経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力政策課　御中

# 令和4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5年3月31日

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4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）」の成果を取りまとめたものです。したがって、本報告書の複製、転載、引用等には経済産業省資源エネルギー庁殿の承認手続きが必要です。

# 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の収集・共有 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）IAEA国際会議の開催に係る準備・開催運営等 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4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。

本調査では、国内および諸外国・地域の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 震災後の国内サプライチェーンの動向収集
② 国内サプライヤの事業継続策
③ 原子力産業が他産業や国内経済に及ぼす影響

（2）諸外国および原子力関係国際機関における政策動向の収集・共有

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（全世界25カ国程度）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
- ✓ 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）IAEA国際会議の開催に係る準備・開催運営等

- ✓ 国際原子力機関（IAEA）主催の「PLiM（Nuclear Power Plant Life Management）会合」の開催に関して、事務局として実施した、IAEAとの調整や準備作業および報告書の作成を含む会議運営支援の内容をまとめたもの。

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震災後の国内サプライチェーンの動向の収集

- 原子力産業政策の歴史
- 海外における日本企業の機器供給
- 日本を含む世界サプライヤの変遷
- 国内企業の海外原子力展開案

③原子力産業が他産業や国内経済に及ぼす影響

- 経済・雇用への波及効果
- 原子力産業の他産業への裨益
- 再稼働による裨益

②国内サプライヤの事業継続策

- 各国のサプライチェーン評価
- 海外への機器輸出支援
- 予算以外のへの支援
- サプライチェーン喪失例
- 各国のサプライチェーン状況分析
- 各国のサプライチェーン支援策
- サプライチェーン充実化による雇用・経済以外の裨益
- 今後の原子力市場動向
- 国外のサプライヤシェア（日本を含まない）
- 政府による資本注入
- ASME規格/ASME以外の国際規格
- 海外の原子力サプライヤの人材育成支援

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の収集・共有

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8カ国（米国、英国、仏国、ドイツ、中国、韓国、インド、ロシア）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　2023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。（年間40件程度）

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

以下の原子力関係国際機関のレポートについて、概要の作成を行った。

- 【IEA】報告書
  - Nuclear Power and Secure Energy Transitions: From Today’s Challenges to Tomorrow’s Clean Energy System
  - 「原子力発電と確実なエネルギー移行：今日の課題から明日のクリーンエネルギーシステムへ」

- 【OECD/NEA】報告書
  - Meeting Climate Change Targets: The Role of Nuclear Energy
  - 「気候変動目標の達成：原子力の役割」

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# （3）IAEA国際会議の開催に係る準備・開催運営等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# （3）IAEA国際会議の開催に係る準備・開催運営等

令和4年度11月28日～12月2日にかけて、オーストリア/ウィーンにて第5回の会合が開催された「PLiM(Nuclear Power Plant Life Management)」について、日本側事務局として以下を実施した。

- 日本の産業界とも連携しつつ、IAEA との調整や現在策定中のプログラム等に基づく準備作業
- IAEA と連携し、報告書の作成
- IAEA からの要請に基づく、実際の会議運営支援

当該実施内容詳細について、**別添3「IAEA国際会議の開催に係る準備・開催運営等」**を参照。

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4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5年3月31日

# 目次


- ①震災後の国内サプライチェーンの動向の収集 2
- ②国内サプライヤの事業継続策 7
- ③原子力産業が他産業や国内経済に及ぼす影響 80


Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ①震災後の国内サプライチェーンの動向の収集

- 原子力産業政策の歴史
- 海外における日本企業の機器供給
- 日本を含む世界サプライヤの変遷
- 国内企業の海外原子力展開案

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力発電所建設初期の原子力産業政策の歴史

1960年代、国産化融資制度の創設等の政策が実施され、その後、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。1970年以降、高付加価値化の追求として改良標準化等の政策が進められた。

| 1960年代（初期原子力発電所建設時）～国産化の推進～ | |
|---|---|
| 1966年 | 海外企業が主契約となり、敦賀発電所、福島第一原子力発電所、美浜第一発電所の建設計画が確定。※1 |
| 1966年 | 日本開発銀行が「原子力発電機器国産化」融資制度を創設。※2 |
| 1967年 | 日立を主契約とし、島根原子力発電所の建設計画が確定。※3 |
| 1974年 | 島根原子力発電所が運転開始。 |

| 1970～1980年代～高付加価値化の追求～ | |
|---|---|
| 1975年 | 原子力発電機器標準化調査委員会及び原子力発電設備改良標準化調査委員会が設置。※4 |
| 1978年 | 軽水炉改良標準化調査中間報告書が発表。 |
| 1983年 | 原子力発電高度化懇談会が発足。 |
| 1984年 | 原子力発電高度化懇談会報告書が発表。※5 |

※1:敦賀・福島第一はGE、美浜はWH。国内プラントメーカが下請けとして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。
※2: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、最先端技術育成とされた。
※3:密接な共同研究を通じ、多くの国産技術（格納容器、圧力容器、炉内構造物、炉内機器等）を取り入れた。

※4:改良・標準化の主な目標は、プラント稼働率の向上と被曝低減の2つとされた。また、1980年頃に日本型標準化プラントの仕様を策定することが目標とされた。
※5:安全性確保を前提とし、高稼働率の追求や建設費の低減を図っていくことが求められた。さらに、建設費の低減においては、プラント標準化の徹底推進に取り組むことが求められた。

| 発電所（運転開始年） | 敦賀1号機（1970） | 島根1号機（1974） | 美浜3号機（1976） | 浜岡2号機（1978） | 玄海2号機（1981） | 福島第二1号機（1982） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 国産化率 | 55% | 94% | 93% | 94% | 99% | 98% |

- 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.」を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 欧米諸国の大型新設炉建設におけるサプライチェーン

- AP1000については過去東芝・IHIが米国ボーグル3号機の建設の蒸気タービンや格納容器に関与。実績を作ったことにより、今後も引き続き参入余地あり。
- EPRについては、ポンプ、圧力容器、蒸気発生器といった部素材にMHI、JSWの技術が求められることも。

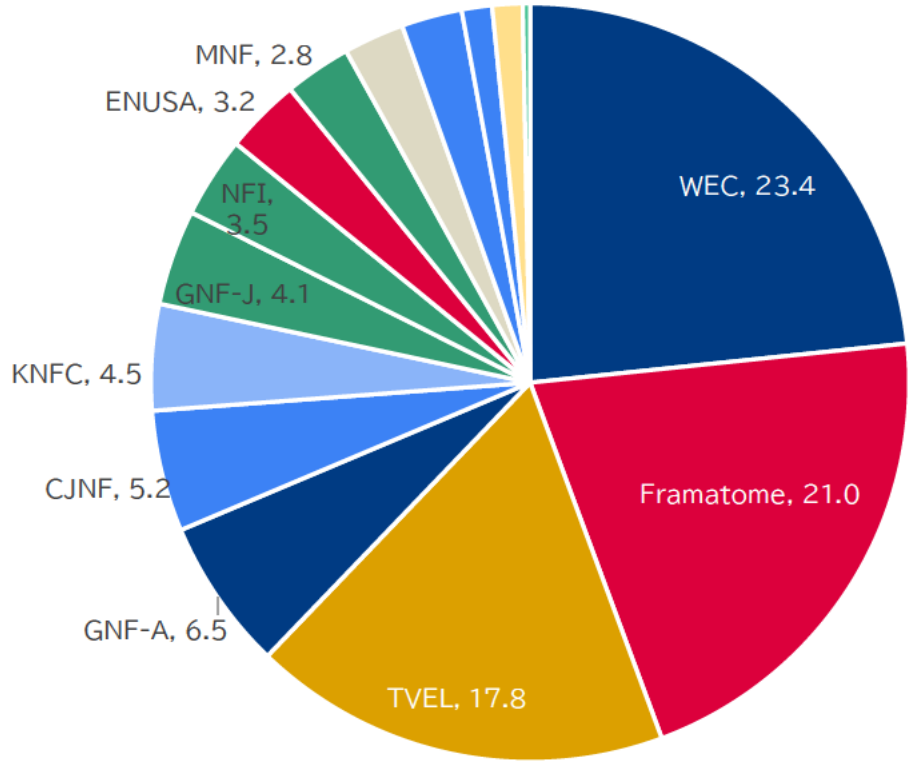
| | AP1000 | EPR2 | |
|---|---|---|---|
| 構成機器 | 米国AP1000 | 英国ヒンクリーポイントC | 仏国フラマンビル |
| 圧力容器・原子炉容器 | Doosan【韓】 | クルゾ・フォルジュ※1【仏】<br>日本製鋼所【日】 | クルゾ・フォルジュ※1【仏】<br>日本製鋼所【日】 |
| 格納容器・建屋 | Bechtel【米】、Newport News Industrial【米】、IHI【日】 | Bylor※2【英】 | Bouygues【仏】 |
| ポンプ | Curtiss-Wright（1次系）【米】<br>Hayward Tyler（蒸気発生器再循環ポンプ）【米】<br>Gardner Davis Nash（真空ポンプ）【米】<br>Flowserve【米】 | Selwood【英】<br>SPX FLOW【米】<br>三菱重工【日】 | Framatome（1次系）【仏】<br>アルストム・パワーシステムズ※3 |
| バルブ | Georgia Transformer【米】<br>Enertech【米】<br>Crane Nuclear【米】<br>Chromalox Inc.【米】 | Velan【加】<br>KSB【独】 | アルストム・パワーシステムズ※3 |
| 蒸気発生器 | Doosan【韓】 | Framatome【仏】 | Valinox Nucleaire【仏】<br>日本製鋼所【日】 |
| 蒸気タービン | 東芝【日】 | アルストム・パワーシステムズ※3 | アルストム・パワーシステムズ※3 |

出所）各社公表資料等から作成　※1：Framatome傘下　※2：Bouygues Travaux Publics、Laing O ‘Rourkeのジョイントベンチャー　※3：現GE

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 世界の原子力発電所の主要なサプライヤシェア（軽水炉燃料）

- 軽水炉燃料の製造能力（ウラン重量）をもとにサプライヤシェアを整理。
- 運転中の原子力発電所の多い米国や欧州、また、原子力発電所の輸出を進めるロシアの企業が大きなシェアを有し、全体の約7割を満たす。




※軽水炉燃料の製造能力の割合（燃料棒/燃料集合体のウラン重量ベース）をWNAの公表情報（Nuclear Fuel Report 2021）より整理。
※Framatome-FBFC、Framatome-ANF、Framatome IncはFramatomeとして、Westinghouse、Westinghouse ABはWestinghouseとして合算

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# SMRにおけるグローバル市場獲得戦略

- 米国、カナダは自国のサプライチェーンの国産率の上昇を志向しているが、大型鍛造品といった一部の主要機器については日本も参画の可能性。
- 既に米国、カナダ発で東欧へ展開する動きもあり、日立GEやIHIを筆頭に、これらに積極的に参画していくとともに、建設地点から近い距離で生産できるのは原子力機器の輸出においては大きなメリットになるため、今後、SMRのアジア展開の際には機器製造拠点となるポテンシャルも。

## 市場見込

✓ 米加を中心に、東欧でもSMR建設の動きが拡大。現在世界では少なくとも30基程度の建設計画が進んでいるもの。

➢ 米国（VOYGR）
NuScaleは2029年に初号機の運転開始を予定している。

➢ カナダ（BWRX-300）
OPG社は最速2028年の運転開始を目指す。

➢ ルーマニア（VOYGR）
2021年にNuScale社製のSMRの建設計画を発表。

➢ チェコ（未定）
SMR建設のための敷地を確保したことを公表、現在炉型選択中。

## 各国サプライチェーン分析

✓ 米加共に自国の自給率について一定の水準目標を定めており、自国のサプライチェーンを確立していく動き。

✓ ルーマニア、チェコはサプライチェーンが未成熟であり、国際連携を通じてサプライチェーンを形成するという見方も。

## SMRにおける日本の実績

✓ NuScale社に対し、日揮・IHIは60百万ドル、JBICが110百万ドル出資を発表。

✓ GE日立と関係が深い日立GEは国内の設備を使い、BWRX-300の要素技術の実証に向けた研究開発を実施中。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ②国内サプライヤの事業継続策

- 各国のサプライチェーン評価
- 海外への機器輸出支援
- 予算以外のへの支援
- サプライチェーン喪失例
- 各国のサプライチェーン状況分析
- 各国のサプライチェーン支援策
- サプライチェーン充実化による雇用・経済以外の裨益
- 今後の原子力市場動向
- 国外のサプライヤシェア（日本を含まない）
- 政府による資本注入
- ASME規格 / ASME以外の国際規格
- 海外の原子力サプライヤの人材育成支援

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 米国：サプライチェーン評価

- 米国では、原子力発電の各構成要素別に評価を行っており、サプライチェーン支援の優先順位付けを行っている。

## 米国のエネルギーサプライチェーンを支援する取り組みの優先順位付け

- ✓ 【行方向】原子力発電所の構成要素とセグメントを示す。例えば、核燃料の構成要素は、原料ウランの精錬、転換、濃縮、HALEUへの濃縮、軽水炉燃料製造、および先進原子炉（燃料）製造からなる。
- ✓ 【列方向】構成要素とセグメントの評価基準であり、以下の10項目で評価

(1)重要な国内サプライヤー
(2)重要な国内需要
(3)重要な国内需要予測
(4)重要な世界市場
(5)重要な世界需要予測
(6)米国サプライヤー間のコスト競争力
(7)米国と世界のサプライヤー間のコスト競争力
(8)海外供給源の安全性
(9)環境問題への取り組みが十分であるかどうか
(10)人権問題への取り組みが十分かどうか。

| Component/product | SC segments to meet the demand of the final product | Significant domestic suppliers | Significant domestic demand | Projected significant domestic demand | Significant global market | Projected significant global demand | Cost competitive among U.S. suppliers | Cost competitive between U.S. suppliers vs. global suppliers | Is foreign supply source significant secure? | Is there sufficient effort to address environ-mental concerns? | Is there sufficient effort to address human rights concerns? | Does it make sense to build domestic capability for this product/component? |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nuclear fuel** | | | | | | | | | | | | |
| | Raw Uranium and Milling | No [most is imported] | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No | Maybe | Maybe | ? | Yes |
| | Uranium Conversion | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No | Maybe | Maybe | ? | Yes |
| | Enrichment LEU | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | N/A | N/A | N/A | No |
| | Enrichment HALEU | Not currently, but will ramp up | Not currently | Yes, for advanced reactors | Not currently | Yes, for advanced reactors | N/A currently | N/A | N/A | N/A | N/A | Yes |
| | LWR Fuel Fabrication | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | N/A | N/A | N/A | No |
| | Advanced Nuclear Fabrication | Not currently, but will ramp up | Not currently | Yes, for advanced reactors | Not currently | Yes, for advanced reactors | N/A currently | N/A | N/A | N/A | N/A | Yes |
| **Reactor vessel, piping, and other equipment** | | | | | | | | | | | | |
| ***Minerals of Concern*** | Hafnium | No | No | Yes | Yes | Yes | N/A | N/A | Maybe | Yes | ? | Low/no U.S. deposits |

出所）U.S. Department of Energy、Nuclear Energy Supply Chain Deep Dive Assessment, 2022年2月24日

- ✓ 各セルの評価項目は「はい」「いいえ」「たぶん」、該当しない場合は「N/A」、現在の情報では不明な場合は「？」で示し、色分けは、構成要素とセグメント間の評価結果を示している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国：サプライチェーン評価

- 英国においても、原子力発電の各構成要素別にサプライチェーンの供給可能性が評価されている。

✓ サプライチェーンの供給可能性として、原子力発電所の構成要素やサービス・マネジメント等に対して、国内で現在供給できているかをYes/Not Currentlyで評価

✓ 英国サプライチェーンでは、原子炉圧力容器、蒸気発生器・タービン、超大型鍛造品、一次冷却材ポンプが供給できないとしている。

✓ 評価時点では全体の45%が供給可能と推定され、参入障壁等が除去でき、産業支援が行われれば60%程度が供給可能と推定された。（文献調査と原子力部門の関係者と協議をして推定と記載）

| Supply chain Activity | Currently provided in the UK? |
|---|---|
| **Architect, engineering, etc.** | |
| Programme Management | Yes |
| Technical Support | Yes |
| Construction Management | Yes |
| Commissioning Management | Yes |
| **Civil engineering e.g.** | |
| Site works | Yes |
| Site remediation | Yes |
| Power supply network | Yes |
| **Nuclear Island e.g.** | |
| Reactor Pressure Vessel | Not currently |
| Reactor Vessel Internals | Not currently |
| Steam Generators | Not currently |
| Pressuriser | Not currently |
| Waste Management Systems | Yes |
| Control and Protection Systems | Yes |
| **Conventional island e.g.** | |
| Turbine | Not currently |
| Generator | Not currently |
| Cooling Water Systems | Yes |
| Heating Ventilation and Air Conditioning | Yes |
| Balance of Plant | Yes |
| **Other** | |
| Mechanical and electrical erection, installation and commissioning | Yes |
| Fuel Supply | Yes |
| Other (other engineering works, local content, investment in skills etc.) | Yes |

サプライチェーンの供給可能性

出所）Oxford Economics、The economic benefit of improving the UK ‘s nuclear supply chain capabilities、March 2013

