容器上蓋の鋼材異常や冷却系配管の溶接不良等が発覚し、工期11年以上、建設費用約95億ユーロ増加。**

✓ 仏規制庁長官は「**新設にかかる原子力産業界の能力に対する疑念が生じている**」とし、仏政府は元PSAフォルツ氏に原因分析を依頼。
✓ フォルツ報告書では、「新規着工のない15年の間にEDFの**プロジェクトマネジメント能力や部品メーカーの製造能力が低下し、特に溶接の技術や人材を喪失した**」と指摘(2019年10月)。

炉型	PWR (フラマトムEPR)
出力	163万kW

溶接不良が発覚した箇所
(青丸部分)



出所)ASNホームページ

出所)各種情報により三菱総合研究所作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

③サプライヤの技術・人材の維持・強化の取組

1. 国内の技術者教育の取り組み
2. 他産業での技術・人材の維持・強化の取組
3. 他産業での人材数算出の取組
4. 国内でのものづくり人材育成の新たな取組
5. 諸外国での技術・人材の維持・強化の取組
    ① 仏国
    ② 米国
    ③ 英国
    ④ 韓国
6. 日本国内の人材育成体制改善案の検討

Copyright © Mitsubishi Research Institute

社会人を対象とした技術者講習

第37回原子力小委員会
（令和5年12月19日）資料1

- 経済産業省による支援のほか、大手メーカーの施設や原子力業界団体等が開催しているセミナーや研修を通じて、**社会人における技術者向けの支援が複数実施**されている。

実施主体	内容
経済産業省 （支援例：三菱総合研究所、TVE、電力中央研究所、青森原燃テクノロジーセンター等）	• 三菱総合研究所では、**廃止措置・廃棄物管理ビジネスに関して**、計画立案能力や業務マネジメント、適用可能な技術の検証等を通じた**技術者の育成**を実施。 • TVEでは、**デジタル技術を活用した鋳型造形プロセスイノベーション**を進め、少量多品種の**バルブ製造管理プロセスの伝承**を進めている。 • 電力中央研究所等では、**電気事業者やメーカーといった技術者**を対象に、実習授業を実施し、**俯瞰的リスク評価能力と材料専門性を兼ね備えた人材育成**を推進。 • 青森原燃テクノロジーセンターでは、**原子力関連施設で働く技術者等を対象**に、**原子力の安全性に関する基礎知識、チームマネジメント能力を備えた人材育成**を実施。
大手メーカー （例：三菱重工業、東芝ESS、原子力発電訓練センター、BWR運転訓練センター等）	• **自社内での研修を中心に技術者育成**を実施。三菱重工業では**自社でモックアップ施設を保有し、**定期検査要員の訓練や**新規開発機器の性能試験**に取組む。東芝ESSにおいてもモックアップ施設等を通じて、**実機プラントと同様の操作・研究が行える環境**を保有。 • **電力会社と共同出資する訓練センター**[1]において、**メーカー技術者を対象とした研修コース**が設置されている。
電力会社 （例：関西電力、日本原子力発電等）	• 関西電力では、大飯の**原子力研修センターにて監督者等の技術力向上の訓練**に取組む。 • 日本原子力発電等では、**原子力安全や放射能管理の基礎及び設備保全**などを学習するプログラムのほか、**原子力プラントの挙動を模擬するシミュレータ**や安全体感設備などを利用した実習研修を行う。
原子力業界団体　（下記参照）	• **原子力学会や団体・企業レベルでセミナーや研修を開催**しており、知見・**技術の習得**を実施。

（業界団体の技術者講習）	内容
原子力安全技術センター	• 放射線取扱主任者や防護管理者の定期講習等、**技術者向けの講習**を開催。
原子力安全推進協会	• **原子力特有のリスクを認識**すべく、経営層から管理者層に至る各階層に対して、消防や自衛隊等の危機管理を専門とする外部機関のノウハウ等も活用した**リーダーシップ研修プログラム**を実施。
技術情報センター	• **原子力発電所廃止措置の状況のほか、技術の現状・課題及びコスト**と放射性廃棄物の処理処分の課題等について、**廃止措置・処理処分に伴うビジネスの可能性も含めたセミナー**を開催。

（出所）各社・業界団体資料等
（注）1.　PWR向けの(株)原子力発電訓練センター、BWR向けの(株)BWR運転訓練センターがあり、何れも1970年代前半に設立されている

Copyright © Mitsubishi Research Institute

学生を対象とした技術者講習

第37回原子力小委員会
（令和5年12月19日）資料1

- 文部科学省・原子力規制庁を中心に、**大学や高専等の学生を対象とした、技術者向けの多くの支援が展開**されている。

文部科学省（ANEC[1]の活動）	内容
構成機関の相互補完による体系的な専門教育カリキュラムの共用 （取り纏め：北海道大学）	・**主要な基礎・基盤科目の教材・カリキュラムのオンライン化・オープン化**による体系的な原子力教育の提供や、公開された教材で習得した知識の定着を目指した、**「中性子放射化実験」、「JAEA・幌延深地層研究センター実習」**などを実施。
大型実験施設や原子力施設等における実験・実習の実施 （取り纏め：近畿大学・京都大学）	・**近畿大原子炉（UTR[2]-KINKI）及び京都大学臨界集合体（KUCA[3]）を用いた原子炉実習（基礎/中級/上級コース）**や、**高専生のための原子力実習**、**実験原子力総合実習**等、参画機関が有する大型実験施設や原子力施設等を用いた実験・実習プログラムを整備し提供。
国際機関や海外の大学との組織的連携による国際研鑽 （取り纏め：東京工業大学）	・全国の**大学・大学院生のためのニュークリアイノベーションブートキャンプ（NIB）**や**原子力イノベーション留学（SANI[4]）**等の取組を通し、原子力イノベーションに関する国際リーダー育成や国際性の涵養を図る。
産業界や他分野との連携・融合 （取り纏め：福井大学）	・**つるが原子力セミナー**の一環として**廃止措置技術セミナー**や、電力会社と連携した**原子力施設インターンシップ研修**を行うなど、産業界との連携強化に向けた取組を推進。

原子力規制庁（支援先）	内容
東京工業大学	・フィジカル・サイバー空間にまたがる**原子力プラント3S[5]を俯瞰し実践・主導する規制人材育成**
東北大学	・連携教育研究プログラムによる**俯瞰的知識を有する原子力規制人材育成**
東京大学	・我が国固有の特徴を踏まえた**原子力リスクマネジメントの知識基盤構築のための教育**プログラム
福島工業高等専門学校	・高専ネットワークによる**廃炉と地域の環境回復に貢献する原子力規制人材育成**

（出所）文部科学省・原子力規制庁資料
（注）1. Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society：未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム
2. University Teaching and Research Reactor　3. Kyoto University Critical Assembly　5. Safety、Security、Safeguards
4. Studying Abroad for Nuclear Innovation：大学院生2名を4か月間米国大学に原子力研究留学派遣（MIT、UCバークレー、テキサスA&M、ミシガン大学、ノースカロライナ州大学等）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

【参考】原子力技術者教育：東京大学原子力職業大学院

- 社会人を対象としており、卒業時に原子力に関わる国家資格の一部免除資格が受けられ、キャリアアップにつながるインセンティブを付与している。

主な学生

メーカー

電気事業者

研究機関

その他
規制庁、地方自治体等
一部新卒相当の学生含む

原子力職業大学概要

背景と目的

- 原子力施設の安全運転・維持管理や、その監督・指導を行うための深い学識および卓越した能力を培う。
- 原子力産業や原子力関係の行政法人、研究開発機関で指導的役割を果たす高度な原子力専門家の養成を目的とし、キャリアアップにつなげるインセンティブを付与している。

カリキュラム

3種類の教育カリキュラムが用意されている。

- 講義科目：原子炉物理、原子力保全工学、法工学、原子炉設計など
- 演習科目：放射線計測演習・原子力構造力学演習、技術倫理演習など
- 実験・実習科目：原子力実習、原子炉管理実習、放射線計測実験、核燃料サイクル実験など

学生定員・修業年限

- 定員は15名
- 標準修業年限は1年

卒業後

学位

原子力修士（専門職）

専門知識の習得及び資格取得によるキャリアアップ（以下の資格試験について一部免除）

原子炉主任技術者試験

各原子炉においては「原子炉主任技術者の免状を有する者」を原子炉主任技術者に選任しなければならず、原子炉の運転に関して保安の監督を行うため必要な資格

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の加工および使用済み核燃料の再処理において、その取扱や管理等に関して高度の専門知識と技術をもって監督・保安責任者のための国家資格

Copyright © Mitsubishi Research Institute

【参考】原子力技術者教育：世界原子力大学

- **社会人のリーダシップ養成プログラムとして世界原子力大学が運営している夏季研修があり、約2か月にわたって、原子力専門家からの講演や、グループディスカッションなどが行われ、リーダーシップを養成するとともに、世界中の原子力専門家とのネットワーキングが行われる。**

- 2003年にロンドンにて設立。
- グローバル化する21世紀の原子力をリードする次世代の指導者育成を目指す。
- 公的組織、民間組織との連携で運営。
  - 公的：各国政府から派遣されている原子力専門家の事務局員、IAEAからの資金
  - 民間：資金的支援に加え、運営面で協力。（教師の提供など）

【夏季研修について】

- 主な活動として「夏季研修（Summer Institute：SI）があり、6週間に渡って、30を超える国・地域から100名の参加者が参加し、国際機関、各国の原子力専門家、リーダーより講義・講演を聞き、グループディスカッションを通じて、原子力が直面する課題やその解決の方向性について英語で議論するプログラム。
- 参加者との交流を通じて、今後のキャリアで役立つ「ネットワーク」を構築することも目的。
- 2023年の夏季研修は日本（大阪、福島、福井）で行われた。

出所）報告　世界原子力大学へいこう！、日本原子力学会誌 Vo.53, No.7, 2011, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaesjb/53/7/53_509/_pdf/-char/ja
2023年世界原子力大学（WNU）夏季研修、https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2023/10/participants_report2023.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内におけるスキル標準化例：デジタルスキル標準（1/3）

- DX推進のための人材の重要性を踏まえ、個人の学習や企業の人材確保・育成の指針である、デジタルスキル標準を経産省及びIPAが策定。
- DXリテラシー標準（全ビジネスパーソンが対象）とDX推進スキル標準（DX推進人材が対象）の2種類が定義され、その中でもDX推進スキル標準では各人材類型に沿った役割（ロール）と担う責任を定義。

DX推進の人材類型・ロールと担う責任

人材類型	ロール	DX推進において担う責任
ビジネスアーキテクト	ビジネスアーキテクト（新規事業開発）	新しい事業、製品・サービスの目的を見出し、新しく定義した目的の実現方法を策定したうえで、関係者をコーディネートし関係者間の協働関係の構築をリードしながら、目的実現に向けたプロセスの一貫した推進を通じて、目的を実現する
	ビジネスアーキテクト（既存事業の高度化）	既存の事業、製品・サービスの目的を見直し、再定義した目的の実現方法を策定したうえで、関係者をコーディネートし関係者間の協働関係の構築をリードしながら、目的実現に向けたプロセスの一貫した推進を通じて、目的を実現する
	ビジネスアーキテクト（社内業務の高度化・効率化）	社内業務の課題解決の目的を定義し、その目的の実現方法を策定したうえで、関係者をコーディネートし関係者間の協働関係の構築をリードしながら、目的実現に向けたプロセスの一貫した推進を通じて、目的を実現する
デザイナー	サービスデザイナー	社会、顧客・ユーザー、製品・サービス提供における社内外関係者の課題や行動から顧客価値を定義し製品・サービスの方針（コンセプト）を策定するとともに、それを継続的に実現するための仕組みのデザインを行う
	UX/UIデザイナー	バリュープロポジション脚注に基づき製品・サービスの顧客・ユーザー体験を設計し、製品・サービスの情報設計や、機能、情報の配置、外観、動的要素のデザインを行う
	グラフィックデザイナー	ブランドのイメージを具現化し、ブランドとして統一感のあるデジタルグラフィック、マーケティング媒体等のデザインを行う
データサイエンティスト	データビジネスストラテジスト	事業戦略に沿ったデータの活用戦略を考えるとともに、戦略の具体化や実現を主導し、顧客価値を拡大する業務変革やビジネス創出を実現する
	データサイエンスプロフェッショナル	データの処理や解析を通じて、顧客価値を拡大する業務の変革やビジネスの創出につながる有意義な知見を導出する
	データエンジニア	効果的なデータ分析環境の設計・実装・運用を通じて、顧客価値を拡大する業務変革やビジネス創出を実現する
ソフトウェアエンジニア	フロントエンドエンジニア	デジタル技術を活用したサービスを提供するためのソフトウェアの機能のうち、主にインターフェース（クライアントサイド）の機能の実現に主たる責任を持つ
	バックエンドエンジニア	デジタル技術を活用したサービスを提供するためのソフトウェアの機能のうち、主にサーバサイドの機能の実現に主たる責任を持つ
	クラウドエンジニア/SRE	デジタル技術を活用したサービスを提供するためのソフトウェアの開発・運用環境の最適化と信頼性の向上に責任を持つ
	フィジカルコンピューティングエンジニア	デジタル技術を活用したサービスを提供するためのソフトウェアの実現において、現実世界（物理領域）のデジタル化を担い、デバイスを含めたソフトウェア機能の実現に責任を持つ
サイバーセキュリティ	サイバーセキュリティマネージャー	顧客価値を拡大するビジネスの企画立案に際して、デジタル活用に伴うサイバーセキュリティリスクを検討・評価するとともに、その影響を抑制するための対策の管理・統制の主導を通じて、顧客価値の高いビジネスへの信頼感向上に貢献する
	サイバーセキュリティエンジニア	事業実施に伴うデジタル活用関連のサイバーセキュリティリスクを抑制するための対策の導入・保守・運用を通じて、顧客価値の高いビジネスの安定的な提供に貢献する

脚注 バリュープロポジション：顧客が求める価値を把握した上で、ビジネスのケイパビリティを踏まえて決定される、企業が製品・サービスを購入する顧客に提供する利益や、顧客がその製品・サービスを買うべき理由

出所）経済産業省、IPA、「デジタルスキル標準 ver.1.1」、2023年8月 https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/skill_standard/20230807001-e-1.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内におけるスキル標準化例：デジタルスキル標準（2/3）

- DX推進スキル標準において、「共通スキルリスト」が設定されており、各ロールに対して必要なスキルを共通スキルリストから定義。

共通スキルリスト

カテゴリー	サブカテゴリー	スキル項目
ビジネス変革	戦略・マネジメント・システム	ビジネス戦略策定・実行
		プロダクトマネジメント
		変革マネジメント
		システムズエンジニアリング
		エンタープライズアーキクチャ
		プロジェクトマネジメント
	ビジネスモデル・プロセス	ビジネス調査
		ビジネスモデル設計
		ビジネスアナリシス
		検証（ビジネス視点）
		マーケティング
		ブランディング
	デザイン	顧客・ユーザー理解
		価値発見・定義
		設計
		検証（顧客・ユーザー視点）
		その他デザイン技術
データ活用	データ・AIの戦略的活用	データ理解・活用
		データ・AI活用戦略
		データ・AI活用業務の設計・事業実装・評価
	AI・データサイエンス	数理統計・多変量解析・データ可視化
		機械学習・深層学習
	データエンジニアリング	データ活用基盤設計
		データ活用基盤実装・運用

カテゴリー	サブカテゴリー	スキル項目
テクノロジー	ソフトウェア開発	コンピュータサイエンス
		チーム開発
		ソフトウェア設計手法
		ソフトウェア開発プロセス
		Webアプリケーション基本技術
		フロントエンドシステム開発
		バックエンドシステム開発
		クラウドインフラ活用
		SREプロセス
		サービス活用
	デジタルテクノロジー	フィジカルコンピューティング
		その他先端技術
		テクノロジートレンド
セキュリティ	セキュリティマネジメント	セキュリティ体制構築・運営
		セキュリティマネジメント
		インシデント対応と事業継続
		プライバシー保護
	セキュリティ技術	セキュア設計・開発・構築
		セキュリティ運用・保守・監視
パーソナルスキル	ヒューマンスキル	リーダーシップ
		コラボレーション
	コンセプチュアルスキル	ゴール設定
		創造的な問題解決
		批判的思考
		適応力

出所）経済産業省、IPA、「デジタルスキル標準 ver.1.1」、2023年8月 https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/skill_standard/20230807001-e-1.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内におけるスキル標準化例：デジタルスキル標準（3/3）

- 各ロール毎に担う責任と主な業務を整理。さらに、各ロールに求められるスキルのカテゴリーを細分化し、スキル項目毎に重要度を設定。

担う責任・主な業務・スキルの一例

人材類型	ビジネスアーキテクト
ロール	**ビジネスアーキテクト（新規事業開発）**
DXの推進において担う責任	新しい事業、製品・サービスの目的を見出し、新しく定義した目的の実現方法を策定したうえで、関係者をコーディネートし関係者間の協働関係の構築をリードしながら、目的実現に向けたプロセスの一貫した推進を通じて、目的を実現する
主な業務	・社内外の環境、社会や顧客・ユーザーのニーズ、技術動向等を踏まえた新たな事業、製品・サービスの目的を定義し、目的を実現するためのビジネスモデルやビジネスプロセスの設計、活用する技術や手法・ツールの選定を行う ・新たな製品・サービスの実現可能性や活用するソリューションの有効性を検証のうえ、製品・サービスのローンチに向けた事業計画を策定し、ソリューションの要件の詳細化から実現に責任を持つ ・顧客・ユーザーからのフィードバックやKPIのモニタリングを通じて、プロセスやソリューションの収益性を向上する施策（ターゲットとなる顧客・ユーザー、領域の拡大等）を継続的に検討・実行する ・構想から新製品・サービスの効果検証まで一貫して、関係者全体のコーディネート（必要なリソースの確保、チームの組成、適材適所を意識した偏りのないタスクの割り振り、関係者間の合意形成の促進等）を担う

必要なスキル

カテゴリー	サブカテゴリー	スキル項目	重要度
ビジネス変革	戦略・マネジメント・システム	ビジネス戦略策定・実行	a
		プロダクトマネジメント	a
		変革マネジメント	a
		システムズエンジニアリング	a
		エンタープライズアーキクチャ	a
		プロジェクトマネジメント	b
	ビジネスモデル・プロセス	ビジネス調査	a
		ビジネスモデル設計	a
		ビジネスアナリシス	a
		検証（ビジネス視点）	a
		マーケティング	b
		ブランディング	b
	デザイン	顧客・ユーザー理解	b
		価値発見・定義	b
		設計	d
		検証（顧客・ユーザー視点）	c
		その他デザイン技術	d

カテゴリー	サブカテゴリー	スキル項目	重要度
データ活用	データ・AIの戦略的活用	データ理解・活用	b
		データ・AI活用戦略	b
		データ・AI活用業務の設計・事業実装・評価	c
	AI・データサイエンス	数理統計・多変量解析・データ可視化	d
		機械学習・深層学習	d
	データエンジニアリング	データ活用基盤設計	d
		データ活用基盤実装・運用	d
テクノロジー	ソフトウェア開発	コンピュータサイエンス	d
		チーム開発	d
		ソフトウェア設計手法	d
		ソフトウェア開発プロセス	c
		Webアプリケーション基本技術	d
		フロントエンドシステム開発	d
		バックエンドシステム開発	d
		クラウドインフラ活用	d
		SREプロセス	d
		サービス活用	d

カテゴリー	サブカテゴリー	スキル項目	重要度
テクノロジー	デジタルテクノロジー	フィジカルコンピューティング	c
		その他先端技術	d
		テクノロジートレンド	c
セキュリティ	セキュリティマネジメント	セキュリティ体制構築・運営	d
		セキュリティマネジメント	c
		インシデント対応と事業継続	c
		プライバシー保護	b
	セキュリティ技術	セキュア設計・開発・構築	d
		セキュリティ運用・保守・監視	d
パーソナルスキル	ヒューマンスキル	リーダーシップ	z
		コラボレーション	z
	コンセプチュアルスキル	ゴール設定	z
		創造的な問題解決	z
		批判的思考	z
		適応力	z

【重要度凡例】
a　高い実践力と専門性が必要
b　一定の実践力と専門性が必要
c　説明可能なレベルで理解が必要
d　位置づけや関連性の理解が必要
z　役割や状況に応じた実践力が必要

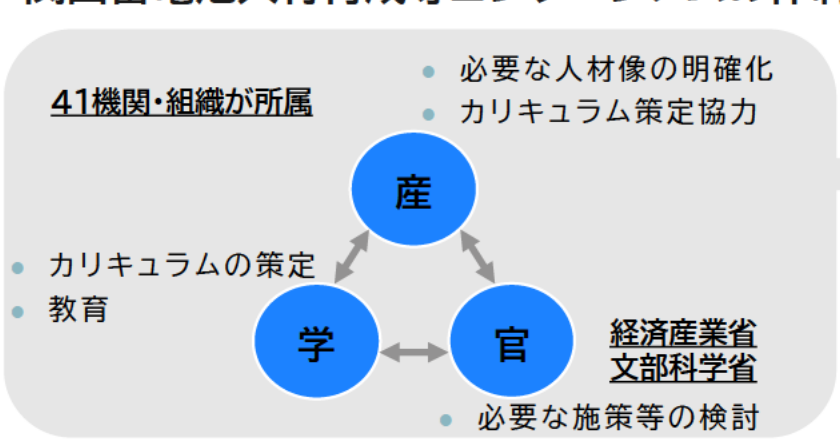
出所）経済産業省、IPA、「デジタルスキル標準 ver.1.1」、2023年8月 https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/skill_standard/20230807001-e-1.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

他業界における事例（関西蓄電池人材育成等コンソーシアム）

- 蓄電池分野においては、関西蓄電池人材等コンソーシアムにより産官学の連携を実践

■ 関西蓄電池人材育成等コンソーシアムの体制



全機関の参加

産官学の役割を明確にし意見を吸い上げる

現状と課題を共有・議論する場
WGで検討される教育プログラム実装に向け、アクションプランを議論

コンソーシアム本会合

WGにて検討された内容の実装に向け議論

本会合にて抽出された現状と課題をWGへ反映

【参考：本会合の議論内容】

第1回（2022年10月13日）
- コンソーシアムの取組方針
- 蓄電池に係る人材ニーズ
- 既存の人材育成と今後の方向性

第2回（2022年12月22日）
- 対象人材ごとの育成の方向性

第3回（2023年3月2日）
- バッテリー人材育成の方向性
- アクションプランなどを記載した取りまとめ案

現状と課題に応じ対策・その実装方法を議論する場
- 産業界が求める人材・スキル整理
- 教育主体別プログラム検討・作成
- プログラム実装の方法・プロセス・体制への議論

人材育成WG

その他WG（必要に応じて開催）

【参考：人材育成WGの議論内容】

第1回（2022年11月1日）
WGの目的・進め方の共有、スキル標準の共有、進め方の議論

第2回（2022年12月8日）
主に技能系人材を対象とした、公共職業能力開発施設、工業高校／工科高校における育成の方向性

第3回（2023年12月19日）
主に技術系人材を対象とした、高専における育成の方向性

第4回（2023年2月2日）
工業/工科高校と高専を対象とする「学びながら、興味・関心を持つ」ステップについて具体的な取組イメージと次年度以降の進め方

出所）関西蓄電池人材育成等コンソーシアム 「バッテリー人材育成の方向性」2023年3月 https://www.kansai.meti.go.jp/3jisedai/battery/torimatome.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

蓄電池業界：高校生・高専生に対する教育プログラム

- 蓄電池における人材育成の取組では学生のみならず、教員側の理解醸成を重要指標として挙げており、教員に対する学習パッケージも作成。

【教育コンテンツパッケージ（案）】

※実施にあたっては、教育機関のニーズ、授業への組み込み方や実施場所の受入体制等に合わせて、学習内容、学習時間等を産学で柔軟に対応していく。

	大項目（案）	小項目（案）	実施場所
1	バッテリーの社会的意義と最新動向	SDGsへの貢献、世界シェア、市場の将来性、最新の技術動向　等	学校
2	バッテリーの種類と用途	電池の原理、分類、構造	
3	バッテリーのものづくり理解	バーチャルでの工場ライン等の見学	
4	小型電池製造実習		産総研
5	学校の教科書＋教科書の発展的内容	リチウムイオンの化学反応式等	学校
6	OBOGとの交流／工場見学		電池メーカー等

【教員向け研修パッケージ（案）】

	大項目（案）	小項目（案）	実施場所
1	バッテリーの社会的意義と最新動向	SDGsへの貢献、世界シェア、市場の将来性、最新の技術動向　等	検討 （オンライン、ハイブリッド等）
2	バッテリーの種類と用途	電池の原理、分類、構造	
3	バッテリーのものづくり理解	バーチャルでの工場ライン等の見学	
4	小型電池製造実習		産総研

学生と教員双方向への教育

- 学生に対してバッテリーについて興味・関心を抱いてもらうことが重要
- 座学・実習を織り交ぜた教育プログラムを実施
- 特に高専生においては、より実践的・専門的に学ぶ機会が重要であり、希望する学生へ大学・大学院生向けプログラムの実施を検討
- 教員に対する理解醸成・促進を図るための説明会・研修会等の取組

出所）関西蓄電池人材育成等コンソーシアム 「バッテリー人材育成の方向性」 2023年5月 https://www.kansai.meti.go.jp/3jisedai/battery/torimatome.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

蓄電池業界：大学・大学院および社会人における教育プログラムの方向性

- 高校～大学～社会人それぞれが密接に連携するようにプログラムを策定。

大学・大学院生

教育コンテンツ（案）

- ✓ 以下内容をベースに、産総研関西センターが中心となり、産業界や大学、LIBTECなどの関係機関と連携しながら、講座内容・講師や教材の具体化を進める。
- ✓ ニーズを踏まえた上で、高専生や社会人への展開も踏まえて、実施方法等の検討を行う。

座学

①基礎力養成講座
コンソ参画大学等の教員を含む専門家・研究者を講師として、電池技術者に必要な基礎学問を横断的に学べる講座
<1コマ90分　※コマ数は今後調整・検討>

②電池製造概論講座
産総研・LIBTECの専門家や電池メーカーOB等を講師として、セル設計や特性評価、品質管理、標準化など、より実践的な力を身につけるための講座　<10時間程度>

実習

③電池製造実習
実機(電池製造設備)を活用した実習　<5日程度>

④電池評価分析実習
実機(評価装置・分析装置)を活用した実習　<5日程度>

⑤設備見学
安全性試験評価機関(NITE,JET)等　<2日程度>

社会人

- ✓ 部素材メーカーや装置メーカー等サプライチェーン上の中堅・中小企業に対してもヒアリングを実施中。
- ✓ 自社内での難しいリスキリングや各個社間の共通項の有無も含めて、産業界のニーズ整理・分析を実施。
- ✓ 産業界のニーズに応じて、公共職業能力開発施設のメニューとのマッチング等を行い、同施設における研修メニューの高校・高専生向け教育プログラム活用可能性を検討
- ✓ 社会人に対して、産総研関西センターを中心に実施する教育プログラムの活用や、業界団体による、新規参入企業向けの電池講習会を開催

出所）九州半導体人材育成等コンソーシアム人材育成ワーキンググループ（WG） 2022年度活動報告　2023年3月
https://www.kyushu.meti.go.jp/seisaku/jyoho/oshirase/230404_1_4.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

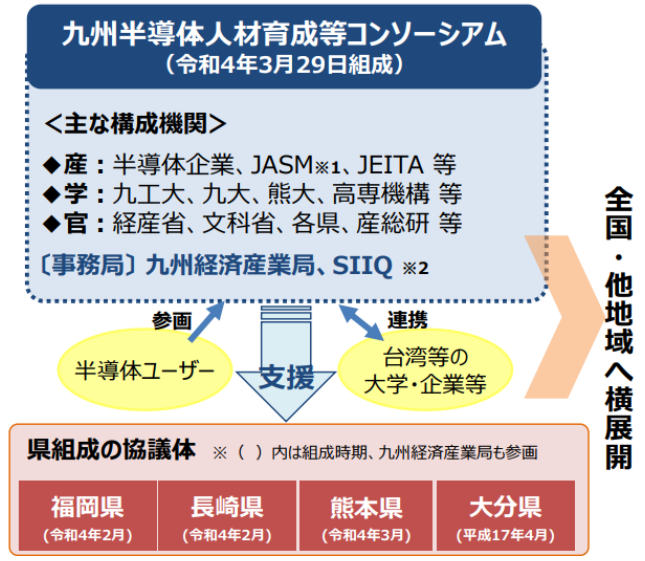
他業界における事例（九州半導体等コンソーシアム）

- 半導体分野においては、九州半導体等コンソーシアムにて人材育成議論を先導

九州半導体等コンソーシアム　体制と活動概要

- 産業界16機関、教育機関8校、行政機関11団体（内、経産省九州経済産業局、文科省含む）
  ＋協力機関7団体、事務局から成る。
- 取組の方向性は以下3点を目的とする。
  ① 半導体人材育成と確保
  ② 企業間取引・サプライチェーンの強化
  ③ 海外との産業交流促進

九州半導体等コンソーシアム



人材育成に関する調査結果および課題

- 九州の半導体産業における人材不足は、短期的にも中長期的にも年間1,000人程度になる見込み。
- 不足感が大きくなる職種は、短期的にも中長期的にもオペレータ、生産技術職がメインである。（その他短期的には研究開発職となっている。）
- 半導体ユーザー企業の知名度が高く、半導体自体の魅力が浸透していない。
- 半導体実習を実施するための施設がほとんどなく、また電気電子、機械、材料、化学などに渡る横断的半導体工学の教育機会が少ない。

出所）九州半導体人材育成等コンソーシアム人材育成ワーキンググループ（WG） 2022年度活動報告　2023年3月
https://www.kyushu.meti.go.jp/seisaku/jyoho/oshirase/230404_1_4.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

他業界における事例（九州半導体等コンソーシアム）

九州半導体等コンソーシアム　人材育成WGの活動内容（2022年度）

	具体的な取り組み内容	次年度以降への取組
①人材育成調査 ●国内企業向け調査 ●海外実態調査	• **企業人材ニーズ調査** （アンケート調査、ヒアリング調査及び分析） • 台湾文献調査	**<u>【トップ人材】研究開発職・設計人材など</u>** • 産学連携によるトップ人材育成 • 産学・国際研究交流事業 **<u>【ボリュームゾーン人材】生産技術職など</u>** • 産学連携によるトレーニング実施 • 人材マッチング支援
②人材確保調査 ●国内教育機関向け調査	• **学生・社会人　半導体意識調査** （アンケート調査、ヒアリング調査及び分析）	
③即戦力化に係る取組 ●産学連携半導体人材育成カリキュラム検証・実践 ●教員向け産学連携半導体研修検証・実践	• **高専、工業高校における学生向け出前講義** • **教員向け半導体企業研修会** • **九州・台湾半導体交流訪問団の派遣**	

示唆

- ■ トップ人材とボリューム人材を分け、それぞれに適した人材育成を実施。原子力業界においても人材戦略として、トップ層への育成も視野に入れるべき。
- ■ 学生や就業者などの受講者に主眼を置くのみならず、教員向けの研修も開催することで双方向への人材育成を徹底している。

出所）九州半導体人材育成等コンソーシアム人材育成ワーキンググループ（WG） 2022年度活動報告　2023年3月
https://www.kyushu.meti.go.jp/seisaku/jyoho/oshirase/230404_1_4.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

需給ギャップの見通し作成～ 他業界の事例

第38回原子力小委員会
（令和6年2月20日）資料1

- 半導体及び蓄電池分野では**業界団体等が主導**して、**今後の人材数目標と合わせて必要な施策が検討**されている。

半導体分野の取組

- **電子情報技術産業協会（JEITA）は、全国半導体人材支援プロジェクトを立ち上げ**、初等教育から大学まで一貫した半導体人材育成策を講じる
- 半導体デバイス、装置、材料、半導体を使用するユーザ企業の支援も得ながら、全国大のオープンな**半導体人材育成ネットワークを構築**
- 講師派遣による出前授業や、企業現場での学生の受け入れ、設備提供など教育の場を提供

ブロック	東北北海道	関東	中部	近畿	中国・四国	九州
派遣講師	300	600	300	200	150	450
体験機会	100	200	100	70	50	150
必要人材	6,000	12,000	6,000	4,000	3,000	9,000

（出所）JEITA資料

蓄電池分野の取組

- 蓄電池業界では、国内における将来的な必要製造能力を起点に人材予測を実施。**国内においては150GWh**（発射台約20GWh）の製造能力確保に向けて、**2030年までに蓄電池製造に係る人材を合計2.2万人育成・確保**することを目指す
- **関西蓄電池人材育成等コンソーシアム**※が2022年に発足。業界団体として人材育成プログラムの方向性およびアクションプランを取り纏め、関西近辺において今後5年間で合計約1万人の雇用を見込む

※近畿経済産業局が、**一般社団法人電池工業会（BAJ）及び一般社団法人電池サプライチェーン協議会（BASC）と共にコンソーシアムの事務局**として、人材育成等に向けた取組を推進

今後の施策

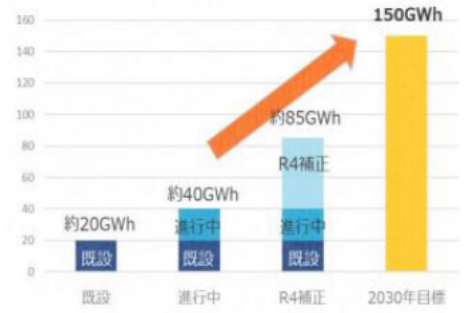
高校・高専
バッテリーについて学びながら興味を抱く講座を開発。
教員向けの研修も実施。

大学・大学院
産総研関西センターを中心として座学と実習を織り交ぜたプログラムを提供。

社会人
公共職業能力開発施設のメニューとのマッチング。
社内外でリスキリングを実施。

電池セル製造能力の目標

製造能力目標150GWhを見据えて、関西を中心に産学官で人材育成プログラムを実施



（出所）関西蓄電池人材育成等コンソーシアム資料

Copyright © Mitsubishi Research Institute

建設に向けたものづくり現場の人材育成への取り組み

第38回原子力小委員会
（令和6年2月20日）資料1

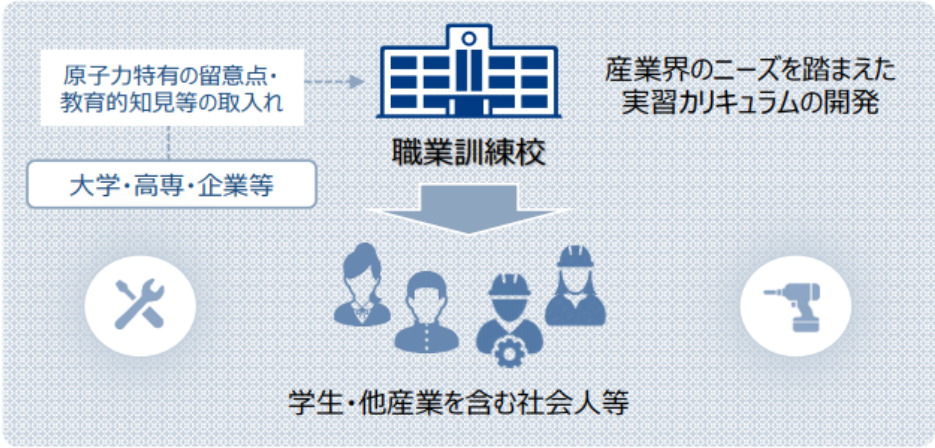
- **震災以降の技能者の減少**のほか、**国内建設でのみ継承可能な技能が多数ある**こと等を念頭に、原子力分野の製造・検査等に係るものづくり人材の育成を図るべく、経済産業省の事業として、**座学に留まらず、産業界のニーズを踏まえた技能の実習も伴う講座を開発・実施**してきた。

メーカー・サプライヤによる講座

- メーカー・サプライヤが、原子力分野の製造・検査等に係るものづくり人材の育成に繋がる取組を実施
  - これまで**自社内や関連企業向けに実施してきたトレーニング内容の再構築**も視野に入れつつ、関連メーカー・サプライヤ等に対して講座を開発・実施する
  - 関連メーカー・サプライヤの**既存技能者に加えて、新しく技能者となる社会人や学生等も対象**とし、産業大での取組に繋げる

職業訓練校による講座

- 基本的なものづくり（溶接・電気工事等）の知見をもつ職業訓練校にて、産業界のニーズを踏まえた講習を実施
  - 職業訓練校が保有する施設・設備やものづくりに関する知見を基に、**ものづくり技能の土台となる実習カリキュラムを構築**しつつ、**原子力特有の留意点等を取入れた講座**を開発・実施する
  - **高校・大学等の学生や他産業を含む社会人等を対象**に、ものづくり人材の育成を目指す



Copyright © Mitsubishi Research Institute

メーカ・サプライヤ等協力におけるトライアル例

第38回原子力小委員会
（令和6年2月20日）資料1

- 今年度は、**バルブメーカーであるTVEの工場**において、原子力向け鋳鋼バルブ設計技術や**鋳造の技能・検査に係る講座**を実施。
- これまで**自社内や関連企業向けに行っていた実習内容の見直し・改善**を図った上、関連メーカー・サプライヤといった**幅広い企業の参加に繋がる等、産業大でのものづくり技能の向上**に貢献。

TVEによる鋳鋼技能の講座

①座学（2日間）

－原子力向け鋳鋼バルブ設計技術の習得－

1/23	**JSME弁設計技術の習得①** • 一般弁の概要 • 電動弁の概要、法規・規制
1/24	**JSME弁設計技術の習得②** • 弁の設計（JSME） • 強度計算

【受講者の所属企業】
- イーグル工業
- テイエルブイ
- 三菱重工業
- 日立GE
- 関水社　等

②実技（3日間）

－原子力向け鋳鋼品の鋳造技能・検査の技能習得－

1/30	**原子力向け鋳鋼品の設計技術と鋳造技能の理解** ・ 製造工程の概要
1/31	**原子力向け鋳鋼品の検査①** ・ 材料試験成績書作成の概要
2/1	**原子力向け鋳鋼品の検査②** ・ 非破壊検査の内容と実習

【受講者の所属企業】
- 中北製作所
- 岡野バルブ製造
- ベンカン機工
- ウツエバルブ　等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

職業訓練校等協力におけるトライアル例

第38回原子力小委員会
（令和6年2月20日）資料1

- 今年度は、**福井県の職業訓練校（福井産業技術専門学院）**において、**地元の学生に対して、溶接技能に関する講座を実施**予定。
- 先進的な知見を持つ**大学等との連携も通じて**、座学・実技としての習得に留まらず、**原子力産業への興味・関心を喚起するカリキュラムの展開**を志向。

福井産業技術専門学院による溶接技能の講座

- 福井産業技術専門学院において、**溶接・電気工事等ものづくり技能の習得**に向けて、今年度は**技能経験の少ない大学生を対象**とした講習を試行予定
- 溶接技能やその活用先等に係る、**先進的な知見を持つ大学等との連携**も通じて、座学・実技としての習得に留まらず、**原子力産業への興味・関心を喚起するカリキュラムの展開**を志向

2/29 （座学）	**【溶接技能の基礎】** 溶接方法／TIG溶接の特徴／ステンレス鋼の基礎知識／溶接部の試験と検査／溶接作業での障害と防止対策 **【溶接技能の活用先に係る追加講義】** 「溶接・接合の魅力 -材料と構造を活かす“つなぐ”技術-」 （大阪大学　才田教授）
3/1 （実技）	**【溶接技能の実践】** 溶接機器の取扱い／アークの発生／ビードオンプレート／タック溶接／各種継手溶接／各種継手溶接（溶接棒）／課題製作／評価講評

溶接ものづくり講習
参加者募集

2日間のTIG溶接実習

本研修ではTIG溶接を座学および実習を通して学びます。
実習では基本技能の習得から課題製作までチャレンジします。

株式会社三菱総合研究所が経済産業省・資源エネルギー庁から受託している「令和5年度原子力産業基盤強化事業」の一環として、原子力分野のものづくり人材の育成・確保に向けて、実施します。
受講者には受講証の発行も検討しております。

【座学】溶接方法、TIG溶接の特徴、ステンレス鋼の基礎知識、溶接部の試験と検査、溶接作業での障害と防止対策、溶接・接合の魅力
【実技】溶接機器の取扱い、アークの発生、ビードオンプレート、タック溶接、各種継手溶接、課題製作

スケジュール

日程		実施内容
2/29（木）	10:00～12:00	【座学】・溶接方法・TIG溶接の特徴・ステンレス鋼の基礎知識・溶接部の試験と検査・溶接作業での障害と防止対策
	13:00～15:00	【座学】「溶接・接合の魅力 -材料と構造を活かす“つなぐ”技術-」（大阪大学工学研究科 マテリアル生産科学専攻才田教授）
3/1（金）	9:00～12:00	【実技】・溶接機器の取扱い・アークの発生・ビードオンプレート・タック溶接・各種継手溶接
	13:00～16:00	【実技】・各種継手溶接（溶接棒）・課題製作・評価講評

※進行状況により内容が変更になる場合があります。

実施期間
2/29（木）10時～15時　座学
3/1（金）9時～16時　実技

開催場所
福井産業技術専門学院
〒910－0829
福井県福井市林藤島町20－1－3

アクセス（電車）
えちぜん鉄道 勝山・永平寺線 越前新保駅または追分口駅で下車、徒歩約20分
HP:
https://www.nouryokukaihatu.ac.jp/fukui/

応募対象
大学院生、大学生、高専生、高校生、職業訓練校学生
※交通費支給

注意事項
✓ 汚れても良い服装（長袖長ズボン）、靴でご参加ください。
✓ 作業服を貸出しますので、申込時にサイズをFormsからご連絡ください。

主催
福井県立福井産業技術専門学院
（TEL:0776－52－2120）
株式会社三菱総合研究所
（TEL:080－7039－7883）

申込はこちらへ:
https://forms.office.com/r/rC242W8wJ2（右QRコードと同一）
問合せ先:nuclear-manufacturing@ml.mri.co.jp
締め切り:2024年1月12日 17:00

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国における人材需給ギャップ分析の実施

第38回原子力小委員会
（令和6年2月20日）資料1

- 仏原子力産業協会（GIFEN）は、MATCHプログラムを通じて、今後の建設に向けて、**今後10年で必要な雇用数や需給ギャップ・事業領域等を調査・分析**している。
- サプライチェーンを20事業分野に分けて、特に**鋳造・鍛造分野等において需給ギャップが有り、大きな課題**と指摘。

MATCHプログラム

2023年4月に仏原子力産業協会（GIFEN）より発表

ー目的ー

- **原子力産業のニーズと民間リソースを合致（MATCH）**させるために業界動向を把握し、必要なアクションを策定

ー内容ー

- **需要予測と人材流動予測を比較し、全体ビジョンを作成。**事業セグメント毎に特例されたギャップ、規模・緊急性に応じて、取るべきアクションのガイドラインを提示
- MATCHプログラムを通じて得られた結果等は、**定期的に更新していく予定**

（出所）GIFEN資料

人材の需給ギャップ分析

サプライチェーンを20事業分野に分け、課題・必要雇用数を分析

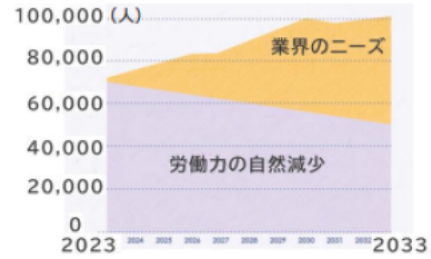
ー事業分野での課題ー

- 特に**鋳造・鍛造分野において需給ギャップ有、課題大**と指摘

分野	技能面の課題	産業面の課題
鋳造・鍛造	■ 原子力特有の技能を有する人材の獲得	■ 設備とプロセスの最新化が必要
土木工事	■ 大量の新規事業及び一部特定の技能を有する人材	■ プロジェクトスケジュールや工事内容の棚卸と最適なリソース配分
電気工事	■ 急増する需要及び一部特定の技能を有する人材	■ リソースの予測と確保及び設備維持
他17分野	…	…

ー必要雇用数の算出ー

- **今後10年間に**各企業や組織が必要とする業務量及び人材を分析し、予想される退職数から、**必要な雇用数を予測**



～サプライチェーンの需給見通し[1]～

（出所）GIFEN資料
（注）1．Tier1のサプライヤを中心とした統計

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国の人材育成の対象範囲と支援組織

第37回原子力小委員会
（令和5年12月19日）資料1

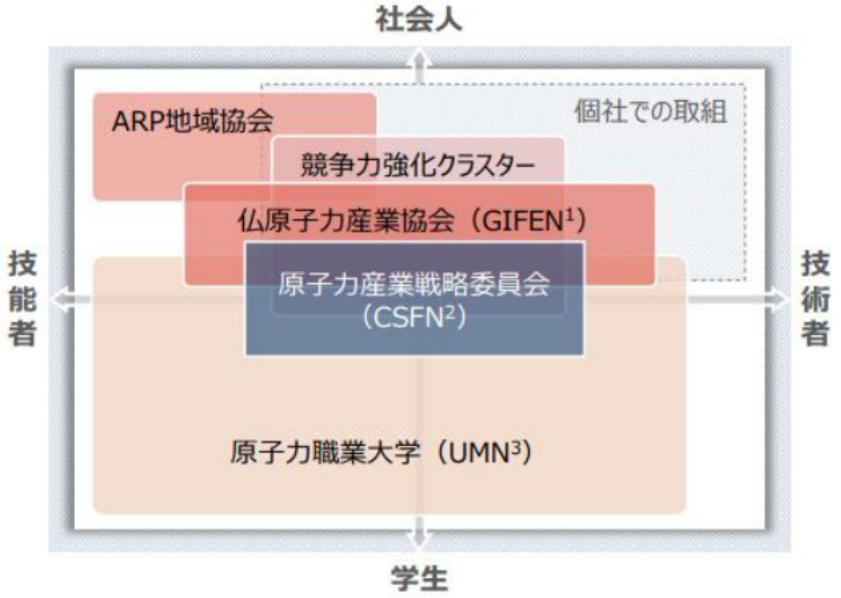
- フラマンビル3号機の建設が大幅に遅れた課題や今後の新設計画を踏まえ、人材育成・確保に向けた**包括的な支援体制が確立**され、**技能等ものづくり人材の強化への取組が進展**。
- **原子力産業戦略委員会（CSFN）が人材育成の全体戦略を構築**し、**原子力産業協会（GIFEN）が調査・分析・提言**を行い、**原子力職業大学（UMN）が主に技能講習**等を学生・社会人に提供。その他各組織を含めた**支援領域をみると、広範にカバー**されている。

人材に関する包括的な支援体制

・競争力強化クラスター：社会人等を対象に、技術及び技能の訓練メニューを提供
・ARP[1]地域協会：EDFと会員企業の仲介のほか、会員企業の従業員への研修も実施

（出所）日本原子力産業協会資料、関係者ヒアリング等
（注）1. Association Régionale de Prestataires nucléaires

各組織による支援領域イメージ



（出所）各種資料、関係者ヒアリング等
（注）1. Groupement des Industriels Français de l'Energie Nucléaire 2. Comité Stratégique de la Filière Nucléaire 3. Université des Métiers du Nucléaire

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国にて取り組まれている「ものづくり人材育成」の詳細(1/2)

- 仏国では、MATCHプログラムによる課題特定・人材ギャップ分析(2023年4月)が行われる前から、溶接分野やものづくり技能の育成プロジェクトが開始しており、溶接学校や電気技師育成プロジェクトが始動

他分野とも協力した溶接学校の設立

- 特に溶接においては、海軍分野と協力して溶接学校を設立

訓練カタログ

原子力発電所内を模擬した訓練施設

出所)HEFAISホームページ

電気技師アカデミーAFENプロジェクト

- 原子力を専門とする電気技師育成アカデミー
- **職業訓練機関やOranoの訓練機関と協力**
- 以下の4つのトレーニングコースを提供
  - 電気技師コース
    配線、接続、トラブル対応、サービスおよびメンテナンス
  - 電気技術者研究コース
    電気工学(高電流、低電流など)の分野におけるプロジェクトの設計や研究
  - 専門分野「原子力の技術的特異性」
    技術的特異性について教育し、安全文化を認識
  - 専門分野「原子力の環境特異性」
    環境特異性について教育し、安全文化を認識

出所)Equansホームページ、L'AFEN : L' Académie de Formation des Electriciens du Nucléaire (equans.fr)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国にて取り組まれている「ものづくり人材育成」の詳細（2/2）

- **先述の需給ギャップの分析が実施される前から、原子力職業大学（UMN）によってものづくり技能に関する取組が既に開始されており、電気技師育成プロジェクトの開始に加え、溶接学校の創設も実施中。**

電気技師の育成（AFENプログラム）

仏政府が講座開発を支援して個社企業が訓練を実施

政府方針：今後5年間で800人（電気工事士）の新規採用が必要

AFEN[1]プログラム

- 仏政府の支援により運営費用（年間100万ユーロ）が補助
- 受講者は無料で訓練を受講
- 喫緊で電気工事士が必要となることから非原子力分野の求職者を大幅に取り込み、訓練を実施（職業安定所と連携して周知）
- 原子力施設の実環境を模擬し、ケーブル配線や取り付け、制御盤工事などを訓練
- 職業訓練校や原子力関係機関（Orano）と連携し、講座開発を行い、講師派遣も受け訓練を実施
- 対象者　学生、自社人材：約150名/年
  社会人（リスキリング対象者）：約350名/年
  →受講生のうち約8割がIneo Nuclearに就職

実施機関：Ineo Nuclear
- 電気工事会社
- 従業員数1,200人程度（2023年時点）

溶接学校の創設（HEFAÏS）

仏政府支援を活用した原子力によらない溶接学校の創設

HEFAÏS

- 非営利団体（スタッフ4名）
- 投資額1,000万ユーロ（民間企業・公的機関から）
- 原子力と海軍分野を対象とした模擬環境下で訓練を行い、次世代のものづくり人材を確保
- 社会人（求職者）にも職業安定所と連携して周知
- 対象者　学生（工業高校等）：約90名
  社会人（溶接関連）＋社会人（求職）：約90名
- 訓練期間：経験者には数日～数週間、学生や社会人（求職）には7カ月
- 卒業生は以下の内訳で就職
  原子力産業：60%（海軍産業と比べて溶接工のニーズ高）
  海軍産業：40%

訓練コスト削減（20%）　出資・講師派遣・運営協力

設立機関：EDF、Orano → 原子力産業；NAVAL Group、CMN → 海軍産業

出所）各種資料等
（注）1. L'Académie de Formation des Electriciens du Nucléaire d' Ineo Nucléaire

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国での人材育成・確保の全体取組

政府方針：EPR2の6基建設

人材育成・確保戦略の検討

CSFN（原子力産業戦略委員会）

関連省庁と連携

- エネルギー移行省
- 国民教育・青少年省
- 高等教育・研究省
- 労働・完全雇用・社会復帰省

人材育成・確保への取組をレビュー

産業界の分析を指示

Gifen（仏原子力産業協会）

人材ギャップ分析を実施→

人材ギャップ分析（**今後10年間で10万人の雇用確保**）の共有

UMN（原子力職業大学）

関連省庁と連携

- **アクションプランを策定**
- **訓練を集約したHP開設・運営（個社の取組）→**
- **高校生（技能候補者）へのアプローチ**
- **小学生・中学生への原子力教育**

周知活動

学生

情報提供

- 各ARPでのメンバー企業の提供訓練を集約して提供
- 学校も紹介

ARP地域協会（5団体）

Pole Emploi（職業安定所）

情報周知による認知→訓練参加の促進

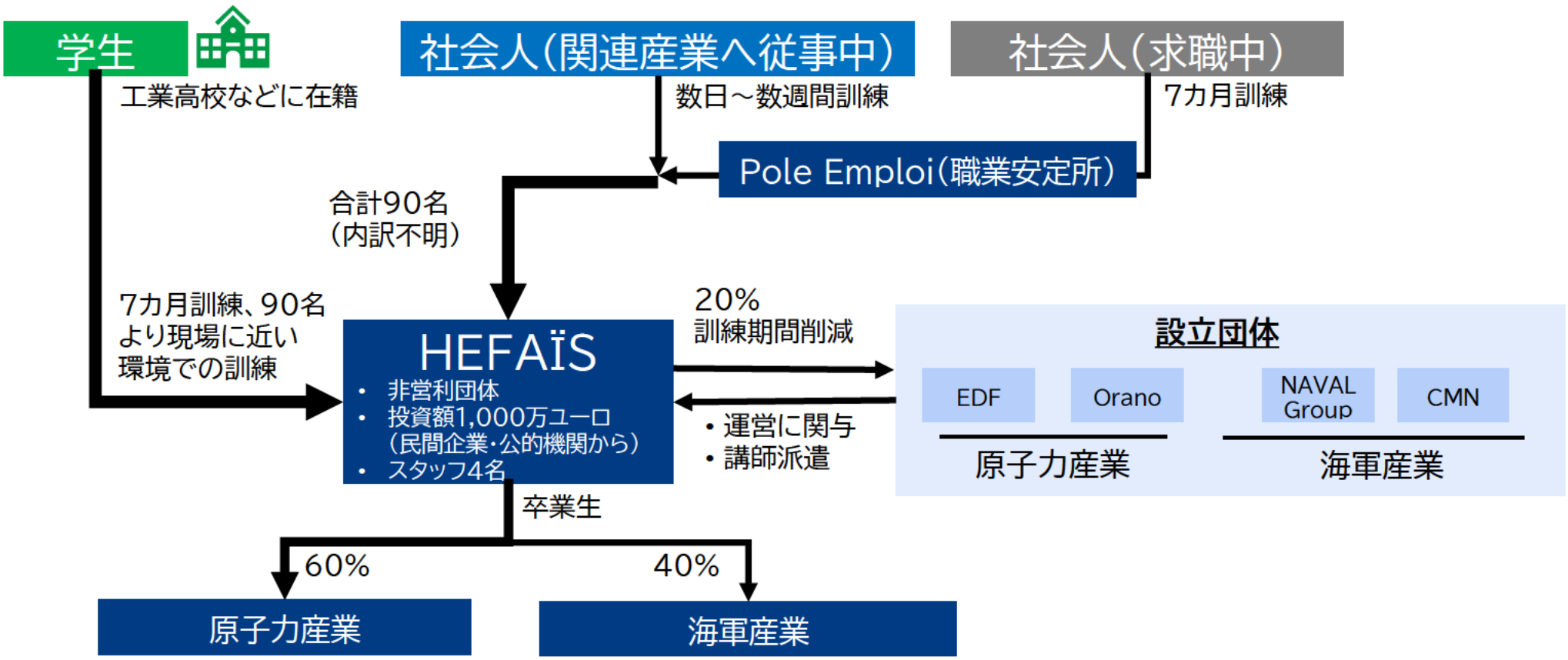
社会人（原子力）　**社会人（非原子力）**

個社の取組

- **Ineo Nuclear：AFENプログラム（電気技師育成）**
  - 年間350人（原子力分野以外の社会人）が受講し、350人中の7割がIneo Nuclearに就職し、リスキリングを実現
- **HEFAÏS（溶接学校）**
  - 原子力企業（EDF、Orano）と海軍企業（Naval、CMN）がそれぞれ出資し、溶接学校を設立。学生、社会人（リスキリング対象者含む）を訓練

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国での人材育成・確保の個別取組：HEFAÏS（溶接学校）



以下の理由から卒業生の関心は原子力寄り。
- 海軍産業と比べて溶接工のニーズが高い
- 原子力企業と頻繁に意見交換を行っている

Copyright © Mitsubishi Research Institute

仏国での人材育成・確保の個別取組：AFENプログラム（電気技師アカデミー）

政府方針：EPR2の6基建設

新設に向けた準備を整えてほしい

2026年には1,500人の従業員が必要と試算。
退職者も含め、800人の新規採用が必要。

Ineo Nuclear
- 電気工事会社
- 従業員数1,200人程度（2023年時点）

約250名/年

※約350名のうち、70%程度が訓練後就職

Pole Emploi（職業安定所）との協力、地域イベントへの参加

他産業例）
化学メーカー、レストラン、パン屋、タクシードライバー

学生 約150名/年

自社員の教育

社会人（リスキリング対象者） 約350名/年

AFENプログラム
- 仏政府の補助金（France Relance）に採択され、5年間の補助金
- 年間100万ユーロの運営資金（50%が政府補助金、50%は自社負担）。受講費は無料。
- 原子力施設の実環境を模擬し、ケーブル配線や取り付け、制御盤工事などを訓練
- 10人のスタッフ（パートタイムも含めると50人程度）
- 訓練種類
  - リスキリング、学生
    - 1年間：2種類
    - 半年間：2種類
  - 自社員
    - 3カ月：2種類
    - 5～6週間：1種類

協力機関

Pole Emploi	Constructys Votre partenaire competances	Institut des Ressources Industrielles	TRIHOM
職業安定所	建設スキルの職業訓練機関	職業訓練センター	Oranoの訓練機関

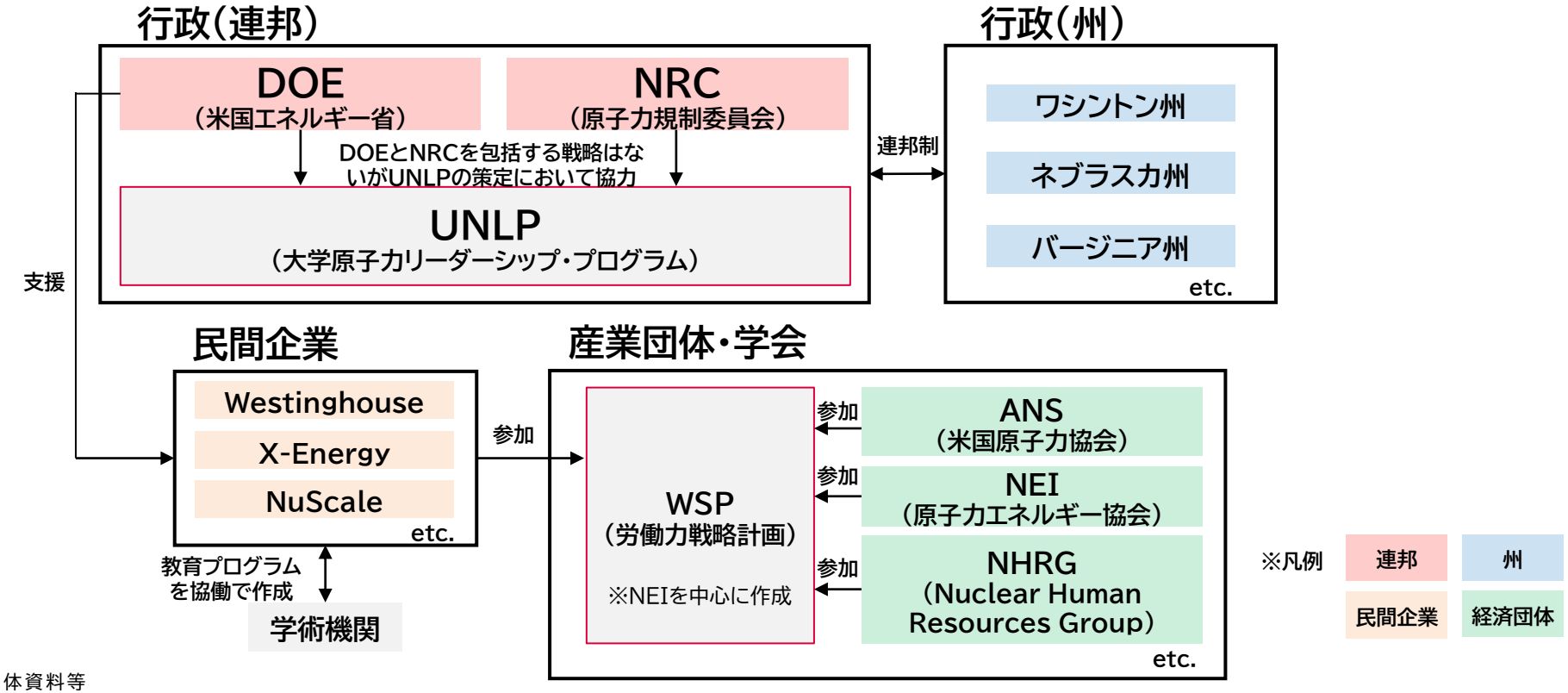
- 講師派遣
- プログラム構築への協力

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国の人材育成体制

- 米国における原子力人材育成では、全体を包括するような戦略・協定は存在しないが、主に行政（連邦・州）、民間企業、経済団体といった各主体によって個別で支援が行われている。
- 連邦政府ではDOEとNRCがそれぞれ有する人材育成プログラムに加えて、両者が協力する大学原子力リーダーシップ・プログラム（UNLP）が主要な人材育成イニシアティブとなっている。

米国の原子力人材育成の体制



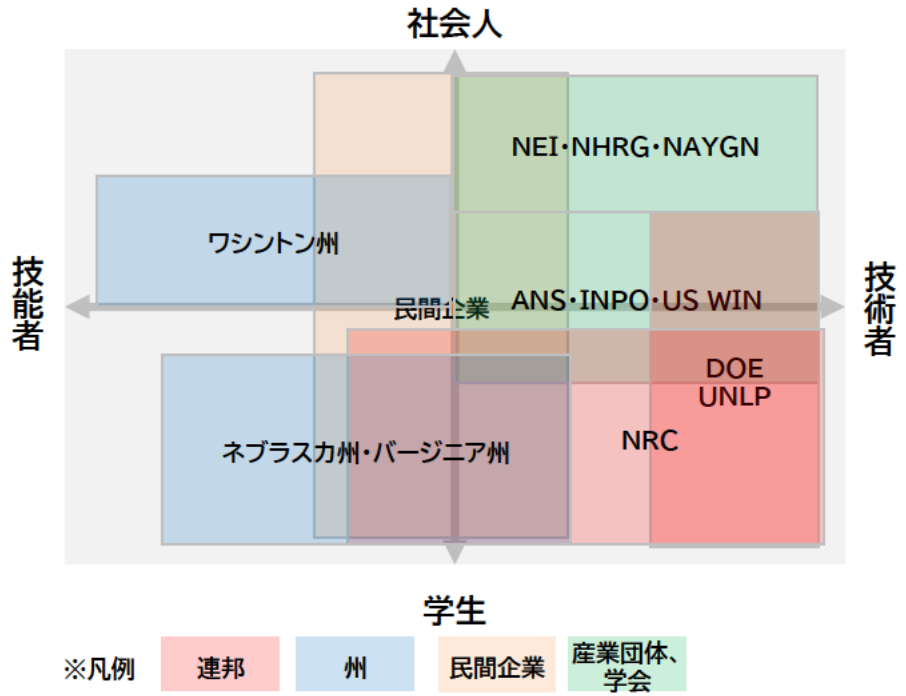
出所）各社・業界団体資料等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国の人材育成の対象範囲と支援組織

- 技術者向けには、連邦政府による主に学生向けの支援、産業団体・学会による主に社会人向けの支援が提供されており、学生から社会人まで全体をカバーした支援がある。
- 一方、技能者向けには、各州や民間企業による個別の取り組みによる支援が提供されている。

各組織による支援領域イメージ



各組織による支援

分類	特徴
行政（連邦）	・学生～社会人向けの活動が多い ・高等教育向けの教育プログラムを支援する取り組みが中心 **→将来の高度な技術者を育成する活動が多い**
行政（州）	・学生～社会人向けの活動が多い ・作業員～専門職向けの活動が多い **→将来の技能者を育成、もしくは潜在的な技術者を勧誘する活動が多い**
民間企業	・学生～社会人向けの活動が多い ・一般職～高等教育向けの、学術機関と協力した取り組みが多い **→企業の人材育成に資する可能性が高い活動が多い**
産業団体、学会	・社会人～人事向けの活動が多い ・潜在的な労働者を取り込むような取り組みが多い（人事、接点創出など） **→企業で取り組むことが出来ないが、業界全体に効果をもたらす活動が多い**

出所）各社・業界団体資料等

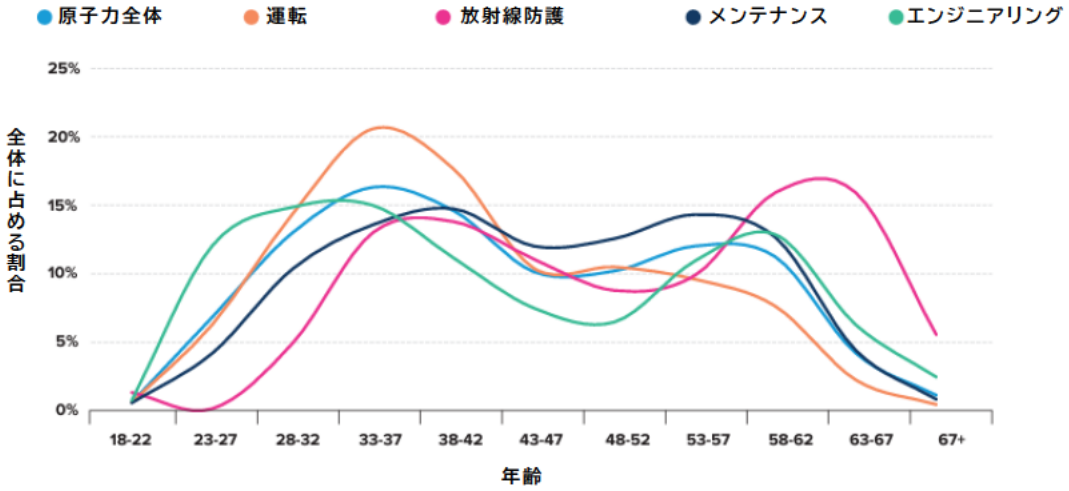
Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国原子力産業従事者の現況と今後の予想

- 原子力産業の分野別の従事者の割合は年代によって大きく差があり、今後特定の分野の労働者数に増減があることが予想される。
- 今後数年間で、取引や製造では労働者数が増加すると予想されている。

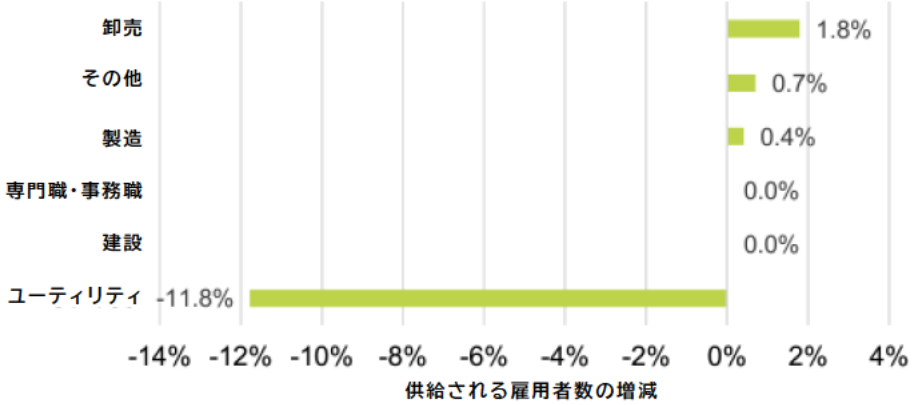
原子力産業従事者の年齢構成

- 原子力産業従事者の年齢構成では、30代と50代にピークがある
- 分野別の年齢構成では、放射線保護では60歳前後の割合が高い一方、運営では30代前半の割合が高い



各分野で供給される労働者数の変化率

- 取引や製造分野の労働者の供給は0.4-1.8%増加すると予想されている一方、ユーティリティは11.8%減少すると予想されている。



※アンケート方法(USEER):各産業ごとに規模・地域を考慮したサンプリングを行い、電話とインターネット、メールで回答を収集。
※2023年中の変化に関する2022年時点での予測値。
※ユーティリティ:発電、送電、配電、在庫管理、などを対象としている。

出所）NEI, “NEI Workforce Strategic Plan”, 2023
DOE, ”DOE Energy and Employment Report 2023”, https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-06/2023%20USEER%20REPORT-v2.pdf(閲覧日:2024年2月8日)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国における教育分類

- 原子力産業における労働力の供給元としては主に、大学、短期大学、専門学校、見習い教育、軍による教育の5つである。各供給元によって教育内容が異なり、技術者向けの専門教育から技能者向けの教育まで存在する。

原子力産業における労働力の供給元

供給元	特徴
大学（University）	• 原子力工学や関連する分野での教育機会を提供し、原子力産業の労働者の多くを供給 • 近年は原子力工学の単位数やプログラム数が減少傾向にある（2021年は9.7%、2020年は6.5%）
短期大学（Community College）	• NUCPを活用してコミュニティカレッジで原子力工学を学ぶ学生が増加傾向にあるものの、NUCPを活用するコミュニティカレッジの数自体は減少している ※NUCP（Nuclear Uniform Curriculum Program）＝NEIが提供する原子力分野の技術者のための標準的な認定プログラム
専門学校（Vocational and Trade School）	• 1980-90年代に入学者数が落ち込んだことを受け、今だ回復していない • 熟練した職業には魅力がないと認識されてしまい、高齢の労働者（45-65歳程度）と若い労働者の人数に差が発生した
見習い教育（Apprenticeship）	• 原子力発電所での作業のための現場固有の訓練を提供することが主要な目的 • クリーンエネルギーに関連する職業訓練に税制上の優遇措置が行われるインフレ削減法（IRA）によって支援 • 労働組合も原子力産業へ有資格者を誘導できる訓練や実習プログラムを提供 • 税制上の優遇措置を考慮して見習い教育プログラムを提供しない企業もあるため、関心のある潜在的な従業員が従事する機会が失われているという見方もある
軍による教育（Military）	• 軍と産業界の協定に基づき、米国海軍は民間の原子力産業に移籍する従業員を養成 • 米国人口に占める軍経験者の割合は減少している（2017年から2021年の間に、退役軍人の新規採用者は25%から19%に減少）

出所）NEI Workforce Strategic Plan, 2023

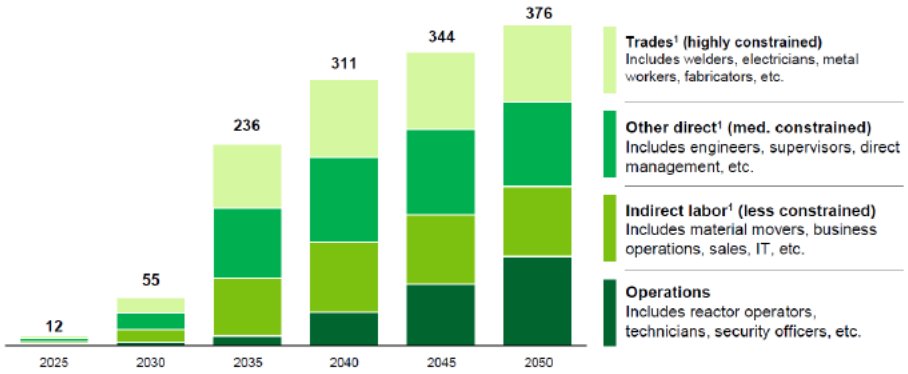
Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国における原子力人材需給ギャップ分析(1/3)

- DOEは、2050年までに原子力発電容量が200GWまで拡大した場合、最大で37.5万人の新規従業者が必要となると推計する(2025年時点では1.2万人)。
- NEIは、原子力発電所に努める労働者は将来数十年で増加して6万-7.5万人に達すると予想している。

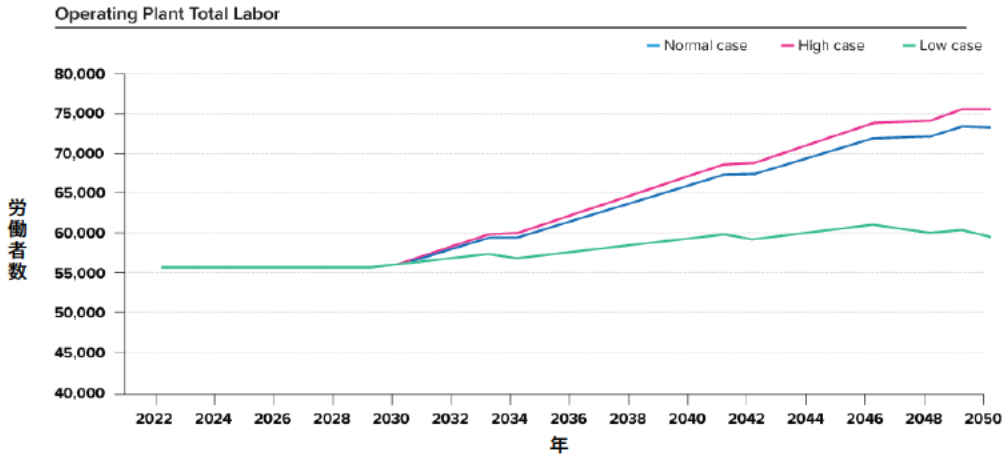
米国原子力業界の雇用数(2050年)

- DOEは、クリーンエネルギーの需要増加を背景として、2050年に原子力の発電量が200GWまで拡大した場合には、従業員数が37.5万人に上ると予測している(2025年時点では1.2万人)。



原子力発電所に携わる労働者数の予測

- NEIは、原子力発電所に努める労働者は将来数十年で増加して6万-7.5万人に達すると予想(業種ごとの増減については次のページに記載)



※算出方法:2030年から原子力発電所の建設件数が増加し、2040～2050年では年間13GW分の建設数を維持した場合を想定して、工数を算出。

出所)DOE, "Pathways to Commercial Liftoff: Advanced Nuclear", https://liftoff.energy.gov/wp-content/uploads/2023/05/20230320-Liftoff-Advanced-Nuclear-vPUB-0329-Update.pdf (閲覧日:2024年2月8日)

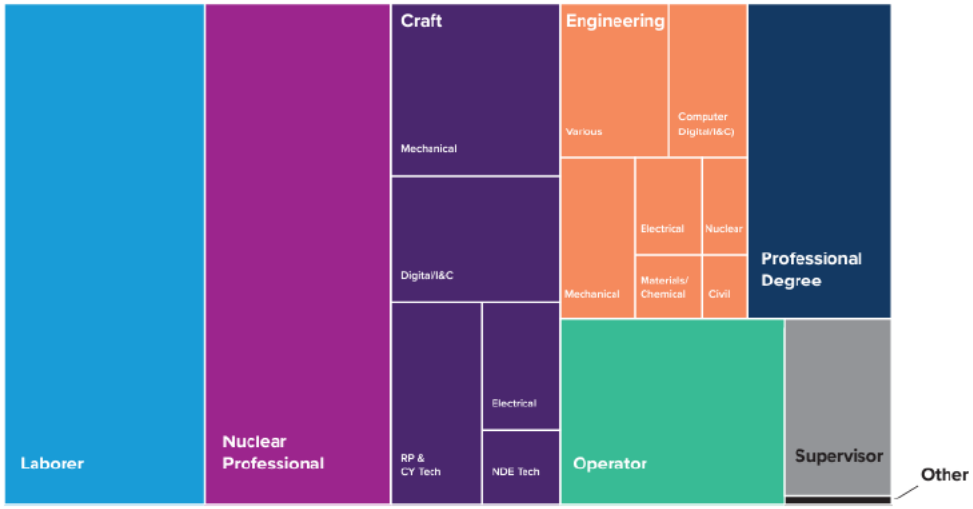
Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国における原子力人材需給ギャップ分析(2/3)

- 原子力産業の労働者数増加時における新規労働者の内訳では、単純労働者と原子力工学の専門家、オペレーターの割合が大きい。
- 原子力業種別の雇用においては、卸売部門や設備部門の雇用難易度が高いとされる。

原子力発電業界で求められる人材

■ 単純労働者や原子力工学の専門家の需要が高まると予想される。



※前頁「原子力発電所に携わる労働者数の予測」に基づき労働者の需要が増加した場合に、需要が増加する役職。面積が労働者の需要と一致。
※Laborer:単純労働者、Nuclear Professional:原子力分野での経験がある技術者、Operator:原子力発電の運転者、Craft:建設業に従事する労働者、Engineering:工場内でのエンジニア(情報、電気、機械、土木、原子力、など)、Professional Degree:原子力以外の分野での学士学位が必要である役職(会計、人材開発、等)

原子力人材の雇用難易度

■ 原子力発電の業種別の雇用難易度を見ると、卸売部門では68%が、設備部門では36%が非常に難しいと回答。一方、専門職やビジネス部門では14%が必ずしも難しくないと回答。

※アンケート方法(USEER):エネルギー関連産業の事業者(電力事業者、サプライヤを含む)を対象に、規模・地域を考慮したサンプリングを行い、電話とインターネット、メールで回答を収集。

出所) NEI, "NEI Workforce Strategic Plan", 2023
NEI, "Demand in Nuclear", https://www.nei.org/advantages/jobs (閲覧日:2024年3月22日)
DOE, "DOE Energy and Employment Report 2023", https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-06/2023%20USEER%20REPORT-v2.pdf(閲覧日:2024年2月8日)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国における原子力人材需給ギャップ分析(3/3)

- 原子力産業の人材戦略が直面している主な問題として、①新しい人材を獲得できていないことと、②高い離職率の2つが挙げられている。
- 2つの問題には共通した原因があり、キャリアが不透明であることや、望ましいワークライフバランスが取れないことなど、原子力産業全体の課題によって生み出されている。

要因①　新しい人材を獲得できていない

- NEIによると、指摘する新規雇用者が減少している背景は新しい人材が求めている労働条件に原子力産業が合っていないことであり、職場環境や雇用システムを改善する必要があると指摘されている。

新規雇用者の減少の背景(NEI)	獲得できない理由	• 新規雇用者が減少している理由は、発電所の近くに住まなければいけないこと、キャリアが不透明なこと、原子力発電自体に対するネガティブな姿勢、などである
	新しい人材が求める労働条件	• 都心部に立地しているシフト制ではない職業や、望ましいワークライフバランスが得られる職業との競争環境にある • 特にコロナウイルス流行後には、在宅勤務できることが若手労働者を引き付ける重要な要素となった
	求められる対策	• 最新のイノベーティブな職場環境の供給や透明な雇用システム、明るい組織風土、などを提供することが重要

要因②　高い離職率

- NAYGNは、高い離職率の原因はライフワークバランスが欠如していることや不適切な人材配置、成長機会がないことなどであると指摘している。

原子力産業を離職する理由	割合
ライフワークバランスが欠如している	13.04%
より良い待遇を求める	11.87%
組織文化、リーダーシップの違い	11.87%
成長機会がない	11.67%
現在の役職以外に新しい機会がない	9.73%
立地	9.34%

※NAYGN＝North American Young Generation in Nuclear
※NAYGNのメンバーにメールで依頼し、864人から回答を得た結果

出所）NEI, “NEI Workforce Strategic Plan”, 2023
NAYGN, “2022 NAYGN Career Report”, 2022, https://naygn.org/wp-content/uploads/2022/06/2022-Career-Report-FINAL.pdf（閲覧日：2024年3月25日）

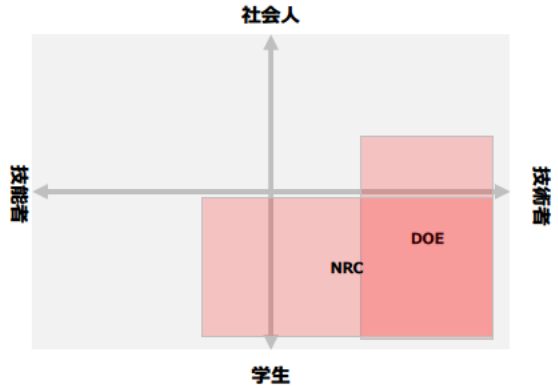
Copyright © Mitsubishi Research Institute

行政による人材育成の取り組み(1/3)

- 連邦政府による人材育成はDOEとNRCがそれぞれ実施しており、包括的な戦略は存在しない。
- DOEは原子力業界全体の知識の発展を目指し、主に税額控除や資金提供を通じて人材育成プログラムを支援している。NRCは内部向けの人材育成のほか、Nuclear Education Program(NEP)と呼ばれる原子力業界全体向けの支援プログラムも有する。

連邦による支援

主体	特徴
DOE エネルギー省	• 特定の形態のエネルギー展開に関連する教育プログラムを対象に、税額控除、助成金、資金提供を通して人材育成に取り組んでいる。 • 労働力開発のための特定の要件は最小限であり、主に税額控除などの手法が中心。 • 支援の主な対象は大学生、大学院生、原子力科学・工学の分野で働く人々である。 • 原子力業界全体の知識の発展を目指すものが多く、次世代の原子力科学者と技術者の教育プログラムに対して大学への出資や、原子力技術開発・研究の支援などに取り組んでいる。



主体	特徴
NRC 原子力規制委員会	• 労働力開発の取り組みはNRC内部向けが中心であり、今後数十年の間に予想される原子力規制の職員を増員することを目指している。 • 米国の原子力業界全体の発展を支援するNEP(Nuclear Education Program)という取り組みを行っている。 ■ **奨学金・フェローシップ**:原子力施設の設計、建設、運転、規制および核物質の安全な取り扱いを支援できる人材を育成。就職先は、NRC、DOE、その他の連邦または州機関、国立研究所、原子力関連産業、または学界。 ■ **奨学金(商業学校・コミュニティ向)**:(1)よりも技能者向けの学生を支援。原子力施設の設計、建設、運転、規制、および核物質の安全な取り扱いを支援できる労働力を育成。 ■ **教員養成**:原子力科学、工学、および関連する職業の教育を支援 ■ **MSIG(Minority Serving Institutions Grant Program)**:マイノリティの割合が高い大学における原子力分野の教育への支援

出所)各団体資料等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

行政による人材育成の取り組み（2/3）

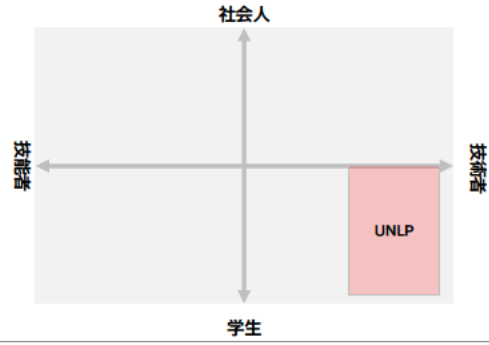
- 大学原子力リーダーシッププログラム（UNLP）はDOEとNRCが協力して策定、原子力関連技術者として訓練を受ける学生に対して、奨学金や資金提供を中心とした支援を実施している。

連邦による支援

活動	特徴
UNLP 大学原子力リーダーシッププログラム	• 毎年制定される「エネルギー・水資源開発および関連機関歳出法案（Energy and Water Development and Related Agencies Appropriations Act）」の一環として2009年に創設。 • DOE長官、NRC委員長、国家核安全保障局長官によって設定される。DOEは、2021年度から2025年度までの各会計年度に3000万ドル、UNLPプログラムにNNSAとNRCにそれぞれ1500万ドルを充当する権限を与えられている。 • 原子力関連技術者として訓練を受ける学生に対して、奨学金や資金を提供することが中心。 • 連邦政府のプログラムに関連する分野（燃料サイクル技術と管理、プロジェクト管理、先進的な建設・製造・製造方法など）において、大学やその他の高等教育機関における奨学金、奨学金、研究開発プロジェクトに資金を援助。 ※UNLP＝University Nuclear Leadership Program

■ 2024年2月7日には、15州の16の教育機関に820万ドル相当の22件の教育助成金を授与する意向を発表（以下の表）

Institution	State	Fellowship	Scholarship	Trade School Scholarship	Distinguished Faculty Advancement	Total
Florence Darlington Technical College	SC			$149,200.00		$149,200.00
University of Michigan	MI	$400,000.00	$200,000.00			$600,000.00
University of Illinois at Urbana Champaign	IL		$200,000.00		$600,000.00	$800,000.00
Purdue University	IN		$200,000.00		$500,000.00	$700,000.00
University of Missouri (Rolla)	MO		$199,070.00			$199,070.00
University of Florida	FL		$200,000.00			$200,000.00
Idaho State University	ID		$196,987.00			$196,987.00
Virginia Commonwealth University	VA	$400,000.00	$199,743.00			$599,743.00
Rensselaer Polytechnic Institute	NY	$400,000.00	$200,000.00			$600,000.00
North Carolina State University	NC	$400,000.00			$600,000.00	$1,000,000.00
Colorado School of Mines	CO	$400,000.00				$400,000.00
Florida International University	FL	$400,000.00				$400,000.00
Clemson University	SC				$600,000.00	$600,000.00
Utah State University	UT				$600,000.00	$600,000.00
University of Cincinnati	OH				$600,000.00	$600,000.00
University of Massachusetts-Lowell	MA				$600,000.00	$600,000.00
Total		**$2,400,000.00**	**$1,595,800.00**	**$149,200.00**	**$4,100,000.00**	**$8,245,000.00**



出所）各団体資料等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

行政による人材育成の取り組み（3/3）

- 原子力産業人材を支援する州レベルの法律には様々な種類があり、実現可能性の調査や資金調達の承認、ワーキンググループの設置、イニシアティブなどを定めている。
- 州による支援は州ごとに行われており、職業訓練センターの設置による社会人技能者向けの支援や、教育訓練コースに助成金・基金などを提供する学生技能者向けの支援がある。

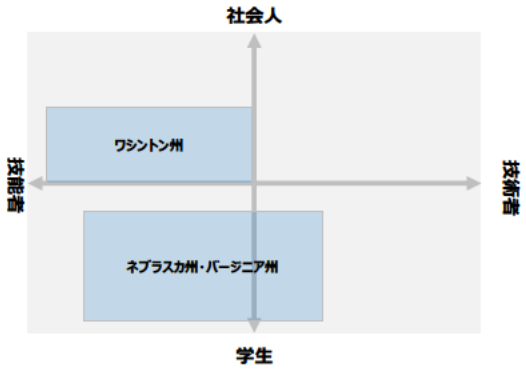
原子力産業人材を支援する州レベルの法律の種類

種類	内容
実現可能性の調査	• 潜在的な需要、社会的または環境的影響、または州のエネルギーミックスに原子力を組み込む際の潜在的な障壁を評価するための実現可能性調査または報告を求める法律 例）コネチカット州、ミシガン州、モンタナ州、ネブラスカ州、ニューメキシコ州、ノースダコタ州、ワイオミング州、など
資金調達の承認	• 特定のプロジェクト、調査、作業部会、またはその他のイニシアチブを支援することができる法律（労働力開発を含む） 例）ミシガン州、サウスカロライナ州、など
ワーキンググループの設置	• 原子力の展開を評価するために、州議会内にワーキンググループ、研究評議会、または委員会/コーカスを設置する法律 例）ケンタッキー州、オハイオ州、ペンシルベニア州、ミシガン州、テキサス州、ワシントン州、など
プログラムイニシアチブ	• 原子炉の展開のための特定のプログラムまたはイニシアチブの確立が含まれる法律 例）バージニア州、オハイオ州、など

出所）各団体資料等

州による支援

主体	特徴
ワシントン州	• 職業訓練センター設置：クリーンエネルギー関連の職業訓練を従業員に提供。
ネブラスカ州	• 助成金支給：原子力・水素産業の教育訓練コースを実施するコミュニティカレッジと州立カレッジに助成金を支給。
バージニア州	• 基金・教育プログラム：原子力教育助成基金および教育プログラムを設立（原子力プログラムの開発を目指す連邦の教育機関にも助成金を提供）。



Copyright © Mitsubishi Research Institute

民間企業・学術機関による人材育成の取り組み

- 民間企業による支援は、学術機関と協働で実施され、主に、基礎学習を支援する教育プログラムの作成や研修施設の設置を行う。

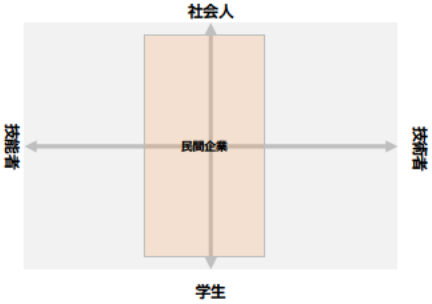
民間企業による支援

主体	特徴
Westinghouse	事業:NucLearning • 1990年から提供されている原子力トレーニングウェブサイト • 沸騰水型原子炉と加圧水型原子炉の基礎（工学、運転、安全監視、サイバーセキュリティのコンポーネントを含む）のトレーニングが中心
X-Energy	事業:Plant Support Center • Xe-100小型モジュール炉（SMR）のための研修施設（2023年3月に計画発表） • 将来の作業員のための訓練施設、リアルタイムプラント計装制御を備えたシミュレータなどが配置される。Xe-100の所有者と運用者に対して、人材育成とサプライチェーン管理のためのサポートサービスを提供する予定
NuScale	事業:E2 Center • VOYGR SMR設計の展開をサポートするための操作学習をサポートする施設(計画中) • オレゴン州立大学、アイダホ大学、テキサスA&M大学、ソウル大学に設置される予定
Duke Energy	事業:NIC(原子力情報センター) • 原子力分野に関連する学生や若い専門家の両方を対象に、Duke Energyが所有する四つの発電所でツアーを提供

プラントサポートセンター
（X-Energy）

E2 Center

ワールドエナジーセンター
（Duke Energy）



X-Energy, “X-energy to Open First Plant Support Center for Xe-100 Advanced Small Modular Reactor Fleet”, https://x-energy.com/media/news-releases/x-energy-to-open-first-plant-support-center-for-xe-100-advanced-small-modular-reactor-fleet（閲覧日：2024年2月6日）
NS ENERGY, “NuScale Unveils Energy Exploration (E2) Center” https://www.nsenergybusiness.com/news/nuscale-unveils-energy-exploration-e2-center/（閲覧日：2024年2月6日）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

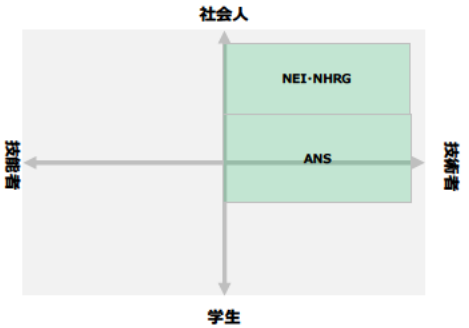
産業団体・学会による人材育成の取り組み(1/2)

- 産業団体(NEI，NHRG)や学会(ANS)では、各機関とのコネクションを作る取り組みや人事支援が主で、企業や機関単体では取り組めない活動を行っている。
- 産業団体や民間企業が参加し提言をまとめる労働力戦略計画(WSP)では、今後十年間の産業界における労働問題について提言を行っており、行政の予算や民間による支援を提言する。