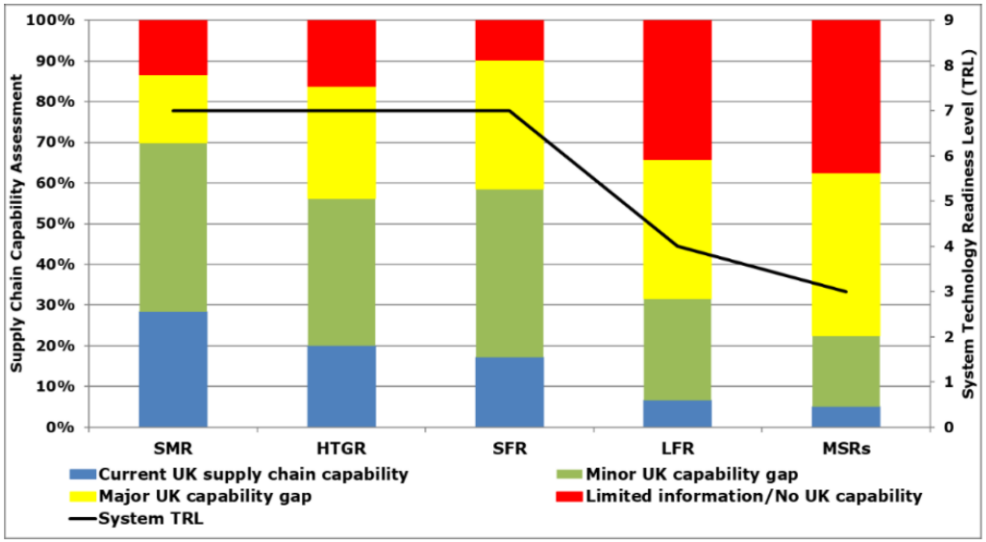
Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国:サプライチェーン評価

- 近年では先進炉(AMR)のサプライチェーン評価が行われており、5タイプの炉型に対して評価。

✓ 英国国立原子力研究所が、国内の研究開発部門やサプライチェーンの現時点の能力と、AMR配備のための技術開発ギャップを評価したもの。凡例は図下に記載。

✓ 高温ガス炉、超高温ガス炉、ナトリウム冷却高速炉、溶融塩炉、鉛冷却高速炉の各炉型において評価が行われ、現時点の英国サプライチェーンで製造可能なのは20%以下とされた。




各炉型のサプライチェーン評価

出所)National Nuclear Laboratory、Identification of potential opportunities for development of UK R&D capability and strategic UK supply chain to the deployment of Advanced Modular Reactors、February 2020

| | | HTGR (<750°C) | MSR | LFR | SFR | SMR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Reactor Vessel | Reactor Vessel | | | | | |
| | Reactor Safety/ Containment Vessel | | | | | |
| | Shielding | | | | | |
| | Coolant Inlet Manifold | | | | | |
| | Reactor Vessel Materials | | | | | |
| Reactor Internals | Reactor Core (structure) | | | | | |
| | Reflectors | | | | | |
| | Fuel Handling Manipulators | | N/A | | | |
| Reactivity Control | Control Rod | No Information available - International Supply Chain | | | | |
| | Control Rod Drive Mechanism | No Information available - International Supply Chain | | | | |
| Core Cooling Mechanism | Heating & Ventilation (incl. Ductwork Systems) | | | | | |
| | Cooling System (Condensers & Towers) | | | | | |
| Piping, Pumps & Valves | General Valves | | | | | |
| | General Pumps | | | | | |
| | High Integrity Pumps/Blowers | | | | | |
| | High Integrity Valves | | | | | |
| | Insulation | | | | | |
| | Pipework & Spools Larger Bore | | | | | |
| Active Safety | Drain/dump Tanks | N/A | | | | |
| | Emergency Controls (SCRAM system) | No information of suppliers in UK nuclear sector | | | | |
| Emergency Shutdown | Shutdown Assembly | No information of suppliers in UK nuclear sector | | | | |
| | Emergency Diesel Generators | | | | | |
| Waste Management | Waste Container - Flasks & Casks | | | | | |
| | Spent Fuel Transportation | | | | | |
| Secondary Circulation System/Loop | Intermediate Heat Exchanger | | | N/A | | N/A |
| | Pipework | | | N/A | | N/A |
| | Valves | | | N/A | | N/A |
| Instrumentation & Control Systems | Instrumentation Control - Reactor Control | | | | | |
| | Electrical Panels, Switchgear & Cabling | | | | | |
| Inspection & Maintenance | Visual | | | | | |
| | Electronic Sensors | | | | | |
| Steam (Rankine) Cycle | Main Steam Generator System[1] (Rankine Cycle) | | | | | |
| | Steam Turbine - Main System | | | | | |
| Brayton Cycle ($N_2$, s-$CO_2$) | Turbine system: $N_2$ | | | | | N/A |
| | Turbine system: s-$CO_2$ | | | | | N/A |
| | Heat Exchanger | | | | | N/A |
| | Compressors | | | | | N/A |
| $H_2$ Production Facility | High Temperature Isolation Valves | | | | | N/A |
| | Thermal Insulation | | | | | N/A |
| | Distillation Column | | | | | N/A |
| | Gas Separators | | | | | N/A |

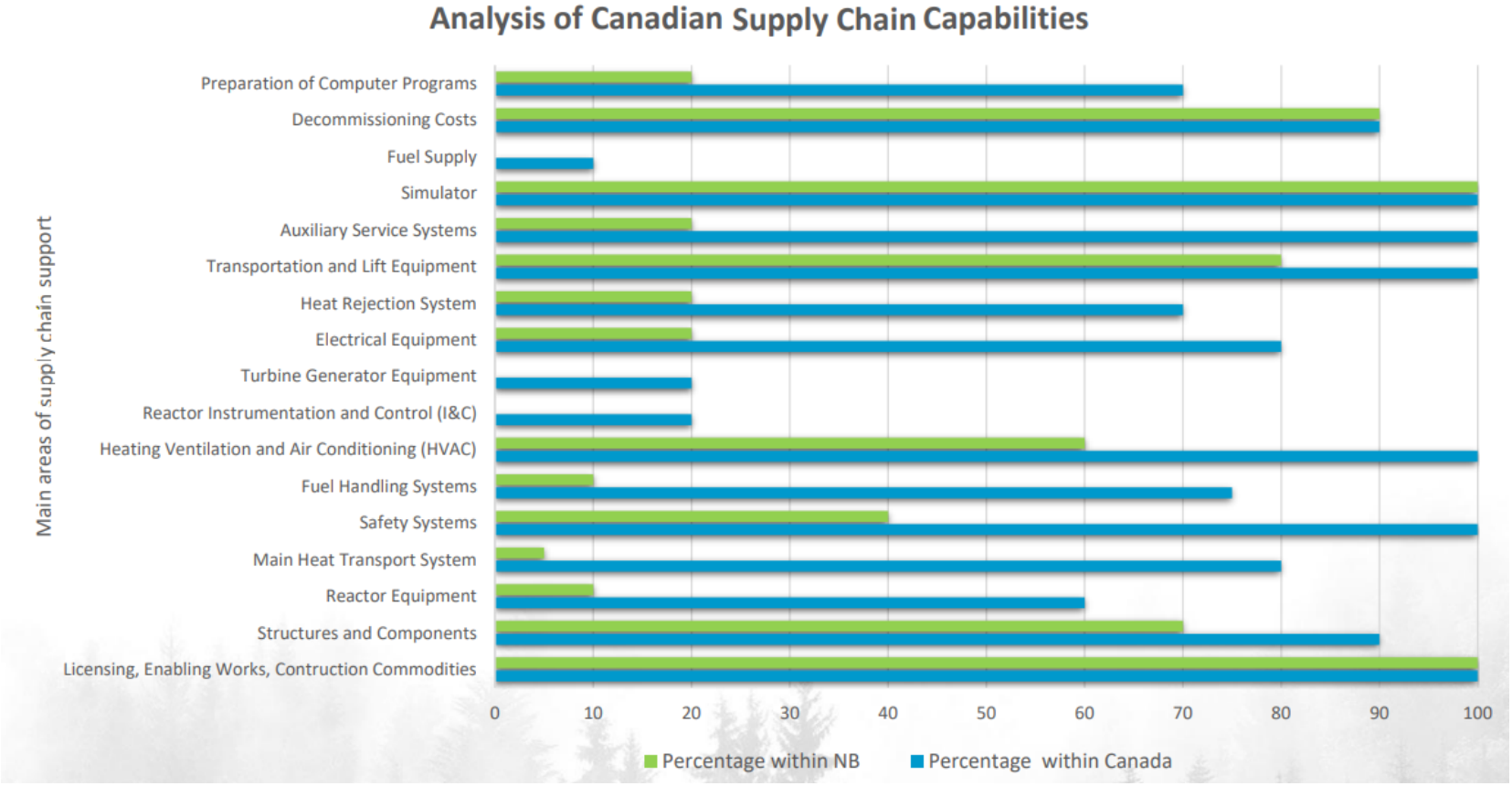
赤:i) 能力を評価するのに情報が十分でない、ii)現在の英国のサプライチェーンには必要な製造能力がない
橙:サプライチェーンは、必要な機器を製造することができる可能性がありますが、いくつかの主要なギャップあり
緑:サプライチェーンは近い将来、必要な機器が製造できるようになると期待されるが、いくつか小さなギャップあり
青:現在のサプライチェーンでも製造能力あり

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# カナダ:サプライチェーン評価

- カナダでは、ベンダーであるARC Nuclear Canada Inc.が、ARC-100炉のサプライチェーン評価を実施

✓ 開発すべき各システムや分野で、カナダ(及びニューブランズウィック州)のサプライチェーンにおける供給可能性を評価し、全構造物・システムの74%を供給可能と推計した。




出所)ARC NUCLEAR CANADA Inc、Reactivating the Underutilized New Brunswick Supply Chain、November 24th 2020、https://cme-mec.ca/wp-content/uploads/2020/12/CME-ARC-Canada-SC-Event-24112020.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 米国：海外機器輸出支援～海外の能力向上支援～

- 米国では、SMRが海外にて活用されることを見据え、海外の能力開発やサイト調査、実証プロジェクト等を支援するプログラムを開始。最終的には、米国企業の海外輸出支援につながると考えられる。

## 国務省（DOS）によるFIRSTプログラム（2021～）

- ✓ 2021年4月、気候危機に対処するという政権のコミットメントと合致して、米国国務省（DOS）は、「小型モジュール型原子炉（SMR）技術の責任ある活用に向けた基本インフラ（FIRST）」プログラムを開始
- ✓ FIRSTプログラムは、米国の原子力エネルギーにおける60年以上にわたるイノベーションと専門知識を基盤として、パートナー諸国が原子力の安全性、セキュリティ、および不拡散に関する最高の国際基準の下で、クリーンエネルギー目標のサポートのための核エネルギープログラムを開発する際に、これらの国々の能力構築を支援するもの。
- ✓ DOSは同プログラムで実施するプロジェクトの支援に530万ドルを投入する方針
- ✓ パッケージの一部として米国は、ポーランド、ケニア、ウクライナ、ブラジル、ルーマニア、インドネシア、ガーナ等の国々と協力し、能力構築、F/Sやサイト調査、実証プロジェクト等を支援

- 出所）DOS,”Program To Create Pathways to Safe and Secure Nuclear Energy Included in Biden-Harris Administration’s Bold Plans To Address the Climate Crisis”, https://www.state.gov/program-to-create-pathways-to-safe-and-secure-nuclear-energy-included-in-biden-harris-administrations-bold-plans-to-address-the-climate-crisis/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国：海外機器輸出支援～海外広報・市場分析・マッチング支援～

- 英国では、政府と民間が一緒に海外への広報活動を展開。さらには、海外市場も評価をし、英国の関与を分析。過去にはマッチング支援も実施。

## 原子力輸出キャンペーン（Nuclear Sector Deal 2018）

- ✓ 原子力ライフサイクル全体にわたる将来の輸出を最大化するために、政府は民間原子力セクターと協力し、英国原子力に関する専門技能を海外に普及させるための世界的な宣伝活動を展開。
- ✓ 2030年までに国内市場と輸出市場で最大20億ポンドの新規契約を獲得するという想定を支援する。
- ✓ 世界市場を評価し、英国にとって利用可能な価値を特定する。また、政府による戦略的・業務的支援が最も有益となり得る分野についても検討する。
- ✓ 輸出支援のために、政府全体でコミットする。必要に応じ、廃止措置庁（Nuclear Decommissioning Authority）のような専門機関と協力できるようにする。

## 原子力輸出支援（2015年～）

（Webサイト上で既に終了と記載）

- ✓ 国際通商省が、英国の原子力部門が国際的なビジネス実施の支援を行ったもの。
- ✓ 具体的には、主要な海外輸出機会を対象とするキャンペーンの実施や、原子炉ベンダーやプロジェクト実施者との関係性構築等に取り組む。
- ✓ 年次の、民間原子力のショーケースイベントやNDAのサプライチェーンのイベントを通じて、民間原子力企業は海外顧客とのネットワーク構築、技術・製品のデモンストレーション、国際通商省の市場アドバイザとの連携等が可能となる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 韓国：海外機器輸出支援～信用保証～

- 中小企業の海外への機器輸出支援が積極的に取り組まれている韓国においても、金銭的支援以外の信用保証に関するプログラムは見られない。

**詳細**

- 5月16日に発表された「原発輸出基盤構築事業」における施策としては、①国際協力・広報、②国内能力の強化、③政策・市場研究となっており、中小企業の海外販路の開拓は、海外展示会への参加支援や支援コンサルティングの実施となっている。

- 信用保証という観点においては、類するものとして、韓国輸出入銀行（KEXIM）からの融資が挙げられ、UAE・バラカ原子力発電所受注の際には、KEXIM史上最大である100億ドル（建設費200億ドルの調達）が融資されている。その他、サプライチェーンに対する直接的な信用保証は見当たらない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 予算支援以外への支援策

- 米国では予算支援以外の支援策として、国立研究所の研究や技術支援を得る権利をバウチャー（引換券）という形で支援している。

## 米国：GAIN-バウチャープログラム

- ✓ GAIN（原子力の技術革新を加速するゲートウェイ）のバウチャープログラムは、先進原子炉技術開発に関わる中小企業、特にスタートアップの支援を念頭に設置。
- ✓ GAINは主に、原子力エネルギーバウチャープログラム（GAIN Nuclear Energy Voucher program）を介して、民間企業に研究開発、許認可支援を提供している。バウチャープログラムでは、主に独自の研究インフラ施設を持たない民間企業を対象として、国立研究所の設備や人的資源の利用権を提供する。DOE/NE局は、コンペを通して採択された各テーマに対して、5 万ドルから 50 万ドルのバウチャーを支給する。**バウチャーは、民間企業に対する直接的な研究助成金ではなく、DOE 傘下の国立研究所における研究・技術支援を得るための引換券（バウチャー）という位置づけ**で、民間企業はバウチャー額に相当する支援を DOE国立研究所から得ることができる。このため、バウチャー額は研究費用として、国立研究所に直接送られる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 建設の空白による原子力サプライチェーンの喪失例

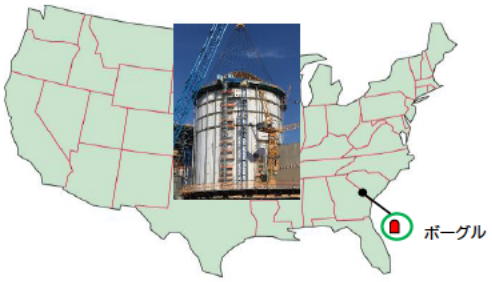
- 米国やフランスでは、**長期間原子力発電所の建設がなかったことで原子力サプライチェーンが弱体化**。近年の新設案件では建設遅延やコスト増加が発生し、未だ運転開始に至っていない。

## 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年以上、建設費用約160億ドル以上増加。**

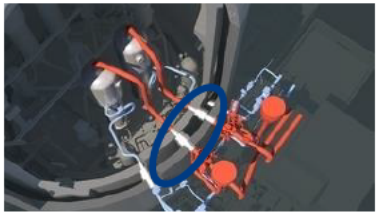



| | |
|---|---|
| **炉型** | PWR（WEC AP1000） |
| **出力** | 110万kW×2基 |

## 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。**

溶接不良が発覚した箇所（青丸部分）



出所）ASNホームページ

✓ 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 |

出所）令和元年度原子力の利用状況等に関する調査（国内外の原子力産業に関する調査）等の公表情報から整理

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】ヒンクリーポイントC工事の再延期について

- ヒンクリーポイントCの建設工事完了時期の再延期については、サプライチェーンの問題ではなく、コロナ禍による作業制約によるもの。

✓ 原子力産業新聞より該当部分抜粋（EDF発表とも齟齬がないことを確認）

> EDFは5月19日、ヒンクリーポイントC（HPC）発電所について、1号機の送電開始日程を前回2021年1月の予測からさらに1年先送りし、2027年6月に設定したと発表。
> （中略）
> コロナ禍で建設工事を継続した成果として、EDFは「サプライチェーンの健全性が保たれたほか、いくつかの重要な節目の作業が完了した」と指摘した。しかし、人的資源や資金、サプライチェーンが大きな制約を受けたのも事実であり、作業効率が低下。作業量などが増加し、延期の要因になったという。

✓ サプライチェーンの制約の内容については、特に原典に詳細情報はなし。

✓ BBCの報道情報では、関連のニュース記事において、以下の記載がある。

EDF：「COVID-19安全対策によりサイト労働者の減少によって、2020年,2021年における50万日以上の重要な作業が失われた」

HPC　Managing Director：「現場人数を突然5,000人から1,500人に減らさなければならなかった」「2020年4月には、180のサプライヤが完全閉鎖し、2022年2月でも60以上のサプライヤが生産性を低下させて対応していた」

✓ これらの記載を踏まえると、サプライチェーンの課題により遅延したというよりも、COVID-19によりサプライヤの営業が限定されて遅延した、と主張していると考えられる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

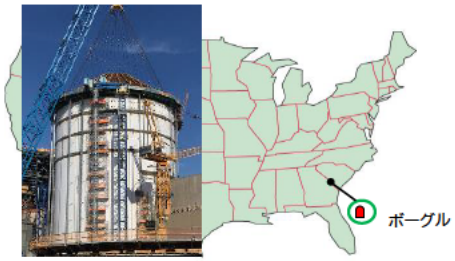
# 米国の原子力サプライチェーンの状況

- 米国は長期にわたり、原子力発電所の新設が行われなかった結果、圧力容器等の主要機器製造能力を喪失し、日韓等の輸入に依存。燃料、ポンプ、バルブ等については、国内にサプライチェーンを維持。

## 圧力容器、大型鍛造品等の主要資機材の製造能力を喪失

- スリーマイル原子力発電所の事故以降新設案件なし。 **35年ぶりの新設着工原発**として、ボーグル原発3・4号機を、2013年に建設開始。建設管理や資機材品質の確保等に苦慮し、**工期・費用ともに大幅増**。
- 原子力規格の所有事業者は、600社(1980年)から200社以下(2007年)に大幅減。
- 米国エネルギー省は、国内に**主要資機材(原子炉圧力容器、蒸気発生器、大型鍛造品等)の製造能力はない**と評価。
- **主要資機材を日韓等の海外から輸入**する一方、**燃料、 ポンプ、バルブ等については、国内にサプライチェーンを維持**。

| | |
|---|---|
| 炉型 | PWR (WEC AP1000) |
| 出力 | 110万kW×2基 |




| 米国AP1000 | |
|---|---|
| 構成機器 | サプライヤ名 |
| エンジニアリング | Shaw Group【米】 |
| 圧力容器・原子炉容器 | Doosan【韓】<br>日本製鋼所【日】(大型鍛造品) |
| 格納容器・建屋 | Bechtel【米】、Newport News Industrial【米】、IHI【日】 |
| ポンプ | Curtiss-Wright(1次系)【米】<br>Hayward Tyler (蒸気発生器再循環ポンプ)【米】<br>Gardner Davis Nash (真空ポンプ)【米】<br>Flowserve【米】 |
| バルブ | Georgia Transformer【米】<br>Enertech【米】<br>Crane Nuclear【米】<br>Chromalox Inc.【米】 |
| 蒸気発生器 | Doosan【韓】 |
| 蒸気タービン | 東芝【日】 |

出所)令和元年度原子力の利用状況等に関する調査(国内外の原子力産業に関する調査)等の公表情報を資源エネルギー庁で整理

Copyright © Mitsubishi Research Institute

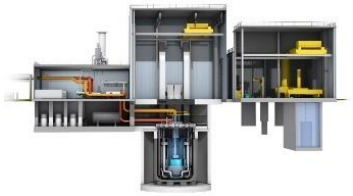
# 米国の原子力サプライチェーン戦略

- サプライチェーン内で技術的強みのある**燃料分野に重点投資**するとともに、炉型開発はSMRに注力し、将来の海外市場の獲得を狙う。

## 今後の炉型選択とサプライチェーン戦略

- 大型鍛造品の製造能力を失っており、**軽水炉、高速炉、高温ガス炉等の小型炉に注力**。

- カナダ、プエルトリコ、英国、ウクライナ、ルーマニア、ポーランド、チェコ、ラトビア、エストニア、ブルガリア、ヨルダン、カザフスタン等の国でSMR配備の計画やF/S調査が進められている。
- 米国SMRの筆頭であるNuScaleにはこれまで、DOEから「先進原子力技術開発に関するIFOA」等を通じて、約3億ドルの資金提供が行われている（すべてDOEとの費用分担）。【参考のため削除想定】（2013年FOA：2013年からの5年間,2億2,600万ドル、2015年ライセンス支援：1,650万ドル、2018年先進原子力技術開発IFOA：1回目・4,000万ドル,2回目・700万ドル）



ナトリウム冷却高速炉　Natrium
TerraPower社

高温ガス炉　Xe-100
X-energy社

- 今後は、**自国で製造できない大型鍛造品等は　他国から調達**し、また、自国に技術的な強みのある **HALEU等の新燃料の開発、既存炉の燃料は自給率向上のための支援**を実施。

### 原子力エネルギーサプライチェーン戦略

ATF（事故耐性燃料）、HALEU（U235濃縮度5～20%の低濃縮ウラン）、TRISCO（高温ガス炉用燃料）等の新型燃料に係るR&Dへの財政支援、HALEU濃縮実証プログラムの完遂への支援を表明

### 民間原子力クレジット（CNC）プログラム

老朽化した炉に対し、5年間で60億ドルの資金提供を実施。米国製の燃料の利用率が高いほど、優先的に支援が行われる仕組み。間接的に燃料の自給率向上を促進

例）実証炉2基に対する資金支援

- **TerraPower社（高速炉）：約2,000億円**
- **X-energy社（高温ガス炉）：約1,200億円**

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国の原子力サプライチェーンの状況

- **長期間の建設期間の空白により、原子力の国内技術・ノウハウを喪失。国内の革新軽水炉の建設の際は、原子力固有の機器の多くは、仏国を初めとする欧州大陸のサプライチェーンに依存し、ポンプ等の一部機器のみ国内生産。**

**革新軽水炉のサプライチェーンは他国に依存**

- 2013年のサプライチェーン評価では、**原子炉圧力容器、蒸気発生器・タービン、大型鍛造品、一次冷却材ポンプが供給できない**と評価。
- 2019年より、**30年ぶりの原子力発電所の新設案件**として、フラマトムのEPRを採用したヒンクリーポイントCの建設を開始するも、**英国は国産の原子炉メーカーを保有しておらず**、建設の際には**仏国を初めとする欧州大陸のサプライチェーンに依存**。

ヒンクリーポイントC

| 英国ヒンクリーポイントC | |
|---|---|
| 構成機器 | サプライヤ名 |
| エンジニアリング | |
| 圧力容器・原子炉容器 | クルゾ・フォルジュ【仏】<br>日本製鋼所【日】 |
| 格納容器・建屋 | Bylor【英】 |
| ポンプ | Selwood【英】<br>SPX FLOW【米】<br>三菱重工【日】 |
| バルブ | Velan【加】<br>KSB【独】 |
| 蒸気発生器 | Framatome【仏】 |
| 蒸気タービン | アルストム・パワーシステムズ |

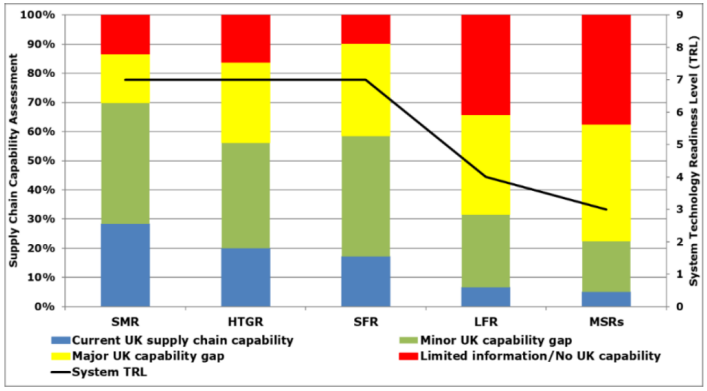
Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国の原子力サプライチェーン戦略

- 国内での革新軽水炉の新設において、国内の機器・部素材の製造能力の増強を支援し、自国からの調達比率を高める方針。
- 次世代炉は、ガス炉の経験や原子力潜水艦の技術蓄積を活かし、**高温ガス炉・SMRに注力し、自国サプライチェーン比率の上昇を狙う。**

## 今後の炉型選択とサプライチェーン戦略

- 2020年、英国国立原子力研究所が、**高温ガス炉、ナトリウム冷却高速炉、鉛冷却原子炉、溶融塩炉**といった新型炉のサプライチェーン評価を実施。
- 特に、**SMR・高温ガス炉の機器供給においては、自国で製造できるようになる期待がある**として、**今後はSMR・高温ガス炉に注力するとの見方も**。




### 先進原子炉基金

国内のSMRと高温ガス炉の開発に対し、研究開発資金を投入。原子力潜水艦のノウハウを持つRolls-Royceに2.1億￡を投入し、研究開発を推進。また、ガス炉の蓄積のある高温ガス炉に1.7億￡投入し、研究開発を推進。

### 未来原子力実現基金

英国での革新軽水炉の新設の機会に際し、自国産比率向上のための機器・部素材の製造能力増強等を支援。
（2022年内にも交付開始）

左からSMR、HTGR:高温ガス炉、SFR:ナトリウム冷却高速炉、LFR:鉛冷却原子炉、MSR:溶融塩炉
赤:i）能力を評価するのに情報が十分でない、 ii)現在の英国のサプライチェーンには必要な製造能力がない
橙:サプライチェーンは、必要な機器を製造することができる可能性があるが、いくつかの主要なギャップあり
緑:サプライチェーンは近い将来、必要な機器が製造できるようになると期待されるが、いくつか小さなギャップあり
青:現在のサプライチェーンでも製造能力あり

英国国立原子力研究所のサプライチェーン評価

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国の原子力サプライチェーンの状況

- 仏国はフィンランドや英国での建設経験を通じ、燃料、圧力容器、ポンプ等の広範な原子力サプライチェーンを維持。他方で圧力容器やタービンの部材となる大型鍛造品については、他国から調達。

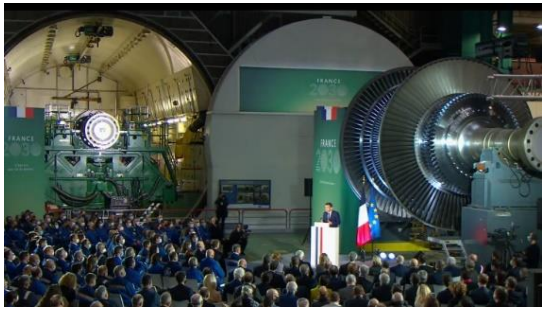
**広範な原子力サプライチェーンを維持**

- 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、EDFは、2007年より、フラマンビル原発3号機を建設開始。
- **燃料、圧力容器、ポンプ等の主要資機材をフランス国内のサプライチェーン(フラマトム、クルゾ等)でまかなう**。
- 2015年にGEに売却したアルストムの原子力事業を買い戻し、**タービンのサプライチェーンも内製化**する見込み。

大型鍛造品の供給能力

| 企業名 | 最大加工(t) |
|---|---|
| JSW【日】 | 650 |
| 斗山重工【韓】 | 540 |
| 中国第一重型機械集団【中】 | 600 |
| OMZ Izhora【露】 | 600 |
| クルゾ【仏】 | 500 |

出典)The World Nuclear Supply Chain Outlook 2040



大統領演説「原子力の復活」

| 仏国フラマンビル | |
|---|---|
| 構成機器 | サプライヤ名 |
| エンジニアリング | EDF【仏】 |
| 圧力容器・原子炉容器 | クルゾ・フォルジュ【仏】<br>日本製鋼所【日】(大型鍛造品) |
| 格納容器・建屋 | Bouygues【仏】 |
| ポンプ | Framatome(1次系)【仏】<br>アルストム・パワーシステムズ【仏】 |
| バルブ | アルストム・パワーシステムズ【仏】 |
| 蒸気発生器 | Valinox Nucleaire【仏】<br>日本製鋼所【日】(大型鍛造品) |
| 蒸気タービン | アルストム・パワーシステムズ【仏】 |

出所)European Commission, Current Challenges of the European Nuclear Supply Chain, 2020

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国の原子力サプライチェーンの状況

- フラマンビル3の建設遅延を省みて、コロナ禍からの経済対策として、抜本的な原子力産業の立て直しを図る。

## 仏国のサプライチェーンの現状

- 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)。

溶接不良が発覚した箇所
(青丸部分)

出所)ASNホームページ

| | |
|---|---|
| 炉型 | PWR<br>(フラマトム<br>EPR) |
| 出力 | 163万kW |

## 仏国の原子力サプライチェーン戦略

- 国内で56基の稼働プラントがあるが、平均運転年数が30年を超えており、SSC(構築物、系統、機器)に関するサプライチェーンの陳腐化が懸念されている。
- フラマンビルでの溶接不良を受け、EDFは状況改善のアクションプランである**「Excell Plan」**を策定。「原子力産業の品質強化」、「技能・能力強化」、「大規模プロジェクトのガバナンス強化」等の取り組みを開始。
- 2020年にEUが発行したヨーロッパのサプライチェーン評価によるとEDFはサプライチェーンの劣化を受け、非原子力産業の規格(例:EN標準)に準拠した構成部品および設備の活用を検討。

出所)European Commission, Current Challenges of the European Nuclear Supply Chain, 2020

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国の原子力サプライチェーンの戦略

- 仏国は国内建設期間の空白による機器製造や溶接等の現場技能の低下の指摘を受け、**製造業や現場の技能人材等の強化**に大規模な支援。
- 国内では14基の革新軽水炉の建設方針を表明しており、国内建設での教訓や高い自給率を活かし、他国への海外展開を図る。

## 今後の炉型選択とサプライチェーン戦略

- フラマンビルでの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。
- 政府への答申において、「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。

### 仏政府による資金注入

2017年以降、84%の株式を保有しているフランス政府から、原子力事業立て直しのため、**EDFに約30億ユーロの資本注入**。

### Excell Plan

2019年には、現場人材やプロジェクトマネジメントの強化のためにEDFが1億ユーロの投資を決定。EPR2建設に必要となるサプライヤの資格取得支援や標準化による品質と安全性向上を図る。

- マクロン大統領が最大14基の国内建設を行うことを宣言。**今後は海外展開を視野に革新軽水炉の国内建設に注力する**。

### フランス復興計画

中小企業の技術維持・設備投資に対する支援を行い、既に、合計136件のプロジェクト、総額1.5億ユーロの支援が決定。あわせて、SMRや燃料サイクル、放射性廃棄物低減に資する炉型への研究開発も支援。

### GEタービン事業買収

仏国内で建設を予定しているEPR2での採用を想定し、GEよりタービン事業を買収し、製造能力を強化。

出所)European Commission, Current Challenges of the European Nuclear Supply Chain, 2020

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 韓国の原子力サプライチェーンの状況と関連する政策

- 1970年代以降、アメリカから技術移転し、国産化を推進。斗山重工を頂点とする燃料、圧力容器、ポンプ等の広範な自国原子力サプライチェーンを確立。
- 前政権の脱原子力政策により原子力産業は疲弊するものの、政府による海外輸出支援策により一定の製造機会を獲得。

## 機器輸出を通じて強固なサプライチェーンを構築

- 2017年からの5年間で脱原子力政策を掲げたことにより、サプライチェーンの収益悪化、**発電事業者・プラントメーカー併せて合計約1,300人の人材流出、約600名の原子力専攻学生の中退**など、原子力産業の疲弊が進展。
- **官民をあげて、プラント・原子力機器の輸出を積極的に推進し、自国内に強固なサプライチェーンを維持**。
- 2022年5月に発足した尹政権では、**原子力積極利用・新設再開**の方針。

### 海外展開実績

- **UAE（バラカ①～④）**
  韓国輸出入銀行からの100億ドルの融資の後押しを受け、韓国電力公社（KEPCO）が**EPC**を受注。2021年に1基が運転開始し、2024年まで他3基も運転開始予定。

- **エジプト（エルダバ①～④）**
  韓国水力原子力公社（KHNP社）、斗山重工等がエジプトのペトロジェット社と**タービン建屋等の二次系統事業に参画**。

## 今後の炉型選択とサプライチェーン戦略

- **国内での大型軽水炉の新設・建設再開**、官民の連携による積極的な**プラント・海外機器輸出**を通じ、サプライチェーンの強化を図る。
- **今後は、SMR海外市場を有望視**。

### 官民でのトップ外交の推進

チェコ首相と韓国大統領の会談を受け、韓国原子力企業連合とチェコ企業によるMOU締結を実現。韓国水力原子力（KHNP）社長は、ルーマニア政府を訪問し、韓国中小企業による資機材約1億円分を獲得。

### 中小サプライヤの輸出を支援

韓国水力原子力による中小企業向けの海外認証取得支援や、輸出支援ポータルサイトによる海外の原子力発電所プロジェクトの状況のお知らせ、韓国原子力産業の他国への紹介を実施。

また総額47.9億ウォンを投資し、サプライヤの国際シンポジウム参加への支援や海外の市場調査を実施。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 韓国の原子力サプライチェーンの状況と関連する政策

- 前政権の脱原子力政策により原子力産業は疲弊。政権交代後、多数の輸出案件受注に向け、サプライチェーン支援策がとられている。

## 韓国のサプライチェーンの現状

- 1987年以降国産化に着手し、現在24基運転中、建設中4基。
- 2022年5月に発足した尹政権では、原子力積極利用・新設再開の方針。しかし、2017年からの5年間で脱原子力政策を掲げたことによって、新設計画の白紙によるサプライチェーンの収益悪化や、**発電事業者・プラントメーカー併せて合計約1,300人の人材流出、約600名の原子力専攻学生の中退**など、原子力産業の疲弊が進展。
- これまで、脱原子力政策下において、サプライチェーン支援の観点から**海外輸出に力を入れ、チェコ、ルーマニア、ポーランド、ロシア、サウジアラビア等**に対して以下の活動を実施。
  - 首相・大統領間でのトップ会談の実施
  - 韓国水力原子力(KHNP)社長による設備改修の営業
  - 政府高官会合や韓国原子力発電輸出産業協会による訪問
  - 韓国官民原子力使節団によるセミナー開催

ディーゼル発電機の調達などの各国の入札情報が掲載。詳細閲覧には登録の必要あり。

海外入札情報サイト(K-neiss)

https://www.k-neiss.org/

## 韓国のサプライチェーン支援策

- 尹新政権発足後、サプライチェーン支援策に関する包括的な施策はまだ公表されておらず、直近の施策としては、**総額47.9億ウォンの「2022年度原発輸出インフラ建設事業」**事業が発表。
- 主な内容は①国際協力と広報、②国内能力開発、③政策・市場調査であり、各国とのシンポジウム開催や国際機関が主催するシンポジウムへの参加に焦点
- 一方、前政権からの海外輸出によるサプライチェーン支援として、海外向けの情報サイト(K-NEXT)と国内中小企業向けのポータルサイト(K-neiss)が2021年より運用。
- また、KHNPによる中小企業向けの海外認証取得支援も実施。
- さらに、科学技術情報通信部と産業通商資源部は、2022年6月に、**SMRの技術開発に対して、2023年～2028年までに総額3,992億ウォンの事業費を投資**することを発表。
- 今後2030年までに東欧、**中東を中心に新設案件10基以上の受注**を実現して10万人の雇用を創出との目標を選挙公約に掲げている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