産業団体・学会による支援

主体	特徴		活動	特徴
ANS 米国原子力協会	プログラム名:Pathways to Nuclear ・就職可能性のある人材が、電力会社、ベンダー、政府機関、業界パートナー、学術機関とのコネクションを作るサイト。 ・教育および啓発キャンペーン、原子力分野へのキャリアの周知に関する教育者トレーニングを提供。 例)原子力の専門家が日常業務を紹介し、分野に興味を持つ潜在的な従業員のための機会を提供する「Tech Talks」など。	参加	WSP 労働力戦略計画	・長期的な労働力戦略計画に関する提言 ・NEIを中心に、ANS、NHRG、他の民間企業(TerraPower、NuScale、X-Energyなど)などによって2023年10月に策定 ・今後十年間の産業界における重要な労働力問題の概要を示した上で、連邦・州、産業界に推奨事項を提供 ・連邦・州への提言:予算、労働力供給パイプラインの活性化、情報ツール開発など ・企業への提言:エネルギーコンソーシアムへの参加、教育委員会の支援 ※WSP=Workforce Strategic Plan
NEI 原子力エネルギー協会	プログラム名:NEI+ Training ・企業や業界全体が人材育成の能力を拡大するのを支援するための資料集。 ・NEI+ Trainingの資料を通じて、雇用主と潜在的な従業員の間のコネクションを促進することを目指している。	参加		
NHRG ※米・加の電力会社で構成	・人材育成の運用実務者が、人材育成と組織の有効性に関する情報を交換するためのフォーラムを運営 ・米国原子力セクター内のさまざまなポジションに適用する人材育成のためのいくつかの異なるリソースにアクセス可能。 ※NHRG=Nuclear Human Resources Group	参加		
民間企業		参加		

Pathways to Nuclear
原子力専門家による紹介動画



出所)業界団体資料等
ANS, “Pathways to Nuclear”, https://www.ans.org/nuclear/k12programs/pathways/ (閲覧日:2024年2月6日)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

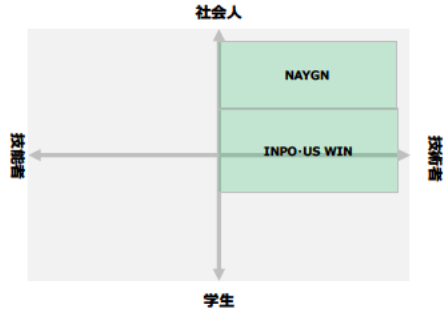
産業団体・学会による人材育成の取り組み(2/2)

- その他の産業団体(INPO、NAYGN、US WIN)も教育・人材交流のプログラムを提供している。
- 原子力分野における人材開発を発展させるための学術的取り組みを調整するNEDHOでは、学術プログラムの評価や認定、調査を行った上で、プログラムの一覧を公開している。

産業団体・学会による支援

主体	特徴
INPO 米国原子力事業者協会	・原子力産業における安全基準の監視と評価を任務としている団体 ・原子力分野の学生が他の分野を学習するプログラムを提供
NAYGN	・原子力の若手専門家向けに、リーダーシップと専門的スキルを開発して、原子力技術の専門家と交流する機会を提供 ・原子力キャリアの人口動態をよりよく理解し、専門能力開発に対する基本的な要望を特定するためにメンバーの状況を分析する専門能力開発プログラムを実施 ※NAYGN=North American Young Generation in Nuclear、ボランティアによって運営され、100以上の地方支部を有する
US WIN	・経験豊富な原子力専門家が経験の浅い学生向けに経験談や知識を共有させ、原子力分野で働く女性の能力開発を行うGROWメンタリングプログラムを実施 ・では、戦略的リーダーシップを発揮する将来の人材を支援するNuclear Executives of Tomorrow (NEXT) Programを実施 ※US WIN=U.S.Women in Nuclear、世界的なWomen in Nuclear (WIN) の米国支部

主体	特徴
NEDHO 原子力工学部長会	・原子力分野における人材開発を発展させるための学術的取り組みを調整する主要組織 ・現議長はイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校Rizwan Uddin教授、前議長はミシガン大学原子力・放射線科学部のTodd Allen教授 ・奨学金、フェローシップ、研究への資金提供、カリキュラム、学術代表者から提起されたその他の問題などの問題を評価し、学術プログラムを認定 ・関心のある個人が利用することができる全国の原子力工学プログラムのリストを整備 ・原子力工学プログラムの実施状況に関する報告書を発行



NEDHOのHP上の原子力工学プログラムのリスト(2023、一部のみ)

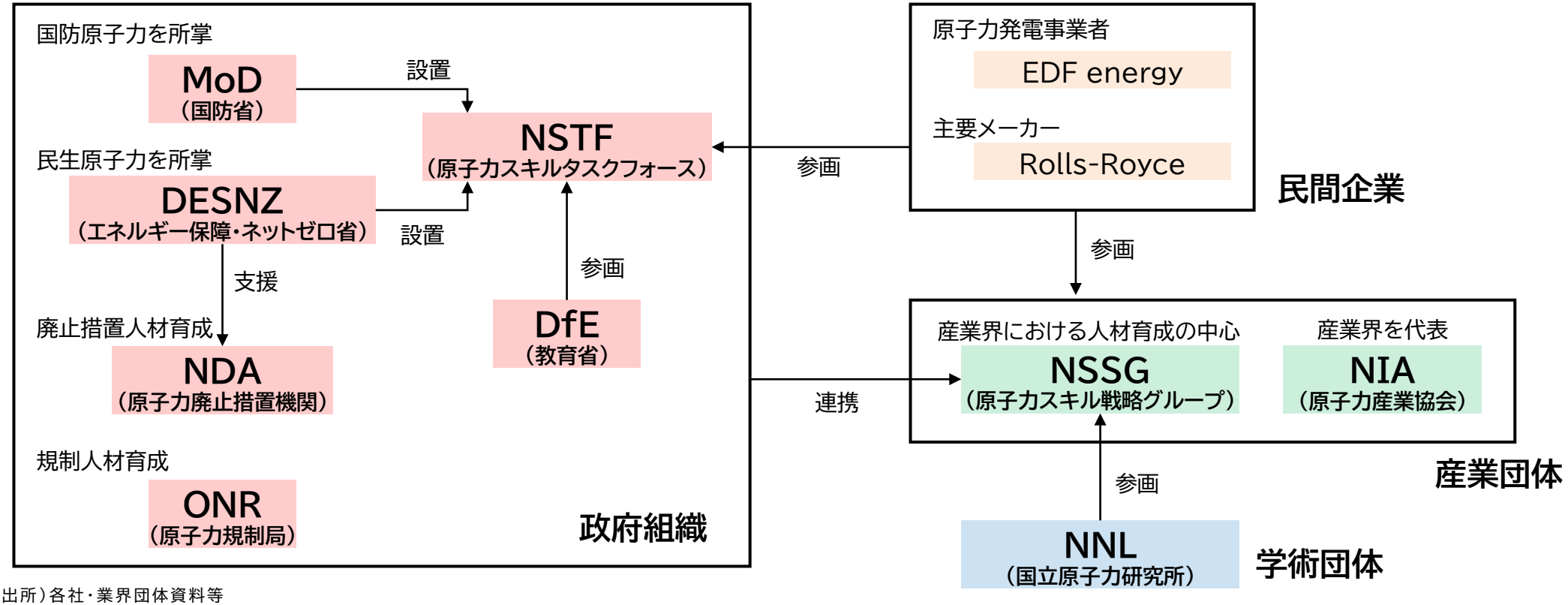
出所)業界団体資料等
NEHDO, "NEDHO Academic Fact Sheets", https://nedho.org/fact-sheets-1, (閲覧日:2024年3月22日)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国の人材育成体制

- 政府では、国防・民生共同で原子力人材育成戦略を策定するための原子力スキルタスクフォースを設置し、原子力セクター全体としての人材育成を推進。
- 産業界では、人材育成に特化した産業団体として原子力スキル戦略グループを設置し、各企業の経営陣が共同で人材育成の戦略を策定。

英国の原子力人材育成の体制



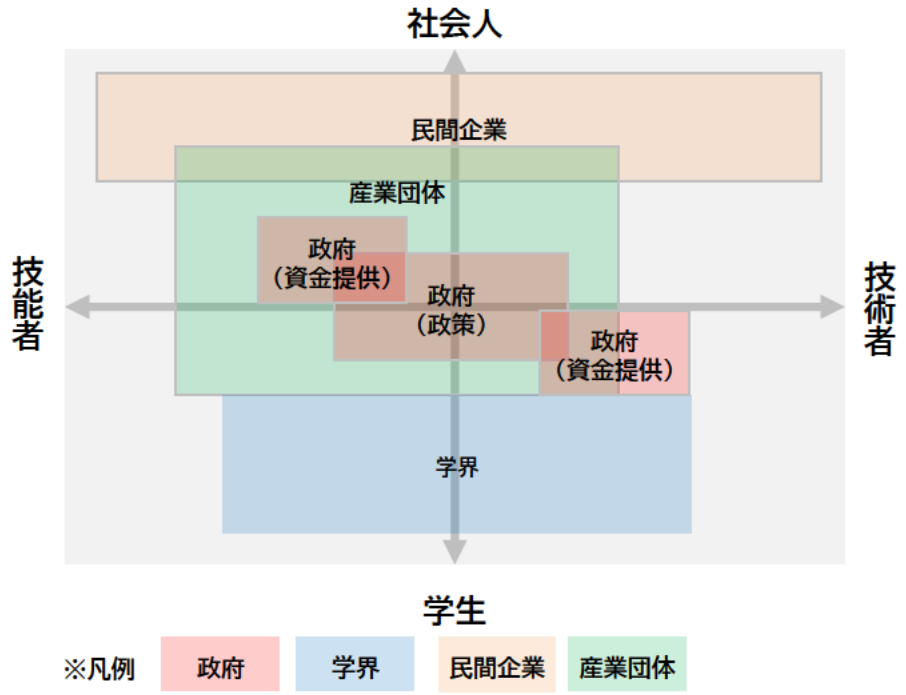
出所）各社・業界団体資料等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国の人材育成に関する実施機関の対象範囲

- 徒弟制度が、中等教育レベルから高等教育レベルまでの、また、スキル取得からスキル高度化までのいずれもカバー。
- 徒弟制度を中心とした人材育成に加えて、各組織が原子力産業に特化した取組を実施。

各組織による支援領域イメージ



各組織による支援

分類	特徴
政府	・産業団体と協力しながら人材育成で重要となる施策への予算措置を行っており、基本的には全方位的な支援を実施 ・NDAやONRは奨学金を提供して博士課程学生に対する人材育成も実施 **→産業界のニーズを踏まえた全方位的活動が多い**
学界	・原子力過程を有する大学が集まる連絡会が存在し、横の連携を深めている ・産業界と共同でナショナル原子力カレッジを運営し、学生（実習生）の教育を実施 **→学生（実習生）に対する基礎的（技能者寄り）な教育から、研究機関としての研究的（技術者寄り）な教育まで幅広い教育機会を提供**
民間企業	・徒弟制度による人材育成を通じて、技能者レベルから技術者レベルまで幅広い人材育成を現場で実施 ・個社による人材育成も活発であり、特に地元への雇用機会創出として訓練プログラム等を提供 **→他分野からの参入者も対象とした幅広いOJTによる人材育成が多い**
産業団体	・業界団体として産業界全体で取り組むべき課題等への対応を実施 ・原子力産業で必要となる重要技能の習得を支援するプログラムを実施 ・学生に対する原子力業界の紹介活動等も実施しているが、直接的な人材育成を行っているわけではない **→全人材を対象にしているものの、社会人・技能者寄りの活動の方が多い**

出所）各社・業界団体資料等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

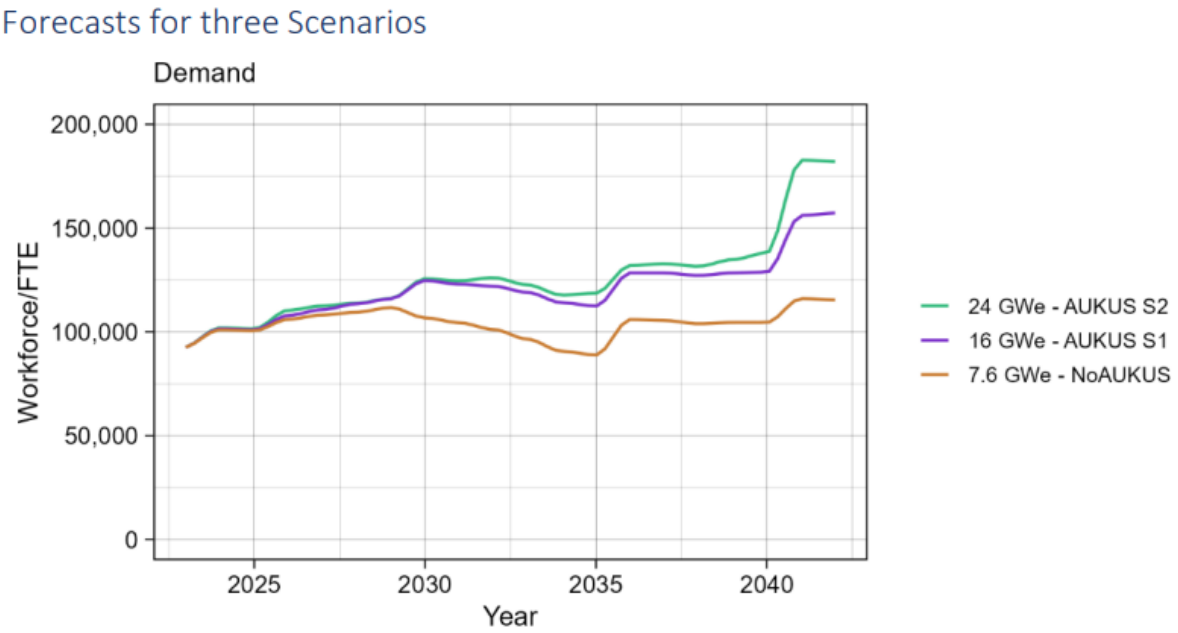
英国における原子力人材需給ギャップの実施(1/3)

- NSSGが国防と民生でのニーズに沿った3つのシナリオにおける必要人員を分析。
- 2023年時点で約8.3万人が従事する一方、政府目標に従うと、2030年時点で約12万人、2043年時点で15万人～18万人が必要となる見込み。

2043年までに原子力分野で必要となる人材数

- 国防ニーズとして、AUKUS(次世代原子力潜水艦の艦隊創設計画を含む米英豪の安全保障枠組み)の活動レベルを指標化
- 民生ニーズとして、2050年時点原子力発電設備容量(英国政府は2,400万kWを目標に掲げる)を指標化
- 必要人材数の変動は国防ニーズによる影響が大きく、民生ニーズが与える影響は比較的小さいと評価
- 政府は、2024年時点ではヒンクリーポイントCの建設があるため民生の方が国防よりも需要が旺盛であるが、建設ピークが過ぎることで時間とともに変化すると分析

シナリオ	国防ニーズ	民生ニーズ
1(緑線)	高レベル	2400万kW
2(紫線)	低レベル	1600万kW
3(橙線)	なし	760万kW



シナリオごとの必要人材数

出所)NSSG, “A scenario-based approach to nuclear workforce planning”(2023), (閲覧日:2024年3月26日)
https://www.nssguk.com/wp-content/uploads/2023/12/Nuclear_Workforce_Data_Summary_20231206.pdf
DESNZ, “Civil Nuclear: Roadmap to 2050”(2024), (閲覧日:2024年3月26日),
https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65c0e7cac43191000d1a457d/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Roadmap_report_Final_Web.pdf

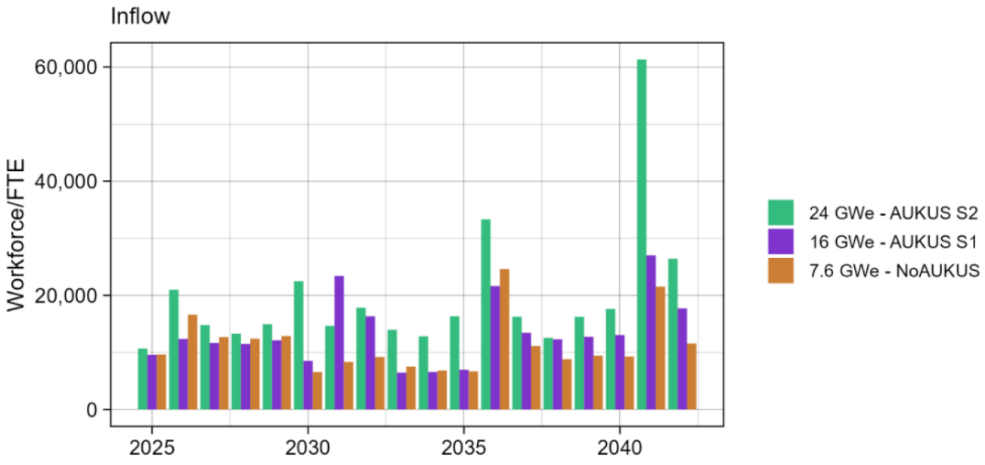
Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国における原子力人材需給ギャップの実施(2/3)

- シナリオごとに必要となる新規採用数を分析し、シナリオ2(中需要ケース)では、今後20年間にわたり年間18,000人±20%の新規採用が必要と評価。
- 新規採用の多くは離職者補充分である一方、毎年2000人程度の新規拡大も必要と分析。

シナリオ別の必要新規採用数

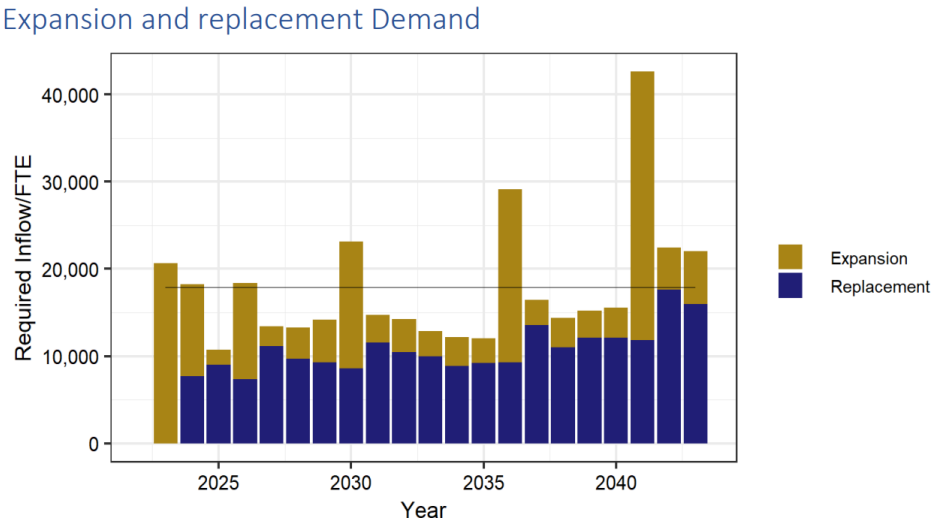
- 各シナリオの必要人材数を満足するために必要な人員数を必要新規採用数として評価
- 離職率は7.5%と設定



シナリオごとの必要新規採用数

必要新規採用数の内訳

- シナリオ2の必要新規採用数を、退職者補充(Replacement)と新規拡大(Expansion)に分けて評価
- 今後20年間にわたり年間18,000人±20%の新規採用が必要
- 新規拡大は平均年間2,000人程度であるが、国防ニーズの変動により、大幅な拡大が必要となるタイミングが発生



シナリオ2における年間必要新規採用数内訳

出所)NSSG, "A scenario-based approach to nuclear workforce planning"(2023), (閲覧日:2024年3月26日)
https://www.nssguk.com/wp-content/uploads/2023/12/Nuclear_Workforce_Data_Summary_20231206.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国における原子力人材需給ギャップの実施(3/3)

- NSSGが2023年時点での現在労働力(83,095人)と新規採用者(2,507人)のレベルについて、アンケート調査を実施。
- 現在労働力はレベル5(短大卒相当)人材を中心とした分布となる一方で、新規採用者・徒弟制度利用者のレベルは2～3(中等教育終了相当)と6(学士相当)が多い。

現在労働力のスキル分布

■ 2023年時点での労働力83,095人のスキル分布

STEM (Science Technology Engineering and Mathematics) by Level

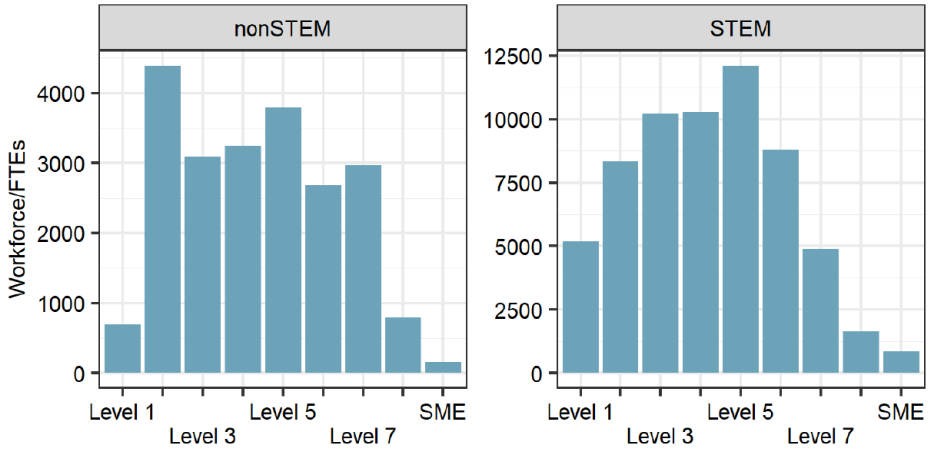


Figure 13

新規採用者(上)と徒弟制度利用者(下)のスキル分布

■ 2023年新規採用者2,507人のスキル分布

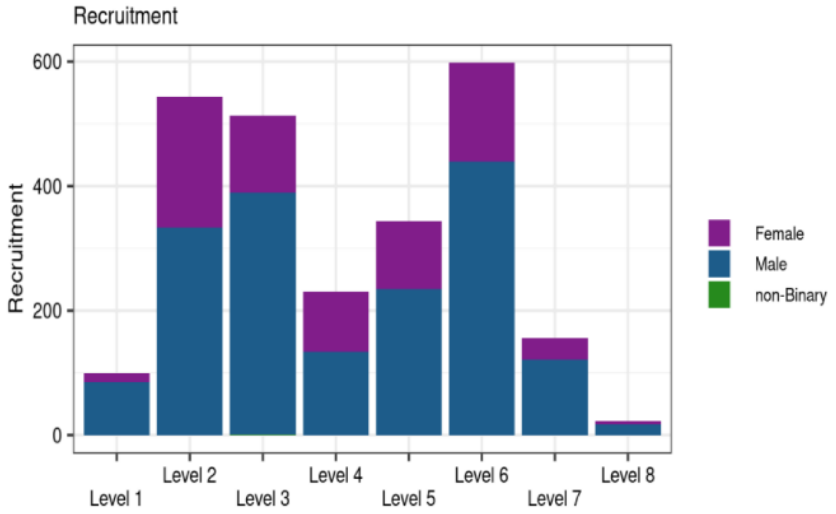


Figure 17

出所)NSSG, “A scenario-based approach to nuclear workforce planning”(2023), (閲覧日:2024年3月26日)
https://www.nssguk.com/wp-content/uploads/2023/12/Nuclear_Workforce_Data_Summary_20231206.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

行政による人材育成に関する取り組み(1/2)

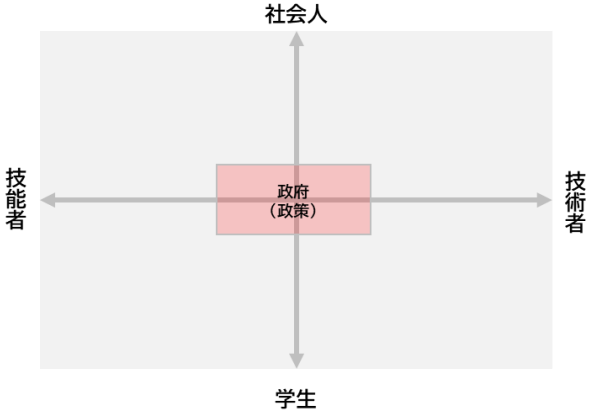
- 英国では元々DESNZとMoDが別々に人材育成に取り組んでいたが、原子力セクター全体として取り組むためにNSTFを設置し、2024年春頃に人材育成戦略を発表予定。

政府機関による支援(政策)

主体	特徴
NSTF 原子力スキルタスクフォース	• 民間のNSSGに対し、NSTFは政府から委託された組織として設立されており、国防・民生で分けるのではなく、原子力人材育成に対する政府のコミットメント(予算措置を含む)を示すもの。 • 往々にしてタスクフォースは現状分析・報告書作成で終わってしまい、具体的な活動に結び付かないこともあることから、NSTFはアクションを生むことを重視。そのためにも、NSTFでは民間原子力部門のCEOに協力を要請し、ステークホルダーが集まる原子力スキル執行委員会を内部に設立。 • 従来、産業界は各社で人材募集を進ており、人材の供給源自体を厚くするための活動がうまく機能していなかった中、原子力スキル執行委員会を通じて各社が協力する体制を構築。 ■ 例えば、企業ごとではなく、まとめて原子力産業の徒弟制度に応募できる「実習生ポータル」の構築などを検討。 • 既存の産業界活動を支援するほか、既存の人材育成支援政策「Skills Bootcamp」(教育省所管)の原子力分野での活用を推進・拡大することなどを計画中。 • 政府への提言では以下の要素に着目する見込み。 ■ 他産業からの人材流入・原子力産業内の流動性の向上 ■ 博士課程学生等の専門的・科学的原子力スキルを有する人材の育成 ■ 原子力産業界内での協力を促し、将来のリーダー層のネットワークを構築 ■ 地域ハブを設立し、技能への投資を通じて原子力産業で働くことの社会的利益を促進するとともに就労機会を促進 ■ 産業界主導による中核的訓練カリキュアムの設計・開発

主体	特徴
DESNZ エネルギー安全保障・ネットゼロ省	• 民生原子力を所掌する省庁として原子力全体の政策を策定する一環で人材育成を推進 • NSSGを通じて、産業界と連携しながら政策を策定 • 人材育成に対して直接的なアクションを起こすというよりも、そのための環境づくりが主の模様

支援領域イメージ



出所)関係者ヒアリング、
エネルギー安全保障・ネットゼロ省(DESNZ), “New Taskforce to build UK nuclear skills”(2023),(閲覧日:2024年3月26日)
https://www.gov.uk/government/news/new-taskforce-to-build-uk-nuclear-skills
エネルギー安全保障・ネットゼロ省(DESNZ), “Civil Nuclear: Roadmap to 2050”(2024),(閲覧日:2024年3月26日)
https://assets.publishing.service.gov.uk/media/659fb2783308d200131fbe17/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Roadmap_report.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

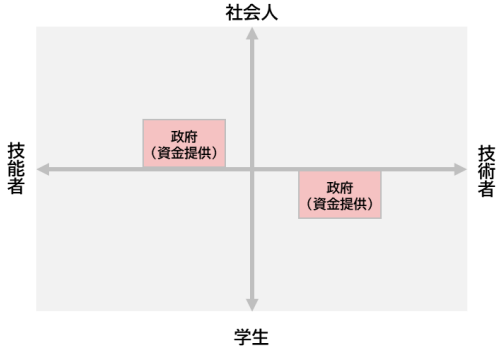
行政による人材育成に関する取り組み（2/2）

- 政府は2030年までに原子力分野で4万人の新規雇用を目指す。
- NDAが廃止措置分野の人材育成に向けて大学や研究プログラム等に資金を提供。地域振興策の一環として、大学等と連携し、地域コミュニティの人材育成にも投資。

政府機関による支援（資金提供）

主体	特徴
政府	• 2024年3月24日付けで国防分野を中心に、政府から3億ポンド以上、民間から4億ポンド以上を2030年までに原子力人材育成へ投資することを発表するなど、大規模な推進政策を発表 • 2030年までに原子力分野で4万人の新規雇用を目指し、8000人分のキャリア機会創出、学生・実習生の2倍化、関連分野の博士4倍化を狙う。

支援領域イメージ



主体	特徴
NDA 原子力廃止措置機関	• 廃止措置に関連する学問を学ぶ博士課程学生に奨学金を提供 • 2024年2月末に、廃止措置における最先端研究を共有する学術・産業研究フォーラムを実施 • 大学に資金を提供し、スキル・ハブの設置を支援 ■ NDAから約50万ポンド（約9,200万円）の資金提供を受けたエアシャー・カレッジが2023年9月に、ウィリー・マッキー・スキルズ・ハブを設立 ■ 小中学生、大学生、企業、住民がSTEM職業技能訓練を受ける機会を提供 ■ 廃止措置に必要な熟練した労働力の供給に寄与するほか、地域支援の意図も込められる

出所）英国首相官邸，“PM announces national endeavour to strengthen the UK’s nuclear deterrent”（2024年3月24日），
https://www.gov.uk/government/news/pm-announces-national-endeavour-to-strengthen-the-uks-nuclear-deterrent
NDA，“NDA group event for industry and next generation of nuclear experts”，
https://www.gov.uk/government/news/nda-group-event-for-industry-and-next-generation-of-nuclear-experts
NDA，“NDA and Magnox funded Willie Mackie Skills Hub opens at Ayrshire College”，
https://www.gov.uk/government/news/nda-and-magnox-funded-willie-mackie-skills-hub-opens-at-ayrshire-college

Copyright © Mitsubishi Research Institute

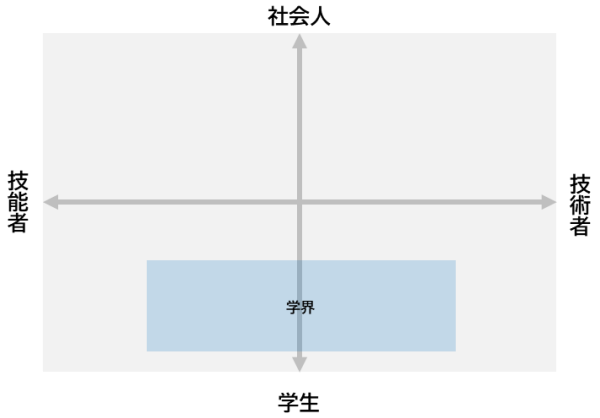
学界・教育機関による人材育成に関する取り組み

- 大学やカレッジ（専門学校）が産業界と連携してNational College for Nuclear（NCfN）を運営し、人材育成を実施。

教育機関による支援

主体	特徴
NCfN 原子力ナショナルカレッジ	• 国内の原子力技能を標準化することを目的に2016年に設立された、英国内各地に拠点を有する認定教育プロバイダのネットワーク • 受講者はどこで学んでも統一的に認定された技能教育課程を受けることが可能 • 徒弟制度における教育機関の選択肢としても機能 • 19歳未満の受講は基本的に無料（国費負担）で、19歳以上は金銭支援を受けられる • 産業界と教育機関の連携によって運営されており、レイクスカレッジ、カンブリア大学、ブリッジウォーター・タントンカレッジ、ブリストル大学、EDF社、セラフィールド社が出資 • 連携企業のメリットとして、教育・職業訓練を受けた即戦力人材の獲得、原子力分野を十分に理解した人材の獲得による配属効率化、NCfNが保証する教育課程の提供、資格の国家標準化などが挙げられている

支援領域イメージ



出所）NCfNウェブサイト（閲覧日：2024年3月26日），https://www.ncfn.ac.uk/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業界による人材育成に関する取り組み

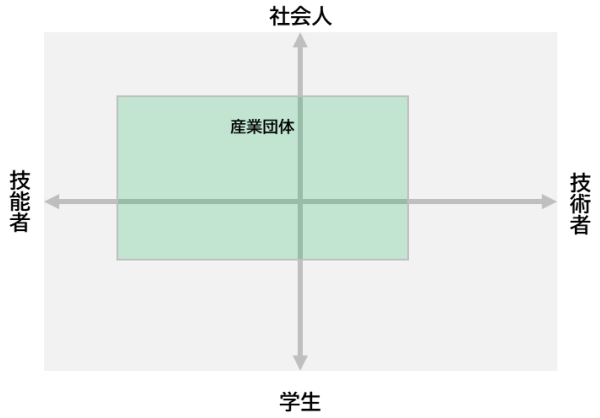
- NSSGが中心となり、必要となる人材の分析や、育成に向けた戦略等を策定
- 大規模キャンペーン「Nuclear Destination」を通じて幅広い層に原子力産業を宣伝

産業団体による支援

主体	特徴
NSSG 原子力スキル戦略グループ	• 従来は産業界内で様々な組織体が乱立していた中、人材育成について産業界全体で取り組むための一義的な組織として設立 • 戦略策定の次のステップである実現段階へ移行することを目指し、2024年4月からNSDG（Nuclear Skills Delivery Group）へ発展する予定 • 協力・牽引・投資・深化の4分野に分けて、産業界大での人材育成発展プログラムを13種類計画、資金を調達し、実施 • 産業界と政府との連携を通じて原子力産業で必要となる技能を提供することを目的とした内部組織「Task and Finish group」が技能プログラムを提供するほか、重要な課題11個を特定 ■ 溶接プログラム 作業員、技術者、エンジニアの全体的な高齢化・多様性欠如・人材不足に対応するため、高度な溶接技術の訓練を実施 ■ 放射線防護グループ 熟練専門家の潜在的な不足に対応するため、放射線防護専門職への就職を促進 ■ プロジェクト計画・管理グループ 原子力セクター全体で同分野の人材不足が潜在的な懸念事項として認識されており、それに対応するため、訓練、キャリアパス、魅力発信、キャリア構築などを推進

主体	特徴
Nuclear Destination（産業界全体）	• 学生・他産業社会人問わず、原子力産業に就業しようとする人の絶対数を増やすことが課題とされていたことから、原子力産業の魅力や実態を広く宣伝することを目的に、インターネット、広告、ラジオなどで宣伝する産業大での大規模キャンペーンとして実施 • リスキリングや他産業人材活用にむけた投資も実施

支援領域イメージ



出所）関係者ヒアリング、NSSG, “DEVELOPING SKILLS INTERVENTIONS”, https://www.nssguk.com/skills-activities/task-and-finish/
Nuclear Destinationウェブサイト（閲覧日：2024年3月27日）、https://www.destinationnuclear.com/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

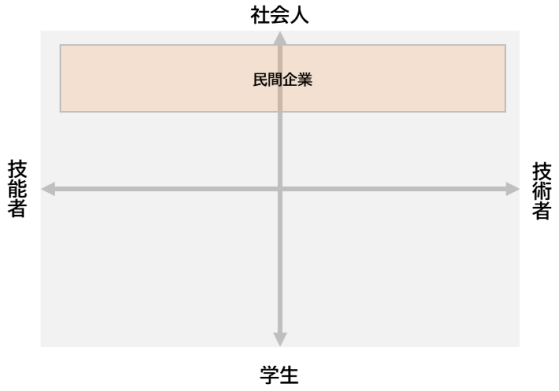
民間企業による人材育成に関する取り組み

- 徒弟制度を利用した人材育成を中心とし、更に各企業が独自の育成の場を提供

民間企業による支援

主体	特徴
EDF energy	• 建設中のヒンクリーポイントCに関する人材育成を積極的に実施 • 徒弟制度により、1000人以上の実習生に訓練の機会を提供 • 3万人に研修機会を提供し、地元企業の参画を支援 • 溶接、電気、機械の3分野における新設を含めて、教育・研修・雇用に2,400万ポンド（約44億円）を投資 • キャリアを中断していた技術者の復職を支援する「STEMリターナーズプログラム」と提携し、フルタイム職員を募集 **事業:Young HPC** • 就労を希望する若年層（16～21歳）にスキル獲得の機会を提供する場
Rolls-Royce submarines	**事業:Nuclear Skills Academy** • 徒弟制度の一環として、原子力潜水艦建造に関する技能を学ぶ場を提供 • 各年度200名を受入れ（初年度応募者1200人以上） • 教育プログラムはダービー大学とNCfNが認証 • ダービー市議会など地元からの支援や、教育機関からの支援を受けながら実施

支援領域イメージ



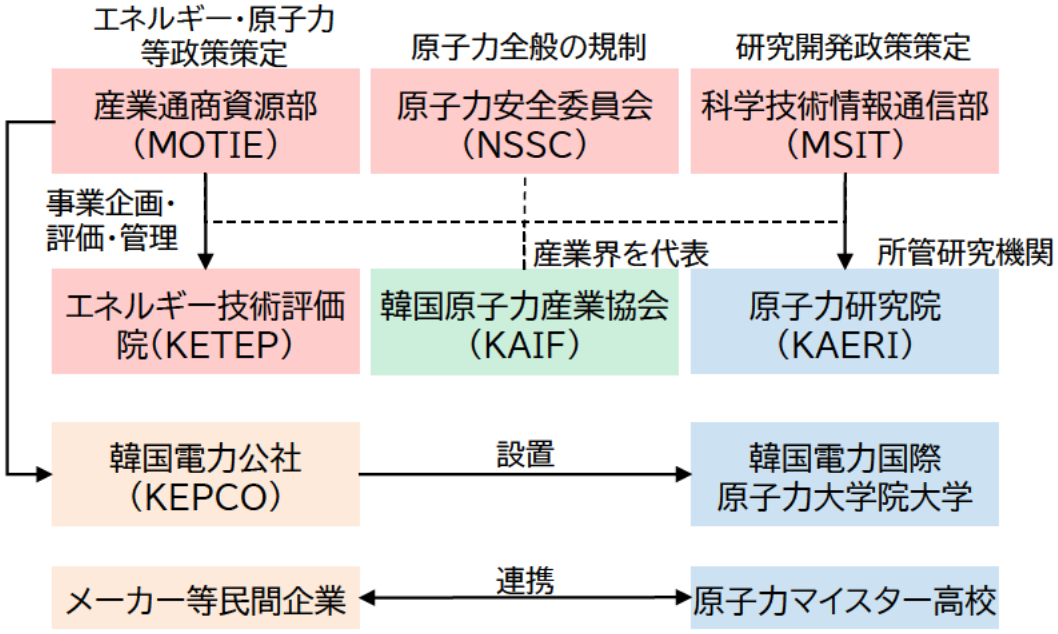
出所）EDFエナジー社、”Young HPC”（閲覧日：2024年2月12日），
https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-new-build-projects/hinkley-point-c/for-teachers-students-and-educators/young-hpc
Rolls-Royce社、” Rolls-Royce Submarines opens Nuclear Skills Academy”（閲覧日：2024年3月27日）
https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2022/26-09-2022-rr-submarines-opens-nuclear-skills-academy.aspx

Copyright © Mitsubishi Research Institute

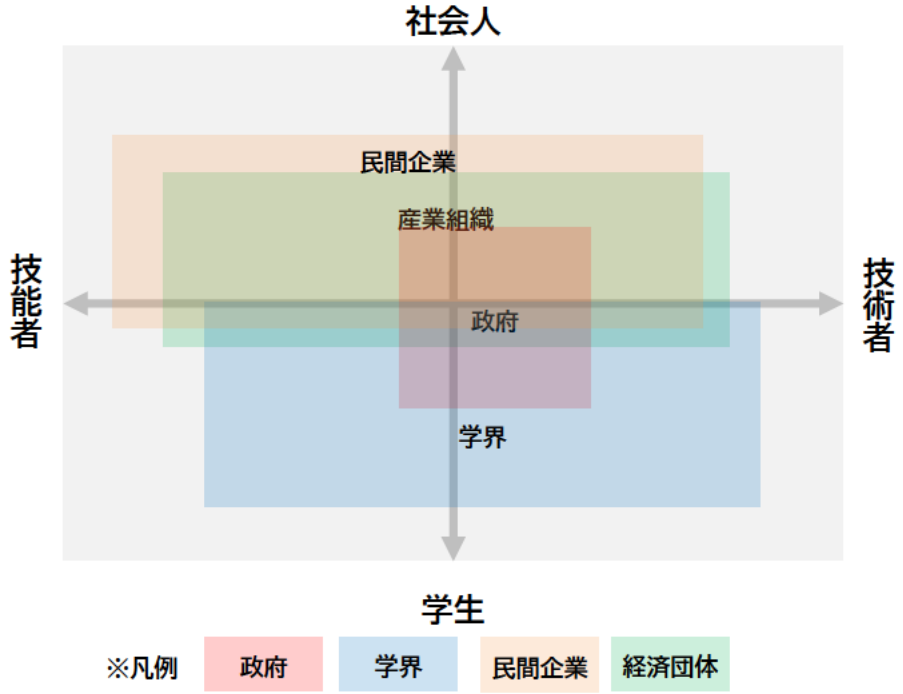
韓国の人材育成体制と実施機関の対象範囲

- 政府が中長期ロードマップを描き、それに沿って産業界と学界が人材育成を推進。
- 韓国電力による大学設置や原子力マイスター高校など学生への教育に特色。

人材に関する支援体制



各組織による支援領域イメージ



出所）各社・業界団体資料等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国における原子力人材育成の政策動向

- 2030年までにエネルギー産業における専門性を有する人材2万人以上の育成を目標に、原子力を含む14の有望なエネルギー産業分野における中長期戦略ロードマップを策定。

主要政策におけるエネルギー人材育成の内容

新政府国政課題（2022/5）	• エネルギー需給安定性及び新産業を先導する専門人材育成 • 需要に合わせた教育拡大、地域拠点大学院育成
新政府エネルギー政策方向（2022/7）	• 民間需要に基づいた現場問題解決型人材育成 • 太陽光・風力産業エコシステム競争力確保のための専門人材育成 • エネルギー公社連携事業化及び専門人材拡充
産業部業務報告（2022/12）	• 原子力エコシステム完全正常化のための原子力人材育成 • 5大エネルギー産業（水素・海上風力・CCUS・高効率資機材・蓄電）人材育成
第10次電力需給基本計画（2023/1）	• 原子力拡大による原子力分野人材育成 • 太陽光、風力、ESS等、変動制関連分野のエネルギー関連分野のエネルギー専門人材育成が必要

エネルギー人材育成中長期戦略ロードマップ（2023年8月策定）

ビジョン	エネルギー革新を先導するエネルギー専門人材育成
目標	2030年までエネルギー産業発展を先導するエネルギー産業専門人材2万人（＋α）の育成

3大戦略	9大課題
企業需要カスタマイズ型技術人材育成	1. 14の有望分野別技術開発及び人材育成ロードマップ策定 2. 現場需要を反映したエネルギー人材育成事業拡大 3. エネルギー産業業務情報提供プラットフォーム構築
地域エネルギー産業連携型地域人材育成	4. 地域別エネルギー産業人材需給策定 5. 地域機関間協力を通した地域人材供給体制構築 6. 地域エネルギー産業人材育成協議体構成・運営
グローバル競争力を備えた重要人材育成	7. 海外市場ターゲット型輸出人材育成 8. 海外市場進出型人材流入 9. 現地ネットワーク及びDB構築

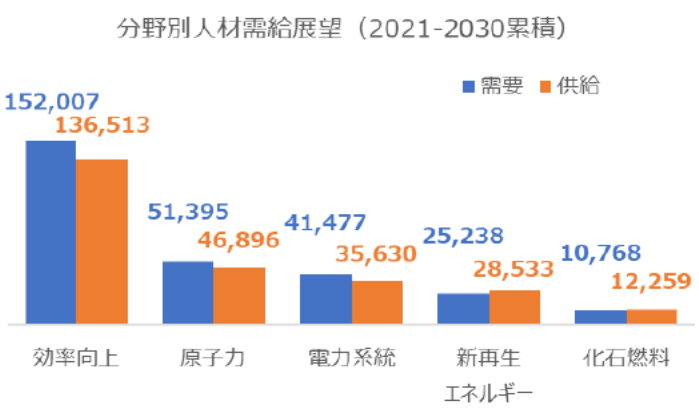
出所）「エネルギー人材育成ロードマップ及び新規事業説明会」、韓国エネルギー技術評価院、https://www.ketep.re.kr/brdartcl/boardarticleView.do?srch_menu_nix=K1pFN2z2&brd_id=BDIDX_VvtQm45cO6zrQzSJTFNDn3&cont_idx=595

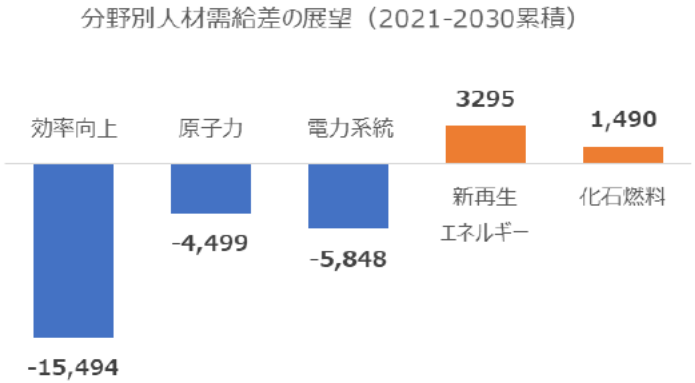
Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国の人材需給展望

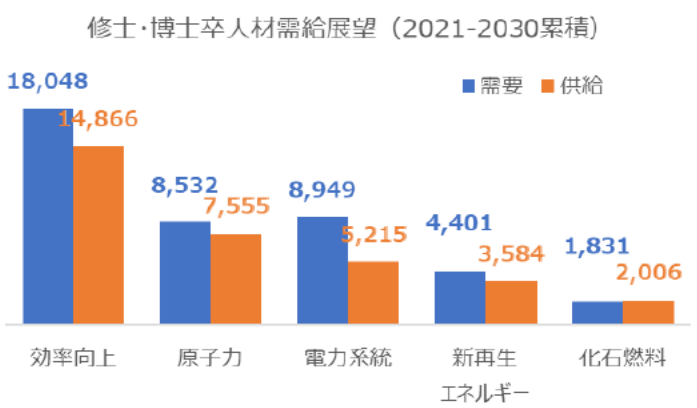
- 2020年現在のエネルギー産業従事者は291,452名、今後10年間（2021～2030）毎年平均2,353名（修士・博士卒853名、学士卒1,500名）の人材が不足する見込み。
- 原子力人材は、今後10年間で4,499名（修士・博士卒976名、学士卒3,523名）不足の見込み。

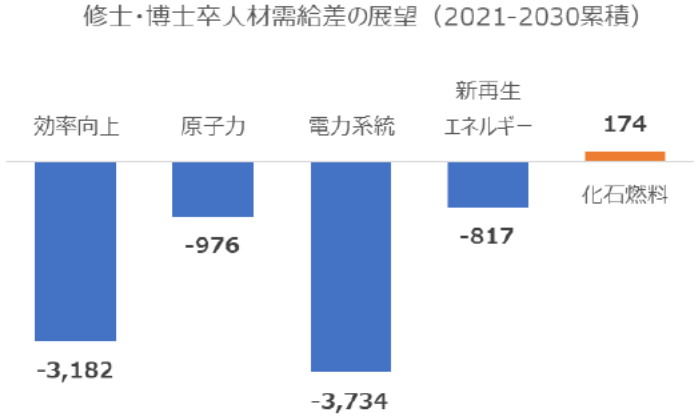
2030年までの分野別人材需給展望





2030年までの修士・博士卒人材需給展望





出所）「エネルギー人材育成ロードマップ及び新規事業説明会」、韓国エネルギー技術評価院　をもとに作成
https://www.ketep.re.kr/brdartcl/boardarticleView.do?srch_menu_nix=K1pFN2z2&brd_id=BDIDX_VvtQm45cO6zrQzSJTFNDn3&cont_idx=595

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国による需給ギャップ分析実施の計画(1/3)

- **企業の需要に基づく技術人材育成のため、教育プログラムや人材需給マッチング支援を産学連携で実施予定。**

企業需要カスタマイズ型技術人材育成

推進課題	区分	詳細	産	学	官
1. 14の有望分野別技術開発及び人材育成ロードマップ策定	新規	技術開発及び人材育成のロードマップ策定(2023/8)	○	○	○
2. 現場需要を反映したエネルギー人材育成事業拡大	拡大	• 2023年、高レベル放射性廃棄物＋リスコミ管理(ソウル大)等を16か所推進中 • 2023年、原子力未来技術、原子力連携水素・熱生産等の融合教育のための「次世代原子炉融合大学院」推進中(2030年まで修士・博士140名以上)		○	
	新規	産業界需要基盤の原子力IP(知的財産権)、水素IP確保連携の大学院中心のR&D遂行、教育プログラム開発・運営(2030年まで修士・博士420名以上)		○	
	拡大	原子力、水素、効率、イノベーションベンチャー等の協会・団体の教育プログラムを通した分野別従業員専門性強化	○		
	新規	公社の教育課程・講師を活用、理工専門者対象現場特性化教育の活性化(2030年まで学士330名以上)		○	
	新規	エネルギー総合案内書配布(2023/5)及び企業-大学間の実務交流会開催	○	○	
	新規	公社の教育課程・講師を活用した現場特性化教育活性化	○		
	拡大	エネルギー産業求人情報提供プラットフォーム支援拡大	○	○	
3. エネルギー産業業務情報提供プラットフォーム構築	新規	職務能力モデル(NCS)基盤の大学の人材育成カリキュラム開発支援	○	○	
	拡大	採用博覧会、採用フォーラム開催支援	○	○	○

出所)「エネルギー人材育成ロードマップ及び新規事業説明会」、韓国エネルギー技術評価院、
https://www.ketep.re.kr/brdartcl/boardarticleView.do?srch_menu_nix=K1pFN2z2&brd_id=BDIDX_VvtQm45cO6zrQzSJTFNDn3&cont_idx=595

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国による需給ギャップ分析実施の計画（2/3）

- **研究・起業・人材育成システム構築及び地域産業に適したエネルギー人材を育成し、地域エネルギー産業エコシステムの発展への寄与を期待。**

地域エネルギー産業連携型地域人材育成

推進課題	区分	詳細	産	学	自
4. 地域別エネルギー産業人材需給策定	新規	地域別エネルギー産業の人材需給マップ構築・提供	○	○	○
5. 地域機関間協力を通した地域人材供給体制構築	拡大	原子力を含む重点産業を中心に、地域大学とエネルギー産業融合・複合団地間の協力を強化（現場実習-起業連携教育強化）	○	○	○
	新規	• 産業体・自治体・大学が参加して地域人材を育成するエネルギー技術共有大学プラットフォーム（ETU）構築 • 段階的拡大推進（2024年2つ→2025年4つ→2026年7つ以上）	○	○	○
	新規	ETUと融合・複合団地を活用した地域青年起業拡散	○	○	○
6. 地域エネルギー産業人材育成協議体構成・運営	新規	地域エネルギー産業イノベーション人材育成委員会の構成・運営	○	○	○

出所）「エネルギー人材育成ロードマップ及び新規事業説明会」、韓国エネルギー技術評価院、
https://www.ketep.re.kr/brdartcl/boardarticleView.do?srch_menu_nix=K1pFN2z2&brd_id=BDIDX_VvtQm45cO6zrQzSJTFNDn3&cont_idx=595

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国による需給ギャップ分析実施の計画（3/3）

- **海外市場進出型人材育成の新規導入、グローバル技術先導機関との協力強化により、エネルギー産業の内需・輸出競争力強化を期待。**

グローバル競争力を備えた重要人材育

推進課題	区分	詳細	産	学	官
7. 海外市場ターゲット型輸出人材育成	新規	現地経験蓄積型「輸出特化人材育成プログラム」新設（原子力・水素分野でモデル事業を推進） • 国内 大学：エネルギー政策、国際通商、認証等、輸出特性化プログラム開発 企業：輸出用資機材等の設計・製造研究開発実施 • 海外：優秀な学生の短期採用・派遣を通して輸出実務経験蓄積	○	○	
	拡大	海外大学・研究機関とのMOU締結を通して、エネルギー分野グローバルネットワーク拡大（2023年18か国67機関→2025年20か国80機関）	○	○	○
	新規	「韓米理工分野青年特別交流イニシアチブ」を通してエネルギー技術STEM分野交流	○	○	○
8. 海外市場進出型人材流入	拡大	エネルギーイノベーション研究センターの拡大（2023年10分野→2025年14分野→2027年18分野）	○	○	○
	拡大	エネルギー産業輸出及び協力対象国の公務員・企業役員を対象に、国内の修士・博士課程支援を拡大（2021～2025年、118名以上）	○	○	○
9. 現地ネットワーク及びDB構築	新規	SMR、水素等のエネルギー新産業分野のグローバル融合人材育成のため、米国、オーストラリアに「エネルギー産業協力センター」設立を検討	○	○	○
	拡大	グローバル市場進出支援のための国家・産業・企業類型別の海外事業情報を提供	○		○

出所）「エネルギー人材育成ロードマップ及び新規事業説明会」、韓国エネルギー技術評価院、
https://www.ketep.re.kr/brdartcl/boardarticleView.do?srch_menu_nix=K1pFN2z2&brd_id=BDIDX_VvtQm45cO6zrQzSJTFNDn3&cont_idx=595

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国エネルギー人材育成中長期戦略ロードマップの詳細

- 特に次世代原子力及び超先進技術において、原子力産業の再跳躍を率いる産業・研究開発人材の育成を目指して、年度別ロードマップを策定。
- 人材育成成果を主要な評価指標にして、技術開発と人材育成の連携を推進中。

産業化時点：● 研究開発人材　● 産業人材

技術テーマ	目標	人材育成課題名	人材育成類型	実施年 24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
未来市場先導	SMR等未来市場への早期進入	革新型SMR設計技術人材育成	産業			●								
		SMR等未来原子炉革新製造技術人材育成	産業				●							
		次世代核燃料及び材料開発技術人材育成	研究開発										●	
原子力輸出	国内の原子力輸出能力向上	大型原子炉及び資機材輸出のための融合・複合専門人材育成	産業			●								
原子力融合	原子力活用フレキシブル運転等活用の多変化	再生エネルギー連携などのためのフレキシブル運転技術人材育成	研究開発						●					
原子力安全	継続運転の安全性確保	原子炉継続運転及び運営の効率化技術人材育成	産業					●						
バックエンドサイクル管理	バックエンドサイクル技術完成	バックエンドサイクル管理専門人材育成	研究開発										●	

出所）「エネルギー人材育成ロードマップ及び新規事業説明会」、韓国エネルギー技術評価院　をもとに作成
https://www.ketep.re.kr/brdartcl/boardarticleView.do?srch_menu_nix=K1pFN2z2&brd_id=BDIDX_VvtQm45cO6zrQzSJTFNDn3&cont_idx=595

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業団体と政府連携によるサプライヤ支援事業(1/5)

- 国内原子力産業エコシステムの仕事不足、人材離脱等による困難を解消し、原子力エコシステムの未来競争力強化を支援。

原子力エコシステム支援事業概要

ビジョン	原子力エコシステム復元と原子力産業の能力強化
推進内容	**【退職者・在職者能力強化支援】** • 能力強化教育180名 • 再就職支援100名 • 原子力現場人材養成院教育支援(技能人材)
	【専攻者インターンシップと正社員転換支援】 • 正社員転換80名(インターンシップ115名)
	【原子力企業能力強化支援】 • 再跳躍40社、経営安定化15社、回復支援8社
	【SMR産業エコシステム基盤造成支援】 • SMR基盤造成支援20社

推進課題	**【退職者・在職者能力強化を通した原子力産業専門能力向上】** • 原子力基礎、原子炉実務及び次世代有望分野教育実施 • 高熟練経歴人材と新規進入人材再就職支援 • 在職者・退職者・原子力企業間の求人求職支援 • 原子力現場人材育成院教育インフラ及び教育システム基盤造成支援
	【優秀人材供給を通した人的能力強化で原子力産業競争力向上】 • 企業・学校間の人的需給管理体制構築、運営 • 企業の優秀人材確保と生産性・競争力向上 • 専攻性の原子力産業進出誘導及び就職連携支援、現場経験提供
	【原子力企業競争力強化による原子力産業再跳躍とエコシステム活力向上】 • 原子力企業重要能力強化と再跳躍資金支援 • 企業経営安定化、事業化支援及び広報能力向上 • 仕事、人材、売上減からの原子力企業回復支援
	【SMR分野進出のための企業事業化能力強化】 • SMR関連機関の保有技術資機材活用体制の構築 • 企業のSMR進出能力把握、成果物活用性向上 • SMR関連機関と参加企業間の技術的協力体制構築

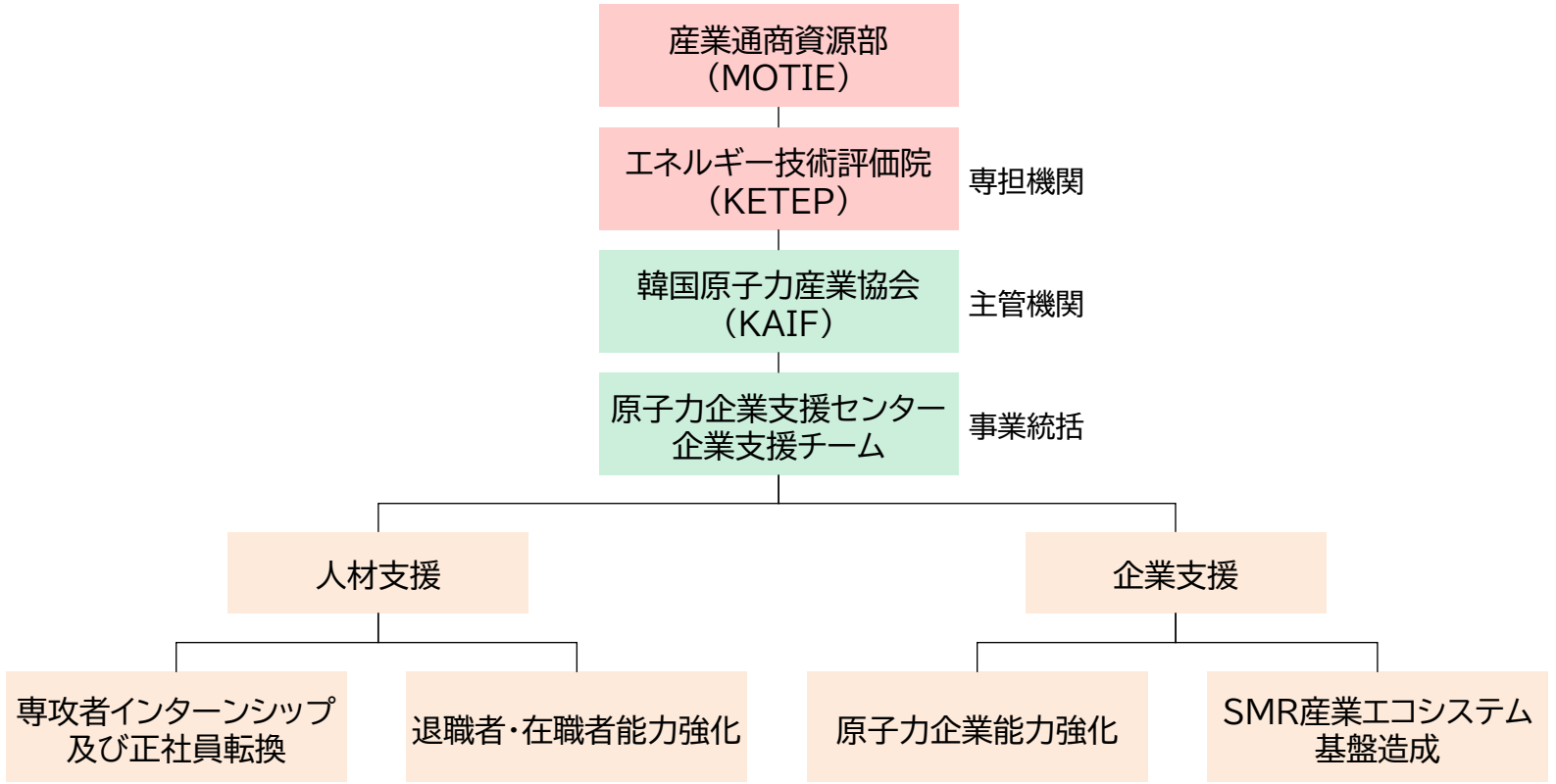
出所)原子力エコシステム支援事業「事業概要」、原子力企業支援センター、
https://nisp.kr/?c=178
2024原子力企業支援事業統合説明会発表資料(1/2)、韓国原子力産業協会、
https://www.kaif.or.kr/ko/ko/%C1%DF%C1%F8%B0%F8,%20%BF%F8%C0%FC%20%C7%F9%B7%C2%20%F1%E9%D0%EA%20%C1%F6%BF%F8%20%BA%BB%B0%DD%C8%AD?c=193&s=&gp=2&gbn=viewok&ix=28242

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業団体と政府連携によるサプライヤ支援事業（2/5）

- 産業通商資源部（MOTIE）予算の下、韓国原子力産業協会（KAIF）が主管。
- 現政府の主要国政課題である原子力産業エコシステム活性化と競争力強化のため、2024年原子力企業支援事業を実施中。原子力エコシステム支援事業もその一つとして25%規模拡大。

原子力エコシステム支援事業組織



出所）原子力エコシステム支援事業「事業概要」、原子力企業支援センター、https://nisp.kr/?c=178

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業団体と政府連携によるサプライヤ支援事業(3/5)

- 産業通商資源部(MOTIE)2024年予算案及び基金運用計画案は11兆5,188億ウォンで、原子力基盤造成事業のうち、原子力エコシステム支援事業予算は約112億ウォン。

2024年原子力エコシステム支援事業予算

<table>
<tr><td rowspan="4">MOTIE</td><td colspan="3">予算案及び基金運用計画案:11兆5,188億ウォン
• 予算:9兆651億ウォン
• 基金:2兆4,537億ウォン
➢ 電力基金:2兆1,189億ウォン
➢ 産業技術振興及び事業化促進基金:1,129億ウォン
➢ 放射性廃棄物管理基金:2,218億ウォン</td></tr>
<tr><td rowspan="3">原子力産業政策局</td><td colspan="2">9兆8,303億ウォン
• 電力基金:5,397億ウォン
• 放射性廃棄物管理基金:9兆2,906億ウォン</td></tr>
<tr><td rowspan="2">電力基金</td><td rowspan="2">電力産業基盤造成事業:1,422億ウォン
• 原子力エコシステム支援事業:112億ウォン
• SMR製作支援センター構築事業:2億ウォン
• 原子力エコシステム金融支援事業:1,000憶ウォン
• 原子力輸出保証:250億ウォン
• 原子力資機材前払金保証保険支援:58億ウォン</td></tr>
<tr></tr>
</table>

出所）24年度予算及び基金運用計画事業説明資料、産業通商資源部、
https://www.motie.go.kr/kor/article/ATCL3f70bb6cf/45/view?mno=&pageIndex=1&rowPageC=0&displayAuthor=&schClear=on&startDtD=&endDtD=&searchCondition=1&searchKeyword=

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業団体と政府連携によるサプライヤ支援事業(4/5)

- **原子力エコシステム支援事業予算は約112億ウォンのうち、退職者・在職者能力強化支援予算が3,210百万ウォン、専攻者インターンシップ・正社員転換支援予算が1,668百万ウォン。**

退職者・在職者能力強化支援

- 事業期間:2024年1月～2024年12月
- 事業予算:3,210百万ウォン
  - 再就職支援:2,160百万ウォン
  - 能力強化教育:1,050百万ウォン
- 事業内容
  - 再就職支援(100名)
    - 月400万ウォン/人を最大6か月間支援
  - 能力強化教育
    - 原子力基礎、実務、有望分野等分野別教育運営(180名):453百万ウォン
    - 原子力現場人材育成院:597百万ウォン

専攻者インターンシップ・正社員転換支援

- 事業期間:2024年1月～2024年12月
- 事業予算:1,668百万ウォン
  - 人件費補助:1,410百万ウォン
  - 現場実務研修:258百万ウォン
- 事業内容
  - インターン採用(115名):792百万ウォン、最大80%を最大4か月間補助
    - 学士以下:210万ウォン以上
    - 修士:250万ウォン以上
    - 博士:350万ウォン以上
  - 正社員転換(80名):617.4百万ウォン、最大60%を最大6か月間補助
    - 学士以下:210万ウォン以上
    - 修士:250万ウォン
    - 博士:350万ウォン
  - 現場研修(60名):258百万ウォン、43百万ウォン以内/回

出所)2024原子力企業支援事業統合説明会発表資料(1/2)、韓国原子力産業協会、
https://www.kaif.or.kr/ko/ko/%C1%DF%C1%F8%B0%F8,%20%BF%F8%C0%FC%20%C7%F9%B7%C2%20%F1%E9%D0%EA%20%C1%F6%BF%F8%20%BA%BB%B0%DD%C8%AD?c=193&s=&gp=2&gbn=viewok&ix=28242

Copyright © Mitsubishi Research Institute

産業団体と政府連携によるサプライヤ支援事業(5/5)

- **原子力エコシステム支援事業予算は約112億ウォンのうち、原子力企業能力強化支援予算が4,800百万ウォン、SMR産業エコシステム基盤造成支援予算が1,000百万ウォン。**

原子力企業能力強化支援

- 事業期間:2024年1月～2024年12月
- 事業予算:4,800百万ウォン
  - 再跳躍:4,800百万ウォン
  - 経営安定化:450百万ウォン
  - 原子力企業回復支援:80百万ウォン
- 事業内容
  - 再跳躍:100百万ウォン/社
    - 企業別のキー技術を保有しているにもかかわらず、製品化・事業化・市場進出を妨げる要因を解消するための技術改善支援
  - 経営安定化: 30百万ウォン/社
    - 原子力分野企業の技術以外の経営改善と革新に要される費用を支援

SMR産業エコシステム基盤造成支援

- 事業期間:2024年1月～2024年12月
- 事業予算:1,000百万ウォン
  - 人件費補助:1,410百万ウォン
  - 現場実務研修:258百万ウォン
- 事業内容
  - 支援分野別上限:最大62.5百万ウォン以内(100%)
  - 政府支援金の割合:最大50百万ウォン以内(80%)
  - 企業負担金の割合:最大12.5百万ウォン以内(20%)

出所)2024原子力企業支援事業統合説明会発表資料(1/2)、韓国原子力産業協会、
https://www.kaif.or.kr/ko/ko/%C1%DF%C1%F8%B0%F8,%20%BF%F8%C0%FC%20%C7%F9%B7%C2%20%F1%E9%D0%EA%20%C1%F6%BF%F8%20%BA%BB%B0%DD%C8%AD?c=193&s=&gp=2&gbn=viewok&ix=28242

Copyright © Mitsubishi Research Institute

電気事業者による人材育成に関する取り組み(1/2)

- 韓国電力技術(KEPCO E&C)は、職級別社内教育と外部委託教育を提供する対内教育と、外部顧客のニーズに合わせた教育訓練プログラムを開発・提供する対外教育がある。

対内教育

種類	内容
新入社員訓練	• 韓国電力技術の新入社員を対象として、職場入門教育、構成員一体化教育、共通電算教育とOJT教育、現場見学、電算教育、技術教育の6段階で、約5か月間実施
職務教育訓練	• 技術職と管理職において、時期別に4段階に分けて務遂行に必要な専門教育を提供
次世代リーダー及びグローバル専門家育成	• 経営者向け及び大学・大学院向けの長期委託教育と、国内外の留級学位過程を提供
国内外専門機関委託教育	• 国内外専門機関による教育を年間約250件実施(2016年現在)
グローバル語学力量強化教育	• on-off line語学教育、電話英語教育、4:1／2:1集中英語教室、社内英語教室(会話、Technical Writing等)を提供
人文教育	• 感性コミュニケーション講義、読書通信教育を提供

対外教育

種類	内容
Power Engineering School	• 大学2・3年生対象の現場体験学習プログラムで、原子力とプラント一般について、夏・冬休みに2回ずつ会社負担で実施
協力会社技術教育	• 原子力・機械・配管・計測制御・土木/建築分野の協力会社所属職員を対象として、共通(原子力・火力一般)、配管等7の技術分野設計等について、受講生負担で実施
エンジニアリングOpen Class(受託教育)	• 電力グループ会社等の設計/建設関連技術分野職員を対象として、プラント機会と配管分野、電気と制御分野設計等について、受講生負担で実施
大学生実務実習教育	• 大学生を対象として、原子力一般、設計技術一般等の理論及び部署実習等を、休み期間中の4週間コースで会社負担で実施
原発認証・検証技術教育	• 原子力発電所の部品・設備供給関連中小企業を対象として、原子力発電所設計概念・安全文化・認証・検証について、3日間、年に4回政府支援を受けて実施(2016/4/6～2019/9/30)

出所)人材育成運営状況、韓国電力技術、https://www.kepco-enc.com/portal/contents.do?key=1297

Copyright © Mitsubishi Research Institute

電気事業者による人材育成に関する取り組み（2/2）

- 韓国水力原子力人材開発院は、職務分野別専門家とグローバル人材育成、エネルギー新産業分野教育への拡大を目指している。

本院教育

種類	内容
職務力量（191過程）	• 社員を対象として、化学・品質・整備技術・原子力安全・放射線・発電・炉心/燃料等18分野において、基本・実務・専門課程の流れで、教育を提供
共通力量（40過程）	• 社員を対象として、DREAM設備管理等の職務共通と、原子力安全文化専門家育成等の共通力量に関する教育を提供
リーダーシップ（15過程）	• 社員を対象として、職級別リーダーシップ基本教育と深化教育を提供
グローバル（20過程）	• 社員を対象として、WANO PEER REVIEW等の国際ビジネスと、Meeting Minutes Writing等の外国語教育を提供
同伴成長（24過程）	• 中小企業在職者向けの原子力品質保証一般関連等の職務向上訓練を提供するコンソーシアム、協力会社等の職員向けの原子力安全文化専門家育成関連等の受託教育を提供

教育訓練部教育

種類	内容
職務力量（261過程）	• 社員を対象として、原子力系統基礎・設備等の基本過程、発電現場実務等の運転過程、MCR要員育成やRO免許実技等の特殊過程、機械・電気・計測等の技術運営過程に分けて提供

eラーニング正規過程

種類	内容
職務力量（172過程）	• 社員を対象として、化学・品質・整備技術・原子力安全・放射線・発電・炉心/燃料等17分野において、基本・実務・専門課程の流れで、教育を提供
共通力量（60過程）	• 社員を対象として、統合保安教育等の法定必須と、人事労務等の一般家庭に関する教育を提供
リーダーシップ（4過程）	• 社員を対象として、原子力発電所本部長等におけるリーダーシップ教育を提供
グローバル（53過程）	• 社員を対象として、Basic Mechanics1等グローバル関連の教育を提供
デジタルコンテンツ	• 社員を対象として、シミュレーション実習等のデジタルコンテンツ教育を提供
自己啓発	• 社員とその家族を対象として、外国語、人文経営分野における自己啓発教育を提供

※協力会社職員向けのeランニング教育は必要に応じて開設

出所）韓国水力原子力人材開発院、https://www.khnp.co.kr/human/index.do

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国研による人材育成に関する取り組み

- 韓国原子力研究院は職員の効率的な力量開発のため、KAERI-ACE（KAERI Atomic Community of Education）教育訓練体制を構築して運営している。

KAERI-ACE

種類	内容
原子力コミュニケーション力量強化	• 社員を対象として、原子力共感、Writing & Speech教育等等の共通教育を実施
法定必須	• 社員を対象として、放射線作業従事者教育、放射能防災要員／非防災要員教育等を実施
リーダーシップ力量強化	• 社員を対象として、新入社員教育＆メンタリング、昇格者リーダーシップ教育等等を実施
先進原子力技術及びデジタル融合力量強化	• 社員を対象として、デジタル転換（DT）力量強化教育、研究倫理／研究費管理／研究保安／成果管理教育等を実施
個人力量開発	• 社員を対象として、退職予定者教育、進路設計教育等を実施

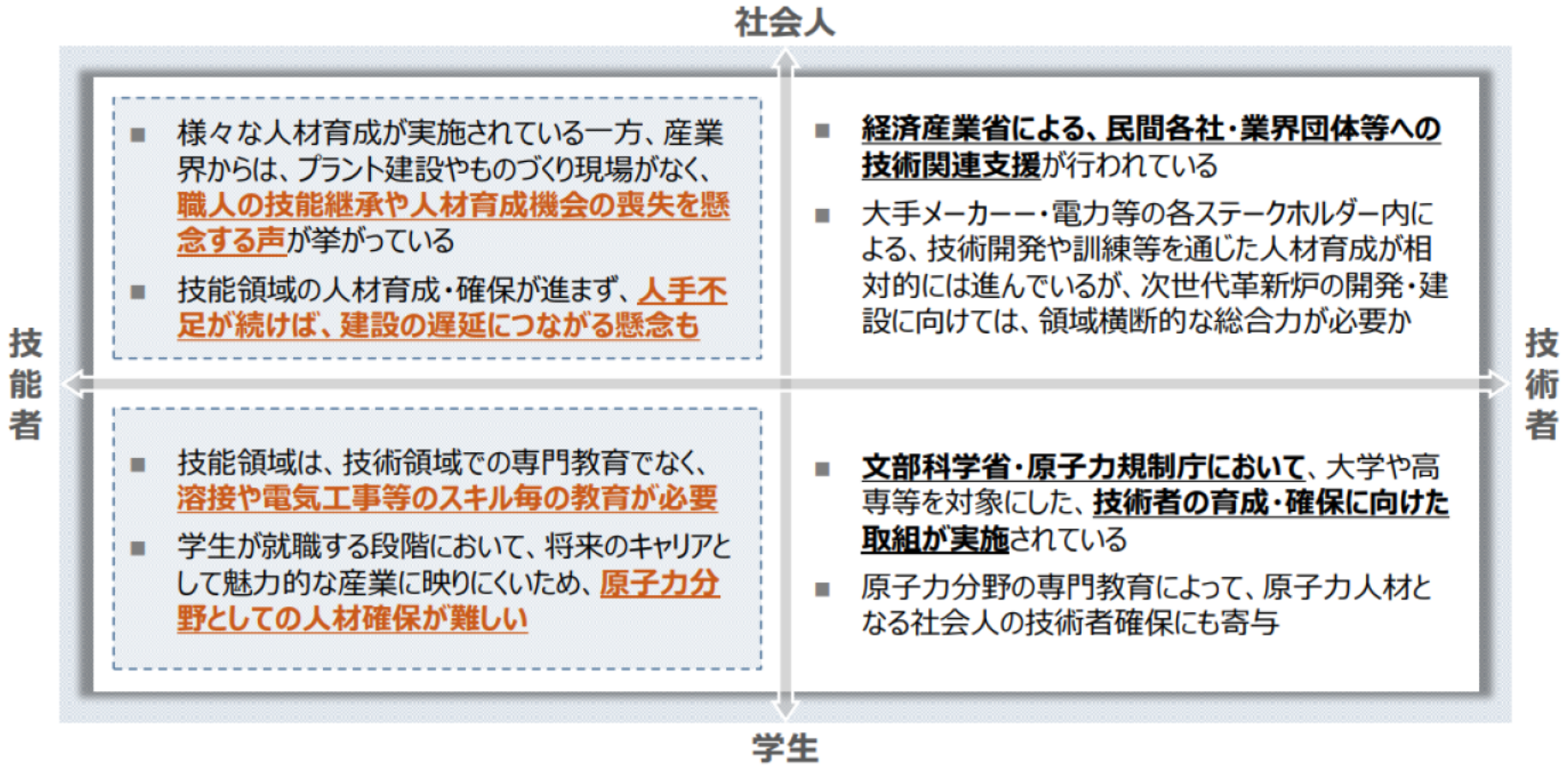
出所）人材像・教育体制、韓国原子力研究院、https://www.kaeri.re.kr/board?menuId=MENU00424

Copyright © Mitsubishi Research Institute

現状の人材育成・確保に対する考察

第37回原子力小委員会
（令和5年12月19日）資料1

- **原子力人材の領域を、社会人・学生、技術・技能の四象限で分けてみると、技術領域は**、国や民間各社等による取組が**相対的には進んでいる**。
- 一方、**建設（ものづくり）を始めとする技能領域は**、震災以降の需要剥落により、職人技の継承・人材育成機会の喪失を懸念する声が挙がる等、**課題感が大きい状況**。

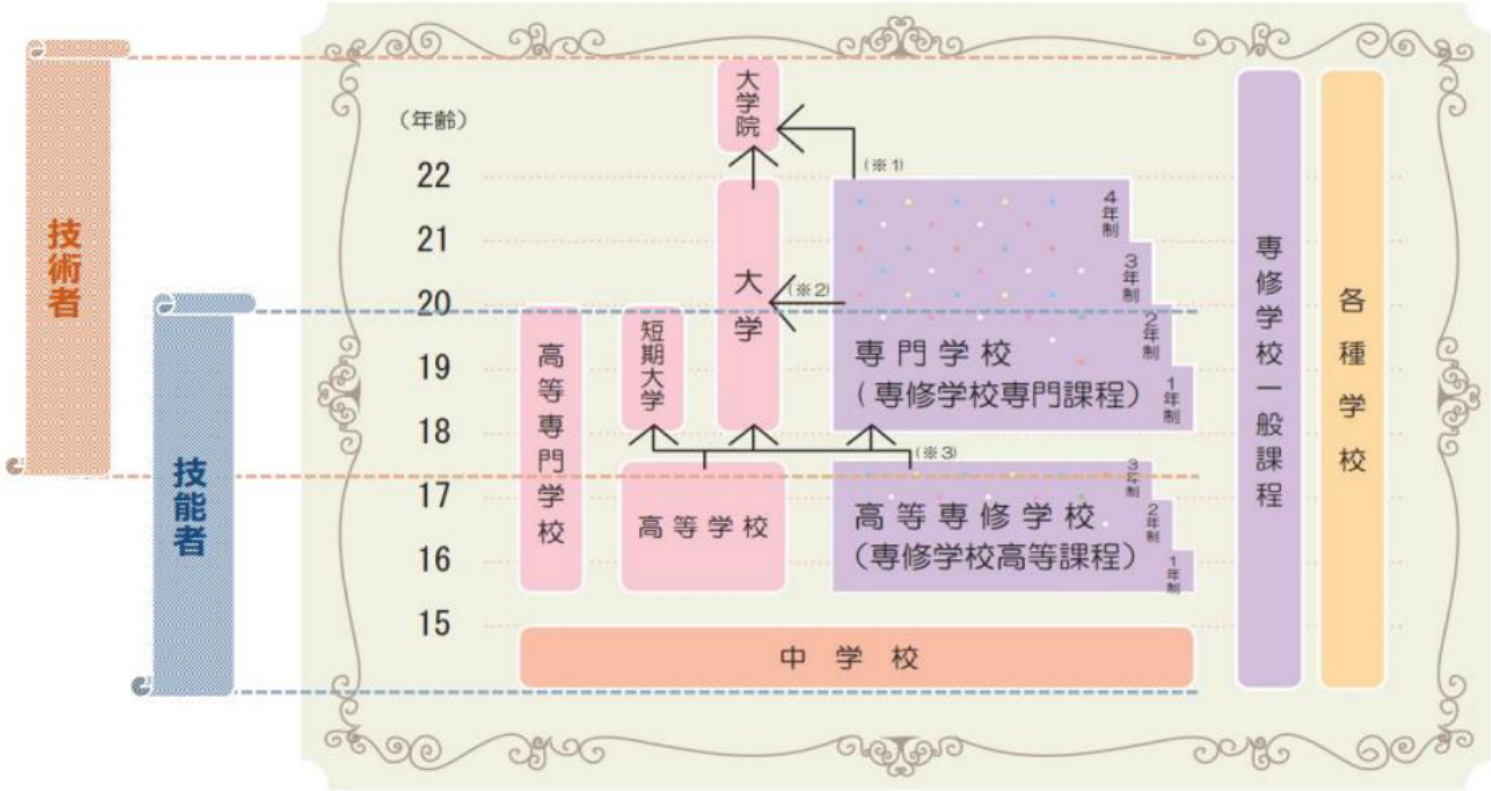


Copyright © Mitsubishi Research Institute

【参考】技術者・技能者の違い（ラフイメージ）

第37回原子力小委員会
（令和5年12月19日）資料1

- 「技術者」と「技能者」の違いは、以下の通り。
  - **技術者：原子炉の設計・解析を担う研究者等**、直接的な現場作業は基本的に行わない。
  - **技能者：溶接工など工場といった現場で、直接的な作業を行う就業者**。



（出所）文部科学省・国土交通省資料より資源エネルギー庁作成
（注）1．修業年限が 4年以上等の要件を満たした専門学校の修了者は大学院へ進学可　2．修業年限が2年以上等の要件を満たした専門学校の修了者は大学へ編入学可
3．一定の要件を満たす高等専修学校の修了者は大学・短期大学へ進学可

Copyright © Mitsubishi Research Institute

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

令和5年度原子力の利用状況等に関する調査
（国内外における原子力政策・産業動向調査等）
調査報告書

別添2
「国別プロファイル 2024年3月」

三菱総合研究所

令和6年3月29日

目次

重点6カ国の概況 3

重点6カ国の国別プロファイル 10

- 米国 11
- 英国 27
- フランス 40
- カナダ 54
- 中国 69
- 韓国 82

調査対象国の国別プロファイル 94

- インド 95
- ロシア 106
- ポーランド 119
- チェコ 129
- ブルガリア 139
- ルーマニア 150
- ハンガリー 161
- フィンランド 171
- スウェーデン 178
- イタリア 185
- オランダ 192
- ウクライナ 199
- トルコ 205
- アラブ首長国連邦 212

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点6カ国の概況

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点国概況：米国（2024年3月）

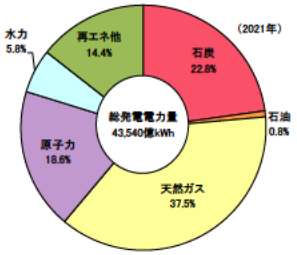
【注目ポイント】

- 原子力の競争力が低下する中、既設炉の救済に向けた取組が複数の州で実施。連邦政府はインフラ投資・雇用法やインフレ抑制法等の成立に基づき、先進炉・既設炉の双方を支援。
- 国内約30年ぶりとなる新設炉ヴォーグル3号機（AP1000）が2023年7月に営業運転を開始。4号機についても2024年3月に送電網接続し、2024年第2四半期の営業運転開始を予定。
- 小型モジュール炉（SMR）は、DOEの支援の下、2020年代の市場導入に向けて研究開発等が進む。

【基本データ】

面積	983.4万km²	人口	3億3,500人
通貨	1米ドル＝147円（2024年3月中適用）		
政治体制	大統領制、連邦制		
議会	二院制：上院（100議席／任期6年）、下院（435議席／任期2年）		
政府	大統領　ジョセフ・R・バイデン		
GDP	25兆4,627億ドル（2022年名目）	GDP成長率	2.1%（2022年）

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2023 Edition

●国内電力量収支（2021年）

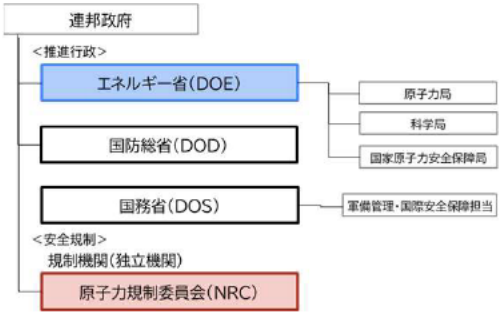
発電電力量	43,541億kWh
消費電力量	38,382億kWh
電力純輸入量	393億kWh

●原子力基本データ（2024年3月資料）

発電電力量（2022年）	7,722億kWh
設備容量（net）	9,583.5万kW
基数	運転中94基/建設中0基/計画中0基

【原子力行政体制】

行政体制の特徴
エネルギー省は、エネルギー保障と核安全保障を所掌している。具体的な役割として、核兵器の製造と管理、原子力技術の開発、エネルギー源の安定確保、及びこれらに関連した先端技術の開発などがある。安全規制は、原子力規制委員会が所掌している。同委員会は、国土を4カ所に区分し、規制を行っている。



【原子力・エネルギー概況】

●エネルギー政策

- 2021年1月、バイデン民主党政権が誕生。気候変動に関連して、原子力の活用を挙げており、近年ではインフラ投資・雇用法やインフレ抑制法の成立に基づき、先進炉・既存炉双方の支援を強化。
- 2021年12月にはGHGネットゼロへの大統領令に署名しており、2022年8月成立のインフレ抑制法(IRA)によりクリーンエネルギーに対する税額控除や雇用創出のための財源を確保

●原子力政策

- 原子力利用については、概ね超党派的な支持を受けている
- FY23歳出法でDOE原子力局には、補正予算も含め総額約18億ドルが配賦。気候変動対策に向けた、先進炉の商業化支援等の姿勢を打ち出す
- インフラ投資・雇用法（2021年11月成立）においても、原子力を支援する内容が盛り込まれ、既設炉に対する財政的支援、先進炉実証プログラム（ARDP）に対する予算措置などが明記
- 2022年インフレ抑制法においては、原子力発電事業者に対し電力販売量に応じた税額控除も行う

●新増設

- 2005年エネルギー政策法などを通じて新設促進を促してきたが、政策で想定された程新設は実現せず、唯一建設が進むヴォーグル3,4号機（AP1000 2基）でも運開時期は当初計画から6年以上遅延
- 一方で、SMRについては、資金提供や国立研究所におけるバウチャー提供が進んでいるが、アイダホ国立研究所におけるNuScale社製SMR初号機の建設計画は2023年10月に中止が決定

●原子炉ベンダー

- GE日立ニュークリアエナジー社、ウェスティングハウス社は、原子炉を含む原子力関連の広範な製品の販売とその関連サービスを行う多国籍企業。
- ウェスティングハウス社は、AP1000以外にもマイクロリアクターの開発も行う。3Dプリンター製の原子炉部品も開発し商業炉へ適用する動きも
- GE日立ニュークリアエナジー社はSMRであるBWRX-300の開発を推進
- NRCは2023年12月ケイロスパワー社の溶融塩炉実証炉のヘルメスに建設許可を発給

●原子力発電事業

- 現在の原子力発電事業者は約20社
- 主要事業者のコンステレーション社、デューク・エナジー社、エンタジー社は21基、11基、5基の原子炉を所有
- 80年運転を目指す動きもある一方で、自由化州では、州政府の財政的支援があるものの引き続き事業環境は厳しい状況

●廃止措置

廃止措置状況	• 閉鎖:1基/安全貯蔵中:11基/解体中:13基/廃止措置完了:10基
廃止措置オプション	• 即時解体/安全貯蔵/その他/未定
廃止措置資金管理	• 事業者がそれぞれの経営判断で廃止措置のための資金確保 • NRCによる規制要件として一定の額を積み立てていることを定期的に証明

●燃料サイクル（バックエンド）

サイクル方針	• 再処理/ワンスルー/その他/未定
処分方針	• 高レベル放射性廃棄物は地層処分 • ユッカマウンテンが法的には唯一の高レベル放射性廃棄物処分候補地 • 低レベル放射性廃棄物等は、放射能レベル等に応じて処分 • 使用済燃料処分のための中間貯蔵施設建設は、民間で2件の取組が進行中
処分資金管理	• 商用原子炉で発生した使用済燃料処分のために財務省に基金を設置

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点国概況：英国（2024年3月）

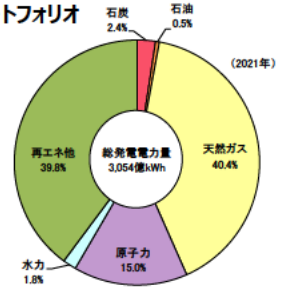
【注目ポイント】

- 国家政策声明（NPS）の改定による原子力発電所建設に関する政府方針の更新に注目
- 2024年までに最終投資決定（FID）を目指すサイズウェルC建設計画、一般設計評価（GDA）が進むロールスロイスSMR社製小型モジュール炉（SMR）の建設に向けた動向、2030年代初頭に実証炉の建設を目指す高温ガス炉（HTGR）の実証プログラムといった、各種進行中のプロジェクトに注目
- 新たに設立された大英原子力（GBN）によるSMRプロジェクト支援の具体的な動向に注目

【基本データ】

面積	24.3万km²	人口	約6,708万人
通貨	1ポンド＝187円（2024年3月中適用）		
政治体制	立憲君主制		
議会	二院制：上院（定数なし）、下院（650議席）		
政府	首相 リシ・スナク		
GDP	2兆1，980億ポンド（2021年、英国統計局）	GDP成長率	8.7%（2021年、英国統計局）

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2023 Edition

●国内電力量収支（2021年）

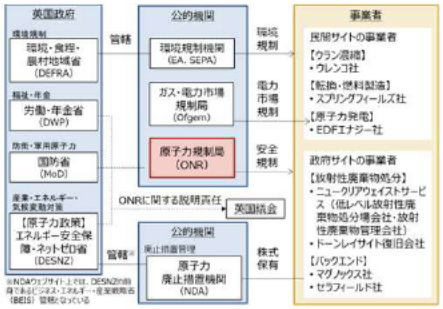
発電電力量	3,054億kWh
消費電力量	2,860億kWh
電力純輸入量	246億kWh

●原子力基本データ（2024年3月資料）

発電電力量（2022年）	433億kWh
設備容量（net）	588.3万kW
基数	運転中9基/建設中2基/計画中2基

【原子力行政体制】

行政体制の特徴
ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が英国全体の原子力安全を含め、原子力を管轄している。原子力規制局（ONR）が独立機関として安全規制を担っている。労働・年金省、国防省、BEISがONRの活動に関して、英国議会への説明責任を有している。環境規制は地方政府に権限移譲されており、イングランドの場合は環境規制機関（EA）が責任を有している。



※NDAウェブサイトによれば、DESNZの前身であるビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）管轄となっている

【原子力・エネルギー概況】

●エネルギー政策

- 2008年気候変動法を2019年6月に改正し、2050年までの温室効果ガス削減目標（1990年比）を80%削減から100%に引き上げ
- 2035年までの温室効果ガス削減目標（1990年比）を78%にする法律を制定
- 上記目標の実現及び電力安定供給のため、英国政府は原子炉（EPRのような大型炉だけでなく、SMRやAMRも対象）新設も含め、低炭素電源開発や省エネ等への取組を強化していく方針
- 2023年２月には、省庁再編により、エネルギー安全保障とネットゼロを所管するエネルギー安全保障・ネットゼロ省（DESNZ）を設立

●原子力政策

- 2008年以降、福島第一原子力発電所事故を経ても、一貫して原子炉新設を積極的に推進
- 差金決済制度（CfD）に代わる投資回収担保の枠組みとして規制資産ベース（RAB）モデルを導入
- 大型炉・先進炉を対象とした基金の創設や、新設を支援する政府組織の立ち上げを通じて、新設・研究開発を政府大で支援