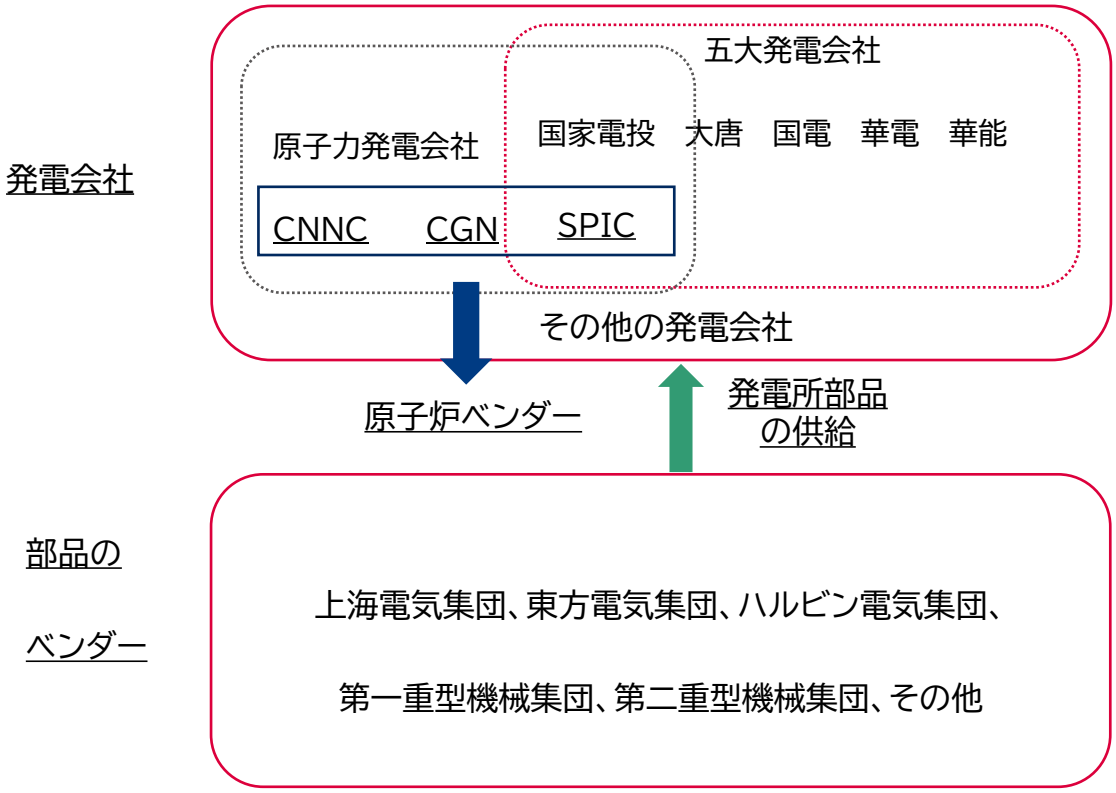
# 【参考】中国の原子力産業と海外展開

- 中国では、原子力発電事業者でもあるCNNC、CGN、SPICが、原子炉の設計・製造も担う。資機材製造は別の重電メーカーが実施。
- 海外展開については、パキスタンで中国産の華龍1号が運転を開始するといった動きはあるものの、西側諸国との対立が今後の不安要素。

## ＜中国の原子力産業＞

- 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）が中心となり原子力発電事業を実施。
- 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。

- 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。
- 中国国内におけるAP1000建設について、建設経験を蓄積するにつれ、主要資機材を中国企業が納入できるようになっており、主要設備は100%の国産化を達成。




出所）日本原子力産業協会等の公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】中国の原子力産業と海外展開

- 欧米諸国に先駆けて、革新軽水炉（AP1000、EPR）等の建設、運転開始を実現し、国産炉型である華龍1号開発・実装済み。『主要設備は既に100%近い国産化に成功』と発表。政府による強力なファイナンス支援により、海外展開を推進。

## 中国の輸出戦略

- パキスタン・チャシュマ3、4号機やカラチ発電所の建設中の2基（華龍1号）について、**中国輸出入銀行（中国の国営政策投資金融機関）が、ベンダー側の費用の82%をファイナンスしているとの指摘も**。
- 輸入国へのファイナンス支援割合（50%まで）や頭金・金利・償還期間等に関する**OECD輸出信用アレンジメントのルールに拘束されずに、ファイナンス支援**することが可能。

## 中国のサプライチェーンの状況

- 中国国内における**AP1000建設について、建設経験を蓄積するにつれ、主要資機材を中国企業が納入**できるようになっており、中国3大事業者のひとつSPICは『**主要設備（原子炉圧力容器、蒸気発生器、炉内構造物、加圧器等）は100%の国産化』を達成と発表**。

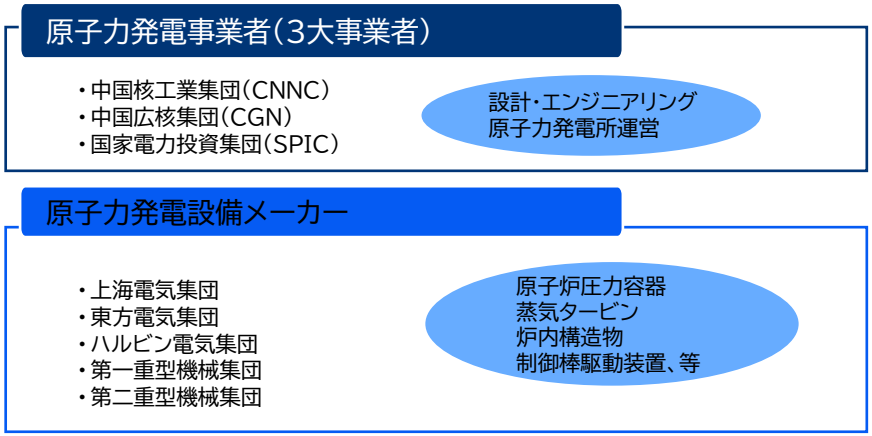



表　中国で建設されたAP1000主要資機材サプライヤーの国別整理

| | 三門1号機 | 海陽1号機 | 三門2号機 | 海陽2号機 |
|---|---|---|---|---|
| 建設開始 | 2009.3 | 2009.9 | 2009.12 | 2010.6 |
| シールドポンプ | | 米国サプライヤ | | |
| 原子炉圧力容器 | 韓国サプライヤ | | | |
| 蒸気発生器 | | | | |
| 炉内構造物 | | | | |
| 制御棒駆動装置 | 米国サプライヤ | | | |
| 圧力容器頂部 | | | | |
| ポーラクレーン | | | | |
| 燃料取替機 | | | | |
| 鋼製シールド | | | 中国サプライヤ | |
| 主配管 | | | | |
| 加圧器 | | | | |
| 安全注入タンク | | | | |

現在はすべて商業運転中

出所）SPIC 2018企業社会責任報告　第3世代炉自主化等の公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】中国の輸出力の競争力の源泉

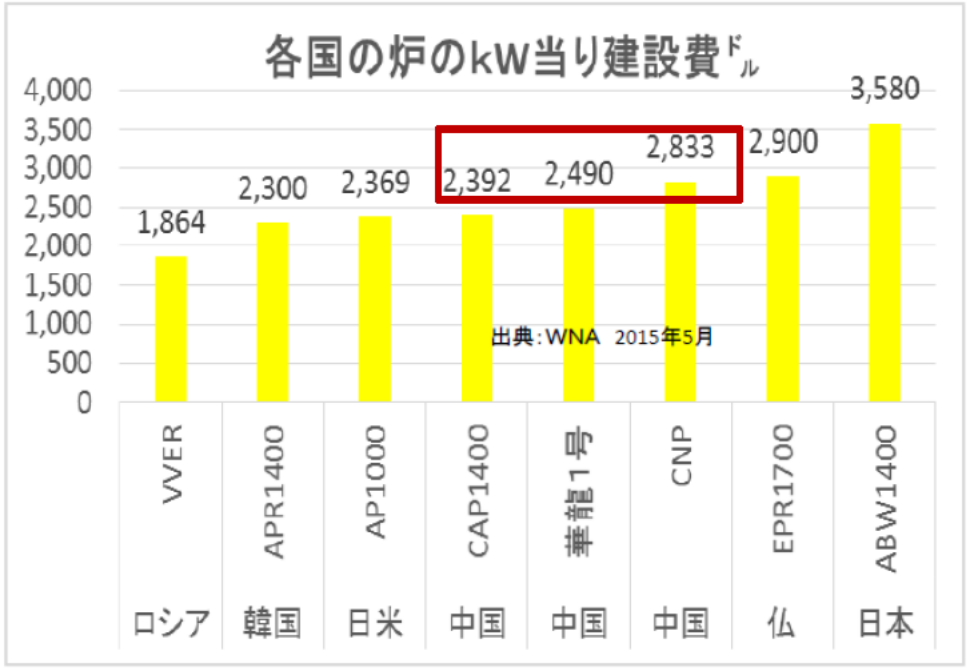
- 中国習近平政権は原子力輸出を強化
- 海外輸出には、中国政府による資金面での支援とセット

中国による建設費用の融資・出資の状況

| 国 | プラント | 炉型 | ベンダー | 状況 |
|---|---|---|---|---|
| パキスタン | チャシュマ3、4 | CNP-300 | CNNC | 建設中,中国資金は19億ドルの82% 中国輸出入銀行 |
| | カラチ | 華龍1 | | 1号建設中、65億ドル中国資金，82%中国資金、輸出入銀行 |
| アルゼンチン | アトーチャ3 | Candu6 | CNNC | 計画中、自国資金と20億ドルの中国資金 中国工商銀行 |
| | アトーチャ4 | 華龍1 | | 中国が融資、中国工商銀行が主導 |
| 英国 | ヒンクリーポイントC | EPR | CGN、仏EDF | 相手は英プロジェクト会社へ出資<br>2015年10月協定締結、仏EDF66.5%、CGN33.5% |

中国政府が資金面で建設プロジェクトを支援

各国の炉のkWh当たりの建設費




中国の炉が突出して安価というわけではない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】ロシアの原子力産業と海外展開

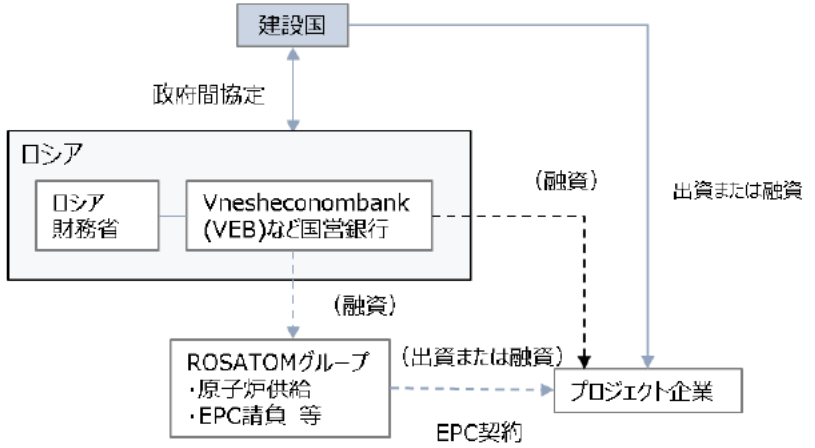
- ロシアでは、ROSATOM国営原子力会社の下にすべての原子力関連企業が集積。民生用原子力部門を統括する企業体アトムエネルゴプロム(AEP)社があらゆるサプライチェーンを自社で保有し、海外含むVVERの設計・建設を一手に引き受け。
- 強力な政府ファイナンスを武器に、燃料供給・法規制整備とのパッケージ支援、導入国現地企業への発注と組み合わせ、新興国輸出にも成功。

## <ロシアの海外展開戦略>

- ✓ ROSATOM社は、中東、アフリカ、アジア、中南米の原子力に対し、**法規制整備から廃止措置までの全てのプロセスを包括支援する「統合ソリューション」を提案**。
- ✓ **トルコ・アックユの建設では、建設費の35～40%を現地企業に発注**するなど、導入国の産業創出にも寄与。
- ✓ ロスアトムの電力・安全センター長を務めるプロコフ氏は、「**当社(ロスアトム)にとって近年の主な収入源は、核燃料供給とウラン濃縮関連サービス。これらのビジネスが海外売り上げの約40%を占めている。**」
と発言しており、プラント事業の単価を削減しつつ、燃料事業で収益を確保しているとの見方も。

## <ロシアの輸出ファイナンススキーム>

- ✓ 東欧では**建設費用の80%以上に対し、**ファイナンス付与、**フィンランドやトルコでは、BOOスキームによる建設費用の負担**を行い、受注を後押し。中国同様に、**OECD輸出信用アレンジメントのルールに拘束されずに、ファイナンス支援**することが可能。



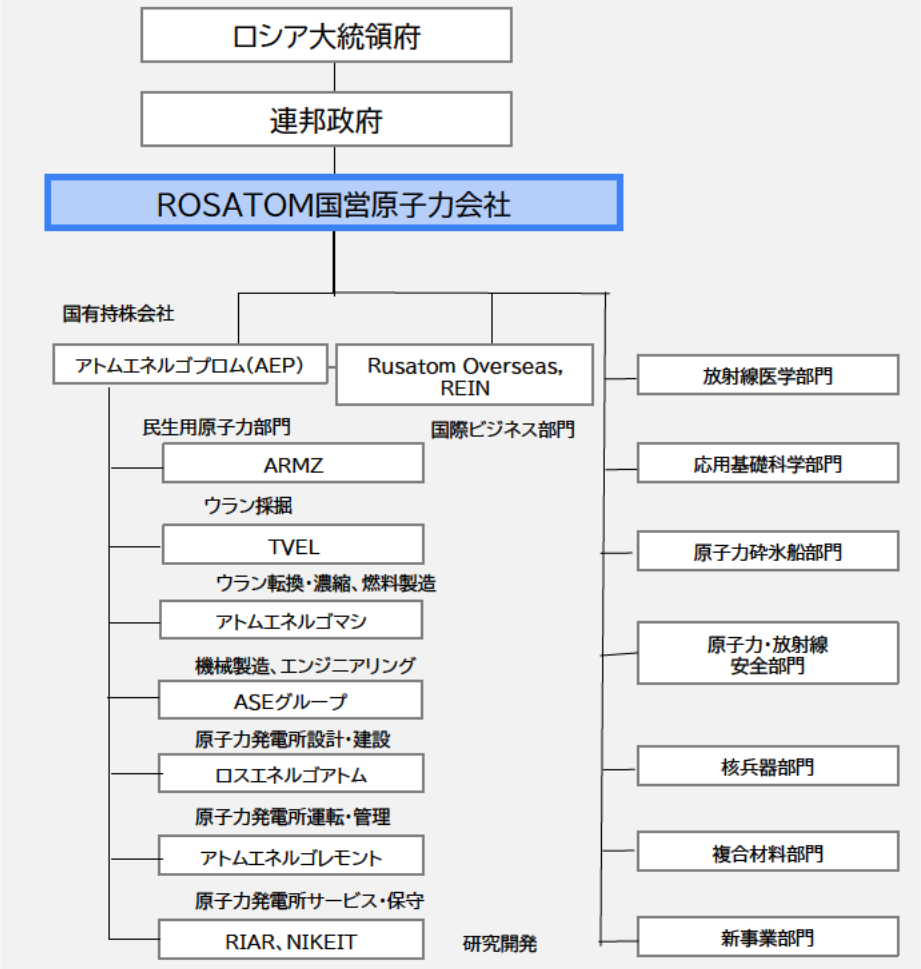

出所）露ROSATOM社公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】ロシアの原子力産業と海外展開

- ロシアの原子力推進体制と具体的な輸出案件は以下の通り

## ＜ロシアの原子力推進体制＞




## ＜ロシアの具体的な輸出案件＞

建設中

| 国 | プラント名 | 基数 |
|---|---|---|
| ベラルーシ | オストロベツ2号機 | 1 |
| インド | クダンクラム3、4号機 | 2 |
| バングラデシュ | ルプール1、2号機 | 2 |
| トルコ | アキュ1、2、3号機 | 3 |
| イラン | ブシェール2号機 | 1 |

契約済

| 国 | プラント名 | 基数 |
|---|---|---|
| 中国 | 田湾8号機 | 1 |
| 中国 | 徐大堡4号機 | 1 |
| イラン | ブシェール3号機 | 1 |
| アルメニア | メタモール3号機 | 1 |
| エジプト | エルダバ1、2、3、4号機 | 4 |
| トルコ | アキュ4号機 | 1 |

出所）露ROSATOM社公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】ロシア燃料サービスの海外展開

- ロシアにとっての近年の主な収入源は、ウラン製品及び燃料関連サービス

ロスアトムの電力・安全センター長を務めるプロコフ氏は2015年6月に現地メディアに以下、発言

- **ロシア**や**その他国**の企業によって、海外で建設されたすべての原子力発電所は、原子力発電所が長い間建設されなかったので、**不採算**である。
- 当社(ロスアトム)にとって近年の主な収入源は、ウラン燃料供給とウラン濃縮関連サービス。これらのビジネスが海外売り上げの約40%を占めている。

ロスアトム海外部門の売上高

**Changes in overseas revenue, USD million**

出所)露ROSATOM社アニュアルレポート2020

| | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|
| **Overseas revenue,** including: | **6,462** | **7,228** | **7,475** |
| NPP construction abroad | 2,820 | 3,595 | 4,098 |
| Uranium products | 1,717 | 1,742 | 1,670 |
| Nuclear fuel assemblies and other activities | 1,926 | 1,892 | 1,707 |
| 海外部門全体に占めるウラン製品及び燃料関連サービスに占める割合 | 56% | 50% | 45% |

ロシアにとっての近年の主な収入源は、ウラン製品及び燃料関連サービス

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 米国の原子力サプライチェーン支援策

- 米国にはサプライチェーンに特化した直接的な財政支援策はないものの、原子炉への財政支援、各種研究開発に関連する支援策が存在。

➢ **民間原子力クレジット（CNC）プログラム（60億ドル/5年間）**

- 経済的理由により早期閉鎖の懸念がある原子炉への財政支援プログラム。
- このプログラムの適用に係る審査の際、**米国内で製造（濃縮・転換・加工等）された燃料の利用率が高い原子炉ほど、優先的に支援が行われる仕組み**となっている。
- 間接的ではあるが、**燃料サプライチェーンの維持に直近の比重を置く米国原子力サプライチェーン政策に整合**した施策となっている。

➢ **先進原子炉実証プログラム（ARDP）（32億ドル/6年間）**

- SMRやその他先進炉の実証に向けた技術開発や概念設計に資金提供を実施。

例）実証炉2基に対する資金支援
・**TerraPower社（高速炉）：約2,000億円**
・**X-energy社（高温ガス炉）：約1,200億円**

➢ **SMR技術の責任ある活用に向けた基本インフラ（530万ドル/PJ）**

- 米国の原子力エネルギーにおけるイノベーションと専門知識を基盤として、**パートナー諸国の原子力エネルギーの能力構築を支援**するもの。
- この枠組みにおいて、米国は、ポーランド、ケニア、ウクライナ、ブラジル、ルーマニア、インドネシア、ラトビア、ガーナ、韓国等の国々と協力し、**能力構築、F/Sやサイト調査、実証プロジェクト等様々な支援を予定。**

**【参考】先進エネルギー製造税額控除プログラム**

- 米財務省（DOT）が特定の種類のエネルギー機器の製造に対して30%の投資税額控除を開発者に提供するプログラム。
- DOEによるサプライチェーン戦略では、原子力材料の開発も当該プログラムの適用対象とするようプログラムを拡充することに言及しており、先進原子炉用材料や、鍛造品等に対し税控除の支援が行われる予定。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】米国の原子力サプライチェーン支援策の法律根拠

**米国サプライチェーン支援の背景・目的（大統領令（E.O.14017）第1項より抜粋）**

米国は、経済的繁栄と国家安全保障を確保するために、強靭で多様で安全なサプライチェーンを必要としている。パンデミックやその他の生物学的脅威、サイバー攻撃、気候ショック、異常気象、テロ攻撃、地政学的および経済的競争、およびその他の状況は、重要な製造能力、重要な商品、製品、サービスの利用可能性と入手可能性を低下させる可能性がある。強靭な米国のサプライチェーンは、国内の製造能力を活性化し、再構築し、研究開発における米国の競争力を維持し、高い給与水準の雇用を創出する。また、中小企業を支援し、繁栄を促進し、気候変動との闘いを前進させ、有色人種のコミュニティや経済的に困窮した地域における経済成長を奨励する。

より強靭なサプライチェーンは、国内生産の拡大、幅広い供給、冗長性、適切な備蓄、安全で安全なデジタルネットワーク、世界クラスの米国の製造拠点と労働力を促進する。さらに、我々の価値を共有する同盟国及びパートナー国との強靭なサプライチェーンに関する緊密な協力は、集団的な経済及び国家安全保障を促進し、国際的な災害及び緊急事態に対応する能力を強化する。

DOE含む各省へのサプライチェーンレポートの作成を指示

## 米国のサプライチェーン支援策（先進原子炉の部素材開発・製造への税制支援）

- 財務省（DOT）が**特定の種類のエネルギー機器を製造する施設の設備（投資）**に対して30%の税額控除を提供する、**先進エネルギー製造税額控除プログラム**を2013年より実施。
- DOEによるサプライチェーン戦略では、原子力材料の開発も当該プログラムの適用対象とするようプログラムを拡充することに言及しており、**先進原子炉用材料や、鍛造品等に対し税控除の支援**が行われる予定。

出所）ホワイトハウス, “Executive Order on America’s Supply Chains”, https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/02/24/executive-order-on-americas-supply-chains/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考】米国の原子力サプライチェーン支援策の法律根拠

- バイデン政権において、原子力関連支援を規定している法律は2021年11月に制定されたインフラ投資法
- インフラ投資法では、民間原子力クレジットプログラムの創設などの各種原子力関連への支援施策の実行、予算割り当てを規定（例：DOEにおける先進炉実証プログラム（ARDP）等を含む）
- インフラ投資法の基となった、バイデン大統領による米国雇用計画では、原子力への支援理由として、一貫して「クリーンエネルギーへの投資」の文脈で説明

【米国雇用計画における原子力への言及】

- 電力の近代化（クリーンエネルギーへの投資拡大）の一要素として、「原子力や水力発電などの既存の電源が提供する炭素汚染のないエネルギーの継続的活用」に言及
- 気候科学、イノベーション、研究開発における米国のリーダー的地位の確立に向け、「先進原子力（その他記載省略）などの気候変動研究開発の優先事項の実証プロジェクトに150億ドルを投資するとともに、世界市場におけるこれらの分野の米国の技術リーダーシップを強化する。」と言及
- クリーンエネルギーの政府調達促進の一要素として、「大統領は、（中略）、先進的な原子炉や燃料などの重要技術の国内での製造を可能にし、高賃金の雇用を創出し、特に地方における地域経済を活性化させるよう議会に要請している。」と言及

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国の原子力サプライチェーン支援策

● 英国では、サプライチェーンの強化に資する新設炉支援が予定。

➢ **未来の原子力実現基金（1.2億ポンド）**

- 英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）は、2022年5月に新規原子力発電所開発プロジェクトを支援する**1.2億ポンドの補助金制度として「未来原子力実現基金（FNEF）」の立ち上げ**を発表。
- FNEFはBEISが2022年4月に発表した、英国の「エネルギー供給戦略」の中で約束されていたもの。2030年までに新設の原子力発電所8基の建設承認を済ませるという計画の実現のため、原子力事業者を支援する。
- 支援の原則の一つに、**英国産業界の機会創出**が掲げられ、国内のサプライチェーン強化や雇用への貢献が重視されている。
- 英国の様々な地域に**新設の機会を提供することで、産業界への投資を促進**し、国内の原子力サプライチェーンは、**レジリエンス（供給力の一時的な低下等からの回復力）の強化と、関係機器の製造能力増強**が図られる見込。

➢ **先進原子炉基金（3.85億ポンド）**

- 英国政府は、2020年11月のグリーンリカバリー計画（10 Point Plan）にて、最大**3.85億ポンドの先進原子炉基金**を設置し、**SMR開発に2.15億ポンド、AMR（先進モジュラー炉）開発に1.7億ポンド**を投じる方針を発表。
- 2030年代初頭の実証炉運転開始に向けた、国内のSMR技術開発とAMRの研究開発プログラムに支援を行うもの。
- BEISは、2021年11月に、この先進原子力基金の一部として、**ロールスロイスのSMRの設計開発に対して、最大2.1億ポンドの支援**を発表した。

出所）各国公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国の原子力サプライチェーン支援策と支援理由

- 民間企業においても、地場企業を支援する取り組みが行われている。

## Hinkley Supply Chain※国の直接支援ではない

- ✓ EDFエナジー、サマセット商工会議所らが官民連携で地場企業を支援する取組み
- ✓ 建設工事費用の約64%を地場企業に発注することをコミットしており、手厚い支援を提供
- ✓ 専用のWebサイトを構築しており、調達情報・契約情報等の情報が確認できる
- ✓ HPC関連の訓練施設として、以下の4つの施設が建設済または予定である。

① Construction Skills and Innovation Centre

機械設備や電気設備のための監督者・技術者の訓練施設。

② Welding Centre of Excellence

溶接や関連技術のための訓練施設。

③ Electrical Centre of Excellence

サイト建設のための作業員の訓練施設。Somerset Energy Innovation Centre in Bridgwaterに開設。

④ Mechanical Centre of Excellence（建設中）

機械工学の分野の訓練施設。プログラム遅延やリスクの軽減のためのヒンクリーポイントCのモックアップを設ける。

## サプライチェーン評価（2013）における支援理由

- ✓ 技術的なノウハウや品質要件、受注から支払いまでの期間の長さ、初期コストの高さ等が新規参入の障壁となり、国内の経済・雇用への大きな効果を阻害する。そのため、サプライチェーンへの支援に政府が介入することに意義がある。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国の原子力サプライチェーン支援策と支援理由

- フラマンビル3の建設遅延を省みて、コロナ禍からの経済対策として、官民が総力を挙げて、抜本的な原子力産業の立て直しを図る。

## 仏国のサプライチェーン支援策

### 民間(EDF)の取り組み

- EDFは2019年に発表したExcell Planにて、2020~2021年にかけて**1億ユーロ**を投じる方針を提示。下記の**5つの項目**での取り組みを実施。

① 大規模新設プロジェクトの**確実なガバナンス**:四半期ごとのパフォーマンス評価等

② 原子力業界の**従事者数の増強**:21,000人増加

③ 製造時の欠陥ゼロ化:フラマトムへの5,000万ユーロの投資、EPR2の**Tier1全サプライヤの資格**(ISO 19443)の取得、フランス原産協会による**資格取得支援**等

④ 下請業者との契約の合理化と結果重視:新たな**契約ツールの導入**等

⑤ 標準化による品質と安全性向上:**機器カタログなどの整備**

- 2022年2月10日にEDFは、**GEの原子力タービン事業(旧アルストム)買収**を決定。仏国内で建設を予定しているEPR2での採用を想定。

### フランス政府主導による取り組み

- フランス政府は2020年9月に、コロナ禍からの経済対策として「フランス復興計画」を発表し、①溶接技術や機械加工を含めたサプライヤーの支援、②SMR開発、③放射性物質対策のイノベーションの推進の3つの領域で、**総額4.89億ユーロの支援**を表明しており、既に、合計136件のプロジェクト、**総額1.5億ユーロの支援**が決定。
- 2021年10月には、総額4.89億ユーロの一部として、**フランス政府とEDFが1億ユーロずつ出資**し、原子力セクターの国内中小企業を支援する投資ファンド「フランス原子力基金」(総額2億ユーロ)を設立。
- さらに、2022年2月18日にフランス政府は、市場価格以下での電力売却指示による財務負担を軽減するため、**EDFに約21億ユーロの資本注入**を発表。

## 仏国のサプライチェーン支援理由

✓ コロナ禍からの復興に向けた経済対策の1つとして、原子力産業への支援を実施。

✓ 特に国内で約3,000社の企業と22万人の直接・間接雇用を抱えており、原子力産業のスキルを強化することによって、輸出市場での競争力と国内での運転品質の強化につながる。

### フランス原子力基金の支援例

① 技術維持関連
- **Framatome**:計装制御事業の強化、人材育成プラットフォームでの知識の集積、ハイテク溶接に関する人材育成

② 設備投資
- **INDUSTEEL**:金属板製造用の研削盤の導入

③ モックアップ・訓練施設建設
- **INSTN**:CEA管理下の高等教育機関INSTNにおける、放射線防護関連の能力維持・開発に関する訓練校の開設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 各国のサプライチェーン戦略と支援策について①

- 米英は長期間の建設期間の空白によりサプライチェーンが脆弱化。軽水炉サプライチェーンの状況を踏まえ、米国は高速炉含む小型炉の開発・実装、英国は高温ガス炉・軽水炉SMRといった新型炉型を選択し、市場の主導権を獲得すべく大規模な投資を開始。
- 米国は国内燃料製造、英国は国内の機器製造能力を増強し、自国の強みや弱みをサプライチェーン支援に反映。

| 国名 | 各国サプライチェーン戦略 | 支援策 |
|---|---|---|
| 米国 | ● 長期間の建設期間の空白により、**大型鍛造品等の軽水炉の主要機器製造能力を喪失**<br>↓<br>● **燃料開発、高速炉含む小型炉の開発・建設**に注力<br>● 革新軽水炉や小型炉を中心に第3国展開も計画<br>● 鍛造品等国内製造できないものは海外調達の方針 | ● **先進原子炉実証プログラム(ARDP)** 32億$/6年<br>SMRやその他先進炉の実証に向けた技術開発や概念設計を支援<br>● **民間原子力クレジット(CNC)プログラム** 60億$/5年<br>国内製造燃料の自給率の高い原子炉を優先支援<br>● **米国原子力エネルギーサプライチェーン戦略**<br>ATF(事故耐性燃料)やHALEU(U235濃縮度5～20%の低濃縮ウラン)、TRISCOに係るR&Dへの財政支援を表明 |
| 英国 | ● 自国サプライチェーンは弱体化。大型軽水炉は仏国技術導入<br>● **革新炉における自国製造比率を2割**以下と評価<br>↓<br>● **高温ガス炉・軽水炉SMRの国産化率上昇にポテンシャル**を見いだし、研究開発へ投資。<br>● **大型軽水炉の国内建設を通じ、自国産比率向上**を狙う。 | ● **先進原子炉基金** 最大3.85億£<br>次世代原子炉(原子炉潜水艦やガス炉等の経験を踏まえ、SMR、高温ガス炉を選定)の設計・開発を支援<br>● **未来の原子力実現基金** 1.2億£<br>国内の大型軽水炉新設PJに貢献する自国サプライチェーンの製造能力増強等に助成金を交付予定 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 各国のサプライチェーン戦略と支援策について②

- 仏韓は自国での建設経験や海外輸出を通じ、国内でほぼ全ての資機材の製造が可能な強固なサプライチェーンを構築。既存のサプライチェーンを活かし、革新軽水炉に注力する方針。
- 仏国は現場の技能人材の維持・強化、韓国は官民連携による輸出の支援など新型炉型の開発よりも、既存軽水炉の推進策に対して支援を実施。

| 国名 | 各国サプライチェーン戦略 | 支援策 |
|---|---|---|
| 仏国 | ● 欧州内新設PJを経て、**大型軽水炉サプライチェーン立て直し。**<br>● **革新軽水炉の国内新設、さらには東欧への進出も狙い、製造業や現場の技能人材等の強化**に大規模支援 | ● **フランス復興計画　4.9億€**<br>SMR・廃棄物管理可能な炉型の開発を支援<br>原子力産業のデジタル化や原子力技能人材の強化（1.5億€）<br>国内原子力関連中小企業を支援するファンド（フランス原子力基金）を設立（国1億€、EDF1億€） |
| 韓国 | ● 国内新設と海外PJを通じ、**国内に強固なサプライチェーン**<br>● 国内新設の継続を基盤に、**新興国への機器・プラント輸出**に注力。**革新炉はSMRに照準。** | ● **研究開発（第6次原子力振興総合計画（SMR開発等））2.7兆ウォン**<br>● **2022年度原発輸出インフラ建設事業　47.9億ウォン**<br>輸出情報・支援ポータルサイト構築、トップ外交等を通じ、官民でサプライヤのビジネス創出をサポート |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 総括表

| 国名 | 各国サプライチェーン戦略 | 支援策 |
|---|---|---|
| 米国 | 長期間の建設期間の空白により、大型軽水炉の主要機器製造能力を喪失。<br>⇒ 燃料市場、高速炉含むSMR開発に注力。<br>第3国展開も計画。 | **「先進原子炉実証プログラム(ARDP)」**<br>SMRやその他の先進炉の実証に向けた技術開発や概念設計を支援<br>**「民間原子力クレジット(CNC)プログラム」**<br>国内製造燃料の自給率の高い原子炉を優先支援<br>**「SMR技術の責任ある活用に向けた基本インフラ(FIRST)」**<br>第3国の原子力エネルギーの能力構築を支援 |
| 仏国 | 自国に大型軽水炉の強固なサプライチェーンが存在。<br>⇒ 革新軽水炉の国内新設、東欧への進出を狙う。 | **「フランス原子力基金」**<br>サプライヤ、SMR開発に約4.9億ユーロの支援 |
| 英国 | 自国サプライチェーンは弱体化しており、大型軽水炉は仏国からの技術導入を実施。ガス炉にノウハウの蓄積あり。<br>⇒ 高温ガス炉・SMRにおいて自国の国産率の上昇を図る。 | **「先進原子炉基金」**<br>次世代原子炉技術に対して最大3億8,500万ポンド支援<br>**「未来の原子力実現基金」**<br>新設PJに対して助成金を交付 |
| 韓国 | 自国内に閉じた強固なサプライチェーンが存在。<br>⇒ 国内新設を基盤に、新興国への展開も視野に。 | **「2022年度原発輸出インフラ建設事業」**<br>サプライヤのビジネスマッチングの場を創出<br>**「輸出情報・支援ポータルサイト」**<br>サプライヤに対しPJ情報や入札情報を提供 |

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）

各国とも原子力産業を国内に持つ意義として、脱炭素社会への貢献や安全保障に関して述べている。

| 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<br>• 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<br>• SMRに関して、海外市場に大きなポテンシャルがある | • 脱炭素化された電力を生産<br>• 安全で自立した発電<br>• 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<br>• 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<br>• 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<br>• 信頼性の高いプラントの提供<br>• 柔軟できめ細かいアフターサービス<br>• 迅速なトラブル対応 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

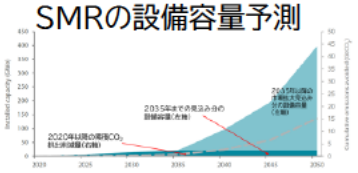
# 世界の原子力市場の今後の拡大見通し

- 国際機関の分析によると、1.5℃目標のためには原子力発電所は**設備容量として2050年に1,160GWが必要との予測**
- **2050年、SMR(高温ガス炉や高速炉等の革新炉を含む)のシェアは、2050年で市場の1/3規模との予測**(当面は大型軽水炉が需要増を満たす構図。)

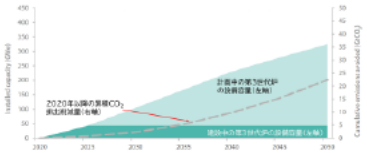
**世界の原子力設備容量予測(OECD/NEA)**

- OECD/NEAは、「1.5℃目標達成に向け、2050年の原子力設備容量は1,160GW必要」と予想。概ね、SMR、大型炉新設・長期運転それぞれ1/3ずつ程度で補う。