●新増設

- 2050年時点設備容量2,400万kW(電力需要の25%)を掲げ、2030年までに8基の新設を承認する計画
- 2基の新設が計画中、2基の新設が提案中

●原子炉ベンダー

- 現在、国内外に大型原子炉を供給するベンダー（英国企業）はない

●原子力発電事業

- 現在の原子力発電事業者は2009年にブリティッシュ・エナジー（BE）社を吸収合併し、原子力発電事業に参入した民間のEDFエナジー社のみ
- 同社は8カ所の原子力発電所において8基のガス改良型炉（AGR）と1基の加圧水型炉（PWR）を運転しているが、2028年までに全てのAGRを廃止措置段階へ移行予定
- 同社の所有する全ての原子力発電所が、2017年10月から開始された容量市場制度の適用対象

●廃止措置

廃止措置状況	• 閉鎖：6基/安全貯蔵中：30基/解体中：0基/廃止措置完了：0基
廃止措置オプション	• 即時解体/安全貯蔵/その他/未定
廃止措置資金管理	• 原子力廃止措置機関（NDA）所有の原子力発電所の廃止措置資金は政府が支出 • EDFエナジー社所有の原子力発電所の廃止措置資金は外部基金によって確保・管理

●燃料サイクル（バックエンド）

サイクル方針	• 再処理/ワンススルー/その他/未定
処分方針	• 低レベル放射性廃棄物は浅地中処分場で処分 • 浅地中処分場で処分できない低レベル・中レベル・高レベル放射性廃棄物はいずれも中間貯蔵後に地層処分
処分資金管理	• 原子力廃止措置機関（NDA）所有で地層処分する廃棄物については政府支出、EDFエナジー社所有で地層処分する廃棄物は引当金

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点国概況:フランス（2024年3月）

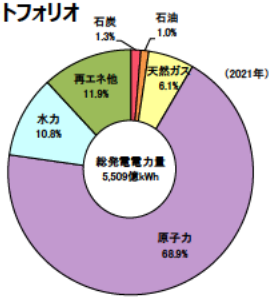
【注目ポイント】

- 2017年に発足したマクロン政権は、前オランド政権の減原子力政策を踏襲していたが、2022年2月に撤回。既存炉の長期運転と最大14基の新炉建設を行う方針を表明
- 原子力発電事業者、ベンダーともに、最大株主は国であり、政策と一体的な事業展開がなされる。原子炉・核燃料サイクル産業再編に続き、ウクライナ情勢も受け、2023年6月にフランス電力（EDF）を完全国有化

【基本データ】

面積	54.4万km²	人口	約6,804万人
通貨	1ユーロ＝160円（2024年3月中適用）		
政治体制	共和制		
議会	二院制　国民議会と上院　主要政党：共和党		
政府	大統領　エマニュエル・マクロン、首相　ガブリエル・アタル		
GDP	2兆9,230億ドル（2023年名目、IMF）	GDP成長率	0.7%（2023年、IMF）

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2023 Edition

●国内電力量収支（2021年）

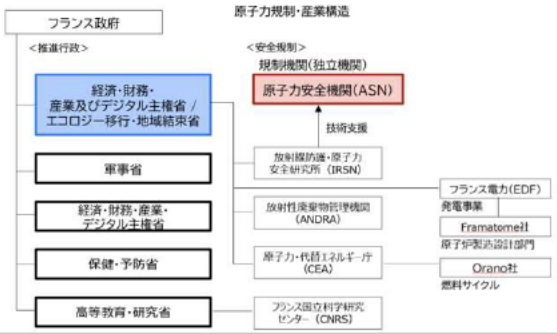
発電電力量	5,510億kWh
消費電力量	4,331億kWh
電力純輸入量	▲449億kWh

●原子力基本データ（2024年3月資料）

発電電力量（2022年）	2,821億kWh
設備容量（net）	6,137万kW
基数	運転中56基/建設中1基/計画中0基

【原子力行政体制】

行政体制の特徴
エネルギー政策、電気事業規制は経済・財務・産業及びデジタル主権省と、エコロジー移行・地域結束省の所管。規制は、独立した行政機関である原子力安全機関（ASN）の管轄であり、放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）の技術支援を受けている。仏政府が約7割の株式を保有するOrano社が燃料サイクル事業を担い、フランス電力（EDF）が発電事業を担う。EDF傘下には、元AREVA社の原子炉供給部門であったFramatome社がある。



【原子力・エネルギー概況】

●エネルギー政策

- 石油ショックを契機としてエネルギー自立の確保がエネルギー政策の最大の課題
- 再生可能エネルギーと原子力発電開発を「2本の柱」として共に進めて行く方針
- 最終エネルギー消費を2012年比で2030年までに20%削減、2050年までに50%削減。最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率を2030年までに32%に高める。また、2030年までに温室効果ガスの排出量を1990年比で40%削減し、2050年までにカーボンニュートラルを達成するとの目標

●原子力政策

- 2017年に発足したマクロン政権は、2035年までに原子力発電比率を50%に縮減する目標を掲げていた
- 上記を受け、2020年4月に改定された多年度エネルギー計画では、2035年までに最大で14基の90万kW級原子炉を閉鎖する計画を提示。このうち、2020年2月にはフェッセンハイム1号機、6月には2号機が閉鎖
- しかし2022年2月に、マクロン大統領は既存炉の閉鎖を行わず、改良型EPR6基を新設、さらに8基の追加建設も検討する方針を発表し、減原子力政策を撤回。多年度エネルギー計画を改定する意向を表明

●新増設

- フラマンヴィル3号機としてEPRが2024年に運転開始予定
- 2022年に減原子力を撤回、容量維持のためのEPR6基に加え、さらに8基のEPR増設や小型モジュール炉（SMR）の建設も視野に入れ、2050年までに現状より25GWの原子力発電容量増大を目指す

●原子炉ベンダー

- EDF傘下の子会社Framatome社が国内外向けに原子炉容器等のコンポーネントを提供

●原子力発電事業

- フランス電力（EDF）が国内56基の原子炉全てを保有し、運転を担当、総発電電力量の6割超が原子力
- 政府はEDFの株式の8割を保有していたが、エネルギー安全保障の観点から、完全国有化

●廃止措置

廃止措置状況	• 閉鎖：2基/安全貯蔵中：0基/解体中：12基/廃止措置完了：0基
廃止措置オプション	• 即時解体/安全貯蔵/その他/未定
廃止措置資金管理	• 原子力事業者が各自引当金計上して確保

●燃料サイクル（バックエンド）

サイクル方針	• 再処理/ワンスルー/その他/未定
処分方針	• 高レベル・中レベル長寿命放射性廃棄物は深地層処分（深度500m） • 低レベル長寿命放射性廃棄物は浅地中処分（深度20m） • その他の低中レベル放射性廃棄物は浅地中処分
処分資金管理	• 原子力事業者が各自引当金計上して確保

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点国概況：カナダ（2024年3月）

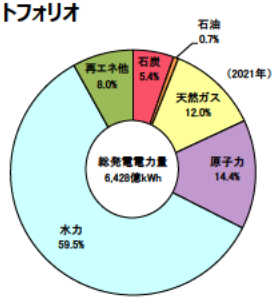
【注目ポイント】

- 連邦政府・州政府・民間企業等の協力の下、発電・使用済燃料の再利用・遠隔地利用を目的としてSMRの開発・実用化を推進
- そのうち発電用SMRでは、2028年運転開始を目標にオンタリオ州でGEH社のBWRX-300建設プロジェクトが進行中
- 既設炉は運転延長して温室効果ガスの排出を削減する方針

【基本データ】

面積	998.5万km²	人口	約3,699万人
通貨	1カナダドル＝110円（2024年3月中適用）		
政治体制	立憲君主制（英国型議院内閣制と連邦主義に立脚）		
議会	二院制：上院（105議席）、下院（338議席）		
政府	首相　ジャスティン・トルドー		
GDP	1兆9,906億米ドル（2021年、世界銀行）	GDP成長率	4.6%（2021年、カナダ統計局）

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2023 Edition

●国内電力量収支（2021年）

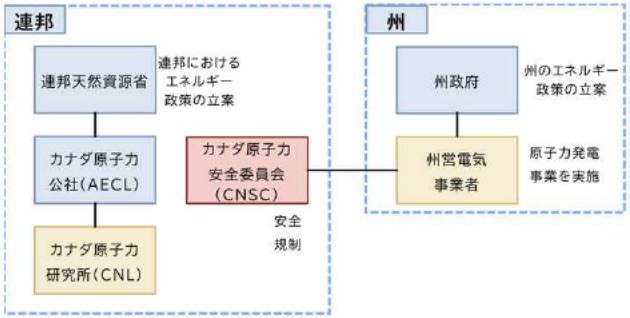
発電電力量	6,429億kWh
消費電力量	5,246億kWh
電力純輸入量	▲474億kWh

●原子力基本データ（2024年3月資料）

発電電力量（2022年）	817億kWh
設備容量（net）	1,362万kW
基数	運転中19基/建設中0基/計画中2基

【原子力行政体制】

行政体制の特徴
連邦制のカナダでは、エネルギー政策の権限は連邦政府と州政府が分有しており、原子力安全規制は連邦政府の所轄である一方、州の領域内における電力政策の策定は州政府が行っている。原子力安全規制を担当するのは、カナダ原子力安全委員会（CNSC）である。18基の原子炉が運転中のオンタリオ州では、州営のオンタリオ・パワージェネレーション（OPG）社が原子力発電事業を行っている。



【原子力・エネルギー概況】

●エネルギー政策

- 州の領域内におけるエネルギー政策は州政府が決定しており、天然資源や水力資源の賦存状況により各州のエネルギーポートフォリオは大きく異なる
- 連邦レベルでは、2016年11月、2030年までに国の電力の90%をゼロエミッション電源で賄うことを決定
- また、2050年温室効果ガス排出ネットゼロ達成を定めた法律が2021年6月に成立

●原子力政策

- 原子力利用は州が決定、水力資源に乏しいオンタリオ州とニュー・ブランズウィック州では原子力が主力電源
- オンタリオ州は温室効果ガスを排出しないベースロード電源として、既設炉を運転延長する方針
- 上記2州に加えて、現在は原子力発電を行っていないサスカチュワン州とアルバータ州の4州は、SMRの開発・実用化に向け協力
- 連邦政府はSMR建設プロジェクトに対して低利融資などの支援を実施

●新増設

- オンタリオ州でOPG社がBWRX-300建設プロジェクトを進めており、2022年10月に建設許可申請書をCNSCに提出
- サスカチュワン州の州営電気事業者もBWRX-300の建設を決定、2032年の運転開始を目指す
- その他、使用済燃料の再利用や遠隔地利用を目的とした炉の建設に向けた許認可手続きが進行中

●原子炉ベンダー

- BWXTカナダ社が国内外向けにCANDU炉やPWRのコンポーネントを提供
- SMR建設プロジェクトでは多くのカナダ企業の参画を目指す

●原子力発電事業

- 原子力を含む発電事業者は各州の事業者が実施
- 現在原子力発電を実施しているオンタリオ州とニュー・ブランズウィック州では州営発電事業者が事業を実施

●廃止措置

廃止措置状況	• 閉鎖：1基/安全貯蔵中：5基/解体中：0基/廃止措置完了：0基
廃止措置オプション	• 即時解体/安全貯蔵/その他/未定
廃止措置資金管理	• 内部基金や信用状、保険等による資金確保が認められており、OPG社の場合内部基金で資金を確保

●燃料サイクル（バックエンド）

サイクル方針	• 再処理/ワンスルー/その他/未定
処分方針	• 使用済燃料は深地層処分（深度約500m） • 低レベル放射性廃棄物と中レベル放射性廃棄物の処分方針は検討中
処分資金管理	• 使用済燃料は、管理責任を有する原子力企業4社が設立した信託基金で資金確保

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点国概況：中国（2024年3月）

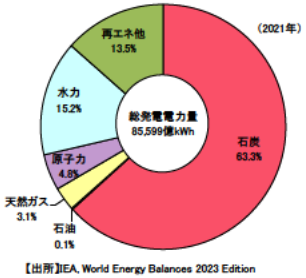
【注目ポイント】

- 現在運転中プラントの設備容量は世界3位、建設中のプラント数は世界最多の27基
- AP1000、EPRの世界初号機が2018年に送電網に併入された他、国産第3世代炉・華龍1号の初号機も2021年1月に商業運転を開始
- 高温ガス炉の実証炉が2021年12月に運転を開始したほか、FBRやSMRの建設が進められている

【基本データ】

面積	約960万km²	人口	約14億万人
通貨	1元=21円 （2024年3月中適用）		
政治体制	人民民主共和制		
議会	一院制（全国人民代表大会）		
政府	国家主席 習 近平 国務院総理（首相） 李 強（共産党）		
GDP	約18兆1,000億ドル（2022年名目、IMF推計値）	GDP成長率	3.0%増（2022年、中国国家統計局）

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2023 Edition

●国内電力量収支（2021年）

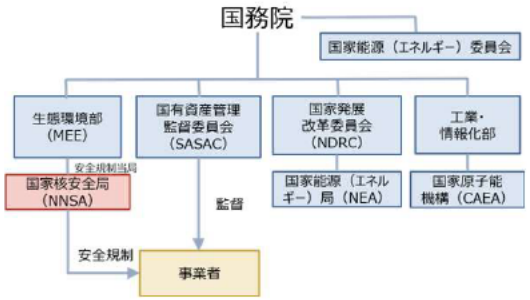
発電電力量	85,600億kWh
消費電力量	75,811億kWh
電力純輸入量	▲142億kWh

●原子力基本データ（2024年3月資料）

発電電力量（2022年）	3,954億kWh
設備容量（net）	5,330.7万kW
基数	運転中55基/建設中27基/計画中41基

【原子力行政体制】

行政体制の特徴
エネルギー政策を所轄するのは国家発展改革委員会の国家能源局であるが、総理直属の国家能源委員会も設けられている。原子力安全規制は環境保護部の国家核安全局が所掌する。大手原子力発電事業者は全て国有企業であり、経営を国有資産管理監督委員会が監督する。



【原子力・エネルギー概況】

●エネルギー政策

- 第14次五カ年計画（2021～2025年）では課題として、クリーンで低炭素であり安全で効率の高いエネルギーシステムの構築、エネルギー供給能力の向上、非化石エネルギーの開発の加速等を提示
- 温室効果ガス排出削減や大気汚染への対応もあり、原子力発電や太陽光・風力を中心とした再生可能エネルギーを積極的に推進
- 習主席は2030年頃をCO2排出量のピークとし、2060年までにカーボンニュートラルを実現する目標を提示

●原子力政策

- 2011年の福島第一原子力発電所事故後も推進政策を維持
- 2021年3月策定の第14次五カ年計画において、沿海部において原子力発電所の建設を推進する方針を提示
- また同計画では、SMRや高温ガス炉、浮揚式原子力発電プラント等の先進的な炉型の実証推進も提示

●新増設

- 第14次五カ年計画では、2025年までに運転中の原子力発電の設備容量を7,000万kWとするとの目標を設定
- 世界最多の27基の原子炉が建設中、国務院は2023年7月に6基、12月に4基のプラント建設を承認

●原子炉ベンダー

- 原子力発電事業を実施する中国核工業集団公司（CNNC）、中国広核集団（CGN）、国家電力投資集団公司（SPIC）がプラントの開発や建設も実施
- 部品の製造は、大手重電会社が実施

●原子力発電事業

- CNNCグループとCGNグループが2大発電事業者であり、運転中・建設中の基数や設備容量はほぼ互角
- AP1000導入のために設立された中国国家核電技術公司(SNPTC)と中国電力投資集団公司（CPI）の2015年7月の経営統合でSPICが設立
- 2021年3月に華能集団が筆頭所有者である昌江3号機が着工、CNNC、CGN、SPICに続いて原子力発電事業に本格参入

●廃止措置

廃止措置状況	• 閉鎖：0基/安全貯蔵中：0基/解体中：0基/廃止措置完了：0基
廃止措置オプション	• 即時解体/安全貯蔵/その他/未定
廃止措置資金管理	• 事業者は、銀行の専用口座で資金を確保 • 廃止措置費用を、ニュークリアアイランドの建設費用の10%と設定

●燃料サイクル（バックエンド）

サイクル方針	• 再処理/ワンスルー/その他/未定
処分方針	• 高レベル放射性廃棄物は地層処分 • 使用済燃料は基本的に再処理する方針 • 低中レベル放射性廃棄物は地表処分または中深度処分
処分資金管理	• 事業者拠出金を公的基金で管理 • 基金で賄われるのは、再処理、再処理で発生した放射性廃棄物の処分等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点国概況：韓国（2024年3月）

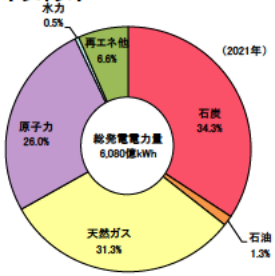
【注目ポイント】

- 尹錫悦（ユン・ソクヨル）新政権が2022年7月エネルギー政策を閣議決定、脱原子力政策からの脱却を明文化
- 電源ポートフォリオに占める原子力発電の割合を2030年には30%以上とする目標を掲げる
- その他、新ハンウル3、4号機の新設計画復活や原子炉の輸出目標も提示

【基本データ】

面積	10万km²	人口	約5,156万人
通貨	1ウォン＝0.111円（2024年3月中適用）		
政治体制	民主共和国		
議会	一院制（300議席）		
政府	尹錫悦（ユン・ソクヨル）（2022年5月就任）		
GDP	1兆6,643億ドル（2022年名目、韓国銀行）	GDP成長率	2.6%（2022年、韓国銀行）

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2023 Edition

●国内電力量収支（2021年）

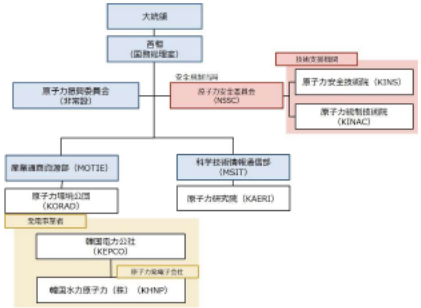
発電電力量	6,081億kWh
消費電力量	5,360億kWh
電力純輸入量	0億kWh

●原子力基本データ（2024年3月資料）

発電電力量（2022年）	1,675億kWh
設備容量（net）	2,582.5万kW
基数	運転中26基/建設中2基/計画中0基

【原子力行政体制】

行政体制の特徴
エネルギー政策、電気事業規制は産業通商資源部（MOTIE）の所管。原子力研究開発は科学技術情報通信部（MSIT）及び同部所管の原子力研究院（KAERI）が担う。原子力安全規制は国務総理室直属の原子力安全委員会（NSSC）、同TSOの原子力安全技術院（KINS）、原子力統制技術院（KINAC）が担う



【原子力・エネルギー概況】

●エネルギー政策

- 文政権（2017～2022年）は、脱原子力政策を推進
- 2022年5月に発足した尹新政権は、7月に閣議決定したエネルギー政策や2023年1月策定の第10次電力需給基本計画により、前政権の脱原子力からの脱却を明文化
- また、水素やアンモニアの活用による化石燃料依存度の低減も打ち出す

●原子力政策

- 天然資源に乏しい国として、化石燃料への依存低減とエネルギー源の多様化の観点から原子力発電導入を決定、その後はこれまで一貫して推進
- ウェスティングハウス（WH）社のターンキー契約による初号機運開は1978年。1987年以降技術の国産化に着手し、現在26基が運転中、2基が建設中
- 尹大統領は原子力が電源ポートフォリオに占める割合を2030年には30%以上にするなど、積極的な原子力政策を打ち出す

●新増設

- 尹新政権は、前政権下で白紙化された新設計画6基のうち、新ハンウル3、4号機については新設計画復活をエネルギー政策において打ち出している
- また、2023年7月にMOTIEは、原子炉新設の必要性について検討する方針を公表
- 2023年12月には新ハンウル2号機が送電網に接続

●原子炉ベンダー

- 韓国電力公社（KEPCO）グループ（KHNP、KEPCO E&C）らが国産のOPR1000、APR1400を設計・開発
- 原子炉容器、SG、RCP、タービン等の資機材は斗山重工業が独占的に製造を担い、輸出も行っているが、原子炉設計ライセンサーではない
- 国産小型モジュール炉（SMART）を韓国原子力研究所（KAERI）が設計・開発

●原子力発電事業

- 原子力発電事業は韓国電力公社（KEPCO）の100%子会社である韓国水力原子力（KHNP）が独占的に担う

●廃止措置

廃止措置状況	• 閉鎖：2基/安全貯蔵中：0基/解体中：0基/廃止措置完了：0基
廃止措置オプション	• 即時解体（古里1号機）/安全貯蔵/その他/未定
廃止措置資金管理	• 放射性廃棄物管理法に則り、事業者が引当金として積立・確保

●燃料サイクル（バックエンド）

サイクル方針	• 再処理/ワンスルー/その他/未定
処分方針	• 使用済燃料の処理・処分の方針は未定 • 中・低レベル放射性廃棄物処分場は2015年に操業開始 • 乾式再処理（パイロプロセス）の実現性検証のため米韓共同研究を2020年まで実施
処分資金管理	• 放射性廃棄物の管理費用は事業者が拠出し原子力環境公団（KORAD）が基金として管理、処分費用については未定

Copyright © Mitsubishi Research Institute

重点6カ国の国別プロファイル

Copyright © Mitsubishi Research Institute

米国

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

2021年1月にバイデン民主党政権が誕生。大統領就任日に「パリ協定」に復帰する大統領令に署名するなど、気候変動対策に積極的に取り組んでいく方針。原子力発電電力量は世界一。

● 基本情報

基本情報	面積	983.4万km²	人口	3億3,500万人
	公用語	英語(法律上の定めはない)		
	通貨	1米ドル=147円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	大統領制、連邦制		
	議会	二院制:上院(100議席/任期6年)、下院(435議席/任期2年) 主要政党:民主党、共和党		
	政府	大統領 ジョセフ・R・バイデン		
経済	GDP	25兆4,627億ドル(2022年名目) 成長率2.1%(2022年)		
	経済の特徴および概況			
	米国では、景気は新型コロナウイルス等を背景に依然として厳しい状況にあるが、持ち直し基調にあり、これが続くことが期待される。ただし、感染の再拡大が経済活動に与える影響によっては、景気が下振れするリスクがある。また、金融資本市場の変動等の影響を注視する必要がある。			

● エネルギー

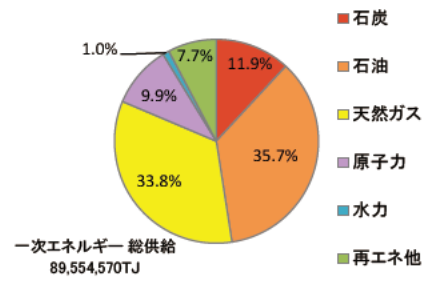
・保有資源
原油(シェールオイルを含む):543,788(百万トン)
石炭:8,370,813(百万トン)
天然ガス:10兆4,410億(立方メートル)
ウラン:207,400(トン)

・一次エネルギー供給
8,955万テラジュール

・エネルギー自給率
103.5%(原子力含)、93.6%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:9.9%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

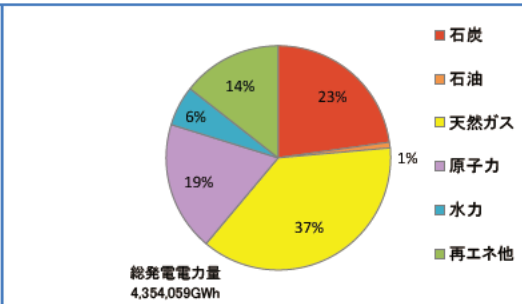


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:750,146 水力:103,039 原子力:96,501 その他:198,208
電力供給体制の概要	3,000以上の様々な電気事業者が存在。電気事業規制は原則、州が権限を有し、一部の州では総括原価方式が維持。料金規制を受ける規制事業者と、州法により規制緩和され、マーチャントプラントとして相対取引や卸市場で電力を販売する多数の事業者が併存。

電源種別発電電力量

米国では歴史的に、他電源より燃料費の安い石炭が最大の電源で、発電電力量の約4割を占めてきた。しかしシェールガス革命によるガス価格下落に伴い、電源ミックスにおける天然ガスが最大の電源となった。



電力最終消費量(百万kWh)	3,838,239	発電電力量(百万kWh)	4,354,059	電力純輸入量(百万kWh)	39,312
運転中の原子力プラント	94基(PWR63基, BWR31基)	建設中の原子力プラント	1基(PWR)	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

エネルギー省エネルギー情報局(DOE/EIA)の「2022年版エネルギー見通し」によれば、2050年に至るまで総発電電力量は年率換算で0.9%増加し、2050年には約5兆kWhになると見込まれている。また、原子力発電の発電量は2050年に至るまで年率換算で0.6%減少し、2050年には約6,620kWhになる見込みである。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：9,695.2万kW　発電電力量：7,722億kWh

運転中：94基（PWR63基，BWR31基）建設中：1基　計画中：0基 原子力シェア：18.2%

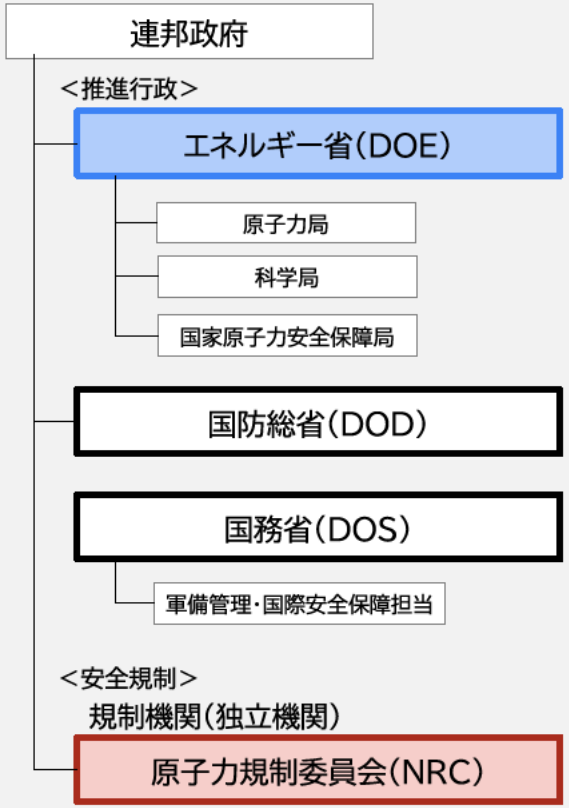
▲ 原子力発電所（○内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所
■ 核燃料サイクル施設（（ ）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

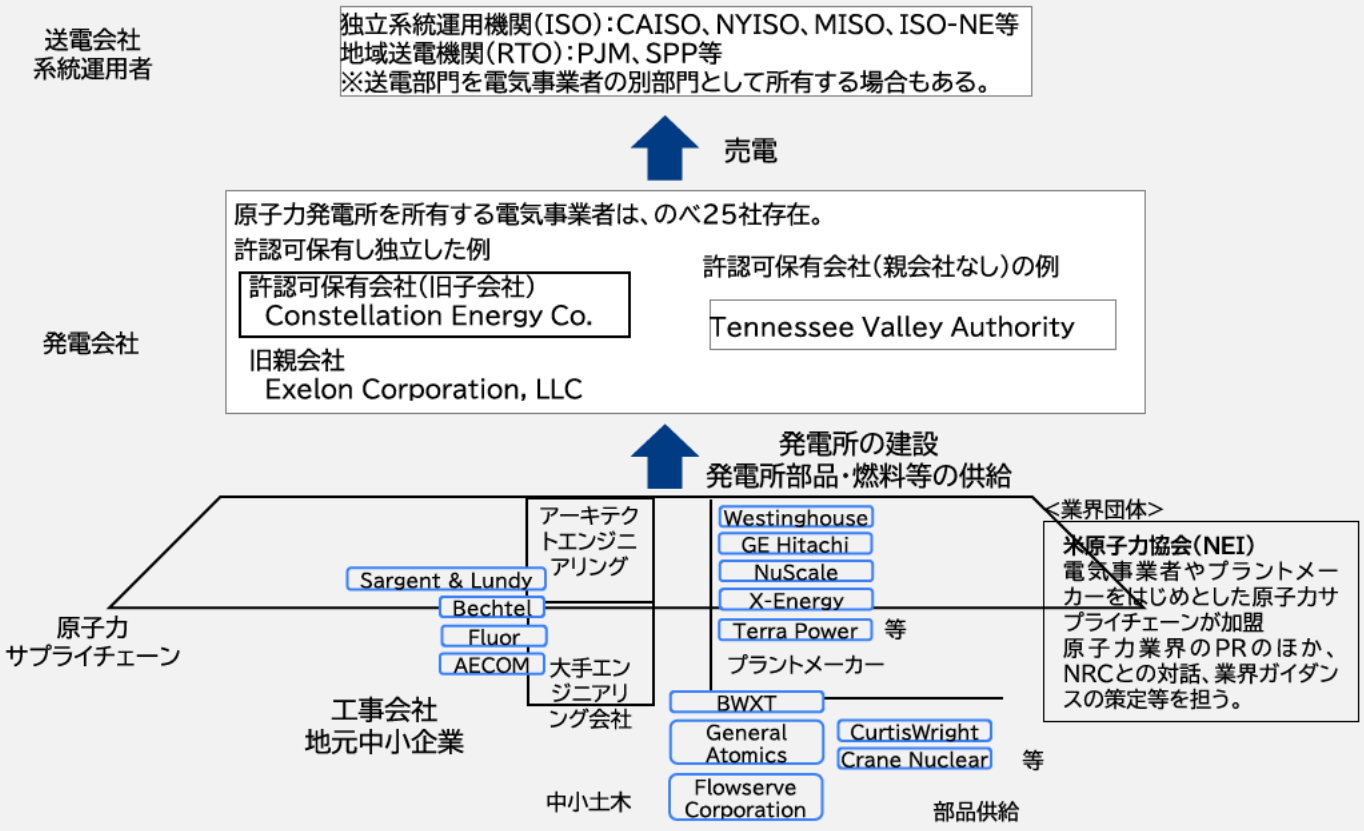
原子力業界構造

DOE原子力局が原子力利用に係る推進行政を担う。独立機関として、NRCが安全規制を担う。原子力発電所を所有する電気事業者はのべ25社存在し、原子力サプライチェーンもプラントメーカーやエンジニアリング会社など多数存在。NEIが業界のガイダンス策定等を実施するほか、原子力規制の効果的運用に向けたNRCとの対話チャネルとして業界を代表するなど、業界団体として大きな影響力を持つ。

原子力行政構造



原子力産業・電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロを掲げるなど、気候変動対策を積極的に推進。原子力については、新政権移行後も、先進炉開発を中心に支援が継続される見込み。

バイデン政権は、2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロを掲げるなど気候変動対策を積極的に推進

- **気候変動対策を積極的に推進し、大型予算の法案動向に注目**

バイデン大統領は2050年までの温室効果ガス(GHG)排出ネットゼロ実現を公約として掲げているほか、発電分野については2035年までのGHG排出ゼロ実現に向け取り組むとしている。大統領就任日には、地球温暖化対策の国際的枠組み「パリ協定」に復帰する大統領令に署名。

大型予算として、米国雇用計画や米国家族計画に基づくインフラ投資雇用法(2021年11月成立)、インフレ抑制法(2022年8月成立)がある。インフラ投資雇用法は、インフラ投資を通じて雇用を創出する狙いのもので、投資対象には原子力も含まれる。また、インフレ抑制法については、当初巨額の歳出による財政悪化やインフレ高進を懸念する議員の反対もあったが、歳出規模を大幅に縮小した2022年8月に成立した。

- **バイデン政権における原子力利用に関するスタンス**

脱炭素・気候変動対策を前面に出しながら原子力利用についても積極的な姿勢を示してきたバイデン政権は、インフレ投資雇用法、インフレ抑制法による予算配賦等まで考慮すれば、特に燃料関係、先進炉開発関係に対して原子力政策としての力点が見てとれる。昨今のロシアによるウクライナ侵攻の影響も加わり、国際的な視点も含めてより一層の原子力利用への積極姿勢が表れた。

- **インフレ抑制法(IRA)においてクリーンエネルギーに多額投資**

バイデン大統領は2022年8月、インフレ抑制法(Inflation Reduction Act)に署名し、これにより同法が正式に成立した。インフレ抑制法は、エネルギー安全保障、医療費の自己負担低下、インフレ対処と雇用創出の支援のための投資を行うことを定めたものであり、原子力に対する税制優遇措置の他、水素製造やHALEU燃料に対する投資についても規定されている。クリーンエネルギーへの投資を通じ、雇用を創出するとともに公約として掲げたGHG排出ネットゼロに向かうことが目指されている。

気候変動対策を目的として、原子力技術の商用化支援の姿勢。

2023会計年度(FY23)の包括歳出法が2022年12月に公表。インフラ投資雇用法やインフレ抑制法が歳出法による予算配賦の枠外で成立しているにもかかわらず、FY23歳出法では、基本的にすべてのDOEのエネルギー関係局に対して政権の要求を超える予算が配賦されており、原子力(NE)局の予算を個別にみると、ウクライナ支援関連の補正予算3億ドルが加わることにより、FY22歳出法と比べ約7%増となる、計約18億ドルの予算が配賦されることとなった。

また、燃料サイクルR&Dプログラムで約3. 2億ドルが通常予算から配賦される他、ウクライナ支援関連の補正予算として先進燃料利用可能性(HALEU関連)に1億ドルの配賦を決定しており、政策的な自国内燃料調達・サプライチェーン構築への注目度が伺える。

DOEは2023年3月に2024会計年度の予算要求を公表し、原子力局の予算要求は減少傾向にあるものの、減少の理由はこれまで実施されてきたプロジェクトが当初の目的を達成したことによるものであり、高水準を維持している。

DOE NE局の研究開発項目	FY23予算要求(千ドル)	FY23歳出法(千ドル)	FY24予算要求(千ドル)
研究・開発・大学プログラム	161,029	0	0
統合大学プログラム	0	0	0
原子力発電実現技術	102,737	95,500	96,278
燃料サイクルR&D	421,775	322,000	423,275
先進炉実証プログラム(ARDP)	230,238	85,000	203,000
原子炉コンセプト研究・開発・実証	135,000	259,000	98,200
多目的試験炉プロジェクト	45,000	0	0
合計	1,095,779	761,500	820,753

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電

連邦債務保証等の各原子力推進施策は維持される。近年、先進炉向けにDOEを中心に、SMRやマイクロ炉の研究開発が積極的に推進される。

各原子力推進施策として、近年、先進炉を対象とした新規の研究開発プログラムが始動

- **原子力推進施策**
  連邦債務保証（保証枠185億ドル）、生産税控除、許認可手続の遅延に係るリスク保険などがある。債務保証プログラムは、ヴォーグル3、4号機（約120億ドルの債務保証枠）のような新型の原子炉に加え、SMR、既設炉の増強および改良も対象とされる。先進炉を開発するテレストリアル・エナジーUSA社、ニュースケール・パワー社が同プログラム適用を申請している。

- **DOEにおける取組み**
  原子力産業支援策の活用を促すためDOEは、ワンストップ窓口（略称：GAIN）を設け、2016年以降毎年、GAINを通じたバウチャーの発行やNE局における研究開発プログラムを通じた資金提供が行われている。
  この他、エネルギー先端研究プロジェクト庁（ARPA-E）では、2021年5月に廃棄物及び先進炉処分システム（ONWARDS）プログラムを立ち上げ、先進炉や使用済燃料の廃棄物管理に係る11のプロジェクトに合計4,000万ドルの資金を拠出することを発表している。

DOEは、経済的理由で早期閉鎖を予定する原子力発電所の運転継続を支援する資金提供プログラムを実施

DOEは2022年4月、民間用原子力クレジット（Civil Nuclear Credit）として、経済的理由で早期閉鎖を予定する原子力発電所を対象とした支援プログラムを発表している。特に米国内で生産・転換・濃縮・加工された燃料を使用するプラントが優先的に支援対象となり、既に州の支援を受けた発電所でも申請可能である。本プログラムには60億ドルの予算が割り当てられ、資金援助は選定日より4年間を基本とし、最長2031年の9月までを予定する。第1期ではカリフォルニア州のディアブロ・キャニオン原子力発電所が本プログラムを申請し、承認を受けた。ミシガン州のパリセード原子力発電所では、2022年に運転終了したものの、2024年3月現在、再稼働に向けてプログラムの申請等を進めている。

DOEを中心に、先進炉の開発が進行。SMRだけでなく、マイクロ炉の開発も推進

FY20で新設されたARDPは、3つのサブプログラムごとに、先進炉開発を支援。2020年10～12月に採択機関として、10社が選定された。今後5～7年以内の運開を目指す先進炉に対しては、FY20にて採択機関に8,000万ドルが提供される。
この他、2021年4月には、マイクロ原子炉の適用に関する研究、検証、評価（MARVEL）プロジェクトも公表。マイクロ炉の研究開発を効率化し、産業パートナーによる短期間での関連技術の試験、開発、実証を可能とすることが目的。

表 ARDPのサブプログラム内容と採択機関

サブプログラムと支援内容	採択機関（先進炉名）
【先進炉実証】 • 先進炉の建設を支援 • 今後5～7年以内の運開を目指す • FY20にて各採択機関に8,000万ドル提供	• Terra Power社（Natrium） ※GEH社と共同設計 • X-Energy社（Xe-100）
【将来の実証のためのリスク低減】 • 将来の実証に向けた、技術面・運用面・規制面での課題の解決を支援 • 2030年代前半の運開を目指す • FY20にて採択機関合計で3,000万ドルを提供	• Kairos Power社（ヘルメス規模縮小版試験炉） • Westinghouse社（eVinci） • BWXT社（BANR） • Holtec社（SMR-160） • Southern社子会社（MCRE）
【先進炉コンセプト】 • 安全性、運転性、経済性の面で革新的で多様な原子炉構想の計画化を支援 • 2035～2040年頃の運開を目指す • FY20にて採択機関合計で2,000万ドルを提供	• ARC社（ARC-100） • General Atomics社（FMR） • MIT（HTGR）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：非発電用途

DOEでは、既存炉を活用した水素製造に係る研究開発の推進を実施。先進炉の研究開発では、各社、非発電用途も検討。DOEは、MARVELプロジェクトも、水素製造、産業プロセス用の熱供給等を念頭に、電力需要と原子炉による電力供給の管理に関する試験・実証等を行う予定。

DOEでは、NE局およびエネルギー効率化・再生可能エネルギー（EERE）局が既存炉を活用した水素製造を支援

- **原子炉コンセプト研究・開発・実証プログラム（NE局の取組）**
  本プログラムの中の、「プラントの柔軟な運転と発電」というプロジェクトで、軽水炉における水素製造に対する支援が行われている。発電と水素製造によるエネルギー貯蔵の組み合わせで、グリッドの安定性を向上させること等を目的に実施されている。

- **H2@Scale（EERE局の取組）**
  H2@Scaleでは、NE局や電力供給・エネルギー信頼性（OE）局 、国立研究所に加え、競争的な方法で選定された民間企業等も参加して、プロジェクトが実施されている 。発電部門および送電部門の柔軟性や安定性を確保するために、広範囲にわたる水素の製造や利用の可能性を追求しつつ、産業の競争力強化や雇用創出も視野に入れて実施されている。

- **原子力発電所における水素製造の取組**
  H2@Scaleの一環としてナインマイルポイント原子力発電所、デービスベッセ原子力発電所、プレイリー・アイランド原子力発電所及びパロベルデ原子力発電所にて水素製造の実証プロジェクトが実施されている。DOEはインフラ投資法を通じて全米で6～10の「地域クリーン水素ハブ」プログラムへの資金提供を含め、水素製造の開発と成熟を継続的に支援しており、2023年10月には7つの水素ハブをプログラムの対象として選定した。そのうち3つの水素ハブは原子力を用いた水素製造を実施事項の一部に掲げた中西部水素ハブ等、原子力による水素製造に取り組む企業を含むハブである。中西部水素ハブに加盟している米コンステレーション・エネジー社は2023年3月、ナインマイルポイント発電所において、米国初となる原子力による水素の実証製造を開始している。

MARVELプロジェクトでは、水素製造、産業プロセス用の熱供給等を念頭においた、試験・実証等を実施予定

- **マイクロ炉の研究開発を推進**
  MAERELプロジェクトは、マイクロ原子炉の研究開発（R&D）を効率化し、産業パートナーによる短期間での関連技術の試験、開発、実証を可能とするプロジェクトである。

- **今後3年以内にマイクロ炉を運開させ、水素製造、産業プロセス用の熱供給等を念頭に、試験・実証等を実施予定**
  本プロジェクトでは、アイダホ国立研究所（INL）に、少量のHALEU燃料で100kWの出力が可能な液体金属冷却型マイクロ原子炉を建設・設置し、マイクロ原子炉専用の研究開発施設として提供する予定。DOEは2023年10月、マイクロ炉の最終設計の大部分が完成し、これにより製造・設置に向けたステップに進むことを発表した。INLの40年ぶりの新規炉として、2025年に完成する予定としている。

先進炉開発を実施する企業は、非発電用途も念頭に研究開発を実施

米国では、大手プラントメーカや複数のスタートアップ企業が先進炉を開発しているが、これらの先進炉は、非発電用途も念頭に研究開発が実施されている。以下に、例を示す。

- ニュースケール・パワー社：原子炉のプロセス熱を利用して、海水淡水化や地域暖房などへの適用が可能だとしている。
- X-エナジー社：プロセス熱利用、海水脱塩の用途も検討している。
- ホルテック社：水素製造、地域熱暖房、海水脱塩との併用を志向している。
- ウェスティングハウス社：産業熱利用、地域熱利用にも適用可能としている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

ウラン採掘では、安全保障の観点からウラン備蓄が必要とする動きがある。燃料製造では、先進炉向けの燃料製造施設の設計を行う動きも見られる。

安全保障上の観点から連邦予算確保等、ウラン採掘に向けた動きを強化

米国にはウラン資源が豊富に存在しており、11のウラン鉱山が稼働中。2018年1月に米国のウラン採掘・生産企業である、エナジー・フューエルズ社およびUr-エナジー社が共同で米国商務省（DOC）に対し、ウランの輸入比率が高い現状と特にロシアや中国等の低価格製品との競合による国内ウラン生産量の低下への懸念より、ウラン輸入の安全保障への影響調査に加え、ウランの自給率下限を定めた輸入制限を求める申請を行った。トランプ前大統領は国産ウラン燃料製造拡大に向けたワーキンググループの設立を指示し、2020年4月には原子力部門における米国の主導権回復に向けた戦略として、国家によるウラン備蓄やDOE所有資源の供出取り止めによる国内ウラン供給の保護が示された。

輸入への過度な依存を回避してエネルギー・セキュリティを確保するためにウラン備蓄が必要であるとして、FY21歳出法では7,500万ドルが国防活動勘定において配賦された。また2022年9月には、「FY2023継続予算決議における歳出問題」にてウラン調達予算1500百万ドルが要求された。

ウクライナ侵攻後、対ロシア経済制裁の観点も加わり、2023年12月には下院でロシアのウラン燃料の輸入を原則禁止する法案が可決した。この法案はロシアからウラン燃料の供給を受けた国からの輸入に対しても適用される。

米国では、再処理・プルサーマルは実施されていない

1977年にカーター民主党政権（当時）が核不拡散の観点から国内再処理の無期延期を発表し、次のレーガン政権（共和党）で再処理禁止は解除されたが、以後、再処理事業に参入する民間企業は現れておらず、プルサーマルも実施されていない。サバンナリバーサイトの混合酸化物（MOX）燃料製造施設についても、2018年10月にDOE核安全保障局（NNSA）がCB&Iアレバ MOXサービス社に対して建設契約の終了を通知し、建設は中止となった。DOEとNNSAは2019年11月に、MOXサービス社と建設契約の終了に関する和解契約を締結したことを発表している。

転換・濃縮

- **転換**

ハネウェル社のMetropolitan Works（MTW）転換施設は市場環境悪化から2017年に停止していたが、2023年より操業再開を決定している。

- **濃縮**

ルイジアナ・エナジー・サービシズ（LES）社によるUrenco USA施設が唯一稼働中の濃縮施設であり、同施設内のHALEU専用製造ユニットの建設計画は現在許認可活動中である。仏AREVA社の濃縮プラントの建設計画もあったが、2015年AREVA社のNRCへの申し入れにより許認可は終了している。

また2022年に成立したIRAにおいては米国内でのHALEU燃料の供給網を整備するために7億ドルの資金を割り当てることが規定され、加えてFY23包括歳出法（H.R.2617、Public Law 117-328）においてHALEUのための先進燃料利用可能性プログラムとして1億ドルが配賦されている。米国は燃料のロシアからの輸入依存を懸念し、国内燃料サプライチェーンの確保・拡大に積極的に政策資源を投じてきた中で、インフレ抑制法の成立によるHALEU燃料サプライチェーンの支援に係る予算措置も加わり、産業界の動きと合わせ燃料サプライチェーン構築の加速に期待が集まる。

燃料製造は、WH社やFramatome社らが実施。先進炉向け燃料製造に係る契約締結の動きも見せ始めている

PWR 用燃料は主にウェスティングハウス（WH）社とFramatome社が、BWR用燃料はグローバル・ニュークリア・フューエル・アメリカズ社とFramatome社が製造している。 2018年3月には、米セントラス・エナジー社が米Xエナジー社と先進炉燃料製造施設の設計に関する契約を締結している。また、セントラス・エナジー社はオハイオ州の「米国遠心分離プラント（ACP）」ないに設置したHALEU燃料製造用カスケードで、2023年10月よりHALEU燃料の製造実証を開始している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分

高レベル放射性廃棄物は、DOEが処分責任を負うが、ユッカマウンテンプロジェクトの検討は停滞し、中間貯蔵施設建設に向けた動きがある。低レベル放射性廃棄物は民間が4つの処分場を運営する。

高レベル放射性廃棄物の処分の検討は停滞中。中間貯蔵施設建設は、NRCによる審査が進行中

● **高レベル放射性廃棄物(HLW)処分に係る状況**

米国ではDOEが、1982年放射性廃棄物政策法(NWPA)に基づき、商業炉から発生する使用済燃料の処分責任を負っており、ネバダ州のユッカマウンテン高レベル放射性廃棄物(HLW)処分場において深地層処分する計画を進めてきたが、オバマ政権以降、検討は進んでいない。

バイデン政権時においてもFY22予算教書にはユッカマウンテンプロジェクトの再開に向けた予算は要求されていない。DOEは2023年6月、同意に基づく中間貯蔵プログラムの開発・実施のために、「潜在的な立地自治体との合意に基づく中間貯蔵施設や処分施設の立地プロセス」に関心のあるコミュニティに対する資金提供公募を行うとして、全米の大学や非営利団体、民間企業等で構成される13のプロジェクト・チームに200万ドルずつ、合計2,600万ドルを交付することを発表した。

● **中間貯蔵施設建設に向けた動き**

使用済燃料は現在、原子力発電所サイト内でプール貯蔵、または乾式貯蔵キャスクなどで貯蔵されているが、サイト外中間貯蔵施設でプール貯蔵されている例(イリノイ州モリス中間貯蔵施設)もある。新たな使用済燃料の中間貯蔵施設(CISF)建設に向けた動きとして、 ホルテック社は、ニューメキシコ州にCISFを建設予定であるとして、NRCは2023年5月に建設・操業許可を発給した。ISP社は、2016年4月に許認可申請書をNRCに提出した。NRCは、2021年7月にFEISを策定したことを発表しているが、テキサス州内で使用済燃料等高レベル放射性廃棄物の処分や貯蔵を禁止する法案が2021年に成立したこともあり着工に至っていない。

DOEは2023年6月、使用済燃料を中間貯蔵する施設について、地元の合意に基づいた立地プロセスに関心を持つコミュニティを支援するため合計2,600万ドルの支援金を交付することを発表した。

低レベル放射性廃棄物処分は、民間で4つの処分場が運営中

● **低レベル放射性廃棄物(LLW)処分に係る状況**

民間の低レベル放射性廃棄物(LLW)処分場はユタ州クライブ、ワシントン州リッチランド、サウスカロライナ州バーンウェル、テキサス州アンドリュースの4カ所で操業中である(下表参照)。

表　低レベル放射性廃棄物処分場と処分実施主体

処分実施主体	場所	処分場
USエコロジー社	ワシントン州リッチランド	リッチランド低レベル放射性廃棄物処分場
エナジーソリューションズ社	サウスカロライナ州エイケン	バーンウェル低レベル放射性廃棄物処分場
同上	ユタ州ソルトレイクシティ	クライブレイテベル放射性廃棄物処分場
ウェスト・コントロール・スペシャリスト(WCS)社	テキサス州アンドリュース郡	WCSテキサス低レベル放射性廃棄物処分場

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制

バイデン政権発足後、前NRC委員長の辞任やNRC委員の任期満了に伴い4名体制に。NRCでは、2027年までに新型炉の許認可規則制定に向けて、非軽水炉型先進炉に係る検討を実施し、カナダの規制当局と協力。

NRC委員長が交代。NRC委員も任期満了に伴い、4名体制へ

- **NRC委員会**
  NRC委員は、2022年8月にアニー・カプト氏が再び委員に就任した他、ブラッドリー・R・クロウェル氏が委員に就任したことにより5名体制となっていたが、2023年6月にJ・バラン委員が任期満了により辞任したことにより現在は4名体制となっている。現NRC委員長には、クリストファー・ハンソン委員が就任している。

表 NRC委員一覧

委員名	任期	支持派
クリストファー・ハンソン委員長	2024年6月まで	民主党/中立派
デイビッド・ライト委員	2025年6月まで	共和党
A. カプート委員	2026年6月まで	共和党
B. R. クローウェル委員	2027年6月まで	民主党

先進炉に対する規則・審査の効率化に向けて、国外の規制機関と協力する動きも

- **先進炉に関する規制制定に関する動向**
  NRCは、SMRを含む先進炉に対する規則や審査の効率化の検討を行っている。2019年8月には、カナダ原子力安全委員会(CNSC)と先進炉及びSMRの技術審査の効率性向上に向けた協力覚書を締結し、同年12月には、テレストリアル・エナジー社のIMSRがNRCとCNSCによって技術審査を共同実施することが発表されている。また、2020年5月にNRCは、NEIMAを受けて、2027年末までに新型炉の許認可規則制定を行うことに対応するため、現在新しい許認可の枠組みとして10 CFR Part 53の策定を進めている。
  また、2023年9月現在、NRC委員によってSMR等のために緊急時準備に関する新たな規制の枠組を構築する規則案が承認され、パフォーマンスベーストの緊急時準備枠組み等が10CFR Part50に追加されることが決定。

- **原子炉の運転認可更新期間を40年へ延長する実現可能性の検討活動終了**
  米国における原子炉の運転期間は、NRC規則の中で40年と定められており、1回の運転認可の更新がNRCに承認される毎に20年間の運転期間の延長が可能である。NRCは、1回あたりの運転期間の更新期間を40年とする可能性、すなわち実質、100年運転を見据えた検討を行った。
  本件に関する検討は、2021年6月に終了し、運転認可延長については従来どおり、20年間で対応していくこととなった。ただし、100年運転の可能性に対処するための研究活動の特定・評価や定期的に業界に問い合わせすることで、100年運転に関するガイダンス作成等の必要性や作成開始時期を特定できるようにすることなどが提言された。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉（1）

電力価格や天然ガス価格の低迷等を背景に、州政府が既存炉の早期閉鎖を食い止める施策を実施。すでに5つの州で取組が行われるが、依然として、自由化州における原子力発電事業は厳しい状況。

原子力発電の炭素ゼロ排出の価値を見直し、早期閉鎖を食い止める動きがある。クレジットの購入を義務付けるものや電力供給契約を締結するものなどで救済を行う

- **州政府による支援**

電力価格や天然ガス価格の低迷等背景とした経済性の低下を理由に、既存炉の早期閉鎖が相次いでいた動向を踏まえ、州政府が原子力発電の炭素排出ゼロの価値を見直し、既存炉の早期閉鎖を食い止める施策が、2021年9月時点で、原子力発電所が立地する5つの州にて施策がすでに実施に移されている。2022年2月にはウェストバージニア州で原子力発電所の建設を禁止する州法条文を撤廃する法案が成立した。

一方で、2020年10月には、PSEG社はニュージャージー州公益事業委員会に対し、ホープクリークおよびセーラム1、2号機の州による補助の延長を申請しているほか、エクセロン社は、2020年9月に州補助の対象となっていない、バイロン1、2号機やドレスデン2、3号機（いずれもイリノイ州に立地）について早期閉鎖を警告するなど、依然として自由化州を中心に原子力事業環境は厳しい状況が続いている。イリノイ州は、両発電所の早期閉鎖を食い止める法案が州議会に提出され、2023年4月には、州内での原子炉新設禁止を撤廃する法案が可決された。

- **連邦政府による支援**

バイデン政権は、FY22予算教書の中で既存炉の税控除が盛り込まれているほか、インフラ投資法案では、州政府と類似の制度による既存炉の財政的支援を行う制度が盛り込まれている。加えてDOEは、経済的理由で早期閉鎖を予定する原子力発電所の運転継続を支援するための資金提供プログラムとして民間原子力クレジットプログラム（CNC）の募集を2022年4月より開始。第1期の対象としてディアブロキャニオンの受領が決定している。

表　州政府による原子力発電所の早期閉鎖を食い止める施策動向

州名	法案成立時期	内容	対象プラント
ニューヨーク州	2016年8月	ゼロ・エミッションクレジット（ZEC）制度。電力小売供給業者がZEC購入により、原子力発電の炭素排出ゼロの価値に対して対価を支払う。	• フィッツパトリック • ナインマイルポイント • ギネー
イリノイ州	2016年12月	ZEC制度。内容はニューヨーク州と類似。	• クリントン • クォドシティーズ
	2021年9月	同上	• バイロン • ドレスデン
コネチカット州	2017年10月	原子力発電事業者と配電会社が卸電力市場外での電力供給契約締結を可能とするもの。	• ミルストン • シーブルック
ニュージャージー州	2018年4月	ゼロ・エミッション認証（ZEC）制度。内容はニューヨーク州と類似。	• ホープクリーク • セーラム
オハイオ州	2019年7月	無炭素電源にクリーンエアクレジットを支払うプログラム。	• デービスベッセ • ペリー

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉（2）

2回目の運転更新を行い、80年運転を目指す動きがある。平行して、開発されてきた事故耐性燃料等を実際に商用炉に実装する動きもある。廃止措置の早期作業完了を目指したビジネスモデルが現れる。

80年運転に向けて、すでに2つの発電所がNRCの承認を取得済。このほか、複数の発電所が申請済

NRCの発給する運転認可期間は40年間であるが、20年間の運転認可更新も認められており、70基以上の原子炉の運転認可がすでに更新済である。2度目の運転認可更新（SLR）に関してNRCは、関連する規制指針等の改定は必要に応じて進めるが、新たな規則策定は不要であると決定している。

2024年3月時点で、NRCはターキーポイント3、4号機、ピーチボトム2、3号機及びサリー1、2号機についてSLR承認を完了しており、ノースアナ1、2号機、ポイントビーチ1、2号機、オコニー1、2、3号機、セントルース1、2号機、モンティセロ1号機及びVCサマー1号機が審査中である。

表　SLRの申請状況

発電所名	SLR申請者	SLR取得状況
ターキーポイント3,4号機	FP&L社	取得済（2019年12月）※
ピーチボトム2,3号機	コンステレーション社（旧エクセロン社）	取得済（2020年3月）※
サリー1,2号機	ドミニオン社	取得済（2021年5月）
ノースアナ1,2号機	バージニアE&P社（ドミニオン社）	レビュー中（2020年8月受領）
ポイントビーチ1,2号機	NextEra社	レビュー中（2020年11月受領）
オコニー1,2,3号機	デューク・エナジー社	レビュー中（2021年6月受領）
セントルース1,2号機	FP&L社	レビュー中（2021年8月受領）
モンティセロ1号機	エクセル・エナジー社	レビュー中（2023年1月受領）
V.Cサマー1号機	ドミニオン社	レビュー中（2023年8月受領）

※　ターキーポイント3,4号機及びピーチボトム2,3号機については、環境影響評価手続上の問題が解消されるまでの間、運転認可の有効期間を1度目の運転認可の更新で認められた期間までに変更するとの決定をNRCが行っている。

DOEの研究開発プログラムを通じて、事故耐性燃料や積層造形技術を用いた機器の既存炉への適用の動き

2019年4月に、フラマトム社製の事故耐性燃料の試験燃料集合体をヴォーグル2号機に装荷した動きがある。また、2020年5月にWH社は、米国で初めて3Dプリンターを用いて製造したシンブルプラグをバイロン1号機に適用したと発表している。同年12月には、TVAとフラマトム社、オークリッジ国立研究所で共同開発した3Dプリンター製の燃料集合体ブラケットもブラウンズ・フェリー原子力発電所に適用する予定であることを発表している。

また、DOEは軽水炉持続可能性（LWRS）の中で既存炉を対象とした水素製造の実証プロジェクトとして、FY23歳出法の中で4,500万ドルが配賦され、エネルギー貯蔵技術等も活用し、再エネとの共存等を図る動きが見られる。

廃止措置は、専門業者に許認可も含めて移転し早期に作業を着手する動き

廃止措置については、エナジーソリューションズ社など廃棄物処分場運営業者らが中心となり、許認可の移転も含めて、効率的に廃止措置を進める形が広まっている。最近では、ホルテック社がオイスタークリーク原子力発電所やピルグリム原子力発電所を買収する形で許認可の移管も行い廃止措置を進めることとしている。また、2020年11月には、インディアンポイント原子力発電所の廃止措置も同社に許認可を移管することをNRCが承認している。

また、廃止措置に伴う社会経済への影響については、DOC経済開発局が調査を行っており、2020年10月に廃止措置に伴う立地地域への影響は即時的に表れ、かつ深刻で継続的であるとし、その一方で経済再建には地域経済の再建に対するリソースが限られていることや廃止措置事業に対する地域の参画機会が限定的であることなどの障壁があることを分析した報告書を公表している。

2023年10月、ホルテック社は一度閉鎖したパリセード原子力発電所について運転再開する意向を表明した。一度廃止措置に移行した原子力発電所を運転すれば、米国初の事例となる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：新増設計画

米国初のAP1000となるヴォーグル3号機が営業運転を開始し、4号機も運開に向け準備が進行中。SMRを含む先進炉の建設を目指す動きは活発。

ヴォーグル3号機は2023年4月より運開、コロナ等の影響もあり建設コストは増加

- **ヴォーグル3,4号機の建設に向けた動向**
  米国では2023年7月にヴォーグル3号機の営業運転が開始。4号機も2024年2月に送電網接続し、同年第2四半期運開に向けた準備が進んでいる。

- **ヴォーグル以外の大型軽水炉建設に向けた動向**
  2017年5月にノースアナ3号機（ESBWR）、2018年4月にターキーポイント6、7号機（AP1000）のCOL発給がNRCに承認された。2022年3月時点では、具体的に建設に向けた動向は確認されていない。

表　先進炉の建設に向けた許認可取得／予定の状況

種類	申請者	対象SMR	状況
ESP	TVA	NuScale mPower SMR-160 WH SMR	ESP申請書提出（2016年5月） ESP発行（2019年12月）
COL	Oklo社	Aurora	COL申請書提出（2020年3月） COL申請書受理（2020年8月）
COL	UAMPS	NuScale	COL申請書提出予定（2023年第2四半期まで）
建設許可	テラパワー社	ナトリウム冷却高速炉	2023年8月提出予定

先進炉に対しては、2020年代の運開を目指す動きがある。DoDも軍事分野での活用検討へ

- **先進炉建設に向けた動向**
  SMRの建設については、テネシー渓谷開発公社（TVA）が2016年5月にESP申請していたクリンチリバーサイトでは、2019年12月にNRCがESP発行を承認した。また、オクロ社は2020年3月に同社が開発する小型高速炉Auroraに関するINLでのCOL申請を実施、2022年1月に情報不十分との判断から一時は申請を却下されたものの、同年9月に許認可活動を再開した。同じくINLでは、ユタ州公営電力システムズ（UAMPS）が、ニュースケール・パワー社が開発するSMRが建設を予定しており。2020年10月にDOEは、同プロジェクトに対し、今後10年かけて、13億5,500万ドルの資金提供を行うと発表していたが、建設費の見積り高騰や電力購入者獲得見通しの不十分さにより2023年11月にプロジェクトを停止することで合意した。
  この他、テラパワー社は、NRCにワイオミング州ケメラーでのナトリウム冷却高速炉の建設に向けて、2021年6月に規制関与計画書を提出し、建設許可を2023年8月に、運転認可を2026年3月に申請する予定であることを明らかにしている。X-エナジー社は2023年7月、エナジー・ノースウエスト社とワシントン州に最大12基のXe-100を導入するためのJDAを締結した。
  SMRよりもさらに出力規模の小さい、マイクロリアクター（通常10MWe以下）の開発について、NEIは2018年10月「米国防総省へのマイクロリアクター導入に向けたロードマップ」を公表し、米国防総省（DoD）管轄の施設に対してマイクロリアクターの初号機を2027年末までに導入する目標を設定している。2022年6月には、DODが軍事作戦用の可搬式マイクロ原子炉を設計・建設、実証するために進めている「プロジェクトPele」で、BWXT社製高温ガス炉を選定した。また、2023年8月には、米空軍省がアラスカ州・アイルソン空軍基地の電力及び蒸気の供給源として、オクロ社製マイクロ炉のAuroraを選定した。オクロ社は同年5月に同炉2基を建設する立地をオハイオ州南部に選定したことを発表している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：ベンダー動向

大型軽水炉を開発してきた従来のベンダーは、従来の大型炉の展開を図りつつも、先進炉開発に力を入れる。先進炉開発においては、スタートアップ企業も開発を主導し、規制当局の承認を得る動きも。

表　米国における主要な先進炉開発状況と近年の動向

開発ベンダー（企業の属性）	対象炉	最近の動向
NuScale社（スタートアップ）	VOYGR	・2020年9月　NRCが標準設計承認（SDA）を発行（米国初） ・2021年4･5月　日揮およびIHIがそれぞれ4,000万ドルをNuScale社に出資することを発表 ・2023年1月　NRCがSMRとしては米国初の設計認証（DC）を発効
GEH社（プラントメーカ）	BWRX-300	・2020年12月　1件目の許認可トピカルレポートについて、NRCが最終安全評価報告書を発行 ・2021年12月　加OPG社がダーリントンサイトに建設するSMRとして米GEH社のBWRX-300を選定 ・2022年6月　加サスカチュワン州の2030年代半ばまでのSMR建設に向けてBWRX-300を選定
X-エナジー社（スタートアップ）	Xe-mobile	・2021年3月　DODの可搬式マイクロリアクター設計プロジェクトに選定
X-エナジー社	Xe-100	・2020年10月　ARDP（先進炉実証）において支援先に選定 ・2022年8月　Xe-100の基本設計を完了 ・2023年5月　米ダウ社とテキサス州シーサイドリフトにXe-100を2026年より建設する計画を公表 ・2023年7月　米ワシントン州で最大12基のSMR建設をするためJDAを締結
テラパワー社（スタートアップ） （GEH社と共同設計）	ナトリウム冷却高速炉	・2020年10月　ARDP（先進炉実証）において支援先に選定 ・2022年1月　日本原子力研究開発機構（JAEA）、三菱重工業（MHI）、三菱FBRシステムズ株式会社とMOUを締結 ・2023年4月　米PacifiCorp社とワイオミング州でナトリウム冷却高速炉を2基建設する計画を公表
USNC社（スタートアップ）	MMR	・2021年6月　イリノイ大学内に研究･試験炉施設を建設する許可申請の趣意書をNRCに提出 ・2022年2月　アラスカ州の電力会社であるコッパー･バレー電気協会とフィージビリティスタディを実施中であると発表 ・2023年4月　韓国の現代エンジニアリング及びSK-E&C社と水素マイクロハブの商業化に向けたMOUを締結
WH社（プラントメーカ）	eVinci、AP300	・2020年12月　eVinciがARDP（将来の実証のためのリスク低減）において支援先に選定 ・2023年6月　フィンランドのフォータム社とフィンランド及びスウェーデンでのAP300の開発･導入に向けMOUを締結
Kairos Power社（スタートアップ）	Kairos Power KP-X （複数タイプあり）	・小型実証炉ヘルメスについて、ARDP（将来の実証のためのリスク低減）において支援先に選定 ・2021年7月　東テネシー技術パークに2026年の運開を目指し、1億ドルを投資することを発表 ・2023年12月　小型実証炉ヘルメスについて、NRCが建設許可を発給することを発表
BWXT社（製造企業）	BANR	・2020年12月　ARDP（将来の実証のためのリスク低減）において支援先に選定
BWXT社	不明	・2021年3月　DODの可搬式マイクロリアクター設計プロジェクトに選定 ・2023年8月　BWXT社製マイクロ炉建設の実行可能性評価プロジェクトをワイオミング州で実施する計画を発表
ホルテック社（技術開発･プロジェクト管理企業）	SMR-160/SMR-300	・2020年12月　ARDP（将来の実証のためのリスク低減）において支援先に選定 ・2022年7月　74億ドル規模の小型モジュール炉（SMR-160）建設プログラムを連邦融資制度に申請 ・2023年12月　SMR-300について、英原子力規制庁の包括的設計審査を開始
サザン社子会社（電気事業者）	MCRE	・2020年12月　ARDP（将来の実証のためのリスク低減）において支援先に選定
ARC社（スタートアップ）	ARC-100	・2020年12月　ARDP（先進炉コンセプト）において支援先に選定
General Atomics社（製造企業）	FMR	・2020年12月　ARDP（先進炉コンセプト）において支援先に選定
MIT（大学）	HTGR	・2020年12月　ARDP（先進炉コンセプト）において支援先に選定

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

国家間および個別企業間でフィージビリティスタディの実施等の覚書締結等の動きがみられる。

大型炉については、中国やブルガリア、インドにおいてWH社製AP1000の展開がみられる。先進炉については、複数のベンダーがカナダや東欧、中東などへの導入に向けてフィージビリティスタディの実施等を行う

- **政府主導の国外展開**

インドでは、2019年6月に、米国務長官と印外務長官による米印戦略対話の中でAP1000 6基の新設を含め、民生用原子力における協力強化を表明している。最近では、2020年7月に国際開発金融公社の資金供給禁止方針が改定され、原子力事業にも資金供給ができるようになったほか、米貿易開発庁(USTDA)が2021年6月、ポーランド原子力発電会社(PEJ)にプラントの基本設計調査(FEED)に関する研究資金を提供することを発表した。基本設計調査を米ウェスティングハウス社と米ベクテル社が行い、ポーランドで計画中の原子炉6基の導入に向けた政府の意思決定などに役立てられる予定としている。また、2021年8月には、ウクライナとエネルギー・気候分野の協力推進に係る共同声明に署名し、原子力の活用も含む包括的なエネルギー計画の策定・実行を通じて、エネルギー安全保障の確保と輸出の可能性を模索するとしている。

- **民間主導の国外展開**

大型炉については、WH社が中国でAP1000を受注しており、3基が運開済である。AP1000は、2022年11月にポーランド国内初の原子力発電所プラントに選定されたほか、ブルガリアのコズロドイ7号機やウクライナのフメリニツキー5、6号機の建設プロジェクトでも選定されている。また、GEは2018年6月、仏EDFとインドのジャイタプールにおける6基の欧州加圧水型原子炉(EPR)建設に関する戦略的協力協定に調印しており、タービン建屋の設計や機器供給、プラントの運転支援を行う。

先進炉については、NuScale社やXエナジー社等の先進炉開発を行うベンダーは、個別に国外展開に向けて、フィージビリティスタディ等を行う覚書締結等を行う。特に、カナダにおいては、2021年12月ダーリントンサイトにGEHのBWRX-300を建設することを発表し、2028年の完工を目指している。

表　主要なSMRと建設候補地、導入目標時期の関係

SMR名/建設サイト	カナダ				チェコ	ポーランド	エストニア	ルーマニア	ブルガリア	ヨルダン	ウクライナ	インド
	ダーリントン	サスカチュワン州	ポイントルプロー	CNL	ドコバニ	未定	未定	チェルナボーダ等	コズロドイ	未定	ロブノ等	ジャイタプール等
AP1000(Westinghouse)												
NuScale(NuScale)												
BWRX-300(GEH)												
SMR-160(Holtec)												
KP-FHR(Kairos Power)												
Xe-100(X-Energy)												
MMR(USNC)												
eVinci(Westinghouse)												

建設サイト(運開目標時期)	20年代後半	30年代前半	30年代中頃	不明
炉型	軽水炉	溶融塩炉	高温ガス炉	その他

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- エネルギー省（DOE）
- ホワイトハウス
- 原子力規制委員会（NRC）
- 連邦議会
- 国防総省（DOD）
- 米環境保護庁（EPA）
- テネシー計画開発公社（TVA）
- イリノイ州議会
- コネチカット州
- コンステレーション社（旧エクセロン社）
- サザン社サザン・カリフォルニア・エディソン（SCE）社
- ウェスティングハウス（WH）社
- ゼネラル・エレクトリック社（GE）
- サウスカロライナ・ガス＆エレクトリック（SCE）社
- エンタジー社
- ウェースト・コントロール・スペシャリスト（WCS）社
- ロチェスター・ガス＆エレクトリック社
- ジョージア・パワー社
- ニュースケール・パワー社
- テレストリアル・エナジー社
- Xエナジー社
- 米国濃縮会社（USEC）／セントラス・エナジー社
- オマハ公営電力（OPPD）
- 米国原子力協会（NEI）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

英国

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

2008年以降、一貫して原子炉新設を推進。一方、既設炉9基のうち、AGR8基が2028年までに閉鎖予定。ガス価格高騰・ウクライナ情勢を受け、エネルギー安全保障の観点からこれまで以上に原子力を重視し、2030年までに8基の新設承認・2050年電力需要の25%を原子力で賄うことを目指す。

● 基本情報

基本情報	面積	24.3万km²	人口	6,708万人
	公用語	英語		
	通貨	1ポンド＝187円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	立憲君主制		
	議会	二院制：上院(定数なし)、下院(650議席)		
	政府	首相　リシ・スナク		
経済	GDP	2兆1,980億ポンド(2021年、英国統計局) 成長率　8.7%(2021年)		
	経済の特徴および概況			
	2021年に経済は急速に回復(＋7.4%)したものの、EU離脱や急速な経済回復等による労働者不足にウクライナ情勢も加わって供給網の混乱、電気・ガスを含む物価上昇に直面しており、消費者物価指数(帰属家賃を含む：CPIH)は、2022年7月に40年ぶりに2桁となる10.1%に上昇。スナク首相は、就任後の演説で、経済の安定性と信頼性を取り戻すことを政権課題の中心に位置付け、保健システム、教育、底上げ、EU離脱により裨益する経済等、2019年総選挙の公約を果たすべく取り組むと発言。		

● エネルギー

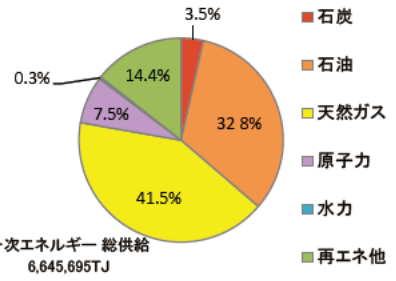
・保有資源
原油(シェールオイルを含む)：834(百万トン)
石炭：188,340(百万トン)
天然ガス：2,060億(立方メートル)
ウラン：該当データなし

・一次エネルギー供給
664万テラジュール

・エネルギー自給率
63.1%(原子力含)、55.6%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：7.5%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

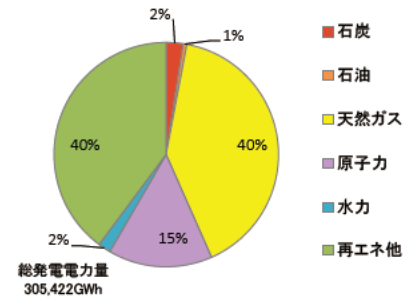


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力：50,481　水力：4,776　原子力：8,141　その他：37,969
電力供給体制の概要	発電は、唯一の原子力事業者であるEDFエナジー社を含む大手6社が中心となっているが、業界再編中である。送配電は分離されており、送電は4系統、配電は14地域に分割してライセンスが発給されている。北アイルランド以外の系統運用は、NGESO社が単一系統運用者となっている。

電源種別発電電力量

1990年の電力自由化以降、天然ガスへの転換が進み、ピーク時には電源構成の約40%を占めていたが、北海油田での化石燃料生産量が減少し、現在では全化石燃料が輸入超過である。原子力は1990年代後半に約25%を占めていたが、発電所の老朽化に伴う閉鎖や稼働率低下により、減少傾向にある。



電力最終消費量(百万kWh)	286,042	発電電力量(百万kWh)	305,422	電力純輸入量(百万kWh)	24,578
運転中の原子力プラント	9基(AGR8基、PWR1基)	建設中の原子力プラント	2基	計画中の原子力プラント	2基

電力需要の推移と見通し

英国の系統運用者National Grid社が毎年公表している、今後の電力・ガス需給に関する報告書「将来のエネルギーシナリオ」の2022年版によれば、大幅な電化が進むシナリオで、2050年に電力需要は1.182兆kWhにまで増加すると見られている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：588．3万kW

発電電力量：418億kWh

運転中：9基（AGR8基、PWR1基）

原子力シェア：14.8%

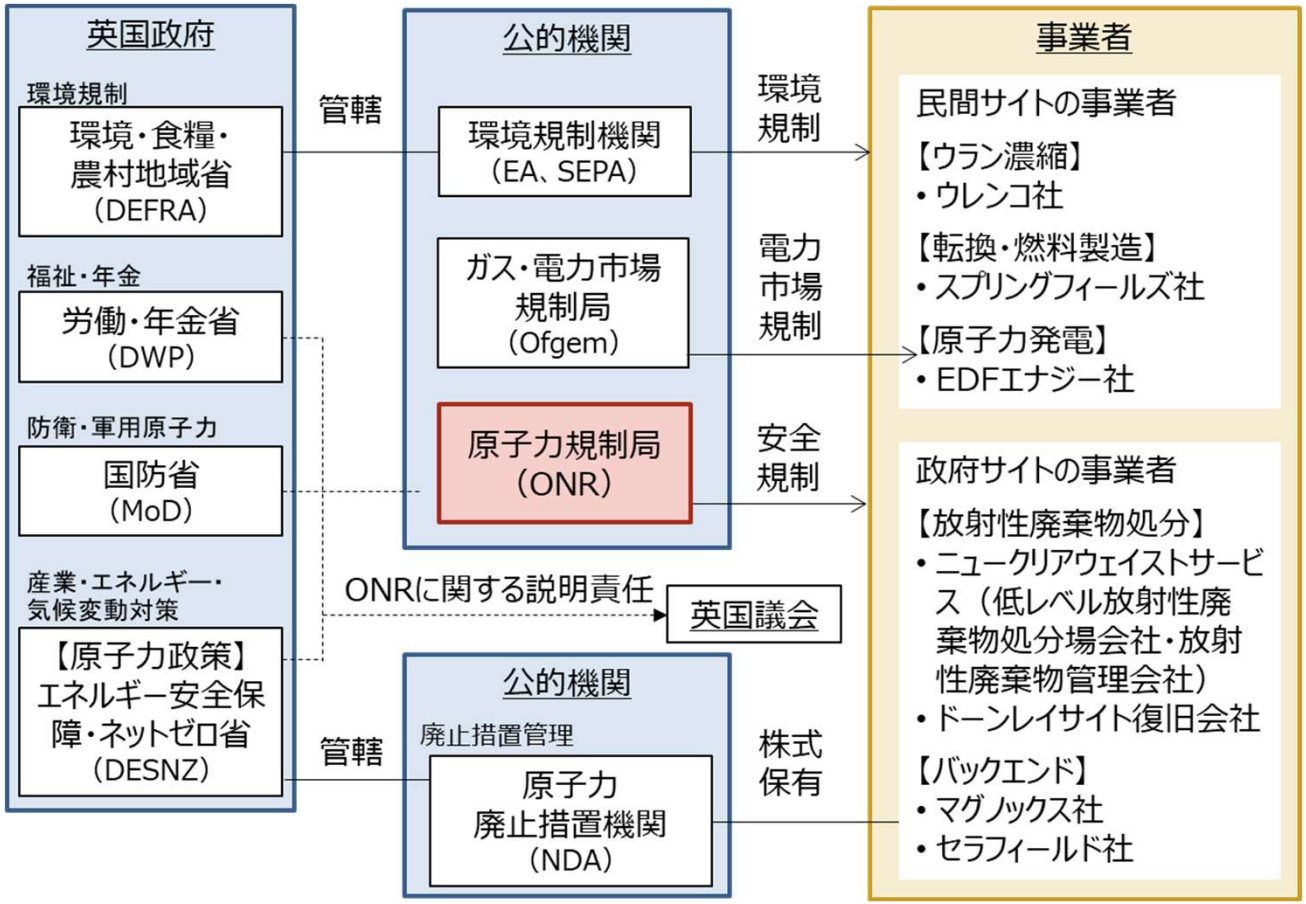
建設中： 2基（EPR）

計画中：2基（EPR）

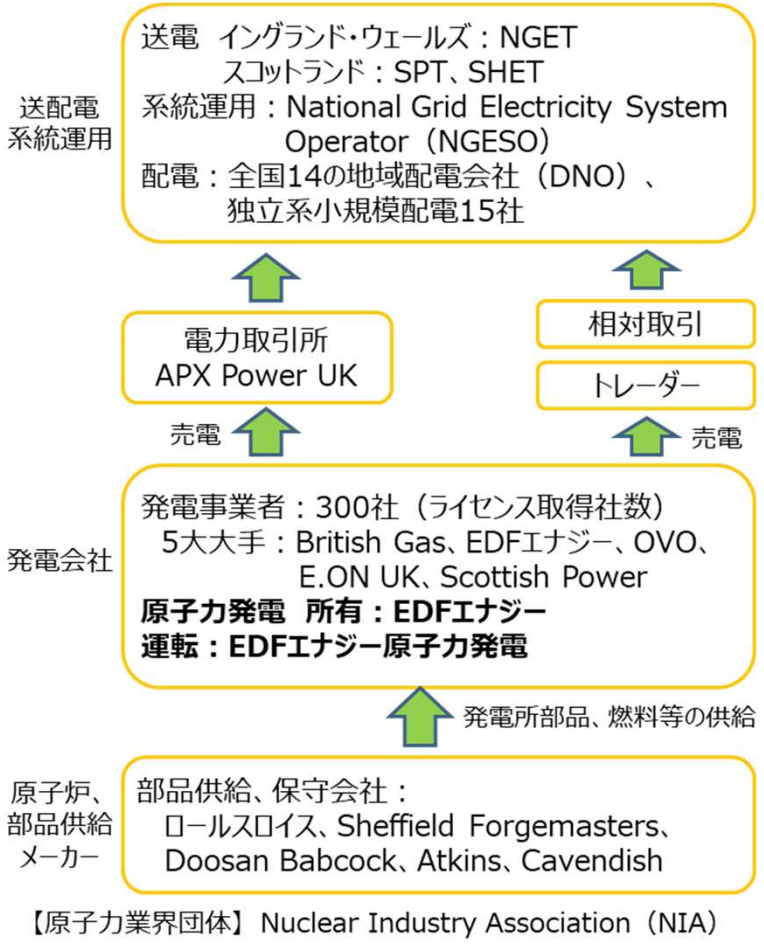
Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力業界構造

BEISの再編によって誕生したDESNZが原子力政策を担う。独立機関であるONRが規制を担い、DWP等が議会への説明責任を負う。放射性廃棄物処分・廃止措置はNDAの子会社が実施。
原子力発電事業者はEDFエナジー社のみ。



原子力行政・事業構造



電気事業構造

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

温室効果ガス（GHG）の削減目標（1990年比）として、2035年までに78%、2050年までに100%を掲げる。原子力を含む低炭素技術・エネルギー源への投資を積極的に推進。

2050年ネットゼロ、2035年電力部門脱炭素化を目指す

英国政府は2008年11月に、2050年までにGHGを1990年比で80%削減する目標を規定した気候変動法を策定した。削減目標は2019年6月に100%へ引き上げられた。さらに、2021年5月には、第6次炭素予算（2020年9月）での勧告に基づき、2035年までに1990年比で78%削減する目標が法制化された。

脱炭素と経済成長の両立を目指し、脱炭素技術へ投資

- **10 Point Plan**（2020年11月発表）
  コロナ禍からの経済復興と地球温暖化対策の両立を掲げ、原子力を含む10の低炭素技術への投資計画を示す。
- **エネルギー白書**（2020年12月発表）
  10 Point Planを具体化する位置づけで、エネルギー供給の転換、グリーンリカバリー支援、消費者のエネルギーコスト負担低減策等を示す。
- **産業脱炭素化戦略**（2021年3月発表）
  産業界のGHG排出量目標を2018年比で2035年までに3分の2、2050年までに90%以上削減と定め、それに向けた戦略を示す。
- **ネットゼロ戦略**（2021年10月発表）
  10 Point Planのもと、8つのセクターにおける2050年ネットゼロに向けた施策を示す。電力部門では、当初計画から15年前倒し、2035年までの脱炭素化を目標として掲げる。脱炭素化された電力部門は主に風力発電と太陽光発電で構成される可能性が高いとしつつ、信頼性を確保するために原子力等による補完が必要と指摘し、原子力等を主要領域として推進する方針を提示。

ウクライナ情勢等を踏まえ、エネルギー安全保障を重視

コロナ禍からの復興による需要増加、及びウクライナ情勢に伴うエネルギー価格高騰を受け、英国政府は2022年4月、エネルギー安全保障とネットゼロの両立及び推進を目指す「エネルギー安全保障戦略」を発表。クリーンかつ安価な国産エネルギーの推進を中心に「石油・ガス」、「原子力」、「太陽光」、「洋上・陸上風力」、「水素」、「需要サイド」の6分野における目標を提示。原子力は、信頼性が高く大規模発電が実証された唯一の低炭素電源と位置づけられ、投資を拡大する方針。

ネットゼロ・エネルギー安全保障を所管するDESNZを設立

エネルギー価格高騰を受け、産業からエネルギー政策まで幅広く所掌していたBEISがエネルギー安全保障の強化に取り組んでいた中、英国政府は2023年2月、各分野に注力するためにBEISを「エネルギー安全保障・ネットゼロ省」、「科学技術省」、「産業・通商省」、「文化・メディア・スポーツ省」の4省に再編。DESNZはエネルギー供給安定化、エネルギー市場適正化、エネルギー効率向上、グリーン産業振興の4つに責任を負い、原子力政策も所掌する。2023年におけるDESNZの優先政策は以下の6点である。

- 長期的なエネルギー安定供給の確保、エネルギー価格引き下げ、インフレ抑制
- 2050年ネットゼロに向けた取組を確実に進め、経済成長を支援
- 建物のエネルギー効率を向上し、エネルギー需要を15%削減
- 現行のエネルギー料金支援を通じて、電力市場の役割を改善するための長期的な改革の選択肢を開拓
- ネットゼロによる経済的利益を享受・活用
- エネルギー法を制定し、CCUS・水素の支援、エネルギーシステムのガバナンス更新、洋上風力の開発同意に要する時間の削減を実現

2023年3月には、脱炭素計画とエネルギー安全保障計画を統合し、将来のエネルギーシステムを描くための戦略として「Powering up Britain」を発表した。同戦略はDESNZのマニフェストと位置付けられており、原子力政策については従来の政策を踏襲している。

原子力をグリーン投資先として認める方針

グリーン投資の促進に向けて、政府は2023年3月に「グリーンファイナンス戦略」を発表した。同戦略には、グリーンな経済活動を定義する「UKタクソノミー」の策定に向けて、原子力をネットゼロの実現にグリーン投資先として認める方針が示されている。UKタクソノミーの協議は2023年秋に開始予定であったが遅延しており、2024年3月時点でまだ開始されていない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電

2024年1月に「民生原子力：2050年へのロードマップ」を公表し、エネルギー安全保障戦略で掲げられた2050年目標に向けた方向性を提示

2050年2,400万kW導入に向けたロードマップを公表

原子力を、大規模展開可能で信頼性が高く安全な唯一の低炭素電源として位置づけ、エネルギー安全保障戦略で示された「2050年までに最大2,400万kWを導入し、電力需要の25%を賄う」目標に向けた方針を提示。

また、新設に必要な許認可の1つである開発合意令（DCO）の発給に対する政府方針を示す国家政策声明（NPS）を改定する方針が示された。改定版NPSではSMR等は従来の大型炉よりも柔軟にサイトを選定できることなどが考慮される。

●ロードマップで言及されている項目

- 2050年目標への道のり
- 大英原子力（GBN）の役割
- サイト選定
- 規制の合理化
- 資金調達
- 核燃料サイクル
- イノベーション・研究開発
- 廃止措置・放射性廃棄物管理
- 人材育成
- サプライチェーン

●主要な目標

- 2030年から2044年までの5年ごとに300～700万kWの新設を決定
- サイズウェルCに続く更なる大型炉プロジェクトについて検討し、2024年中にスケジュールとプロセスを決定

GBNはSMRを対象に次議会で2件のFIDを目指す

GBNは、次議会中に2件の新設プロジェクトに対する最終投資決定（FID）を実現するため、SMRを対象とした支援プロジェクトを公募する計画である。選定された技術に対しては、GBNが共同出資者となり、選定者と協働して資金調達とサイト選定を行う。

2023年7月には、GBNの支援対象となるSMRの公募プロセスが開始されるとともに、同年秋までに支援対象を決定する計画が発表された。2023年10月には、支援対象候補としてロールス・ロイスSMR社、WH社、NuScale社、EDF、GEH社、Holtec社の6社が選定された。2024年中に支援対象を決定する予定となっている。また、2024年3月にはGBNがサイト用地の候補としてウィルファとオールドベリーを日立製作所から購入したことを公表した。ウィルファでは日立による大型炉建設計画が凍結されていた。

RABモデル法制化により総括原価方式での収入が保証

●**背景**

英国政府は、新設投資促進のための環境整備として、事業者の投資回収を保証する差金決済制度（CfD）を導入した。CfDでは事前に定めたストライクプライスでの売電が保証され、市場価格がストライクプライスを下回れば差額が補填される。なお、市場価格が上回った場合は、事業者が差額を払い戻す。

現在建設中のヒンクリーポイントCではCfDが適用されたが、英国議会等から国民負担が過大になると批判を受けたことや、CfDでは発電開始まで投資を回収できずリスクが残ることなどから、総括原価方式に類する規制資産ベース（RAB）モデルの導入が検討されてきた。2022年3月には、RABモデルを原子力プロジェクトへ適用させるための法律「Nuclear Energy (Financing) Act 2022」が制定された。なお、RABモデルは下水道プロジェクト等に適用された実績がある。

●**RABモデル**

RABモデルでは、需要家からの賦課金を通じて、原子力発電所の建設・操業・廃炉に要するコストに基づいて規制機関が設定した認可収入が保証される。CfDとは異なり発電前（建設段階）から賦課金を徴収できる他、上振れした建設コストを賦課金に上乗せして需要家とコスト増大リスクを共有できるなど、投資予見性が向上する。なお、売電収入が認可収入を超過した場合は、CfDと同様に事業者が差額を払い戻す。

2022年6月には、賦課金徴収にあたって発電事業者と小売事業者を仲介する収入徴収者に低炭素契約会社（LCCC）が指名された。LCCCはCfDにおいても同様の役割を果たしている。

BEIS（当時）はRABモデルの適用により、プロジェクト費用がヒンクリーポイントCよりも300億ポンド以上削減され、消費者の利益につながるとしている。また、投資予見性向上によって国内投資を呼び込むことで、エネルギー安全保障上もメリットがあるとしている。

2022年11月には、サイズウェルCへのRABモデル適用が正式決定した。なお、適用の条件として、出資者を制限する権利を政府へ与えることが定められており、今後の適用においても同様の条件が設けられるか注目される。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：先進原子力技術開発、非発電

非発電用途にも着目し、先進原子力技術へ継続的な投資を実施。2030年初頭までにAMR実証炉の運開を目指し、HTGRに焦点を当てることを決定。

先進原子力技術に対する継続的な政府支援を実施

英国政府は継続的に先進原子力技術への投資を行っており、2017年には、SMRを含めたAMR開発支援プログラムとして3年間で4,400万ポンドの予算を確保した。この内、400万ポンドはプログラムの第1段階としてベンダー8社に、4,000万ポンドは第2段階に進んだ3社に配賦された。2019年には、SMRを開発しているロールスロイス社を中心とするコンソーシアムが提案した、産官マッチングファンド方式で総額5億ポンドを投資する計画を採択し、第一段階の資金援助として1,800万ポンドを投資した。2021年には、ロールスロイス社を含む3社がSMR開発への1.95億ポンドの投資を決定したことを受け、英国政府は2.1億ポンドのマッチングファンドを拠出すると発表した。

2020年に公表された10 Point Planでは、SMR開発に2.15億ポンド、AMR開発に1.7億ポンドを投資するための「先進原子力基金」の設立と、規制の整備やサプライチェーン構築支援のために4,000万ポンドを投資する方針が示された。なお、ロールスロイス社等へのマッチングファンドには先進原子力基金が活用されている。

2021年に公表されたネットゼロ戦略では、先進原子力技術を選択肢として維持すること、およびウィルファサイトを筆頭に建設候補地を確保することを目的に、1.2億ポンドの「未来の原子力実現基金」を新設することが示された。また、ネットゼロ戦略実現の支援策として同戦略と同時公表されたネットゼロ研究イノベーションフレームワークでは、今後5～10年間で優先度が高い研究・イノベーション分野が示されており、先進原子力技術については「SMR開発」、「AMR開発及び実証」、「先進原子力技術と他技術の統合」が挙げられている。

2023年1月には、未来の原子力実現基金の公募が締め切られた。同基金は、2025年から2030年までにFIDが可能な原子力技術を対象に、2024年度まで支援する。支援対象は、技術的成熟度、開発能力、資金調達、立地選定、許認可といった原子力技術導入上の障壁について取り組むプロジェクトであり、FIDへの寄与について説明することが求められる。2023年7月には、同基金のうち7,710万ポンドを2事業に支援することが発表された。また、同年同月にはGBNが支援対象とするSMRの候補を募集し、10月には候補対象となるベンダー6社を選定した。

AMR実証初号機としてHTGRを推進

2020年12月に公表されたエネルギー白書では、2030年代初頭のAMR実証炉初号機運開を目標としている。BEIS（当時）は2021年12月に、AMRの中でも高温ガス炉（HTGR）を対象としたAMR研究開発実証プログラムを通じて、遅くとも2030年代初頭までにHTGRの実証試験を行う目標を公表した。なお、BEISはHTGR以外のAMR開発に対する支援も継続するとしている。