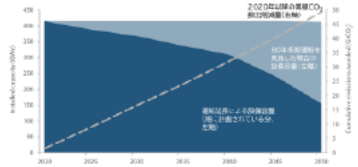
SMRの設備容量予測



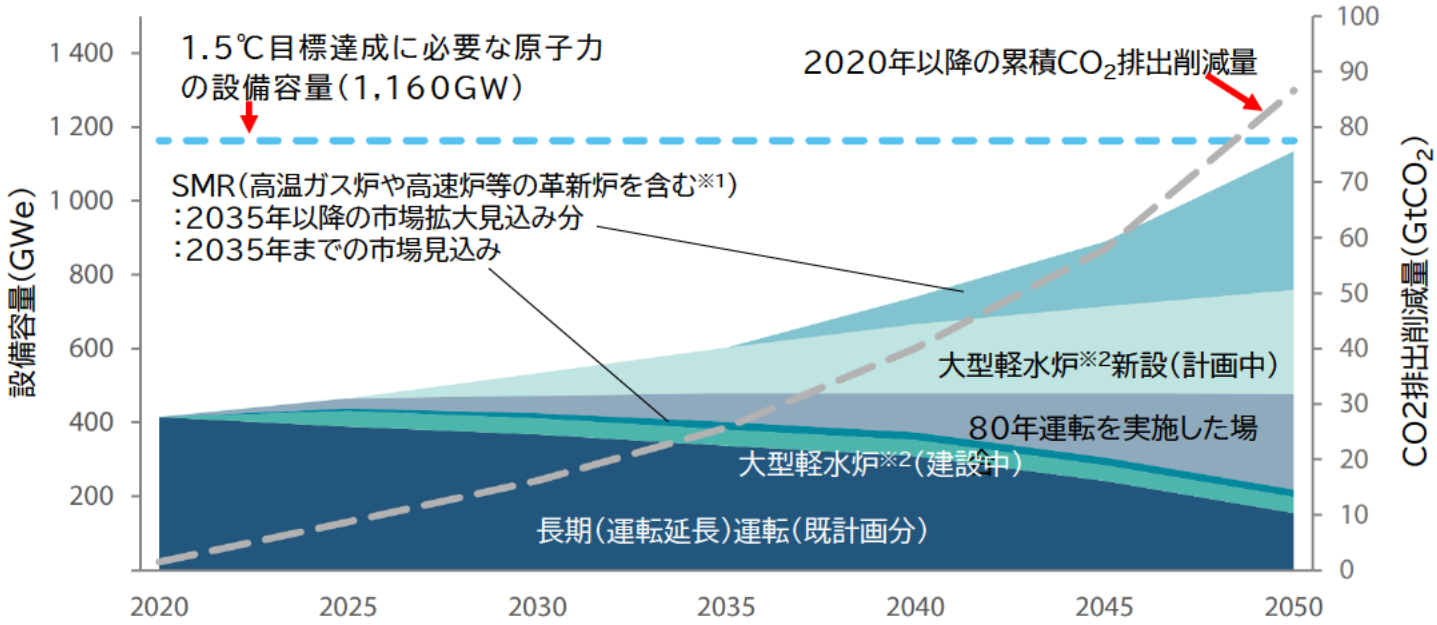
第3世代炉の設備容量予測



既設炉の長期運転による設備容量予測



積算




※1:原文では、"small modular and Generation IV reactors"として"小型モジュール炉および第Ⅳ世代炉の組み合わせ"と記載
※2:原文では、"Large-scale"や"GenerationⅢ"として、"大規模"、"第Ⅲ世代炉"と記載

出典)OECD/NEA, "Meeting Climate Change Targets: The Role of Nuclear Energy", https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_69396/meeting-climate-change-targets-the-role-of-nuclear-energy?utm_source=mnb&utm_medium=email&utm_campaign=JustPublished

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 世界の原子力市場の今後の拡大見通し

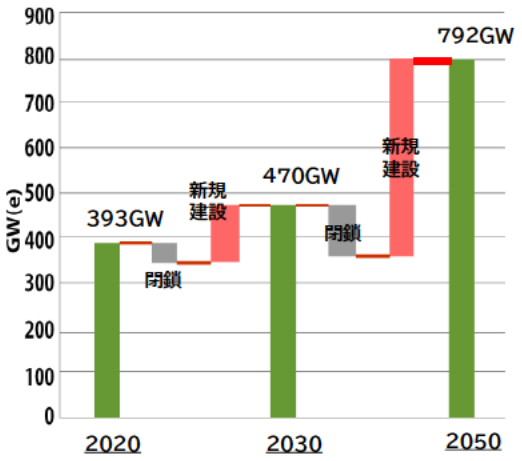
- 国際機関の分析によると、原子力の市場規模は、**2050年には最大で年間約40兆円程度まで拡大。**
  そのうち、**アジアの旺盛な需要拡大**に応える伸び（石炭からのリプレース等）が太宗を占める。
- **非従来型炉のシェアは、2050年で市場の1/4規模との予測**（当面は革新軽水炉が需要増を満たす構図。）

**IAEA**（国際原子力機関）

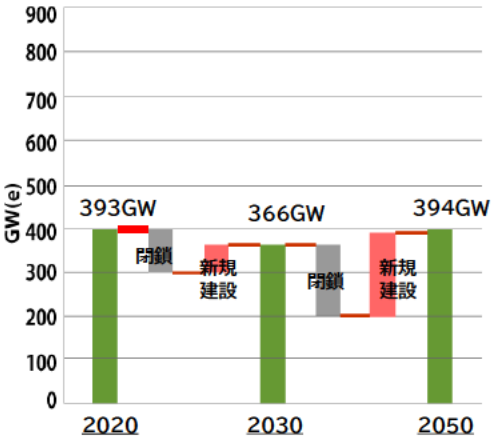
**世界の原子力設備容量予測**

単位：GW=100万kW

【高予測：各国で温暖化対策を拡充】

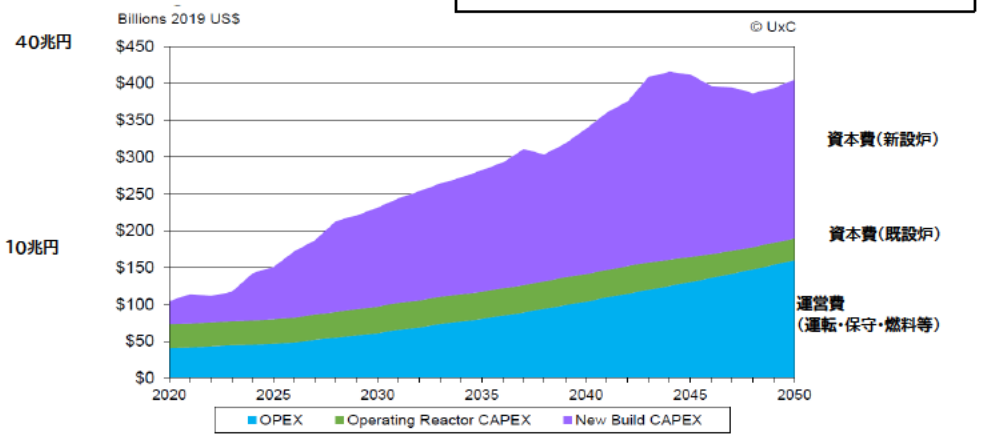



【低予測：各国の政策が現状維持】

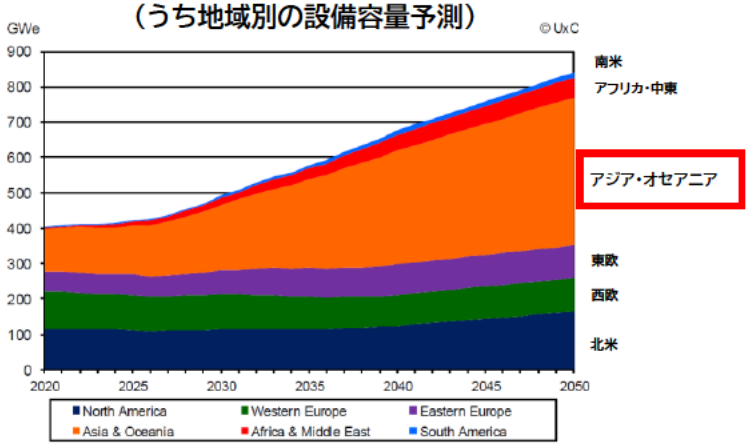



**NEI**（米国原子力エネルギー協会）

**世界の原子力市場予測**
（※IAEA「高予測」に相当）




（うち地域別の設備容量予測）




**NEI**（米国原子力エネルギー協会）**による非従来型炉の市場規模予測**

「SMR、マイクロ炉、高温ガス炉、溶融塩炉等の非従来型炉が、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%程度を占める可能性がある」

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 各国の主要なサプライヤ

各国の各構成機器のサプライヤを整理。炉内構造物や圧力容器、蒸気発生器、蒸気タービンなど大型構造物においてサプライヤが欠如。

| 構成機器 | 米国<br>サプライヤ名 | 英国<br>サプライヤ名 | 仏国<br>サプライヤ名 | 韓国<br>サプライヤ名 |
|---|---|---|---|---|
| エンジニアリング | Shaw Group | NNB GenCo<br>（EDFエナジーの子会社） | EDF | KEPCO E&C |
| 燃料 | Westinghouse<br>GE | Springfields Fuels | Framatome | Korea Nuclear Fuel Company |
| 濃縮 | Lousiana Energy Services LLC | URENCO UK | Orano | |
| 炉内構造物 | Westinghouse | | Framatome（旧Valinox）<br>Eiffage | Doosan |
| 圧力容器・原子炉容器 | | | クルゾ・フォルジュ | Doosan |
| （大型鍛造品） | North American Forgemasters | Sheffield Forgemasters | クルゾ・フォルジュ | Doosan |
| 格納容器・建屋 | Bechtel、<br>Newport News Industrial | Bylor | Bouygues | GS E&C、SAMSUNG、HYUNDAI E&C、DAEWOO E&C、SK E&C、DAELIM E&C |
| ポンプ | Curtiss-Wright、<br>Hayward Tyler、<br>Gardner Davis Nash、<br>Flowserve、<br>SPX FLOW | Selwood | Framatome<br>アルストム・パワーシステムズ※ | Doosan<br>CW-Hydro<br>HYOSUNG GOODSPRINGS |
| バルブ | Georgia Transformer、<br>Enertech、<br>Crane Nuclear、<br>Chromalox Inc. | IMI Critical Engineering | アルストム・パワーシステムズ※<br>Daher<br>Valco（旧Guichon Valves）<br>Velan | Doosan<br>PK Valve<br>Samshin |
| 蒸気発生器 | | | Framatome<br>Valinox Nucleaire | Doosan |
| 蒸気タービン | | | アルストム・パワーシステムズ※ | Doosan |

※現GE

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外原子力企業の政府資本有無

- フランス、ロシア、中国の企業においては政府資本が入っている企業が多く、多国籍企業（Urenco）やカナダ、英国の企業においても、国営化されたことがある。

以下の海外原子力企業に関して、政府資本（株式等）の有無を調査・整理した。次ページ以降に経緯等を整理。

| No. | 企業（昨年度調査資料から） | 国 | 政府資本 |
|---|---|---|---|
| 1 | GE/GE日立 | US | ー |
| 2 | Westinghouse | US | ー |
| 3 | EDF/Framatome | FR | ○ |
| 4 | Rosatom | RU | ○ |
| 5 | China Global Nuclear<br>※China General Nuclearの誤記と思われる | CN | ○ |
| 6 | 斗山重工業 | KR | ー |
| 7 | China National Nuclear Company | CN | ○ |
| 8 | Chicago Bridge &Iron | US | ー |
| 9 | China First Heavy Industry | CN | ○ |
| 10 | Shanghai Electric Group | CN | ○ |
| 11 | Dongfang Electric | CN | ○ |
| 12 | BWXT | US | ー |
| 13 | Harbin Electric Corporation | CN | ○ |
| 14 | GE Power | US | ー |
| 15 | Celeros Flow Technology | US | ー |
| 16 | Curtiss Wright Flow Control Co. | US | ー |
| 17 | Flowserve Corporation | US | ー |
| 18 | Pollard Pumps | US | ー |
| 19 | Hayward Tyler | US | ー |
| 20 | Sulzer Ltd | US | ー |

| No. | 企業（昨年度調査資料から） | 国 | 政府資本 |
|---|---|---|---|
| 21 | TRILLIUM FLOW TECHNOLOGIES | US | ー |
| 22 | Baker Hughes Company | US | ー |
| 23 | Bernard Controls | FR | ー |
| 24 | Conval ,Inc. | US | ー |
| 25 | Daher | FR | ー |
| 26 | Guichon Valves | US | ー |
| 27 | Emerson Electric | US | ー |
| 28 | Rotork | UK | ー |
| 29 | Thompson Valves | UK | ー |
| 30 | Velan | CA | ー |
| 31 | Urenco | UK | ○ |
| 32 | Cameco | CA | ○※1 |
| 33 | General Atomics | US | ー |
| 34 | Rolls-Royce | UK | ○※2 |
| 35 | Nuscale Power, LLC | US | ー |

※1:合弁会社・公営企業（州も）として設立。現在は民営化。
※2:過去政府により買収されたが、現在は民営化。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外原子力企業の政府資本有無

## Urenco(英国)

- 英国、オランダ、ドイツの3カ国のアルメロ条約(1970年)に従い、1971年に設立されたウラン濃縮に関する国際共同企業で、現在も政府資本。
- 条約には、「ウラン濃縮のための工場を建設・操業し、その他の方法により当該工程を商業的に利用するための、共同企業の設立及び操業を促進する。」と記載されており、これがUrencoに当たると考えられる。
- 1971年5月に成立した英国法Atomic Energy Authority Act 1971において、上記の条約に従い設立されたウラン濃縮企業(Urenco)が、1965年原子力施設法を適用する旨が記載されているが、設立に関する法は確認できていない。

## Rolls-Royce(英国)

- 現在の航空機エンジンや原子力関連機器に携わるRolls-Royceと、自動車製造・販売に携わるRolls-Royce Motor Carsの起源である、Rolls-Royceは、1971年2月4日、経営破綻し事業の清算を行うこととなった。
- 1971年2月17日、Rolls-Royceやその子会社の企業や資産の一部を買収し、それらの企業を継続させるための”Rolls-Royce (Purchase) Act 1971”が制定された。
- これに従い、Rolls-Royceの原子力等機器の部門を買収し、国有化したものと考えられる。
- なお、法には国有化の理由等の記載はない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外原子力企業の政府資本有無

## Cameco(カナダ)

- Camecoは2つの王立企業であるEldorado Nuclear LimitedとSaskatchewan Mining Development Corporationの合併により、州政府と連邦政府が所有する形で1988年に設立。
- 元の2社の再編に関して、資産の移転等が記載された“The Saskatchewan Mining Development Corporation Reorganization Act”と” Eldorado Nuclear Limited Reorganization and Divestiture Act”が1988年に制定されている。
- 徐々に株式を売却し、2002年に民営化した。

## Rosatom(ロシア)

- 2007年にロシア連邦原子力庁(Minatom)が、会社化されて誕生したのが、Rosatom国営原子力会社である。プーチン大統領が「Rosatom国営原子力会社設置法」に署名、さらに、ロシア連邦原子力庁を廃止し、Rosatomに移転する命令に署名した。
- 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、ロシア国内の原子力産業をすべてを担うRosatomは、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。
- Rosatomにおける民生用原子力発電部門が、アトムエネルゴプロム社である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外原子力企業の政府資本有無

## EDF(フランス)

- EDFは、1946年の「電力・ガス事業国有化法」により設立された国有企業であるが、EU大での電力市場自由化の動きを受け、2004年「EDF・GDF株式会社化法」によりEDFは株式会社となり、一部の株式(約15~16%)が一般公開(部分民営化)された。
- 株式が一般公開されたのちも、EDFへの政府の権限は強く、政府の保有株は約84%であった。2013年当時の16%の株主構成は以下の通り
- 機関投資家(EU内、仏外):約4.2%、機関投資家(EU外):約3.6%、機関投資家(仏内):約2.9%、個人株主2.9%、従業員1.8%、自己株式0.1%
- EDFへの資本注入については、EDFの増資に合わせて、この比率と同程度に政府が増資を受け入れる形となる。
- 株式会社であるEDFが、公共サービスを提供することについて、「relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité(電力についての公共サービスの近代化及び発展に関する法律、2000年)」に、電力供給は国や自治体の責任としており、フランスでは80%近くの電力が原子力発電によるものであるため、国内に設置された原子力発電所の稼働はフランス国土への電力供給に必要不可欠との判断がある。
- EDFの完全国有化のための法律の成立には時間を要することから、公開株式買付(TOB)を実施するとフランス政府は2022年7月19日に発表。
- 今回のTOBにより、保有していない株式15.9%と転換社債(株式へ転換する権利付きの社債)60%を取得する。2022年の補正予算法案を成立させた上で、9月上旬に金融市場庁(AMF)に申請予定であり、政府はTOBの総コストを97億ユーロと見積もっている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国政府によるEDFへの資本注入について（法的根拠）

- EDFは、1946年の「電力・ガス事業国有化法」により設立された国有企業であるが、EU大での電力市場自由化の動きを受け、2004年「EDF・GDF株式会社化法」によりEDFは株式会社となり、一部の株式（約15~16%）が一般公開（部分民営化）された。
- 株式が一般公開されたのちも、EDFへの政府の権限は強く、政府の保有株は約84%であった。2013年当時の16%の株主構成は以下の通り
- 機関投資家（EU内、仏外）：約4.2%、機関投資家（EU外）：約3.6%、機関投資家（仏内）：約2.9%、個人株主2.9%、従業員1.8%、自己株式0.1%
- EDFへの資本注入については、EDFの増資に合わせて、この比率と同程度に政府が増資を受け入れる形となる。
- 株式会社であるEDFが、公共サービスを提供することについて、「relative à la modernisation et au développement du service public de l ‘électricité（電力についての公共サービスの近代化及び発展に関する法律、2000年）」に、電力供給は国や自治体の責任としており、フランスでは80%近くの電力が原子力発電によるものであるため、国内に設置された原子力発電所の稼働はフランス国土への電力供給に必要不可欠との判断がある。
- EDFの完全国有化のための法律の成立には時間を要するため、政府は株価にプレミアムをつけて、公開買い付けを行う可能性が高いと言われている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏法律や法令におけるサプライチェーンに関する記述について

以下に示す法律にてサプライチェーンに関して触れられている。

## 電力・ガス事業国有化法(1946年)

- Title I: The nationalization of electricity and gas companies. (Article 5a)
  - Operators of thermal power plants must contribute to the development of combined heat and power generation, in particular by promoting, in agreement with local authorities, the creation and development of heat distribution networks.
  - Prior to the construction of any power plant with a capacity exceeding 100 megawatts, the applicant must submit to the Minister of Industry **a technical and economic study** of the possibilities of using thermal waste or steam withdrawn either at the outlets of generators or in the process of expansion for district heating **or for any existing or potential industrial or agricultural employment.**
  - The conditions for the transfer of the heat thus produced must be the subject of tariffs fixing its selling price at the exit of each unit, in accordance with the directives of the Government determined by regulation. For Electricité de France, these directives will take into account the effects of the interconnection of electricity distribution networks for the assessment of the loss of revenue due to the decrease in electricity production caused by the use of the processes referred to in the preceding paragraph.