同プログラムは3段階に分かれており、フェーズA（2022年9月～2023年初頭）では概念設計やフィージビリティ・スタディ、潜在的なエンドユーザーの検討を行う。6事業者が採択され、HTGR技術開発に最大50万ポンド、被覆粒子燃料開発に最大25万ポンドが支給されている。採択された国立原子力研究所のプロジェクトには、JAEAが参画しており、日本の高温工学試験研究炉（HTTR）を通じて培われた知見が活用される。

2022年12月にはフェーズBの公募が開始され、2023年7月に、3事業に対して計5,800万ポンドを支援することが決定した。フェーズBでは、規制レビューが可能な段階まで基本設計を成熟させることを目指し、2025年2月末まで実施する計画となっている。フェーズCは検討中であるが、2030年初頭にかけて詳細設計、建設、運転開始に向けた取組を実施する計画となっている。

SMR・AMRは低炭素水素源・熱源用途としても注目

エネルギー白書や産業脱炭素化戦略では、AMRの高温排熱を水素や合成燃料の生産に利用することに言及しており、非発電用途としても注目されている。2021年8月に公開された水素戦略では、2030年以降の展開として、原子力を含めた製造方法と規模の拡大が打ち出されている。同戦略では、AMRで発生する高温熱によって水を分解して水素を製造する熱化学水素製造を、商用技術の開発にはさらなるイノベーションが必要であるものの、2030年代中後期には実現可能としている。また、低炭素熱ネットワーク適用可能地域評価書においても、バイオマス等とまとめる形で熱源として考慮されている。

上述のAMP研究開発実証プログラムにおいても、HTGRを活用した水素や航空燃料の製造を実証するプログラムが採択されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル

国内唯一の再処理施設が2022年内に操業終了、その後は再処理を想定していない。一方、先進核燃料サイクルプログラム（AFCP）では再処理も視野に入れたロードマップを提示。

ウラン資源は全量輸入、濃縮・転換・燃料加工は国内で実施

- ウラン資源・採鉱：英国内にはウラン資源が存在せず、全量を輸入
- 濃縮：英国・ドイツ・オランダによる国際共同企業体のウレンコ社が実施
- 転換・燃料加工：WH社の子会社であるスプリングフィールズ燃料会社が実施

国内再処理工場の操業が終了、今後の計画は未定

マグノックス燃料再処理工場が2022年7月に操業を終了し、それ以降は再処理を実施していない。同工場は原子力廃止措置機関（NDA）の子会社であるセラフィールド社が運営し、マグノックス社の既存原子力発電所から発生した使用済燃料を再処理していたが、全燃料の再処理が完了した。また、酸化物燃料処理工場（THORP）でもEDFエナジー社が運営する既存AGRの使用済燃料を再処理していたが、海外起源の使用済燃料の再処理契約履行が完了したことにより、2018年11月に操業を終了した。AGR起源の使用済燃料はセラフィールドサイトで貯蔵されるが、今後新設される原子炉から発生する使用済燃料も含め、英国政府は再処理を想定していない。事業者が再処理を希望する場合は協議を行うとしている。

英国内で混合酸化物（MOX）燃料の装荷を許可された原子力発電所はなく、海外顧客の使用済燃料を対象としてセラフィールド社がMOX燃料加工プラント（SMP）を操業していたが、2011年8月に閉鎖が決定された。一方、英国政府は同年12月にプルトニウムの長期管理方針としてはMOX燃料が最適であると結論づけており、そのためにはSMPに代わるMOX燃料製造工場が必要となる。

国内燃料製造能力の強化を目指し3億ポンドを投資

英国政府は2024年1月に、ロシアへの核燃料依存を低減させることを目指し、燃料製造分野支援に3億ポンドを投じることを発表した。主にHALEU燃料を含む先進核燃料製造の支援に用いられることになる。

先進核燃料サイクルプログラムがロードマップを提示

BEIS（当時）は、原子力イノベーション・研究諮問委員会（NIRAB）による提言を受けて、2016年から2021年にかけて5.05億ポンドの予算規模で実施しているエネルギーイノベーションプログラム（EIP）の一環として、先進核燃料サイクルプログラム（AFCP）に4,600万ポンドを投じた。

AFCPは、先進的な核燃料サイクルのイノベーションを実現することでカーボンニュートラル目標を支援することを目的としており、英国国立原子力研究所（NNL）が主導している。

NNLは2021年6月、AFCPの一環として「2050年までの温室効果ガス排出量実質ゼロに向けた核燃料サイクルの技術ロードマップ」を公表した。同ロードマップでは、先進核燃料と持続可能な先進燃料サイクルについて、新たな先進燃料をワンススルーとするケース、高速炉燃料サイクル、溶融塩炉技術、分離変換技術もオプションとする先進核燃料サイクルを考慮した上でシナリオを作成している。特に、高速炉燃料および高速炉サイクルのロードマップでは、セラフィールドサイトにおける再処理が完了する前に、その経験を取り入れるために短期的な取組が必要と指摘している。なお、再処理は2022年7月に終了した。

7,500万ポンドの核燃料基金を設立

エネルギー安全保障戦略に掲げられた導入目標達成に向けた核燃料サプライチェーン構築を支援するために、BEISは2022年7月に最大7,500万ポンドの核燃料基金を設立した。特に軽水炉燃料供給、HALEU燃料サプライチェーン、AMR燃料製造、国内燃料製造能力増強について、フィージビリティ・スタディ等の開発提案と、設備調達・建設等の準備が整ったプロジェクトによる実装提案を対象に支援する。期間は2024年度末までを予定しており、2023年7月には、8事業に対して総額2,230万ポンドを支援することが発表された。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制、放射性廃棄物管理・処分

国内原子力施設に対する安全規制はONRが所掌し、放射性廃棄物管理・処分はNDAグループが実施。

安全規制は原子力規制局(ONR)が所掌

2013年エネルギー法により独立法定組織として設置されたONRが安全規制を管轄している。英国のEUおよびEUATOM脱退に係る移行期間が2021年1月に終了したため、以降はONRが保障措置についても責任を負う。

ONRは、福島第一原子力発電所事故の教訓を安全規制等に反映し、さらに、セーフティケースの評価やサイト訪問検査結果をもとに、安全要件等の定期的な改善など、安全規制・対策を継続的に強化する取組を進めている。

NDAグループとして全バックエンド事業を所掌

原子力廃止措置機関(NDA)が所有するサイトでは、各サイト許認可取得者(SLC)が廃止措置を実施し、入札によって選定された親会社(PBO)がNDAとの契約に基づきSLCの株式を取得し、経営管理を行う体制が取られていた。

しかし、政府はNDAが直接SLCの株式を保有し、子会社として廃止措置を監督する方針に転換した。これにより、セラフィールド社、マグノックス社、ドーンレイサイト復旧会社(DSRL)、低レベル放射性廃棄物処分場会社(LLWR)が子会社化された。なお、放射性廃棄物管理会社(RWM社)はNDAの子会社として設立された。

2022年1月には、NDAグループとして廃棄物事業を効果的・効率的に進めるため、LLWRとRWMのガバナンスを統合する形で、単一の廃棄物部門となるNuclear Waste Services(NWS)を設立した。2023年4月には、DSRLがマグノックス社に吸収合併された。

表　サイト選定プロセスの進捗状況

自治体	WG設置	調査エリア特定	CP設立	終了・撤退
カンバーランド市(旧コープランド市・アラデール市)	2020年	2021年	2021年11月(中部) 2021年12月(南部)	ー
	2021年	2021年	2022年1月	2023年9月
イーストリンジー市	2021年	2022年	2022年6月	ー
ERY市	2024年	ー	ー	2024年2月

地層処分場サイト選定の第2段階にあたるコミュニティ・パートナーシップによる選定プロセスが3か所で進展

- **概要**
  英国政府は2006年に、浅地中処分できない低レベル放射性廃棄物と中高レベル放射性廃棄物は中間貯蔵した後に地層処分する方針を決定している。これまで地層処分サイト選定に関する白書が2008年、2014年、2018年に公表されており、2018年には地域との協働に基づくサイト選定プロセスが開始された。同プロセスでは、地層処分施設(GDF)設置に関心を示す者、設置候補エリアを提案したい者が地層処分の実施主体であるNWS(当時はRWM社)と初期対話を開始することができ、そこでGDF設置に向けた検討を継続することに合意した場合は、コミュニティ全体での協議に発展させていくための準備組織である「ワーキンググループ」(WG)を設置する。
  WGはGDF設置のための潜在的な適合性を確認する「調査エリア」の特定や、NWSとともに選定プロセスを前進させていく「コミュニティ・パートナーシップ」(以下、CP)への移行を目指して地域との対話活動を行う。CPの設立には調査エリアにある自治体組織の合意が必須であるとともに、少なくとも1つの自治体組織が構成メンバーとなる必要がある。CPが設立された場合は、経済振興、環境・福祉向上を目的とするプロジェクトに限定した形で、英国政府から地域社会に年間最大100万ポンドが提供される。
- **サイト選定プロセスの進捗状況**
  2023年6月にNWSは、CPに対するサイト評価を開始するとともに、GDFの計画とサイト選定プロセスの進捗や今後の予定をまとめた「GDFレポート2023」を公表した。同レポートでは、サイト評価に関する目標年等は示していないものの、2つのサイトが地下深部のボーリング調査を含む詳細なサイト特性調査に進むと想定している。サイト評価の結果、カンバーランド市のアラデールCPでは岩盤が地層処分場建設に向かないことが判明し、2023年9月にサイト選定プロセスの終了が決定した。また、2024年1月にはイーストライディングオブヨークシャー(ERY)市でWGが設置されたが、同年2月には住民の反対に基づくERY市議会での議決により、サイト選定プロセスからの撤退が決定された。これらの結果、2024年3月時点ではカンバーランド市とイーストリンジー市で3つのCPに対する選定プロセスが進展している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

AGR8基、PWR1基が運転中だが、2028年までに全AGRを廃止措置移行予定。大型炉はEPR2基の建設と、ERP2基の計画が進行中。SZCへのRABモデル適用が正式決定し、政府が直接投資。

既存：2028年までにAGR全基閉鎖、SZBは運転延長検討

●**AGR**

EDFエナジー社は既存AGR全基を2028年までに閉鎖する計画である。2023年3月には、2024年3月閉鎖予定であったハートルプールA及びヘイシャムAの運転期間を2年延長し、2026年3月閉鎖予定に変更した。また、2024年1月には、2024年中に更なる延長を検討することが発表された。

AGRの廃止措置は、EDFエナジー社が燃料を取り出した後、NDA子会社のマグノックス社が実施する。これは、EDF社、BEIS、原子力債務基金（NLF）が2021年6月に締結した協定に基づくものであり、燃料取り出し後にサイト所有権がNDAへ移管される。なお、EDFエナジー社による燃料取り出しには、従来どおりNLFが資金を拠出する。また、サイズウェルBおよびヒンクリーポイントCの廃止措置はEDFエナジー社が責任を負う。

●**サイズウェルB（SZB、PWR2基）**

EDFエナジー社は2022年4月、サイズウェルBの運転延長の検討を開始したことを発表した。同発電所は1985年に送電を開始し、2035年閉鎖予定であったが、運転寿命を20年以上延長して2055年以降の閉鎖とすることが検討されている。EDF社が2024年中に最終判断を下す予定である。

建設：HPCは引き続き更なる遅延とコスト増大

●**ヒンクリーポイントC（HPC、EPR2基）**

EDF社は2024年1月に、工期延長と建設費高騰を発表した。工期と建設費は3つのシナリオ（右表参照）を設定して試算されており、ベースシナリオでは2030年に1号機が運開となる。これにより、建設総コストは2019年時点の見積額である215～225億ポンドから310～340億ポンド（いずれも2015年価額）に増加する。なお、2022年5月には、1号機運開が当初計画の2025年末から2027年6月へ遅延すると公表していた。

計画：SZCは政府が直接投資し中国を排除、BRBは進捗なし

●**サイズウェルC（SZC、EPR2基）**

開発許可令（DCO）が2022年7月に発給された。また、同月にはONRがサイトライセンスの適合性に問題はないとする見解を示した。ただし、正式な発給にあたっては、土地所有権が未取得であること、安全・保安に関する主導権を握っているのが許認可申請事業者（NNB発電会社）の親会社（NNBホールディングス）であることが問題になるとしている。

2022年11月にはBEISがRABモデル適用を正式に決定。さらに、同月には33.5%を出資する中国CGNを撤退させるため、政府が6.79億ポンドを直接投資し、株式の50%を獲得。これにより、政府がEDFと共にSZC建設に向けて取り組む事業主体となった。

2023年7月には、これまでの投資に加えて、新たに1.7億ポンドの政府投資を実施することが発表された。この投資は、サイズウェルCの建設を加速させるために、敷地確保、調達、人材育成に活用される見通しである。また、2023年9月には、サイズウェルCへの投資を希望する民間投資家の予備選考が開始された。予備選考では事前資格審査質問書（PQQ）の提出が必須とされている。PQQの提出は2023年10月9日に締め切られる。その後も度々政府による投資が発表され、政府投資は2022年11月以降、2024年3月時点で累計約25億ポンド（約4,575億円、1ポンド＝183円）に達している。

表　HPCの工期と建設費の推定

シナリオ	仮定	1号機運開	建設費
1	電気機械作業が目標通り進捗	2029年	310億～340億ポンド ※シナリオごとの費用は示されていない
2 （ベースケース）	工事におけるリスクが顕在化	2030年	
3	更なるリスクが顕在化	2031年	10億ポンド増加

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向、ベンダー動向①

国内大型炉ベンダーは存在しないが、SMRの設計認証が国内外で進捗。ロールス・ロイス社はUKSMRの国外展開に向けて協力体制を構築し、オランダ、チェコ、ポーランドの企業と協業（次ページ参照）。

原子力技術維持に向けたタスクフォースが設立

2023年8月に政府は、軍事・民生の双方において原子力技術を維持し続けることを目的として、政府・産業界・学識経験者から成るタスクフォースを設立した。同タスクフォールでは、国防省とDESNZによる取組を基礎として、今後数年間に軍事・民生原子力部門で予想される様々な成長を支援するための技能戦略が策定される見通しである。

モルテックス・エナジー社はカナダの設計レビュー第2段階

モルテックス・エナジー社は、カナダのNBパワー社向けに溶融塩炉の開発を進めている。

2021年5月には、同社が開発するピン燃料型溶融塩炉（SSR-W300）が、2017年11月に開始されたカナダ原子力安全委員会（CNSC）による許認可申請前ベンダー設計レビュー（VDR）の第1段階を完了したと発表した。VDRは許認可プロセスとは無関係であり、第1段階では、CNSCの規制要件に対する原子炉設計の適合性を一般的なレベルでレビューされる。SSR-W300は、構造物、システムおよび機器の安全上の重要度分類と品質保証プログラムが紐付いていないと指摘されており、第2段階ではこれらの実証などについて示す必要がある。

2022年4月には、カナダのエンジニアリング会社であるSNCラヴァリン社と戦略的パートナーシップを締結した。これにより、モルテックス・エナジー社は許認可手続きやエンジニアリングにおいてSNCラヴァリン社の支援を受けることが可能となる。

UKSMRは2030年代初頭の運転開始を目指し、工場建設地選定や海外展開に向けた取組が進捗

ロールス・ロイス社は、2030年代初頭の送電網接続を目標に、国産SMRであるUKSMRの開発を進めている。

- **ロールス・ロイスSMR社の設立**
  ロールス・ロイス社は2021年11月に、SMRの事業会社としてロールス・ロイスSMR社を設立し、BNFリソーシズUK社、米エクセロン・ジェネレーション社とともにロールス・ロイスSMR社の事業へ1.95億ポンドを投資することを発表した。これまでUKSMRは同社が主導するコンソーシアム形式で開発されてきたが、新たに設置予定の独立した企業に開発体制を移行する方針を示していた。
- **一般設計評価（GDA）**
  2021年5月にBEISがSMRを対象としたGDAを開始した後、同年11月にロールス・ロイスSMR社はGDAを申請した。BEISによる事前審査の後、2022年3月には、ONRと環境規制機関がGDAの審査を開始した。
- **工場サイト選定**
  2022年12月には、同年7月に発表していた工場建設地候補を絞り込み、国際先進製造パーク（IAMP）、ティーズワークス産業特区、ゲートウェイディーサイド産業特区の3箇所を候補地として選定したことが発表された。
- **発電所サイト選定**
  NDAが所有する廃止措置サイトを中心に選定を進めており、2022年11月には立地評価レビューを完了した。その結果、トロースフィニッドサイト、セラフィールドサイト近傍、ウィルファサイト、オールドベリーサイトの4か所が候補地として選定された。トロースフィニッドサイトについては、ウェールズ政府100%出資の開発会社であるCwmni Egino社が誘致に向けて活動している。また、セラフィールドサイト近傍については、2022年9月設立の開発会社であるソルウェイ社が同年11月にロールス・ロイスSMR社を優先プロバイダーに選定した。
- **水素製造**
  2023年6月には、住友商事との合同フィージビリティスタディの結果として、UKSMRが低炭素水素製造において他の手法よりも優れていると発表された。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ベンダー動向②、国外動向

以下に示すように、ロールス・ロイスSMR社による開発取組が国内外で進捗。

ロールス・ロイスSMR社の動向（2021年以降）

	公表日	相手国・企業等	概要
英国外動向	2021年12月20日	カタール投資庁	カタール投資庁によるロールス・ロイスSMR社への8,500万ポンドの出資に合意
	2022年8月25日	オランダ ULCエナジー	オランダでのUKSMR展開に向けた協働に関する独占契約を締結
	2022年9月5日	チェコ シュコダJS	チェコ及び中央ヨーロッパでのUKSMR展開の協力に向けた覚書を締結
	2023年1月25日	チェコ CEZ	チェコでのUKSMR導入計画について協議（2020年にCEZと協力協定を締結していた模様）
	2023年2月8日	ポーランド インダストリア	ポーランドでのUKSMR共同計画に向けた趣意書を締結
	2023年3月20日	ウクライナ エネルゴアトム	ウクライナ復興時のUKSMR導入可能性の検討における協力に向けた協定を締結
	2023年3月21日	フィンランド フォルツム	フィンランド・スウェーデンでのUKSMR導入機会の共同検討に向けた覚書を締結
	2023年11月8日	オランダ BAMインフラ社	オランダでのUKSMR展開を支援するための協力に関する覚書を締結
	2024年3月11日	ポーランド インダストリア	英国のプロジェクト開発会社CVG社とインダストリア社がUKSMRを活用した国際プロジェクト協力に合意
英国内動向	2021年7月8日	キャベンディッシュ	UKSMRの設計・許認可・製造・納入における両社の関係性を深めるための覚書を締結
	2021年11月8日	-	ロールス・ロイスSMR社設立（ロールス・ロイス、BNF、エクセロンの3社が1.95億ポンドを出資）
		英国政府	上記へのマッチングファンドとして政府が2.1億ポンドを拠出
	2021年11月17日	英国政府	一般設計評価（GDA）申請書をBEISに提出（2022年3月7日に規制当局による審査プロセスが開始）
	2021年12月3日	シェフィールドフォージマスターズ	鍛造品供給に向けた長期的協力のための覚書を締結
	2021年12月21日		最初の鍛造品開発に向けた370万ポンドの契約を締結
	2022年11月9日	-	廃止措置サイトの立地評価レビューを実施し、発電所サイト候補地として4箇所を選定
	2022年11月11日	ソルウェイ	西カンブリアへの原子力発電導入を計画するソルウェイ社がロールス・ロイスSMR社を優先プロバイダに指定
	2022年12月19日	-	圧力容器製造工場立地候補地として3地区を選定（2022年7月には6地区を最終候補地として公表）
	2023年9月11日	-	サプライチェーン構築に向けたポータルサイトを開設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- WNA, Nuclear Power in United Kingdom
- IAEA, Power Reactor Information System
- 英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）
- 英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省（DESNZ）
- 英国原子力規制局（ONR）
- 英国原子力廃止措置機関（NDA）
- 英国ガス・電力市場規制局（Ofgem）
- EDFエナジー社
- ニュークリア・ウェイスト・サービス（NWS）
- 放射性廃棄物管理会社（RWM）
- 英国議会
- ナショナル・グリッド社
- ロールス・ロイス社
- ロールス・ロイスSMR社
- モルテックス・エナジー社
- カナダ原子力安全委員会
- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

フランス

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

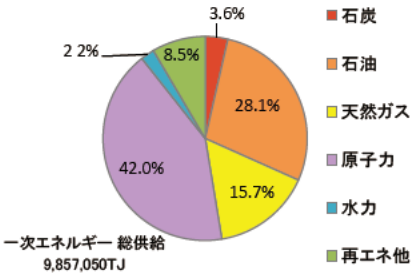
世界有数の原子力大国。2022年2月に大統領が、2035年までに原子力発電比率を50%まで低下させる減原子力政策を撤回。改良型の欧州加圧水型原子炉（EPR）6基の建設を決定。さらに最大8基を追加し、合計最大14基の建設とすることも検討。国内初のEPRがフラマンヴィルサイトで建設中。

● 基本情報

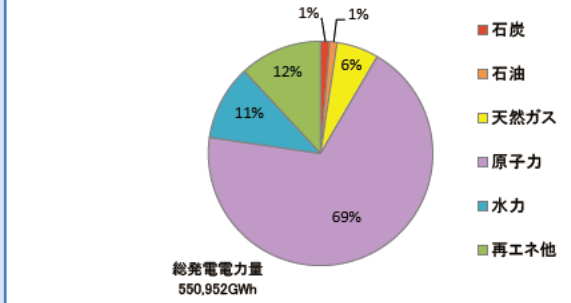
基本情報	面積	54.4万 km²	人口	6,804万人
	公用語	仏語		
	通貨	1ユーロ=160円（2024年3月中適用）		
政治	政治体制	共和制		
	議会	二院制　国民議会（577議席）、上院（348議席）		
	政府	大統領　エマニュエル・マクロン 首相　ガブリエル・アタル		
経済	GDP	2兆9,230億米ドル（2023年名目、IMF） 成長率　0.7%（2023年、IMF）		
	経済の特徴および概況			
	世界的金融・経済危機の影響により、2009年は戦後最低のマイナス成長を記録した。その後経済は回復基調に転じたが、欧州債務問題の深刻化に伴い2012年以降再び成長は鈍化。2015年に景気は緩やかな回復に転じ、2019年は+1.5%となった。2020年は新型コロナの影響により、−8.0%。2021年は+7.0%。2017年に就任したマクロン大統領は、法人税率の引下げやエコロジーへの移行の加速等を実施。			

● エネルギー

・保有資源 原油（シェールオイルを含む）：1,013（百万トン） 石炭：390（百万トン） 天然ガス：100億（立方メートル）　ウラン：11,500（トン）	一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）
・一次エネルギー供給 985万テラジュール	
・エネルギー自給率 54.0%（原子力含）、12.0%（原子力除）	
・一次エネルギー供給における原子力シェア：42.0%	



● 電力

電源種別設備容量（千kW）	火力：19,791　水力：25,712　原子力：61,400　その他：29,734				
電力供給体制の概要	発電の大部分を、フランス電力（EDF）が担う（2023年6月に完全国有化）。送配電もEDFが行っていたが、電力自由化の流れをうけて、同社の送配電部門が送電系統運用株式会社（RTE）として設立され、さらに配電部門もフランス電力配電社（Enedis）として分離された。なおEDFはRTEの株式の半分とEnedisの全株式を保有している。				
電源種別発電電力量					
発電電力量のうち7割超を原子力発電で賄っている。また原子力発電に次いで発電電力量が多いのは水力である。マクロン政権は原子力の割合を50%まで縮減する減原子力政策を撤回、再エネと原子力の両方を推進していく方針である。					
電力最終消費量（百万kWh）	433,075	発電電力量（百万kWh）	550,952	電力純輸入量（百万kWh）	-44,893
運転中の原子力プラント	56基（PWR）	建設中の原子力プラント	1基（PWR）	計画中の原子力プラント	0基
電力需要の推移と見通し					
送電事業者RTEが2021年に発表した、2050年カーボンニュートラルに向けた電源シナリオ分析では、2050年の電力需要は現在比35%増の645TWhとされている。					

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

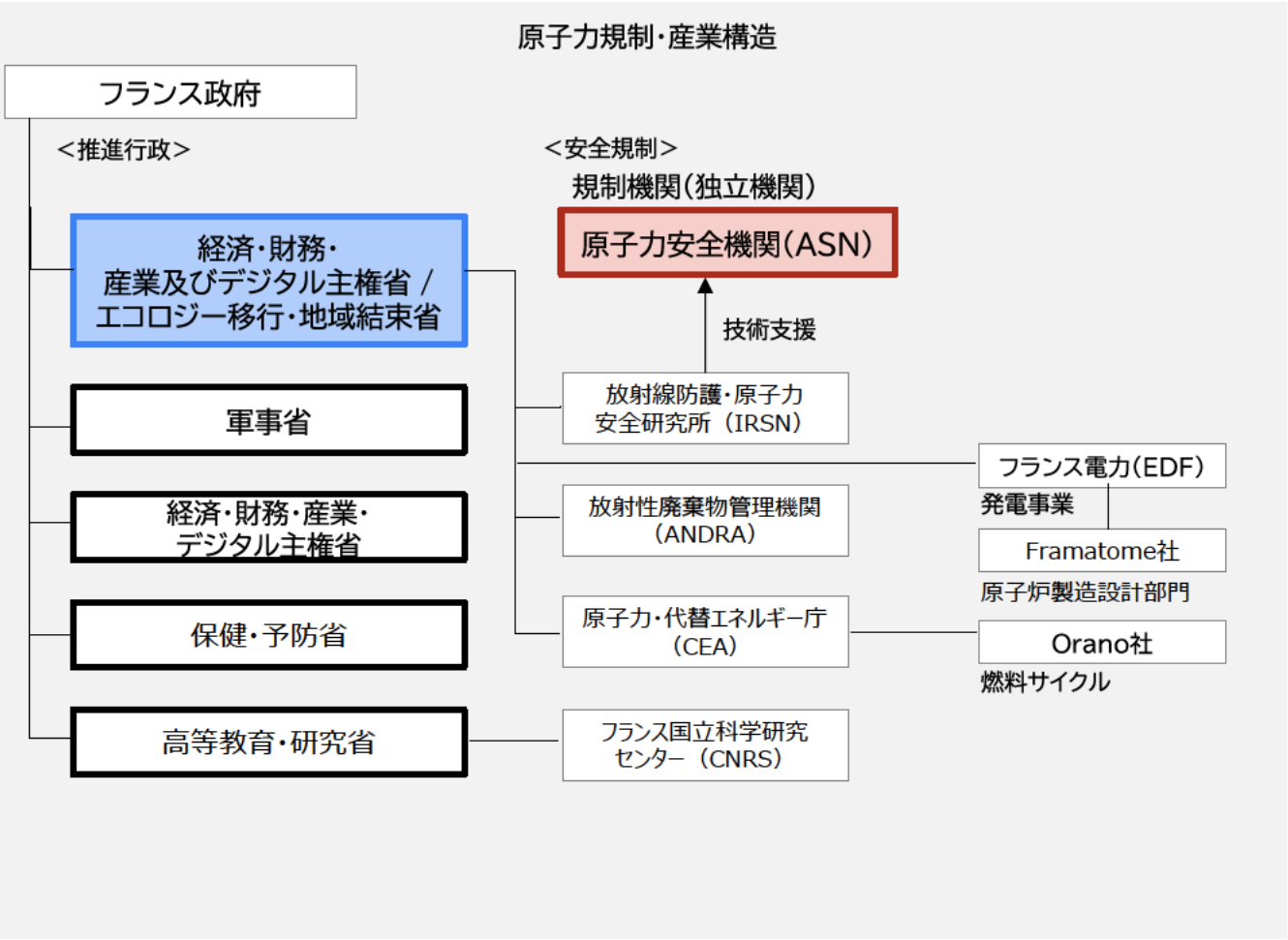
設備容量：6,137万kW　発電電力量：2,821億kWh

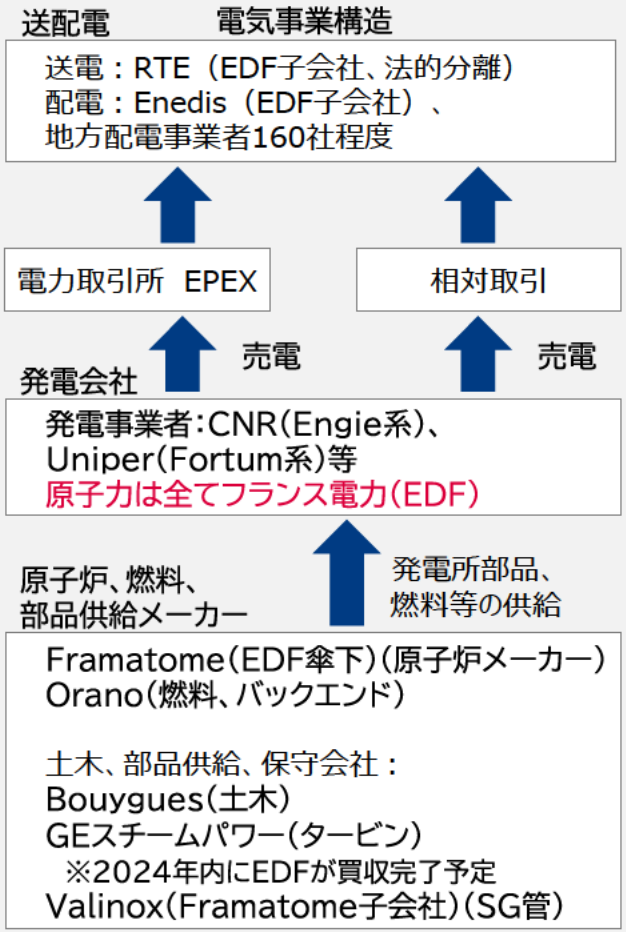
運転中：56基（PWR）　建設中：1基（PWR）　計画中：0基　原子力シェア：62.5%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力業界構造

経済省とエコロジー移行省が原子力利用に係る推進行政を担っている。原子力・放射線安全規制を担う規制当局は原子力安全機関（ASN）である。原子力発電事業者であるフランス電力（EDF）、核燃料サイクルを担うOrano社の最大株主は国である。EDFは2023年に100%政府保有となった。





Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

2050年にカーボンニュートラルを目標。2035年までに原子力比率を50%に縮減する目標を掲げていたが、2022年2月に撤回。再エネと原子力を共に推進する方針に転換。

2050年までのカーボンニュートラル達成を目標に掲げるなど、気候変動対策を積極的に推進

政府は、2030年までに温室効果ガスの排出量を1990年比で40%削減する目標を掲げている。また、2019年11月に制定されたエネルギー気候法において、2050年にカーボンニュートラルを達成する目標が掲げられている。

2012年～2021年：省エネと再エネ拡大、減原子力による“エネルギー転換”を志向

- **減原子力政策**

フランスでは、石油ショックを契機に、エネルギー自立の確保のため、国産技術としての原子力開発を進め、発電電力量に占める原子力比率が7～8割まで拡大した。しかし、2012年に大統領に就任したオランド氏は、大規模な省エネルギーと再エネ開発を進め、原子力比率を2025年までに50%に縮減する減原子力等によって、フランスの“エネルギー転換”を実現するとの目標を掲げ、2015年制定のエネルギー転換法で法制化した。

2017年就任のマクロン大統領もこの方針を踏襲した。ただし、送電系統運用会社(RTE)の分析で、2025年の減原子力目標達成には、ガス火力の増設等によって温室効果ガスの排出量が2016年比で2倍近くに増えるとの分析結果を示したことから、政府は2019年エネルギー気候法において、減原子力達成時期を10年先送りし、2035年と定めた。

- **省エネルギー、再生可能エネルギー開発**

政府は、最終エネルギー消費を2012年比で2030年までに20%削減し、2050年までに50%削減する目標を示している。

再生可能エネルギーについては、EUの目標に合わせて、最終エネルギー消費に占める比率を2030年までに32%に高める目標が設定された。

2022年2月～：減原子力を撤回し、再エネと原子力の2つの柱を同時に推進する方針を表明

フランス政府による長期的な電力ミックスの検討に向け、送電系統運用者であるRTEが、2050年のカーボンニュートラル実現に向けた電力ミックスシナリオの検討を行った。2021年10月に示されたシナリオ分析の主要結果では、原子力のリプレースを行わず、再エネ比率が高いシナリオではコストが高く、再エネ拡大に加えて、原子炉新設や既存炉長期運転を行い、2050年時点での電源比率が再エネと原子力で50%ずつとなるシナリオが経済性が高いと評価した。

こうした分析を背景に、マクロン大統領は2022年2月の演説で、風力や太陽光などの再エネ拡大を進めると共に、環境、経済影響、コストなどの面からも、「再エネと原子力の2つの柱に同時に賭けるほか選択肢はない」と述べ、減原子力を撤回した。

2022年4月の大統領選でマクロン大統領は再選された。政府は2022年に再エネ開発加速法案、原子力新設加速法案をそれぞれ議会に送った。前者は2023年3月に施行、後者は2023年6月施行済み。

現行の多年度エネルギー計画(PPE)(2019年から2028年を対象)は減原子力政策に基づいている。2024年夏頃までに、2024年から2033年を対象とする次期の多年度エネルギー計画(PPE)が策定される見通しであり、減原子力の撤回の反映が見込まれる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電

2021年までの減原子力政策のもと、2020年に2基が閉鎖。しかし減原子力政策は撤回され、最大14基の原子炉新設を検討へ。CEA中心にSMRも開発中。いったん頓挫した革新炉も開発継続の意向。

減原子力政策のもと、フラマンヴィル3号機新設と引き替えに2020年にフェッセンハイム1、2号機を閉鎖

- **フラマンヴィル3号機（EPR）の建設**

国内EPR初号機となるフラマンヴィル3号機が2007年から建設中。当初2012年に運開予定だったが遅延し、2024年に商業運転開始の見込みである。

- **減原子力政策**

2012年発足のオランド政権は、2025年まで（のちに2035年に変更）に総発電電力量に占める原子力比率を50%とし、原子力発電設備容量に上限（6,320万kW。ほぼ現状で維持）を設ける減原子力政策を開始した。2017年発足のマクロン政権も当初この方針を引き継ぎ、2020年4月の多年度エネルギー計画（PPE）では2035年までに14基の既設炉を閉鎖、6基のEPR建設を検討し低炭素電源を確保しつつ、原子力を増やさない計画を示していた。この方針の一環として、フェッセンハイム原子力発電所の2基が2020年に閉鎖された。なお政府は、プラント閉鎖に伴う影響緩和の取組として、地域経済振興やEDF従業員の就業支援等を実施している。

2022年2月に減原子力を撤回、「フランスの原子力ルネッサンス」を宣言

RTEが2021年10月に公表した電源シナリオ分析の主要結論では、EPR最大14基、小型モジュール炉（SMR）数基を新設、既存炉を長期運転し、2050年時点の原子力容量を40GW程度とするシナリオが最も経済性が高いと評価。

その後2021年秋以降のエネルギー価格高騰、原子力のEUタクソノミー（持続可能な経済活動を指定し、その基準を定める枠組み）入り等を経て、2022年2月、マクロン大統領は改良型EPR（EPR2）6基の建設を決定するとともに、追加8基の建設を検討する方針を示した。また、2035年までの既存炉閉鎖を行わないとし、これにより2012年来の減原子力政策が撤回された。マクロン大統領はこのときの演説で、原子力を再エネとともに開発していく意向を示し、「フランスの原子力ルネッサンス」を宣言した。

原子力ルネッサンスに向けた取り組み

原子力の再拡大に向け、政府は体制強化の取り組みを進めている。政府は2022年7月、エネルギー主権強化を目的として、国内の全原子力発電所を所有運転するEDFを完全国有化することを発表した。この時点で政府はすでに84%を保有していたが、2023年6月8日までに全株式の取得を完了した。

2023年6月、今後の原子炉新設に向け、行政手続を合理化し、新設にかかる期間を短縮することを目的とした「原子力新設加速化法」が制定された。マクロン大統領は6基新設につづく追加8基について2024年夏には大枠を決定すると発言しており、減原子力政策の撤回以降初めて改訂されるPPEに新設計画が反映される見通しである。2024年内に新たなPPEが策定される。

国産SMRとしてNUWARDを開発中、高速炉開発も進める方針

政府はSMR、高速炉など革新炉開発に、2030年までに12億ユーロを投じる方針

- **NUWARDの開発**

フランスでは2019年から、原子力・代替エネルギー庁（CEA）、EDF、原子力艦船メーカ等が国産SMRであるNUWARD（17万×2ユニット：34万kW）を開発している。2023年3月にはEDF子会社としてNuward社が設立、2030年までの初号機建設開始をめざす。

- **高速炉開発**

日本も参加して開発が進められてきた第4世代ナトリウム冷却高速炉（SFR）原型炉ASTRIDについては、2019年にフランス政府が、第4世代炉の産業展開は今世紀後半以降になるとの見込みを理由に実証機を建設しない方針を示した。しかし2021年10月には、改めて高速炉含めた革新炉開発を進める方針が示された。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

Orano社がウラン資源調達から再処理まで一貫したサービスを提供。現政権は、再処理を継続するとともに、マルチサイクルの実現を目指す方針。

Orano社が、ウラン資源調達から再処理まで一貫したサービスを提供

フランスではウラン採掘から放射性廃棄物の最終処分まで、燃料サイクルの全領域がカバーされている。特に、国が株式の大半を所有するOrano社が提供するウラン資源調達から再処理まで一貫したサービスが、仏原子力産業の特徴である。

フロントエンドでは、Orano社（旧AREVA NC社）がカナダ、ニジェール、カザフスタン等にウラン権益を有し、輸入したウラン資源を国内の燃料サイクル施設（転換、再転換、濃縮施設、燃料加工施設）において燃料に加工している。またバックエンドでは、原子力発電所で発生する使用済燃料を再処理してリサイクルする“クローズド燃料サイクル”政策が採用されている。

ラ・アーグプラントで使用済燃料の再処理を実施

フランスは一貫して、使用済燃料を再処理する方針である。

EDFの原子炉から取り出された使用済燃料は、サイト内の燃料プールにおいて1～2年間貯蔵された後、Orano社のラ・アーグプラントに輸送され、同プラント内の燃料プールで3～5年間貯蔵された後に、再処理が行われる。再処理で抽出されたプルトニウムは、マルクールのMELOXプラントにおいて混合酸化物（MOX）燃料に加工され、EDFの一部の原子炉に装荷されている。

2022年までの減原子力政策下においても核燃料サイクルを含むバックエンド政策は変わらず、再処理を継続する方針が示されていた。

高速炉等を活用したマルチサイクルの実現を目指す

CEAは、中期的にはEPRでのマルチサイクルを実施し、長期的には高速炉でのマルチサイクルの実現を目指す方針を掲げており、マルチサイクルに係る研究開発を実施している。マクロン現政権も、放射性廃棄物発生量の最小化などの観点から、高速炉開発を進めていく方針である。

2023年5月には、Orano社とわが国の電気事業連合会がMOX燃料リサイクルの実証研究を協働で行うことを発表している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分

放射性廃棄物管理機関（ANDRA）が高レベル放射性廃棄物処分の実施主体で、地層処分場のパイロット操業フェーズの開始に向けて2023年1月に設置許可申請を提出。極低・低中レベル放射性廃棄物は浅地中処分の方針。

政府は可逆性のある地層処分を標準オプションとする方針。ANDRAは2023年1月に設置許可申請を提出

● **高レベル放射性廃棄物、長寿命の中レベル放射性廃棄物の処分に係る方針**

1991年に制定された放射性廃棄物管理研究法に基づき、高レベル放射性廃棄物および長寿命の中レベル放射性廃棄物の管理について、(1)地層処分、(2)核種分離・変換、(3)長期地上貯蔵、に関する研究が15年間にわたって実施された。この結果、2006年6月に放射性廃棄物等管理計画法では可逆性のある地層処分を標準オプションとして採用する方針が示された。

● **地層処分場プロジェクトに係る状況**

処分の実施主体であるANDRAは、地層処分場の立地候補区域として、ビュール地下研究所近傍の30km^{2}の区域（ZIRA）を2009年に政府に提案し、政府もこれを承認した。

ANDRAは、地層処分場の本格操業フェーズに先立って2030年頃にパイロット操業フェーズを開始する計画であり、2023年1月に設置許可申請を提出した。2022年7月には、未取得の地層処分場用地取得に必要な、「公益宣言（DUP）」が政府により発出されている。

なお政府は2016年、140年間にわたる地層処分場プロジェクトの全てのフェーズにおいて発生する総コストの目標額を250億ユーロとすることを決定した。

極低・低中レベル放射性廃棄物処分は浅地中処分の方針だが、極低レベル放射性廃棄物の管理方針の見直しを検討中

● **極低レベル放射性廃棄物等の処分に係る方針**

半減期が100日以下と非常に短い核種を含む廃棄物は、発生サイトで放射能を減衰させる。

原子力施設の運転・保守および廃止措置によって発生する極低レベル放射性廃棄物は、浅地中に処分する方針であり、モルヴィリエに処分場が設置されている。同処分場は、2029年までに当初許可の処分容量に達する見込みとなったため、拡張が計画されており、2023年4月に容量拡大の許可が申請された。

また今後、原子力発電所の大規模な廃止措置に伴う極低レベル放射性廃棄物の増加が想定され、その管理が課題となっている。現状、フランスではゾーニングの考え方が採用されているが、極低レベル放射性廃棄物管理方針の最適化のため、金属廃棄物の溶融によるリサイクルの促進や、産業廃棄物処分場への処分等、管理方針の見直しが検討されている。

● **低中レベル放射性廃棄物の処分に係る方針**

原子力施設の運転および廃止措置から発生する低中レベル放射性廃棄物のうち、半減期が30年以下の核種を含む廃棄物については、一部を除き浅地中に処分する方針であり、東部オーブ県に処分場が設置されている。

低レベル放射性廃棄物のうち、半減期が30年以上の核種を含む廃棄物（低レベル長寿命放射性廃棄物：FAVL）は、深さ約20mの浅地中処分を検討している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制・立地政策取り組み

ASNはIRSNの支援を受けつつ原子力安全規制を担う。ASNが定期安全レビュー（PSR）の審査の枠組みで、原子炉の今後10年の運転継続可能性について立場を示すことで、原子炉の50年、60年～の運転継続を確認。

ASNはIRSNの支援を受けつつ安全規制を担う。補完的安全性評価を受け、EDF等は安全機能の確保を進める

- **安全規制に係る活動**
  2006年の原子力安全・情報開示法に基づき、ASNが発足し、技術支援機関（TSO）である放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）の支援を受け、国内の原子力施設における活動を監督している。
- **福島第一原子力発電所事故後の規制動向**
  フランスでは福島第一原子力発電所事故を受けて、事業者とASNが原子力施設に対する補完的安全性評価（ECS）を実施した。その結果ASNは、即時閉鎖が必要な施設はないと判断したが、安全強化策として、異常な状況でも基本的な安全機能を管理するための設備や体制から構成される“ハードコア”の構築を事業者に要請し、EDF等の事業者はその対応を進めている。
- **溶接部腐食の問題への対応と影響**
  フランスでは2021年に一部の原子炉で配管溶接部に応力腐食が確認され、ASNはEDFに対し、分析・調査及び管理プログラムの提示を命じた。EDFは2022年3月に調査結果及び対応計画をASNに提出した。この計画に基づき、フランスでは複数の炉が順次、対応や点検、予防メンテナンスに入る。EDFは16基の炉（P’4シリーズ、N4シリーズ）を優先しつつ、2025年までに全炉を検査する。
- **ASNとIRSNの統合法案**
  2023年12月政府は、ASNとIRSNを統合し新たな独立行政機関として原子力安全・放射線防護機関（ASNR）を設立する法案を提出した。最大14基の新設計画に加え、既存炉の運転期間延長や新型炉の開発、サイバー脅威や温暖化への対応など今後の原子力政策遂行の体制を強化する。2024年2月の上院修正案では名称に「独立」と追加することや、利益相反防止を目的とした外部委員会の設置、人事規定の変更、調査結果の公表による透明性の向上などを提案した。2025年1月までの統合を目指す。

全原子力施設の周辺にCLIが設置され、地元と事業者とのコミュニケーションを仲介

フランスでは環境法典に基づき、原子力施設を含む大規模なエネルギー施設の周辺に地元と事業者とのコミュニケーションを仲介する地域情報委員会（CLI）が設置されている。CLIは全ての原子力施設について設置が義務付けられており、CLI会合には事業者や規制機関の代表が参加してCLIメンバーへの情報提供等を行っている。またCLIは、メンバー以外の一般公衆も参加可能な、公衆向け情報提供のための会合を、少なくとも年1回は開催することが義務付けられている。

なお、CLIの活動資金は国と地方自治体によって負担されるが、具体的な負担方法は国と地方自治体が協定を結んで決定している。

既設炉は長期運転する方針。60年超運転に向けた検討を開始

2023年8月ASNはトリカスタン1号機に対し、第4回定期安全レビュー（PSR）の審議結果として、同国初の40年超運転を承認した。

ASNは2021年2月、国内32基の90万kW級原子炉の10年間の運転継続は可能との立場を表明しており、これらの原子炉は基本的に50年間の運転が可能となった。ASNはこの立場を示すにあたり、運転継続に必要な補完的措置をEDFに指示しており、今後2031年にかけて実施する各原子炉の定期安全レビュー（PSR）の枠組みで、これらの措置を実施する。その後、各炉の10年間の運転継続が可能であることをEDFが示し、ASNが確認することで、それぞれの炉の50年間の運転継続が確定することになる。

なお、マクロン政権が2022年2月に減原子力政策を撤回、安全である限り既存炉を運用していく方針を示したことなどから、2023年に入り、60年超運転に向けた検討も、EDFとASNにより進められている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

フラマンヴィル3号機1基のみ建設中。同機は2007年に建設が開始されたが、度重なる工期の遅延等により運開予定は2024年以降に遅れ、建設コストも増大。

建設中のフラマンヴィル3号機の工期が遅延し建設総コストが増大

- **フラマンヴィル3号機の建設状況**

現政権が国内の原子力発電を縮減する方針をとっていることもあり、現在国内で建設が進められているのは、フラマンヴィル3号機（EPR）1基のみである。同機は2021年8月に運転認可を取得した。同機の運開時期は当初2012年とされていたが、度重なる工期の遅延等により、商業運転開始予定は2024年にずれ込んだ。コストは2019年時点の見積で124億ユーロ（2015年価額）、2022年12月時点の見積で132億ユーロとされている。なお、2020年7月の会計検査院報告書では、上記コストに資金調達コスト等も含めた建設総コストが191億ユーロにのぼる可能性も指摘された。

政府の依頼でこの問題を分析した元PSAのフォルツCEOの2019年の報告書では、建設遅延とコスト上昇の原因として、プロジェクトの規模や複雑さ、最初の計画と見積の甘さ、不適切なプロジェクトマネジメント体制、規制対応、新設が途絶えたことによる事業者の技能喪失等が指摘された。

表　フランス国内で建設中の原子力プラントの状況（2024年3月現在）

プラント名	基数	炉型	建設開始時期	運開予定
フラマンヴィル3号機	1	EPR	2007年12月	2024年

既存炉を2035年までに閉鎖する方針を撤回、60年超運転の検討着手へ

減原子力政策に基づき、2020年4月の多年度エネルギー計画（PPE）では、90万kW級原子炉14基を、運開から最大50年で2035年までに段階的に閉鎖していく計画が盛り込まれていた。しかし2022年2月、マクロン大統領は演説において、運転中の原子炉は安全性が確保される限り運転を継続すること、50年超に向けた運転の条件検討をEDFと安全規制機関に求めることを表明した。2023年に入ると、規制当局である原子力安全局（ASN）のトップが、EDFに対し60年超運転に向けた検討の着手を促す発言を行うなど、既存炉の利用継続への動きはさらに強まっている。

改良型EPR（EPR2）を6基建設、さらに8基の追加も検討

2020年4月のPPEでは、既存炉を閉鎖する一方で、2035年以降の低炭素電源確保のため、EPR6基の建設を検討する方針が示された。

2022年2月の演説で、マクロン大統領は、EPR2を6基建設する方針を示すと共に、さらに追加で8基建設することも検討することを表明した。8基追加が決まれば、2050年までにEPR2が14基建設されることになる。

6基は2基ずつ、既存の3カ所のサイトに建設される。1カ所目はパンリーで、早ければ2035年の運開が見込まれる。2022年10月に、同地での建設計画に関する公開討論が開始された。2カ所目はグラブリーヌ、3カ所目はビュジェイが予定されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：ベンダー・電気事業者動向

AREVA社の再編と政府資本注入、米国に売却した原子力関連事業の買い戻しによる「再フランス化」など、国内原子力産業の強化を図る。EDFも完全国有化し政府主導で原子力発電事業を展開。

政府主導の再編で、AREVA社の事業がOrano社とFramatome社に分割

フランスでは国が株式の大半を保有するEDFが発電事業を行い、2001年に発足したAREVA社がフロントエンドからバックエンドまで一貫した燃料サイクルサービスや、原子炉サービスを提供してきた。しかしAREVA社は2011年以降、福島第一原子力発電所事故の影響もあり、経営状況が大幅に悪化し、政府の主導でAREVA社が担っていた各事業は分割された（下表参照）。原子炉サービスは、Framatome社としてEDFの傘下に入ることになった。

AREVA社本体およびOrano社に対して政府は、公的資本注入も含めて総額50億ユーロの増資を実施し、2017年にはAREVA社本体に対する20億ユーロの増資が実施された。 また政府は同年、クウェート投資庁等の少数株主が保有する株式、市場で取引されている株式を買取り、AREVA社本体のほぼ100%の株式を政府が保有するに至っている。

政府は現在、Orano社の株式の約7割を保有している。なお同社には、2017年に25億ユーロの政府増資が行われ、2018年には三菱重工業と日本原燃（JNFL）からそれぞれ2.5億ユーロの増資が完了した。

表　AREVA社が担っていた各事業の分割状況

事業	状況
燃料サイクル部門	旧AREVA NC社の鉱業部門、フロントエンド部門およびバックエンド部門の資産・負債が移管され、燃料サイクル事業に特化するOrano社が設立された。
原子炉サービス部門	原子炉サービス部門AREVA NP社の下に子会社NEW NPが設置され、その株式の75%をEDFが2017年末に取得した。NEW NP社は2018年に、Framatome社と改称している。 同社には、EDFのほか、三菱重工業が15%、Assystem社が5%出資している。 なお、EDFは自社とFramatome社のエンジニアリング部門を統合した新会社EDVANCEを設立している。

EDFの完全国有化

ボルヌ前首相は2022年7月の所信表明演説において、「エネルギーの未来をコントロールし、フランスの主権を守る」ためとして、EDFを完全国有化し、原子力拡大に向けた体制を強化する方針を示した。政府は同年11月に、政府以外が保有する株式（16%分）の買取を開始した。当初は2022年内の買収完了を目指していたが、訴訟により遅れ、2023年6月8日に完了した。

2030年の初号機生産に向け、SMR、超小型炉開発の新会社が設立

フランスでは国産炉として大型炉EPR、小型モジュール炉（SMR）のNUWARDに加え、さらに小型の超小型炉開発の動きも活発化している。2021年11月29日には、XSMR（最大40MW、溶融塩炉）を開発するNAAREA社が設立された。NAAREA社は2030年までにXSMRの初号機生産を目指すとしている。SMRについても、2023年3月にEDF子会社としてNuward社が設立、2030年までの初号機建設開始を目指す。

EDFが米GEスチームパワー社から原子力事業の一部を買収、再フランス化

2022年2月10日にEDFが、米GEスチームパワー社の原子力事業の一部買収で同社と合意した。これにより仏ALSTOM社の原子力事業売却で、米GEスチームパワー社の傘下に入っていた原子力発電所向けタービン製造事業などが、再度フランス企業の傘下に入ることになった。マクロン大統領は同日に、EPRの新設方針を発表したが、その演説は仏東部ベルフォールにあるタービン工場で行われたものである。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向(1)

フランスは、原子力産業の海外進出を積極的に支援。Framatome社がEDFの傘下に入り、さらにEDFが完全国有化されることで、国の主導のもと、海外進出もEDFが一体的に担う体制に。

フィンランドのオルキルオト3号機が、2023年に商業運転開始

- **オルキルオト3号機が運転開始**

AREVA社と独シーメンス社のコンソーシアムが、オルキルオト3号機としてEPRを建設。同機は当初2009年に運開予定であったが工期は大幅に遅延し2019年に運転認可が発給された。同機は2021年12月に初臨界を達成し、2022年3月に送電を開始、2023年4月に商業運転を開始した。

遅延に伴う追加コストの負担をめぐって、コンソーシアムとフィンランド林業関係電力会社(TVO)が対立しており、国際商業会議所(ICC)による仲裁手続きが行われていた。EDFはFramatome社の株式を取得するにあたり、OL3プロジェクトに係る負債の切り離しを条件としており、同プロジェクトの負債はAREVA社本体に残っている。

- **補償等の状況**

2018年にはTVOとコンソーシアムが包括合意を結び、ICCの仲裁手続きについては、コンソーシアム側が4.5億ユーロの賠償金をTVOに支払うことで決着した。また、2019年末までに完遂した場合にはコンソーシアム側が最大1.5億ユーロのインセンティブを得る一方で、それまでに完遂できなかった場合には最大4億ユーロの罰金をTVO側に支払うことが取り決められた。

その後2021年5月に両者は、AREVA社の設置する信託機構に、コンソーシアム側が2021年内に約6億ユーロを払い込みプロジェクト費用に充てること、および2022年2月末までにプロジェクトが完了しなかった場合には、遅延日数に応じた追加補償をTVOに支払うことで合意した。

EPR世界初号機は中国で運開。仏中両国は中国における再処理プラント建設も検討中

EDFとAREVA社が台山サイトでEPR2基を建設した。2018年運開の 1号機は、EPRとして世界最初の運開ユニットとなった。2号機も2019年に運開した。

仏中両国は再処理分野での協力も進めており、2013年にはAREVA社(当時)と中国核工業集団公司(CNNC)との間で、中国における再処理プラント建設契約締結に向けた基本合意書(LOI)が締結された。その後、2019年にはマクロン大統領の訪中に合わせて再処理プラント建設に関する協力覚書(MOU)が締結され、最終的な合意に向けて金額やプラントの立地に係る協議が進められている。

英国でEDF子会社が建設中のEPR2基は、工期遅延とコスト増の見通し。他にも英国でEPR2基の建設を計画

EDF子会社のEDFエナジーが、英国ヒンクリーポイントC(HPC)サイトでEPRを建設中。また、サイズウェルCサイトでEPR2基の建設を計画している。

HPCの2基のEPR建設に関してEDFは2021年1月、新型コロナの影響等による遅延とコスト増大を発表した。1号機の運開は2025年末から2026年6月にずれ込み、建設総コストは2019年時点の見積額の215～225億ポンドから220～230億ポンド(いずれも2015年価額)に増加する見通しである。さらにEDFは2024年1月、プロジェクトの工期と建設費用に関するシナリオ分析を行った。ベースシナリオでは2030年の運転開始、総費用は最大340億ポンド(2015年価額)と試算している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向(2)

EDFはチェコのドコバニ増設の入札でEPR1200の建設を提示。ポーランドでは最初の3基が米国WH社に決まったが、引き続きEPRの建設を目指す。インドでのEPR建設に向けた協議も継続中。欧州の原子力積極国によるイニシアチブ「欧州原子力アライアンス」を主導し、EUに原子力支援拡大を呼びかけ。

インドでのEPR6基の建設に向けた協議

フランスとインドは2008年に原子力協力協定を締結し、インドのジャイタプールに最大で6基のEPRを建設するための協議を行ってきた。しかし、2010年に成立したインドの原賠法には原子力発電事業者による原子炉メーカーや供給者への求償権についての規定が含まれており、原子炉メーカーにとって大きな投資リスクがあることから、協議は停滞。その後2016年にインドが「原子力損害の補完的補償に関する条約」を批准したことで問題が一定程度クリアになり、2016年にEDFとインド原子力発電公社(NPCIL)が6基のEPR建設契約締結に向けた協議に関するMOUを締結し、2018年に両社は建設に関する枠組協定を締結した。その後2021年4月にはEDFが、6基のEPR建設に向けたエンジニアリング調査や機器提供の包括的な条件を示す拘束力のある提案を、NPCILに提出したが、その後具体の進展は見られていない。

なお当初、プロジェクトはAREVA社(当時)が主導して提案していたが、同社の経営悪化を受けてEDFが主導する体制に変更されている。

ASNは欧州他国の原子力安全当局と合同でSMRに関するレビューを実施

2023年9月、ASNはフィンランド当局(STUK)、チェコ当局(SUJB)と合同で、フランス国産SMRのNUWARDの安全性に関する検討結果を発表した。各規制当局の要件・実務・経験などを比較し、標準化されたモジュール炉開発のためのデータをNUWARD社と共有した。早い段階で設計への理解を深めることで、規制上及び技術上の課題について議論。この取り組みは拡大しており、2023年12月にもその第2段階をスウェーデン(SSM)、ポーランド(PAA)、オランダ(ANVS)の規制当局を加え継続している。

EDFはチェコの4基増設プロジェクトに入札。米国の脱落によりライバルは韓国

チェコの原子力発電所増設プロジェクトでは、EDF、米WH社、韓国水力原子力(KHNP)の3社による入札が行われていたが、2024年1月に米WH社は脱落。同時にチェコ政府はドコバニに1基建設としていた入札内容を、ドコバニ2基・テメリン2基の計最大4基に変更。一括発注によるコスト低減と建設プロセスの最適化を目指す。2024年6月までに契約者を決定する見通し。チェコでは既存のドコバニとテメリン周辺の送電インフラ等の関係から、増設炉を120万KW級までのPWRとしており、EDFはEPR(160万kW)の小型版であるEPR1200を提案、KHNPはAPR1000(APR1400の小型版)を提案している。

フランス主導で欧州原子力連合を発足

フランス主導の「欧州原子力連合」が2023年2月に発足。2050年までに、大型炉とSMR合計で最大150GW(30-45基)の新設を目指す。同連合は脱炭素化における原子力の重要性を、EUレベルで認識するために大きな役割を果たしている。2024年2月に欧州委員会が設立した欧州SMR産業連合のイニシアチブも、同連合の活動の成果の一部である。今後の主要目標として資金調達、2040年エネルギー政策策定に向けた最新のシナリオ分析、原子力産業バリューチェーンの強化などをあげている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- 大統領府
- 首相府
- エネルギー移行省
- 会計検査院
- ASN
- ANDRA
- AREVA社
- CEA
- EDF
- EDFエナジー
- ENGIE社
- Alstom社
- 中国国家能源局
- NAAREA社
- Assystem社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

カナダ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

州により電源ポートフォリオは大きく異なるが、オンタリオ州では50%以上を原子力で賄う。
2021年6月には2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロ目標を掲げた法律が成立。

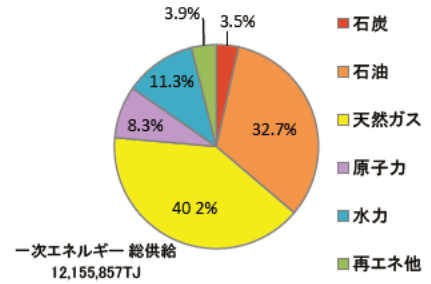
● 基本情報

基本情報	面積	998.5万km²	人口	3,699万人
	公用語	英語、仏語		
	通貨	1カナダドル=110円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	立憲君主制(イギリス型議院内閣制と連邦主義に立脚)		
	議会	二院制。上院(105議席)、下院(338議席)、主要政党:自由党保守党、ブロック・ケベコワ		
	政府	国家元首　チャールズ3世国王(但し、総督が国王の代行を務める。現総督は、メアリー・サイモン) 首相　ジャスティン・トルドー		
経済	GDP	1兆9,906億米ドル(2021年名目、世界銀行) 成長率　4.6%(2021年、カナダ統計局)		
	経済の特徴および概況			
	世界的な原油及び食料価格の高騰や足許のサプライチェーンの断絶の影響等により恒常的な超過需要が起こっており、2021年には1%～4%台後半で推移していた消費者物価指数(CPI)は、2022年に入り5%台～8%台にまで上昇している。この状況を踏まえて、カナダ中央銀行は、2022年3月から10月の間に6回の政策金利の引き上げを行っており、引き続きインフレ動向が注目される。			

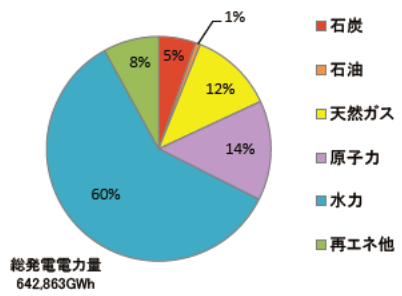
● エネルギー

・保有資源 原油(シェールオイルを含む):29,252(百万トン) 石炭:315,786(百万トン) 天然ガス:1兆9,870億(立方メートル) ウラン:357,500(トン)
・一次エネルギー供給 1,215万テラジュール
・エネルギー自給率 185.7%(原子力含)、177.4%(原子力除)
・一次エネルギー供給における 原子力シェア:8.3%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)



● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:37,322　水力:81,396　原子力:14,033　その他:16,011
電力供給体制の概要	州によって異なるが多くが発送配電一貫型で、州営、公営の電気事業者が電力供給する地域が多い。ただし、私営事業者も存在。なお一部の州では電力市場が自由化されている。
電源種別発電電力量	
水力発電の資源量が多く、電源種別発電電力量でも全体の6割前後を水力発電が占める。構成比は州によって大きく異なり、化石燃料資源の少ないオンタリオ州などの東部では原子力発電の割合が高い。	

電力最終消費量(百万kWh)	524,636	発電電力量(百万kWh)	642,863	電力純輸入量(百万kWh)	-47,377
運転中の原子力プラント	19基(PHWR)	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

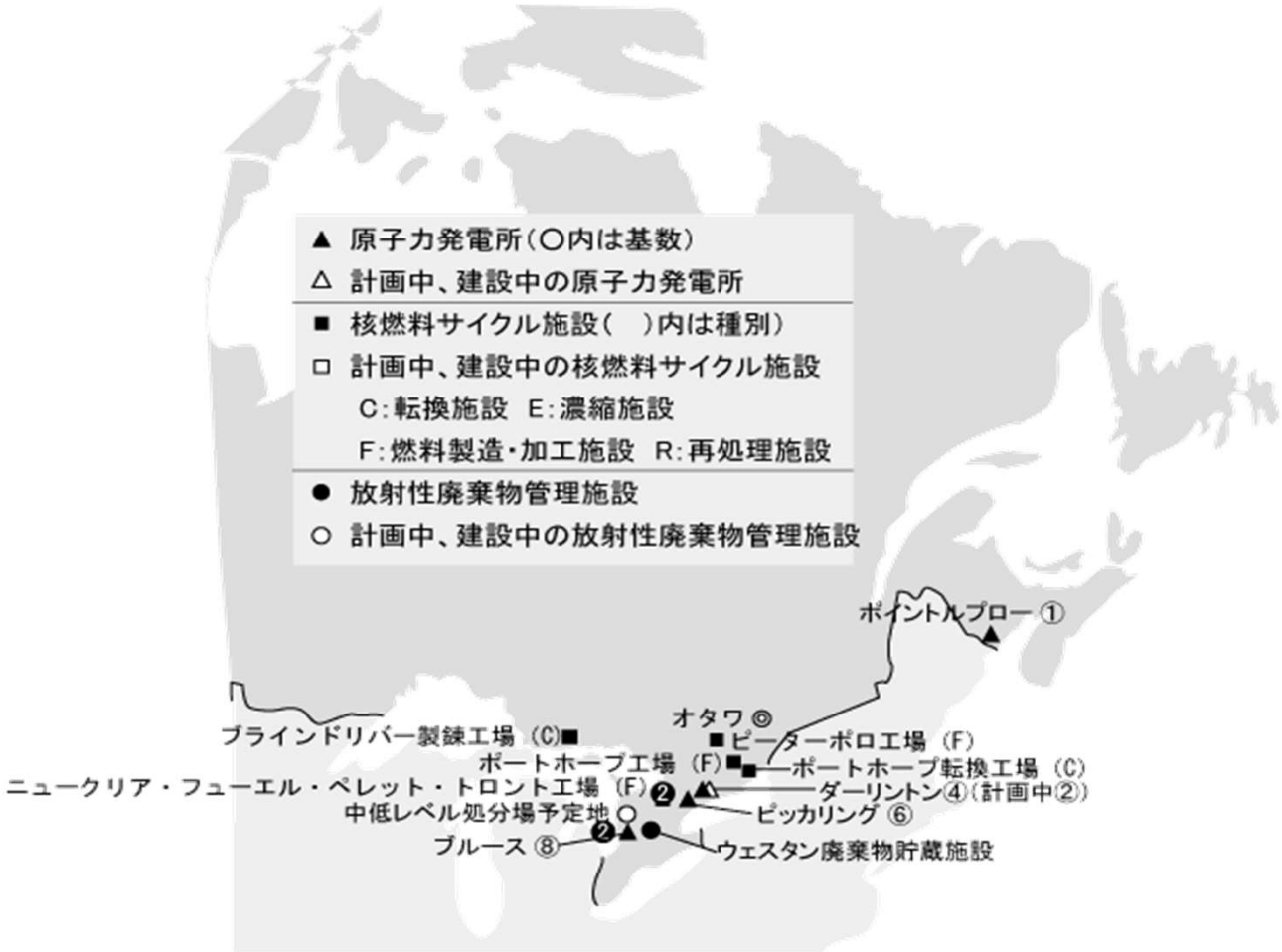
カナダエネルギー規制機関(CER)が2023年6月に公表したエネルギー予測では、カナダが2050年にネットゼロを実現し、他国も温暖化を1.5度に抑えられるとしたシナリオにおいて、2050年の電力消費量は2022年実績と比較して2倍以上増加すると見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量:1,362.4万kW　発電電力量:817億kWh

運転中:19基(PHWR19基) 建設中:0基 計画中:2基 原子力シェア:12.9%

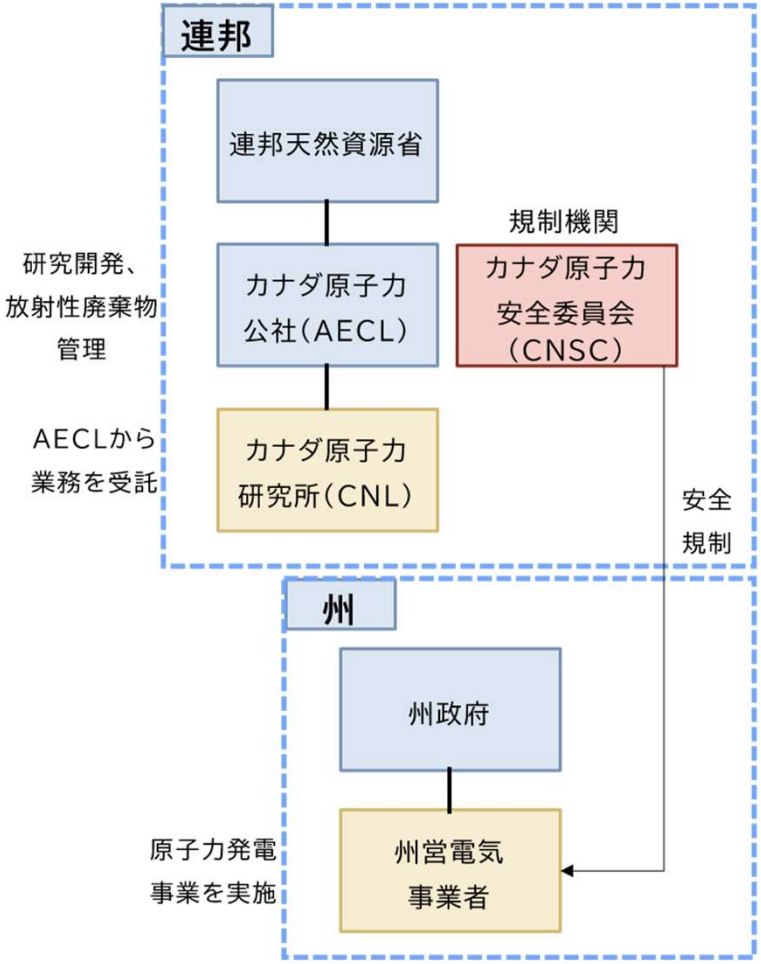


Copyright © Mitsubishi Research Institute

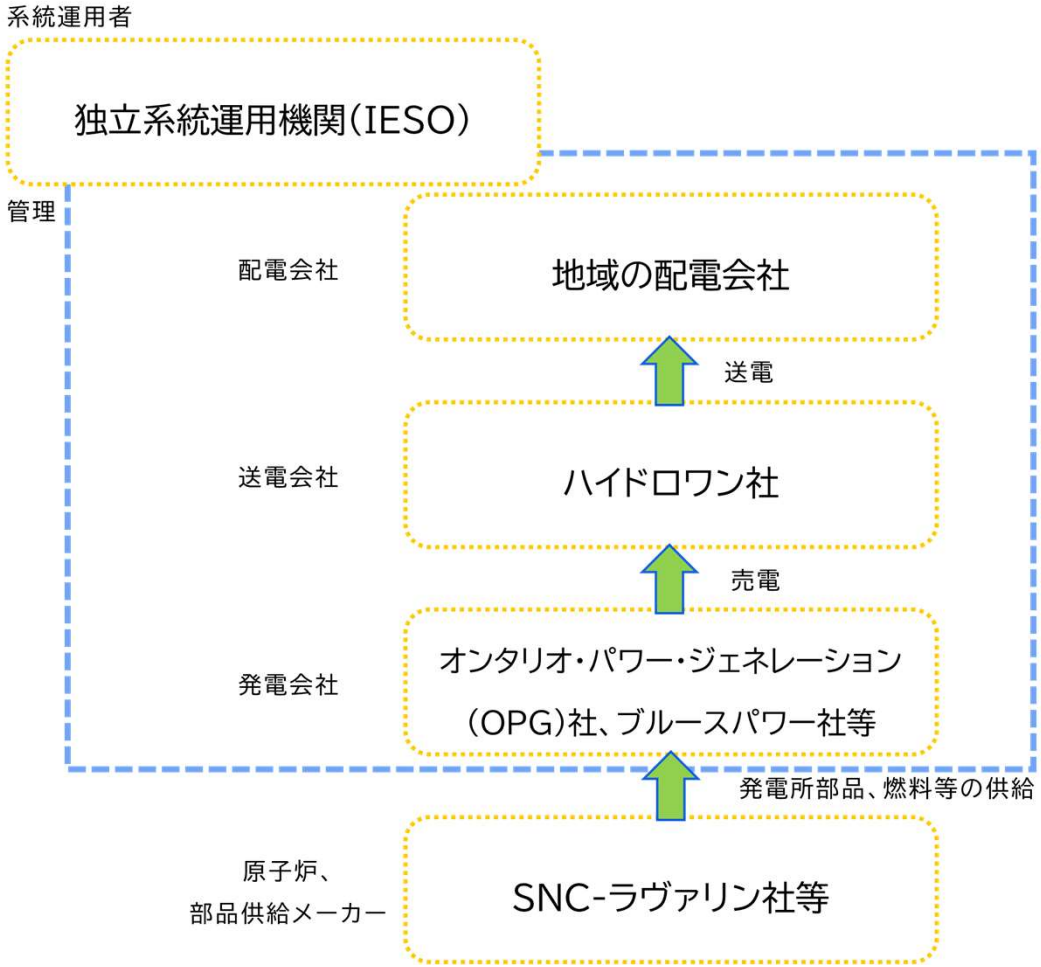
原子力業界構造

州営電気事業者が原子力発電事業を実施しており、CANDU炉の開発等も自国で実施されている。
連邦制国家であるが安全規制は連邦機関のカナダ原子力安全委員会（CNSC）が所掌している。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造（メーカー以外はオンタリオ州の事例）



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロ実現を目標とする法律が制定されるなど、気候変動対策を推進。2035年までに電力分野のネットゼロを達成する方針。

2021年6月に、国の温室効果ガス排出ネットゼロ達成の目標年を2050年とする法律が成立

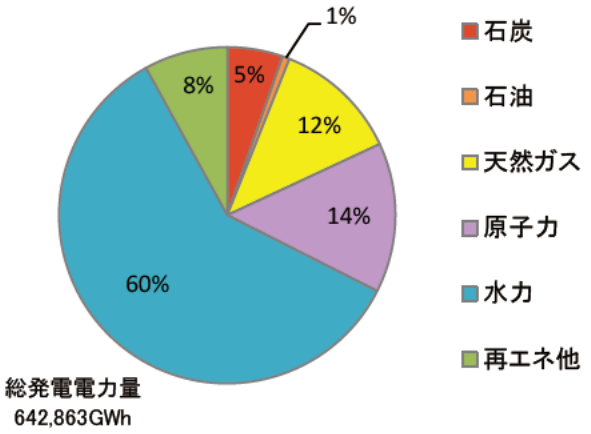
2021年6月29日、「2050年までに温室効果ガス排出ネットゼロを達成するためのカナダの取組の透明性と説明責任に関する法律」（略称「カナダネットゼロ排出説明責任法」）が成立。同法は、連邦政府に対して以下を義務付けている。

- 2030、2035、2040、2045年の排出削減達成目標の設定
- 2030年の目標設定後、実現のための取り組みを決定
- 上記の排出削減目標を達成するための計画の策定
- 上記の排出削減目標達成に向けた進捗報告書の作成
- 連邦政府に2050年ネットゼロ実現に向けた助言を行う「ネットゼロ諮問組織」の設置
- 環境と持続可能な開発委員会に対して、連邦政府が実施した気候変動緩和措置に関する検証と報告書作成を義務付け

連邦政府は2035年までに電力分野のネットゼロを達成する方針を公表

カナダ連邦政府は2016年11月、2030年までに電力の90%をカーボンフリー電源で賄うことを決定した。その後、2021年12月に連邦政府は、2035年までに電力分野のネットゼロを達成する方針を公表している。

カナダの電力の80%は既にカーボンフリー電源によるものであるが（下図参照）、環境保護法関連規則の改正による石炭火力発電所の廃止加速などで、さらにカーボンフリー電源の割合を向上させる方針。



カナダの電源種別発電電力量（再掲）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電

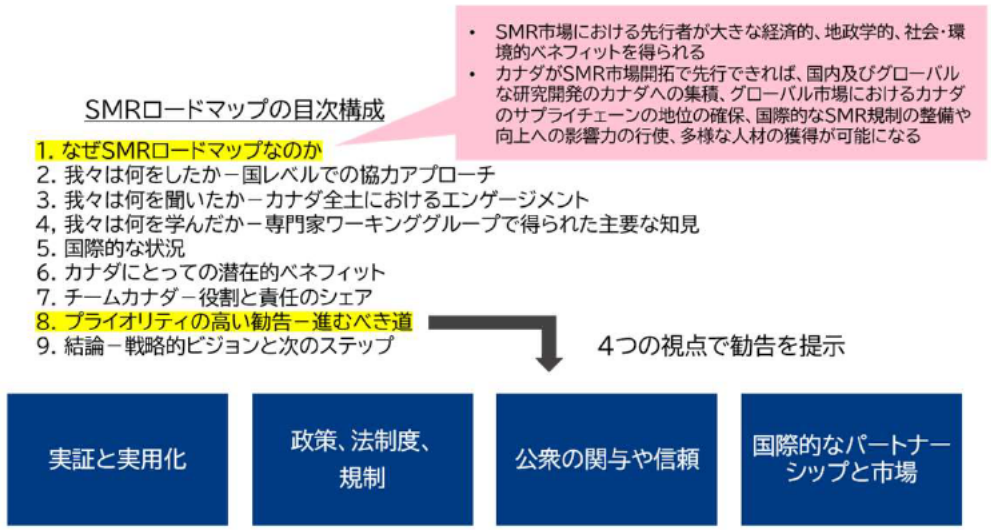
連邦政府が中心となり「SMR（小型モジュール炉）ロードマップ」や「SMRアクションプラン」を策定して、SMRの実用化に向けた取組を推進

「SMRロードマップ」の策定

カナダの州政府や電気事業者らで構成される「SMRロードマップ策定委員会」は2018年11月、SMRによる低炭素社会の実現や国際的な開発競争における主導権の確保に向けたロードマップを策定し、連邦・州政府や事業者らに、資金やリスクシェアの体制、効率的な許認可制度の構築等を促す勧告を提示した。ロードマップは次のステップとして、関係するステークホルダーに対し、SMRアクションプランの策定等のコミットメントを伴う具体的な行動が必要としている。

なお、2022年10月には「SMRロードマップ」の進展に関するアップデートが公表されている。

図「SMRロードマップ」の構成と4つの勧告の視点



ロードマップはSMRの適用対象の候補として、
送電網が整備された地域での発電、未整備の地域での発電及び工業利用を提示

連邦政府による「SMRアクションプラン」の公表

連邦天然資源省が2020年12月、「SMRアクションプラン」を策定したことを公表。

「アクションプラン」では500件以上の実施項目（アクション）が設定されており、それぞれの項目は、「SMRロードマップ」で提示された53件の勧告に紐づけられている。また実施項目は、実証・実用化、政策・法制度・規制、能力・関与・公衆の信頼、および国際的パートナーシップと市場の4分野に分類されている。

実施項目ごとに責任を負う組織が定められるとともに、ウェブサイト上において、項目ごとにステータス（実施前、実施中、完了）が示されている。アクションプランに示された各実施項目の実施を担うのは、連邦政府機関や事業者、SMRベンダー等、11のカテゴリーに区分された121組織である。

表「SMRアクションプラン」の参加組織の区分と参加組織数

区分	参加組織数	区分	参加組織数
連邦政府機関	5	学界・研究機関	10
州・準州	7	産業組織・協会	13
先住民関連組織	6	重電会社	7
自治体	5	EPC企業とそのバリューチェーンの構成企業	32
電気事業者等*	5		
社会・教育組織	18	SMRベンダー	11

「電気事業者等」には電気事業者4社の最高経営責任者（CEO）が参加するCEO SMRフォーラムを含む。

出所）SMRアクションプランウェブサイトの情報に基づき三菱総合研究所にて作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：非発電用途

「SMRアクションプラン」では、SMRの活用方法の一つとして、遠隔地における熱や電力供給のための利用を想定。CANDU炉では放射性医薬品の製造を実施。

「SMRアクションプラン」におけるSMRの活用・実用化に向けたストリーム

「SMRアクションプラン」では、SMRの開発・実用化に向けて3つのストリームを設定。そのうちの一つは、遠隔地における熱や電力供給のためのSMRの活用。
具体的な検討内容は以下の通り。

- 遠隔地のディーゼル発電機を代替し熱や電力を供給するためにマイクロSMRを導入
- ウルトラ・セーフ・ニュークリア社（USNC）のマイクロモジュール炉（MMR）と、ウェスティングハウス（WH）社のeVinciが、導入されるマイクロSMRの候補
- MMRは、カナダ原子力研究所（CNL）のサイトにおけるSMR建設のためのベンダー選定競争の先頭に立つ炉型（「国内動向：新増設計画」のスライド参照）

原子力発電事業者による放射性医薬品の製造

オンタリオ州でブルース原子力発電所を運転しているブルース・パワー社は、同発電所のプラント（CANDU炉）を利用して医療機器や個人防護具の滅菌に使用されるコバルト60を生産しており、2019年にはコバルト60を用いる医薬品の生産を開始した。

同じくオンタリオ州の州営電気事業者であるオンタリオ・パワー・ジェネレーション（OPG）社は、ダーリントン原子力発電所において、同発電所のプラント（CANDU炉）を利用してBWXTカナダ社と協力してモリブデン99の生産を開始する予定であり、生産試験が完了している。

表「SMRアクションプラン」におけるSMRの開発・実用化に向けた3つのストリーム

	特徴	想定ベンダー・炉型	関係電気事業者	サイト	実用化の目途
ストリーム1	送電網への併入を前提としたSMRの開発・実用化	BWRX-300（GEH社）	OPG社、ブルースパワー社、SaskPower社	オンタリオ州ダーリントン	2028年
				サスカチュワン州	2032年
ストリーム2	CANDU炉の使用済燃料の再利用	ARC社（ARC-100）、モルテックス社（安定溶融塩炉－廃棄物バーナー）	ニューブランズウィックパワー社	ニューブランズウィック州ポイントルプロー	2030年代中期
ストリーム3	遠隔地のディーゼル発電機を代替し熱や電力を供給	WH社（eVinci）、USNC（MMR）	OPG社（MMRプロジェクトに参画）	CNLのサイト	2026年頃

TE社：テレストリアル・エナジー社、OPG社：オンタリオ・パワージェネレーション社、GEH社：GE日立ニュークリアエナジー（GEH）社、WH社：ウェスティングハウス社、USNC：ウルトラ・セーフ・ニュークリア社、MMR：マイクロモジュール炉、CNL：カナダ原子力研究所
出所）SMRアクションプランウェブサイトの情報に基づき三菱総合研究所にて作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

カナダには豊富なウラン資源があり、国内でウラン採掘、製錬、転換、燃料加工を実施。CANDU炉は天然ウランを濃縮することなく利用可能なため、濃縮は行っていない。

カナダの核燃料サイクルの概要

カナダには豊富なウラン資源があり、ウラン採鉱と製錬が仏Orano社（旧AREVA NC社）の子会社やカメコ社により行われている。またウラン転換はカメコ社が、燃料加工は同社と米BWXテクノロジーズ（BWXT）社の子会社のBWXTカナダ社がそれぞれカナダ国内で実施している。

カナダでは豊富なウラン資源を背景に、天然ウランを濃縮することなく直接燃料として使えるCANDU炉が開発されてきた。CANDU炉から発生する使用済燃料の再処理・プルサーマルは経済性の観点、政策的な判断などから実施されておらず、実施予定もない。

採掘・製錬

カナダで現在稼働中のウラン採掘施設はすべてサスカチュワン州北部にあり、カナダのカメコ社と仏Orano社（旧AREVA NC社）が操業している。現在のカナダのウラン生産量は、認められている生産能力を大きく下回っている。2022年の生産量は7,351 tUで、2017年の生産量13,116 tUの半分以下となっている。2017年時点ではマッカーサーリバー鉱山で6,000tU以上が生産されていたが、2022年には400tU強となっており、その分カナダ全体での生産量も減少している。

転換

カメコ社は、オンタリオ州のブラインドリバーとポートホープにおいて、カナダで唯一のウラン精製・転換施設を操業している。ブラインドリバー精錬所では、カナダや海外からのウラン鉱石精鉱を中間製品である三酸化ウラン（UO3）に精製している。

ポートホープの施設は、北米で唯一六フッ化ウラン（UF6）を生産する転換施設であり、燃料級の天然二酸化ウラン（UO2）を供給する唯一の商業施設でもある。UF6はカナダ国外で濃縮されて海外の軽水炉で使用され、天然UO2はカナダ国内外のCANDU炉燃料の製造に使用される。

燃料製造

カナダには、BWXT Nuclear Energy Canada Inc.とCameco Fuel Manufacturing Inc.（カメコ社の完全子会社）の2社の燃料製造会社があり、CANDU炉用の燃料ペレットと燃料集合体を製造している。両社はいずれもオンタリオ州で操業している。BWXT社は、トロントとピーターボローの施設で、それぞれ燃料ペレットと燃料集合体を製造している。Cameco社は、コーバーグとポートホープにある施設で、燃料ペレット、燃料集合体、及びコンポーネントを製造している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分

使用済燃料処分場のサイト選定が進行中、低・中レベル放射性廃棄物の地層処分場建設計画は発電所サイトでの建設計画が白紙に

使用済燃料処分場の候補サイトは2自治体まで絞り込み

● **カナダにおける使用済燃料の管理・処分政策**
カナダでは、原子力発電所で発生した使用済燃料は再処理せずに直接処分することとされており、現在、核燃料廃棄物管理機関（NWMO）が地層処分場サイトの選定を進めている。

● **候補サイトの絞り込みに向けた動き**
NWMOが進めているサイト選定は2010年に開始され、当初は22の自治体が関心を表明した。現在NWMOは、9段階で構成されるサイト選定（下表参照）のうち第3段階を、2カ所の自治体で進めている。第3段階では、関心を示した自治体の中で初期スクリーニングを通過したものを対象として、机上調査と現地調査を実施し、サイトの絞り込みが行われる。NWMOは、2024年に1カ所の好ましいサイトを選定する意向である。

段階	実施内容
1	情報提供を開始し、サイト選定をスタート
2	関心表明した自治体に対して詳細を説明し、初期審査を実施
3	初期審査に合格した自治体に対して、サイト適性の予備的評価を実施
4	第3段階で要件を満足する可能性が高いと判断されたサイトにおいて詳細なサイト評価を実施
5	処分場の受け入れについての確認
6	規制上の要求をすべて満たし、規制当局の承認を得ることを条件に、処分場の受入に関する正式な合意を締結
7	規制当局による、あらゆる要件が満たされていることの確認
8	地下実証施設の建設と操業
9	処分施設の建設と操業

OPG社の低・中レベル放射性廃棄物地層処分場建設計画は白紙に

● **カナダにおける低・中レベル放射性廃棄物の管理政策**
カナダには、操業中の低・中レベル放射性廃棄物の処分場はなく、現在これらの廃棄物は各原子力発電所等で貯蔵されている。

● **OPG社の低・中レベル放射性廃棄物地層処分場建設計画**
オンタリオ州の電気事業者であるオンタリオ・パワー・ジェネレーション（OPG）社は、自らが所有するダーリントン、ブルース、ピッカリングの3カ所の原子力発電所で発生する低・中レベル放射性廃棄物を処分する地層処分場を建設する計画を策定し、ブルース原子力発電所サイトにおける処分場の建設に向けた取り組みを進めてきた。
しかしながら、2020年1月に、地層処分場の建設予定地のあるブルース半島に居住するソーギーン・オジブワネーション先住民によりプロジェクトに対する賛否を問う投票が行われ、投票者の9割近くが反対する結果となった。同社は2013年に、ソーギーン・オジブワネーション先住民の支持がない場合、ブルースサイトでの地層処分場建設は行わないことを誓約していた。こうしたことから、OPG社は同サイトにおける地層処分場建設を断念し、ステークホルダーと協力して代替サイトの選定プロセスを検討していくことを公表した。

● **「包括的な放射性廃棄物管理戦略」の策定**
OPG社の処分場建設計画が断念されたのち、カナダでは連邦政府の要請を受けてNWMOが低・中レベル放射性廃棄物の管理を含む「包括的な放射性廃棄物管理戦略」を取りまとめ、2023年10月に連邦天然資源省がこれを承認した。「包括的な放射性廃棄物管理戦略」では、中レベル放射性廃棄物及び核燃料以外の高レベル放射性廃棄物はNWMOが地層処分場で処分し、低レベル放射性廃棄物は当該廃棄物の発生者と所有者が実施主体となって複数の浅地中処分施設で処分することとなっている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制

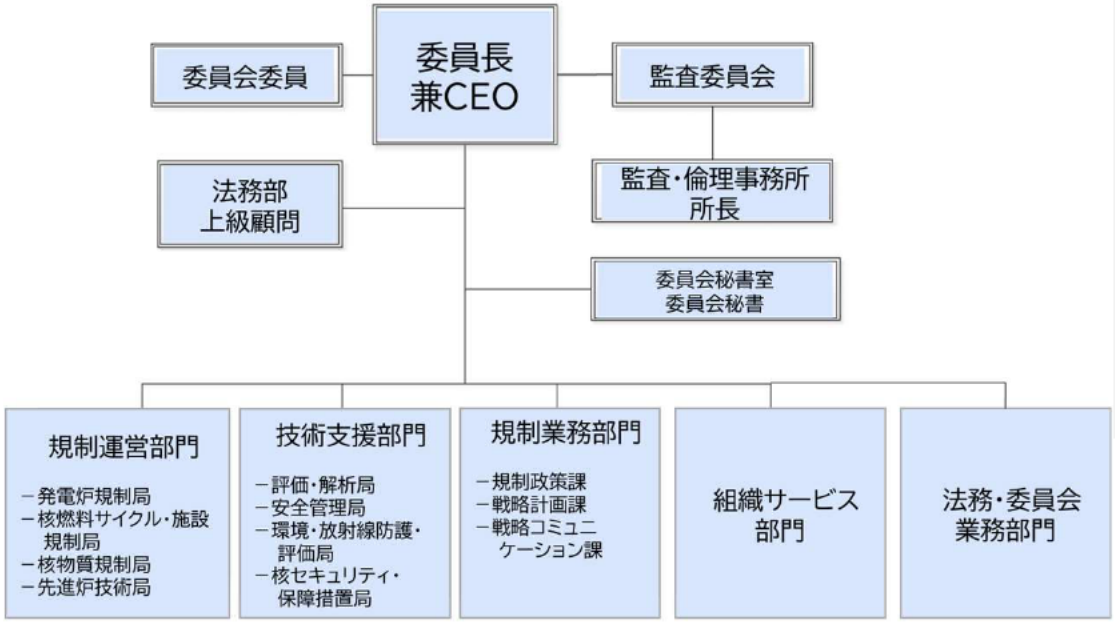
連邦政府機関であるカナダ原子力安全委員会（CNSC）が、原子力安全規制を担当。先進炉の規制を中心として、米国や英国の規制機関と協力を強化。

CNSCによる原子力安全規制

連邦制国家のカナダでは、エネルギー政策の策定権限は州政府にあるが、原子力安全規制は連邦政府の機関であるCNSCが担当している。 CNSC委員会は、委員長を含む7名の委員で構成されている。意思決定は委員会会合で多数決により行われ、賛否同数の場合を除き委員長は採決に参加しない。

下図に示す通り、CNSCはスタッフ組織を有しており、規制運営部門、技術支援部門、規制業務部門等の部局が設けられている。CNSCの全職員数は900名以上となっている。

図　CNSCの組織体制図



国外の規制機関との協力

- **米国原子力規制委員会（NRC）との協力**

CNSCとNRCは、2017年8月に了解覚書（MOU）を取り交わした。このMOUを基に両者は2019年8月、先進炉及びSMRの技術審査の効率性向上に向けた協力覚書（MOC）を締結した。本MOCに基づき、両者は先進炉やSMRの設計の解析における協力の機会及びベストプラクティスの評価・共有のために必要な基盤の構築を開始することとしている。

MOC締結を受け、2021年6月には、Xエナジー社が作成したXe100の原子炉圧力容器の建設コードの評価文書を共同で評価した報告書が公表された。また2022年5月には、加テレストリアル・エナジー（TE）社の一体型溶融塩炉（IMSR）の想定起因事象（PIE）に関する共同審査報告書が公表されている。