Law No. 46-628 of 8 April 1946 on the Nationalization of Electricity and Gas - Légifrance (legifrance.gouv.fr)

## 電力についての公共サービスの近代化及び発展に関する法律(2000年)

- Title IX: Miscellaneous or transitional provisions. (Articles 47 to 55)

  Any natural or legal person who produces, transmits, distributes, imports, exports or supplies electricity is required to send to the Minister responsible for energy all the data relating to his activity and which are necessary:

  – 1 ° The establishment of statistics for the purpose of developing the energy policy in the field of electricity and communication to specialized bodies within the framework of the international commitments of the France;

  – 2 ° the transmission to the Commission of the European Communities of the elements necessary for the calculation of the average Community share which defines the degree of opening of the Community electricity market;

  – 3 ° To the definition of the eligible customers mentioned in Article 22;

  – 4 ° **Monitoring the impact of this law on the level and structure of employment in the electricity sector.**

Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité - Légifrance (legifrance.gouv.fr)

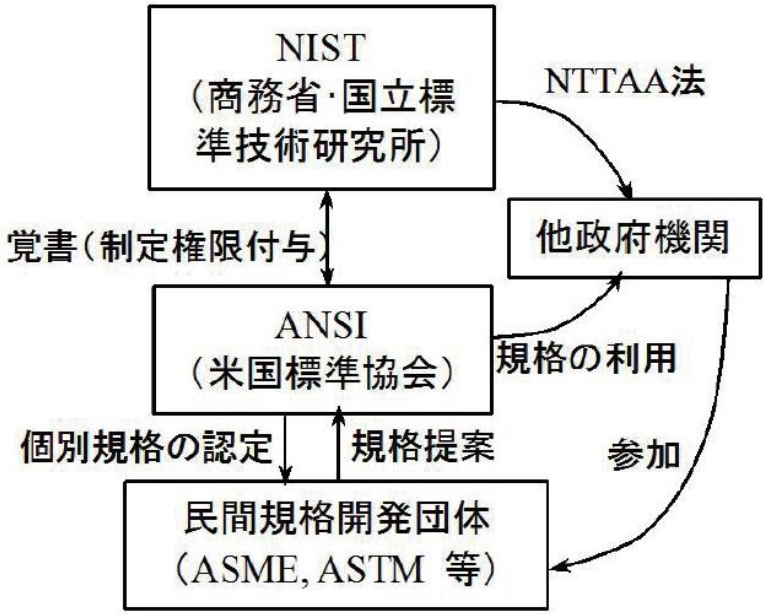
Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ASME規格と米国原子力規制との関係

- 米国では、規制に対する民間規格の積極的な活用を連邦法で規定
- NRC（米原子力規制委員会）もASME（米機械学会）等に対しNRCが是認できるような規格作成を推奨しており、規格開発の場にNRCの担当者も委員として参加

【民間規格活用に係る連邦法】

- OMB Circular A-119: Federal Participation in the Development and Use of Voluntary Consensus Standards and in Conformity Assessment Activities
  - ✓ 規格開発のための政府の戦略を詳述したものであり、規格開発団体への政府機関の参加を促進している。
- National Technology Transfer and Advancement Act of 1995 (NTTAA法)
  - ✓ 政府機関に対し、可能な限り民間規格を採用するよう指示している。




NIST : National Institute of Standards and Technology
ANSI:American National Standards Institute

図　米国における民間規格活用の体系

NIST, Key Federal Law and Policy Documents: NTTAA & OMB A-119, https://www.nist.gov/standardsgov/what-we-do/federal-policy-standards/key-federal-directives

長谷川邦夫, 民間規格を活用義務化する米国政府機関(1)-保全学 Vol.15-4 (2017)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ASME取得のプロセス

- 原子力発電用機器を製作する場合のASME取得プロセス（ASME規格Sec. IIIに準拠）

1. 製作者は、州当局に認可された保険会社と、ASME規格に定められた試験検査実施に関する契約を締結
2. 製作者は、ASMEに対して、工場認定証（Certificate of Authorization）の発行を申請
3. ASMEは、検査組織（National Board）および認可保険会社と共同で製作者を審査。合格の場合は認定証を発行し、ASME規格のスタンプを貸与。

4. 製作者は、顧客と機器製作の契約を結び、機器の製作に着工。
5. 認可保険会社は、あらかじめ締結した製作者との契約に基づいて検査員を派遣。検査員は製作スケジュールに合わせて検査を実施。
6. 機器が完成すると、製作者はDate Reportを作成。検査員はこれに署名し、機器がASME規格に完全に合致していることを証明。
7. 検査員による証明後、製作者は機器のName Plateにスタンプを打刻。
8. 製作者は、機器の出荷とともに、Data Reportを検査組織に送付し永久保管してもらう。

例：原子力発電所用バルブに適用されるスタンプ
Nスタンプ：原子力機器の容器、ポンプ、弁、配管
NVスタンプ：原子力用の安全弁
NPTスタンプ：原子力用機器の部品

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ASME取得に係る費用

【ASME取得に係る費用】

- 原子力機器(N-Type)認証
  - ✓ N、NA、NPT、NV、N3、NS認証(クラス1、2、3、MC、CS、CC、TC):1認証あたり3,685 USD(約55万円)
  - ✓ 認証マーク:1スタンプあたり365 USD(約5.5万円)
  - ✓ 前払い金:11,000 USD(約164万円)
  - ✓ 新規オーナー認証:11,000 USD(約164万円)
  - ✓ 更新オーナー認証:3,850 USD(約57万円)
- 原子力材料供給(Nuclear Material Organization)認証
  - ✓ 認証:1認証あたり3,685 USD(約55万円)
  - ✓ 前払い金:11,000 USD(約164万円)
- 原子力品質保証(Nuclear Quality Assurance(NQA))認証
  - ✓ 認証:1認証あたり3,685 USD(約55万円)
  - ✓ 前払い金:11,000 USD(約164万円)

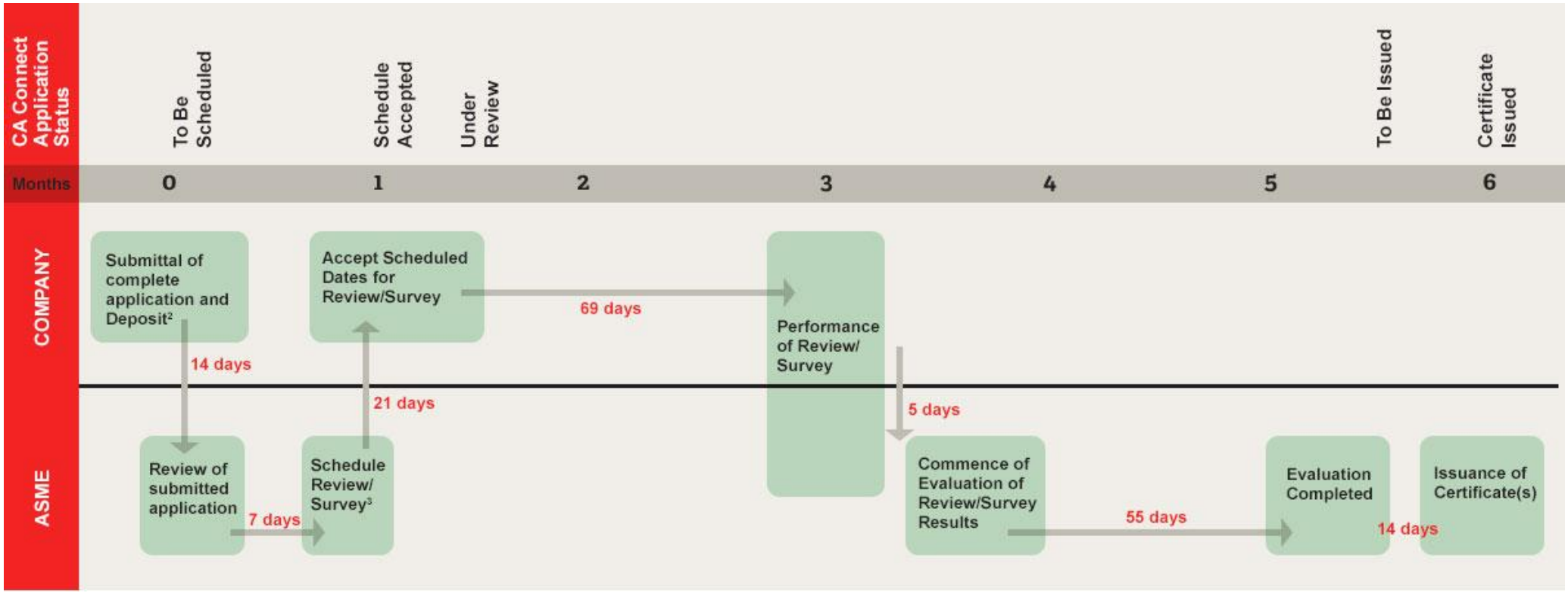
※3年毎に更新が必要。
※上記に加えて審査に関する諸費用(検査員の旅費等)が請求されると考えられる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

54

# ASME取得に係る期間

- ASME取得までの概略プロセスと、必要日数の目安は下図の通り。
- 取得申請から証明発行まで約半年程度（計185日）かかる見込みである。




Copyright © Mitsubishi Research Institute


出所：https://www.asme.org/certification-accreditation/asme-certification-process

# ASME取得に係る費用・ハードル

**原子力機器(N-Type)認証について**
ASMEは、機器製造業者(サプライヤー)に対してNタイプ認証として、6種類のNスタンプ認証を発行している。それぞれの認証内容の概要は以下の通りである。(なお厳密には、さらに対象機器のクラス分類等に応じて細かく定義されている)

1. Nタイプ - 圧力容器、ポンプ、バルブ、系統システム、貯蔵タンク、炉心支持構造物などの構築
2. NAタイプ - すべての品目の現地据付および現地組立
3. NPTタイプ - 部品、付属品、溶接品、系統サブアセンブリの製造・供給
4. NSタイプ – 支持構造物の製造
5. NVタイプ – 安全弁の構築
6. N3タイプ - 輸送用コンテナ、貯蔵用コンテナの構築

すなわち、**サプライヤー企業は、供給機器やサービス毎にN-type認証を取得する必要がある。**
以下、東亜バルブの事例を記載。

ASME の「Boiler and Pressure Vessel Code」(ボイラ及び圧力容器規格)に基づく認証制度には多くの種類があり、その中の原子力発電所用バルブに適用されるスタンプとしては、

| | |
|---|---|
| 「N」スタンプ | 原子力機器の容器、ポンプ、弁、配管 |
| 「NV」スタンプ | 原子力用の安全弁 |
| 「NPT」スタンプ | 原子力用機器の部品 |

が該当し、このスタンプを取得した事業所で製造された製品は ASME 規格に適合している証明として、ASME Code シンボルスタンプを刻印することが認められます。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

56

# ASME以外の規格について

- 国際規格としては、主にIEC、IEEE、ISOがあり、その中で原子力サプライチェーンへの関連が強い国際規格としてはISO 19443等がある。

| 規格発行主体 | 参考情報 |
|---|---|
| IEC（International Electrotechnical Commission） | • IEC TC 45：原子力発電所技術、特にヒューマンシステムインターフェース研究に関する助言と促進を行うために、1971年にIAEAによって設立された原子力発電所計装および制御に関する技術作業部会。<br>• 小委員会の1つであるSC 45Aにて、原子力発電所の電気および電子制御システムの構想から設計、製造、試験、設置、運用、保守、修理、近代化、廃止措置までの全ライフサイクルをカバーする国際規格を発行。<br>• 2014年8月にサイバーセキュリティの問題に対処する最初の規格を発行し、近年、IEC 62645の完全改訂版である第2版を発行。 |
| IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers） | • 産業界を巻き込んだオープンなプロセスを通じて合意基準を策定。<br>• IEEEの標準規格では、現時点における科学的知見と技術的知識に基づく規格とベストプラクティスを定めている。 |
| ISO（International Organization for Standardization） | • 「ISO 19443 Quality management systems：原子力安全にとって重要な製品及びサービスを供給する原子力業界のサプライチェーン内の組織のISO 9001:2015 適用のための固有の要求事項」は、原子力エネルギー、原子力技術及び放射線防護に関する技術委員会ISO/TC 85 が国際原子力機関（IAEA）など、24の国際的な専門家グループの協力を得て、発行。 |

IEC, Standards for the safety of nuclear energy, https://www.iec.ch/blog/standards-safety-nuclear-energy
IEEE SA, IEEE Launches Certification Program for Nuclear Equipment Qualification to Help Improve Global Nuclear Safety, https://standards.ieee.org/news/2022/nuclear-equipment-certification/
IRCA, 原子力産業の品質に関するセクター規格 ISO 19443 https://japan.irca.org/media/category02/ISO19443

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# IEC/TC45の委員会構成

【TC45：原子力計装専門委員会】
WG1：用語及び分類
WG9：放射線検出器とシステム
WG18：原子力及び放射線利用における無人遠隔自動化システム

【SC45A：原子力施設関連計装制御システム及び電気システム分科委員会】
WG2：検出器及び計測手法
WG3：計装および制御システム
WG5：原子炉特殊計装・放射線モニタ
WG7：原子炉安全系電気機器の信頼性
WG8：制御室
WG9：システム性能と外部ストレスに対する堅牢性
WG10：原子力発電プラント計装制御システム及び電気システムの経年劣化管理
WG11：電気システム
IEC-IEEE Joint Project

【SC45B：放射線防護計測分科委員会】
WG5：環境モニタリング用放射線防護計器
WG8：能動形ポケット・携帯型線量(率)計及びモニタ、受動形線量計測システム
WG9：原子力施設内の放射線・放射能モニタリング用据置形装置
WG10：ラドン及びラドン壊変生成物測定装置
WG15：スペクトロメトリ・線量計・線量率計による不法往来監視測定装置
WG16：汚染計及び汚染監視装置
WG17：放射線の能動的応答測定を用いた保安検査システム
MT18：環境・電磁的及び機械的性能要件

IEC - TC 45 Dashboard > Structure: Subcommittee(s) and/or Working Group(s), Membership, Officers, Liaisons

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ISO/TC85の委員会構成

【TC85(原子力)】
WG1　用語
WG3　放射線加工

【SC2:放射線防護】
WG2:基準放射線場
WG13:内部被ばくモニタリング及び線量評価
WG14:空気中放射能濃度の管理及びモニタリング
WG17:放射能測定
WG18:生物学的線量評価
WG19:外部被ばくの個人モニタリング
WG20:放射性物質の不法取引
WG21:民間航空機における放射線被ばく線量評価
WG22:医療放射線利用における線量評価及びそのプロトコル
WG23:放射線防護のための遮蔽及び閉じ込めシステム
WG25:原子力/放射線災害における放射線監視
ISO/TC142:原子力利用におけるアエロゾルフィルター

【SC5:原子力施設関連技術】
WG1:原子燃料サイクルにおける分析方法
WG4:放射性物質輸送
WG5:キャラクタリゼーションと廃棄物管理
WG8:臨界安全
WG13:廃止措置:除染、廃炉、回復

【SC6:原子炉技術】
WG1:発電炉分析及び方法
WG2:研究、試験、放射性同位体製造炉
WG3:発電炉、立地、設計、建設、運転および廃止措置

ISO - ISO/TC 85 - Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection
52-2.indb (jst.go.jp)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ISO19443：原子力産業の品質に関するセクター規格

- 「ISO19443: 品質管理システム」は、原子力発電関連セクターが品質マネジメント規格ISO9001を準拠するための特別要件を規定したもの。原子力発電の安全性にフォーカス。

- 2018年6月13日に発行
- ISO19443について、セクター規格としては、自動車産業向けのISO/TS16949や、医療機器向けのISO13485などが良く知られており、安全性が非常に重視される原子力産業のサプライチェーンがISO9001:2015を適用する際の要求事項を定めるもの。
- 関連規格詳細
  - ISO/IEC TS 23406:2020：製品およびサービスを提供する組織に品質管理システムの監査および認証を提供する機関に対する原子力セクターの要件
  - ISO/IEC 17021-1：適合性評価 - マネジメントシステムの監査および認証を提供する機関の要件
- 諸外国の動き

【英国】
  - UKAS（英国認証機関認定審議会）は原子力サプライチェーンの認定活動として、ISO/IEC 17021-1の認定活動を拡張し、2018年にISO19443の第三者認証認定の準備を開始。ISO IEC TS 23406の要件も考慮。2022年初頭に認定発表が期待されているが、COVID-19の影響により遅延している。

【韓国】
  - 斗山エナビリティは、2022年7月7日に、欧州国際標準試験認証機関であるTÜV SUDからISO19443認証を取得。
  - チェコ、フランスなどの多数の欧州諸国の原子力発電事業者は、原子力周辺機器の供給の前提条件として、ISO19443認証書の取得を要求。