なお、2023年2月に米ウェスティングハウス（WH）社は同社のマイクロリアクターeVinciについて、CNSCとNRCに対して共同での審査を実施するよう依頼する意向を伝達している。

- **英国原子力規制局（ONR）との協力**

2020年10月にCNSCとONRは、MOU及びMOCを締結した。MOUは両者の協力を強化するための枠組みを形作るものである。MOCは、MOUを補完し強化するために締結されたものである。MOCは両者が情報、専門知識、及びベストプラクティスを共有するための枠組みを形作るものであり、SMRや高度な原子力技術のより効率的な技術レビューを支援する。両者はさらに、2023年1月にもSMRや先進モジュール炉（AMR）の審査に関する知見の共有等に向けた協力の詳細を定めた文書を締結している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉

オンタリオ州では原子力発電で発電量の約6割を賄っており、プラントの改修による運転延長計画が進行中

オンタリオ州におけるプラント改修・運転延長計画の動向

オンタリオ州は水力・化石燃料資源に乏しく、発電量の約6割を原子力で賄っている。州政府は2017年10月に公表した2017年長期エネルギー計画において、原子力発電所の改修は温室効果ガスを排出せずにベースロード電源を最も費用対効果の高い形で確保する方法であると位置づけている。その上で、全額を州政府が出資するOPG社が所有するダーリントン原子力発電所の4基、およびブルース原子力発電所の6基のプラントの改修を進める方針を示している。改修により、ダーリントンは2055年まで、ブルースは2064年までの運転継続が計画されている。また、州政府はOPG社に対して、2026年以降のピッカリング5～8号機運転継続を目的とした改修を実施すべきか否かを判断するためにフィージビリティ調査を実施するよう要請した。

このうち、ダーリントン2号機では、2016年10月に開始された改修工事が終了し、2020年6月に運転が再開された。また3号機の改修が2020年9月に、1号機の改修が2022年2月に開始された。さらに2023年3月には、ブルース3号機が改修工事を開始するために運転を停止している。

また、ピッカリング5～8号機については、フィージビリティ調査を実施した上で、2024年1月に改修により30年にわたり運転を延長する方針が示された。右表のとおり、これらのプラントでは2026年以降に改修を開始し、2030年代半ばには改修が完了する予定である。OPG社は、2024年内にピッカリング5～8号機の改修の初期段階を進める予定である。

なお、CANDU炉では、燃料チャンネルの交換などによる改修で30年程度の運転延長が可能となる。

表　オンタリオ州のプラントの運開、改修の開始と終了年

発電所名	号機	運開年	改修開始（予定）年	改修終了（予定）年
ブルース	1	1977	2005	2012※
	2	1976	2005	2012※
	3	1977	2023	2026
	4	1978	2025	2027
	5	1984	2026	2029
	6	1984	2020	2024
	7	1986	2028	2031
	8	1987	2030	2033
ダーリントン	1	1990	2022	2025
	2	1990	2016	2020※
	3	1992	2020	2024
	4	1993	2023	2026
ピッカリング	1	1971	1998	2005※
	4	1973	1998	2003※
	5	1982	2026年以降	2030年代半ば
	6	1983		
	7	1984		
	8	1986		

※を付したプラントでは既に改修が終了している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：新増設計画

カナダでは、「SMRアクションプラン」に基づきSMRの建設計画が進行中。
また、カナダ原子力研究所（CNL）によるSMR実証施設の建設事業者選定も進行中。

「SMRアクションプラン」に基づくSMRの建設計画等

カナダでは、「SMRアクションプラン」においてSMRの開発・実用化に向けて3つのストリームが設定され、3つの州で建設計画が進められている（下図、及び「原子力政策：非発電用途」のスライド参照）。2021年12月にはOPG社が、ダーリントンサイトに建設する送電網に併入するSMRとして、米GEH社のBWRX-300を選定したことを公表した。OPG社は、2022年10月に建設許可申請書をCNSCに提出しており、また2023年7月には州政府がさらに3基のBWRX-300を同サイトで建設する計画を明らかにしている。なお、2022年6月にはOPG社同様に発電用SMRの導入を計画しているSaskPower社も、BWRX-300を採用することを公表している。

CNLによるSMR実証施設の建設事業者選定

CNLは、カナダ原子力公社（AECL）が所有する複数の国立研究所を運営・管理する子会社として2013年に設立された。CNLは2017年6月に、AECLのチョークリバー研究所（オンタリオ州）サイトにおけるSMR実証施設の建設に向けて、関心表明の募集を開始した。2018年4月には、AECLの所有サイトにおけるSMR実証施設の設置に向け事業者の選定を開始した。CNLは2026年までに施設を完成させる計画である。下表は、選定状況である。

なお選定は、以下の4段階で実施される。

- 第1段階：事前審査
- 第2段階：デューデリジェンス
- 第3段階：サイト開発承認
- 第4段階：開発事業実施

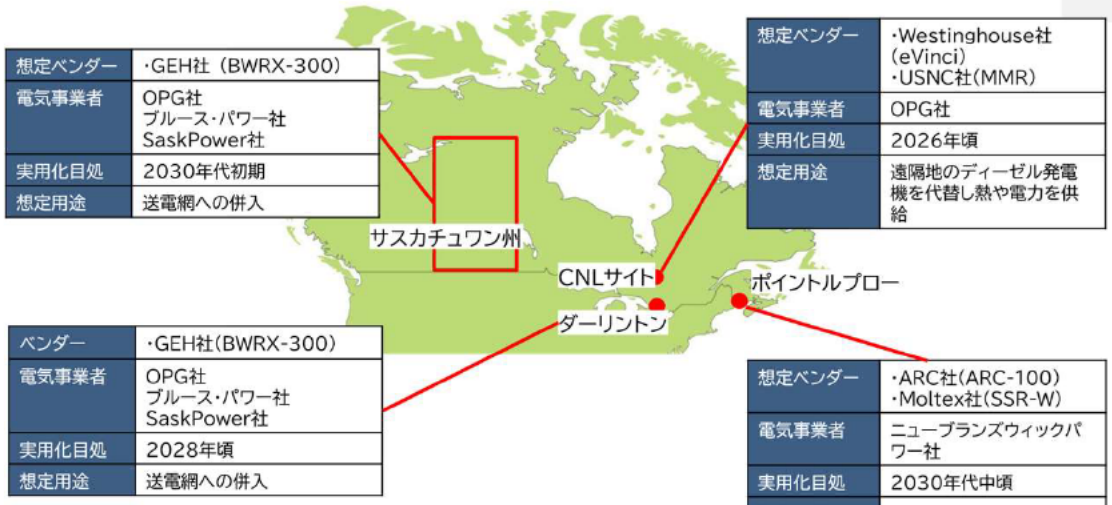


図　カナダにおけるSMRの開発計画

出典：SMRアクションプランホームページ等より三菱総合研究所作成

表　CNLによるSMR実証施設の建設事業者選定状況

進捗状況	社名	提案の概要
第2段階に進出	スターコア・ニュークリア社	電気出力1万4,000kWの高温ガス炉の、ホワイトシェルとチョークリバーの両サイトにおける建設
	TE社	電気出力19万5,000kWの非軽水炉設計の小型炉・IMSRの建設
	Uバッテリー社	ウラン濃縮のグローバル企業であるウレンコ社が主導するコンソーシアムのUバッテリー社が、チョークリバーサイトでヘリウムガス冷却炉を建設
第3段階に進出	グローバル・ファースト・パワー（GFP）社、OPG社、USNC	出力5,000kWeの高温ガス炉を建設、環境影響評価を実施中。2023年5月に立地候補地を公表

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：ベンダー動向

カメコ社が米WH社の買収へ。SMRの開発・建設を目指す国内外のベンダーは、CNSCによるベンダー設計レビュー（VDR）を活用。

CANDU炉の開発体制

カナダでは、元々は連邦政府所有のAECLがCANDU炉の供給等、商業ベースのサービスを実施していたが、競争力強化のために2011年10月にAECLのCANDU炉部門はSNC-ラヴァリン社に売却された。
SNC-ラヴァリン社は現在、ブルース・ダーリントン両発電所の改修プロジェクトに参画している他、CANDU SMR（CSMR）の開発や他のSMRベンダーのカナダにおける許認可プロセスの支援などの業務も実施している。

カメコ社、米ウェスティングハウス（WH）社を買収

カナダでフロントエンド事業を行っているカメコ社と再生可能エネルギー事業を手掛けるBrookfield Renewable社は、2022年10月に米WH社買収に向け戦略的パートナーシップ関係を構築することを公表した。2023年11月に、買収手続きが完了している。

国内外のベンダーがVDRを活用

安全規制機関であるCNSCは、事業者による原子炉の建設や運転許可申請に先立ち、炉の設計をレビューし、開発者にフィードバックを与えるVDRを実施している。VDRは、以下の3段階で実施される。

- 第1段階：規制要件への適合性に関する概略評価
- 第2段階：後の許認可において障害となる事項がないかの確認
- 第3段階：第2段階のフォローアップ

これまでに改良型CANDU炉、AP1000、EPR等の中大型炉でVDRが完了している。2016年頃からはカナダ内外のベンダーが設計しているSMRについてもVDRが実施されている。右の表は、SMRを対象としたVDRの状況を整理したものである。なおこのうち、TE社はVDRの完遂のために、2020年10月に連邦政府の基金からの資金支援を獲得している。
2023年には、TE社及びGEH社が開発するSMRの第2段階の審査が完了している。

表　SMRを対象としたVDRの状況

ベンダー	対象炉	ステータス
TE社	IMSR	2023年4月に第2段階を完了
USNC	高温ガス炉MMR	第1段階は完了、2021年6月より第2段階の審査中
ARC社	液体ナトリウムを用いるARC-100	第1段階が2017年9月に完了、2022年2月より第2段階の審査中
モルテックス・エナジー社	モルテックス・エナジー安定塩炉	第1、2段階を連続で実施しており、第1段階はすでに完了
SMR社	加圧水炉SMR-160	第1段階を完了
GEH社	BWRX-300 加圧水型炉	2023年3月に第2段階を完了
Xエナジー社	Xe100高温ガス炉	第2段階の審査が完了
WH社	eVinciマイクロリアクター	2023年6月より第2段階の審査中

BWRX-300、Xe100及びeVinciのVDRでは、第2段階のスコープに第1段階の実施内容を含んで一括で実施するため、第2段階からのスタートとなる。
出所）CNSCウェブサイト等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

CANDU炉の輸出に向けた大きな動きはないが、TE社が米国における許認可申請を計画。連邦政府はカナダ企業の海外進出を見据え、一部の国と協力を強化。

CANDU炉の輸出状況

下表にCANDU炉の輸出実績を整理した。6カ国に輸出実績があるものの、最新のプラントでも運開年は2007年であり、近年は輸出実績が見られない。しかしながら、ルーマニアのチェルナボーダ3、4号機には、CANDU6炉が採用される見込みである。

連邦政府の動き

カナダ連邦政府は、ルーマニアと2021年8月に、原子力部門の協力強化のための了解覚書を締結している。両国は今後、ルーマニアで運転中のチェルナボーダ原子力発電所1、2号機(CANDU炉)の改修・長期運転や、今後進められる予定の同3、4号機の建設プロジェクトで協力する他、SMRの実用化に向けた政策の検討、市場やフィージビリティの分析等でも両国の協力について検討を開始することとしている。

TE社の海外展開を見据えた動向

TE社の米国法人は2017年1月に、IMSRの許認可申請計画を米NRCに通知した。なお同社は、通知時点では2019年後半の設計認証(DC)申請及び2020年代の商業化を目指すとしていたが、2024年3月現在、DC申請は行われていない。また、2018年3月にTE社は、米エナジー・ノースウェスト社と、IMSRの設置候補地の一つであるアイダホ国立研究所(INL)におけるIMSRの設置・建設・運転に関する覚書(MOU)を締結している。

なおTE社は、米エネルギー省(DOE)から装置の開発や設計審査のための資金支援を受けている。

表　CANDU炉の輸出実績

国	プラント名	電気出力(千kW)	運開年
アルゼンチン	エンバルセ	648	1983
インド	ラジャスタン-1	100	1972
	ラジャスタン-2	200	1980
パキスタン	カラチ	137	1971
ルーマニア	チェルナボーダ-1	706	1996
	チェルナボーダ-2	706	2007
韓国	月城-1	622	1982(2019年恒久停止)
	月城-2	730	1997
	月城-3	729	1998
	月城-4	730	1999
中国	秦山3-1	700	2002
	秦山3-2	700	2003

出所)SNC-ラヴァリン社ウェブサイト

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- Uranium 2020: Resources, Production and Demand
- 連邦議会
- 連邦政府法令データベース
- 連邦天然資源省
- SMRロードマップウェブサイト
- SMRアクションプランウェブサイト
- IAEA Country Nuclear Power Profiles
- 核燃料廃棄物管理機関（NWMO）
- オンタリオ・パワー・ジェネレーション（OPG）社
- カナダ原子力安全委員会（CNSC）
- オンタリオ州政府
- ブルースパワー社
- IAEA PRIS
- SNC-ラヴァリン社
- テレストリアルエナジー社
- ウェスティングハウス社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

中国

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

原子力発電を積極的に拡大。2021～2025年を対象とした第14次五カ年計画では、2025年末までに原子力発電の設備容量を7,000万kWとするとの目標を提示

● 基本情報

基本情報	面積	960万km²	人口	約14億万人
	公用語	中国語		
	通貨	1元=21円（2024年3月中適用）		
政治	政治体制	人民民主共和制		
	議会	一院制（全国人民代表大会）		
	政府	国家主席　習 近平 国務院総理（首相）　李 強（共産党）		
経済	GDP	約18兆1,000億ドル（2022年名目、IMF推計値） 3.0%増（2022年、中国国家統計局）		
	経済の特徴および概況			
	2021年通年の実質GDP成長率は前年比8.1%増となり、同年の目標値である前年比6%増以上を達成。2022年3月中旬以降、オミクロン株による市中感染の再拡大を受け、経済活動への影響が深刻化した。これを受け、中国政府は、今後も感染症の発生を速やかに抑え込むとの現行の防疫政策を堅持する方針を示すとともに、経済安定化に向けた措置を打ち出している。			

● エネルギー

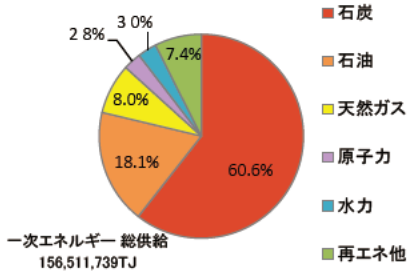
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：51,142（百万トン）
石炭：5,931,953（百万トン）
天然ガス：3兆8,410億（立方メートル）　ウラン：120,000（トン）

・一次エネルギー供給
1億5,651万テラジュール

・エネルギー自給率
79.8%（原子力含）、76.9%（原子力除）

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：2.8%

一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）

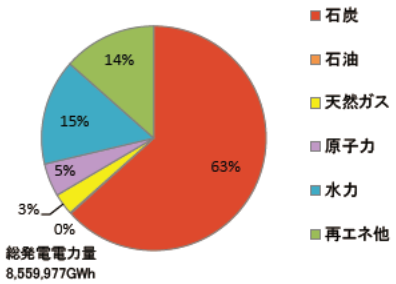


● 電力

電源種別設備容量（千kW）	火力：1,302,840　水力：370,280　原子力：49,890　その他：535,240
電力供給体制の概要	2002年の電力改革により電力工業部の流れをくむ国家電力公司が分割され、現在の5大電力会社が設立された。同時に発送電も分離され、発電部門とは独立して設立された国家電網公司および中国南方電網有限責任公司がほぼ国内全土の電力供給を担っている。

電源種別発電電力量

電力の6割以上を石炭に依存している。消費地までの輸送コストや安定供給、環境保護などの面から原子力発電が推進されているが、原子力のシェアはいまだ5%前後にとどまっている。また、再生可能エネルギーの開発にも注力している。



電力最終消費量（百万kWh）	7,581,074	発電電力量（百万kWh）	8,559,977	電力純輸入量（百万kWh）	-14,238
運転中の原子力プラント	55基（PWR52基, PHWR2基, HTGR1基）	建設中の原子力プラント	27基（PWR25基、FBR2基）	計画中の原子力プラント	41基

電力需要の推移と見通し

2021年9月にIEAが公表した「中国におけるカーボンニュートラルに向けたエネルギー部門のロードマップ」によれば、中国の公表済みの約束に基づくシナリオ（APシナリオ）では、2030年には電力需要が9,000TWhを超え、2050年には約15,000TWhになるとの見通しが示されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：5,330.7万kW　発電電力量：3,954億kWh

運転中：55基（PWR52基、PHWR2基、HTGR1基）

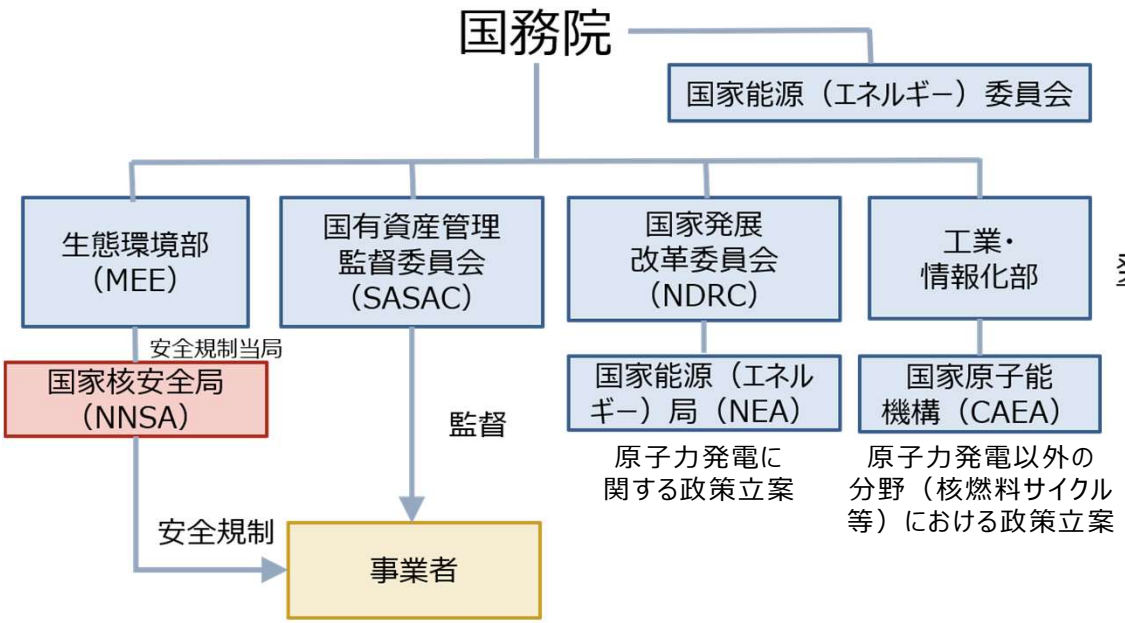
建設中：27基（PWR25基、FBR2基）　計画中：41基 原子力シェア：5.0%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

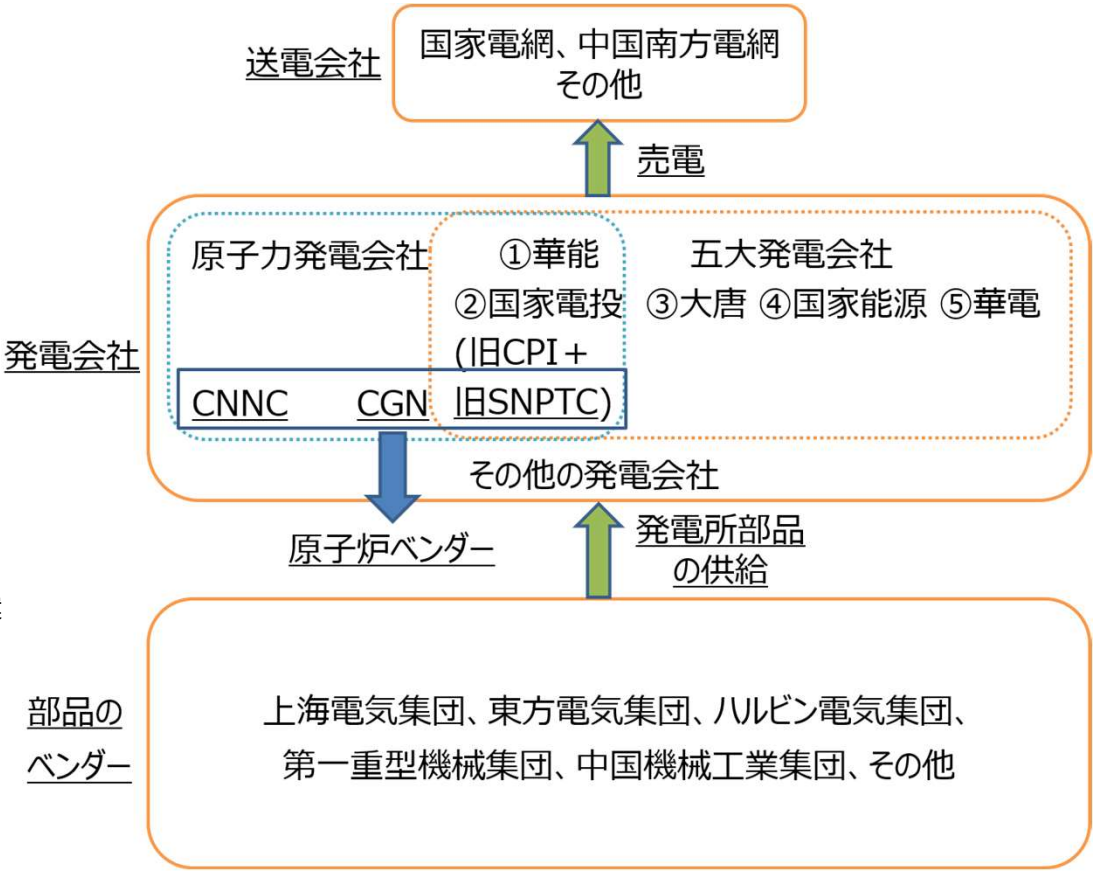
原子力業界構造

原子力発電を主力とする中国核工業集団公司（CNNC）と中国広核集団（CGN）に加えて、五大発電会社の国家電力投資集団公司（SPIC）と華能集団が中心となり原子力発電事業を実施。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

二酸化炭素（CO2）排出量のピークを2030年頃とし、2060年までにカーボンニュートラルを実現するとの目標を提示。第14次五カ年計画においてもエネルギー消費やCO2排出の削減に関する目標や政策を提示

CO2排出量ピーク達成時期の目標の提示

2014年11月、米オバマ大統領と中国・習近平国家主席は首脳会談後、温室効果ガス（GHG）の排出量の削減目標について共同声明を公表した。その中で中国は、二酸化炭素（CO2）排出量のピークを2030年頃とし、また一次エネルギー消費量における非化石エネルギー源のシェアが2030年までに20%前後に達するようにすると公約している。

カーボンニュートラル実現目標の提示

2020年9月の国連総会演説で習国家主席は、2060年までにカーボンニュートラルを実現するとの目標を提示した。

米国主催の気候変動サミット（2021年4月）における習国家主席の発言のポイント

- CO2排出量ピーク達成からカーボンニュートラルを目指す中国に与えられた時間的猶予は先進国より短く、中国は努力が必要
- 石炭発電プロジェクトを厳しく管理し、第14次5カ年計画期間中は石炭消費量の増加を厳しく抑制、第15次5カ年計画期間（2026～2030年）中は徐々に削減
- CO2以外の温室効果ガスの規制を強化するため、モントリオール議定書のキガリ修正案を承認
- 中国は全国排出枠取引制度を立ち上げる予定（2021年7月に、中国全国排出枠取引制度の取引は開始されている）

第14次五カ年計画期間（2021～2025年）における気候変動対策の目標や政策等

- GDP1単位当たりのエネルギー消費量を2020年から2025年の期間で13.5%削減
- GDP1単位当たりのCO2排出量を2020年から2025年の期間で18%削減
- 2030年までにCO2排出量ピークを達成するための行動計画の策定（行動計画は2021年10月に策定・公表されている。）
- 化石エネルギー消費の抑制
- 炭素強度（エネルギー消費1単位当たりの炭素排出量）の低下を主とし、総炭素排出量の削減を従とする制度の実施
- 有利な条件を備えた地方、重点産業や重点企業が先行的にCO2排出量ピークを達成することを支援
- 工業、建設、輸送等の分野における低炭素移行の推進
- メタン、ハイドロフルオロカーボン（HFC）、パーフルオロカーボン（PFC）などの温室効果ガス排出を抑制するための努力を強化
- 中国における、地球温暖化に対して脆弱な地域への影響を観測・評価し、都市建設、農業生産、インフラの気候変動に対するレジリアンスを向上
- 「共通だが差異ある責任」の原則を堅持しつつ、国際的な気候変動対策のための協力に建設的に参画し、気候変動枠組条約及びパリ条約の遂行を推進
- 気候変動対策における「南南協力」を積極的に展開
- 全国排出枠取引制度の推進

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電

原子力発電の商業利用開始以降、一貫して積極的な拡大策を打ち出す。近年は冬季の深刻な大気汚染や温室効果ガス排出削減も背景に原子力の熱利用にも本格的に取り組む。

五カ年計画における原子力政策の変遷

右上の表に示す通り、第13次・第14次の両五カ年計画において、沿海部での原子炉の積極的な推進が打ち出されている。一方で、内陸部建設に関する記述は第14次計画にはなくなっている。

設備容量目標について、第13次計画期間中に運転中を5,800万kW、建設中を3,000万kWにするという目標は未達に終わった。第14次計画では2025年までに運転中の設備容量を7,000万kWにするとの目標が示されている（右下の表参照）。

熱供給のために大型炉の利用と専用プラントの開発を実施

- **山東省海陽でのAP1000を利用した熱供給**
  山東省海陽原子力発電所（AP1000 2基）では、プラントの熱を利用して冬季に近隣に暖房用の熱を供給するプロジェクトが開始されている。2019年12月には、70万m^2以上の住居に熱供給が実施された。規模は拡大され、2023年11月には市をまたぐ熱供給が開始されている。
- **CNNCによる熱供給炉の開発と実証**
  CNNCは、プール型の研究炉をベースに熱供給炉の開発を進めている。2017年12月には北京で、49-2炉と呼ばれる研究炉を利用し熱供給を行う実証試験が実施されている。 なおCNNCは、浙江省秦山原子力発電所を利用した冬季の熱供給の実証プロジェクトも計画している。
- **田湾において産業用の熱供給プロジェクトを始動**
  CNNCは2022年2月、田湾原子力発電所で中国初となるプラントで発生する熱を産業利用のために供給するプロジェクトを始動した。熱供給は、連雲港石化産業基地を対象として行われ、2024年3月に試験操業が開始されたことが公表されている。

表　第13次及び第14次五カ年計画で示された原子力関連の目標等

第13次五カ年計画（2016～2020年）	第14次五カ年計画（2021～2025年）
● 三門・海陽のAP1000、福清・防城港のモデルプロジェクトにおける華龍1号の建設、及び田湾5、6号機の建設を進める ● AP1000技術に基づき自主開発する第3世代炉・CAP1400モデルプロジェクト、及び沿海部での原子力発電所新設プロジェクトを着工させる ● 内陸部における原子力発電プロジェクトの建設前準備作業を積極的に展開する ● 大型商用再処理施設の建設の実証を進める ● 計画期間中に、運転中の原子力発電の設備容量5,800万kW、建設中の原子力発電所の設備容量3,000万kW以上を達成する ● 燃料供給体制を強化する	● 華龍1号、CAP1400、石島湾の高温ガス実証炉の建設を進める ● 小型モジュール炉（SMR）、高温ガス炉の60万kW級商用炉、浮揚式原子力発電プラント等の先進的な炉型の実証を推進する ● 低中レベル放射性廃棄物処分場や使用済燃料の再処理施設を建設する ● 海陽原子力発電所等で、原子力エネルギーの総合的な利用に関する実証を推進する ● 2025年までに運転中の原子力発電の設備容量を7,000万kWとする

出所）第13次及び第14次五カ年計画の綱要に基づき、三菱総合研究所にて作成

表 米中仏の2024年3月時点の原子力発電設備容量と基数、及び中国の2025年設備容量目標

国名	運転中	建設中	合計
米国	9,652万kW/94基	なし	9,652万kW/94基
中国	5,331万kW/55基	3,094万kW/27基	8,425万kW/82基
フランス	6,137万kW/56基	165万kW/1基	6,302万kW/57基
中国（2025年目標）	7,000万kW※	目標設定なし	－

※中国は2025年の設備容量目標は示しているが、基数の目標は示していない。
出所）WNAのデータ等に基づき三菱総合研究所にて作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル

中国はクローズド燃料サイクルを確立する方針である。中国には自国の需要確保に十分なほどではないがウラン資源が賦存し、開発も進める一方、海外資源の確保も行っている。フロントエンドサイクルもほぼ自国で完結できる能力を備えている。

中国の核燃料サイクルの概要

中国は、資源の有効利用と高レベル放射性廃棄物の減少のため、使用済燃料を再処理し、ウランやプルトニウムを回収することとしている。高速実証炉の建設も進んでいる。

ウラン資源について、原則としてウランを国内自給する方針を採用してきたが、原子力開発目標が拡大されたことから、この原則が見直されるようになった。2006年4月のオーストラリアとの原子力協力協定締結によりウラン輸入が可能となったのをはじめ、他国との間でウラン採鉱や供給に関する契約を締結している。

フロントエンドについてはほぼ自国で完結できる能力を有しており、多様な炉型を有しているがいずれも燃料製造まで自国で行っている。

ウラン資源の確保

中国にはウラン資源は存在しているものの、自国のみで必要な量を確保できるほどではない。

中国は、必要なウラン資源の1/3を自国の生産分で、1/3を海外の鉱山や合弁会社への出資を通じて、1/3を市場での調達で確保することを目指している。

国内でのウラン資源の開発や採掘は、CNNCが独占している。一方で、海外のウラン権益の確保にはCNNCのみならず、CGNも乗り出している。両社はニジェール、ナミビア、カザフスタン等で権益を確保している。

フロントエンドの概要

中国のウラン転換能力については不明な点もあるものの、湖南省衡陽市と甘粛省蘭州市で転換施設が操業している模様である。また濃縮施設は、蘭州市と陝西省漢中市で操業している模様である。

中国では様々な炉型の原子炉が建設・運転中であるが、自国にPWR、VVER、PHWRや高温ガス炉の燃料製造工場を有している。

バックエンドの概要

中国では現在、使用済燃料は、一部を除いて、各発電所の原子炉建屋内の燃料プールで貯蔵されている。再処理については、蘭州市に商業用再処理多目的パイロットプラントが完成して、ホット試験が実施されている。

また、フランスとの協力で進められている核燃料サイクルプロジェクトについて中国核工業集団公司（CNNC）は、2020年に再処理施設の建設を開始し、2030年頃に完工するという見通しを示していた。しかしながら、2024年3月末時点で施設建設が開始された等の情報は公表されていない。

一方で、中国は自国技術を利用した再処理施設の建設を進めている。2022年のIAEAの情報によると、200トンの大規模商業使用済燃料再処理プロジェクトにおいて再処理施設の建設が開始されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分

中国では高レベル放射性廃棄物地層処分のための地下研究所の建設が2021年6月に開始された。低中レベル放射性廃棄物処分場は複数が操業中であり、建設計画も進んでいる。

高レベル放射性廃棄物地層処分場建設には候補地域があり、そのうち一カ所で地下研究所を建設中

● **中国における高レベル放射性廃棄物の処分政策**

中国では、使用済燃料は再処理する方針であり、原子力安全法は再処理により発生した高レベルガラス固化体を地層処分することを規定している。

処分事業は2006年策定の「高レベル放射性廃棄物地層処分に関する研究開発計画ガイド」に沿って進められており、2021年～2040年の期間には地下研究所の建設、地下研究所での各種試験、建設許可申請や安全評価を実施することとなっている。

● **地下研究所の建設**

中国の高レベル放射性廃棄物地層処分場建設候補地域は、華東、内モンゴルなど全国に6カ所あるが、そのうちの1カ所である西北地域にある甘粛省北山で2021年6月に、地下研究所の建設が開始された。建設主体は、CNNCグループで地質研究などを行っている北京地質研究院(BRIUG)である。

地下研究所の工期は7年と予定されている。また完工後は、下記の研究項目の実施が予定されている。

- ✓ 水文地質学的特性の調査
- ✓ 深部地質環境の調査
- ✓ 地下における岩体の掘削技術の研究
- ✓ 深部における岩盤の力学的特性と長期安定性の研究
- ✓ 緩衝材の原位置定置技術の研究
- ✓ 処分坑道の構成や配置、処分概念の予備的な調査
- ✓ 環境モニタリングや影響の調査
- ✓ 処分坑道掘削の施工方法の研究
- ✓ 核種の放出と移行の研究

低中レベル放射性廃棄物処分場は複数が操業中であり、建設計画も進展

● **中国における低・中レベル放射性廃棄物の管理政策**

原子力安全法では、低・中レベル放射性廃棄物は地表処分、または中深度処分することを規定している。

● **低・中レベル放射性廃棄物処分場の操業状況**

原子力安全規制機関である国家核安全局の2022年報には、5カ所の処分場の操業状況が以下の通り整理されている。

表 中国の低・中レベル放射性廃棄物処分場の操業状況

名称・所在地	2022年受入量	2022年末までの累積受入量
西北処分場(甘粛省)	3,581体 (2,047.3m³)	71,925体 (29,755.59m³)
北龍処分場(広東省)	受入なし	2,240体 (2,526.44m³)
飛鳳山処分場(四川省)	13,589体 (5,691.1m³)	91,532体 (40,701.48m³)
金塔極低レベル廃棄物埋設場(甘粛省)	1,086体 (400.7m³)	1,874体 (590.5 m³)
龍和浅地中処分場	2,585体 (1,052.5m³)	2,585体 (1,052.5m³)

出所)国家核安全局の2022年報に基づき三菱総合研究所にて作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制

国務院・生態環境部（「部」は我が国の「省」に相当）の国家核安全局が原子力安全規制を担当。

国家核安全局による原子力安全規制

中国では、国家核安全局が原子力発電の安全規制機関となっている。国家核安全局は許可証の発給を通じて、原子力安全を管理している。許可証は、原子力安全に関連する活動に従事する申請者に対する、国の監督機関による承認である。原子力安全に関連する活動としては、原子力発電所のサイト選定、建設、試運転、運転、廃止、核物質の所有、利用、生産、貯蔵、輸送及び処理などである。

下図に示すように、国家核安全局には核施設安全監督・管理局、原子力発電安全監督・管理局、放射線源安全監督・管理局、国際協力司の4つの司と、6の地方出先機関が設置されている。

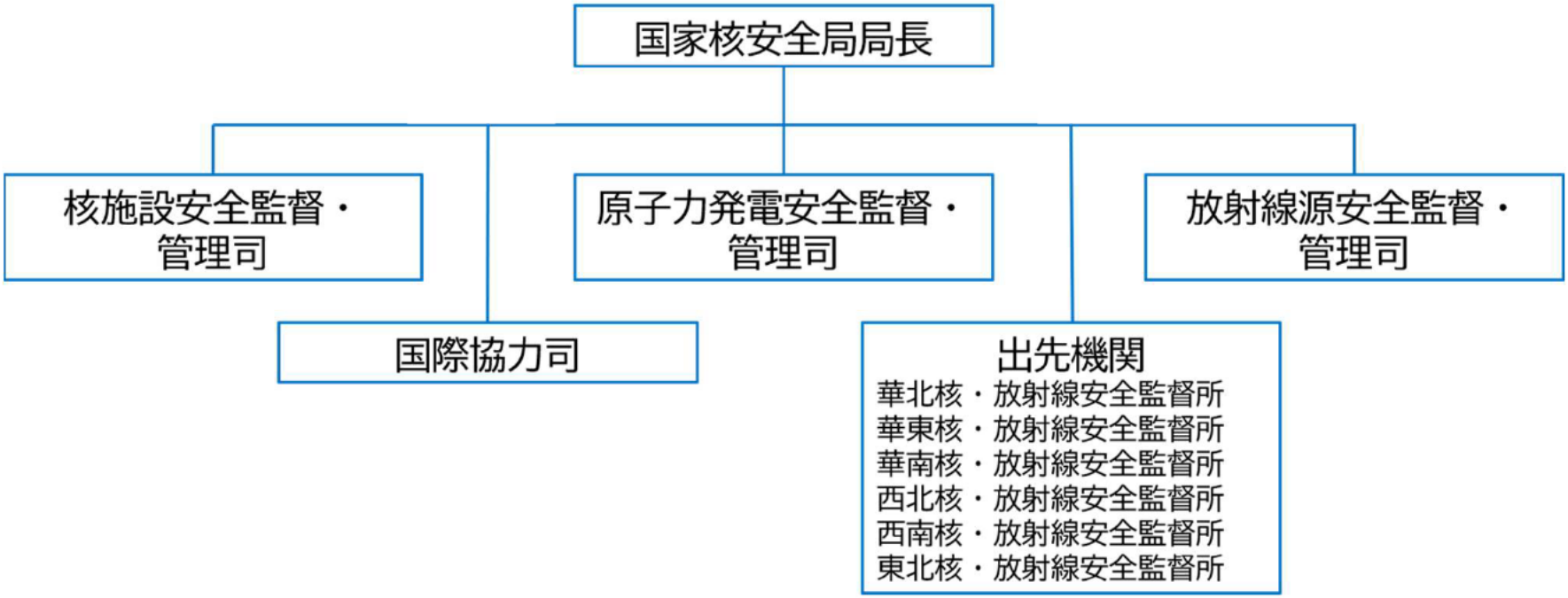


図　国家核安全局の組織体制図

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

AP1000、EPR、華龍1号の世界初号機や高温ガス炉を含む55基のプラントが運転中。建設中のプラント数27基は世界一であり、FBR実証炉の建設も進む。

運転中のプラントの概要

中国では初号機の商業運転開始が1994年と原子力の発電利用の歴史は長くないが、現在は米仏に次ぎ、基数としては世界3位の55基のプラントが運転している。

中国の国産軽水炉の開発においては、CNNCによる米ウェスティングハウス（WH）社の技術をベースにしたCNPシリーズと、CGNによるフランスの技術を取り入れたCPRシリーズが併存してきた。しかしながら、国の主導でCNNCとCGNが協力し、CNPシリーズの最新の炉型であるACP1000とCPRシリーズの最新の炉型であるACPR1000+の技術を融合させて、自国の技術による第3世代炉・華龍1号の開発を進めてきた。華龍1号の初号機として、福建省の福清5号機が運開している。

一方、海外の第3世代炉の導入については、2007年に供給契約を締結した米WH社のAP1000が、三門、海陽両サイトでそれぞれ2基ずつ合計4基、仏AREVA社の欧州加圧水型原子炉（EPR）が台山サイトで2基、相次いで着工した。2018年には三門1号機と台山1号機が、AP1000及びEPRの世界初号機として相次いで商業運転を開始している。

また、2021年12月には山東省石島湾サイトで高温ガス炉の実証炉が送電網に併入されている。

建設中のプラントの概要

現在建設中のプラントのうち12基を華龍1号が占めており、この傾向が続けば華龍1号が中国の主力プラントとなる見込みである。

その他、高速実証炉、AP1000を自国技術で大型化したCAP1400、SMRなど様々な炉型のプラントの建設が進められている。

海外プラントの導入では、現在建設が進められているAP1000やEPRはなく、ロシアとの協力によりVVER-1200の建設が進められている。

中国では、プラント建設に先立ち国務院の承認が必要になるが、2023年12月に国務院は4基のプラント建設を承認した。炉型は、いずれも華龍1号である。

表　中国で建設中の第3世代炉等

炉型	プラント名	事業者
CAP1000	三門3、4	CNNC
	海陽3、4	SPIC
	廉江1	SPIC
	徐大堡1	CNNC、大唐
華龍1号	防城港4	CGN
	漳州1、2、3	国電、CNNC
	太平嶺1、2	CGN
	昌江3、4	華能、CNNC
	蒼南1、2	CGN
	陸豊5、6	CGN
CAP1400	石島湾1、2	SPIC、華能
SMR玲龍1号	昌江SMR1	CNNC
VVER-1200	田湾7、8	CNNC
	徐大堡3、4	CNNC、大唐
FBR	霞浦1、2	CNNC

出所）WNAのデータに基づき三菱総合研究所にて作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：ベンダー動向

原子力発電事業者でもあるCNNC、CGN、SPICが原子炉の設計や製造も担う。資機材製造は重電メーカーが実施。

中国の原子炉ベンダー

CNNCの前身は、かつて核兵器開発も所掌していた核工業部である。なおCNNCは、同じく核工業部を母体とし、原子力発電所の建設やエンジニアリングを事業の主体としている中国核工業建設集団公司（CNEC）と2018年1月に経営統合している。CGNは、香港や広東省での電力需要の伸びに対応するため1994年に設立された。CNNCとCGNはライバル関係にあるが、国の政策もあり華龍1号を共同で開発している。SPICは、大手発電会社の中国電力投資集団公司（CPI）と、AP1000導入のために設立された中国国家核電技術公司（SNPTC）の経営統合により2015年設立されている。

中国の資機材メーカー

原子炉の主要な資機材は、大手重電メーカーである上海電気集団、東方電気集団、ハルビン電気集団、第一重型機械集団、及び中国機械工業集団等が供給している。なお、これらの重電会社とCNNC、CGN及びSNPTCの間には、排他的な発注・供給の関係は構築されておらず、資機材の供給業者の選定は、入札等によって行われている。

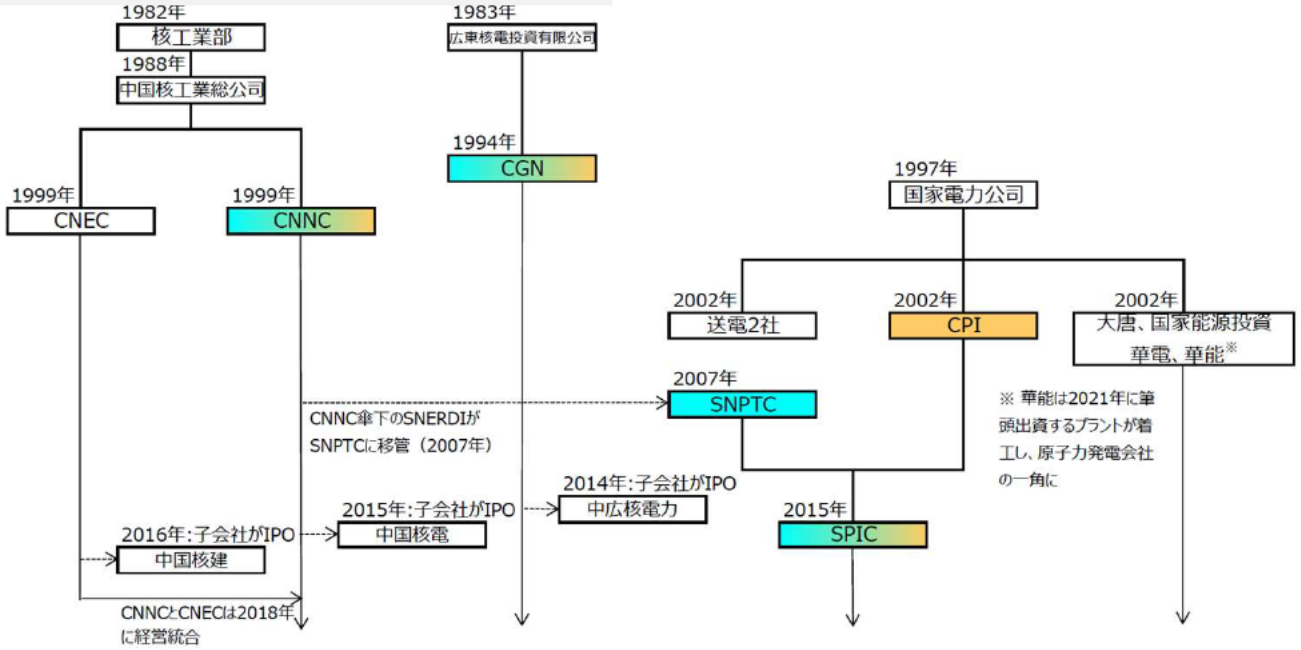


図　中国における電気事業者等の時間的な変遷（青：原子力発電プラントの製造業者　茶：原子力発電会社）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

パキスタンで華龍1号が運転を開始するといった動きはあるものも、西側諸国との対立もあり、かつて英国進出を決めたような勢いに陰り。

パキスタンでは華龍1号が運転を開始、アルゼンチンに対する華龍1号輸出も進展。一方で東欧の一部の国では政治的要因も背景にベンダー選定から排除される。

● **パキスタン**

CNNCはパキスタンのチャシュマ原子力発電所1～4号機を建設しており、同発電所のプラントは2000年から2017年にかけて、商業運転を開始している。また、カラチ原子力発電所2、3号機として華龍1号が採用され、2号機は、2021年5月に、華龍1号の中国以外での運開初号機として商業運転を開始し、3号機も2022年3月に運転を開始した。さらにカラチ5号機にも華龍1号が採用され、2023年7月には起工式が行われている。

● **アルゼンチン**

2015年2月に、アルゼンチンに、同国4基目の商用炉となる重水炉と5基目となるPWRを建設する協議を開始するために、アルゼンチン・中国両政府の了解覚書が取り交わされた。同年11月には、アルゼンチン原子力発電会社（NASA）とCNNCが、4基目の建設に係る商業面での契約と、5基目の建設に係る枠組契約に署名した。2017年5月には、NASAとCNNCが4基目となるCANDU炉および5基目となる華龍1号の建設に係る契約を締結した。

その後、2022年2月に、NASAとCNNCがアトーチャ3号機として華龍1号を建設するためのEPC（設計・調達・建設）契約を締結したことを公表した。なお、2023年9月時点で、CANDU炉の建設を実施するか否かは明らかになっていない。

● **サウジアラビア**

サウジアラビアのアブドラ国王原子力・再生可能エネルギー都市（KA-CARE）は、CNNC及び中国核工業建設集団公司（CNEC、現在はCNNCグループ）と協力関係を深めてきた。KA-CAREとCNECは2017年3月に高温ガス炉建設プロジェクトの共同フィージビリティ・スタディ（FS）実施に関する合意文書に署名し、同年5月には共同FSが開始された。

また商用炉新設プロジェクトにおいては、中国は韓国、米国、ロシア、フランスと並んで2018年7月にサウジアラビア政府より応札可能者に選定されている。

● **英国**

2015年10月、中国の習国家主席と英キャメロン首相（当時）は、両国が原子力分野における協力について合意したことを発表した。合意文書には、具体的な協力の内容として、EDFエナジー（EDFE）社によるヒンクリーポイントC原子力発電所（HPC）の建設（EPR、2基）に対して、中国広核集団（CGN）が33.5%出資すること、EDFが計画しているサイズウェルC原子力発電所（SZC）の建設（EPR、2基）に対しても、CGNが出資すること、ブラッドウェルB原子力発電所（BWB）において、EDFと協力しつつ、CGNが主事業者となり、華龍1号の新設を進める提案が行われていることなどが示されている。しかしながらその後、CGNはSZCのプロジェクトからは撤退している（詳細は英国の国内動向のスライドを参照）。

なお、BWBでの華龍1号建設に向け、EDFとCGNの合弁会社が華龍1号の一般設計評価（GDA）取得に向けた取り組みを進めており、華龍1号のGDAは2022年2月に完了した。

● **東欧**

ルーマニアで、チェルナボーダにおける増設に向け当初は西側企業が出資予定だったが、資金難で脱落したところにCGNが食い込む形となった。しかし、2020年5月に事業者の筆頭株主であるルーマニア政府がCGNとの交渉終了を指示し、増設プロジェクトから外されることとなった。

チェコでは、ドコバニ発電所の増設計画におけるベンダー選定手続きで、CGNが2021年3月にチェコ電力（CEZ）社が開始した安全性評価手続に招請されず、候補から外れた。

ブルガリアでは、コズロドイ原子力発電所での増設プロジェクトにおけるEPCコントラクターの選定プロセスでCNNCのグループ企業、及び中国能源建設が応募したが、これら2社は選定されず、2024年2月に韓国現代E&Cのみが募集要件を満足していることが公表されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- WNA, Nuclear Power in China
- 第13次五カ年計画
- 第14次五カ年計画
- CNNC
- CGN
- SPIC
- SNPTC
- IAEA, Nuclear Fuel Cycle Information System
- IAEA, Country Nuclear Power Profiles
- 廃棄物合同条約中国第6回国別報告書
- WNA, China’s Nuclear Fuel Cycle
- 原子力安全法
- 国家核安全局
- 北京地質研究院(BRIUG)
- 中国北山地下研究所建設工程環境影響報告書
- WNA, Nuclear Power in Pakistan
- WNA, Nuclear Power in Argentina
- 英国Office for Nuclear Regulation

Copyright © Mitsubishi Research Institute

韓国

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

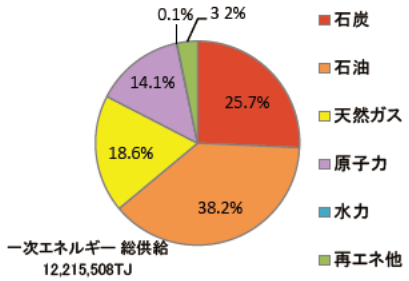
2022年5月、尹錫悦（ユン・ソクヨル）政権が発足。2023年1月策定の第10次電力需給基本計画では、原子力は発電電力量ベースで2036年には34.6%を見込む。

● 基本情報

基本情報	面積	10万km²	人口	約5,163万人
	公用語	韓国語		
	通貨	1ウォン＝約0.111円（2024年3月中適用）		
政治	政治体制	民主共和国		
	議会	一院制（300議席）		
	政府	大統領　尹錫悦（ユン・ソクヨル）（2022年5月就任）		
経済	GDP	GDP　1兆6,643億ドル（2022年名目、韓国銀行） 成長率　2.6%（2022年、韓国銀行）		
	経済の特徴および概況			
	2019年は、設備投資及び輸出の減少等により2.0％であったが、2020年は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響等により、マイナス1.0%に低下。マイナス成長はアジア通貨危機当時の1998年（マイナス5.1%）以来22年ぶり。2022年の実質GDP成長率は2.6%となり、2年連続のプラス成長となったが、貿易赤字が膨らんだ影響等により、2021年の4.1%から鈍化した。			

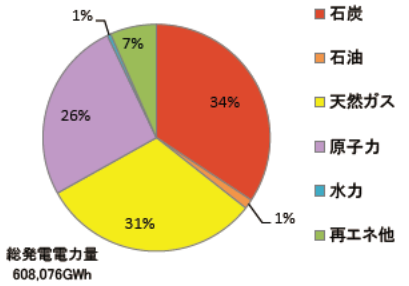
● エネルギー

・保有資源 原油（シェールオイルを含む）：0 石炭：2,347（百万トン） 天然ガス：60億（立方メートル） ウラン：該当データなし	一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）
・一次エネルギー供給 1,221万テラジュール	
・エネルギー自給率 18.0%（原子力含）、3.9%（原子力除）	
・一次エネルギー供給における原子力シェア：14.1%	



● 電力

電源種別設備容量（千kW）	火力：89,555　水力：6,506　原子力：23,250　その他：19,834
電力供給体制の概要	半官半民の韓国電力公社（KEPCO）が送配電を独占している。発電はKEPCOの子会社6社のほか少数の独立系発言事業者（IPP）がある。
電源種別発電電力量	
発電電力量の4割弱を石炭火力が占め、次いで天然ガスと原子力が3割弱。	



電力最終消費量（百万kWh）	535,967	発電電力量（百万kWh）	608,076	電力純輸入量（百万kWh）	0
運転中の原子力プラント	26基（PWR23基、PHWR3基）	建設中の原子力プラント	2基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

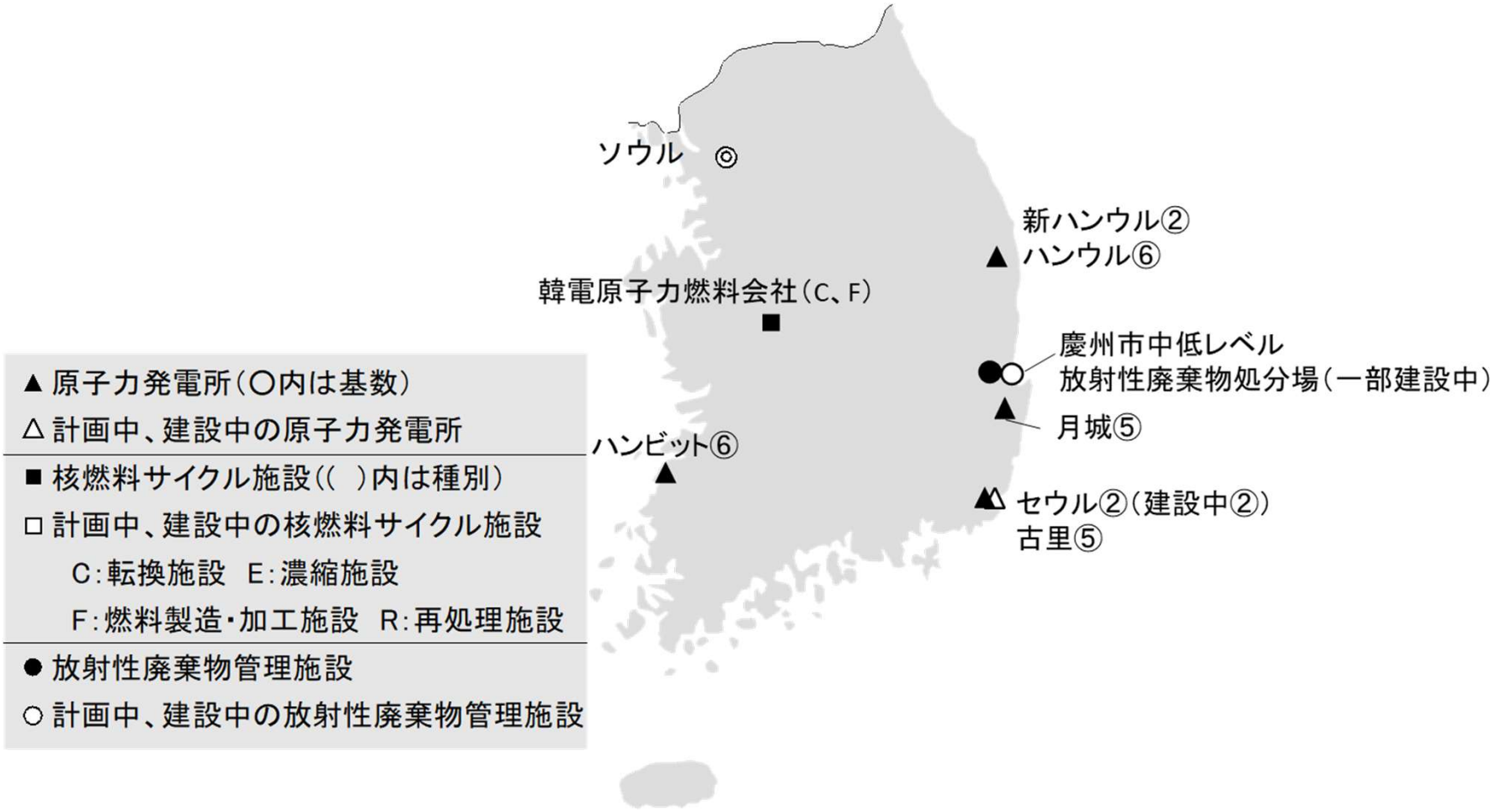
2023年1月策定の第10次電力需給基本計画では、計画期間である2022年から2036年において、電化の進展やデータセンターの拡充による電力需要の増加を織り込み、年平均2.5%の増加を見込んでいる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：2,582.5万kW　発電電力量：1,675億kWh

運転中：26基（PWR23基，PHWR3基）　建設中：2基（PWR）　計画中：0基　原子力シェア：30.4%



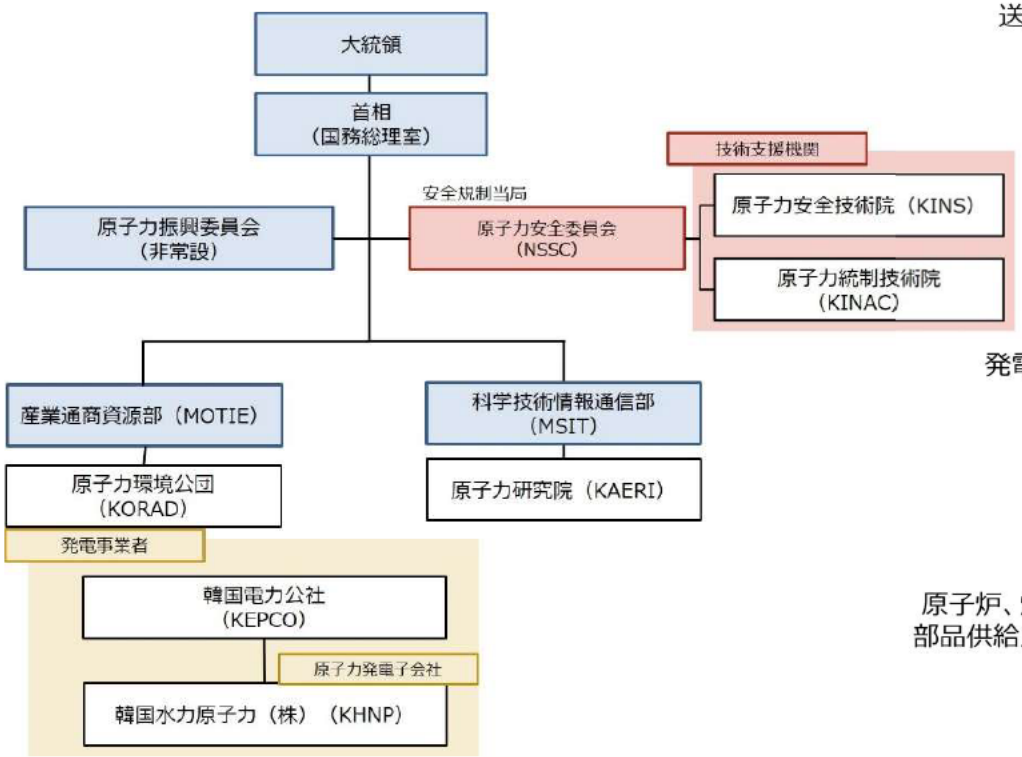
Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力業界構造

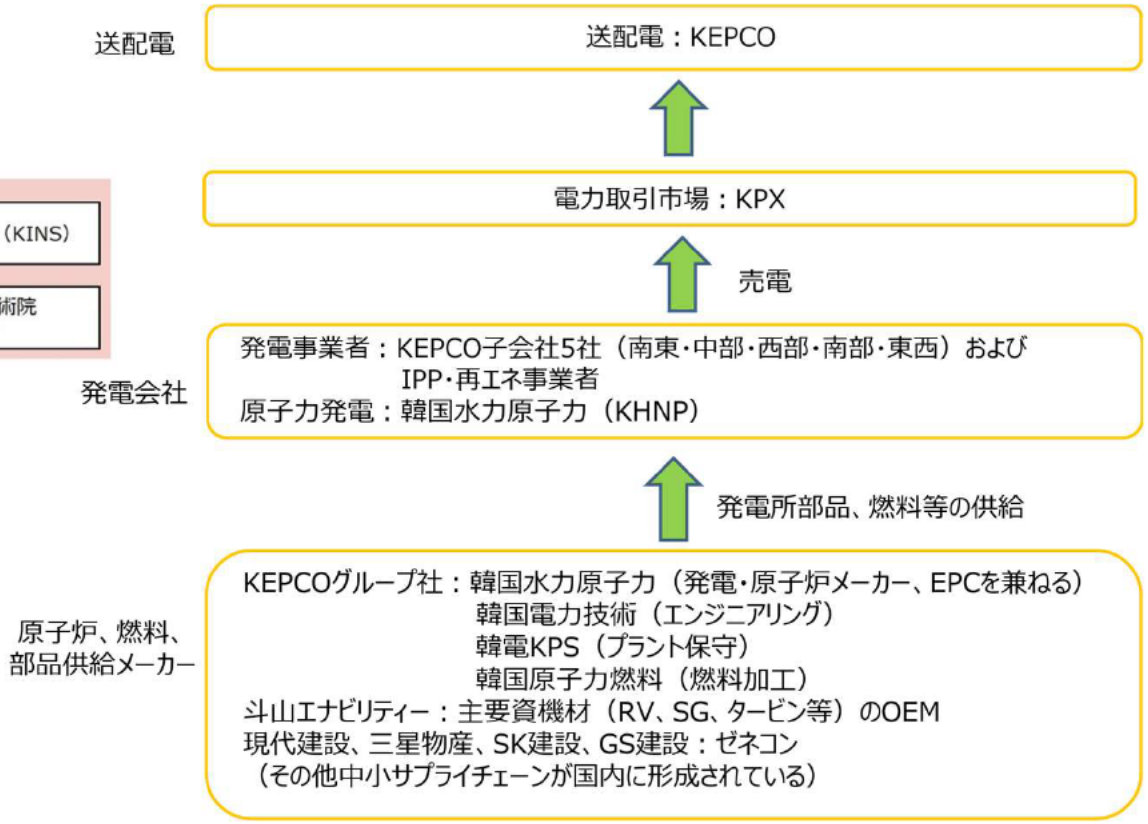
電力、エネルギー政策は産業通商資源部（MOTIE）、原子力研究開発は科学技術情報通信部（MSIT）が所管。原子力安全規制は原子力安全委員会（NSSC）が担う。

原子力産業サプライチェーンの大部分は半官半民の電力公社（KEPCO）グループ会社が担うが、民間企業の斗山エナビリティがSMRモジュール含め主要資機材のOEM生産を実施。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

文前政権は、2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロを掲げるなど気候変動対策を推進。2022年5月発足の尹政権は、エネルギー政策で原子力活用を打ち出す。

文前政権は、2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロを掲げるなど気候変動対策を推進

● **「韓国カーボンニュートラルビジョン2050」**
気候変動問題への早急な対応の機運が世界的に高まる中、文前大統領は2020年10月に国会の施政方針演説で2050年カーボンニュートラル実現に取り組むとの方針を示した後、2020年12月には改めて「韓国カーボンニュートラルビジョン2050」を発表。石炭火力発電所廃止の加速化等を宣言した。

尹政権の「新政府　エネルギー政策の方向」

● **「新政府　エネルギー政策の方向」**
2022年5月に尹政権発足し、同年7月に「新政府　エネルギー政策の方向(案)」が閣議決定された。ポイントは以下のとおり。

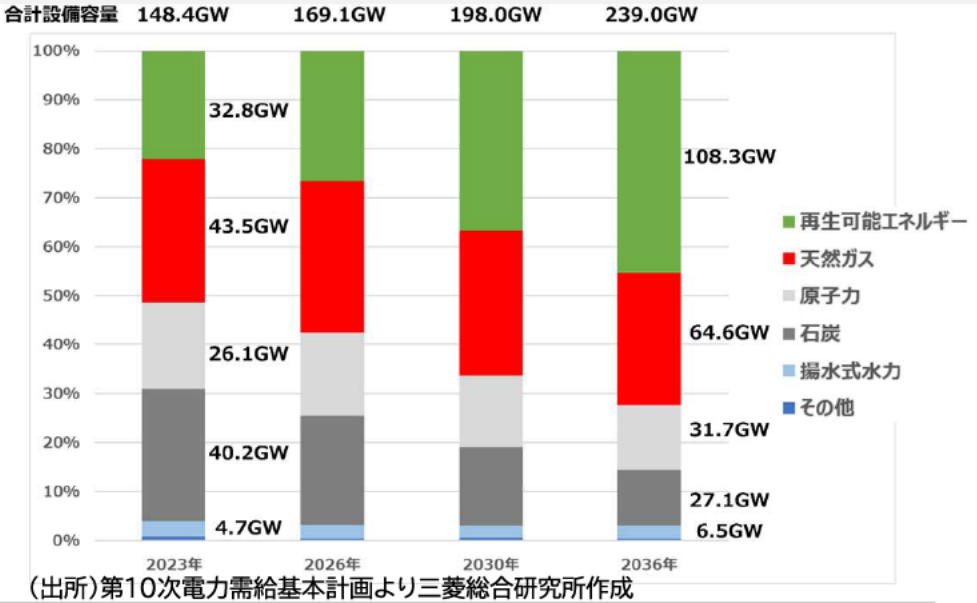
- ✓ 概要
  気候変動対応、実現可能で合理的なエネルギーミックスの確立、資源・エネルギー安全保障の確保を打ち出す。また、原子力発電、再生可能エネルギーおよび水素利用で、化石エネルギーの比重を減少させることとしている。
- ✓ 再生可能エネルギー
  実現可能性、住民の受容などを勘案して合理的水準に調整するとしており、定量的な導入目標は提示されていない。今後策定される第10次電力需給基本計画で、合理的な普及目標を示す予定。
- ✓ 化石エネルギー
  石炭火力発電は、電力需給状況やグリッドを考慮し、合理的に削減すべく誘導することとしている。また、老朽化した石炭火力発電所を天然ガス火力発電で置き換えるとしている。
- ✓ その他のエネルギー源の活用
  水素やアンモニアも、温室効果ガスを排出しない電源として、技術条件を踏まえつつ活用する方針である。

「新政府　エネルギー政策の方向」を踏まえて第10次電力需給基本計画を策定

● **第10次電力需給基本計画の策定**
2023年1月、尹政権では初となる第10次電力需給基本計画が策定された。同計画の基本方針は以下のとおり。

- ✓ エネルギーセキュリティのため、安定的な電力需給を最優先課題として推進
- ✓ 経済性、環境(カーボンニュートラル)、安全性も合わせて考慮
- ✓ 現実的でバランスの取れた電源ミックスを志向

同計画で示されている原子力、石炭、天然ガス、再生可能エネルギーの各電源の2023年、2026年、2030年および2036年時点における想定設備容量の割合等は下図のとおり。



(出所)第10次電力需給基本計画より三菱総合研究所作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電・非発電用途

2022年5月に発足した尹政権は、漸進的な脱原子力を堅持してきた前政権の政策を大きく転換し、原子力を積極的に活用するエネルギー政策を策定。

尹政権はエネルギー政策を策定、原子力を積極的に活用する方針を打ち出す

2022年5月に尹政権発足、同年7月に「新政府　エネルギー政策の方向（案）」が閣議決定された。本文書では、原子力に関して以下の政策が提示されている。

- ✓ 電源ポートフォリオに占める割合を2030年には30%以上に
- ✓ 新ハンウル3・4号機の建設計画再開
- ✓ 既設炉の運転延長
- ✓ 2030年までに原子炉10基を輸出
- ✓ 約4,000億ウォン（で約420億円）を投入し、独自のSMRの開発や輸出を推進
- ✓ 建設再開、輸出促進、サプライチェーン革新等を通じた原子力産業界の復興
- ✓ 高レベル放射性廃棄物管理については、前政権が策定した第2次高レベル放射性廃棄物管理基本計画を遂行し、法制度や実施体制を整備する方針

このうち、新ハンウル3・4号機の建設プロジェクトでは、2023年3月にKHNPが斗山エナビリティと主要資器材の調達契約を締結し、同年5月に斗山エナビリティは主要機器の製造を開始した。また、同年6月には政府がプロジェクトの遂行計画を承認した。今後は、建設サイトにおける準備作業が開始されることになっている。

廃炉、放射性廃棄物管理技術開、SMR開発のための研究拠点を新たに設置

2021年7月、韓国原子力研究院（KAERI）は革新的な原子力安全技術、放射性廃棄物管理技術、廃炉技術、SMR開発等を目的とした新たな研究施設の建設に着工した。研究・実証・実用化までを一貫して担うことのできる新たな大型研究施設で、16の研究施設・地域連携施設が設置される。2025年までの5年間で約3,000億ウォン強が投じられる。

高温ガス炉開発で国内外企業と協力するなど、非発電用途の開発も推進

- **KAERI、高温ガス炉開発で米国スタートアップおよび国内企業とMOU**

2020年8月、KAERIは米国のマイクロモジュール炉（MMR）開発スタートアップのUSNCおよび韓国ヒュンダイエンジニアリング（HEC）との間で、高温ガス炉開発、建設協力に係るMOUを締結したことを発表した。USNCが開発してきたMMR、KAERIが開発中の高温ガス炉（HTGR）、超高温ガス炉（VHTR）の開発・活用・建設について協力し、発電のほか、プロセスヒート供給、水素製造の拡大を目指す。

- **KHNP、POSCOとの間で製鉄所副生水素活用事業で協力へ**

2021年8月、韓国水力原子力（KHNP）は、製鉄大手のPOSCOとの間で、製鉄所の副生水素を活用した燃料電池事業と、クリーン水素産業活性化のためのMOUを締結した。まずはPOSCOの製鉄所で発生する副生ガスから抽出した水素を活用した発電を計画するが、中長期的にはクリーンエネルギー源によるグリーン水素の大量生産と、これを水素還元製鉄等に使用するための技術開発・実証でも協力する方針。

- **GSエナジー社、熱電供給のために米ニュースケール社のSMR導入を検討**

民間発電会社のGSエナジー社は、2023年5月に、慶尚北道ウルチン郡と、郡の産業施設におけるニュースケール社のSMRであるVOYGR-6を活用した熱電供給を検討するための了解覚書（MOU）を締結した。両者はVOYGR-6の建設に向けたフィージビリティ調査のために協力することとしている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

経済性のあるウラン資源は国内に賦存していない。燃料サイクルフロントエンドのうち国内では燃料加工のみを実施。歴代政権は国内再処理に意欲を示し、米韓共同研究終了後も韓国内研究は継続。

フロントエンドのうち燃料加工以外はすべて輸入に依存

核燃料サイクルのフロントエンドのうち韓国国内で行っているのは燃料加工工程のみである。

韓国には経済性のあるウラン資源は賦存しておらず、ウラン精鉱は全量輸入に依存し、豪州、カナダ、カザフスタン、ニジェールなど供給源を多様化している。

ウラン転換は、米国、カナダ、フランス、ドイツ、中国等に委託している。重水炉用ウラン転換は1993年以降、全量をカナダのカメコ社に委託している。濃縮は、5～10年単位の役務提供契約を国際入札によって締結しており、英国、フランス、ロシア、中国等が現在の供給元である。

燃料加工は、韓電原子力燃料（KNFC）が国内の全ての原子力発電所の燃料を製造している。

10年間の米韓燃料サイクル共同研究成果を受け、研究開発を継続

米国と韓国は2011年から10年間にわたり、使用済燃料の乾式再処理（パイロプロセス）に関する共同研究を実施してきた。本共同研究は、米国の2020会計年度に終了した。

この共同研究では、乾式再処理を技術的および経済的な実現可能性、ならびに核拡散抵抗性の観点から評価することを目的としたもので、韓国側はMSIT、MOTIE、MOFA、NSSCが、米国側はエネルギー省（DOE）の国家核安全保障局（NNSA）がそれぞれ関与した。2021年9月には両国が報告書を承認した。

韓国政府はその後、使用済燃料処理技術研究開発適性検討委員会に今後の方針について諮問を行った。その結果、実証・商用化の前段階までの基礎・コア技術確保を目的として、研究開発を持続すること、中長期的には、米国との高燃焼度使用済燃料実験推進及びその成果を検証した上で、韓国国内の政策等を考慮して実証・商用化研究の実施可否について改めて検討すること等を盛り込んだ方針を2021年12月の原子力振興委員会で報告した。

2015年に米韓原子力協定を改定。交渉の際には、自国内濃縮・使用済燃料再処理容認を主張するも物別れに

- **2009年に、国内濃縮・再処理の容認を米国に要求**

韓国は1991年11月の「朝鮮半島の非核化と平和構築のための宣言」において再処理施設の保有を放棄している。しかし、当時の外交通商部（現・外交部）は2009年7月、同国内での原子力発電の重要性が増大している現状に照らし、2014年に満了する米韓原子力協定の更新に際して国内での濃縮・再処理を求めたいとの意向を示した。その後、両国は2011年1月、使用済燃料のパイロプロセス（乾式再処理）の共同研究を米国2020会計年度まで実施することで合意し、協定改定交渉の議題からは切り離すこととした。

- **2015年新協定は韓国側の既存の研究施設における再処理の一部許容、20%未満の濃縮の許容に関して協議する両国協議体設置で合意**

米韓原子力協定の改定協議は2011年以降複数回にわたり行われたが、韓国国内での再処理および濃縮に関して両国の溝は埋まらず、協定を2年延長して交渉を継続した結果、2015年4月、韓国側の既存の研究施設における照射後試験および低濃縮ウランからの放射性同位元素分離の許容、海外再処理委託の許容、20%未満の濃縮の許容に関する両国協議の枠組の設置（次官級二国間ハイレベル委員会）、産業・商業協力の促進などの内容が盛り込まれた新たな原子力協定の締結で合意に至り、同6月に正式署名、11月に発効した。

次官級二国間ハイレベル委員会は2016年4月に第1回総会が開催された後、両国の政権交代を経て第2回総会が2018年8月に開催された。しかし、韓国におけるウラン濃縮・使用済燃料再処理の道を残すことが最重要課題だったハイレベル委員会の設置は、当時の政権の脱原子力政策志向により、元来の意義を喪失した状況にある。2022年5月に成立した尹政権下で、何らかの再検討が行われる見通し。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分

尹政権は、文前政権下で策定された「第2次高レベル放射性廃棄物管理基本計画」を遂行する方針。中低レベル放射性廃棄物は処分場の第1段階処分施設が2015年に操業を開始、第2段階は2022年着工。

高レベル放射性廃棄物の管理方針は現政府の脱原子力政策への転換を受けて再度の取りまとめ

● **文政権下、「第2次高レベル放射性廃棄物管理基本計画」をとりまとめ**

韓国では、使用済燃料は各原子力発電所内の貯蔵プールまたはサイト内乾式貯蔵施設で全量が貯蔵されている。将来的に使用済燃料の再処理を実施せず直接処分する場合の管理方法として、地層処分が検討されているが、結論は出ていない。

文政権の前の朴政権で、2016年に「高レベル放射性廃棄物管理基本計画」が策定されたが、文政権は脱原子力政策と整合しない等の理由で見直し、「第2次高レベル放射性廃棄物基本計画」が2021年12月に国務総理主宰の原子力振興委員会で承認された。主な内容は以下のとおり。

① 住民投票などによる社会的合意に基づくサイト・施設の決定
② 誘致地域住民の受容性向上のため、地域支援と安全管理基盤を強化
③ 同基本計画の推進力を確保し、国民の信頼を向上させるため、管理政策の詳細内容公開を定める特別法制定、および独立した管理専門の行政組織の新設を進める

● **尹政権は「第2次高レベル放射性廃棄物管理基本計画」を遂行する方針**

2022年5月に発足した尹政権が同年7月に閣議決定された「新政府　エネルギー政策の方向(案)」では、国民の安全を確保するためとして「第2次高レベル放射性廃棄物基本計画」を同政権としても遂行する方針が示されている。また、同計画で規定されている特別法の制定や新たな独立組織の新設を進めることとされている。

中低レベル放射性廃棄物処分場は第1段階処分施設が2015年より操業開始、第2段階処分施設は2022年着工

慶州市の中低レベル放射性廃棄物処分場は、2008年に第1段階処分施設建設に着工し、2014年6月に建設が完了、原子力安全委員会の操業許可を同12月に取得して2015年7月に操業が開始された。第1段階処分施設は、地下空洞処分施設となっている。

第2段階処分施設は、地表近くに設けた人工構築物(コンクリートピット)に放射性廃棄物を埋設するものである。第2段階処分施設は2022年7月に建設・操業許可が発給され、翌8月に建設が開始された。完工は2024年の予定である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制・立地政策取り組み

東京電力福島第一原子力発電所事故を契機に原子力規制機関の独立性確保のため、2013年に大統領直属の常設行政機関として原子力安全委員会（NSSC）が新設。部品品質偽造問題等で原子力への不信感が高まり、改めてストレステストを実施して国民の不信・不安に対応。

福島第一事故後、規制機関の独立性確保のため原子力安全委員会が設置、ストレステスト等を改めて実施

- **原子力安全委員会（NSSC）の設置**

福島第一原子力発電所事故後、韓国でも原子力発電所の安全に対する国民の不安が高まり、2011年3月23日から4月30日にかけて全国の原子力発電所の安全点検が行われた。この安全点検は、震度7.2の地震とそれに伴う津波が発生した場合を想定して、国内の全原子力発電所の安全性を確認したもので、政府は同年5月、国内の全原子力発電所の安全性が確認されたことを発表した。

一方、原子力研究開発を推進するMEST（当時。現・科学技術情報通信部、MSIT）の傘下に、原子力安全規制を担当する原子力安全委員会と安全規制の技術支援機関（TSO）である韓国原子力安全技術院（KINS）が置かれている体制が問題視され、同10月に原子力安全委員会（NSSC）が大統領直属の常設行政機関として設置された。新たなNSSCは委員長と副委員長を含め計7～9名の委員で構成される原子力安全政策の最高行政機関と位置付けられ、KINSおよび韓国原子力統制技術院（KINAC）はその下位組織となった。2013年2月に朴槿恵政権が誕生すると、NSSCの位置付けは再び変更され、国務総理室直属機関へと変更された。

- **部品品質偽造問題等で原子力への不信募り、ストレステストを実施**

国内で最古の古里1号機における全交流電源喪失事象が事業者から隠ぺいされていた事件や、原子力発電所部品の品質書類の偽造が相次いで発覚したことなどを受けて国民の原子力に対する不信感が募り、2013年4月には高経年化プラント2基について、EUストレステストと同水準の安全評価が実施された。

2016年には、これら高経年化プラント以外の、運転中の全プラントについてもストレステストを開始した。運転中の原子炉5タイプ（2ループWH、3ループWH、CANDU、Framatome、OPR1000）からそれぞれ1基の代表プラントのストレステストを行う第1段階（5基）と、それ以外の17基のストレステストを行う第2段階に分けて実施された。

電源立地周辺地域に対する広報・広聴支援も法律にのっとって設置

- **電源立地周辺地域の環境監視機構設置に補助金を拠出**

韓国では1990年代後半に、電源立地周辺市域に対する支援の一環として、原子力発電所立地地域5カ所を対象に、民間環境監視機構を地域住民が運営することを支援する制度が構築されている。この仕組みは地域住民が主体となって、原子力発電所の建設・運転による周辺地域の環境・放射線測定、安全性に対する評価を行い、これを公表し、環境・放射線安全に関して、政府・事業者に対して建議を行うことのできる場と位置づけられている。監視委員会は学界、住民代表等20名以内から構成され、監視センターは一定の資格または学位を持つ者7名以内で構成される。運営費用は、国が設置した電力産業基盤基金から拠出されている。

- **中低レベル放射性廃棄物処分場地域住民とのコミュニケーション委員会も発足**

バックエンドについても、新たに住民とのコミュニケーション組織が発足した。中低レベル放射性廃棄物処分場の第2段階処分施設では、着工が遅れる中、国民とのコミュニケーション強化に向け、2018年11月に韓国原子力環境公団（KORAD）が廃棄物管理事業コミュニケーション委員会を発足させた。コミュニケーション委員会は、教育関係者・保護者・市民団体等の多様な関係者で構成されており、委員会は竣工済みの第1段階処分施設（地下空洞処分施設）の操業、第2段階処分施設（浅地中処分施設）の建設などの、放射性廃棄物管理事業に対する国民の意見集約、政策提案、制度改善、対話活動等を進めている。なお、前スライドの通り、第2段階処分施設は2022年8月に建設が開始されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉・新設炉

国内で26基が運転中、2基が建設中。前政権の脱原子力政策により、古参の既設炉の早期閉鎖、建設計画6基の撤回が断行されたが、尹政権は新ハンウル3、4号機の建設計画再開を打ち出す。

前政権は脱原子力の方針の下、新設計画の白紙撤回を断行も、建設準備済みの2基は世論調査を経て計画続行

韓国では現在26基の原子炉が運転中、2基が建設中である。

文前政権が脱原子力発電の方針を打ち出し、2017年10月に閣議決定されたエネルギー転換ロードマップで新設計画の白紙撤回を決定したことから、当時計画中の8基のうち、2016年6月に建設許可が発給済みであったセウル3、4号機を除く6基の計画は中止となった。セウル3、4号機の建設については、すでに建設前の土木工事等が相当に進捗していたことなどが勘案され、2017年8～10月の間、民意を問うための討論型世論調査を実施し、その結果を踏まえて計画の続行が決定された。

2018年6月、KHNPは取締役会で、韓国で運転中の商用炉のうち最も古い月城1号機の早期閉鎖と、エネルギー転換ロードマップで計画中止が決定された6基のうち4基の新設計画の撤回を決定した。セウル3、4号機の次に建設が計画されていた新ハンウル3、4号機については、決定は保留された。なお、韓国初の第3世代炉であり、現在UAEのバラカで建設中の4基の原子炉のレファレンスプラントでもあるセウル1号機（APR1400、発電設備容量140万kW、設計寿命60年間）は2016年12月に商業運転を開始し、同じAPR1400のセウル2号機は2019年8月に商業運転を開始した。また新ハンウル1号機は2022年6月、2号機は2023年12月に運転を開始している。

表　韓国における建設中の原子炉

サイト名	炉型
セウル3	APR1400
セウル4	APR1400

尹政権が新ハンウル3、4号機の建設計画再開の方針を提示

2022年5月に発足した尹政権が同年7月に策定したエネルギー政策では、新ハンウル3、4号機の建設計画再開の方針が示されていた。具体的には、法令で規定された許認可手続きを遵守しつつ、電力需給基本計画に反映させるなどして、できるだけ早く計画を再開することとしていた。新ハンウル3・4号機の建設プロジェクトは、2023年5月に主要機器の製造が開始され、翌6月には政府がプロジェクトの遂行計画を承認して、本格的に再開している。

また、2023年7月にMOTIEは、原子炉新設の必要性について検討する方針を公表している。

官民が参画しSMRアライアンスを設立

2023年7月、MOTIEやKHNPといった政府機関や国有企業等11社と民間企業31社が参加し、SMRアライアンスが設立された。SMRアライアンスは、SMR事業戦略の策定や、国としての競争力を強化するための官民の能力向上を目的とした組織的な基盤の確立を計画している。そのために、事業開発や組織的向上などを目的としたワーキンググループを設置することとしている。また、2024年上半期までに、ビジネスモデルや組織的向上に関する提言を取りまとめる計画である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

2022年5月に発足した尹政権は原子力輸出への積極支援方針を提示。チェコ、ポーランドでの受注も目指すほか、現代E&CがブルガリアのEPCコントラクター選定で前進。

尹政権は原子力輸出を積極支援、KHNPは中東欧での受注を目指す

文前政権は、国内では漸進的に脱原子力発電の方針を採るとしながら、原子力輸出については、国益に資する限りにおいては支援するとの方針であった。2022年5月に発足した尹政権は、同年7月に閣議決定された「新政府　エネルギー政策の方向（案）」で、2030年までに原子炉10基の輸出を実現するとの目標を掲げている。

韓国は、下表に整理するとおり、初の大型商用炉の輸出案件となったUAEのバラカ原子力発電所建設プロジェクトに加えて、チェコやポーランドでも受注を目指して取り組みを進めている。

国名	状況
UAE	2009年12月に受注したUAEバラカ原子力発電所建設プロジェクトはAPR1400を4基建設する中東初の原子力発電利用案件。 2020年2月、バラカ1号機に60年間の運転認可が発給され、試運転・試験を経て2021年4月、商業運転を開始した。2、3号機もすでに運転を開始している。
チェコ	2021年6月、KHNPがドコバニ原子力発電所増設プロジェクトの入札参加候補者に残ったことを公表。他候補はフランス電力（EDF）、米ウェスティングハウス（WH）社。受注者決定は2023年9月の予定。
ポーランド	2022年4月、ポーランド初の原子炉のベンダーとなることを目指してKHNPは6基のAPR1400建設を提案。この入札では米WH社が受注を決めたが、同年10月にポーランドのエネルギー企業が、APR1400技術に基づく原子力発電所を建設するため、KHNPと趣意書に署名。

ブルガリア・コズロドイ増設プロジェクトにおけるEPCコントラクターの選定

ブルガリアでは、コズロドイ7・8号機として米国WH社のAP1000を建設する計画が進められている。2024年1月には、コズロドイでのプラント増設に向けて事業会社によるEPCコントラクターの選定プロセスが開始された。米国フルア社、ベクテル社、韓国現代E&C、中国CNNCのグループ企業、及び中国能源建設が応募し、同年2月には韓国現代E&Cのみが募集要件を満足していることが公表された。またブルガリア議会は、契約に向け現代E&Cと協議を進めることを承認している。

米国SMRベンダーとの協力

韓国は、SMRについては国産のSMART炉の開発を進めるほか、重電大手等の企業が、政府系金融機関も加えて、米国のSMRベンダーと協力関係を構築している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA, Country Nuclear Power Profiles, Korea
- 韓国政府ポータルサイト
- 大統領府
- 産業通商資源部
- 科学技術情報通信部
- 外交部
- 韓国電力公社
- 韓国水力原子力株式会社
- 原子力安全委員会
- 原子力環境公団
- 原子力発電白書

Copyright © Mitsubishi Research Institute

調査対象国の国別プロファイル

Copyright © Mitsubishi Research Institute

インド

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

経済成長に伴う電力需要増大への対応として、原子力開発を推進。2070年カーボンニュートラルに向け、原子力拡大を強化する方針。トリウム燃料サイクルを推進している点が特徴的。

● 基本情報

基本情報	面積	328.7万km²	人口	14億1,717万人
	公用語	連邦公用語はヒンディー語、他に憲法で公認されている州の言語が21		
	通貨	1ルピー=1.76円（2024年4月中適用）		
政治	政治体制	共和制		
	議会	二院制：上院（250議席）、下院（552議席）		
	政府	首相　ナレンドラ・モディ		
経済	GDP	3兆3,851億米ドル（2022年名目、世界銀行） 成長率　7.0%（2022年、世界銀行）		
	経済の特徴および概況			
	2017年度のGDP成長率は6.8%、2018年度は6.5%と高い成長率を維持したものの、2019年度は3.7%と減速。2020年度に世界的な新型コロナ感染拡大の影響を受け、一時経済は大幅に縮小し、GDP成長率は－6.6%と大きく減速。同年度中からインフラへの投資を中心とした大規模な経済対策を実施したことで、第二波、第三波の影響は受けつつも、2021年度のGDP成長率は8.7%とプラスに転じ、コロナ前の水準に回復。2022年度のGDP成長率も7.0%と、高い水準を維持している。			

● エネルギー

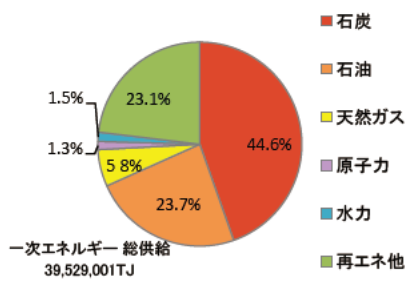
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：603（百万トン）
石炭：393,465（百万トン）
天然ガス：1兆4,890億（立方メートル）
ウラン：77,000（トン）

・一次エネルギー供給
3,952万テラジュール

・エネルギー自給率
64.5%（原子力含）、63.2%（原子力除）

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：1.3%

一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）

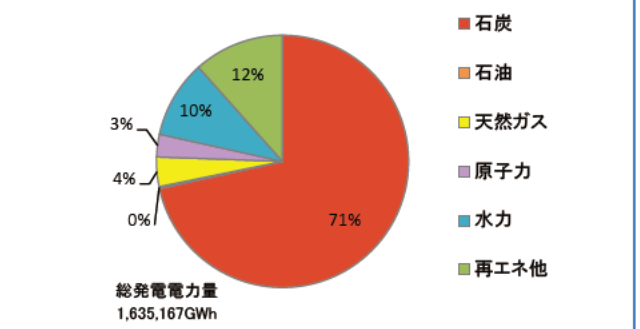


● 電力

電源種別設備容量（千kW）	火力：307,076　水力：46,341　原子力：6,780　その他：98,233
電力供給体制の概要	電力供給体制は各州により異なる。事業者には、中央政府・州政府管轄下の公社、民間の電気事業者が存在する（原子力発電事業は中央政府が独占的に実施）。

電源種別発電電力量

石炭産出量の豊富なインドでは、石炭火力が発電電力量の7割以上を占めている。石炭火力に次ぐ主力電源は水力、天然ガス火力であり、原子力の比率はわずかである。



電力最終消費量（百万kWh）	1,206,630	発電電力量（百万kWh）	1,635,167	電力純輸入量（百万kWh）	-26
運転中の原子力プラント	23基（PHWR19基、BWR2基、PWR（VVER）2基）	建設中の原子力プラント	7基（PHWR2基、FBR1基、PWR（VVER）4基）	計画中の原子力プラント	12基

電力需要の推移と見通し

インド電力省が2023年に公表した「国家電力計画（NEP）」では、2022年3月時点で約1.4兆kWhだった電力需要が、2027年3月までに約1.9兆kWh、2032年3月までに約2.5兆kWhに増大する見通しが示されている。

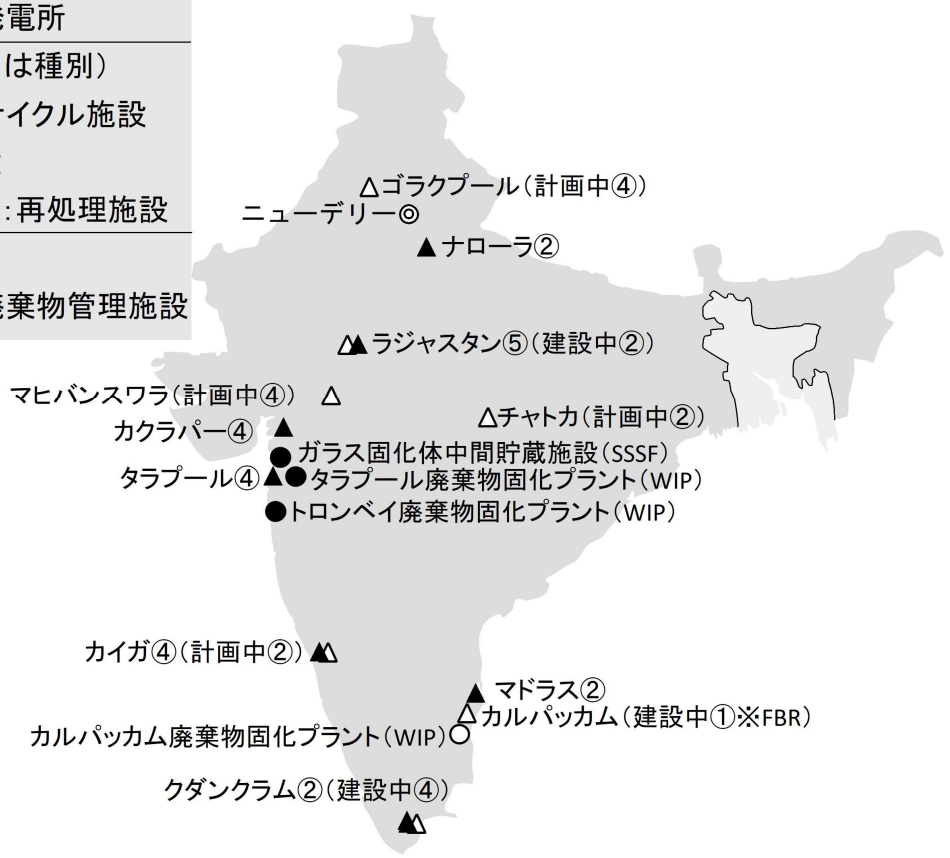
Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量742.5万kW　発電電力量:420億kWh

運転中:23基　建設中:7基　計画中:12基　原子力シェア:3.1%

▲ 原子力発電所(〇内は基数)
△ 計画中、建設中の原子力発電所
■ 核燃料サイクル施設(( )内は種別)
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C:転換施設　E:濃縮施設
F:燃料製造・加工施設　R:再処理施設
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

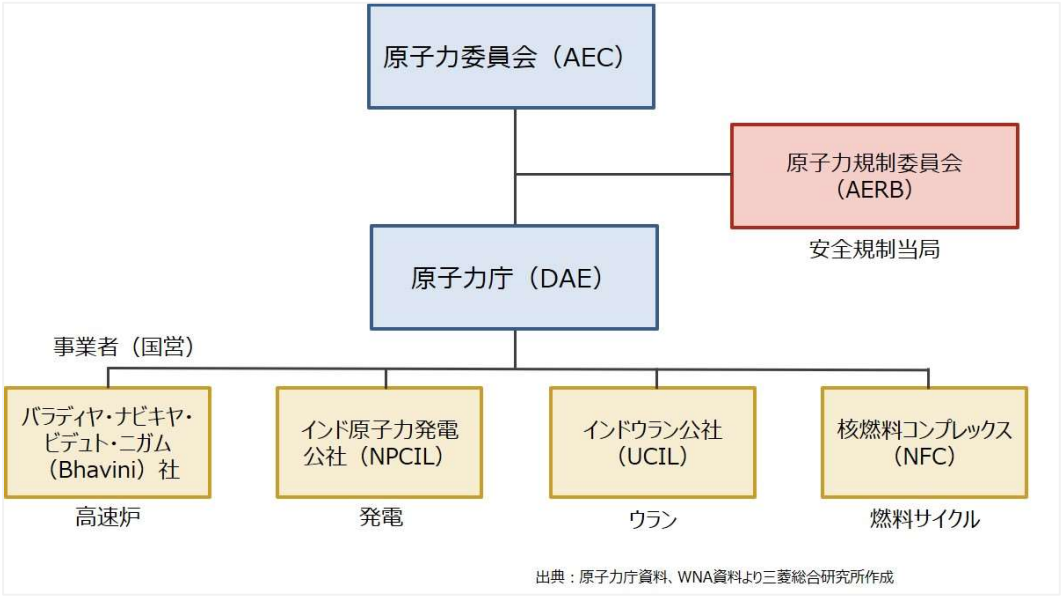


Copyright © Mitsubishi Research Institute

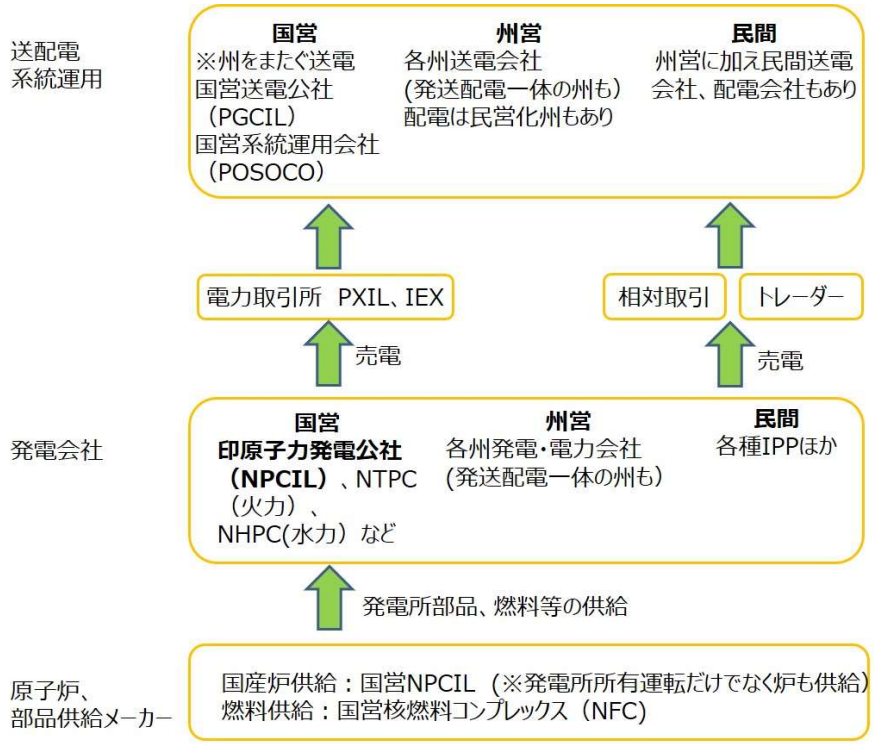
原子力業界構造

規制当局は原子力規制委員会（AERB）。インドにおける原子力事業は発電、研究開発、燃料製造まで一括して原子力庁（DAE）のもと、国営での事業体制となっている。規制、事業部門がいずれも原子力の国家方針を決定する原子力委員会の傘下にあるが、AERBは独立して規制を行っているとしている。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

インドはこれまで温室効果ガス排出削減の長期目標を示してこなかったが、11月のCOP26にて首相が2070年カーボンニュートラルを宣言。COP21の約束草案と比較して各種目標も底上げ。ただし先進国より遅いペース。

COP26において、COP21約束草案からの各種目標底上げ・2070年カーボンニュートラル(CN)を宣言

2015年のCOP21における約束草案ではGHG削減の長期目標を示していなかったが、モディ首相はCOP26における演説で、2070年CNを宣言。多くの国が2050年頃のCNを宣言する中では遅いペースである。2030年までに原子力を含む非化石電源を5億kWとし、電力に占める比率を50%とする方針を表明。インドでは電力法に基づき、中央電力庁インド計画委員会が5年ごとに「国家電力計画」を策定する。上掲のCN宣言に基づき、2023年5月公表の国家電力計画(2022-32年)では、2032年までに、再エネを約4.3億kW、原子力を1,300万kW増加させる方針が示されている。

表　約束草案とCOP26での宣言内容比較

	約束草案(2015年)	COP26(2021年)
長期削減目標	なし	2070年CN
2030年GHG削減目標	国民総生産(GDP)あたり2005年比33%～35%減	GDPあたり45%減(基準年言及なし)
2030年非化石エネルギー目標	450GW 発電容量の44%	500GW (電力の50%)
2030年再エネ目標	なし	エネルギー需要の50%

現行の原子力目標は未達だが、2070CNに向けて今度も野心的な目標を提示。石炭火力は引き続き必要

電力需要が増大するインドでは、更なる発電設備の増設等が喫緊の課題となっている。2018年国家電力計画では、再生可能エネルギー拡大に加えて、原子力発電設備容量は、2017年時点の約600万kWから2027年3月までに約1,700万kWに増加する見通しとされた。ただし、2022年時点の設備容量は700万kW(全発電設備容量の1.7%)であった。2023年5月公表の国家電力計画では、2032年3月まで原子力容量を1,968万kW(2.2%)とする計画が示された。さらに2023年12月に政府は、原子力容量を2032年3月までに現在の3倍と、目標をさらに積み増す方針を示した。

なお、石炭火力発電について、現行の国家計画では、2022年時点の2.1億kW(52.8%)から、2032年時点で約2.6億kW(29%)と全体に占める比率は下がるものの、容量ベースでは増加が想定されており、当面は必要との姿勢が示されている。

2021年8月に首相が「国家水素ミッション」立ち上げを宣言

モディ首相は2021年8月15日の独立記念日演説において、「国家水素ミッション」の立ち上げを宣言した。エネルギー自立、成長と雇用の確保の観点などから、インドをグリーン水素(再エネによる低炭素水素)の生産・輸出のハブとする必要性を強調、2022年3月に新・再エネ省がミッション文書を公表した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電用途

電力需要増加への対応として、原子力発電を着実に拡大していく方針。国産炉を有し、発電、核燃料サイクル、高速炉開発等の原子力関連事業を国営体制下で実施。国内に豊富に賦存するトリウムの活用を念頭としたトリウムサイクルの実現を目指す。

インドの原子力方針～トリウムサイクルの確立を目指す～

インドでは、1940年代後半から原子力の平和利用のための開発に着手した。同国には、世界のトリウム埋蔵量の25%が賦存する。これを踏まえて、原子力開発で主導的な役割を担ったバーバ博士は1950年代に、以下の3段階からなるトリウムサイクルを提唱した。インドでは現在も、このトリウムサイクルの完成を目指す取組を行っている。

- 第1段階：天然ウランを燃料とする加圧重水炉（PHWR）でのプルトニウムの生産
- 第2段階：高速増殖炉（FBR）でのプルトニウム利用およびトリウム照射によるウラン233の生成
- 第3段階：改良型重水炉（AHWR）でのウラン233の利用およびトリウム照射によるウラン233の生成

インドでは2023年現在、高速増殖実験炉（FBTR）が既に稼働しており第2段階にさしかかったところである。

原子力目標は過去に引き下げ、現行目標も未達見込みだが、2070CNに向けて引き続き野心的な目標提示

前スライドに示した通り、電力需要が増大しているインドでは、更なる発電設備の増設や送配電インフラの整備が喫緊の課題である。過去には、2032年までに原子力発電設備を6,700万kWに拡大する目標を示していたが、その後下方修正し、2018年国家電力計画では、2017年時点の約600万kWから2027年3月までに約1,700万kWに増加する見通しが示された。2022年の実績は約700万kWである。2070年CN宣言を受けて策定された現行の国家計画では、2032年3月まで原子力容量を1,968万kWとする計画が示された。さらに2023年12月に政府は、原子力容量を2032年3月までに現在の3倍へ目標を強化する方針を示した。当初の中長期計画のペース通りとは行かないものの、インドはこれまでも着実に原子力を拡大してきており、その流れは今後も続くと考えられる。

核実験後に原子力禁輸措置を受け、原子力国産化が進んだ。2008年以降は輸入も可能に

インドは1960～70年代にかけて米国とカナダから原子炉を輸入したが、1974年に核実験を行ったために、海外からの技術援助が打ち切られた。この間、国産のPHWRを開発し、核燃料についても自前で供給できる体制を構築、高速炉研究開発も進めるなど、インドでは国営のもとで原子力産業の国産化が進んだ。 しかし、2008年以降は禁輸が解除され（国外動向のスライド参照）、国産炉の増設を進めつつ、国外炉の導入に向けた計画もなされている。

国営セクションが放射線利用、アイソトープサービスも提供

インドでは、原子力発電事業だけでなく、放射線利用についても原子力庁（DAE）傘下の産業単位でサービスの提供が実施されている。DAEに所属する「放射線・同位体委員会（BRIT）」は国内6カ所にリージョナルセンターを持つ。

BRITは照射施設の運営、アイソトープを用いたプラントへの各種サービス、分析の提供、機器校正、コンサルティングなど幅広いサービスを提供する。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

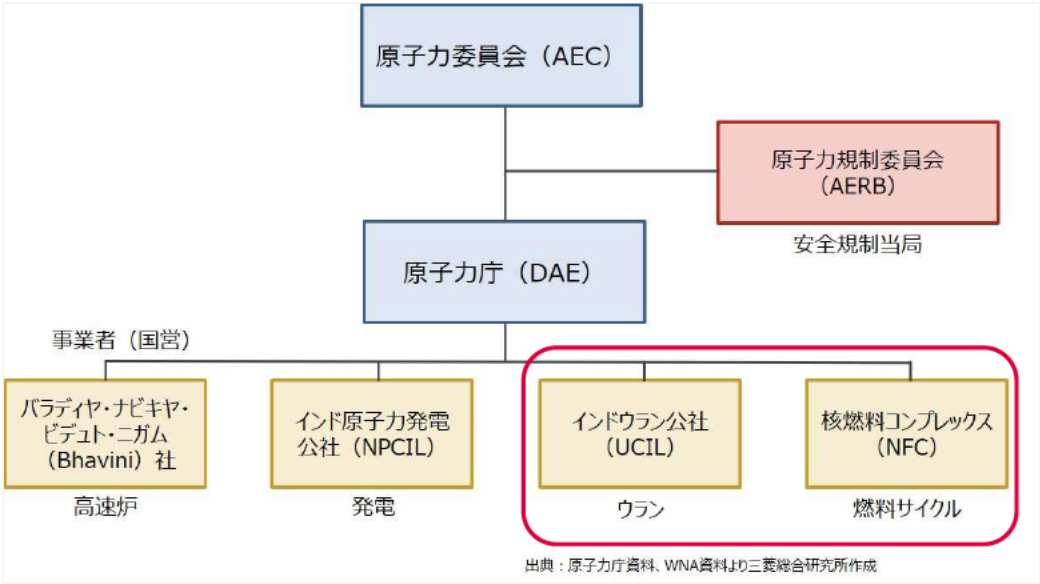
原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

インドでは、原子力発電に加え、ウラン採鉱や核燃料製造等の核燃料サイクル事業についても、国営体制のもとで実施されている。

核燃料サイクル事業も原子力庁傘下で国営

インドでは、原子力庁（DAE）傘下の公社や研究機関が核燃料サイクル事業全般（ウラン探査・採鉱、燃料・重水製造、発電、再処理、廃棄物管理など）を実施している。燃料コンプレックス（NFC）のハイデラバード核燃料施設では、濃縮六フッ化ウランの二酸化ウラン粉末への転換、PHWR用燃料の製造およびごく小規模なBWR燃料の製造も行われている。また、バーバ原子力研究センター（BARC）の再処理プラント（トロンベイ、タラプール、カルパッカム）では、PHWR使用済燃料の再処理が行われている。

● 原子力規制・産業構造（再掲）



ウラン、燃料サイクル事業も国営

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分

インドでは高レベル放射性廃棄物については地層処分する方針であるが、サイトは未定である。中低レベル放射性廃棄物については、原子力施設サイト内で浅地中処分される。

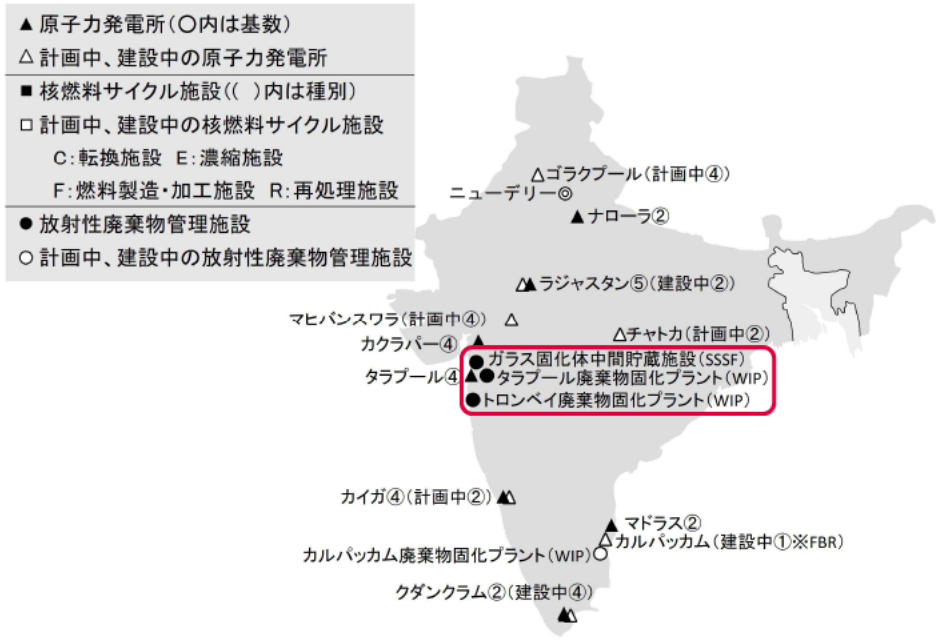
高レベル放射性廃棄物は最終的に地層処分する方針

インドは再処理施設などで発生する高レベル放射性廃棄物(HLW)をガラス固化した後、20～30年間中間貯蔵し、最終的には地層処分する方針である。また、バーバ原子力研究センター(BARC)の高レベル放射性廃棄物の固化プラント(WIP)がタラプール、トロンベイ、カルパッカムにあり、ガラス固化体を地層処分するまで一時的に貯蔵するための中間貯蔵施設(S3F)がタラプールで操業中である。
地層処分場サイトは未定である。

中低レベル高レベル放射性廃棄物は浅地中処分する方針

原子力施設等から発生する固体中低レベル放射性廃棄物については、プラント敷地の管理区域内で浅地中処分する方針である。

● インドの原子力施設所在地図(再掲)



Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

インドでは2032年3月までに原子力発電容量を2022年時点の3倍まで拡大する計画である。2008年の禁輸解禁後も、ロシアのVVERを除き建設に至った国外炉はなく、国産炉を中心に新規建設が進められている。

国産炉の新増設計画と70万kW級炉の投入

インドでは7基の原子炉が建設中である。このうち1基は高速増殖炉原型炉で、2024年3月に炉心への燃料装荷が開始された。

ロシア型VVER以外は現状、国産炉PHWRの建設を拡大していく計画であり、6カ所で各2基、計12基の建設が計画されている。 インド国産のPHWRは従来、50万kW級が主流であったが、2021年1月に系統接続、2023年7月に商業運転を開始したカクラパー3号機を皮切りに、70万kW級炉の投入が開始されている。

表 建設中の原子炉

ユニット名	炉型	設備容量（万kW）	建設開始
高速増殖原型炉	PFBR	50	2004
ラジャスタン7	PHWR	70	2011
ラジャスタン8	PHWR	70	2011
クダンクラム3	VVER	105	2017
クダンクラム4	VVER	105	2017
クダンクラム5	VVER	105	2021
クダンクラム6	VVER	105	2021

国外炉の導入状況と計画

国産炉以外では、インド原子力発電公社（NPCIL）とフランス電力（EDF）が2018年3月にジャイタプールに6基の欧州加圧水型原子炉（EPR）を建設するための枠組協定に調印した。2019年8月に行われた印仏首脳会談では、2019年中に同プロジェクトに関する最終合意を目指す方針で合意されたが、取組は遅延している。2021年4月には、EDFがNPCILに対し、エンジニアリング調査や機器提供の包括的な条件を示す、拘束力のある提案を提出した。EDFはNPCILに対しEPRに関する技術支援・機器提供を行うが、これら6基に係る許認可取得、建設、運転はNPCILの責任で行われる。

さらに、米国の協力でAP1000新設も計画されており、2019年3月には米国と、6基のAP1000新設で合意した。インド政府は米国に対し、新設が可能なサイトとして、グジャラート州ミティ・ヴィルディとアンドラプラデシュ州コヴァーダの2カ所を示している。

米仏からの原子炉輸入については交渉中のステータスが長く続いている一方で、ロシアのVVERについてはクダンクラムで2基がすでに運転中、4基が建設中である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

インドでは1974年の核実験を機に、長らく原子力技術の禁輸措置を受けてきた。2008年に禁輸は解除となったものの、事故発生時に製造者責任を問われる可能性が排除できない原子力賠償制度となっており、インドへの進出を検討する諸外国にとって、懸念材料となっている。

原子力禁輸の解除

インドは1974年の核実験後に国際社会から原子力技術の禁輸措置を受け、長らくもっぱら国内・国営体制での原子力開発を進めてきた。

しかし2000年代に入ると、インドにおける経済成長と電力需要の増加を背景に、米国がインドへの進出に関心を示し、米印原子力協定の締結に向けた取組が開始された。

2008年には原子力供給国グループ(NSG)がガイドラインを変更し、核不拡散条約体制に与していないインドに対する原子力輸出禁止を、「特例」として解除する措置を決定した。

同年内に米印原子力協定が米国議会の承認を受けて成立、その後フランス，ロシア、カナダ、韓国、オーストラリア、スリランカ等との間で二国間民生原子力協力協定に署名している。また日本との間でも、2017年に日印原子力協定が発効した。

このように禁輸措置は解除されたが、輸出を可能にするには、インドにおける原子力賠償制度の整備が課題となった。

原子力賠償制度

海外の原子力企業、特に民間主体の米国企業がインドに進出するには、インドにおける原子力損害賠償制度の整備が不可欠とされてきた。

インドでは2010年9月に原子力損害賠償法が公布され、同年10月には政府が原子力損害の補完的補償に関する条約(CSC)に署名したが、米国からは同法の内容はCSCに適合していないとの見方が示されていた。こうした問題に対処するため、米印両国は連絡グループを設置して取り組みを進め、インドは2015年6月に原子力保険プールを設置した。さらにインドが2016年5月にCSC締約国となったことから、米国を初めとする各国企業のインドにおける原子力事業への進出に道が開けた。

ただし、インドの原子力賠償法においては、原則としては原子力発電事業者に責任集中する方向であるものの、原子力機器の供給者にも事故時の損害賠償が求められる可能性がある規定があり、国外からの進出に際し、懸念材料の一つとなっている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- インド議会
- インド原子力発電公社（NPCIL）
- 計画委員会
- 原子力庁（DAE）
- 国際原子力機関（IAEA）
- インド首相府
- 米国務省
- カメコ社ニュースリリース
- バーバ原子力研究センター（BARC）
- インド原子力規制委員会（AERB）
- インド電力庁、国家電力計画
- インド新・再生可能エネルギー省

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ロシア

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

原子力発電を積極的に拡大。国内の総発電電力量に占める原子力発電の比率を2030年までに25～30%、2050年までに45～50%とすることを想定し、新設や次世代炉の開発を進展。SMRはすでに実用化しており、高速増殖炉の実証炉も定格出力で商業運転を開始。

● 基本情報

基本情報	面積	1,709万km²	人口	1億4,645万人
	公用語	ロシア語		
	通貨	1ルーブル=約1.64円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	共和制、連邦制		
	議会	二院制：上院(各連邦構成主体から2名ずつ)、下院(450議席)		
	政府	大統領　ウラジーミル・ウラジーミロヴィチ・プーチン 首相　ミシュスチン、ミハイル・ウラジーミロヴィチ		
経済	GDP	2兆2,404億米ドル(2022年、世界銀行) 成長率　-2.1%(2022年、ロシア国家統計局)		
	経済の特徴および概況			
	石油・天然ガスなどの天然資源に経済的・財政的に依存するロシアでは、2022年の成長率は前年度までに引き続き、石油部門の好調さに支えられた。一方で、経済制裁等による輸入の急激な落ち込み等による実質所得の減少を踏まえ、世界銀行はGDPの4.5%縮小を見込んでいる。			

● エネルギー

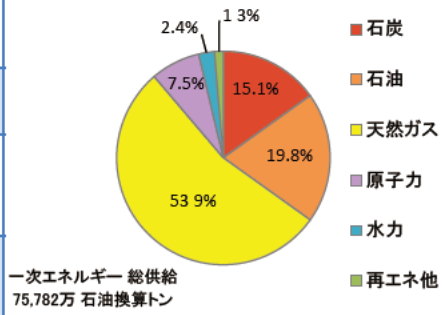
・保有資源
原油：50,238(百万トン)
石炭：4,297,136(百万トン)
天然ガス：32兆2,710億(立方メートル)
ウラン：216,500(トン)

・一次エネルギー供給
7億5,782万石油換算トン

・エネルギー自給率
195.5%(原子力含)、188.4%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：7.5%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

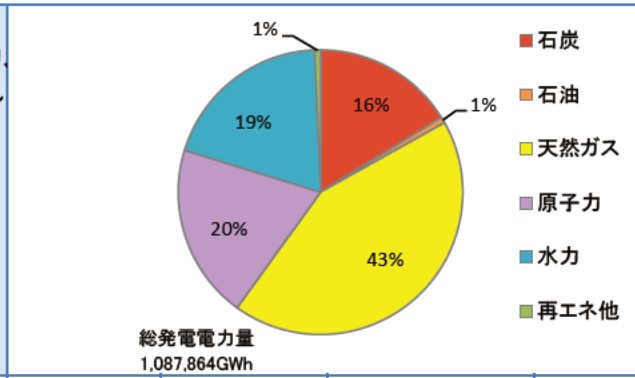


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力：215,160　水力：52,889　原子力：30,300　その他：2,109
電力供給体制の概要	発送配電は分離されている。発電は、ロスエネルゴアトム社のほか、卸売発電会社や広域発電会社など複数の会社が行っている。送電・配電は国営のロスセーチー社が統括し、傘下の連邦送電会社(FGC UES)が送電を、地域／地域間配電会社(IDGC／RDGC)が配電を担当している。

電源種別発電電力量

天然ガスによる発電が最も多く、40%強を占める。水力、石炭火力、原子力がそれぞれ20 %程度を占める。



電力最終消費量(百万kWh)	755,550	発電電力量(百万kWh)	1,087,864	電力純輸入量(百万kWh)	-18,430
運転中の原子力プラント	36(PWR21基、黒鉛炉11基、FBR2基、浮揚式2基)	建設中の原子力プラント	3基(PWR2基、鉛冷却高速炉1基)	計画中の原子力プラント	25基

電力需要の推移と見通し

ロシアの電力消費量は2013 年には7,440億kWhであったが、2020年に1兆2880 億kWh、2030年には1兆5,530 億kWhの需要が見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：2,772.7万kW　発電電力量：2,234億kWh

運転中：36基（PWR21基、黒鉛炉11基、FBR2基、浮揚式2基）、　原子力シェア：20.0%

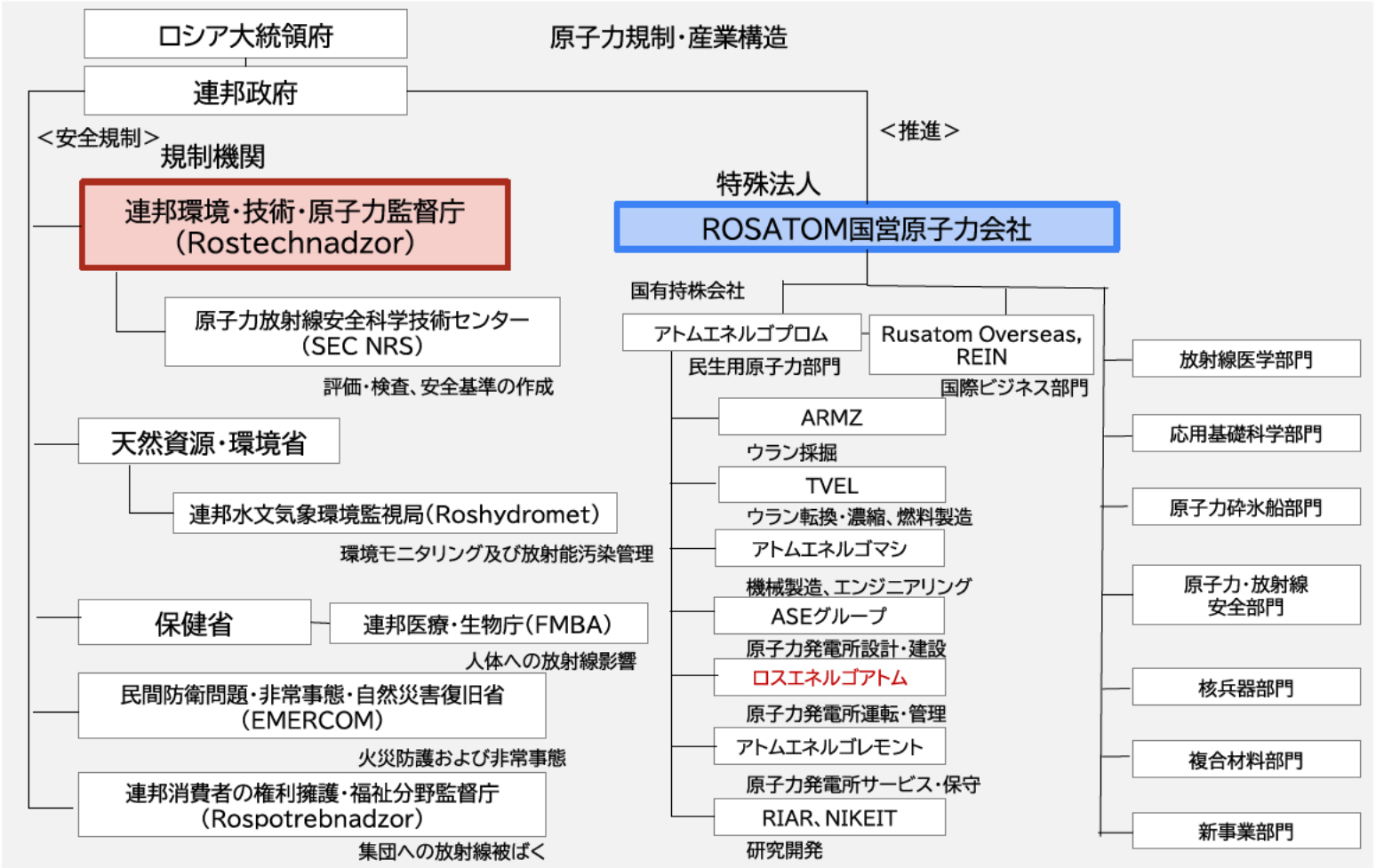
建設中：3基（PWR2基、鉛冷却高速炉1基）

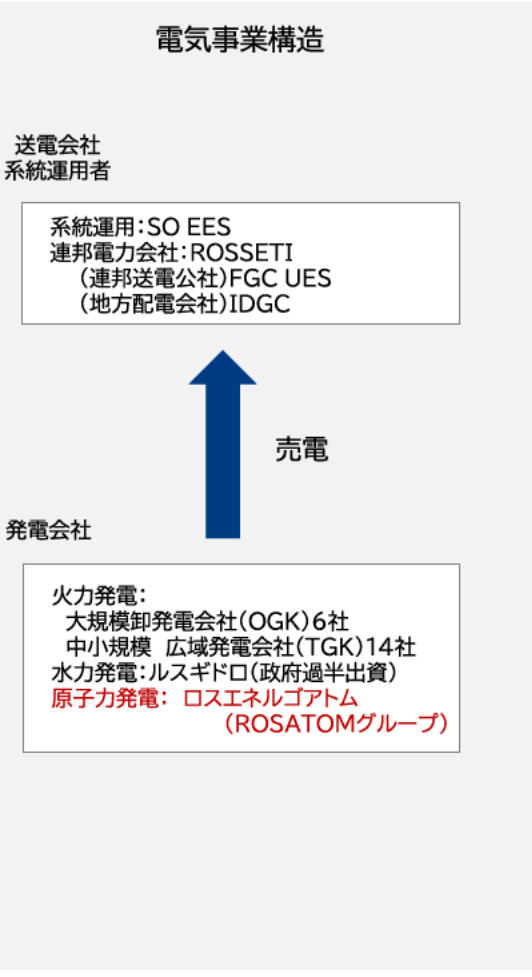
計画中：25基

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力業界構造

ROSATOM国営原子力会社が、安全規制を除く、あらゆる原子力利用に係る推進行政を担っている。
同社傘下において、民生用原子力部門を管轄するアトムエネルゴプロムのほか、原子力砕氷船、核兵器、応用・基礎科学、放射線医学などの企業体が事業を展開している。





Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

豊富な天然資源を輸出に回すため、国内の電源を原子力含む非化石エネルギーで代替する戦略を採用。2021年11月、2050年までに温室効果ガスの純排出量を2019年比で約60%削減し、2060年までにカーボンニュートラルを達成する計画を公表。

豊富な化石燃料を重要な外貨収入源に位置付ける

ロシアは、天然ガスの埋蔵量で世界有数の化石燃料資源国である。化石燃料は貴重な国外輸出品と位置付けており、重要な外貨収入源となっている。総輸出額に占める燃料エネルギー(電力を含む)の比率は約6割である。

近年では輸出において、原油・天然ガスなどの原料に加え、付加価値の高いエネルギー製品・関連技術の比重を高める構造変化を求めており、LNGや原子力技術も重要な輸出商品と位置付けている。輸出先についても、従来の欧州中心から、需要の大幅増加が見込まれるアジア地域に移行する方針を定めている。

欧州との関係冷え込みによる新たな市場開拓の必要性

ロシアの原子力を含めたエネルギー輸出は，政治的・外交的影響力の強化にもつながっている。しかし、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻に端を発し、欧州によるロシア離れが急速に進行中。ロシア側も輸出先としての欧州一極への過度な依存を軽減するべく、自国資源の販売先の多様化を図りつつある。

このような動きは、新たな輸出市場をアジア等に求める動きにつながっている。象徴的な事例として、ロシアと中国との間で、今後30年間にわたるガス供給契約が両国首脳の立会いの下で合意されたことなどが挙げられる。

一方2023年10月ROSATOMグループは、ブルキナファソ、マリ共和国、アフリカ原子力委員会(AFCONE)と原子力平和利用における協働に係るMOUを締結、ベラルーシの放射性廃棄物管理機関とアグリーメントを締結 、同年9月にはアルジェリア原子力委員会と非エネルギー分野における原子力技術開発のMOUを締結、中国LSグループと水素製造の設備供給に係るMOUを締結、同年12月にはエジプトのカイロにオフィスを設立するなど、欧米以外の地域での海外展開を進めている。

世界的な脱炭素の潮流の中、2021年に温暖化ガス排出量規制を導入予定

- **気候変動対策**

ロシアにとって最大の化石燃料市場である欧州がグリーンディールによって大きく政策変更に舵を切る中、ロシアもこれに追随する形で、2020年に改訂された2035年までの長期エネルギー戦略(ES-2035)に「水素エネルギー」の活用が盛り込まれることになった。

また、2021年にはロシアも温暖化ガス排出量規制を導入した。さらに、矢継ぎ早に温暖化ガス排出量削減に向けた戦略を策定。2021年11月には、2050年までに、森林などによる吸収量を差し引いた温室効果ガスの純排出量を2019年比で約60%削減し、2060年までにカーボンニュートラルを達成する計画を公表した。

- **2035年までのロシアのエネルギー戦略**

ロシア政府が2020年に承認した「2035年までのロシアのエネルギー戦略」(ES-2035)では、従来型のエネルギーに加えて、「水素エネルギー」という新たな項目が追加された。

天然ガスからの水素生産やメタン高温分解・熱分解等による水素生産に関する技術開発が謳われている。これには、再生可能エネルギーや原子力その他のエネルギー利用も含まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電

PWRであるVVER型炉を中心に合計37基を運転中のロシアの原子力発電量は米・仏・中に次いで世界4位。浮揚式原子力発電所の分野では世界をリード。

原子力における民生、軍事利用、安全保障が、ROSATOM国営原子力会社の傘下で一体的に運営

- **概要**

ロシアでは、化石燃料を輸出に回すために、国内の発電部門を原子力などで代替する戦略がとられている。またクローズド燃料サイクルが採用され、早くから高速炉や燃料サイクル技術の研究開発が行われている。2020年には、「ロシア連邦における2024年までの原子力利用分野の科学・技術研究と機器開発に関する大統領令」を公布し、原子力産業を強化拡大させるプログラムを進めている。

- **推進体制**

安全規制を除く原子力開発などの原子力行政については、2007年12月に連邦原子力庁（Rosatom）を改組して設置されたROSATOM国営原子力会社が担っている。

同社の傘下では、民生用原子力部門を管轄するアトムエネルゴプロム社のほか、原子力砕氷船、核兵器、応用・基礎科学、放射線医学などの企業が事業を展開している。また2011年には、海外ビジネスを推進・統括する子会社としてRusatom Overseasが設立された（2015年に事業再編のため分社化）。

原子力による水素エネルギーの開発に高い関心

ROSATOM社は原子力を用いたCO2フリー水素の製造・貯蔵技術の開発と、同技術に関する国外の実証プロジェクトへの参加に強い関心を表明している。同社は、電気分解とメタンの水蒸気改質で水素を得つつその過程で排出されるCO2を回収・貯蔵（CCS）するといった研究開発方針を掲げている。

関連して2023年9月に露ROSATOMは、サハリン島での水素プラント建設プロジェクトについて、中国のLSグループと設備供給に係るMOUを締結している。

ロシア型PWRであるVVER型炉を中心に、合計36基を運転中。

2024年3月現在、国内で36基の原子炉が運転中である。国内総発電量に占める原子力比率（2021年は20.6%）を、2030年までに25～30%、2050年までに45～50%に引き上げる計画を進めており、3基が建設中である。

ROSATOM社はさらに、第三世代プラスのVVERであるVVER-1200、および同モデルの改良型であるVVER-TOIの展開を進めており、同モデルはすでに欧州電力要求（EUR）認証を取得している。VVER-1200の初号機となるノボボロネジⅡ-1号機は2017年に、次いでレニングラードⅡ-1号機とノボボロネジⅡ-2号機が2018年, 2019年にそれぞれ営業運転を開始した。

2024年1月末にはクルスク2号機（1979年稼働開始RBMK、1000MW）について、45年の設備寿命を終え、恒久閉鎖が発表された。

浮揚式原子力発電所の分野では世界をリード

ロシア初となる海上浮揚式原子力発電所「アカデミック・ロモノソフ」（電気出力3.5万kWのKLT-40Sを2基搭載）はサンクトペテルブルクで建造され2018年10月にはムルマンスクでの燃料装荷が完了した。その後2019年9月には最終目的地のチュコトカ地域ペベク地区に到着し、12月には同地区の送電網に並列、2020年1月には、同地区の独立型送電網へ1,000万 kWhの電力（同地区の電力需要の20%相当）を供給し、同年5月に商業運転を開始した。2023年11月には、初となる燃料再装荷も行われている。

さらにヤクート砕氷船搭載用の原子炉としてRITM-200の開発も進み、ロスアトムは2022年5月に175MWのユニット完成を発表し、12月にはRITM-200S型核燃料の開発を完了したと発表した。

このような浮体式に加え、2023年7月には、サンクトペテルブルクのマラヒート海洋設計局が、北極海の水深400メートルに建設するモジュール炉2基を設計したと発表された。

また2023年12月にROSATOMは、浮揚式原子力発電所の建設・運転の一括請負契約を提供することを発表した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル

ROSATOM傘下のARMZ社やTVEL社を通じ、国内で精錬、濃縮、転換及び燃料加工の各工程を実施可能。クローズド燃料サイクルの確立を目指し、高速炉や燃料サイクル技術を精力的に開発。

国内向けのほか、旧ソ連時代に東欧諸国等に輸出したVVER型炉等に対しても燃料を供給中

- **ウラン資源・採鉱**
  ARMZ社傘下の合弁会社（PIMCU社など）が鉱山開発・運営しており、プリアルグンスク、ダルル、ヒアグダでウランを採鉱・精錬している。エルコン、ルーンナエでも施設建設が計画されている。ROSATOMは、2023年のウラン生産量が目標値に対し90トン上回ったことを報告した。

- **濃縮**
  アンガルスク、セベルスク、ゼレノゴルスク、ノボウラルスクの4施設が操業中である。各施設はTVEL社傘下の合弁会社により運営されている。

- **転換**
  モスクワ東方50kmで、TVEL社のエレクトロスタル転換プラントが稼働中である。また同社はセベルスクに新しい転換プラントの建設を予定している。

- **燃料加工**
  TVEL社が商用ベースで、VVER-440、VVER-1000、RBMK等向けの燃料を製造しており、同社所有の2施設（機械製造プラント「エレマシ」及びノボシビルスク化学精鉱プラント）が操業中である。

クローズド燃料サイクルの確立を目指し、高速炉や燃料サイクル技術開発を強力に推進

- **クローズド燃料サイクルの確立に向けた高速炉開発**
  ロシアではクローズド燃料サイクルの確立に向け、プルトニウム燃料の高速炉利用を目指している。2016年11月には、MOX燃料を装荷した高速増殖炉、ベロヤルスク4号機（ナトリウム冷却型高速炉BN-800）が営業運転を開始した。同機では、運転開始以降、酸化ウラン燃料とMOX燃料の両方を炉心に装荷して運転してきたが、2022年フルMOXでの運転を開始し、2023年11月には1年間の安全なフルMOX稼働が報告された。さらに、後継の高速炉としてBN-1200の開発も継続しており、ベロヤルスク5号機として2027年の着工が予定されている。2022年12月には同炉用のU,Pu混合窒化物燃料の試験が実施、2023年6月にはROSATOMにてVVER用MOX燃料の試験が開始された。
  フランス電力（EDF）とは2021年12月、使用済のMOX燃料リサイクルの可能性を検証する研究協力で合意した。2024年2月ROSATOMは、高温ガス冷却炉（HTGR）用燃料の機能試験を成功裏に実施したと報告した。
- **REMIX燃料の開発**
  燃料サイクルの確立を目指し、ロシアはREMIX燃料の開発を進めている。REMIX燃料とは、使用済燃料からウランとプルトニウムの混合物を分離せずに回収し、最大17%の濃縮ウランを加えて製造する軽水炉用の原子燃料であり、使用済燃料の貯蔵量削減やウラン燃料の節約に寄与することが期待されている。

再処理前の使用済燃料は、各サイトまたは集中貯蔵施設で貯蔵保管

- **使用済燃料の管理方法**
  再処理前の使用済燃料は、各サイトまたは集中貯蔵施設で貯蔵されている。

  鉱業化学コンビナート（MCC）に設置された貯蔵プールにて、VVER型の原子炉から発生する使用済燃料が集中的に中間貯蔵されている。MCCの集中貯蔵施設では、ロシア以外にもウクライナやブルガリアからVVER型炉の使用済燃料を引き受けて貯蔵している。

- **再処理の実施方針**
  VVER-440、BN-600などから発生した使用済燃料は、原子力複合施設マヤクの放射化学プラントRT-1において再処理され、回収ウランは再利用されている。ゼレズノゴルスクの鉱業化学コンビナート（MCC）にある再処理実証プラント（PDC）は能力拡大の計画があり、PDCの技術を活用し2025年を目途に再処理施設RT-2の建設も計画されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

各原子力発電所やマヤク等の施設において、放射性廃棄物の再溶融、ガラス固化、焼却、セメント固化等の処理を実施。国内の原子力施設における安全規制は、連邦環境・技術・原子力監督庁の所掌。

2011年に放射性廃棄物管理法が成立し、2012年に放射性廃棄物管理の実施主体ノオラオ(NO RAO)を設立

- **方針**

2011年に放射性廃棄物管理法が成立し、2012年に放射性廃棄物管理の実施主体として、国営企業ノオラオ(NO RAO)が設立された。中低レベル放射性廃棄物及び短寿命中レベル放射性廃棄物は浅地中処分、高レベル放射性廃棄物及び長寿命中レベル放射性廃棄物は地層処分する方針である。

- **概況**

各原子力発電所やマヤクなどの処理施設において、放射性廃棄物の再溶融、ガラス固化、焼却、セメント固化等の処理が実施されている。

NO RAO社は、地層処分場建設に向け、エニセイスキーのニジュネカンスキー花崗岩層に地下研究所を建設中である。また、浅地中処分場はノボウラルスクにあり、2016年12月から操業されている。オジョルスクやセベルスクなどでの建設も検討されている。

安全規制は連邦・技術・原子力監督庁(Rostechnadzor)が所掌

ロシアにおける原子力安全規制の法的根拠は、1995年に採択された連邦法「原子力利用について」に拠っている。

国内の原子力施設における安全規制は、連邦環境・技術・原子力監督庁(Rostechnadzor)が所掌する。推進側のROSATOM社とは完全に分離した組織であり、連邦管区に準じた地域割りの「地域管理部」が置かれている。Rostechnadzorの主な役割は、放射性廃棄物の貯蔵・処理・処分、核物質防護・核不拡散、原子力施設の安全に関する規制基準の策定および監督業務である。

福島第一原子力発電所事故を受け、ROSATOM社は国内の原子力発電所の安全点検(書類上の審査と実地での設備点検)を実施した。その評価結果について、Rostechnadzorによるレビューが行われた。

表　規制関連機関の責任・役割

機関名	責任・役割
連邦環境・技術・原子力監督(Rostechnadzor)	労働安全および原子力安全に責任を有する。
天然資源・環境省	環境モニタリングおよび放射能などの汚染管理を行う。
連邦医療・生物庁(FMBA)	人体への放射線影響に責任を有する。
民間防衛問題・非常事態・自然災害復旧省(EMERCOM)	火災防護および非常事態に責任を有する。
連邦消費者の権利擁護・福祉分野監督庁(Rospotrebnadzor)	集団への放射線被ばくに責任を有する。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

ロシア型PWRであるVVER型炉を中心に合計37基を運転中。国内の総発電量に占める原子力比率を引き上げるため、更なる新設およびリプレースを予定。

既存原子炉の出力増強と寿命延長を推進

2023年9月現在、ロシア国内では37基の原子炉が運転中である。

- **出力増強**

多くの既存炉で出力増強を実施している。当初出力比でVVER-440では107%、VVER-1000では107%～110%、RBMKでは105%まで出力を上昇させる計画である。

- **寿命延長**

連邦重点プログラム(FTP)やロスエネルゴアトム社の「2013年～2023年における既存炉の寿命延長プログラム」に基づき、設計寿命が近づいた既存原子炉に対して、規制機関である連邦環境・技術・原子力監督庁(Rostechnadzor)により、定期安全レビュー(PSR)に基づく運転認可の延長が行われている。以前の延長期間は15年の場合が多かったが、VVER-1000は30年程度の延長が行われている。また国立クルチャトフ研究所では、VVER-1000の15～30年の寿命延長に向けて、世界でも珍しい原子炉容器の金属を焼きなます技術を開発している。

国内で建設中の原子炉は3基、さらに27基の建設を計画

- **新設計画**

2024年3月現在、3基(うち1基は高速炉)が建設中、25基が計画中である。

ROSATOM社は2023年6月、ロスエネルゴアトム社にレニングラード7号機、8号機の建設許可を発給した。同発電所においては、RBMKである3号機、4号機の廃炉と入れ替わる形でVVERである7号機、8号機が建設される。

表　ロシア国内で建設中のVVER型原子力プラントの状況(2021年12月時点)

プラント名	基数	炉型	建設開始時期	運開予定
BREST-300	1	鉛冷却高速炉	2021年6月	2026年
クルスクII-1号機	1	VVER-TOI	2018年4月	2022年4月
クルスクII-2号機	1	VVER-TOI	2019年4月	2023年

SMR、高速炉等の新型炉を開発し、建設計画も進展中

- **陸上設置式SMR**

連邦内のサハ共和国政府は2021年6月、地域住民への電力供給を目的とした陸上設置式SMRの導入計画を承認した。陸上設置タイプの水冷式SMRであるRITM-200を低出力炉として運用する計画で熱出力19万kW、蒸気タービン出力5.5万kW以上を想定している。ROSATOM社が建設・資金調達主体となり、2024～2027年に建設、2028年に営業運転する計画である。ロスエネルゴアトム社は2023年4月に建設許可を取得し、2024年2月には関連する道路工事の順調な進捗が報告された。加えて、2024年1月にはROSATOMにより、チュクチ自治区の金鉱への10MWの原子炉(Shelf-M)建設計画が発表され、2030年までの運転開始契約が締結された。

- **高速炉開発**

ROSATOM社傘下のTVEL社は2021年6月、シベリア化学コンビナート(SCC)のサイトで鉛冷却高速炉(LFR)のパイロット実証炉BREST-300の建設を開始した。同サイトにはBREST-300に加えて、装荷されるウラン・プルトニウム混合窒化物(MNUP)燃料の製造プラントと使用済燃料再処理施設も併設され、1サイトで燃料サイクルが完結する。燃料製造プラントは2024年、BREST-300は2026年にそれぞれ完工し、再処理施設は2024年までに着工される予定である。

現在、9基の商用炉の廃止措置が進展

- **方針**

ROSATOM社傘下の運転会社であるロスエネルゴアトム社が廃止措置を実施している。同社は2017年、廃止措置戦略を遅延解体から即時解体に変更した。

- **現状**

2024年3月現在、9基の商用炉が廃止措置中である。うち6基は黒鉛減速軽水冷却チャンネル型炉(RBMK炉)であり、1995年以降、各原子力発電所が廃止措置のための連邦基金に資金を積み立てている。直近の出来事として、2023年11月にはクルスク1号機の使用済燃料の取出し完了、2024年1月末にはクルスク2号機の恒久閉鎖が報じられた。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：ベンダー動向

ROSATOM国営原子力会社傘下のアトムエネルゴプロム社が民生用原子力部門を統括。
ロシア製VVER型炉の設計・建設は、アトムエネルゴプロム社傘下のASEグループが担う。

VVER型炉の設計・建設はASEグループ、国外輸出はASE子会社のアトムストロイエクスポルトが担当

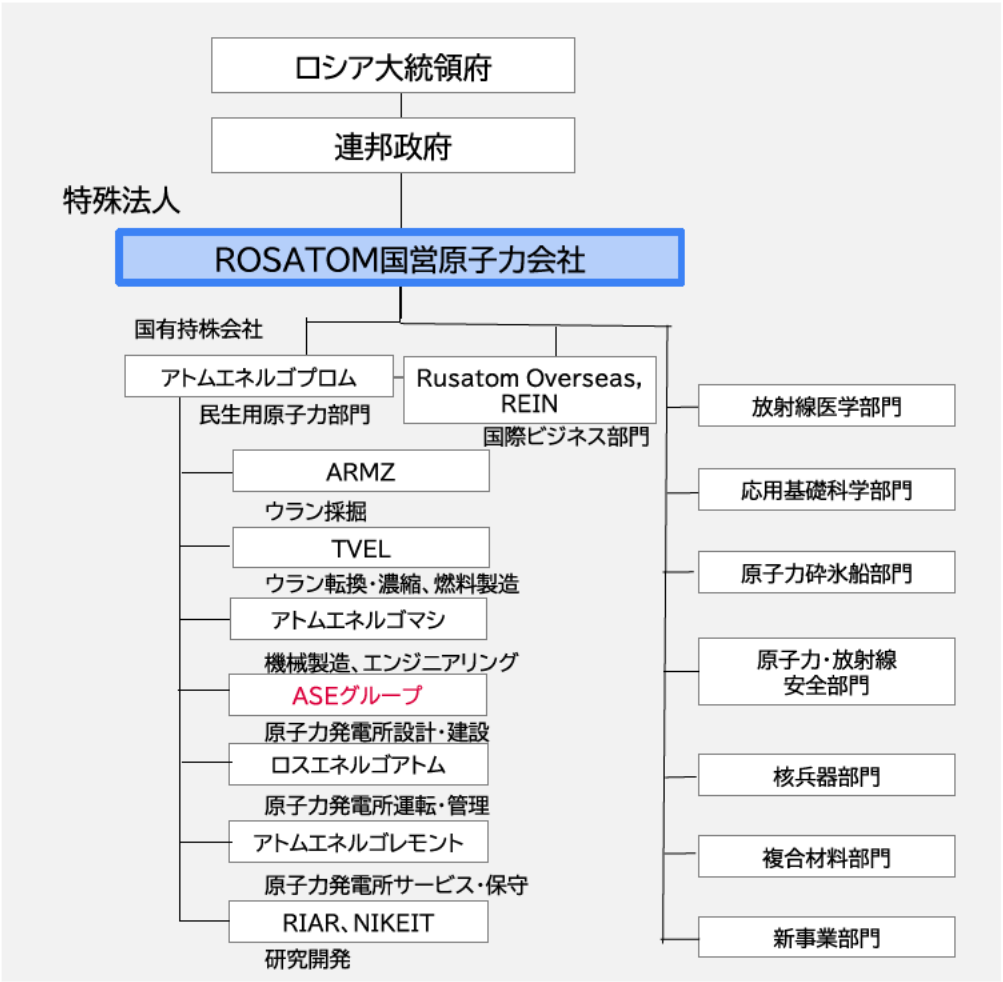
ロシアの原子力産業は、ロシア原子力省を改組してできたROSATOM国営原子力会社が中心である。ROSATOM社は、原子力発電所の設計・建設・運転、燃料サイクル、原子力砕氷船、研究開発、放射性同位元素の製造だけでなく、核兵器や先進材料、イノベーションの開発などにも従事しており、合計で約400の企業・組織を抱え、27万5,000人以上を雇用している。

そのうち、民生用原子力部門を統括する企業体が、持株会社のアトムエネルゴプロム社である。

ロシア型の加圧水型原子炉はVVERと呼ばれ、設計・建設をアトムエネルゴプロム社傘下のASEグループが一手に引き受けている。

2023年3月時点では、国内だけでなく、中国、トルコ、インド、バングラデシュや、エジプト、ハンガリー等でVVERの新設計画が進行中である。 原子炉輸出を手がけているアトムストロイエクスポルト社も、ASEグループの構成企業の一つである。アトムエネルゴプロム社傘下には、この他に、機器製造、燃料サイクル、保守運転など幅広い分野で多数の専門企業が存在する。

図　ROSATOM社の体制



Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向(1)

ROSATOM国営原子力会社が原子炉の輸出政策を推進。旧ソ連圏に限らず、中東、アフリカ、中南米、アジアの原子力新興国に進出。建設プロジェクトへの資金援助や、BOO方式による契約などが強み。

エネルギー需要増が期待される原子力新興国をターゲットに原子炉輸出の積極展開を進めるも、欧州ではロシア離れ

● **概要**

ロシアは原子炉輸出では世界のトップに立ち、原子力協力協定締結など、他国よりも早く積極的に国際展開している。ロシアの強みは、首脳外交以外に、資金提供や核燃料供給、研究開発、人材育成を含むインフラ協力、放射線利用など、トータル・ソリューション(包括パッケージ)の提案にある。

● **アフリカ・南米・ミャンマーとの関係強化**

ROSATOM社はアフリカの20カ国以上と協力関係を締結している。エジプトでダバ原子力発電所(VVER-1200×4基)を建設予定であり、2022年7月、本格着工した。直近では3号機が2023年5月に着工し、1号機については2028年の営業運転開始が見込まれている。タンザニアとナミビア、ジンバブエ、ブルンジ、エチオピア、南アフリカ共和国、アルジェリア、ベラルーシ等とも協力関係を構築しており、2021年9月にはブラジルとのエレトロ・ニュークリア社と協力強化に係る覚書を締結した。

2023年10月には、アフリカにおいては、2023年10月にブルキナファソ、マリ共和国と原子力平和利用における協働に係るMOUを締結し、同月アフリカ原子力委員会(AFCONE)と原子力平和利用分野において2023～2025年の協力活動計画で合意している。また2023年12月、エジプトのカイロにはパートナーシップ強化の一環として、ROSATOMのオフィスも開設されている。

● **インド・中国における新設計画への関与**

すでに複数のロシア製原子炉が運転・建設中のインドや中国でも、受注拡大が進められている。インドではクダンクラムで2基のVVERが運転中だが、2023年現在、さらに4基(3～6号機)の建設が行われている。

中国とは2019年までに、田湾7、8号機および徐大堡3、4号機としてVVER-1200を建設する契約を締結済みであり、いずれも建設が開始されている。建設計画は順調に進んでおり、2023年4月にはROSATOMより、クダンクラム5号機、田湾7号機に原子炉容器と蒸気発生器の輸送が行われた。その他、浮揚式原子炉建設の共同事業で協力関係を強化しており、船体部分を中国の造船所で建造予定である。

● **トルコとベラルーシ新設計画への関与**

採用された炉型がVVER-1200のトルコ・アキュ原子力発電所について、設計・建設から発電事業、廃炉までのすべてを担当するBOO(Build-Own-Operate)方式でプロジェクトが進行している。すでに1～4号機までの建設許可がトルコ原子力規制庁から発給されており、全基で建設工事が着工した。1号機の運転開始は2023年と見込まれていたが、2025年に延長された。

ベラルーシにおいては2021年6月、同国初号機となるオストロベツ原子力発電所1号機(VVER-1200)の商業運転が開始された。同発電所において2号機(VVER V-491)の建設も現在進められている。

ハンガリーのパクシュⅡ期工事もロシアからの融資のもと、建設工事の準備が進められ、当初の計画より2年遅い2032年に完了の見込み。

● **頓挫したプロジェクト**

受注後にキャンセルとなったケースもある。ベトナムでは受注していたニントゥアン原発の建設計画が、ベトナム国内事情により2016年11月に中止された。

ヨルダンで受注していた2基の建設計画も、資金調達で折り合いがつかず、2018年6月に両者間の事業開発合意書が解除された。

ウクライナにおけるフメルニツキ3、4号機の建設再開を巡っては、2016年5月、国家間の関係悪化により両国で合意した計画が破棄となった。さらに、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻により、フィンランドのハンヒキビ1号機(VVER-1200)の建設計画も契約キャンセルとなった。ロスアトムは2022年12月より、契約解除が違法なものであるとの主張を行っている。

● **バックエンド分野での海外展開**

2020年2月には、ROSATOM社傘下のTVEL社が、スペインの国営ウラン公社(ENUSA)、エキポス・ヌクレアーレ社(ENSA)およびIDOM社と、原子力施設の廃止措置、高レベル放射性廃棄物管理分野に係るエンジニアリングおよびコンサルティングサービス分野の協力に係る覚書を締結し、2023年10月にはベラルーシの放射性廃棄物管理機関と最終処分用インフラの製造・開発に係る協力合意を締結した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向(2)

表 ロシア国外の原子力プロジェクトの状況(2024年3月現在)

建設中:19基

国	プラント名	炉型	基数	備考
ベラルーシ	オストロベツ 2号機	VVER-1200	1	建設中(2013年建設開始)
インド	クダンクラム 3、4号機	VVER-1000	2	建設中(3, 4号機は2017年建設開始)
インド	クダンクラム 5、6号機	VVER-1000	2	建設中(2021年建設開始)
バングラデシュ	ルプール1、2号機	VVER-1200	2	建設中(1号機は2017年、2号機は2018年建設開始)
トルコ	アキュ1、2、3、4号機	VVER-1200	4	建設中(1号機は2018年、2号機は2020年、3号機は2021年建設開始、4号機は2022年建設開始)
イラン	ブシェール2号機	VVER-1000	1	建設中(2019年建設開始)
中国	田湾7、8号機	VVER-1200	1	建設中(7号機は2021年、8号機は2022年建設開始)
中国	徐大堡3、4号機	VVER-1200	1	建設中(3号機は2021年、4号機は2022年建設開始)
エジプト	エルダバ1、2、3号機	VVER-1200	3	建設中(1,2号機は2022年、3号機は2023年建設開始)

受注確定:5基

国	プラント名	炉型	基数	備考
ハンガリー	パクシュ5、6号機	VVER-1200	2	
スロバキア	ボフニチェV3	VVER-1200	1	
ウズベキスタン	レイク・チューダクール	VVER-1200	2	2028年運開予定

契約済:4基

国	プラント名	炉型	基数	備考
イラン	ブシェール3号機	VVER-1000	1	
アルメニア	メタモール3号機	VVER-1000	1	
エジプト	エルダバ4号機	VVER-1200	4	建設許可申請を提出済
フィンランド	ハンヒキビ1	VVER-1200	1	フィンランド側が契約解除する旨表明済

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA Country Nuclear Power Profiles, Russia
- WNA, Nuclear Power in Russia
- WNA, Russia’s Nuclear Fuel Cycle
- Energy Strategy of Russia for the period up to 2030
- Energy Strategy 2035(ES-2035)
- 廃棄物合同条約ロシア第6回国別報告書
- ロシア大統領府
- ROSATOM社
- ロスエネルゴアトム社
- Mayak社
- NO RAO社
- ロシア連邦環境・技術・原子力監督庁

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ポーランド

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

原子力の新規導入を計画しており、政府は2033年までに初号機、2043年までに計6基のPWRを建設する方針。政府計画に並行して、別の大型炉や、小型モジュール炉（SMR）導入計画も進行。

● 基本情報

基本情報	面積	32.2万km²	人口	3,801万人
	公用語	ポーランド語		
	通貨	1ズロチ＝36.8円（2024年3月中適用）		
政治	政治体制	共和制		
	議会	二院制：上院（100議席／任期4年）、下院（460議席／任期4年）		
	政府	大統領　アンジェイ・ドゥダ 首相　マラウシュ・モラヴィエツキ		
経済	GDP	約6,546億ユーロ（2022年、欧州委員会） 成長率　4.9%（2022年、中央統計局）		
	経済の特徴および概況			
	2004年EU加盟以降、2014年までに計50%の成長を達成。2012年には欧州債務危機により1.6%の成長となったが、順調に回復。2018年には5.1%の成長を達成。2020年には新型コロナウイルス流行の影響を受けたが、他のEU諸国と比べると影響は限定的であった。（ポーランド中央統計局）。			

● エネルギー

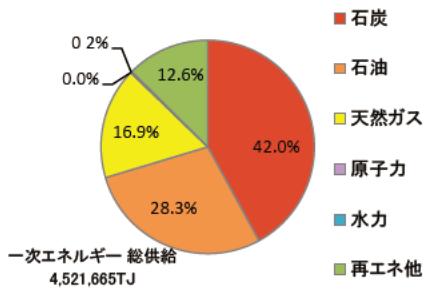
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：22（百万トン）
石炭：429,321（百万トン）
天然ガス：950億（立方メートル）
ウラン：該当データなし

・一次エネルギー供給
452万テラジュール

・エネルギー自給率
55.4%（原子力未導入）

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：原子力未導入

一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）

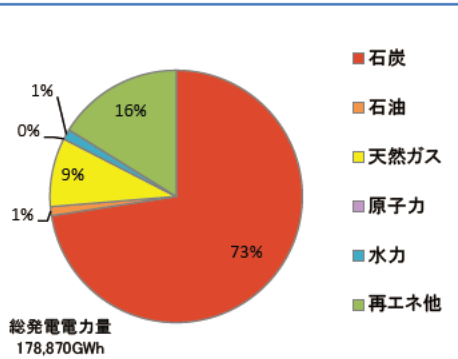


● 電力

電源種別設備容量（千kW）	火力：36,715　水力：2,400　原子力：0　その他：10,253
電力供給体制の概要	発送配電は分離されている。発電はPGE、TAURON、ENEA、ENERGA等複数の企業が行っている。送電はPSE Operator社、配電はPGE、TAURON、ENEA、ENERGA等複数の企業が行っている。

電源種別発電電力量

ポーランドでは石炭火力発電が総発電電力量の大部分を占めるが、再生可能エネルギーをはじめとする低炭素電源の拡大を進めており、わずかながら石炭比率が低下傾向にある。



電力最終消費量（百万kWh）	143,689	発電電力量（百万kWh）	178,870	電力純輸入量（百万kWh）	888
運転中の原子力プラント	0基	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	3基

電力需要の推移と見通し

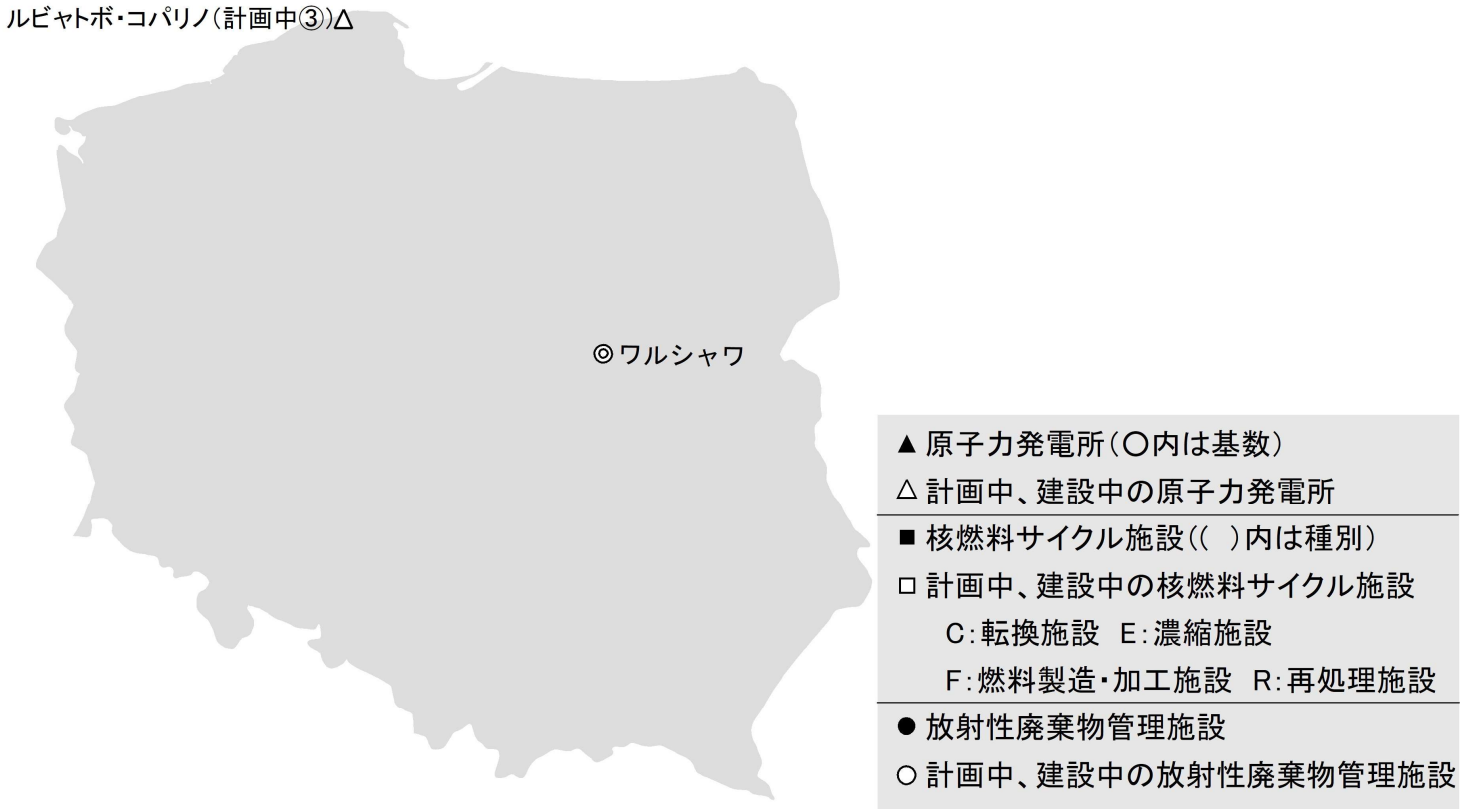
「2040年までのエネルギー政策（PEP2040）」策定に際し2018年に示されたエネルギー見通しによると、電力需要は2020年には約165TWh、2040年には約230TWhまで増加すると見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：0kW　発電電力量：0kWh

運転中：0基 建設中：0基　計画中：3基　原子力シェア：0%

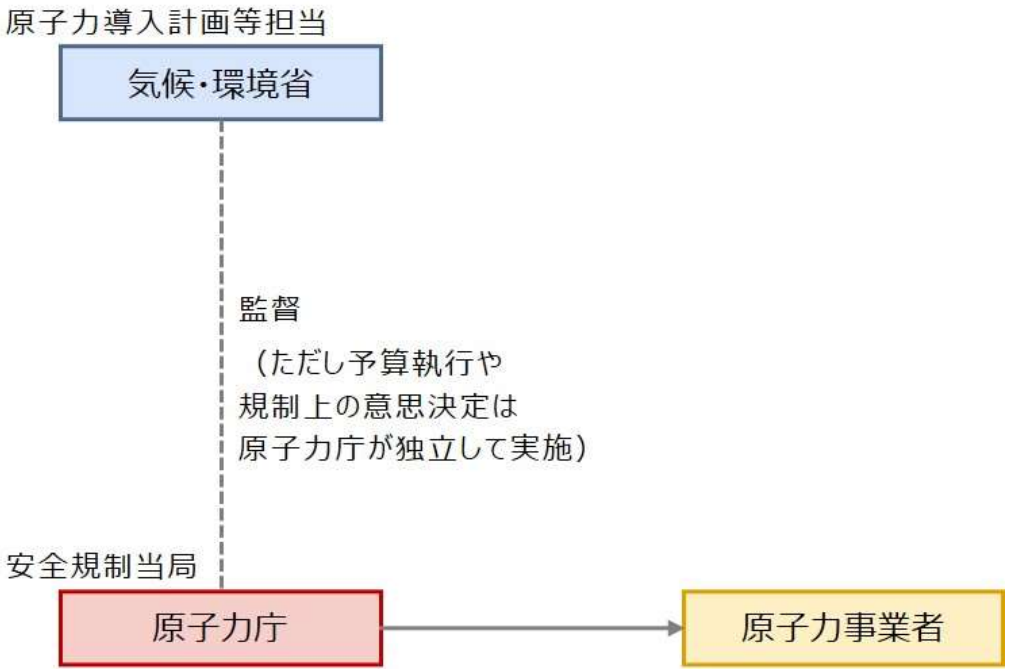


Copyright © Mitsubishi Research Institute

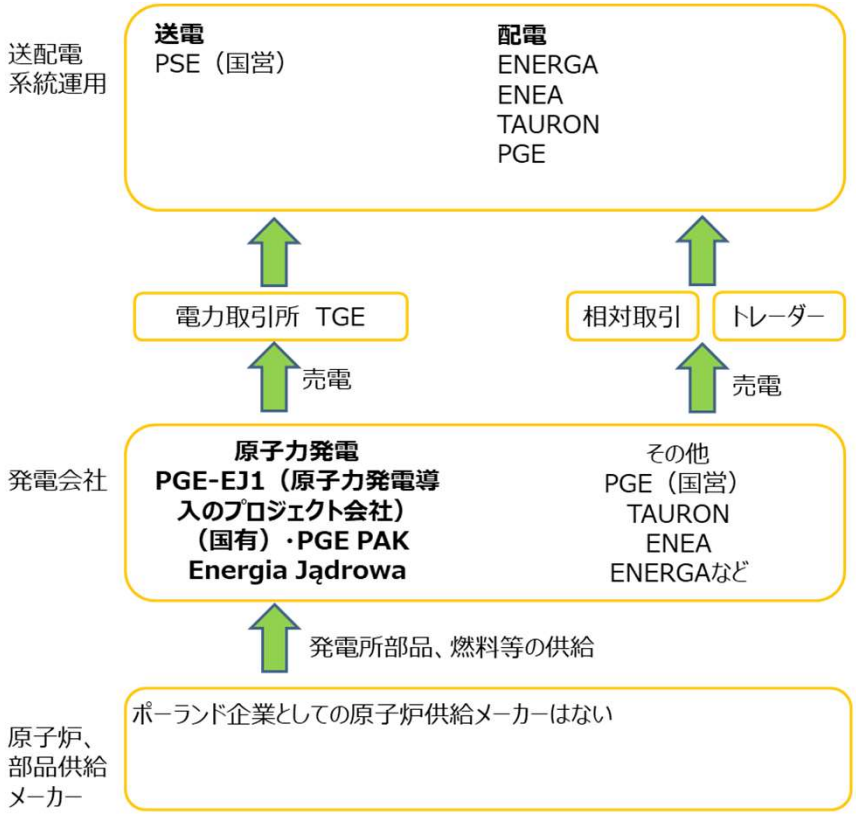
原子力業界構造

規制当局は原子力庁（PAA）。原子力・放射線安全規制を担う。ポーランドは原子力未導入国であり、国内にベンダー、原子力発電事業者は存在しない。政府所有のポーランド原子力発電会社（PEJ）に加え、国内電力・エネルギー事業者による合弁会社PGE PAK Energia Jądrowa社が原子力発電導入のプロジェクト会社として活動している。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

石炭比率が高く、EUの2050年カーボンニュートラル目標に向けた2030年までの温室効果ガス削減目標強化を最終的には受け容れたものの、当初難色を示していた。原子力含む低炭素電源への代替により、石炭火力の比率を低減させていく方針。

石炭比率が高く、経済への影響を懸念し2030年の温室効果ガス削減目標はEU目標より低く設定

EU気候法では温室効果ガス排出について2030年までに1990年比55%減、2050年までにカーボンニュートラル(CN)を達成する目標を掲げている。しかしポーランドは発電に占める石炭比率が約8割と域内でも高く、急激な削減は社会経済に大きな影響が及ぶ懸念があるとして、2030年目標の受け容れに当初難色を示していた。

天然ガス供給等を通じたロシアによる欧州への影響を強く懸念

もとより同国ではロシアに対する警戒感が強いが、2005年以降、ロシアとウクライナの間で天然ガス供給をめぐって頻繁に対立が起きるようになり、ポーランドでも国内で使用する天然ガスの約半分をロシアに依存していることから、エネルギーをロシアに依存するリスクが強く認識されている。その後もロシアとドイツをバルト海経由で結ぶガスパイプライン「ノルトストリーム2」(ポーランドとウクライナの陸上を通らないルート)の建設に反発し、 2020年にはポーランド競争当局が、ロシアのガスプロムに対し罰金を科すことを発表、訴訟となるなど、同パイプラインの設置に抵抗を示してきた。

低炭素エネルギーへの移行に際し、石炭からの橋渡しとして天然ガスへの切替も短期的なオプションとなりうるが、ポーランドではロシアへの依存度を高めることへの警戒が強く、こうしたことも原子力導入に踏み切る要因となっている。

「2040年までのエネルギー政策(PEP2040)」における電源低炭素化方針

2030年までに1990年比30%減とする温室効果ガス排出削減目標の達成には、石炭火力を主力とする電源の低炭素化が不可欠である。

2021年2月に政府が承認した「2040年までのエネルギー政策(PEP2040)」では、洋上風力発電と原子力発電が今後のエネルギー政策で重要な役割を担うと言及している。

2030年までに発電に占める石炭火力の割合を56%以下に低減させるとともに、再生可能エネルギーの比率を32%(最終エネルギー消費に占める比率では23%)以上に拡大するとしている。さらに2040年までには国内電源の半分以上を再エネや原子力といったゼロエミッション電源とし、石炭火力を28%以下とする目標である。

この一環として、2033年に100~160万kW級の原子力発電所初号機の運開を目指すとともに、以降2~3年間隔で2043年までに計6基を建設する原子力発電の新規導入計画も盛り込まれている。

また、2021年4月には政府と炭鉱労働組合が、2049年までに石炭生産から段階的に撤退する方針で合意しており、他の欧州諸国と比較して遅いペースではあるが、ポーランドでも脱石炭が着実に進行していく見込みである。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電用途

政府は2033年初号機運開を目指し、原子力発電の新規導入を計画。原子力は安定電源であり、エネルギー安全保障の向上に貢献すると共に、現在主力の石炭を置き換える低炭素電源として、国家の戦略的投資対象に位置づけている。政府計画以外にも大型炉、小型炉の導入計画が同時進行している点も注目。

ポーランド政府における原子力導入計画の位置づけ

「2040年までのエネルギー政策（PEP2040）」では、2033年に初号機を運開し、以降2～3年間隔で2043年までに計6基を建設する原子力発電の新規導入計画が示されている。

ポーランドでは、原子力発電所の建設を、国全体の持続可能な開発のための戦略的投資と位置づけている。政府は原子力発電の利点として以下の4つを挙げている。

- エネルギー安全保障の向上：原子燃料は化石燃料と比べて市場価格変動による影響を受けにくく、輸入元も複数ある。また長期使用分の燃料を貯蔵可能
- 電気料金の安定：60年、80年の原子力発電所長期運転による初期投資のコスト分散が可能で、運転コストも低い
- 環境に優しい：CO_2やその他有害な排出がなく、発生する廃棄物も少量で安全に貯蔵可能
- 産業強化：研究開発や企業などイノベーションの促進

なおポーランドでは上記計画で政府のプロジェクトとして表明済みの6基の大型炉の導入と並行して、国内エネルギー企業や電力需要家により、さらなる大型炉の導入や小型モジュール炉（SMR）の導入に向けた取り組みが行われている点も注目される。

原子力の熱利用にも注目

大型炉による原子力発電の新規導入の次のステップとして、ポーランド政府は、現在石炭やガスボイラで賄われている産業向けの熱供給を、高温ガス炉等の原子力で置き換え低炭素化を図ることも検討している。

高温ガス炉については、日本原子力研究開発機構（JAEA）と、高温ガス炉に係る協力を進めており、2030年頃をめどに、ポーランド国立原子力研究センターのサイト内で、1万kW級の実験炉を運開させる方向で検討が行われている。

ポーランドにおける原子力導入と国内産業

ポーランド政府は、原子力導入にともなって、安定した高レベルの雇用創出、収益性の高い技術プロジェクトへの国内企業の参画機会の増加、また国内産業の技術レベルの飛躍的な上昇をもたらすことが期待されている。ポーランド政府として、新規建設に際してはポーランド企業が可能な限り参入できるよう支援する方針である。政府は2016年以降継続的に、原子力に関連しうる事業を行う国内企業のカタログを作成するなど、取組を行っている。

※原子力発電の新規導入計画（小型炉による熱供給含む）については、「国内動向：新増設計画」のスライドを参照

Copyright © Mitsubishi Research Institute

核燃料サイクル・放射性廃棄物管理・処分、安全規制

高レベル放射性廃棄物については地層処分を検討、潜在的なサイト候補として5カ所が指定されている。低中レベル処分場については、原子力発電導入に際し新たな処分場を設置する計画。安全規制については、主に米国の協力のもと、原子力発電導入に向けた規制人材のトレーニング等を実施中

新規導入国であり国内に核燃料サイクル施設の立地無し

ポーランドは原子力発電未導入。共産主義下の1968年を最後に国内でのウラン採掘は行っておらず国外での権益も保有していない。核燃料サイクル施設も立地していない。

高レベル放射性廃棄物の処分は地層処分を検討

高レベル放射性廃棄物については地層処分を検討している。規制当局であるポーランド原子力庁(PAA)は、サイト候補として5カ所を指定しているが、2023年現在、サイトの絞り込みに向けた具体的な手続き等は行われていない。
研究炉の使用済燃料は、施設内の使用済燃料プールで保管されている。

原子力発電開始に向けて、新たな低中レベル放射性廃棄物処分場を設置する予定

医療・研究分野で発生する低中レベル放射性廃棄物は、Rózanの浅地中処分場で処分されている。原子力発電の開始に伴い廃棄物量の増加が見込まれることから、「2040年までのエネルギー政策(PEP2040)」では、2030年までに新たな低中レベル処分場を設置し、操業を開始する計画である。政府は2023年8月に、新処分場サイトに関心を持つ自治体の募集を開始した。

原子力発電導入に向け、米国等の協力のもと規制能力の強化に取組

ポーランド原子力庁(PAA)が独立した原子力・放射線安全規制機関として活動している。
原子力発電の導入に向けた規制能力の向上が課題であり、米国との協力協定等に基づき、許認可発給等の実務に携わる人員のトレーニングに取り組んでいる。PAAでは米国NRC等の協力のもと、安全評価システム構築・改善、原子力発電所建設に係る許認可のための意思決定の進め方などの習得を目的とした長期プログラム「応用許認可訓練プログラム」(ALEP)などが実施された。ALEPでは、PAA職員が原子力発電所建設許可に向けた規制評価と許可発行のシミュレーションを実施し、その結果を米国NRCとIAEAの専門家がレビューするといった取り組みが行われた。

表　規制関連機関の責任・役割

機関名	責任・役割
原子力庁(PAA)	原子力安全、放射線安全に責任を有する。環境省の行政監督下にあるが、PAA長官は環境省含む政府機関の命令や指示を受けず、PAAの活動方針や予算について独立した意思決定を行う。
環境保護庁	環境モニタリングに責任を有する。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：新増設計画

ポーランド政府は2サイトで2033年初号機運開、2043年までに計6基を建設する原子力発電の新規導入を計画。この国家計画の外でも民間ベースの大型炉計画が進行。小型炉では日本との協力のもと、高温ガス炉による熱供給の可能性を検討。別途民間でも米国等のSMR導入検討の動きがある。

原子力発電の新規導入、大型炉では政府の計画と事業者の計画が並行して進行中

ポーランドでは共産主義時代にジャルノビエツ原子力発電所の建設が中止された後、2009年に政府が原子力導入方針を閣議決定、2024年までに初号機を運開させる計画だったが、資金調達策の難航などから後ろ倒しとなった。

2021年2月に政府承認された「2040年までのエネルギー政策（PEP2040）」では、2033年に原子力発電所初号機を運開後、2～3年間隔で2043年までにバルト海沿岸の2カ所に計6基（計600万～900万kW）PWRを建設する計画が示され、同年12月には最初のサイトがルビャトボ-コパリノに決定された。2023年現在、2026年の初号機建設開始が予定されている。

原子力発電導入の事業会社はポーランド原子力発電会社（PEJ）である。同社は国営ポーランド電力（PGE）の100%子会社として設立後、PGE含む国内エネルギー4社の共同出資となっていたが、新規導入加速化に向け、2021年3月に完全国有化された。

2022年11月に最初の3基を米国ウェスティングハウス（WH）社のAP1000とすることが閣議決定され、2023年7月には、同計画に対する政府の原則決定が発給された。原則決定は、計画がポーランドの国益・政策に適合するか確認するもので、発給により今後の投資や、許認可手続きが可能になる。また同年9月には環境関連の許可も発給された。

韓国も当初、上掲の国家による6基計画への参入意向を示していた。しかし現在はポーランドZE PAK社の石炭火力発電所跡地にAPR1400を建設する計画を進めている。2023年4月に、韓国水力原子力（KHNP）とPGE、ZE PAK社による合弁事業会社として、PGE PAK Energia Jądrowa社を設立、2023年11月に政府の原則決定を取得した。PGE社は同計画を、政府の計画を補完するものと説明している。

表　原子力発電導入スケジュール

年	計画
2021	• 1カ所目の建設サイトがルビャトボ-コパリノに決定
2021～22	• 初号機の炉型、ベンダー決定
2026	• 初号機建設開始
2028	• 2カ所目の建設サイト決定
2033	• 初号機試運転
～2043	• 後続5基を2～3年間隔で順次試運転

SMR導入も視野。高温ガス炉では日本と協力

発電用大型炉の導入に加えて、小型モジュール炉（SMR）等の導入も検討されている。政府のPEP2040では、石炭に代わる産業用熱供給源として、小型炉（高温炉）利用の可能性にも言及している。すでに日本原子力研究開発機構（JAEA）と、高温ガス炉に係る協力を進めており、2030年頃をめどに、ポーランド国立原子力研究センターのサイト内で、1万kW級の実験炉を運開させる方向で設計等の作業がが進められている。

この他SMRの導入計画も産業主導で進められている。国内エネルギー企業の他、化学、鉱工業などエネルギーの大規模消費企業が、電力・熱利用や水素製造への関心から米GE日立ニュークリアエナジー社（BWRX-300）や、米NuScale社（VOYGR）、英国ロールスロイス社（UK-SMR）、仏EDF（NUWARD）を導入する取り組みを進めている。VOYGR建設計画に対し、2023年7月に原則決定が発給された。また、BWRX-300についても2023年12月までに6基の原則決定が発給済みである。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

過去にはバルト三国と共同での原子力発電所建設計画への参加を企図していたが、自国での原子力導入計画に専念するとして、不参加を決定

リトアニアでの原子力発電所建設計画への参加を企図するも、2011年に不参加を決定

バルト三国では、EU加盟に伴うリトアニアのイグナリナ原子力発電所の閉鎖後、新たに同発電所近傍にヴィサギナス原子力発電所を共同で建設する計画を進めていた。ポーランドはこの計画に参加する意向を示し、2006年にはバルト三国が、ポーランドの参画を容認する方針を示した。しかしその後、プロジェクトの条件で折り合わず、ポーランドは自国内での原子力導入計画に専念するとして、2011年に計画への不参加の方針を示した。

なお、ヴィサギナス原子力発電所に関しては、2011年に日立GEニュークリア・エナジーが戦略投資家に選定されていたが、2012年の国民投票や政権交代を経て、2016年から計画は凍結状態となっている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA Country Nuclear Power Profiles, Poland
- WNA, Nuclear Power in Poland
- Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku（PEP2040）
- ポーランド原子力庁
- PGE
- PGE EJ1資料
- AREVA社
- ポーランド首相府
- ポーランド気候・環境省
- ポーランドエネルギー規制局
- Synthos社
- ZE PAK社
- 米国エネルギー省
- フランス電力
- 韓国水力原子力

Copyright © Mitsubishi Research Institute

チェコ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

旧ソ連製原子炉VVER6基が稼働。政府は原子力発電を拡大する方針。2022年に開始した新設入札は、ドコバニでの1基から、増設を想定するドコバニとテメリン各2基の最大4基を一括調達する方針に変更。

基本情報	面積	7.9万km²	人口	1,051万人
	公用語	チェコ語		
	通貨	1チェコ・コルナ＝約6.48円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	共和制		
	議会	二院制：上院(81議席、任期6年)、下院(200議席、任期4年)		
	政府	大統領　ペトル・パヴェル(2023年3月就任) 首相　ペトル・フィアラ		
経済	GDP	2,905億米ドル(2022年、IMF) 成長率　2.3%(2022年、IMF)		
	経済の特徴および概況			
	2020年は、新型コロナウイルスの影響を受けマイナス成長になったが、21年にはプラス成長に回復。近年は、製造業を中心に労働力不足が大きな課題となっているほか、ウクライナ情勢の影響により急激なインフレが生じている。ユーロ導入については、2018年末にはチェコ財務省がユーロ導入の時期に関する目標を設定しないことを公表しており、導入時期は未定。			

● エネルギー

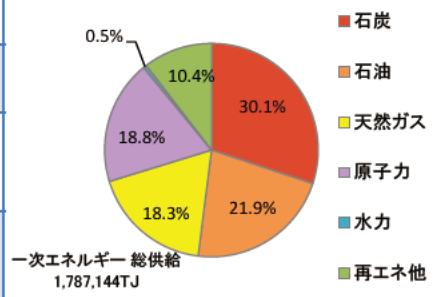
・保有資源
原油(シェールオイルを含む)：2(百万トン)
石炭：30,004(百万トン)
天然ガス：40億(立方メートル)
ウラン：1300(トン)

・一次エネルギー供給
178万テラジュール

・エネルギー自給率
57.6%(原子力含)、38.8%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：18.8%

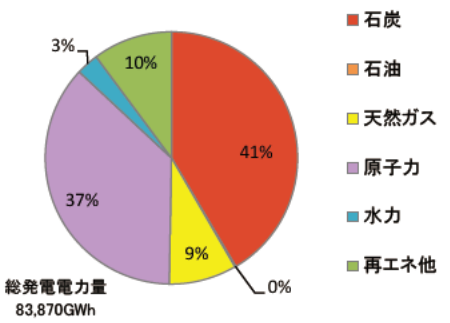
一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)



電源種別設備容量(千kW)	火力：12,384　水力：2,265　原子力：4,290　その他：2,461
電力供給体制の概要	発・送・配電が分離(法的分離)されているが、チェコ電力(CEZ社)が大きなシェアを有している。

電源種別発電電力量

石炭火力が総発電電力量の5割を占めており、原子力発電の比率は約1/3である。



電力最終消費量(百万kWh)	59,983	発電電力量(百万kWh)	83,870	電力純輸入量(百万kWh)	-11,075
運転中の原子力プラント	6基(PHWR)	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	1基

電力需要の推移と見通し

政府が2015年5月に承認した長期エネルギー戦略では、チェコにおける電力消費量は2040年までに、2015年比で20%近く増加すると見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：421.2万kW　発電電力量：293億kWh

運転中：6基 建設中：0基　計画中：1基（4基に拡大見込み）原子力シェア：36.7%

▲ 原子力発電所（〇内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所

■ 核燃料サイクル施設（（　）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設

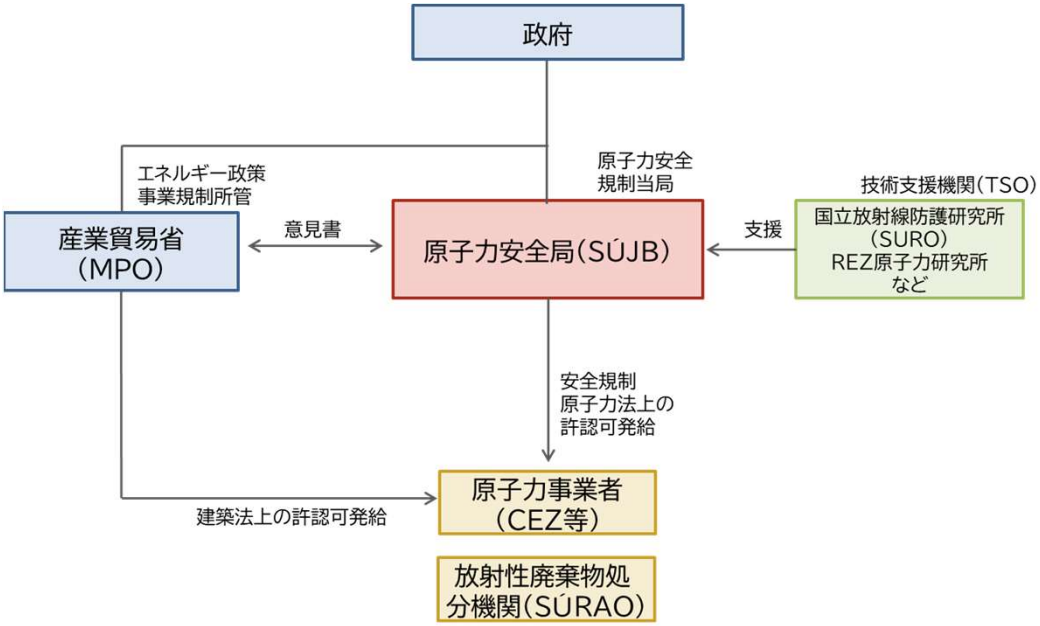
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

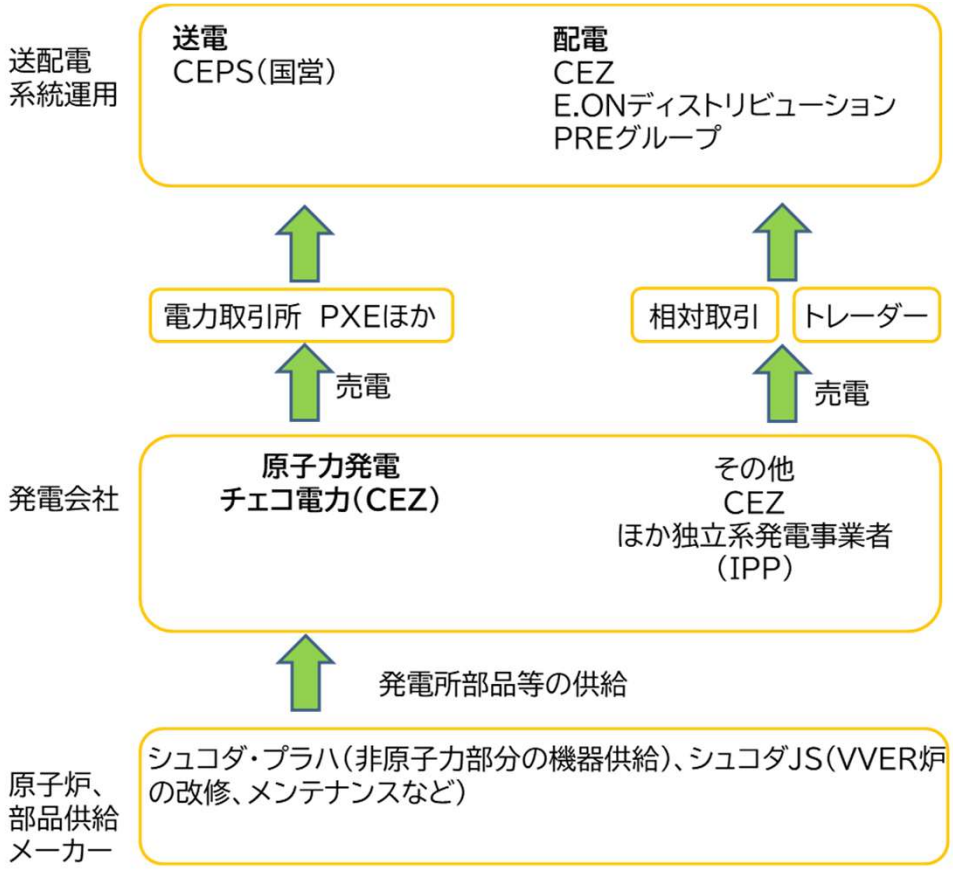
原子力業界構造

規制当局は原子力安全局（SUJB）。原子力・放射線安全規制を担う。電気事業では政府が70%出資するチェコ電力（CEZ）が発電の2/3を占め、欧州有数の大規模電気事業者として活動している。原子力エンジニアリング会社のシュコダJSはロシア傘下だったが、ウクライナ侵攻を受け、2022年6月にCEZがロシア持分を取得して単独所有者となった。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

現在の温室効果ガス削減目標は1990年比で2030年までに48%減、2050年までに80%減。温室効果ガス削減のため、2040年までに発電量の半分を占める石炭火力比率を11～21%まで下げ、原子力比率を5割程度に上昇させる計画。

温室効果ガス排出目標は2030年までに1990年比48%減、2050年までに80%減

チェコ政府は2017年の気候保護計画において、温室効果ガス排出を2030年までに1990年比48%減、2050年までに80%減とする目標を示した。2021年内に、計画見直しに向けた目標再検討が開始される。EUでは2050年にEU全体としてカーボンニュートラル(CN)を達成する方針を打ちだし、2021年6月の欧州気候法改正で、2030年目標についても1990年比55%減へと引き上げた。気候政策に先鋭的な国では、これを受けてEU目標を上回る野心的な目標を設定する国もあるが、特にチェコやポーランド等の東欧諸国で石炭火力比率が高く、GDPが低～中程度の国では、より低い目標値に留まる傾向にあり、削減目標設定の動向が注目される。

2040年までに発電量の半分を占める石炭火力比率を低減、原子力比率を5割程度に上昇させる計画

2015年に政府が公表した2040年までの長期エネルギー戦略は、
(1)エネルギー供給安全保障
(2)エネルギーセクターの競争力と社会的受容性向上
(3)持続可能な開発
を柱としている。

同政策では、温室効果ガスの排出を抑制するため、2040年までに、発電電力量に占める原子力の比率を46～58%、再生可能エネルギーの比率を18～25%へと上昇させ、現在発電電力量の約50%を占める石炭については、11～21%まで低減させる方針が示されている。

再生可能エネルギーについては、チェコ国土の自然条件(気候、地形など)や環境保護要件(土壌、水、景観、植物・動物相)の観点から、導入可能性の程度が限定されるとしている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電用途

チェコは一貫して原子力発電を維持拡大する方針である。バビシュ前首相は政府による直接的な財政支援には消極的であったが、議員提案により、2021年9月に新設炉からの電力を政府が保証価格で買い取る法律が成立。

一貫して原子力を維持・拡大する方針

チェコでは現在、政府が約70%の株式を保有するチェコ電力(CEZ社)により、計6基のVVERが、テメリンとドコバニの両発電所において運転されている。同国は石炭火力と原子力により安定・安価な電力を生産し、中央ヨーロッパにおける電力輸出国としての地位を保ってきた。

国内の電力需要増加と電力低炭素化に加え、東側のロシア、西側のEU先進国双方からの自立性確保、エネルギー安全保障確保などさまざまな観点から、チェコは一貫して、原子力発電の継続と拡充を指向している。

原子力拡充の方針は2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故以後も変わらず、2015年5月に閣議決定された2040年までの長期エネルギー戦略では、総発電電力量に占める原子力の割合を、2015年当時の約3割から、2040年までに 46～58% まで高める方針などが示されている。

EU大での原子力の地位向上取り組みにも積極的に関わっている。フランスを中心とした欧州の原子力国14カ国による「欧州原子力アライアンス」に参加し、EUにおける低炭素電源としての原子力位置づけ強化や、欧州内の原子力サプライチェーン強化に向け、EU内でのロビー活動を行っている。

原子力発電所による地域熱供給にも関心

2040年までの長期エネルギー戦略では、石炭利用を低減し、原子力発電を長期利用していく中で、規模の大きな都市における地域熱供給の熱源として、原子力の熱利用が望ましいオプションであるとの見解が示されている。

原子力拡大への直接的な政府補助への消極姿勢から一転、新炉からの電力を政府が保証価格で買い取る方針へ

原子力発電の維持拡大方針で一貫しているチェコ政府であるが、前政権のバビシュ首相は、原子力拡大への投資に対し、国として直接的な補助を行うことには消極的であった。過去2014年には、政府が新設ユニットの原子力電力に対する価格保証を提供しない方針を打ち出したことから、チェコ電力(CEZ)がすでに進行中であったテメリンにおける増設入札を、取り消したこともある。

その後、ドコバニにおける増設計画を進める中で政府とCEZ社らの間で原子炉新設に係る事業形態、投資枠組に関する協議が進められ、2019年7月、政府はドコバニにおける原子炉新設に向けた投資枠組を閣議決定した。この枠組みでは建設資金の調達はCEZ社の責任で行われ、政府とCEZ社はCEZ社が建設資金調達の際に、国が融資を受ける際と同条件での信用供与を確約する契約を締結するとされた。一方で政府は、英国のような固定価格買取差額決済契約(FIT CfD)は提供しないと明言した。

しかし翌2020年には「低炭素エネルギーへの移行法」案が議員法案として提出され、2021年9月15日に成立した。同法では2030年以降に送電網に併入する出力10万kW以上の原子力発電所からの電力を政府が保証価格で買い取る枠組みを定めている。 すなわち買取価格保証等を行わない方針から一転、手厚い保証が可能となった。なお、この制度は現在、EUによる国家補助規制に抵触していないかの調査対象となっている。

※原子力発電所の新増設動向については、「国内動向：新増設計画」のスライドを参照

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル・放射性廃棄物管理・処分

チェコで現在運転中の商用炉は全てVVERであり、ロシアのTVEL社から燃料供給を受けてきたが、近年はロシア依存脱却、米仏からの供給など調達先の多様化に向けた取組を行っている。処分については高レベル放射性廃棄物は地層処分を検討、中低レベル放射性廃棄物は浅地中処分を実施している。

VVER炉燃料の調達先多様化に取組

チェコでは国内でウランが産出されるが、国内需要を充足できるだけの産出量ではない。転換・濃縮・燃料製造はすべてロシアのTVEL社が行ってきたが、調達先の多様化（ロシア依存の低減）の観点から、過去数年に亘り、テメリンにおいて米ウェスティングハウス（WH）社製のVVER燃料の装荷試験を実施してきた。テメリンの2025年以降の燃料供給に向けた入札では、2022年4月にWH社と仏Framatomeが選定され、現供給者であるロシアTVEL社は外れることになった。ドコバニ原子力発電所も2023年5月にWH社と、2024年以降の燃料供給に関する契約を締結した。VVER-440タイプの原子炉へのロシア以外からの燃料供給は初となる。

現状では国内・国外再処理とも実施していないが、オプションとして排除はせず

チェコは過去にロシアに委託して使用済燃料の再処理を実施していたが、現在再処理は行っていない。ドコバニおよびテメリンの両原子力発電所で発生した使用済燃料は現在、使用済燃料プールでの貯蔵後、それぞれのサイト内の中間貯蔵施設で乾式貯蔵されている。現在の法律では、使用済燃料は所有者によって廃棄物であると宣言されない限り、放射性廃棄物とはみなされない。2002年に策定された放射性廃棄物および使用済燃料の管理政策によれば、再処理についても研究は行うこととされている。

高レベル放射性廃棄物は地層処分を検討

高レベル放射性廃棄物については、地層処分が検討されている。候補サイトとして、2020年12月、Březový potok、Janoch、Horka、Hrádekの4カ所が発表された。それぞれの候補地に対し、次のステップでは地質調査を行い、2030年までに最終的な候補サイトと予備サイトを選定する予定である。なお、高レベル放射性廃棄物処分場の操業開始はこれまで、2065年頃を見込んでいた。しかしEUタクソノミーにおいて、2050年までの処分場操業開始が、原子力を持続可能な経済活動と見なす条件のひとつとされたことから、チェコ政府は2023年1月、自国の処分場の操業開始目標を2050年とするスケジュール見直しを行った。ただし政府はEUに対し、この条件設定の見直しを引き続き求めるとしている。

中低レベル放射性廃棄物は浅地中処分

中低レベル放射性廃棄物は、3カ所の中低レベル放射性廃棄物処分場で浅地中処分されている。また1959～65年に操業を開始し、1997年に閉鎖されたホスティム低中レベル放射性廃棄物処分場では、現在モニタリングが実施されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉

新設計画を進める一方で、ドコバニ、テメリン両発電所の既存炉についても運転認可の延長、寿命延長による長期運転を行う方針。

ドコバニ、テメリンでの出力増強

ドコバニでは2005年から2012年までに、VVER4基をタービン交換等により、44万kWから50万kWへと出力増強した。テメリンにおいても、1号機、2号機でタービン改修により、100万kWから108.2万kWへと出力増強が行われた。

テメリンではさらに、出力を115万kWまで増強する計画である。CEZは2024年までにタービンのサプライヤーを選定し、2028年から2030年に交換を行う意向を示している。

既存炉の寿命延長と運転サイクル延長

両発電所を所有・運転するチェコ電力(CEZ)は、2009年に長期運転プロジェクトに着手した。2015年に公表した2040年までの長期エネルギー戦略において、チェコ政府はドコバニの原子炉の運転寿命を50～60年に延ばす方針を示した。こうした中、ドコバニでは2016年から2017年にかけて、4基すべてで無期限運転認可が発給された。

さらに2020年6月にCEZは、炉の管理、制御システム、安全システムの改修により、ドコバニの運転寿命を60年に延ばす方針を示した。

テメリンについても60年運転の方針であり、2022年7月までに両基の運転認可延長を取得した。

CEZでは長期運転に向けて両発電所で大規模な改修を行い、これに合わせて全炉の運転サイクルを、現在の12カ月から16カ月に切り替える予定である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：新増設計画

2036年運開を目指し、ドコバニ増設に向けた手続きが進行中。安全保障上の理由からロシアをベンダー候補から排除。大型炉に加え、小型モジュール炉（SMR）も計画。

既存2サイトで増設検討。現在は2030年代に既存炉が閉鎖するドコバニ先行で増設計画進行中

チェコでは既存のテメリン、ドコバニ両サイトで各2基の増設を視野に検討が行われている。当初はテメリンでの2基増設を先行させる計画で2011年に入札手続きを開始し、2013年には東芝と米ウェスティングハウス（WH）社のAP1000が一次審査で最上位評価を得た。しかし、チェコ政府が電力価格保証を提供しない方針を打ち出したことから、プロジェクト実施者のチェコ電力（CEZ）は、2014年に入札をキャンセルした。

ただし、チェコとして原子力拡大の方針は政府は変わらず、増設1基目を運開時期が古いドコバニに建設する方針で新たな入札を開始した。併せてチェコ政府は2021年9月に、新規建設炉の電力を政府が買い取る枠組みを定める法律を制定。政府の財政支援方針を明確化している。 また、チェコではCEZが2021年、入札参加者絞り込みに向け、セキュリティ関連情報を確認する「セキュリティスクリーニング」を実施するなど、安全保障を重視する姿勢が強く見られる。

これまでのVVER運転経験、及び既存の送電網等インフラの関係から、CEZは増設炉のスペックを「1基120万kW程度までのPWR炉」としている。

2022年に開始された入札にはフランス電力（EDF）のEPR1200、米WH社のAP1000、韓国水力原子力（KHNP）のAPR1000が応札した。しかし、2024年1月末にチェコ政府は、建設計画を「ドコバニの1基先行」から「ドコバニとテメリン各2基、計4基一括」での調達に変更する方針を示すとともに、米WH社が候補から脱落したことを発表した。EDFとKHNPの2社は2024年4月15日までにCEZに改めて提案を提出、6月までに政府が契約者を決定し、2025年3月までに契約を完了するスケジュールが想定されている。なお、ドコバニの1基目の運開を2036年とする見通しに変更はない。

安全保障上の理由により、ロシアをドコバニ増設計画から排除

チェコ政府は2021年4月、露ROSATOM国営原子力会社をドコバニ原子力発電所増設のベンダー選定入札から排除することを決定した。チェコ政府は、2014年に発生したチェコにおける弾薬庫爆発事件にロシア諜報機関が関与したとしており、ROSATOM排除もこうした両国関係を踏まえた、安全保障上の理由によるものと説明している。

2021年に発足した新政権はロシアや中国に対し、前政権以上に強硬な姿勢をとっており、さらに2022年にロシアによるウクライナ侵攻が発生したこともあり、上記方針に変更はない。

3カ所のサイトでSMRプロジェクトを計画

チェコでは既存サイトでの大型炉増設を計画しているが、これに加えて、石炭火力の代替として、小型モジュール炉（SMR）の建設も検討している。2022年6月にはCEZと南ボヘミア州政府、原子力研究所であるUJV Rezが、テメリン原子力発電所隣接地にSMRを建設し、「南ボヘミア原子力パーク」とする覚書に署名した。炉型は未定だがCEZは同地での初期地質調査を2022年内に完了すると共に、米NuScale、GE日立、英ロールスロイス、仏EDF、韓国水力原子力、米ホルテックとSMRパイロットプロジェクトに関する協力覚書を締結して取り組みを進めている。CEZはさらに2023年2月に、ジェトマロヴィツェ（ポーランド国境付近）とトゥシミツェ（ドイツ国境付近）の石炭火力発電所サイトを、2基目、3基目のSMRの暫定建設候補地とすることを発表した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA, Country Nuclear Power Profiles
- STÁTNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE ESKÉ REPUBLIKY, Dexember 2014
- 廃棄物合同条約チェコ国別報告
- Energy in Central and Eastern Europe（CEE）
- チェコ政府
- チェコ産業貿易省（MPO）
- チェコ気候保護計画2017年
- チェコ原子力安全局（SUJB）
- チェコ議会上院
- チェコ議会下院
- 放射性廃棄物処分機関（SÚRAO）
- チェコ電力（CEZ社）
- ウェスティングハウス社
- GE日立ニュークリア・エナジー社
- ロールスロイス社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ブルガリア

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

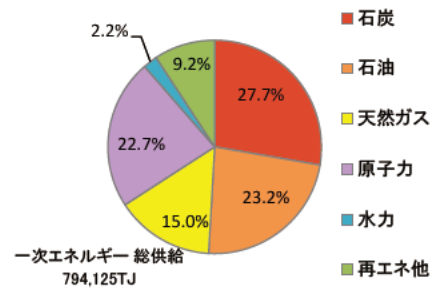
現在唯一の原子力発電所であるコズロドイで2基のプラントが運転中、ベレネ建設プロジェクトは2023年に中止を決定。

● 基本情報

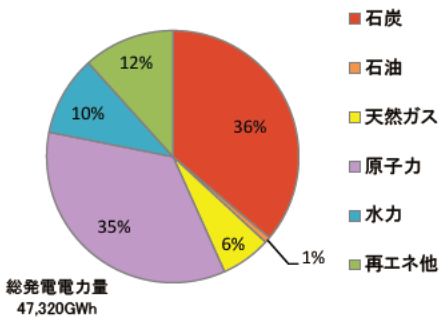
基本情報	面積	11万 km²	人口	690万人
	公用語	ブルガリア語		
	通貨	単位:レフ(複数形:レヴァ) 1ユーロ=1.95583レヴァ(固定相場制)		
政治	政治体制	共和制		
	議会	一院制(240議席)		
	政府	大統領　ルメン・ラデフ 首相　ニコライ・デンコフ		
経済	GDP	840億ドル(2021年、世界銀行) 成長率　7.6%(2021年、世界銀行)		
	経済の特徴および概況			
	2004年EU加盟以降、2014年までに計50%の成長を達成、EU内で2008年以降もプラス成長を維持した唯一の国。2012年後半には欧州債務危機の影響による個人消費の落ち込みから1.6%の成長となったが、順調に回復。2018年には5.1%の成長を達成(ブルガリア中央統計局)。			

● エネルギー

・保有資源 原油(シェールオイルを含む):20(百万トン) 石炭:11,062(百万トン) 天然ガス:60億(立方メートル) ウラン:該当データなし	一次エネルギー供給構成比(エネルギー源別)
・一次エネルギー供給 79万テラジュール	
・エネルギー自給率 63.4%(原子力含)、40.7%(原子力除)	
・一次エネルギー供給における 原子力シェア:22.7%	



● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:4,017　水力:3,379　原子力:1,967　その他:1,923
電力供給体制の概要	石炭火力の占める割合が最も高く、半分近くを占めている。原子力が石炭火力に続いており、約1／3を占める。
電源種別発電電力量	
発電電力量の4割強を原子力が占める。それに石炭火力が続き、約1／3を占める。	

電力最終消費量(百万kWh)	30,970	発電電力量(百万kWh)	47,320	電力純輸入量(百万kWh)	-8,778
運転中の原子力プラント	2基(PWR)	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	2基(PWR)

電力需要の推移と見通し

発電電力量は2005年、2010年、2015年でそれぞれ439億kWh、460億kWh、487億kWhと推移し、2021年は473億kWhとなっている(上の表より転記)。「ブルガリアのエネルギーと気候変動に係る統合計画2021-2030」では、電力需要が2020年から2030年で12.4%増加するとの見通しが示されている。また、2024年に公表された同計画のドラフト版では、2040年の国内の発電設備による発電量は47TWhになるとの見通しが示されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：200.6万kW　発電電力量：158億kWh

運転中：2基 建設中：0基　計画中：2基（PWR） 原子力シェア：32.6%

▲ 原子力発電所（〇内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所

■ 核燃料サイクル施設（（　）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設

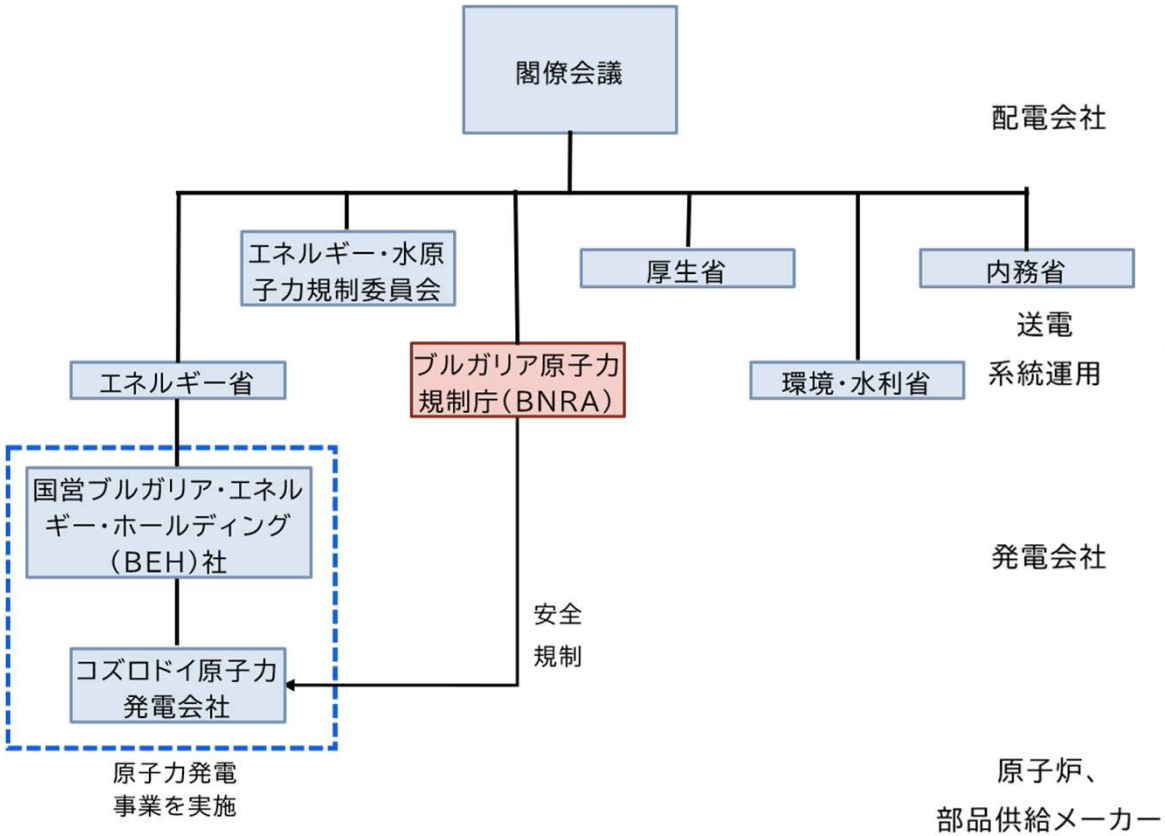
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

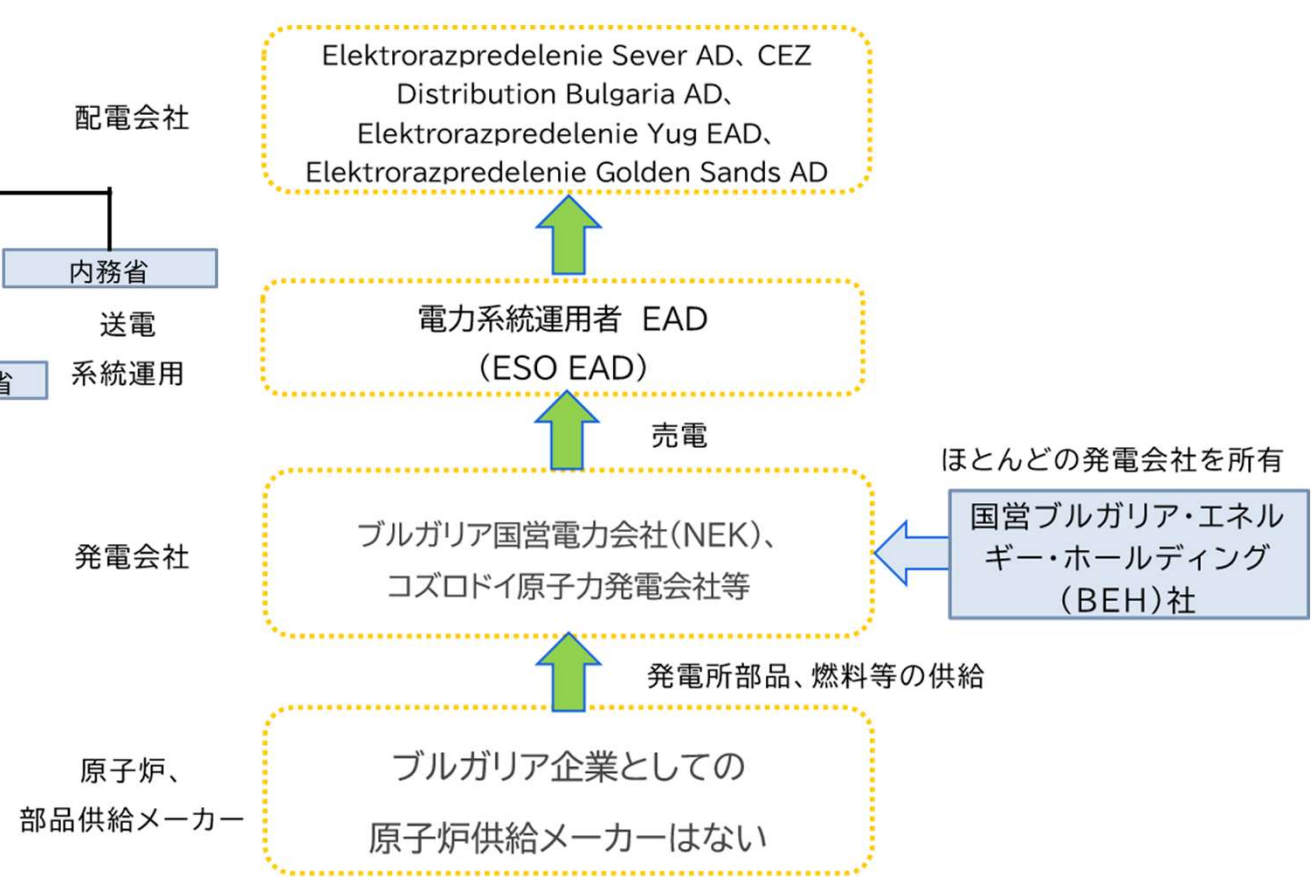
原子力業界構造

エネルギー省傘下の国営ブルガリア・エネルギー・ホールディング（BEH）社がコズロドイ原子力発電会社含めほとんどの発電会社を所有。安全規制はブルガリア原子力庁（BNRA）が担当。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

ブルガリアでは現状は石炭と原子力が主力電源。2030年に向けて再エネの設備容量の拡充を継続するとともに、今後はスマート送電網整備やエネルギー貯蔵にも注力

ブルガリアにおけるエネルギーミックスの現状

ブルガリアでは現在、石炭火力と並んで、原子力が主力の電源となっている。

温室効果ガス排出削減に向けた目標と政策

EUでは、2030年までのエネルギー・気候目標達成のため、加盟国は10年間を対象とした統合国家エネルギー・気候計画(NECP)を策定することとなっている。NECPのドラフトは加盟国から欧州委員会(EC)に提出され、ECの勧告も受けて確定される。

ブルガリア政府が2024年2月に公表したNECPのドラフト版では、電力やエネルギーに関連する見通しや政策として以下が挙げられている。

- 2030年までに最終エネルギー消費量において再生可能エネルギーが占める割合を34.1%にする。
- 2030年に2020年と比較して一次エネルギー消費量を11.6%削減する。
- コズロドイ原子力発電所7、8号機としてウェスティングハウス(WH)社のAP1000(設備容量計2.4GW)を建設する。
- 電力系統のバランスを確保するため、2030年から2040年の期間に再生可能エネルギー設備容量の増加と合わせて原子力発電設備容量を増加させる。
- 2040年の原子力発電量は24,195GWhとなる。
- 発電と水素製造や地域暖房、化学や産業への熱供給を行うためのSMR建設プロジェクトの準備を行う。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電用途

ブルガリアでは、原子力発電が今後も電力供給の主力として位置付けられており、複数の新増設計画が進められている。

原子力発電の状況とNECPにおける原子力発電に関連する政策

ブルガリアでは、コズロドイ原子力発電所5、6号機（VVER-1000）が運転中である。同発電所の1～4号機（VVER-440）は、EU加盟交渉において炉型が古いことから閉鎖を求められ、1、2号機は2002年、3、4号機も2006年に閉鎖された。

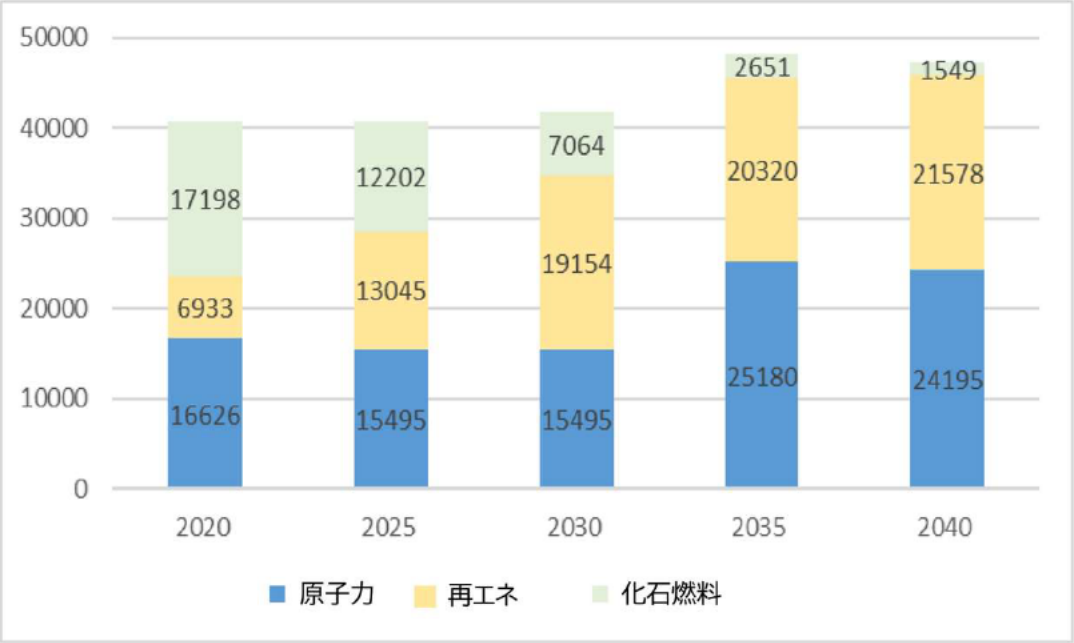
しかし原子力発電は電力供給の主力という位置づけであり、既存炉の寿命延長や出力増強（「国内動向：既設炉、新増設計画」のスライド参照）が行われているのに加えて、以下の新増設計画も進んでいる。

- コズロドイ原子力発電所7、8号機（AP1000）の増設
- 小型モジュール炉（SMR）導入計画

新増設計画については「国内動向：既設炉、新増設計画」のスライドにおいて整理している。

右図に示す通り、NECPでは2035年以降、新規プラントの運転開始により発電源に占める原子力の割合が増加するとの見通しが示されている。NECPでは、2040年には発電電力量の約半分を原子力で賄うとの見通しが示されている。

NECPで示された2040年までの電源ごとの発電量の割合（単位：GWh）



出所）INTEGRATED PLAN IN THE FIELD OF ENERGY AND CLIMATE THE REPUBLIC OF BULGARIAより引用

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

ブルガリアでは再処理のための使用済燃料のロシアへの輸送が実施されてきた。燃料もロシアから調達してきたが、近年は米国とフランスからの調達に向けた手続きが進んでいる。

ブルガリアの核燃料サイクルの概要

次のスライドに示す通り、ブルガリアでは使用済燃料は原則的に原産国等で再処理することとされており、再処理のための使用済燃料のロシアへの輸送も行われている。なお、後述のとおり現在は、フランスや、商業再処理を実施していない米国からの燃料調達に向けた動きが進められている。

燃料調達の多様化

EUでは、2014年5月「欧州エネルギー安全保障戦略」が採択され、ブルガリアはこの戦略に沿ったEURATOMの新燃料供給の多様化に関する方針を遵守し、燃料供給ポートフォリオの多様化に向けた取り組みを進めてきた。

従来、コズロドイ原子力発電所の燃料はロシアのTENEX社を通じてTVEL社が供給してきたが、2022年2月のロシアのウクライナ侵攻以前から、米国製燃料の使用に向けた手続きが進められてきた。同年12月に、コズロドイ原子力発電会社とウェスティングハウス（WH）社が、5号機に10年間燃料を供給する契約を締結した。2023年7月には、ブルガリア原子力規制庁がコズロドイ5号機におけるWH社製の燃料使用許可を求める申請書を受領したことを公表している。

また、2022年12月にコズロドイ原子力発電会社は、仏フラマトム社と、6号機の燃料供給に関する契約を締結している。本契約は、フラマトム社による6号機への燃料供給に向けて、今後の協議や契約締結のスケジュールを定めるものである。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

ブルガリアでは、使用済燃料の国外再処理を優先オプションとしつつ、直接処分のオプションも認められている。原子力安全規制は、ブルガリア原子力規制庁（BNRA）が担当している。

ブルガリアにおける放射性廃棄物の管理・処分方針と管理の状況

ブルガリアの法制度では、使用済燃料や放射性廃棄物の管理・処分について以下が規定されている。

- 使用済燃料に含まれる利用可能な物質は、国際的に受け入れられる方法で、かつ双方に利益になる形で、原産国または第三国で再処理すべきである。
- 使用済燃料を長期貯蔵する場合は乾式貯蔵する。
- 高レベル放射性廃棄物の安全な隔離のための最も適切なオプションは地層処分である。
- 地域や国際的な地層処分プロジェクトにブルガリアが参加することは好適ではあるが、国際的な解決の追求が現行の国のプログラムを損なうべきではない。
- 放射性廃棄物管理には段階的アプローチを採用する。
- 短寿命低レベル放射性廃棄物及び中レベル放射性廃棄物は国内で浅地表処分することとする。
- 低レベル及び中レベル放射性廃棄物の処分場建設は最も優先度の高い課題である。

2009年から2021年にかけて、コズロドイ原子力発電所で発生した使用済燃料の一部が再処理のためロシアに輸送された。その他の使用済燃料は、湿式または乾式の貯蔵施設で貯蔵されている。

現在ブルガリアで操業中の放射性廃棄物処分施設はないが、コズロドイ原子力発電所の運転や廃止措置で発生した低レベル及び中レベル放射性廃棄物の処分場が、同発電所サイトの近傍で建設されている。

ブルガリア原子力規制庁（BNRA）による安全規制

ブルガリアでは、BNRAが原子力安全規制を担当している。BNRAの長官人事は、閣僚会議の承認を受け、長官は首相により任命される。

BNRAの主要な職務として以下の点がある。

- 原子力の安全な利用に関する法律（SUNEA）の規制対象となる活動のために必要な許認可の発給や変更、取消等
- 許認可の要件や基準が遵守されていることの監督
- SUNEAに従った活動の実施に必要な認証や免許の発給、停止及び取消
- SUNEAに従った行政措置や罰則の執行
- 原子力や放射線の利用、放射性廃棄物や使用済燃料の管理に関する専門家のレビューや調査研究のための契約の締結
- 原子力や放射線の利用に関する規制や監督権限を有する行政機関との協力、こうした活動の調整のための措置の閣僚会議への提案
- 原子力や放射線の利用、放射性廃棄物や使用済燃料の管理に関する国としての国際協力の実施
- 原子力安全や放射線防護の状況に関する客観的な情報の提供
- 原子力や放射線の利用、放射性廃棄物や使用済燃料の管理、BNRAの活動の状況に関する年次報告書の閣僚会議への提出

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉

ブルガリアでは、現在運転中のコズロドイ5、6号機では出力増強が行われ、運転寿命も延長される。

コズロドイ原子力発電所における寿命延長及び出力増強

現在ブルガリアで運転しているコズロドイ原子力発電所5、6号機では、運転寿命延長のためのプロジェクトが実施された。プロジェクトは、以下の2段階に分けて進められた。

- 第1段階（2012～2014年）：国際コンソーシアムにより、プラントの残存運転寿命における包括的な安全性の評価が実施された。評価の結果、5、6号機の構造物、系統及び機器の技術的な状態は、法令やプラント運転のために設計・建設仕様で定められたあらゆる要件を満足していることが実証された。
- 第2段階（2014～2018年）：長期運転に向けた準備のためのプログラムが実施され、5号機では240件、6号機では200件の改良措置が講じられた。

上記の評価や措置により、5号機は2047年まで、6号機は2051年まで延長が可能と判断され、BNRAによりまずは10年の運転延長を認める認可が発給されている。 また両機では熱出力の104%への出力増強も実施されている。なおブルガリア政府は、2050年までにはコズロドイ原子力発電所5、6号機のリプレースが必要になることに言及している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：新増設計画

ブルガリアでは、新増設については、大型炉とSMRの建設計画がともに進められている。大型炉ではベレネ建設プロジェクトが2023年に中止を決定、コズロドイでの2基建設に方針を転換

コズロドイにおけるプラント増設に向けた動き

コズロドイ7号機としてWH社がAP1000を建設する計画があったものの、出資交渉がまとまらず停滞していた。しかしながら、2023年1月に議会が7号機建設に向け政府に対して米国政府と協議を進めることなどを求める評決を行った。同年3月には、事業会社のKNPP-NBとWH社がAP1000建設に向けて計画策定を開始するためのMOUを締結している。本MOUにより共同作業グループが設置され、規制や許認可、設計について評価を行うこととなっている。また同年6月に両者は、プロジェクトの基本設計や技術的課題、概略費用などを検討する「フロントエンドのエンジニアリングと設計」(FEED)契約を締結した。

さらに、同年11月にはデンコフ首相が、7号機の建設を開始し、8号機も建設開始の準備を進めることを公表した。

2024年1月には、コズロドイでのプラント増設に向けて事業会社がEPCコントラクターの選定プロセスを開始した。米国フルア社、ベクテル社、韓国現代E&C、中国CNNCのグループ企業、及び中国能源建設が応募し、同年2月には韓国現代E&Cのみが募集要件を満足していることが公表された。またブルガリア議会は、契約に向け現代E&Cと協議を進めることを承認している。

SMRの建設に向けた米国との協力

ブルガリアは米国と2020年10月、民生用原子力分野における戦略的連携の強化を目的としたMOUを締結した。また2021年2月には、コズロドイ原子力発電所での新設事業を担うコズロドイNPP-新規建設(KNPP-NB)公社が米ニュースケール・パワー社と同サイト内でのSMRの設置を検討するためMOUに署名した。MOU締結により、両社はニュースケール・パワー社のSMR技術の適合性について評価を実施する予定である。さらに同年10月には、BEH社が、米国の設計・エンジニアリング会社であるフルアー社とSMRによる石炭火力代替の検討に係るMOUに署名している。BEH社は、KNPP-NBの親会社・コズロドイ原子力発電会社の親会社である。

ベレネ原子力発電所の建設に向けた動き

1990年に建設が中断されたベレネ原子力発電所(VVER 2基)では、ロシアのアトムストロイエクスポート(ASE)を主契約者として建設を再開する計画であったが、資金確保の難航から2013年に中止された。しかし、ベレネの代替として進められていたコズロドイ発電所7号機の建設計画が、主契約者に選定されたウェスティングハウス(WH)社との出資交渉がまとまらず停滞していることを受け、2018年以降、ベレネ原子力発電所の建設が再び検討され、2019年5月には建設再開に向けた投資家・プロジェクト会社出資者募集プロセスが開始された。2020年6月には、ROSATOM、フラマトム、GEの3者が、入札に向けたコンソーシアムを結成することに合意した。なお、2022年10月にブルガリア政府当局は、ベレネの建設に向け契約を締結しているROSATOM子会社を、ウクライナ侵攻を受けたロシア制裁の対象から除外することを決定した。

出資者募集の結果は公表されていないが、2023年3月にはエネルギー省の関係者が、ベレネにおけるプラント建設に関して、フランス電力(EDF)とプロジェクトの前段階における調査に関する合意の締結に近づいていることを明らかにした。この調査は、すでに納入されている資機材を最新のシステムに統合して活用することを含めた建設オプションについて検討するものであり、その結果は議会に伝達されることとされた。

このように、建設に向けた動きは着実に進められていたが、2023年にブルガリア政府はベレネ建設プロジェクトを中止し、出資者選定手続きを取り止めることを決定した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA Country Nuclear Power Profiles, Bulgaria
- WNA, Nuclear Power in Bulgaria
- CMS社
- 原子力安全条約ブルガリア第8回国別報告書
- 欧州委員会
- INTEGRATED ENERGY AND CLIMATE PLAN OF THE REPUBLIC OF BULGARIA 2021–2030
- 廃棄物合同条約ブルガリア第7回国別報告書
- ウェスティングハウス社
- コズロドイ原子力発電会社
- フルアー社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ルーマニア

Copyright © Mitsubishi Research Institute

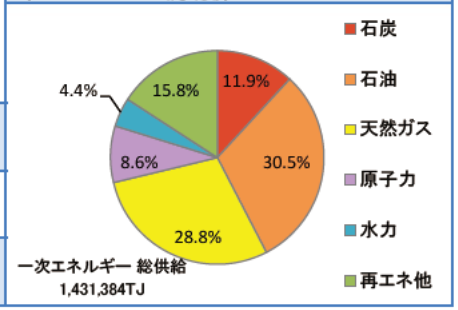
基本情報

現在は原子力を含む複数の電源でほぼ均等に構成された電源ポートフォリオとなっている。今後は温室効果ガス排出削減も目的として、原子炉の増設や小型モジュール炉（SMR）の導入も検討している。

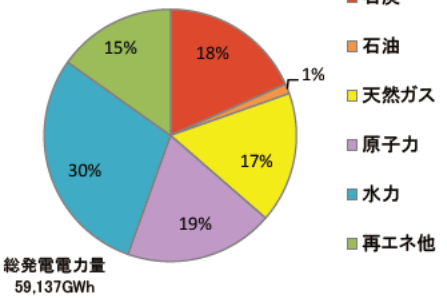
● 基本情報

基本情報	面積	23.8万km²	人口	1,903万人
	公用語	ルーマニア語		
	通貨	1レイ＝約32.19円（2024年3月中適用）		
政治	政治体制	共和制		
	議会	二院制：上院（136議席、任期4年）、下院（330議席、任期4年）		
	政府	大統領　クラウス・ヨハニス 首相　イオン・マルチョル・チョラク		
経済	GDP	約3,018.5億米ドル（2022年、IMF） 成長率　4.8%（2022年、IMF）		
	経済の特徴および概況			
	2020年はルーマニア経済も新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、GDP成長率は-3.9%を記録した。2021年は新型コロナウイルス感染症関連の各種制限は継続されていたものの、景気は回復基調となりGDP成長率は5.9%を記録した。2022年2月にロシアによるウクライナ侵略の影響により、経済は一時的に停滞したものの、3月に新型コロナウイルス感染症に対する各種制限が撤廃されたこともあり、消費が拡大し、2022年のGDP成長率は4.8%（IMF暫定値）と見込まれている。			

● エネルギー

・保有資源 原油（シェールオイルを含む）：80（百万トン） 石炭：12,695（百万トン） 天然ガス：1,100億（立方メートル） ウラン：3,100（トン）	一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別） 
・一次エネルギー供給 143万テラジュール	
・エネルギー自給率 67.2%（原子力含）、58.6%（原子力除）	
・一次エネルギー供給における原子力シェア：8.6%	

● 電力

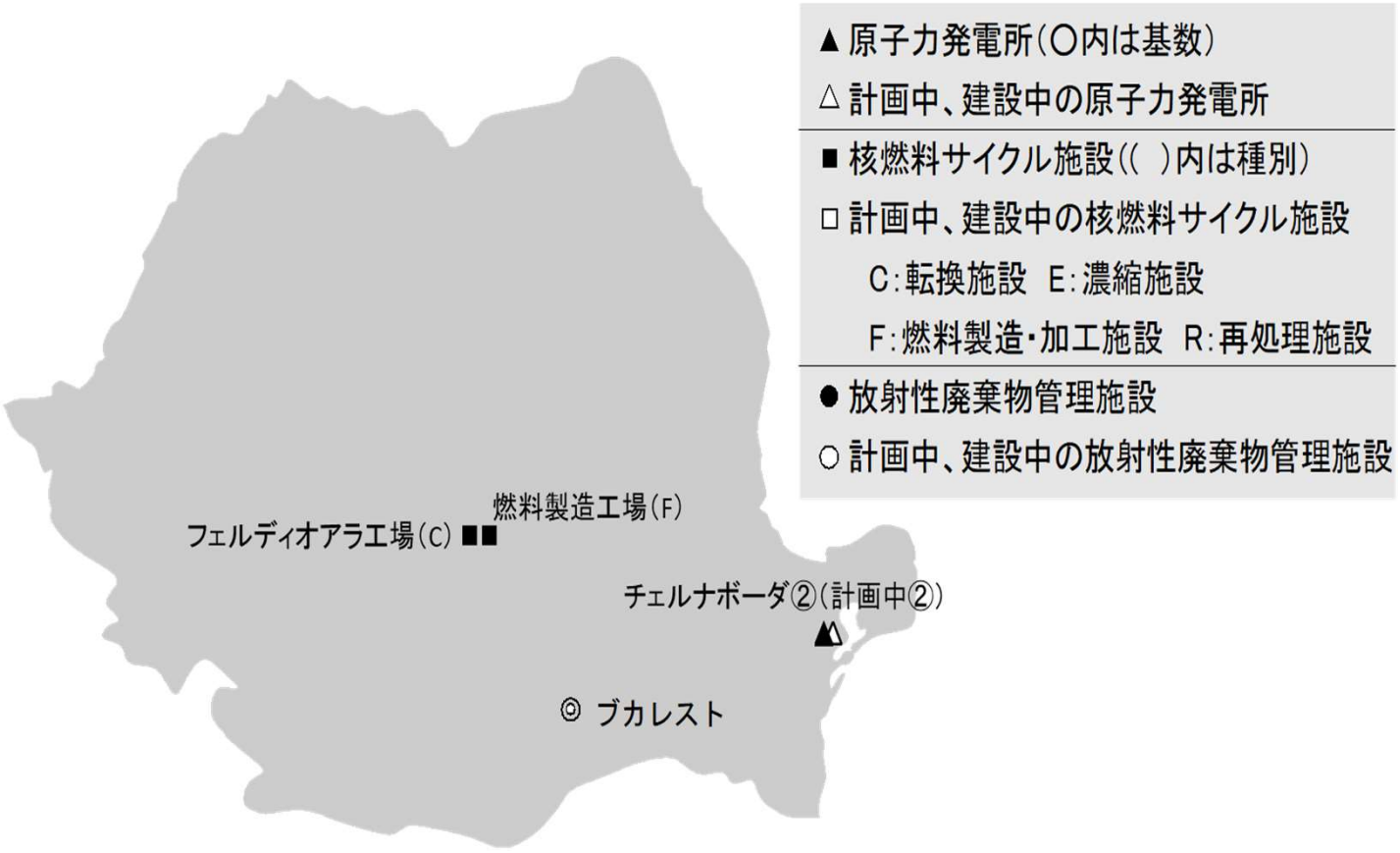
電源種別設備容量（千kW）	火力：11,022　水力：6,700　原子力：1,411　その他：4,418				
電力供給体制の概要	発送配電は分離されている。発電と配電は、国営企業を中心としつつ複数の事業者が行っており、送電はTranselectrica社が担当している。				
電源種別発電電力量					
水力が発電電力量の3割近くを占め、石炭、天然ガス、原子力、再エネ他がそれぞれ2割前後を占めている。現状では、石炭、水力、原子力、天然ガス、再エネ他でほぼ均等に構成されたポートフォリオとなっている。					
電力最終消費量（百万kWh）	46,049	発電電力量（百万kWh）	59,137	電力純輸入量（百万kWh）	2,199
運転中の原子力プラント	2基（PHWR）	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	2基
電力需要の推移と見通し					
発電電力量は2005年、2010年、2015年でそれぞれ594億kWh、606億kWh、659億kWhと推移し、2019年は592億kWhとなっている。なお統合国家エネルギー・気候計画（NECP）では、2030年の電力消費はリファレンスシナリオで520億kWh、高い電力需要の伸びを見込むシナリオで602億kWhと見込まれている。					

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：130万kW　発電電力量：102億kWh

運転中：2基 建設中：0基　計画中：2基（PWR） 原子力シェア：19.4%

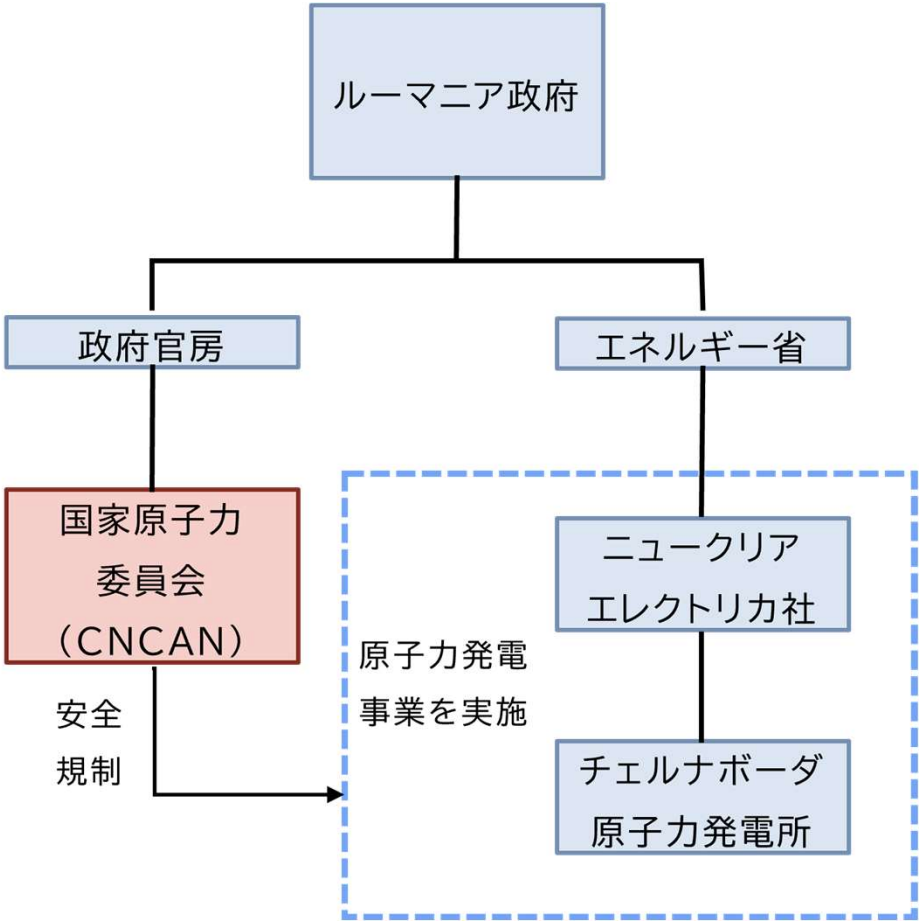


Copyright © Mitsubishi Research Institute

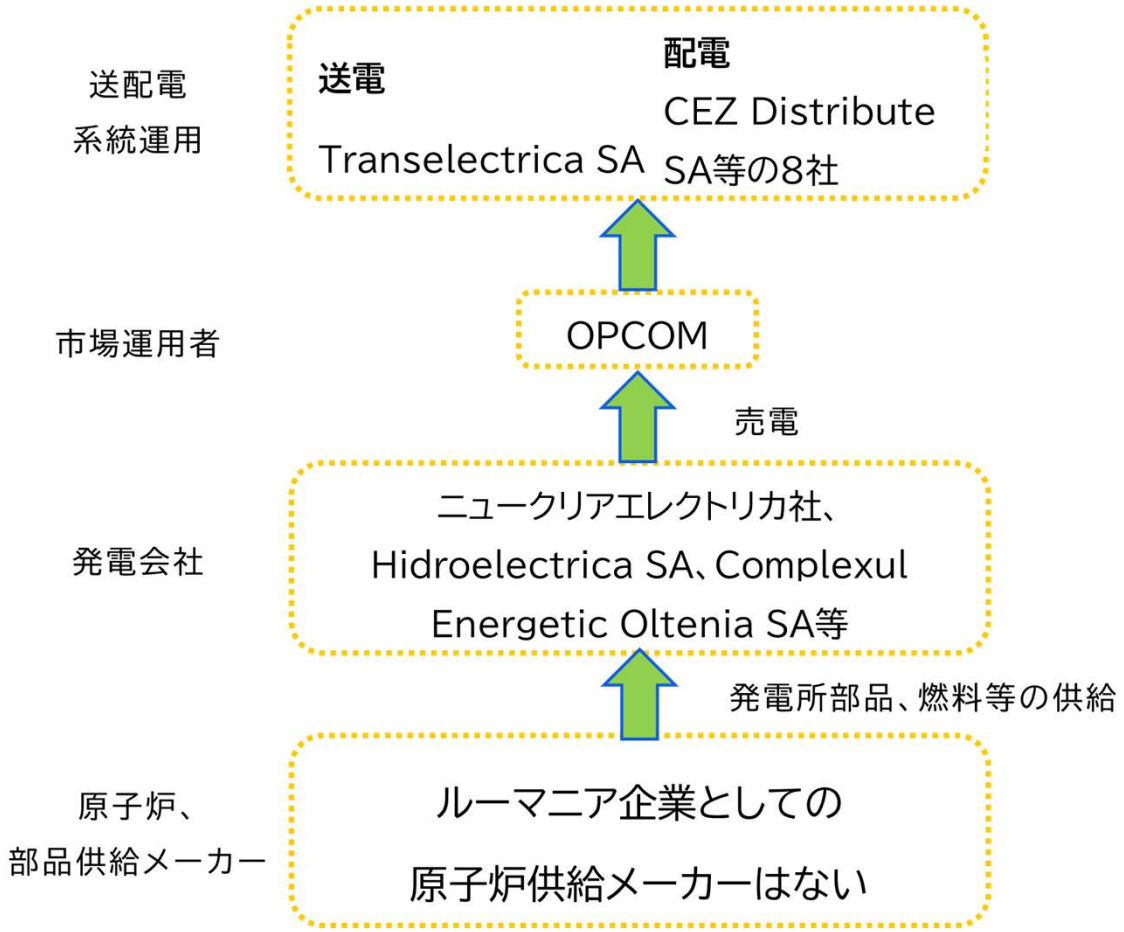
原子力業界構造

**エネルギー省傘下で、政府が筆頭所有者であるニュークリアエレクトリカ社が原子力発電事業を実施。
安全規制は原子力利用に関わる政府機関から独立した国家原子力委員会（CNCAN）が担当。**

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

現状のエネルギーミックスは、石炭、ガス、原子力、水力でほぼ均等に構成。温室効果ガス排出削減を目指し、再エネシェア向上や原子炉増設を目指す。

ルーマニアにおけるエネルギーミックスの現状

ルーマニアでは現在、電力供給の概ね1/5ずつを石炭、ガス、原子力、水力で賄っている。近年では、再エネによる発電も増えている。

温室効果ガス排出削減に向けた目標と政策

EUでは、2030年までのエネルギー・気候目標達成のため、加盟国は10年間を対象とした統合国家エネルギー・気候計画(NECP)を策定することとなっている。NECPのドラフトは加盟国から欧州委員会(EC)に提出され、ECの勧告も受けて確定される。

ルーマニアの2021～2030年を対象としたNECPでは、右の表に示す通り、温室効果ガス排出削減目標等が規定されている。

また、電力やエネルギーに関連する政策として以下が挙げられている。

- 原子炉増設を含む、新しい低炭素発電設備への投資促進
- EU域内排出量取引の収益やEU構造基金の再エネ拡充のための拠出
- エネルギー貯蔵能力開発の促進
- デマンドレスポンスの実施
- 高効率コージェネレーションシステムの導入
- 電力の国際連系線の拡充
- エネルギーシステムのデジタル化
- 電力・ガス市場の自由化によるによる投資の促進
- 国のエネルギー市場の欧州単一市場との統合
- 容量メカニズムの実施
- 原子力や再エネ拡大のための差額決済取引(CfD)による支援メカニズムの開発
- 市場外での長期電力購入契約締結の許可

表　ルーマニアにおける2030年までの温室効果ガス排出削減等の目標

項目	目標
EU域内排出量取引制度対象の温室効果ガス排出量（2005年比）	-43.9%
EU域内排出量取引制度対象以外の温室効果ガス排出量（2005年比）	-2%
エネルギー総消費量に占める再エネシェア	30.7%
電力における再エネシェア	49.4%
輸送における再エネシェア	14.2%
冷暖房における再エネシェア	33.0%
一次エネルギー消費のエネルギー効率(PRIMES※2007による2030年推計との比較)	-45.1%
最終エネルギー消費のエネルギー効率(同)	-40.4%
一次エネルギー消費量	32.3Mtoe
最終エネルギー消費量	25.7Mtoe

※　PRIMESとは、アテネ国立工科大学がEU全体のエネルギー市場を分析するために利用している部分均衡モデル

出所)The 2021-2030 Integrated National Energy and Climate Plan

Copyright © Mitsubishi Research Institute

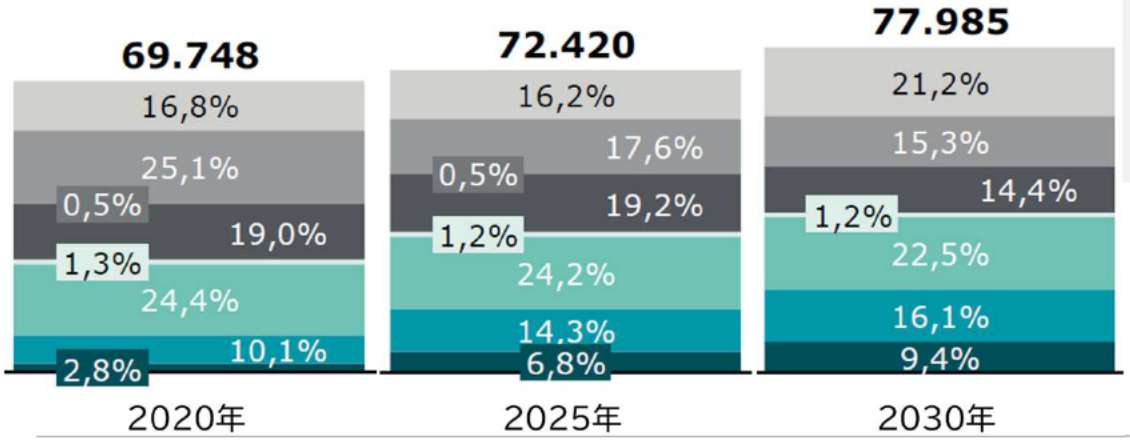
原子力政策：原子力発電、非発電用途

ルーマニアでは、石炭火力発電所の代替のために原子炉を増設する方針である。
非発電用途として、トリチウム・ヘリウム3の抽出やコバルト60の製造も検討されている。

NECPにおける原子力発電に関連する政策

NECPによれば、ルーマニアは、炭素排出量の多い発電源を、ガス火力発電、原子力発電や再エネ発電で置き換えることを計画している。2030年までに、石炭火力発電所の一部が廃止されることを考慮すると、原子炉の増設は国の電力システムの確立に必要であるとしている。
NECPでは、2030年までに67.5万kW分のCANDU炉を導入することで、エネルギーミックスをバランスよく多様化させ、エネルギー供給を確保するとしている。

NECPで示された2020、2025、2030年の電源ごとの発電量の割合（グラフの上の数字は発電量（単位：GWh））



出所）The 2021-2030 Integrated National Energy and Climate Planより引用

原子力の非発電利用

ルーマニアでは、運転中のチェルナボーダ原子力発電所の2基のプラント（CANDU炉）の特性も生かして、発電以外にも以下のような原子力の活用方法が検討されている。

- **トリチウム及びヘリウム3の抽出**
  CANDU炉が運転するチェルナボーダ原子力発電所におけるチェルナボーダトリチウム抽出施設（CTRF）プロジェクトは、減速材の重水からトリチウムを抽出し、環境への放射性物質の放出と専門家の内部被ばく線量を大幅に削減することを目的としている。また、この技術は、主に国際熱核融合実験炉（ITER）に関連して、核融合のための世界的なトリチウム供給に貢献するとともに、トリチウムの崩壊から生じるヘリウム3を回収して利用する機会を提供するものである。欧州初となる同施設の建設に向けて、ニュークリアエレクトリカ社は2023年6月に韓国水力原子力社（KHNP）とEPC契約を締結した。

- **チェルナボーダ原子力発電所におけるコバルト60の製造**
  チェルナボーダ原子力発電所では、コバルト60の製造が計画されている。ニュークリアエレクトリカ社は現在、カナダのNordion社の協力を得て、予備調査とプレフィージビリティ・テストを行っている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

ルーマニアでは使用済燃料は再処理せず直接処分する予定であり、冷却された使用済燃料は中間乾式貯蔵施設に移される。フロントエンドにおいては、ウラン鉱石の採掘、製錬、転換及び燃料製造の実施実績を有している。

ルーマニアの核燃料サイクルの概要

ルーマニアでは、チェルナボーダ原子力発電所で発生した使用済燃料は地層処分する予定である。
フロントエンドに関してルーマニアでは、ウラン鉱石の採掘、製錬、転換及び燃料製造の実施実績を有している。

採掘・製錬・転換、燃料製造、使用済燃料の貯蔵

ルーマニアでは、国営ウラン会社（CNU）がウラン採掘と製錬を行っている。
同国では1952年以降、Bihor、Banat及びSuceavaの3カ所の鉱山でウラン採掘が行われた。採掘の開始は1980年代だが、現在では資源は枯渇しつつある。CNUは新たなウラン鉱床の開発を計画している。
ウラン鉱石は、CNUが操業するFeldioaraの施設で処理されている。同施設には、製錬と選鉱を実施するモジュールと精錬及びUO2への転換を行うモジュールで構成されている。なおこの施設は、カナダ原子力公社（AECL）によってCANDU炉用UO2燃料のサプライヤーとしての認証を受けている。
チェルナボーダ原子力発電所で使用される燃料は、ニュークリアエレクトリカ社の子会社であるFCN Pitestiによって製造されている。
チェルナボーダ原子力発電所で発生した使用済燃料は、オンサイトの湿式貯蔵施設で最低6年間貯蔵された後、乾式中間貯蔵施設に移される。

ニュークリアエレクトリカ社の燃料コスト低減の取り組み

ニュークリアエレクトリカ社は、チェルナボーダ原子力発電所で使用される燃料の製造に必要な原料の供給を確保するため、カナダのカメコ社とCNUの2社と契約を締結している。
ニュークリアエレクトリカ社は、核燃料製造に必要な原料の供給安定性を高め、燃料製造における輸入依存度を低減するために、U3O8供給源の多様化や、CNUのFeldioara施設を購入しての役務の内製化により、燃料の材料の調達コストを低減させることを検討している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

ルーマニアでは、使用済燃料を地層処分する予定である。

原子力安全規制は、国家原子力委員会（CNCAN）が担当している。

ルーマニアにおける放射性廃棄物の管理・処分方針

ルーマニアでは、2004年に策定された使用済燃料と放射性廃棄物の管理に関する国家戦略に従い、チェルナボーダ原子力発電所（CANDU炉）の使用済燃料は高レベル放射性廃棄物として扱うこととなっている。

低中レベル放射性廃棄物を含め、ルーマニアでは以下の管理・処分方針が提示されている。

- 使用済燃料は地層処分する。
- 長寿命低中レベル放射性廃棄物も地層処分する。
- 短寿命低中レベル放射性廃棄物は浅地中処分する。
- 極低レベル放射性廃棄物は、短寿命低中レベル放射性廃棄物より簡易な方法で処分できる。

ルーマニアにおける放射性廃棄物の管理・処分の状況

チェルナボーダ原子力発電所で発生した使用済燃料は、オンサイトの湿式貯蔵施設で最低6年間貯蔵された後、乾式中間貯蔵施設に移される。

現時点では、ルーマニアに原子力発電所で発生した低中レベル放射性廃棄物の処分施設はない。

国家原子力委員会（CNCAN）による安全規制

ルーマニアでは、CNCANが原子力安全規制を担当している。CNCANは、原子力利用に関わる政府機関から独立している。

CNCANの主要な職務として以下の点がある。

- 「原子力活動の安全な実施、規制、許可及び管理に関する法律」（法律111/1996）の適用範囲内にある全ての活動及び施設について、原子力分野の規制、許認可及び管理を行う権限を行使する。
- 政府決定により承認された原子力部門の開発のための国家戦略の一環として、原子力安全、放射線安全、核不拡散、原子力施設及び核物質の物理的保護、放射性物質の輸送、放射性廃棄物及び使用済燃料の安全管理に関する規制、認可及び管理のための戦略及び政策の策定
- 発行された規則及び許認可・管理プロセスから生じる処分を通じて、法律111/1996の範囲内の活動を展開するための適切な枠組みを構築
- 原子力分野の国際基準及び締結された条約との整合性を図るため、必要に応じて規則を改訂し、その適用に必要な規制措置を確立

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

ルーマニアでは、チェルナボーダ原子力発電所の既設炉では寿命延長が計画され、また2基のプラントを増設する計画も進められている。SMRの導入も検討されている。

チェルナボーダ原子力発電所における既設炉の寿命延長

チェルナボーダ原子力発電所1号機は1996年に運転を開始した。1号機の寿命延長に向けた改修は3段階に分かれており、1号機の運転停止は2026年12月から2028年12月の間に行われる予定でとなっている。

フェーズ1（2018年～2022年）には、プロジェクトの組織、カナダのCANDUエナジー社が実施した調査に基づく30年の運転延長に必要な核セキュリティ文書の作成、改修プロジェクトの開発に必要なフィージビリティ・スタディの完了などに関する活動が含まれる。フェーズ2（2022年～2026年）には、改修プロジェクトにおける工事の準備、資金確保、許認可に関する活動が含まれる。フェーズ3（2027年～2028年）では、プラントの運転を停止し、ユニット設備に対する改修プロジェクトの作業を実際に実施する。

2007年に商業運転を開始した2号機についても同様に、2037年以降に寿命延長のための改修工事が開始される予定である。

将来的なSMR導入も検討

ルーマニアでは、他国政府や民間企業等とも協力して、小型モジュール炉（SMR）の導入に向けた検討も進められている。2022年5月には、政府がSMR建設の候補サイトを選定しており、同年8月には、IAEAにとって初となるSMRを対象としたサイト選定に関するレビューが実施された。

SMR建設に向け、2022年9月にニュークリアエレクトリカ社と候補サイト所有者のグループ企業が、合弁会社RoPowerニュークリア社を設立した。同社は石炭火力発電所の跡地にSMRを建設する計画を進めている（詳細は次スライド参照）。

チェルナボーダ原子力発電所における増設計画

チェルナボーダ原子力発電所では、1991年に凍結された3～5号機増設計画のうち3、4号機については、2008年に国営ニュークリアエレクトリカ社の他、欧州6カ国の企業の間で建設プロジェクトへの出資合意書が署名され、2009年に事業会社エネルゴニュークリア社が設立された。しかしその後、経済上の理由等で2013年までにすべての国外企業がプロジェクトから撤退した。

ニュークリアエレクトリカ社が改めて新たな出資者を募集した結果、2014年10月に、中国広核集団（CGN）がプロジェクトの出資者として選定された。なお、それに先立つ2014年7月には、CGNのグループ企業の中広核工程有限公司（CNPEC）が、加SNC－ラヴァリン社の子会社CANDUエナジー社と、チェルナボーダでの原子炉建設に向けた独占協力合意書に署名した。この合意により、チェルナボーダ3、4号機では、CANDU6炉が採用されるものと見られている。2015年11月には、ニュークリアエレクトリカ社とCGNがチェルナボーダ3、4号機の建設、運転、廃止措置や資金調達等に関する覚書（MOU）を締結した。

しかし、2020年5月、政府はニュークリアエレクトリカ社に対し、CGNとの交渉を終了するよう要請した。同年10月には米国との間で民生用原子力計画の拡大と促進に向けた政府間協定の草案に署名した。今後は、資金面も含め、米国にカナダを加えた3国間の協力のもと、3、4号機の完成に向けた建設プロジェクトと1号機の改修を進めていく可能性が高い。2022年12月には、ルーマニア政府が、3、4号機の完工に向けて、政府が資金確保のために必要な措置を講じることを規定した法案を議会に提出している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

ルーマニアは、SMRの導入やチェルナボーダ原子力発電所の改修・増設のために、米加やポーランドとの協力を進めている。

SMRの導入等に向けた米国やカナダ等との協力

- **米国との協力**

ニュークリアエレクトリカ社は2021年1月、米国貿易開発庁(USTDA)から、ルーマニアでのSMRの導入に向けた技術支援として、約128万ドルの助成金を受け取ることを発表した。同社は、本助成金にて、SMR設置に適したサイト候補の選定と技術オプション評価及び許認可取得に係るロードマップの作成を実施し、チェルナボーダ以外の潜在的なサイトの評価をタイムリーに開始するとしている。また2021年11月には米国政府が、ルーマニア政府の協力のもと、同国内にニュースケール・パワー社の6体のSMRモジュールを擁するプラントを建設する計画を公表している。本件に関してルーマニア側は、2028年までのSMR導入を目指して米国との協力を強化していくとの意向を示している。さらに、2022年5月には、SMRの建設地として石炭火力発電所跡地が選ばれ、跡地の所有者、ニュークリアエレクトリカ社およびニュースケール社がMOUを締結した。本MOUに基づき三者は、建設予定地におけるエンジニアリング調査や技術分析、許認可取得に関連する活動を進めることとなっている。同年9月には、跡地の所有者とニュークリアエレクトリカ社が建設プロジェクトを進めるために合弁会社RoPowerニュークリア社を設立した。

米国政府は、SMR建設のための「フロントエンドエンジニアリングと設計」(FEED)に1,400万ドルを支援する計画である。また、2022年11月には、米輸出入銀行(EXIM)が、建設が凍結されているチェルナボーダ3、4号機の完工に向け最大5,000万ドルを建設前のエンジニアリングサービスに、最大30億ドルをエンジニアリングとプロジェクトマネジメントのために資金提供する検討を行うとの関心表明書を発行している。さらに2023年5月には、ルーマニアでのSMR建設プロジェクトに対して日、米、韓、UAEの官民パートナーシップが最大2億7,500万ドルの支援を提供することや、EXIMと米国国際開発金融公社が建設のために合計で40億ドルの支援を行う意向を表明したことが公表されている。

- **カナダとの協力**

カナダ天然資源省(NRCan)は2021年8月、カナダ・ルーマニア両国政府が原子力部門の協力強化のための了解覚書(MOU)を締結したことを公表した。両国は今後、ルーマニアで運転中のチェルナボーダ原子力発電所1、2号機(CANDU炉)の改修・長期運転や、今後進められる予定の同3、4号機の建設プロジェクトで協力することとしている。その他、ルーマニアとカナダの協力に関連して、加SNCラヴァリン社は11月25日、同グループ会社のCandu Energy社がチェルナボーダ3、4号機完工プロジェクトの事業会社であるEnergoNuclear社と、これら2基のプロジェクト再開に向けた準備作業に係る契約を締結したことを発表している。なおこの契約はルーマニア、カナダ、米国の3カ国のパートナーシップの下で成立したものである。

- **ポーランドとの協力**

ポーランドでもSMRの建設に向けた取組が進んでおり、同国の国営KGHM銅採掘会社とルーマニアのニュークリアエレクトリカ社は2022年9月、ニュースケール社のSMR建設で協力するためのMOUを締結している。

- **イタリアとの協力**

ニュークリアエレクトリカ社は、イタリア政府系保険金融グループSACE社、及び発電設備の製造等を行うアンサルドのグループ会社と、原子力開発・融資に関する覚書を締結した。チェルナボーダ1号機の運転延長と、同3・4号機の建設を支援する。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA Country Nuclear Power Profiles, Romania
- WNA, Nuclear Power in Romania
- CMS社
- 原子力安全条約ルーマニア第8回国別報告書
- 欧州委員会
- The 2021-2030 Integrated National Energy and Climate Plan
- 廃棄物合同条約ルーマニア第6回国別報告書
- ニュークリアエレクトリカ社
- カナダ連邦天然資源省
- 米国　ホワイトハウス
- 米国　国務省
- ルーマニア大統領府
- SNC-ラヴァリン社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ハンガリー

Copyright © Mitsubishi Research Institute

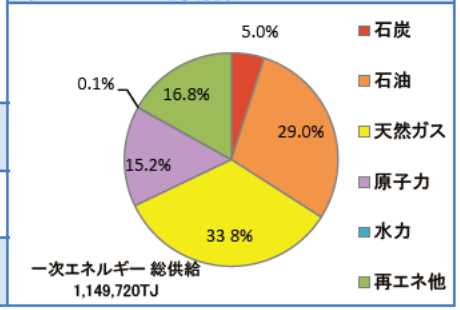
基本情報

ハンガリーでは現在、総発電電力量の半分程度を原子力で賄っている。温室効果ガス排出削減抑制のために、パクシュ原子力発電所におけるプラントの増設を方針としている。

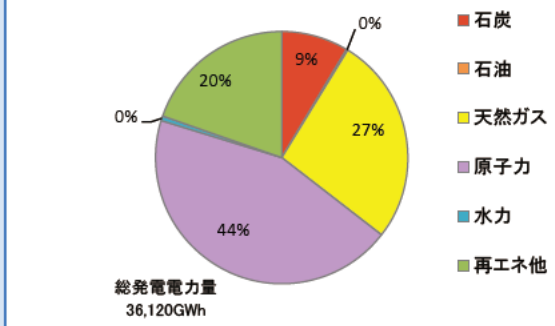
● 基本情報

基本情報	面積	9.3万 km²	人口	960万人
	公用語	ハンガリー語		
	通貨	1フォリント＝約0.42円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	共和制		
	議会	一院制(199議席、任期4年)		
	政府	大統領　ノヴァーク・カタリン 首相　オルバーン・ヴィクトル		
経済	GDP	1,683億ドル(2022年、IMF) 成長率　+4.6%(2022年、ハンガリー中央統計局)		
	経済の特徴および概況			
	2016年はGDP成長率2.1%と減速傾向になったが、2017年はEU補助金の流入が回復するとともに個人消費が引き続き堅調に推移し、4.3%のプラス成長を記録。2018年は5.4%、2019年は4.6%と、引き続き高い成長を記録。2021年には復調して7.1%の成長を記録した。2022年はロシアによるウクライナ侵略や世界的なエネルギー価格高騰等の影響を受け、4.6%に留まった。			

● エネルギー

・保有資源 原油(シェールオイルを含む):12(百万トン) 石炭:13,597(百万トン) 天然ガス:80億(立方メートル) ウラン:該当データなし	一次エネルギー供給構成比(エネルギー源別) 
・一次エネルギー供給 114万テラジュール	
・エネルギー自給率 39.5%(原子力含)、24.3%(原子力除)	
・一次エネルギー供給における 原子力シェア:15.2%	

● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:6,083　水力:57　原子力:2,013　その他:1,096
電力供給体制の概要	ハンガリーでは、ハンガリー電力公社の再編と部分的な民営化に伴い、複数の発電会社、配電事業者6社と送電事業者1社が設立された。電力市場は自由化されている。
電源種別発電電力量	
原子力発電が総発電電力量の5割弱を占めており、それに天然ガス、再エネ他、石炭が続いている。	

電力最終消費量(百万kWh)	42,298	発電電力量(百万kWh)	36,120	電力純輸入量(百万kWh)	12,754
運転中の原子力プラント	4基(PWR)	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	2基

電力需要の推移と見通し

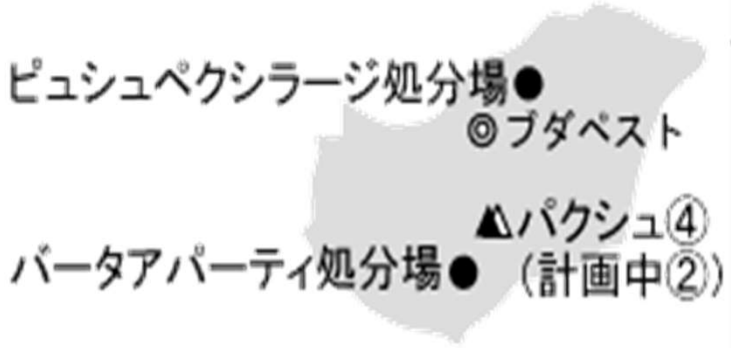
発電電力量は2005年、2010年、2015年でそれぞれ358億kWh、373億kWh、3.4億kWhと推移し、2021年は361億kWhとなっている。「国家エネルギー戦略2030」では、石炭火力による発電が減少していく一方、天然ガス火力と再生可能エネルギーによる発電の増大が見込まれている。原子力発電についてはパクシュでの2基増設を基本として、中期的に発電設備容量を維持していく方針である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：191.6万kW　発電電力量：151億kWh

運転中：4基 建設中：0基　計画中：2基（PWR） 原子力シェア：47.0%



▲ 原子力発電所（〇内は基数）

△ 計画中、建設中の原子力発電所

■ 核燃料サイクル施設（（　）内は種別）

□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設

C：転換施設　E：濃縮施設

F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設

● 放射性廃棄物管理施設

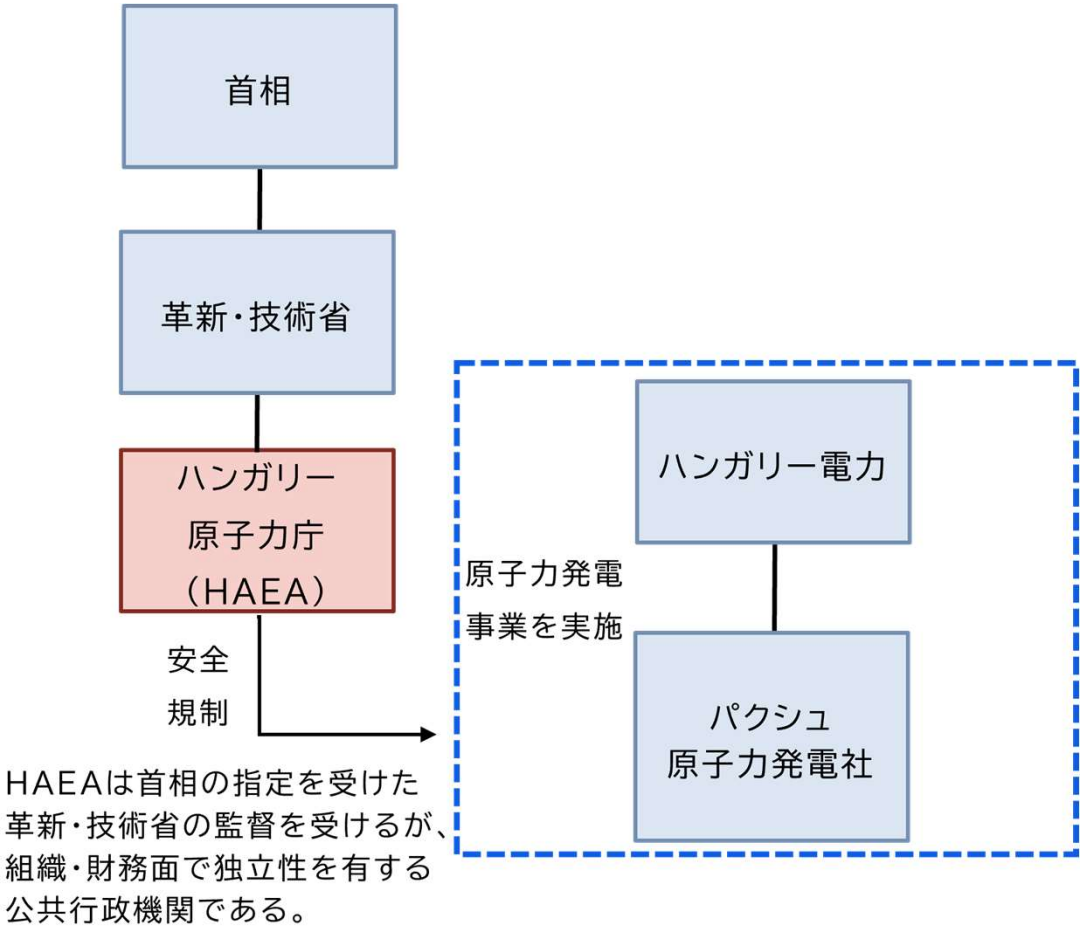
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

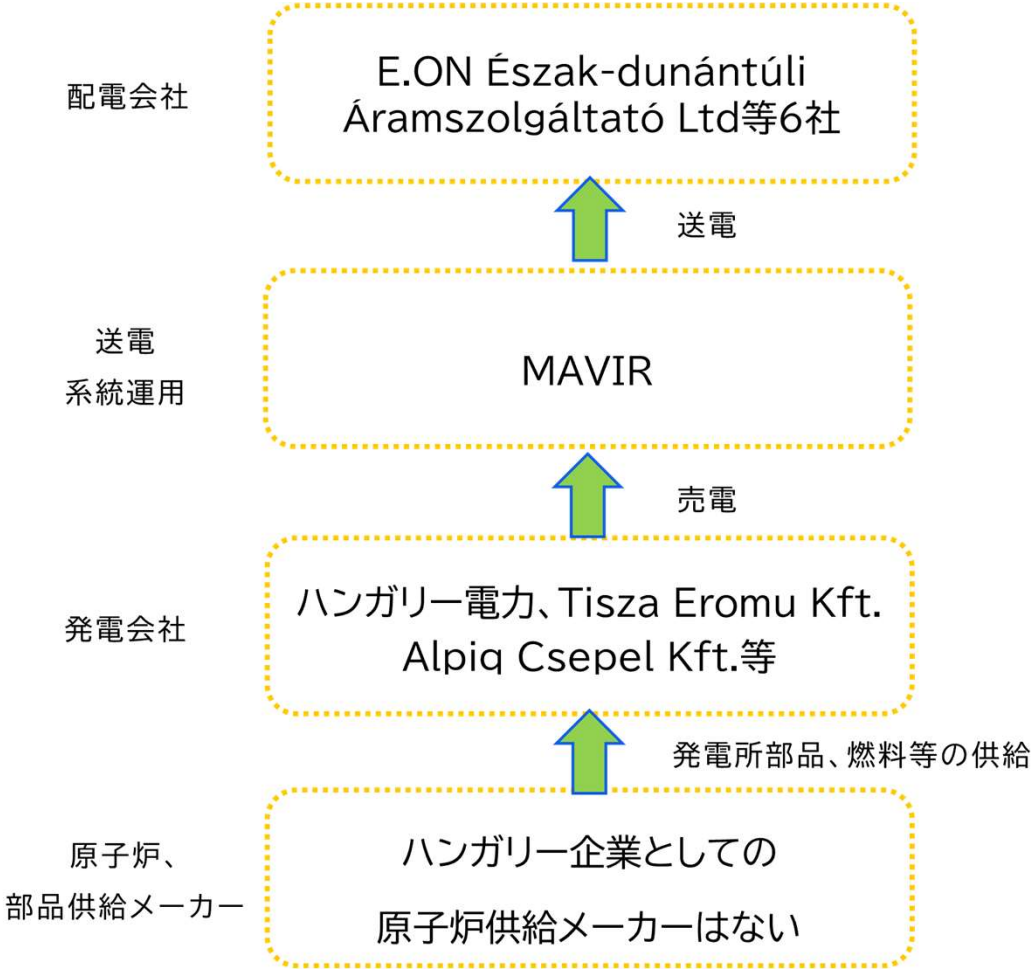
原子力業界構造

ハンガリー唯一のパクシュ原子力発電所は、国営のハンガリー電力の子会社が運転している。
安全規制機関のハンガリー原子力庁（HAEA）は、組織・財務面で独立性を有する公共行政機関である。

● 原子力規制・産業構造



● 電気事業構造



Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画

ハンガリーはエネルギー生産の脱炭素化は、原子力と再生可能エネルギーの組み合わせによってのみ可能であるとしている。再エネでは太陽光発電を主力とする方針である。

ハンガリーにおけるエネルギーミックスの現状

ハンガリーでは現時点で、パクシュ原子力発電所の4基のプラントで国の発電量の約半分を賄っている。原子力に続き、天然ガスと石炭がそれぞれ約2割ずつを賄っている。再エネは1割程度となっている。

温室効果ガス排出削減に向けた目標と政策

EUでは、2030年までのエネルギー・気候目標達成のため、加盟国は10年間を対象とした統合国家エネルギー・気候計画(NECP)を策定することとなっている。NECPのドラフトは加盟国から欧州委員会(EC)に提出され、ECの勧告も受けて確定される。

ハンガリーの2021～2030年を対象としたNECPでは、右の表に示す通り、温室効果ガス排出削減目標等が規定されている。

また、電力やエネルギーに関連する政策として以下が挙げられている。

- 電力の大半を原子力と再エネで賄い、再エネは大半を太陽光で賄う。
- 太陽光発電の設備容量を、2016年の68万kWから2030年までに650万kWに拡充する。
- パクシュの増設で、原子力発電のシェアを維持する。
- 経済成長と気候保護の目標を両立させる。
- 国の温室効果ガス排出量の14%を占めるMátra褐炭火力発電所を低炭素技術を用いた発電所に転換する。
- グリーン地域暖房プログラムを進め、天然ガスの代替とする。
- エネルギー効率の点では、最終エネルギー消費が2030年においても、2005年の値(785PJ)を超過しないようにする。

表　ハンガリーにおける2030年までの温室効果ガス排出削減等の目標や見通し

項目	目標
温室効果ガスの排出量(1990年比)	最低でも-40%
GDP当たりの温室効果ガス排出強度	着実に低下
EU排出量取引制度対象以外の温室効果ガス排出量(2005年比)	最低でも-7%
エネルギー総消費量に占める再エネシェア	最低でも21%
電力における再エネシェアの見通し	21.3%
輸送における再エネシェアの見通し	16.9%
冷暖房における再エネシェアの見通し	28.7%

出所)National Energy and Climate Plan

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力政策：原子力発電、非発電用途

ハンガリーでは、原子力安全や核セキュリティを確保しつつ、パクシュ原子力発電所で2基のプラントを増設することとしている。

NECPにおける原子力発電に関連する政策

NECPでは、温室効果ガス排出量の削減における原子力発電所の維持の重要な役割が指摘されている。ハンガリーでは、ロシアとの政府間協定に基づき、2030年までにハンガリーに120万kWの容量を持つプラントが2基建設されることとなっている。NECPではまた、原子力安全や核セキュリティの確保の重要性も指摘されている。

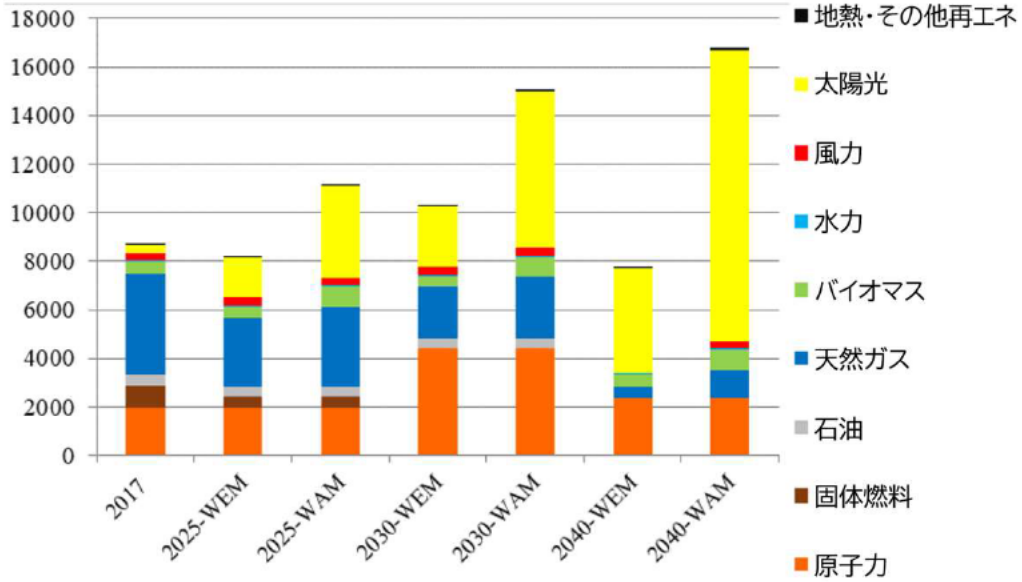


図　2040年までのリファレンスシナリオ(WEM)と追加的な対策を講じた場合のシナリオ(WAM)における電源構成の見通し(単位MW)
出所)National Energy and Climate Plan

国際的な研究開発枠組みへの参加

NECPでは、ハンガリーが発電以外にも以下のような原子力の活用分野の研究に参加していくとの方針が示されている

- **欧州原子核共同研究機構(CERN)の活動への参加**
  ハンガリーは1992年にジュネーブに本部を置くCERNに加盟した。近年、ハンガリーはCERNで行われる実験の準備や運営、得られたデータの評価、物理的な結果の解釈に大きく関与している。

- **欧州原子力共同体(EURATOM)における熱核プラズマ物理学の研究と革新**
  熱核プラズマ物理学の研究と革新は、EURATOMの枠組みの中で、主に欧州の大型装置を利用して、またそれに関連した国際協力を通じて行われている。ハンガリーの研究者は、プラズマの乱流状態の研究や、プラズマに加えられたマクロな物質の挙動の研究において、国際的に見ても重要な成果を上げている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

ハンガリーでは、使用済燃料を国内で地層処分する方針であるが、海外再処理の選択肢も残されている。
原子力安全規制は、ハンガリー原子力庁（HAEA）が担当している。

ハンガリーにおける放射性廃棄物の管理・処分方針

ハンガリーでは、2015年に議会で採択された国家政策において、使用済燃料及び放射性廃棄物の管理に関して以下の方針が規定されている。

- バックエンドサイクルについては、現時点で最終的な意思決定は行わずに、今後の国内外での技術開発をバックエンド政策に取り入れる余地を残す。
- ただし、リファレンスシナリオとしては、使用済燃料は再処理せずに国内で地層処分する。
- 低中レベル放射性廃棄物は国内で処分する（この方針は既に実行段階にある）。
- 今後の低中レベル放射性廃棄物の処分量の増加には、既存の処分施設の拡張等で対応する。

ハンガリーにおける放射性廃棄物の管理・処分の状況

上述の通り、ハンガリーではバックエンドに関する最終的な意思決定は行われていないが、高レベル放射性廃棄物処分のためのサイト調査が、Mecsek採掘会社により、カナダ原子力公社（AECL）の協力も得てボダ粘土岩を対象として実施された。

中低レベル放射性廃棄物処分のために、パータアパーティ自治体に国家放射性廃棄物処分場が建設され、2008年に地表の処分施設、2012年には坑道の処分施設の操業が開始された。2022年時点で国家放射性廃棄物処分場は6,535体の放射性廃棄物を受け入れている。1本目の坑道はすでに満杯になっており、2本目の坑道で廃棄物の受け入れが可能となっている。

ハンガリー原子力庁（HAEA）による安全規制

ハンガリーでは、HAEAが原子力安全規制を担当している。HAEAは首相の指定を受けた技術・革新省の監督を受けるが、組織・財務面で独立性を有する公共行政機関である。

HAEAの主要な職務として以下の点がある。

- 原子力安全に関する許認可
- 原子力法の対象となる原子力施設の評価と監督
- 放射性廃棄物処分場の規制監督
- 放射性物質の登録と管理
- 放射性物質の輸送と梱包の許可
- 原子力関連の輸出入の許可
- 研究開発の評価と調整
- サイトにおける原子力緊急事態準備に関する業務の遂行
- 原子力施設の緊急時対応計画の承認
- 国際協力

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向：既設炉、新増設計画

ハンガリーでは、パクシュ原子力発電所の既設炉4基で寿命延長が行われることとなっており、また増設計画も進んでいる。増設は引き続き、ROSATOMが実施へ

パクシュ原子力発電所における既設炉の運転と寿命延長

現在、社会主義時代に建設された4基の旧ソ連製VVER-440が国内唯一のパクシュ原子力発電所で稼働しており、総発電電力量の約半分を賄っている。原子力発電への依存度が高いハンガリーでは、原子力発電の利用継続・拡大が重視され、既設炉の運転延長および原子炉新設に向けた取り組みが行われている。

パクシュの全4基で、当初の運転認可期限（30年間）を20年間延長する運転延長が承認済みであり、それぞれ2032年、2034年、2036年、2037年まで運転を継続する予定である。 また、2022年12月には議会が現行の運転期限に加えてさらに20年間運転を延長することを認める決定を行った。このため、4基のプラントは2052～2057年まで運転を継続する見通しである。なお、パクシュではロシア製燃料が使用されているが、フランス製燃料の利用が検討されている。

周辺諸国と共同で小型炉についても共同研究を進める

ハンガリーはヴィシェグラード4カ国（ハンガリー、ポーランド、チェコ、スロバキア）の枠組みで、これらの4カ国の研究機関や民間企業が参画している小型炉に関する共同研究にも参加している。この取組には、仏原子力・代替エネルギー庁（CEA）も参加している。

この協力の枠組みでは、ALLEGRO炉と呼ばれるガス冷却炉に関する概念設計などが実施されることになっている。

パクシュ原子力発電所における増設計画

パクシュでは、原子炉の増設計画も進められている。ハンガリー議会は2009年3月、100万kWの原子炉を2020年から2030年にかけて2基増設（パクシュⅡ期発電所、パクシュ5、6号機）するための事前承認を可決した。2012年9月には、本プロジェクトの国有事業会社として、MVM Paks IIが設立された。建設工事に関しては、当初は入札で受注者を決める方向で進んでいたが、その後、ハンガリーとロシアの政府間合意に基づいて2014年に露ROSATOM国営原子力会社の受注が確定し、ロシアからの融資を受けて建設されることとなった。（パクシュ原子力発電所の増設計画におけるロシアとの協力の経緯については次の「国外動向」のスライドを参照）

このスキームはEUの国家補助（State Aid）規則・公共調達指令への適合に関する審査対象となったが、ハンガリー政府が公正競争への影響抑制策を約束したことを受け、2017年3月に欧州委員会の承認を得た。

2020年6月には、MVM Paks IIは、VVER-1200を建設するための許可申請をハンガリー原子力庁（HAEA）に提出した。HAEAは2022年8月に、5、6号機の建設許可を発給している。また、初回コンクリート打設が2024年夏に実施される予定である。

2基のプラントはROSATOMが供給するほか、タービン建屋内機器はGE社が、計装制御（I&C）系は仏フラマトム社と独シーメンス社が供給する予定である。

なお、ロシアのウクライナ侵攻を受け、ROSATOMが参画するフィンランドのハンヒキビ1建設プロジェクトはキャンセルされたが、パクシュ原子力発電所における増設計画は引き続きROSATOMが進めていくことが2022年7月のハンガリー外務大臣とROSATOMトップの会談で、確認されている。またハンガリー首相は、EUがロシアの原子力部門に制裁を課そうとする場合には拒否権を行使することを明らかにしている。また、2023年6月に外務大臣は、増設計画の準備作業が同年7月に開始されると発言している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国外動向

パクシュ原子力発電所での増設プロジェクトに対して、ロシアがプラントの提供や融資で関与している。

パクシュ原子力発電所の増設計画におけるロシアとの協力の経緯と現状

2012年9月に、パクシュでの2基増設プロジェクト(パクシュII原子力発電所建設プロジェクト)の事業会社として、MVMパクシュII原子力発電所開発会社(MVM Paks II)が設立された。

パクシュでの増設プロジェクトについては、ハンガリーとロシアの政府間合意に基づく手続きにより、ロシアの受注が決まった。ハンガリー国家開発省は2014年1月に、露ROSATOM国営原子力会社と、パクシュにおける原子炉2基(VVER)の建設と関連役務の提供に関する政府間合意に署名した。この合意内容はハンガリー議会において法制化され、同年2月に大統領により署名された。

2014年4月には、ハンガリー政府がROSATOMと、同プロジェクトへの融資に関する協定を締結した。期間は21年間で、融資額は最大100億ユーロとされている。返済開始は2基の原子炉の運転開始後(ただし遅くとも2026年3月まで)とされ、金利は2014年から運転開始まで(ただし2026年まで)が3.95%、その後は返済開始から7年ごとに、4.5%、4.8%、4.95%とされている。

また同年12月には、MVM Paks IIがROSATOMの子会社と、VVER-1200の2基建設やその運転・保守、核燃料の供給等に関する契約を締結した。

しかし、欧州委員会がハンガリーとロシアの政府間直接交渉で同プロジェクトのスキームが決定されたことについて、EUの公共調達指令および国家補助規則に抵触する疑いがあると指摘し、2015年11月に調査を開始した。審査の結果、公共調達規則については2016年11月に規則違反はないと判断された。一方、国家補助規則に関しては、ロシアからの低利借款を通じ、ハンガリー政府が民間融資より低利で同プロジェクトへの資金提供を行う方針であることが、国家補助に該当すると判断された。これに対してハンガリー政府は、以下の対策を講じることとし、これを受けて欧州委員会は2017年3月、ハンガリー政府の財政支援を承認した。

- パクシュIIの電力の3割以上を市場で売却する。
- 同発電所の利益をさらなる増設に用いない。
- パクシュII運転会社と既存の4基の原子力発電所運転会社との機能・法的分離といった公正競争への影響緩和策を実施する。

ハンガリー原子力庁(HAEA)は、2017年3月末にMVM Paks IIに対して、サイト許可(立地許可)を発給した。建設許可申請は2020年6月に、MVM Paks IIからHAEAに提出された。2022年8月には、HAEAによりパクシュIIの2基について建設許可が発給されている。

他国との協力の状況

ハンガリーは、ロシアの他、韓国やフランスとも協力関係を構築している。ハンガリーと韓国は2013年10月、原子力協力協定に署名した。また2015年2月には、ハンガリー企業が仏AREVA社(現Framatome社)と、ハンガリー国内の既存炉および新設炉への計装制御システムの納入を見据えた協力覚書を締結している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA Country Nuclear Power Profiles, Hungary
- WNA, Nuclear Power in Hungary
- CMS社
- 原子力安全条約ハンガリー第8回国別報告書
- 欧州委員会
- National Energy and Climate Plan
- 廃棄物合同条約ハンガリー第6回国別報告書
- 放射性廃棄物管理公共非営利企業（PURAM）
- PAKS II. ZRT
- ハンガリー原子力庁（HAEA）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

フィンランド

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

電力の輸入依存体質も背景に、国内5基目のプラントとしてEPRの建設を進め、工期遅延が生じるも2022年運開。ロシアとの協力による6基目の建設計画は、同国のウクライナ侵攻後にキャンセル。

● 基本情報

基本情報	面積	33.8万km²	人口	555万人
	公用語	フィンランド語、スウェーデン語(全人口の約5.2%)		
	通貨	1ユーロ=160円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	共和制		
	議会	一院制(200議席、任期4年)		
	政府	大統領　サウリ・ニーニスト 首相　ペッテリ・オルポ		
経済	GDP	約2,810億ドル(2022年、IMF) 成長率　2.1%(2022年、IMF)		
	経済の特徴および概況			
	豊かな森林資源を活かした製紙・パルプ・木材、金属・機械産業および情報通信産業が主要な産業である。また北欧で唯一、通貨ユーロを導入している。経済成長率は3.3%(2021年IMF)と新型コロナウィルスの影響から回復の兆しを見せており、コロナ禍における経済成長率も-2.3%(2020年、IMF)と、他のEU諸国と比べると経済成長率の落ち込みは穏やかで、比較的安定している。2022年の政府財政収支は23億ユーロ(対GDP比0.9%)の赤字であり、累積債務は1、948億ユーロ(対GDP比73.0%)であった。			

● エネルギー

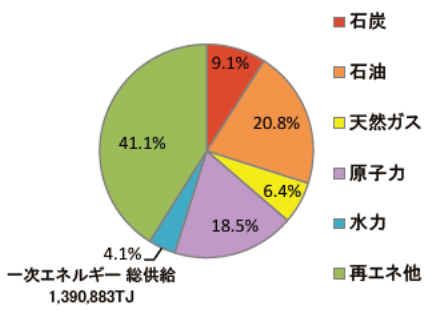
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):0
石炭:1,270
天然ガス:該当データなし
ウラン:1,100(トン)

・一次エネルギー供給
139万テラジュール

・エネルギー自給率
58.3%(原子力含)、39.7%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:18.5%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

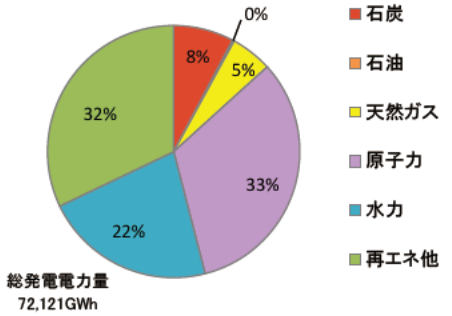


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:8,902　水力:3,287　原子力:2,784 その他:2,181
電力供給体制の概要	発電は半官半民や民間の複数の電気事業者が行い、基幹系統の送電は政府が出資するフィングリッドが一元管理している。配電は、地方自治体の公営企業や外資の民間事業者が行っている。

電源種別発電電力量

原子力発電が最も多く、フィンランドの発電電力量の三分の一程度を占める。次いで再生可能エネルギーと水力発電が、それぞれ約四分の一で続いている。



電力最終消費量(百万kWh)	82,095	発電電力量(百万kWh)	72,121	電力純輸入量(百万kWh)	17,767
運転中の原子力プラント	5基	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

フィンランドでは従来、電力需要に占める森林産業の割合が高かったが、近年では家庭・農業部門やサービス・輸送部門の電力需要が増えている。政府の2016年の国家エネルギー・気候戦略では、2015年の総電力消費量が830億kWhであったのに対して、2030年には基準ケースで920億kWhに増加するとの予測が示された。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：439.4万kW

発電電力量：242億kWh

運転中：5基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：35.0%

▲ 原子力発電所（〇内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所
■ 核燃料サイクル施設（　）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

フィンランドは2035年までにカーボンニュートラルを達成する目標を掲げており、新たに商業運転を開始したオルキルオト3号機もそれに貢献するものとして想定されている。

温室効果ガス排出削減に向けた目標と政策

EUでは、2030年までのエネルギー・気候目標達成のため、加盟国は10年間を対象とした統合国家エネルギー・気候計画(NECP)を策定することとなっている。NECPのドラフトは加盟国から欧州委員会(EC)に提出され、ECの勧告も受けて確定される。

2023年6月に策定されたフィンランドのNECPドラフト版では、以下の目標が提示されている。

- 2029年までの脱石炭の完了(法定事項)
- 2030年に、排出量取引対象セクター以外における温室効果ガス排出量を2005年比で50%削減
- 2030年に最終エネルギー消費の最低51%を再生可能エネルギーで賄う
- 2035年までにカーボンニュートラルを達成
- 原子力発電については、2030年までにロビーサ原子力発電所における2050年までの寿命延長のために10億ユーロを投資することが示されている。

原子力発電は電力安定供給の柱となっており、放射性廃棄物の管理・処分でも世界に先駆ける存在

フィンランドは、電力の2割程度を輸入に頼っており、原子力は電力の安定供給と国の気候・エネルギー戦略の実行において大きな役割を果たしている。

現在は国内では2023年5月にオルキルオト3号機が商業運転を開始し、合計5基のプラントが運転中である。しかしながら、建設許可申請に向けた取組が進められていたハンヒキビ1原子力発電所建設プロジェクトはキャンセルされた(「国内動向」のスライドを参照)。

フィンランドは放射性廃棄物の管理・処分分野でも世界に先駆ける存在となっており、2001年には、原子力発電所が立地するオルキルオトが使用済燃料処分場サイトに決まっている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

使用済燃料地層処分場のサイトは決定済み、低中レベル放射性廃棄物は発電所サイトの処分場で処分されている。原子力安全規制である放射線・原子力安全局（STUK）の権限が、法改正で強化された。

使用済燃料の地層処分場サイトは決定済み、低中レベル放射性廃棄物は発電所サイトの処分場で処分

- **高レベル放射性廃棄物（使用済燃料）の管理・処分の状況**

フィンランドでは現在は、使用済燃料は再処理せず直接処分（地層処分）することとなっている。使用済燃料は、原子力発電所のプールや貯蔵施設で貯蔵されている。

使用済燃料の処分事業は、原子力発電事業者が設立したポシバ社が実施している。2001年には、エウラヨキ自治体のオルキルオトが使用済燃料処分場サイトに決まっている。ポシバ社は2016年から、処分場の建設を進めており、同社は2021年12月に処分場の操業許可申請書を政府に提出している。

- **低中レベル放射性廃棄物の管理・処分の状況**

低中レベル放射性廃棄物の処分は、原子力発電事業者が発電所サイトに設置した処分場で処分されている。

原子力安全規制は放射線・原子力安全局（STUK）が所掌

フィンランドでは、原子力安全規制はSTUKが所掌している。

2015年の原子力法改正により、STUKに対して、原子力安全に関して法的拘束力を有する技術的な安全要件を定める権限が付与された。フィンランドの原子力安全に関する規制体系は一般安全規則と詳細安全規則で構成されるが、従来は一般安全規則を政府（雇用経済省）が政令として定め、一般安全規則の規定を満たすための指針としてSTUKが詳細安全規則を策定していた。法改正後は、一般安全規則と詳細安全規則の両方をSTUKが策定する。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向

大幅な建設遅延があったもののオルキルオト3号機は運転開始、しかしハンヒキビ1原子力発電所建設プロジェクトはキャンセル。一方で、SMRや大型炉の新設に関する検討が進む。

原子炉の建設や建設計画の進捗状況

● **オルキルオト3号機の建設状況**

オルキルオト3号機は2005年に仏AREVA社と独シーメンス社のコンソーシアムにより、世界初の欧州加圧水型原子炉(EPR)として建設が開始され、当初は2009年に運開予定であった。しかし詳細設計や工法の審査手続きに時間がかかったことなどからスケジュールが大幅に遅延している。TVOは2016年4月に、OL3の運転認可申請を政府に提出し、運転認可は2019年3月に発給された。TVOは、2020年4月にTVOはSTUKに燃料装荷の許可申請書を提出し、2021年3月には許可発給を受けて燃料装荷が開始された。

TVOは2021年8月に、タービンの分解点検延長を理由として、3号機の運転開始が2022年6月に遅延することを発表した。その後、2022年2月には、試運転等に当初見込みより時間がかかることが明らかになった。このように運転開始に遅れが生じたものの、2022年3月には同機が発電した電力が国のグリッドに接続され、発電が開始されており、試運転が完了して2023年5月には商業発電が開始された。

● **ハンヒキビ1原子力発電所建設プロジェクトの動向**

ピュヘヨキサイトでハンヒキビ1原子力発電所建設を計画していたFennovoima社は、国内のエネルギー関連企業等が出資するVoimaosakeyhtiö社(66%)と独E.ON社(同34%)との共同出資により設立された多国籍コンソーシアムであった。

しかし2012年にE.ON社がコンソーシアムから撤退したことで、Fennovoima社はプロジェクト体制の変更を余儀なくされ、炉型も、当初想定していた大型炉から中型炉への変更が検討された。最終的にFennovoima社はロシア製のAES-2006の採用を決定し、2013年12月には原子炉供給契約を締結した。また、プロジェクト体制についても、E.ON社撤退分の34%の株式が2014年3月にROSATOMのフィンランド法人のRAOSプロジェクト社に売却された。

Fennovoima社は、建設許可の取得に向けた取組を進め、2021年4月には建設許可申請書の更新版を雇用経済省に提出した。しかしながら、ロシアによるウクライナ侵攻後の2022年5月に同社は、プロジェクト実施の遅延を理由として、同RAOSプロジェクト社との契約を解除したことを公表した。同月にFennovoima社は建設許可申請を取り下げており、これによりハンヒキビ1建設プロジェクトはキャンセルとなった。

原子力発電所の運転延長

ロビーサ原子力発電所1、2号機(VVER-440)は、それぞれ1977年、1980年に運転を開始し、従来の運転認可の期限は2027年と2030年に失効することとなっていた。2022年3月に、プラントを所有・運転するフォータム社は政府に対して、両機の運転認可期間を2050年まで延長するよう申請した。2023年2月に政府は、この申請を承認している。

また、オルキルオト原子力発電所を運転するTVO社は、現在2038年まで運転を認可されている同発電所1・2号機の10年間の運転延長に向けて、環境影響評価手続きを開始している。

フォータム社によるSMRや大型炉の導入に関する検討

フォータム社は、2022年10月に、フィンランドとスウェーデンにおけるSMRや大型炉の導入条件を検討する、2年間のプロジェクトを開始した。このプロジェクトの一環として、同社は米WH社、韓国KHNP、英ロールスロイスSMR社、仏EDF、スウェーデンKärnfull Next社、フィンランドのOutokumpu社及びHelen社と協力協定やMOUを締結している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- Fennovoima社
- Finland’s Integrated National Energy and Climate Plan
- IAEA Country Nuclear Power Profiles Finland
- STUK
- TVO
- フォータム社
- ポシバ社
- 雇用経済省

Copyright © Mitsubishi Research Institute

スウェーデン

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

原子力は水力とともに電力供給の柱となっている。現政権は、2040年までに電力のすべてを原子力を含む非化石エネルギーでまかなうとの方針を示している。

● 基本情報

基本情報	面積	45万km²	人口	1,045万人
	公用語	スウェーデン語		
	通貨	1スウェーデン・クローナ＝14円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	立憲君主制		
	議会	一院制(349議席、任期4年)		
	政府	国家元首　カール16世グスタフ国王 首相　ウルフ・クリステンション		
経済	GDP	5,859億米ドル(2022年、IMF) 成長率　2.6%(2022年、IMF)		
	経済の特徴および概況			
	世界経済の混乱を受けて2012年、2013年に低迷した経済成長率は、2014年から2018年まで2%以上の力強い成長が続いた。2019年は英国のEU離脱などを背景として-0.7%、2020年は新型コロナの影響により-2.8%であったが、2021年は5.4%に回復した。その後、ロシアによるウクライナ侵略に伴うエネルギー市場の混乱、物価の大幅な上昇等を背景に、2022年に2.8%、2023年はマイナス成長が見込まれている。(数字はスウェーデン経済分析庁)。			

● エネルギー

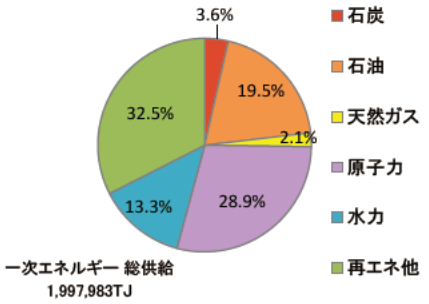
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):875
石炭:781
天然ガス:該当データなし
ウラン:5,000(トン)

・一次エネルギー供給
199万テラジュール

・エネルギー自給率
75.8%(原子力含)、46.9%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:28.9%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

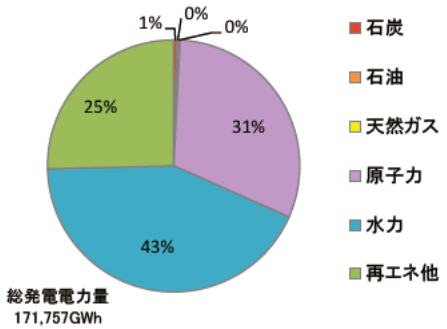


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:8,408　水力:16,431　原子力:8,656 その他:7,728
電力供給体制の概要	1996年に電力市場が自由化されているほか、国際的な電力取引も盛んに行われている。発送電は分離されており、送電については国営のスウェーデン系統運用局(Svenska Kraftnät)が基幹系統や国際連系線を所有・管理し、配電系統は全ての経済主体に開放されている。

電源種別発電電力量

スウェーデンでは化石燃料のほとんどを輸入に頼っているが、化石燃料による発電電力量はごくわずかである。主力は水力と原子力で、両方を合わせて総発電電力量の約3/4を占めている。また、再生可能エネルギーの拡充にも力を入れている。



電力最終消費量(百万kWh)	128,265	発電電力量(百万kWh)	171,757	電力純輸入量(百万kWh)	-25,568
運転中の原子力プラント	6基	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

スウェーデンにおける電力消費量は、過去20年にわたってほぼ横ばいとなっている。うち半分近くが産業用に消費されているが、特に同国の輸出に大きく貢献しているエネルギー集約型の産業における電力需要は、2050年にかけて高水準で推移すると見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：6,944万kW

発電電力量：500億kWh

運転中：6基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：29.4%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

現政権は政策協定で、エネルギー政策の目標を再生可能エネルギー100%から原子力を含む非化石エネルギー100%に変更する方針を提示、ロードマップ策定等具体化を進める

温室効果ガス排出削減に向けた目標と政策

EUでは、2030年までのエネルギー・気候目標達成のため、加盟国は10年間を対象とした統合国家エネルギー・気候計画(NECP)を策定することとなっている。NECPのドラフトは加盟国から欧州委員会(EC)に提出され、ECの勧告も受けて確定される。

2023年7月に策定されたスウェーデンのNECPドラフト版では、以下の目標が提示されている。

- 2030年に、エネルギー利用効率を2005年比で50%向上
- 2030年に、EU ETS(排出枠取引)規制対象外の部門からの温室効果ガス量を1990年比で63%削減
- 2040年に、EU ETS(排出枠取引)規制対象外の部門からの温室効果ガス量を1990年比で75%削減
- 2040年に、化石燃料を使用しない発電を実現。
- 2045年に、温室効果ガス排出ネットゼロを達成し、その後はネガティブ排出を実現

なお、スウェーデンでは、2022年9月の総選挙を受けて連立政権が成立し、政権と政権に協力している野党が翌10月に政策協定を公表した。そこでは、エネルギー政策の目標を、従来の再生可能エネルギー100%から、原子力を含む非化石エネルギー100%に変更することが示されている。

現行の法制度で既存サイトでのリプレースは可能だが、取り組みは進まず

- **リプレースに関する政策**

スウェーデンでは、2016年のエネルギー政策合意で当時の政権と一部野党が原子炉のリプレースの容認等で合意しており、既存の原子力発電所におけるプラントのリプレースは可能である。しかしながら、具体的なリプレースに向けた取り組みは前進していない。

なお、左記の2022年10月の政策協定では、既存の原子炉があるサイト以外の場所での建設を認める方針が示されている。

原子炉の新増設に向けた政府の取り組み

2022年10月の政策協定のポイントは、以下のとおりである。

- エネルギー政策の目標を、従来の再生可能エネルギー100%から、原子力を含む非化石エネルギー100%に変更
- 安全に運転されている限り原子炉の運転を行う権利を保障
- 廃止済みのリングハルス1、2号機の運転再開について調査を実施
- 既存の原子炉があるサイト以外の場所での建設を認める
- 10基という原子炉の上限基数を撤廃

2023年1月に政府は、政策協定を踏まえた法改正案を公表した。また同年11月に政府は、原子炉の新増設に向けたロードマップを公表した。ロードマップでは以下の4点が示されている。

- 新増設推進のため原子力調整官を任命(原子力調整官は2024年3月に任命されている)
- 原子力調査官による国のリスク分担・融資モデルの提案
- 2035年までに、少なくとも2基の大型原子炉に相当する総発電容量(2.5GW)を持つ原子力発電を新たに導入
- 2045年までの新規原子力発電の大幅拡大

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

使用済燃料の地層処分場サイトは既に決定しており、建設許可等の発給を政府が検討中。
原子力安全規制は放射線安全機関（SSM）が所掌

使用済燃料の処分場サイトは決定済み、低中レベル放射性廃棄物の処分方法も決定されている

● **高レベル放射性廃棄物（使用済燃料）の管理・処分の状況**

スウェーデンでは現在は、使用済燃料は再処理せず直接処分することとなっている。使用済燃料は、原子力発電所のプールの他、スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB）が操業している集中中間貯蔵施設（CLAB）で貯蔵されている。

SKBは使用済燃料の処分事業を実施しており、2009年6月、処分場の最終候補サイトとしてエストハンマル自治体のフォルスマルクを選定した。2011年3月にはSSMおよび環境裁判所に処分場の建設許可申請が提出され、2022年1月には政府が建設を許可する方針を示した。今後は放射線安全機関（SSM）と土地・環境裁判所が処分場の建設に向けた条件を定めることとなっている。

● **低中レベル放射性廃棄物の管理・処分の状況**

低中レベル放射性廃棄物については、SKBが操業するフォルスマルクの短寿命低中レベル放射性廃棄物処分場（SFR）処分場で、処分が実施されている。一部のプラントの廃止措置が進む中で、SKBは廃止措置で発生する放射性廃棄物等を処分できるようにするために、SFRの拡張計画を進めており、2023年4月にはSSMに対してSFR拡張のための建設許可申請を提出している。また、SFRで処分できない低中レベル放射性廃棄物については、長寿命廃棄物処分場（SFL）を建設し、処分する計画である。

原子力安全規制は放射線安全機関（SSM）が所掌

スウェーデンでは、SSMが原子力安全規制を所掌している。SSMは、放射線防護を担当する放射線防護機関（SSI）と原子力安全を担当する原子力発電検査機関（SKI）が合併して2008年7月に設立された組織である。

スウェーデンの原子力施設の許認可プロセスにおける特徴の一つとして、土地・環境裁判所もプロセスに関与することが挙げられる。土地・環境裁判所は、フォルスマルクにおける使用済燃料処分場の建設許可申請において審査を行っている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向

国内企業・Kärnfull Next社やヴァッテンファル社がSMRのスウェーデンへの導入に向けた取り組みを進めているほか、政府もSMR実証計画を支援。原子力発電を利用した水素製造プロジェクトも始動

SMRのスウェーデンへの導入に向けた取り組み

- **Kärnfull Next社が米GE日立・ニュクリアエナジー(GEH)社と協力**
  スウェーデンで原子力による発電電力の小売事業を行っているKärnfull Next社は2022年3月、同国における複数のSMR建設に向け、GEH社と了解覚書(MOU)を締結した。Kärnfull Next社は今後、GEH社製のSMRであるBWRX-300の建設候補サイトで準備作業を進めていくこととしている。また、Kärnfull Next社は同年12月にはフィンランドの電気事業者であるフォータム社と、2023年8月にはスウェーデンのスタズビック社と、スウェーデンにおけるSMRの実用化に向けた協力のためのMOUを締結している(フォータム社の動向はフィンランドの「国内動向」のスライドを参照)。

- **ヴァッテンファル社によるSMR建設に向けた取組**
  スウェーデンの大手電気事業者であるヴァッテンファル社は、子会社を通じてリングハルス及びフォルスマルクで原子炉を所有・運転している。同社は、2022年6月にリングハルスにおけるSMRの建設に関するフィージビリティスタディを開始し、2024年2月には建設計画を推進することを公表した。

- **政府は鉛冷却型SMRの実証計画を支援**
  スウェーデン企業のレッドコールドニュークリア社は、溶融鉛を用いる炉SEALERの開発を進めている。スウェーデン政府のエネルギー庁は2022年2月に、SEALERの開発支援のため、オスカーシャムにおけるプロトタイプ装置の設計・建設費用として、9,900万クローナ(約12億8,700万円)を助成すると発表した。また2023年3月には、スウェーデンのスタズビックにおけるSEALERの建設・運転に関するフィージビリティ調査を実施することを公表している。なお同社は、プロトタイプ装置の建設に向け、ドイツのユニパー社とジョイントベンチャーを設立したほか、スウェーデン王立工科大学とも協力している。

原子力発電を利用した水素製造に向けた動き

ヴァッテンファル社は、2023年6月に、リングハルスの原子炉と洋上風力発電を利用した水素製造プロジェクトの開始を決定したことを公表している。同社は、スウェーデンの西海岸には製油施設や石油化学産業等、化石燃料を使用せずに製造された水素に対する需要が大きい施設が多く、リングハルスへの電解槽設置による水素製造に良好な条件が整っているとしている。なお、リングハルスではSMR新設の検討が進められる一方で、2基の大型炉が運転しているが、現時点では新設されるSMRと大型炉のどちらを使用して水素製造を行うかは公表されていない。

一部の原子力発電所では廃止措置が進行中

スウェーデンでは現行制度上、既存の原子力発電所サイトにおけるプラントのリプレースは可能であるものの、取り組みは進んでいない。
スウェーデンでは脱原子力政策により、バーセベック原子力発電所1号機は1999年に、2号機は2005年に閉鎖され、同発電所では廃止措置が進められている。
また、経済性等を理由とした一部のプラントの早期閉鎖も行われた。具体的には、設備の更新のために2013年6月以降運転を停止していたオスカーシャム2号機が運転を再開せずに閉鎖され、同1号機も2017年6月に閉鎖された。リングハルス2号機は2019年12月に運転停止され、1号機も2020年12月31日に停止されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- Sweden’s Integrated National Energy and Climate Plan
- スウェーデン政府
- スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB）
- スウェーデン放射線安全機関（SSM）
- ヴァッテンファル社
- OKG社
- Kärnfull Next社
- スウェーデン王立工科大学

Copyright © Mitsubishi Research Institute

イタリア

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

原子力発電所はチェルノブイリ原子力発電所事故後の世論等を踏まえ全て廃止済みであり、再開に向けた動きが出るも東京電力福島第一原子力発電所事故後に断念された。

● 基本情報

基本情報	面積	30.2万km²	人口	6,037万人
	公用語	イタリア語		
	通貨	1ユーロ＝160円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	共和制		
	議会	二院制：上院(200議席＋終身議員6名)、下院(400議席)		
	政府	大統領　セルジョ・マッタレッラ(2022年2月就任(2期目)、任期7年) 首相　ジョルジャ・メローニ(2022年10月22日発足)		
経済	GDP	21,013億ドル(2021年：IMF推計) 成長率　2.3%(2022年：IMF)		
	経済の特徴および概況			
	コロナ禍からの経済活動の再開により、GDP成長率はプラスに転じたものの、ロシアによるウクライナ侵略を背景とする、エネルギー価格の高騰等の影響から、成長率は再び低調となっている。新型コロナウイルス感染症の拡大からの復興のため、2021年7月、EUの復興基金を活用した、総額2,350億ユーロ規模の「復興・強靭化国家計画(PNRR)」がEUにより承認され、ドラギ政権で定められた目標値の達成に向け、施策を実施。物価・エネルギー価格の高騰に苦しむ家計・企業に対する光熱費の支払への補助や減税措置等の政策を実施。		

● エネルギー

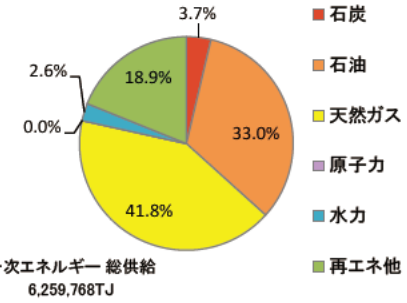
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む)：10,528
石炭：656
天然ガス：450億(立方メートル)
ウラン：4,800(トン)

・一次エネルギー供給
625万テラジュール

・エネルギー自給率
22.9%(原子力未導入)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：原子力導入なし

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

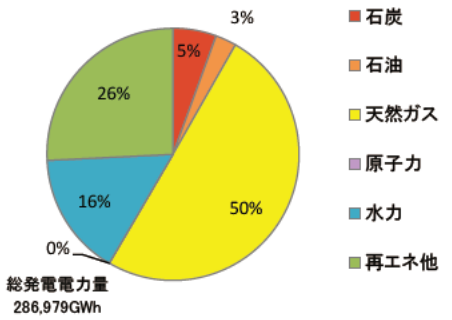


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力：61,276　水力：22,498　原子力：0 その他：30,446
電力供給体制の概要	かつての国営企業で、現在は民営化されているENELが国内第一の発電事業者である。送電部門はENELの送電設備管理会社であったTerna 社が担当し、配電部門は各地方の公営事業者が担っている。

電源種別発電電力量

イタリアは原子力発電を行っておらず、発電電力量の6割弱を火力発電、うち5割強を天然ガス火力によって賄っている。



電力最終消費量(百万kWh)	292,202	発電電力量(百万kWh)	286,979	電力純輸入量(百万kWh)	42,790
運転中の原子力プラント	0基	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

イタリア政府が2019年12月に欧州委員会に提出した国家エネルギー・気候計画では、発電電力量が2030年には3,310億kWhにのぼると見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：0万kW

発電電力量：0億kWh

運転中：0基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：0%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

イタリアでは、4カ所の原子力発電所は全て廃止されており、原子力再開の動きが進められたが東京電力福島第一原子力発電所事故後に断念された。

温室効果ガス排出削減に向けた目標と政策

EUでは、2030年までのエネルギー・気候目標達成のため、加盟国は10年間を対象とした統合国家エネルギー・気候計画(NECP)を策定することとなっている。NECPのドラフトは加盟国から欧州委員会(EC)に提出され、ECの勧告も受けて確定される。

イタリアのNECPでは、2030年までに実現すべきものとして以下の目標が提示されている。

- EU排出枠取引(EU-ETS)の対象となっていない部門における温室効果ガス排出を、2005年比で33%減少
- 総エネルギー最終消費に占める再生可能エネルギーの割合を30%に増加
- 相互接続している電力網の割合を10%(設備容量で14.375MW)まで向上

原子力発電は廃止されたが、再開に関する検討もはじまる

イタリアでは、かつて4カ所の原子力発電所が稼働していたが、1986年のチェルノブイリ事故の影響で反原子力の世論が高まり、1987年11月に原子力開発・利用の是非を問う目的で国民投票が実施された。その結果を考慮して、政府は新規原子炉の建設をすべて中止するとともに、稼働中の原子炉を閉鎖して廃止措置を進める閣議決定を下し、国会の承認を得た。

2008年に発足したベルルスコーニ政権(当時)は、原子力発電の再開を目指して法制度の整備を進めていたが、野党の要請をうけて2011年1月に、国内での原子炉の新規建設を認める法令の一部を無効とするか否かを問う国民投票が実施されることとなった。同年3月の福島第一原子力発電所事故により、原子力に対する国内世論が急激に否定的な方向に傾斜する中、政府からの提案に基づき、2011年5月に原子炉新設を認める規定を廃止する法改正が行われた。

その後、イタリアでは長く原子力発電の再開が本格的に議論されることはなかった。しかしながら、エネルギー安全保障の確保が課題となる中、議会による動議の採択や民間企業によるSMR導入の検討など、原子力発電再開に関する検討も行われている(「国内動向」のスライドを参照)。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

放射性廃棄物管理・処分、安全規制

使用済燃料の再処理は、脱原子力に伴いいったん撤回するもサイト解放が困難になるとの地元の反発を受け実施する方針に変更。低レベル放射性廃棄物処分場のサイト選定が進行中

使用済燃料は再処理する方針、低レベル放射性廃棄物処分場のサイト選定が進行中

- **使用済燃料の取扱いに関する方針**

イタリアでは当初、使用済燃料は国外で再処理する方針であったが、原子力廃止の決定に合わせて再処理も撤回された。これを受け使用済燃料は原子力発電所サイトで貯蔵されることとなったが、サイト解放が困難になるとの地元自治体の反発が強く、再処理を再開することとし、2006年にフランス政府と使用済燃料の輸送に関する協定を締結している。

なお、イタリアは高レベル放射性廃棄物は地層処分する方針である。

- **極低・低レベル放射性廃棄物の処分に向けた動き**

イタリアでは、高レベル放射性廃棄物等の処分場と低レベル放射性廃棄物等の処分場を建設する予定である。

現在、処分事業の実施主体であるイタリア原子力施設管理会社(SOGIN)を中心として、極低及び低レベル放射性廃棄物の処分場のサイト選定が進められている。2021年1月にSOGINは、サイト選定に向けた潜在的適性地域国家マップ(CNAPI)を公表した。このマップに示された候補地からサイトを選定し、イタリア国内で発生した極低レベル及び低レベル放射性廃棄物を受け入れる浅地中処分場のほか、高レベル及び中レベル放射性廃棄物の集中貯蔵施設を建設する計画である。SOGINは2022年3月には、CNAPIに関するコンサルテーション等を踏まえ、適性地域国家マップ(CNAI)の案を政府に提出した。案は、政府の関係省庁や機関の承認の後に公表され、検討されることとなっている。

原子力安全規制は国家原子力安全・放射線防護監督局(ISIN)が所掌

イタリアにおいて原子力安全規制は、国家原子力安全・放射線防護監督局(ISIN)が所掌している。ISINは2014年の政令で設置された組織である。かつての規制機関であった保護・環境高等研究所(ISPRA)の原子力・技術・産業リスク部から人員と機能を移管して、2018年に本格的に活動を開始している。

IAEAのサービスがイタリアの放射性廃棄物管理を評価

2023年10月国際原子力機関(IAEA)は、放射性廃棄物・使用済燃料管理、廃止措置及び修復に関する統合評価サービス(ARTEMIS)をイタリアで行った。このレビューはイタリアの要請により実施され、環境・エネルギー安全保障省が主催した。評価チームは、同国が放射性廃棄物を安全に管理するための課題を認識したうえで、その解決に向けて尽力していると結論づけた。一方で使用済み核燃料と放射性廃棄物の国家処分場計画の迅速な承認などについては、さらなる努力が必要と指摘している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向

議会は政府に対して原子力の再導入検討を求める動議を採択、民間でもSMRの導入や第4世代炉の技術開発に関する検討が進む

議会が原子力の再導入検討を求める動議を採択

2023年5月に、イタリア議会では原子力廃止の決定を破棄し、脱炭素加速のために原子力をエネルギーミックスに含めるよう検討することを政府に求める動議が採択された。これらの動議に対して、連立与党のほか一部野党議員も賛成に加わっている。また、エネルギー担当大臣は、議会が政府に対して明確な方向性を提示したことに謝意を示しつつ、欧州のパートナー国とともに、EUが設定した脱炭素目標の達成に向け、エネルギーミックスにどのように原子力を含めるべきかについて検討を進める旨を表明している。

動議のポイントは以下の通り。

- 再生可能エネルギーの経済性や必要な設備容量、安定供給性、またレアアース調達等エネルギー保障の観点からも、再エネのみで2050年カーボンニュートラルを達成するのは不可能
- エネルギーミックスの少なくとも40%を原子力とすることが最良の選択肢
- 原子力規制の改革や、放射性廃棄物処分場の建設推進、技術・研究開発での国際協力などが必要

この動議は可決しており、2023年9月には環境・エネルギー安全保障大臣支援のもと、「持続可能な原子力エネルギーのための国家プラットフォーム」がローマで発足した。これにより2024年4月末までにロードマップを作成し、その後具体的な実施計画を策定する。政府は、SMRなど革新的な原子力技術の導入を検討している。

SMRの導入に関する検討

2023年3月に、発電所設備の製造等を行うイタリア・アンサルドのグループ会社と、仏フランス電力(EDF)のグループ会社が、イタリアへのSMR導入検討における協力の可能性を検討するために趣意書を締結した。本趣意書の締結により、両グループはEDFグループが進めるSMR・NUWARDの開発で協力するとともに、イタリアのエネルギー転換において原子力が果たす役割について検討を開始する。

また2023年10月には同グループのエジソン社が、フランス製SMR建設に意欲を表明した。国内条件が整うことを前提に、2030年から2040年までに、国内で2カ所のSMRプラント(それぞれ17万kWを2基、合計4基)建設を目指す。

第4世代炉の技術開発に関する検討

イタリアの大手電気事業者であるENELは、2023年3月に、英国に本拠を置き原子力分野で技術開発を行っているニュークレオ社と、第4世代炉の技術開発プロジェクトにおける協力契約を締結したことを公表した。本プロジェクトでENELは専門人材を派遣し、ニュークレオ社はENELがニュークレオ社製プラントの最初の投資家になる権利を付与することで合意している。なお、このプラントはイタリア国外で建設される計画であり、ニュークレオ社は開発計画の最初のステップとして、2030年までにフランスで運転を開始することを目標として、出力30MWeの鉛冷却高速炉の設計と建設を進めることとしている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- Convention on Nuclear Safety Eighth Italian National Report
- IAEA Country Nuclear Power Profiles Italy
- INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN
- Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management Fifth Italian National Report
- SOGIN
- 国家放射性廃棄物センター

Copyright © Mitsubishi Research Institute

オランダ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

国内唯一のボルセラ原子力発電所における原子炉の増設申請2件が提出済み。福島第一原子力発電所事故後、事業者が2012年1月に経済的理由から原子炉新設計画の凍結を発表したが、2020年代に入り、ボルセラでの新設計画が復活。

● 基本情報

基本情報	面積	4.2万km²	人口	1,776万人
	公用語	オランダ語		
	通貨	1ユーロ=160円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	立憲君主制		
	議会	二院制:上院〔第一院〕(75議席)、下院〔第二院〕(150議席、法案・条約の先議権を有する)		
	政府	国家元首　ウィレム・アレキサンダー国王陛下 首相　マルク・ルッテ		
経済	GDP	10,927億ドル(IMF2023年推計) 成長率　0.6%(IMF2023年推計)		
	経済の特徴および概況			
	欧州債務危機以降、脆弱な経済成長率であったが、財政支出削減等により2014年からプラス成長(2018年2.6%、2019年1.8%見通し)。2020年は新型コロナウイルス感染症の影響を受け、状況が悪化したが、政府による雇用の下支え策や企業支援等の実施により、2021年は前年比+4.9%に好転。2022年は4.5%の成長率となった。			

● エネルギー

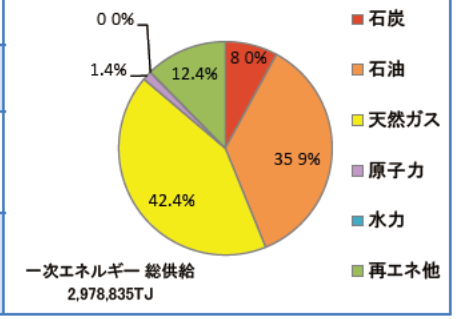
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):30
石炭:3,984
天然ガス:6,750億(立方メートル)
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
297万テラジュール

・エネルギー自給率
37.0%(原子力含)、35.6%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:1.4%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

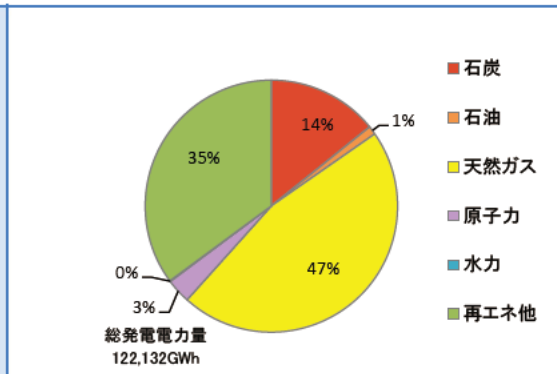


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:24,006　水力:37　原子力:485 その他:17,645
電力供給体制の概要	2004年に自由化を達成。発電は国内外資本の大手5社が市場の大部分を占める。送電は政府所有のTenneT社が担っている。

電源種別発電電力量

オランダでは、国内生産量の豊富な天然ガスが最大の電源として利用されており、発電電力量の約半分を占めている。



電力最終消費量(百万kWh)	107,173	発電電力量(百万kWh)	122,132	電力純輸入量(百万kWh)	253
運転中の原子力プラント	1基	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

2019年に政府が欧州委員会に提出した統合エネルギー気候計画によれば、2017年における電力需要は116TWhであった。また同計画に先立ち政府と産業界が公表した合意文書では、2030年までにCO2排出量を1990年比49%減とする見通しにおいて、2030年時点における電力需要を125TWh、うち84TWhを低炭素電源で賄う見通しが示されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：48.2万kW

発電電力量：39億kWh

運転中：1基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：3.3%

▲ 原子力発電所（〇内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所

■ 核燃料サイクル施設（（　）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設

● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

政府は2050年カーボンニュートラルに向け、石炭火力からは段階的に撤退、洋上風力を中心に再エネを拡大する方針。運転中の原子炉はボルセラの1基のみ。政府は過去数年、新増設を保留する姿勢を見せていたが、現在は既存炉の運転延長と新炉建設を行う方針を示している。

EUに合わせ、2030年GHG削減目標を引き上げ

オランダ政府は2019年、気候法において温室効果ガス(GHG)排出の削減目標を2030年までに1990年比49%減、2050年までに95%減とすることを法制化。しかしEU大の目標を定める欧州気候法が2021年6月に改正されたことを受け、オランダでも2023年に気候法を改正し、EU大の目標に合わせて、2030年までに1990年比55%減、2050年までにカーボンニュートラル達成とする目標の引き上げを行った。

2035年までに電力部門カーボンニュートラル達成

オランダは従来、国産の天然ガスを主力としたエネルギー構成を維持してきたが、沿岸海域における天然ガス産出量も減少傾向にある。また海抜が低く、国土も狭いため水力発電等の大規模開発は見込めない。CO2の排出抑制の観点から、政府は再生可能エネルギー拡充を図る一方で、中長期的な新規原子炉建設もすすめていく方針である。気候目標引き上げに伴い政府が2023年に公表した追加対策パッケージでは、2035年までに電力部門のカーボンニュートラルを達成するため、石炭火力発電からの撤退、ガス火力の水素への転換に加え、洋上での大規模風力及び太陽光設備の開発に力を入れるとしている。上述のとおり国土が狭いため、風力、太陽光共に洋上での設備開発に重点が置かれている。

原子炉新設計画が復活

オランダで稼働中の商用炉は、ボルセラ原子力発電所の1基のみである。

オランダ政府は1995年、2003年までに脱原子力を完了する方針を示し、1997年にドーデバルト原子力発電所が閉鎖されたが、その後、エネルギーの安定供給や気候保護の観点から、ボルセラの運転期限は2013年(運転期間40年)、2033年(同60年)と徐々に延長された。

2007年成立の第4次バルケネンデ政権は、「次政権以降で原子炉を新設するオプション」を提示した。これは原子炉建設の政府決定に向けた準備に着手可能とするシグナルであり、事業者側もボルセラのリプレース計画を発表した。2010年に成立したルッテ政権は、任期内に原子炉の新規建設許可を発給する方針を示したが、その後経済状況の悪化などを理由に、事業者側が計画を凍結した。その後は政府のエネルギーレポートにおいて、原子力発電の直近での新増設は不要としつつも、低炭素電源として今後の建設の可能性を排除しない姿勢が維持されてきた。

オランダでは2020年頃から中長期的な原子力利用の是非に関する議論が再開の動きを見せ、同年、ボルセラを運転するEPZ社は自社の将来ビジョンとして、既存炉運転延長や第3世代炉の新規建設に向けて政府と協議を行う意向を示した。2021年12月に成立した第4次ルッテ政権は連立協定において、気候保護における再エネの補完、水素製造への活用、天然ガス輸入低減などに資するとして、同国唯一の原子力発電所であるボルセラの運転延長に加え、2基の原子炉新設に向けた取組を行う方針を表明した。2022年12月には、ボルセラ原子力発電所サイトを2基新設の候補地とする閣議決定がなされている。2023年に示された政府の気候変動対策基金の資金配賦案では、ボルセラの運転延長や新炉建設、原子力技術の知識基盤構築、SMR開発などの原子力開発に、3.2億ユーロを配賦することが想定されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

核燃料サイクル・放射性廃棄物管理・処分

事業者は使用済燃料を全量再処理する方針を選択。回収したプルトニウムは従来、再処理を委託している英仏が引き取っていたが、2014年からはボルセラ炉でのプルサーマルを開始し、全てMOX燃料として自国炉で消費する方針に。放射性廃棄物処分については全てCOVRAで100年程度地上での集中中間貯蔵を行い、その間に最終的な処分方針について検討を進める意向である。

オランダの核燃料サイクル・MOX利用

同国では、アルメロでウレンコ社がウラン濃縮工場を操業している。処理能力は年間4,500tSWUである。同社は2023年12月、同工場の処理能力を2027年までに15%(年間750tSWU)増強する計画を発表した。

再処理に関しては、オランダ政府は使用済燃料を再処理するか直接処分するかの判断を事業者に委ねており、事業者は、英仏への国外委託による全量再処理を実施している。従来、オランダでは国内でのプルサーマルを実施しておらず、オランダ由来の回収プルトニウムは同国以外で使われるMOX燃料の原料として英仏が引き取っていたが、その後の契約更新に基づき、国内炉でのプルサーマルによる消費方針となった。ボルセラ原子力発電所は2011年にMOX燃料装荷の許可を取得し、2014年に8体のMOX燃料を装荷してプルサーマルを開始した。2015年以降は年12体のペースで装荷し、2033年の閉鎖予定までに全量の装荷を完了する計画を示した。ただし、ボルセラは運転延長が検討されており、この計画にも変更が見込まれる。

放射性廃棄物管理・処分

オランダでは発生した放射性廃棄物の総量がまだ少なく、最終処分場を実際に設置するための具体的な計画の段階にない。現在、同国では全ての放射性廃棄物がボルセラ東部にある放射性廃棄物中央機構(COVRA)の集中中間貯蔵施設で管理されている。同施設では100年分以上の廃棄物の貯蔵が可能である。2023年6月には、医療起源や、将来の原子力発電所廃止措置から発生する予定の低中レベル廃棄物を保管するための新たな建屋の建設が許可された。

最終処分に関しては、他国との共同処分を実施するか、あるいは、廃棄物の量と資金が蓄積されるのを待って国内に全種類の廃棄物を処分する深地層処分場を設置するかの2種類の方針が検討されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向

国内唯一の運転炉であるボルセラを運転するEPZ社は、同機の閉鎖予定である2033年以降の原子力維持に向けて、運転延長や新炉建設をオプションとして提示。現政権は、既存炉運転延長とボルセラサイトでの2基新設を行う方針である。SMRの導入計画も動きつつある。

原子力事業者動向

＜大型炉＞
国内唯一の運転炉であるボルセラを運転するEPZ社の親会社であるデルタ社は、2012年1月以降、金融危機や投資環境の悪化等を理由に、同発電所における原子炉新規建設計画を凍結中である。オランダ政府は原子力発電を中長期的なエネルギーミックスオプションのひとつとして排除しない方針を維持しており、同社は環境が改善されれば計画を再開するとしてきた。
2020年11月末にEPZ社は同社の将来ビジョンを公表し、今後の欧州での電化促進による電力需要増加と低炭素化の両立に対応するため、現在のボルセラの閉鎖期限である2033年以降も原子力を維持する必要があるとの見解を示し、そのオプションとして
・既存炉運転延長(10～20年)
・ボルセラサイトでの新炉建設(150万kW級2基を段階的に)
・上記2つのオプションの組み合わせ

の3つを提示した。同社はボルセラ運転延長に関してすでに働きかけを開始していることを表明した。新炉建設に関しては、電力価格保証などの政府による財政支援が必要と訴えている。
同社はこうした方針を2020年12月に下院が開催した原子力円卓会議で説明した。
その後、2021年12月に成立した第4次ルッテ政権は、連立協定において、既存炉の運転延長と、2基の新規建設を行う方針を示した。また2基の新規建設支援に向け、2025年までに政府予算から5億ユーロ、2030年までに総額50億ユーロの配賦を見込む方針を示した。政府は2022年12月に、ボルセラサイトを2基新設の候補地とする閣議決定をした。政府は2023年12月に韓国水力原子力(KHNP)、2024年2月に米ウエスティングハウス(WH)社に対し、ボルセラでの新設に関するフィージビリティスタディを発注しており、建設計画が具体化しつつある。

＜SMR＞
オランダ政府はSMR導入にも関心を示し、気候変動対策予算の枠組みで、2023年にSMR開発支援として、 6,500万ユーロを配賦した。同国では2021年設立のULC-Energy社が、英国ロールスロイス社のSMR導入計画を進めており、2024年にサイト選定、2027年に初号機建設開始、2030年代に運転開始とするスケジュールを示している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- EPZ社
- ERH 社
- IAEA, Nuclear Fuel Cycle Information System（NFCIS）
- オランダ経済省
- オランダ政府
- デルタ社
- オランダ原子力安全・放射線防護庁
- Orano社
- 経済気候政策省, Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030 The Netherlands,2019
- ULC-Energy社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

ウクライナ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

2017年8月に閣議決定されたエネルギー戦略において、原子力はエネルギーミックスの主要な電源として、2035年までそのシェアを約50%に維持し続ける方針を提示。ロシア侵攻によるザポリッジャ原子力発電の全原子炉停止炉等により原子力利用は危機的状況に。

● 基本情報

基本情報	面積	60万km²	人口	4,159万人
	公用語	ウクライナ語, その他ロシア語等		
	通貨	1フリヴニャ=5.22円(2023年9月中適用)		
政治	政治体制	共和制		
	議会	一院制(450議席、任期5年)		
	政府	大統領　ヴォロディミル・ゼレンスキー 首相　デニス・シュミハリ		
経済	GDP	1,555億ドル(2020年、世界銀行) 成長率　3.8%(2021年、世界銀行予測値)		
	経済の特徴および概況			
	2008年夏以降、世界経済・金融危機の影響を受けて財政状況が悪化。その後回復するも、2013年にはロシア向け輸出の落ち込みを受け、成長率が0%となった。2014年に入ると、東部情勢の悪化の影響を受け、貿易額や鉱工業生産高が大きく落ち込み、経済成長率はマイナスに転じた。同年4月以降、IMFを始めとする国際金融機関および欧米諸国などから多くの支援を受けている。2016年に入り経済成長率はプラスに転じたが、引き続きドナー国・機関の支援が必要とされている。2020年6月、IMFは約50億ドルのスタンドバイ取極を承認した。2021年8月にはIMFが新型コロナウイルスで打撃を受けた途上国を支援するため特別引出権(SDR)配分を承認し、ウクライナも27億ドル相当の資金を得たことで債務返済を乗り越えた。			

● エネルギー

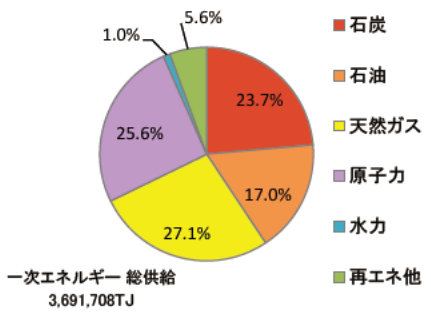
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):654
石炭:125,981
天然ガス:6,040億(立方メートル)
ウラン:84,800(トン)

・一次エネルギー供給
369万テラジュール

・エネルギー自給率
62.0%(原子力含)、36.4%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:25.6%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

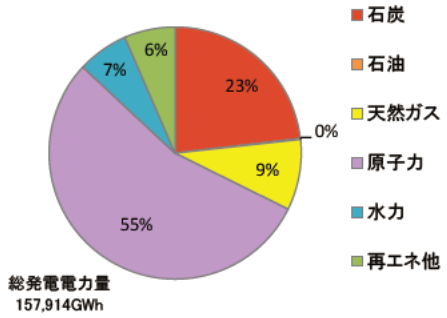


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:28,539　水力:6,325　原子力:13,385 その他:8,733
電力供給体制の概要	発送配電はそれぞれ別の会社が行っている。発電は国営原子力発電会社エネルゴアトム、火力発電会社、水力発電会社等により行われており、送電はウクルエネルゴ社が担当、配電は各地方の配電会社により行われている。

電源種別発電電力量

原子力発電への依存度が高く、約5割を占める。また石炭の割合も大きいが、天然ガスの割合は1割に満たず、水力はわずかである。



電力最終消費量(百万kWh)	118,681	発電電力量(百万kWh)	157,914	電力純輸入量(百万kWh)	-2,039
運転中の原子力プラント	15基	建設中の原子力プラント	0基	計画中の原子力プラント	4基

電力需要の推移と見通し

2013年にウクライナ政府が発表した「改定2030年までのウクライナのエネルギー戦略」では、電力消費量は2015年の2,310億kWhから2030年には3,951億kWhへと増加することが見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：1310.7万kW

発電電力量：811億kWh

運転中：15基（PWR15基）　計画中：4基

原子力シェア：55.0%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

運転期間の延長やSMRの導入計画の推進等、現状と同レベルの原子力発電シェアの維持に向けて、開発や国際協力を継続して実施

SMRの導入に向けて協力体制を強化

● **原子力発電**

ウクライナ政府は2023年5月に閣議決定されたエネルギー戦略に基づき、現在と同レベルの原子力発電シェアを2035年まで維持(50%)した上で、再エネ比率も原子力同様に50%を目指す。

2006年、国内の電力不足解消と原子力に対する国民の不安が改善されたこと受けて、政府は1990年に建設工事が中断されていたフメルニツキ3、4号機を完成する方針を決定した。露アトムストロイエクスポート社と両機の建設に関する枠組契約を締結し、計画を推進させた。しかし、ロシアとの関係悪化により、原子力発電公社であるエネルゴアトム社は、両機建設に係るロシアとの契約を2016年に破棄した。近年は米国との関係を強化しており、国内で運転するVVER炉燃料の供給元をロシアから米ウェスティングハウス(WH)社に置き換えるとともに、2020にはエネルゴアトム社が、WH社から、フメリニツキー3、4号機完工に向けた支援提供の申し出を受けた。2022年6月に締結された協定では、AP1000の導入予定を5基から9基に拡大する内容で合意した。加えて、同国内の全ての既設原子力発電に対して、同社製燃料を供給することも決定した。VVER-440に対する燃料開発を短期間で完了させると、2023年9月には、リーウネ原子力発電所にて、同炉初となるWH社製燃料が装荷された。

また、ウクライナでは国内11基のプラントについて、当初の運転期間である30年を超える運転を行う方針であり、2024年3月現在、南ウクライナ2号機を除く10基に対し、運転期間の延長認可が発給済みである。また、2023年11月には南ウクライナ1号機で10年間の延長認可が発給されることとなり、40年超運転を実施する見込みとなった。

同国では小型モジュール炉(SMR)の導入も検討されている。2023年4月には、エネルゴアトム社とホルテック社が最大20基のSMR-160建設に向けた協力関係を締結した。同年9月には、エネルゴアトム社とWH社が了解覚書を締結し、今後10年以内のAP300建設と同炉の国内製造に向けた協力関係を表明した。さらにエネルゴアトム社は2021年にウクライナにおけるニュースケール・パワー社製のSMR導入検討に関する覚書を同社と締結したことを発表し、候補サイトに関する実現可能性などの調査を実施予定とした。

● **放射性廃棄物**

ウクライナではかつて、VVER-440から発生する使用済燃料の一部をロシアへ送って再処理していたが、現在では基本的に使用済燃料は、原子力発電所サイト内で貯蔵されている。一方、ザポリッジャ原子力発電所の使用済燃料に関しては、長期乾式中間貯蔵施設(DSFSF)で管理されている。チョルノービリ1～3号機から発生した使用済燃料の処理と貯蔵は、サイト内の湿式中間貯蔵施設(ISF-1)で行われている。チョルノービリの立入禁止区域内では、米ホルテック・インターナショナル社により、集中型乾式使用済燃料中間貯蔵施設(CSFSF)が建設されている他、チョルノービリ炉の燃料を保管する乾式中間貯蔵施設(ISF-2)が2021年より操業を開始した。ISF-2の建設費の一部は、欧州復興開発銀行(EBRD)が管理する「原子力安全支援基金」から拠出されている。

● **チョルノービリ原子力発電所に関する動向**

2011年、チョルノービリ事故から25年を機に「安全で革新的な原子力利用に関するキエフ・サミット」が開催され、EBRD、欧州委員会、欧州主要国を含む28カ国が、チョルノービリ4号機を覆う新たなシェルターの建設などに合計5億5,000万ユーロを追加拠出することで合意した。

放射性物質の閉じ込めと飛散防止を目的とする新シェルターによる密封期間は約100年と想定されている。2016年、事故を起こした4号機を覆う新シェルターの設置が完了し、2019年に正式に稼働を開始した。

● **ロシア軍の侵攻による原子力発電所への影響**

ウクライナは2022年2月下旬ロシアによる軍事侵攻が開始され、ウクライナ国家原子力規制検査局(SNRIU)は、ザポリッジャ原子力発電所がロシア軍により占拠されたことを公表した。2023年7月には、約4カ月ぶりとなる非常用電源が復旧したものの、同発電所内で指向性対人地雷が発見される等、緊迫した状況が続いている。

なお、IAEA支援/調査ミッション(ISAMZ)において、2022年8月にはグロッシ事務局長が訪問し、以降同発電所にはIAEAの専門家が常駐している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

ロシア軍侵攻により、ザポリッジャ原子力発電所は危機的状況に。米国をはじめとした国際協力を強化することにより、原子力利用を今後も維持する方針。

脱ロシアを加速、燃料供給や新設・リプレースにおいて米国との関係を強化

● **ロシア軍の侵攻による原子力発電所への影響**

ウクライナは2022年2月下旬ロシアによる軍事侵攻が開始され、ウクライナ国家原子力規制検査局(SNRIU)は、ザポリッジャ原子力発電所がロシア軍により占拠されたことを公表した。2023年6月には、ウクライナ南部のカホフカ・ダムが決壊し、同ダムを冷却水の取水源としていたザポリッジャ原子力発電所への影響も懸念されたが、IAEAは同発電所の冷却水について、数カ月間は代替水源からの供給が可能と報告した。

● **脱ロシア及び米国等との関係強化**

以前よりロシアとの関係は悪化傾向にあり、2016年にはフメリニツキー原子力発電所3、4号機の建設に係る契約を破棄していたが、今回の侵攻を受け、2023年6月現在、ロシア製燃料の供給を完全に停止している。

脱ロシアの一方で米国との関係強化を進め、国内で運転するVVER炉燃料の供給元をロシアから米ウェスティングハウス(WH)社に置き換えるとともに、2020年にはエネルゴアトム社が、WH社から、フメリニツキー3、4号機完工に向けた支援提供の申し出を受けた。侵攻後の2022年6月に締結された協定では、ウクライナ初のAP1000を新たに同発電所5号機、6号機として新設するなど、AP1000の導入予定を5基から9基に拡大する内容で合意した。2023年8月、英国はウクライナの原子燃料の確保を支援するため約1.9億ポンドの融資保証を提供することを表明した。

ウクライナは燃料サイクルにおいてもロシアへの依存傾向にあり、自国で採掘する天然ウランについて、ロシアで濃縮から燃料製造までを行い、エネルゴアトムに供給する形で燃料調達を行っていた。脱ロシアの一環として2015年には濃縮ウランの供給に関するOrano社との契約を結び、2023年2月には、カナダのカメコ社と2024年から2035年までの期間、ウクライナ国内の原子力発電所に必要なウランを転換しエネルゴアトムに供給することで合意した。同年4月にはウクライナのSkhidGZK社がカナダにウランを供給し、カナダのカメコ社が転換する内容の協定を締結した。

● **原子力発電**

ウクライナ政府は前述のエネルギー戦略に基づき、現在と同レベルの原子力発電シェアを2035年まで維持する方針であり、新設も検討している。

また、ウクライナでは国内11基のプラントについて、当初の運転期間である30年を超える運転を行う方針であり、2024年3月現在、南ウクライナ2号機を除く10基に対し、運転期間の延長認可が発給済みである。2023年6月には、エネルゴアトム社とWH社が、リーウネ原子力発電所で「格納容器長時間冷却システム」を設計・製造・納入する契約を締結した。

● **SMRの導入に向けた協力体制の強化**

2019年には、エネルゴアトム社とウクライナ国立原子力放射線安全科学技術センター(SSTC-NRS)、米国のホルテック・インターナショナル社が、ホルテック社が開発中の小型モジュール炉、SMR-160の建設計画に関するフィージビリティ調査に向けてコンソーシアムを設立した。2023年4月には、エネルゴアトム社とホルテック社が最大20基のSMR-160建設に向けた協力関係を締結した。さらにエネルゴアトム社は米ニュースケール社や英ロールス・ロイス社ともSMR導入に向けた協力覚書を締結しており、将来的なSMR導入に向けた動きが活発化している。

● **放射性廃棄物**

ウクライナではかつて、VVER-440から発生する使用済燃料の一部をロシアへ送って再処理していたが、現在は基本的に使用済燃料は、原子力発電所サイト内で貯蔵されている。一方、ザポリッジャ原子力発電所の使用済燃料に関しては、長期乾式中間貯蔵施設(DSFSF)で管理されている。チョルノービリ1～3号機から発生した使用済燃料の処理と貯蔵は、サイト内の湿式中間貯蔵施設(ISF-1)で行われている。チョルノービリの立入禁止区域内では、米ホルテック・インターナショナル社により、集中型乾式使用済燃料中間貯蔵施設(CSFSF)が2021年8月に第1段階の設備が完成しているほか、チョルノービリ炉の燃料を保管する乾式中間貯蔵施設(ISF-2)も2021年に建設完了し、操業を開始している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- Energy Strategy of Ukraine for the Period until 2030
- IAEA Country Nuclear Power Profiles, Ukraine
- WNA, Nuclear Power in Ukraine
- 欧州委員会
- 欧州復興開発銀行
- ウクライナ・エネルゴアトム社
- ウクライナ国家原子力規制検査局
- チェルノブイリ原子力発電所

Copyright © Mitsubishi Research Institute

トルコ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

国内1カ所目のアキュ原子力発電所では4基のプラントが既に着工しており、初号機は2025年運転開始予定。2、3カ所目の原子力発電所の建設計画も進められている。

● 基本情報

基本情報	面積	78万km²	人口	8,528万人
	公用語	トルコ語		
	通貨	トルコ・リラ=約4.9円（2024年3月中適用）		
政治	政治体制	共和制		
	議会	一院制 （600議席 任期5年 拘束式比例代表制）		
	政府	大統領 レジェップ・タイップ・エルドアン		
経済	GDP	9,055億米ドル(2022年名目、トルコ国家統計庁) 成長率 5.6%(2022年、トルコ国家統計庁)		
	経済の特徴および概況			
	2016年に入り、クーデター未遂事案、テロ、観光業の不振等により第3四半期の経済成長率はマイナス1.8%を記録したが、最終的な成長率は2.9%となった。その後、2017年は自動車等の好調な輸出によりG20トップの7.4%の成長率を達成したが、2018年は対米関係の緊迫化によりトルコ・リラが急落し、通年の成長率は2.6%まで落ち込んだ。2020年第4四半期の成長率は5.9%、通年の成長率は1.8%となった。トルコ政府は、共和国建国100周年となる2023年までに、世界第10位の経済規模および輸出額5,000億ドルを達成する目標を定めている。			

● エネルギー

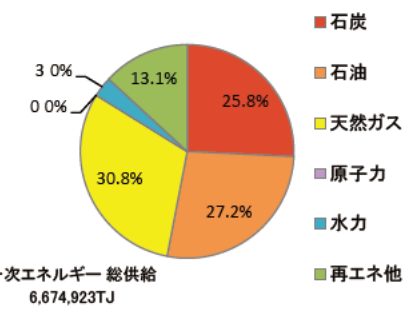
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):330
石炭:26,856
天然ガス:70億(立方メートル)
ウラン:7,300(トン)

・一次エネルギー供給
667万テラジュール

・エネルギー自給率
29.4%(原子力未導入)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:原子力未導入

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

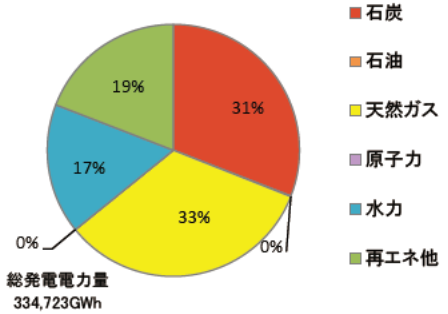


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:47,396 水力:30,984 原子力:0 その他:17,510
電力供給体制の概要	発送配電は分離されている。発電はトルコ発電公社、送電をトルコ送電公社、配電をトルコ配電公社およびKayseri配電会社が担っている。

電源種別発電電力量

石炭、天然ガス、水力が大半を占めている。石炭火力の割合が35%と一番多くなっているが、水力と天然ガスはそれぞれ1/4程度を占めている。



電力最終消費量(百万kWh)	282,589	発電電力量(百万kWh)	334,723	電力純輸入量(百万kWh)	-1,852
運転中の原子力プラント	0基	建設中の原子力プラント	4基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

2008年7月にトルコ送電公社が発表した「トルコの電力:今後10年の発電容量見積」によると、2008年の電力需要は2,040億kWhであったのが、基本需要のシナリオでは2017年に3,906億kWh、低需要のシナリオでは3,629億kWhまで増加すると見込まれている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：0万kW

発電電力量：0億kWh

運転中：0基　建設中：4基　計画中：0基

原子力シェア：0%

▲ 原子力発電所（〇内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所

■ 核燃料サイクル施設（　）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設

● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

「国が決定する貢献」（NDC）では2030年までにBAU（追加的な対策を講じなかった場合の温室効果ガスの排出量）比で最大41%の温室効果ガス排出を削減することを公表。国内1カ所目の原子力発電所は建設中で初号機は2025年運開予定、後続の発電所も建設予定

2030年までにBAU比21%の温室効果ガス排出削減へ

トルコは、2023年に国連気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に提出した「国が決定する貢献」（NDC）において、2030年までに温室効果ガス排出量を、現状趨勢（BAU）レベル比で最大41%削減することを公表した。また、2053年を温室効果ガス排出ネットゼロ達成の目標年としている。

その他、NDCでは、エネルギーに関連して以下の目標が示されている。

- 温室効果ガス排出のピークを遅くとも2038年とする。
- 国のエネルギー計画に従って、2030年までに太陽光発電の設備容量を約33GW、風力発電を18GW、水力発電を35GW、原子力を4.8GWとする。
- 2030年までに電力貯蔵の設備容量を2.1GW、電解槽の設備容量を1.9GWとする。
- 2030年までに、一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を20.4%まで向上させる。
- 温室効果ガスの排出量が多い分野において、キャップ&トレード制度に基づく排出量取引制度を構築する

1カ所目の原子力発電所の建設が進み、後続の原子力発電所建設にも意欲

- **原子力発電計画**

2009年5月に議会が承認した「電力・エネルギーの市場および供給保障に係る戦略文書」では、電力市場の成熟により供給保障を実現する方策などが示されており、拡大する電力需要への対応として、国内の石炭資源を活用すること、2023年までに発電シェアの23%を再生可能エネルギー（水力、風力、地熱、太陽光など）で賄うこと、2020年までに発電シェアの最低5%を原子力で賄い長期的にはさらに増加させること、などの目標が示されていた。

原子力については、2023年9月末時点では初号機運開に至っていないものの、国内1カ所目の原子力発電所であるアキュ原子力発電所では全4基の建設が既に開始されている。なお、アキュ1号機は2025年の運転開始を予定している。

また、エルドアン大統領は2021年11月には、アキュに続き、第2・第3の原子力発電所建設準備に速やかに着手すると発言している。（第2・第3の原子力発電所建設について、「国内動向」のスライドを参照）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

安全規制

政治体制の刷新に伴い、原子力安全規制体制も大幅に変更。以前のトルコ原子力庁（TAEK）に代わって現在は原子力規制庁（NDK）が安全規制を所掌

原子力安全規制体制の刷新

トルコでは、2018年に議院内閣制から実権型大統領制に移行するという政治体制の大きな変化あった。これを受け原子力安全規制体制も刷新され、新たな安全規制機関として2019年8月にNDKが設置された。なお、従来安全規制を担当していたTAEKは、研究開発組織に改組されるとともに、最終処分を含む国のあらゆる放射性廃棄物の管理責任を担うこととなった。現在TAEKは組織として廃止され、その機能は2020年に新設されたトルコエネルギー・原子力・鉱業研究所（TENMAK）に移管された。2022年3月には、原子力安全規制について包括的に規定した「原子力規制法」が制定されている。

NDKには技術組織として、原子力施設部、放射線応用部、セキュリティ・保障部、放射線防護部、検査部、対外関係部の6の部署が設けられている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向

トルコで1カ所目の原子力発電所であるアキュ原子力発電所では4基のプラントが建設中で、初号機運開は2025年を予定。後続プロジェクトにおける建設計画の検討も進む。

原子力開発に向け、諸外国が協力

以下、トルコで1カ所目の原子力発電所であるアキュ原子力発電所と、後続するプロジェクトの経緯や状況などを整理する。

● **アキュ原子力発電所**

アキュ原子力発電所プロジェクトに関しては2010年にロシアの受注が確定した。ロシアはROSATOM国営原子力会社を中心とする事業会社を設置し、4基のVVER-1200の建設を進めている。2017年3月にはプロジェクトを実施しているアキュNPPプロジェクト会社が、当時の安全規制機関であったTAEKに対してアキュ原子力発電所1号機の建設許可を申請した。建設許可は2018年4月に発給され、同月に建設が開始された。その後、2022年7月までに残りの3基の建設が開始された。アキュ1号機は2025年の運転開始が予定されている。 アキュ原子力発電所では、ロシア側の建設・所有・運転(BOO)方式の適用を予定しており、これは原子力業界では初の試みとされている。電力購入に係る条件は、各機運開から15年間、トルコ国営電力卸会社TETASが1、2号機の発電電力量の70%、3、4号機の30%を平均12.35セント/kWhで事業会社から購入することとなっている。残りの電力は事業会社が電力市場で販売する。

● **シノップ原子力発電所**

シノッププロジェクトは、トルコにおける2カ所目の原子力発電所建設プロジェクトとして、2014年6月に発効したトルコと日本の原子力協定に基づき進められてきた。トルコの原子力安全条約国別報告書によれば、現在、同プロジェクトの認知されている所有者はトルコ発電公社(EÜAŞ)である。日本が主導したコンソーシアムが実施したフィージビリティ調査の結果及び評価に基づき、トルコ政府は日本と本プロジェクトを進めないことを決定した。現在、日本コンソーシアム抜きでシノップ原子力発電所のサイト許可を取得するためのサイト関連活動が完了し、NDKにサイト許可を申請するための報告書が作成されたとのことである。

なお、ROSATOM国営原子力会社の会長は、トルコ政府が同社がトルコにおける2カ所目の原子力発電所としてシノップでの建設を行うことを決定したと発言している。

● **3カ所目以降の原子力発電所**

3カ所目となる原子力発電所の建設に向けて、トルコ発電公社(EUAS)は2014年11月、米ウェスティングハウス(WH)社および中国国家核電技術公司(SNPTC、現在は国家電力投資集団公司(SPIC)の子会社)との間で、原子力発電所新設のための独占交渉に入ることを定めた覚書を締結した。ただしこの覚書はベンダーを決定するものではなく、具体的なサイトや炉型などについても明確な情報は示されていない。

2023年1月には韓国電力公社(KEPCO)が、4基のAPR-1400をトルコ北部に建設する提案をトルコ政府に対して行っている。なお、KEPCOが建設を計画しているサイトは明らかにされていない。

● **SMRに関する検討**

英ロールスロイス社は2020年3月に、EUASとトルコにおけるSMR導入についてのフィージビリティ調査の実施に関するMOUを締結したことを公表した。その後、プレフィージビリティ調査が実施された。MOUでは、プレフィージビリティ調査に続いて詳細なフィージビリティ評価が実施されることになっている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- A FULL REPORT TO THE 8TH REVIEW MEETING OF CONVENTION ON NUCLEAR SAFETY
- Convention on Nuclear Safety Turkish National Report for the Joint 8 th and 9 th Review Meeting
- ENGIE社(旧GDF-Suez社)
- IAEA Power Reactor Information System
- IAEA Country Nuclear Power Profiles, TÜRKIYE
- REPUBLIC OF TURKEY INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION
- アキュ原子力発電会社
- デクレ法第702号「原子力規制庁の組織と任務、及び数件の法律の改正に関するデクレ法」
- 原子力規制法
- トルコエネルギー・原子力・鉱業研究所
- トルコ大統領府
- 原子力規制庁
- 大統領令第4号「大臣や他の機関及び組織と関係し、連携し、及び関連している機関の組織及び組織に関する大統領令」
- 「電力・エネルギーの市場及び供給保障に係る戦略文書」日本　外務省
- ロールスロイス社
- Nuclear Engineering International

Copyright © Mitsubishi Research Institute

アラブ首長国連邦

Copyright © Mitsubishi Research Institute

基本情報

2009年12月に韓国電力公社中心のコンソーシアムに4基のAPR1400の建設契約を発注し、そのうち、2基が2021年に運転を開始。残る2基について、3号機は2023年2月に商業運転開始、4号機は2024年1月に運転開始。

● 基本情報

基本情報	面積	8.3万km²	人口	989万人
	公用語	アラビア語		
	通貨	1ディルハム39.98円(2024年3月中適用)		
政治	政治体制	7首長国による連邦制		
	議会	連邦国民評議会 (選挙により選出される20名および各首長の勅選により任命される20名、計40名の議員(任期4年)から構成。立法権は限定的)		
	政府	大統領　ムハンマド・ビン・ザーイド・アール・ナヒヤーン(アブダビ首長) 首相　ムハンマド・ビン・ラーシド・アール・マクトゥーム(副大統領、ドバイ首長)		
経済	GDP	4,211億米ドル(2019年、世界銀行) 成長率　-0.25%(2019年、世界銀行)		
	経済の特徴および概況			
	豊富な石油収入を背景に活発な対外投資。同時に石油モノカルチャー経済からの脱却を図っており、製造業やサービス業等産業の多様化に努めている。ドバイは商業・運輸のハブとして発展。			

● エネルギー

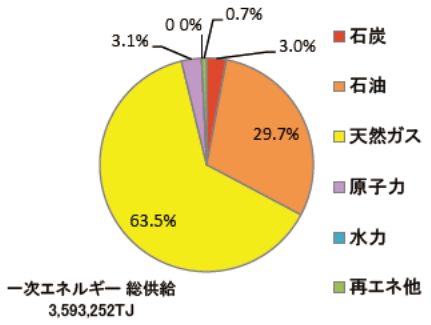
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):12,976
石炭:0
天然ガス:6兆910億(立方メートル)
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
359万テラジュール

・エネルギー自給率
265.3%(原子力含)、262.2%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:3.1%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

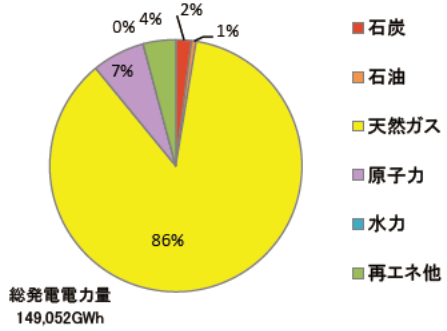


● 電力

電源種別設備容量(千kW)	火力:32,846　水力:該当データなし　原子力:0 その他:2,005
電力供給体制の概要	各首長国の公営事業者が発送配電を行っている。

電源種別発電電力量

UAEでは、電源の9割以上を天然ガスで賄っており、石油は輸出用に回している。天然ガスも豊富であるが、利用量が増えたため2007年からは純輸入国となった。



電力最終消費量(百万kWh)	134,758	発電電力量(百万kWh)	149,052	電力純輸入量(百万kWh)	211
運転中の原子力プラント	3基	建設中の原子力プラント	1基	計画中の原子力プラント	0基

電力需要の推移と見通し

2017年1月に発表された「2050年にかけてのエネルギー戦略」によれば、UAEは2050年までにエネルギーミックス(電源構成)の50%を、原子力発電を含むクリーンエネルギーとする目標。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

原子力施設所在地図

設備容量：401.9万kW

発電電力量：193億kWh

運転中：3基（PWR） 建設中：1基　計画中：0基

原子力シェア：6.8%

▲ 原子力発電所（〇内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所

■ 核燃料サイクル施設（（ ）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設

● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

今後増大すると予想されるエネルギー需要に備えて、原子力発電の導入を決定。2050年までの長期エネルギー戦略では、2030年までにエネルギーミックスに占める“クリーンエネルギー”の割合を30%に引き上げ、2050年までにはネットゼロを達成する目標を掲げる。

低炭素電源の比率を高めてCO2排出量を削減する方針

UAEではそれぞれの首長国が独自のエネルギー政策を策定するため、連邦政府の果たす役割は限られている。

ただし、連邦政府の方針として、CO2排出量の削減を重視しており、天然ガスや原子力といった低炭素電源の比率を高めて発電や淡水化事業におけるCO2排出量を削減していくことが示されている。

ENECは同年12月、米国の電力研究所と原子力による脱炭素化のロードマップをまとめた報告書を共同で作成。

気候変動対策としての先進原子力技術に関する連携・協力

2023年7月、バラカ発電所の運転会社であるNawah Energy Company社と東芝ESSが、先進原子力技術等のクリーンエネルギー分野における協力強化に係るMOUを締結した。

同年9月には、ENECとポーランドのORLEN Synthos Green Energy(OSGE)社が、ポーランドを初めとする欧州地域における、米GEH社製BWRX-300技術をベースとしたSMRの開発に向けたMOUを締結した。

ENECは同年11月、ADVANCEプログラムを始動させ、クリーンな電気や水素、アンモニアなどの分子、工業プロセス用の熱を生成できる、先進的なSMRとマイクロリアクターの技術評価を実施。

エネルギー政策・原子力政策

- **2050年までの長期エネルギー戦略**

2017年1月にエネルギー省が2050年までの長期エネルギー戦略を発表、その後2023年8月に改定され、2050年までにエネルギー部門におけるネットゼロを達成するとの目標を掲げるとともに、2030年までにエネルギーミックス全体に占める”クリーンエネルギー”の割合を30%に引き上げるとした。

なお、クリーンエネルギーについての具体的な内訳は言及されていないが、「再生可能エネルギーと原子力の導入を促進することでクリーンエネルギーの開発を促進する」主旨が記載されていることから、原子力がクリーンエネルギーに含まれることは明らかと言える。

- **核燃料サイクル**

UAEは、自国でウラン濃縮や使用済燃料の再処理を行わない方針である。政府が2008年3月に承認した民生原子力開発プログラムに関するIAEAとの覚書では、国内で濃縮を行わないことが示されており、同国の原子力白書では濃縮も再処理も行わない方針であること、海外から燃料供給を受けることが明記されている。

- **放射性廃棄物管理・処分**

使用済燃料は短期的には発電所サイト内のプールで貯蔵してから乾式貯蔵し、その後、長期的な管理に移る予定であるが、長期的な管理・処分の戦略に関しては今後決定される見込み。

70～100年後の中期では乾式貯蔵、100年後以降の長期に関しては、地層処分を行う可能性等が検討されている模様である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

国内動向、国外動向

韓国炉APR1400を導入したバラカ発電所1、2、3号機が商業運転中であり、2024年1月に新たに4号機が運転を開始した。

同国初の原子力発電所であるバラカで運転を開始

● **バラカ1、2、3号機が商業運転を開始**

首長国原子力会社(ENEC)は2009年、韓国電力公社(KEPCO)と原子力発電所の建設契約を締結した。計4基のAPR1400をバラカサイトで建設する契約の規模は、設計から燃料初装荷までで約200億ドルであった。

連邦原子力規制局(FANR)は2012年7月に1、2号機の建設許可を発給し、その後2014年9月には3、4号機の建設許可を発給した。

2019年7月に、バラカ発電所運転員に対し、初の運転員資格証が発給され、2020年1月にはWANOの起動前ピアレビューに合格したことを受け、同年2月に、バラカ1号機に対し60年間の運転認可が発給された。そして、2021年4月に1号機は商業運転を開始し、2号機も同年8月に商業運転を開始した。3号機は2022年10月に送電網への接続が完了、23年2月24日に商業運転を開始した。4号機は2023年12月に燃料が装荷され、24年1月に商業運転を開始した。

● **ウラン燃料の調達**

ENECは2012年8月、バラカ1～4号機向けの2017年から15年間にわたるウラン精鉱・転換・濃縮サービス提供に関する契約を、米コンバーダイン社、加ウラニウム・ワン社、ウレンコ社、リオ・ティント社、露テクスナブエクスポート(TENEX)、および仏AREVA社(現Orano社)の計6社とそれぞれ締結して、燃料調達の準備を進めている。

ENECは2023年12月、UAEのバラカ原子力発電所燃料用のウラン調達契約を世界最大のウラン生産会社であるカザフスタンのカザトムプロム社と締結。

各国と連携し、国内の原子力推進体制を構築

運転会社となるNawah Energy Company社がENECの100%子会社として2016年6月に設立され、同7月には、ENECと、韓国コンソーシアムの一員である韓国水力原子力(KHNP)が、バラカの4基の運転支援に係る約6億ドルの契約を締結した。同契約に基づきKHNPは、2030年まで毎年最大で400名程度の専門家を同発電所に派遣し、運転支援を行う。

さらに2016年10月には、ENECとKEPCOとの間で、プロジェクト会社Barakah One SJPC(以下Barakah One社)を共同出資により設立することが合意された。KEPCO側の出資額は約9億ドル(持分約18%)で、同時に、ENECの100%子会社で運転を担うNawah Energy Company社の約18%持分もKEPCOが取得することとなった。

同年11月には、Barakah One社とアブダビ水・電力会社(ADWEC)との間で電力購入契約(PPA)が締結された。

2017年6月に、KHNPとNawah Energy Company社が、APR1400の運転経験の共有等を定めた協力協定を締結した。さらにNawah Energy Company社は2018年11月、仏EDFとの間でバラカ発電所の運転・保守に係る枠組み合意書に署名し、EDFは同発電所の運転にかかる安全確保、放射線防護、燃料サイクル管理、環境モニタリング等の分野で、10年間にわたって支援を実施することで合意した。その後2019年2月には、Nawah Energy Company社との間で、KHNPと韓電KPSによるコンソーシアムと斗山重工業がそれぞれ5年間の長期保守契約を締結した。KHNP・韓電KPSはバラカ1～4号機の保守計画立案・実施に関与し、斗山重工業は主資機材の保守を担う。

ドバイで開催されたCOP28において、UAEの民生用原子力発電プログラムの実施を担うENECは、複数の小型モジュール炉(SMR)開発企業と個別の協定を締結した。ENEC社は英国の先進炉技術開発を行うMoltex FLEX社、米国のSMR開発を行うX-energy社およびマイクロ炉の開発を行うUltra Safe Nuclear Corporation(USNC)社等と覚書を交わし、溶融塩炉や高温ガス炉、マイクロ炉など先進原子炉の技術を保有する各社との協力体制を強化した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

出所

- IAEA Country Nuclear Power Profiles, United Arab Emirates
- UAE政府
- 連邦原子力規制局(FANR)
- 首長国原子力会社(ENEC)
- 国営通信(WAM)
- 米国原子力協会(NEI)
- 韓国電力公社
- Nawah Energy Company

Copyright © Mitsubishi Research Institute

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

（様式２）

二次利用未承諾リスト

令和5年度原子力の利用状況等に関する調査（国内外における原子力政策・産業動向調査等） 調査報告書

令和5年度原子力の利用状況等に関する調査（国内外における原子力政策・産業動向調査等）

株式会社三菱総合研究所

別添1「震災後の国内原子力産業に関する調査・分析」

頁	図表番号	タイトル
3		電源別ライフサイクル温室効果ガス排出量（二酸化炭素換算）
4		米国における設備利用率の推移
5		（SRZ-1200の図）
6		高温ガス炉＋水素製造（イメージ）
6		高温ガス炉における多様な熱利用のイメージ
7		X-エナジー社 高温ガス炉
9		（原子力人材育成ネットワーク・ANECの取り組み）
20		（世界の原子力設備容量予測、世界の原子力市場予測の図）
24		規格に係る動向
31		徒弟制度利用者・新規採用者のレベル
32		徒弟制度における内訳
32		新規採用者における内訳
34		原子力産業分野の人材推移
39		国内の定置用蓄電システム導入量実績（ストック）
40		半導体の売上の推移（国内・世界）
40		後工程／パッケージの意思決定とモノの流れ（例：Intel）
41		国内の航空機の生産額・修理額の推移
41		日本の航空機・エンジンのサプライヤー構造概念図
42		国内の洋上風力発電の市場規模予測
42		洋上風力発電機の産業構造
42		国内の風力関連とその他の従業員(2017 年度)
43		世界の洋上風力市場の推移
45		（米国・フランスの図）
51		DX推進の人材類型・ロールと担う責任
52		共通スキルリスト
53		担う責任・主な業務・スキルの一例
55		教育コンテンツパッケージ（案）、教員向け研修パッケージ（案）
56		教育コンテンツ（案）
57		九州半導体等コンソーシアム
59		半導体分野の取組
59		電池セル製造能力の目標
63		サプライチェーンの需給見通し
64		人材に関する包括的な支援体制
65		訓練カタログ、原子力発電所内を模擬した訓練施設
67		（UMNの訓練を集約したHP）
67		（Gifenの人材ギャップ分析）

（様式２）

72		原子力産業従事者の年齢構成
72		各分野で供給される労働者数の変化率
74		米国原子力業界の雇用数(2050年)
74		原子力発電所に携わる労働者数の予測
75		原子力発電業界で求められる人材
75		原子力人材の雇用難易度
78		(UNLPの支援)
80		民間企業による支援
81		Pathways to Nuclear 原子力専門家による紹介動画
82		NEDHOのHP上の原子力工学プログラムのリスト（2023、一部のみ)
85		シナリオごとの必要人材数
86		シナリオごとの必要新規採用数
86		シナリオ2における年間必要新規採用数内訳
87		2023年時点での労働力83,095人のスキル分布
87		2023年新規採用者2,507人のスキル分布
109		技術者、技能者の教育課程（想定)

図表タイトルが本文中にないものは()内で内容を記載