【フランス】
  - EDFもExcell Planにて、ISO19443の認証取得支援をフランス原産協会（Gifen）と協力して進めている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ISO19443：原子力産業の品質に関するセクター規格

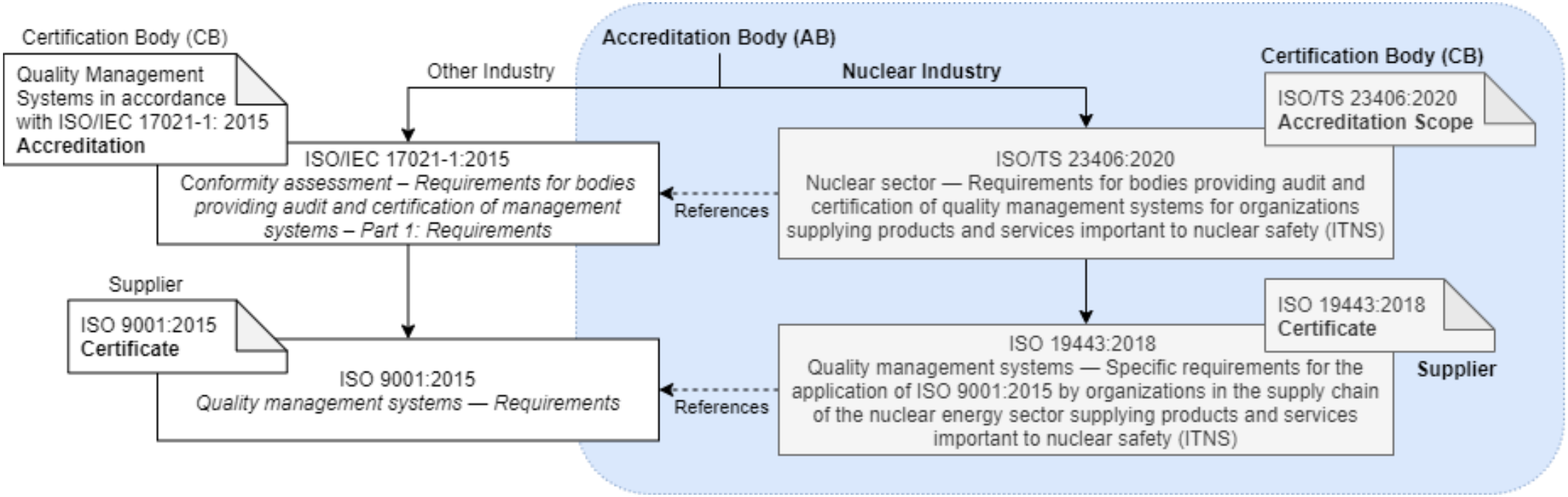
- TÜV SUDによるISO19443のトレーニングプログラムが提供されている。

- TÜV SUDによるISO19443のトレーニングプログラムの提供(1,600ユーロ)
  ISO 19443 Training Course | TÜV SÜD Japan (tuvsud.com)
  【プログラム内容】
  - ISO 19443の構造と要件
  - リスクベース思考入門
  - 原子力安全にとって重要な部品の決定
  - 偽造品、詐欺品、疑わしい商品の防止
  - トレーサビリティ、検証、文書化
  - 原子力安全文化
  - ISO 19443認証プロセス

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ISO19443とその他規格との関連性

- ISO19443、ISO/TS 23406はそれぞれサプライチェーンとその監査を行う機関との関係性であり、他産業でのISO9001とISO/IEC17021の関係性と類似の構造を取っている。




ISO 19443:2018 Suppliers (apolloplus.com)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ISO19443の取得企業

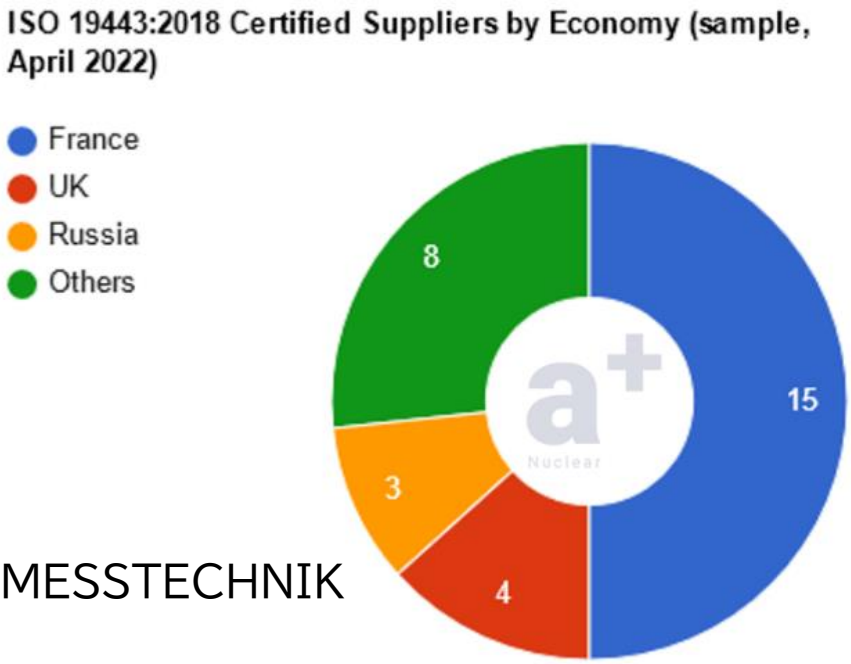
- ISO19443は2018年に発行されており、フランスを中心に取得企業が増加。昨今では韓国斗山エナビリティも取得（2022年7月）

【France】
1. Assystem
2. Valinox Nuclear
3. Seimaf Groupe
4. OAKRIDGE
5. SAS BENONY Mecanique
6. HIXIH
7. ONET
8. FIVES NORDON
9. ORTEC-Groupd
10. SMEP Industries
11. D&S Groupe
12. CEGELEC CEM
13. ISDEL Energy
14. GE Steam Power
15. SNEF Power Services

【UK】
1. Ansaldo Nuclear Ltd.
2. TSP Engineering
3. Doosan Babcock Ltd.
4. SIG Distribution

【Russia】
1. AAEM
2. VO Safety
3. RPE “RADICO”

【Others】
1. SIGMA Group（チェコ）
2. KSR KUEBLER NIVEAU MESSTECHNIK（ドイツ）
3. Krantz GmbH（ドイツ）
4. Mangiarotti（Westinghouse）（イタリア）
5. HULANICKI BEDNAREK（ポーランド）
6. PALTECH（南アフリカ）
7. DEXTRA Manufacturing（タイ）




※海外のコンサル企業の情報で記載しており、網羅的な抽出ではない。

出所：https://www.apolloplus.com/post/iso-19443-2018-certified-suppliers

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国の原子力規格

- 仏国は民間原子力規格としてAFCEN発行のRCC,RSEを利用
  - 規制審査の基準は大きく分けて3要件
    - ✓ ASN(フランス原子力安全局)が決定した、RFS(安全基本規則)
    - ✓ ASNの承認を受けた民間規格であるRCC、RSE-M
    - ✓ その他の省令や通達、ASNが決定した公的な要件
  - サプライヤが取得を必要とするのは分野に沿ったRCC規格

| 規格区分 | 内容 |
|---|---|
| RCC-M | 機械部品の設計・製造・検査規則 |
| RCC-E | 電気部品とI&Cシステムの設計・構築規則 |
| RCC-MRx | Na冷却高速炉(SFR)、研究炉(RR)、核融合炉用(FR-ITER)の設計・建築規則 |
| RCC-C | PWRの燃料集合体と炉心の供給に必要な規則 |
| RCC-CW | 原子力部門の土木工事一般の規則 |
| RCC-F | 原子力設備内における防火システムの規則 |
| RSE-M | 機械部品の稼働中検査、設置、およびメンテナンスの規則 |

  - 外部機関委託の研修が案内されているが、ASMEのような機関による認証プロセスは確認できていない。
    - ✓ Apave、Bureau Veritas、FRAMATOMEといった機関が研修を委託され実施、修了書は発行している。
    - ✓ RCC-Mなら全項目の習得に講習料で400万円弱程度かかる概算、また対面実施の研修がほとんどである。

JAEA，欧米における原子力発電設備の維持基準 https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_02-02-03-16.html
AFCEN https://www.afcen.com/en/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 仏国の原子力規格

- 研修カタログ参考

**CATALOG OF TRAININGS CERTIFIED BY AFCEN - January 2022**

| Field | Reference | Code | Title of training | Duration | Language | Details and inscription |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mechanics | M-001 | RCC-M | Supply and materials according to RCC-M | 1 d | French | Link |
| | M-002 | | Quality assurance according to the RCC-M code | 1 d | French | Link |
| | M-003 | | Control methods according to the RCC-M code | 1 d | French | Link |
| | M-006 | | Understanding of the RCC-M code | 2 d | French | Link |
| | M-007 | | RCC-M code introduction | 2 d | French/English | Link |
| | M-008 | | Design - Sizing according to RCC-M code Materials Lev. 2 and 3 | 3 d | French | Link |
| | M-009 | | Fabrication - Welding - Monitoring according to the code RCC-M | 2 d | French | Link |
| | M-010 | | RCC-M code design | 2 d | French/English | Link |
| | M-012 | | Introduction to the use of the code RCC-M | 3 d | French/English | Link |
| | M-013 | | RCC-M code training ed.2012 (+add.2015) | 4 d | English | Link |
| | M-014 | | Architecture and application of the code RCC-M | 3 d | French | Link |
| | M-015 | | Nuclear pressure equipments - Discovery of the code RCC-M | 3 d | French/English | Link |
| | M-016 | | Discovering RCC-M code | 4 d | French / English | Link |
| | M-017 | | RCC-M code | 5 d | Chinese | Link |
| | M-018 | | RCC-M 2018 - Level 2 & 3 | 3 d | French | Link |
| | M-019 | | Knowing and applying the code RCC-M | 4 d | French/English | Link |
| | M-020 | | Discovery of RCC-M code | 1 d | French/English | Link |
| | M-021 | | RCC-M in application of the ESPN | 2 to 5 d | French | Link |
| | M-022 | | RCC-M code training (without design) | 4 d | English | Link |
| | M-023 | | RCC-M code training (with design) | 4 d | English | Link |
| | MRx-001 | RCC-MRx | Discovering the code RCC-MRx | 3 d | French / English | Link |
| | MRx-002 | | RCC-MRx - Experimental Reactor Specific Construction Code | 3 d | French / English | Link |
| | MRx-003 | | Discovery of the code RCC-MRx | 3 d | French | Link |
| | MRx-004 | | Discovery of the code RCC-MRx | 2 d | French / English | Link |
| | EM-001 | RSE-M | Introduction to the use of the code RSE-M | 3 d | French | Link |
| | EM-002 | | Use of the RSE-M code and its reference document | 5 d | French | Link |
| Civil Engineering | CW-001 | RCC-CW | Civil engineering for nuclear (ETC-C and RCC-W) : Construction | 2 d | French / English | Link |
| | CW-002 | | Civil engineering for nuclar (ETC-C and RCC-CW) : Design | 3 d | French/English | Link |
| | CW-003 | | Civil engineering for nuclear (ETC-C and RCC-CW) : General introduction | 1 d | French / English | Link |
| Electricity | E-001 | RCC-E | Discovering the RCC-E code, 2012 edition | 1 d | French / English | Link |
| | E-002 | | RCC-E 2012 - Qualification and manufacturing of an electrical equipment | 3 d | French/English | Link |
| | E-003 | | Use of the RCC-E code, 2012 edition | 4 d | French | Link |
| | E-004 | | RCC-E 2016 - Qualification and manufacturing of an electrical equipment | 3 d | French/English | Link |
| | E-005 | | RCC-E 2012 - Specialisation "Inspection" | 1 d | French | Link |
| | E-006 | | RCC-E 2012 - Qualification and manufacturing of an electrical equipment | 2 d | French | Link |
| | E-007 | | RCC-E 2016 - Qualification and manufacturing of an electrical equipment | 2 d | French/English | Link |
| | E-008 | | RCC-E 2016 - Overview | 1 d | French/English | Link |
| | E-009 | | Upgrade RCC-E 2012 - 2016 | 1 d | French/English | Link |
| | E-010 | | RCC-E 2019 - Qualification and manufacturing of an electrical equipment | 3 d | French/English | Link |
| | E-011 | | Knowledge of RCC-E code, 2016 edition focus on equipment | 2 d | French | Link |
| | E-012 | | Upgrade RCC-E 2012 - 2016 - 2019 | 1 d | French | Link |
| | E-013 | | RCC-E 2019 - Qualification and manufacturing of an electrical equipment | 2 d | French/English | Link |
| Fire protection | F-001 | RCC-F | ETC-F : fire protection conception and construction rules | 4 d | French | Link |

M-014のコースで
税抜き1240ユーロ
（18万円程度）

出所：https://www.afcen.com/public/training-catalogs/training-catalog-en.pdf

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 英国の原子力規格

- 英国Hinkley Point Cの建設においては、機器区分ごとに参入するための規格が提示
  - Hinkley Pointのサプライチェーンガイドをもとに、サプライヤの規格対応を確認。
  - 機器区分ごとに参考規格が提示されており、この規格（RCC-M等）に従う。
  - サプライヤの製造に関する監視・検査は、ライセンシーが直接実施したり、外部機関に委託したりできる。

| Safety Class | RCPB or HIC | 機械区分 | 規格コード |
|---|---|---|---|
| 1 | Y | M1 | RCC-M1 |
| | N | M2 | RCC-M2<br>追加条件付きASME III、もしくは追加条件付きKTA（ドイツ原子力規格）でも可 |
| | N | M3 | RCC-M3 |
| 2 | N | M2 | RCC-M2<br>追加条件付きASME III、もしくは追加条件付きKTA（ドイツ原子力規格）でも可 |
| | N | M3 | RCC-M3 |
| 3 | N | M2 | RCC-M2<br>追加条件付きASME III、もしくは追加条件付きKTA（ドイツ原子力規格）でも可 |
| | N | M3 | RCC-M2 もしくは追加条件付きのHarmonised European Standards（欧州整合規格）でも可<br>もしくはPEDに準拠する任意の基準に追加条件を設けたものでも可 |
| | N | NR | Harmonised European Standards（欧州整合規格）<br>もしくはPED（欧州圧力機器指令）に準拠する任意の基準 |

RCC-M：機械部品の設計施工規則
KTA：ドイツ原子力規格
PED：欧州圧力機器指令

M1：機械区分（原子炉冷却材圧力バウンダリと高信頼性機器）
M2：機械区分（燃料被覆管の完全性が要求されない箇所で原子炉冷却材圧力バウンダリから隔離されていない原子力製品
M3：機械区分（原子炉の冷却材に接触することはないが、閉じ込めの役割を果たす原子力製品）
NR：区分外

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外の原子力サプライヤの人材育成支援

- **仏国では溶接技術の維持のために、溶接に関する学校が設置・開講された。**

溶接に関する工業学校の設置

- 以下の目的で学校が設置されている。

  - フランス産業、特に原子力および海軍部門は、同一の溶接の課題（溶接工不足、高い産業要件による高いレベルのスキルの必要性）に直面している。
  - 将来の雇用を確保し、2つのセクターの産業地域および国のニーズを満たすことが必要になった。
  - この課題に対処するために、潜水艦、水上艦、原子力施設の建設などの大規模な工業用地で働く最高のフランスの溶接工を訓練する。

- 年間200名、10万時間のトレーニングが計画されている。
- 総予算は840万ユーロ（12億円程度）で、フランス復興計画から選定されている。
- 2022年9月から企業の従業員向けのトレーニングが開始され、2023年にはさらに一般に開放される。
- 訓練カタログを確認する限りでは、原子力特有の講座は、1種類のみで全体から占める割合は多くないと考えられるが、原子力発電所内を模擬した環境で訓練できるとしている。

企業の従業員向け訓練カタログ

原子力発電所内を再現した環境

出所）https://hefais.fr/

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外の原子力サプライヤの人材育成支援

- 人材事業について仏国の例を深掘り調査

仏政府によるフランス復興計画

- 資金：4.9億ユーロ（そのうち、2億ユーロが原子力基金）
- 内容
  - SMR・廃棄物管理可能な炉型の開発を支援
  - 原子力産業のデジタル化や原子力技能人材の強化（1.5億€）
  - 国内原子力関連中小企業を支援するファンド（フランス原子力基金）を設立（国1億€、EDF1億€）

ものづくりの人材育成関係の取り組みについて
原子力基金での取り組みを次ページ以降で紹介

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力基金にて実施されているものづくり関係の人材育成(1/5)

プロジェクト名:AFEN(電気技師の育成アカデミー創設)

実施事業者:INEO NUCLEAIRE(原子力事業も扱う電気工事会社)

サイト:https://www.equans.fr/votre-activite/infrastructures-energetiques/nucleaire-environnements-sensibles/services/lafen

- 概要
  原子力発電所の電気設備等に係るソリューションサービス会社において、原子力を専門とする電気技師の育成アカデミーを創設。
- 内容:4つのトレーニングコースを提供
  - 原子力環境での電気技師コース(所要時間:434時間)
    配線、接続、トラブル対応、サービスおよびメンテナンス
  - 原子力環境での電気技術者研究コース(所要時間:455時間)
    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」(所要時間:70時間)
    技術的特異性について研究スタッフを教育し、安全文化を認識させる
  - 専門分野「原子力の環境特異性」(所要時間:70時間)
    原子力環境の特異性について現場担当者を教育し、安全文化を認識させる

サポーター

pôle emploi
雇用を担当する行政機関

Constructys
Votre partenaire compétences
建設スキルの職業訓練機関

institut des ressources industrielles
産業資源研究所:
180人の職業訓練用のトレーナー、エンジニアなどを抱える職業訓練センター

TRIHOM
FORMATION INGENIERIE CONSEIL
Oranoのトレーニング組織

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力基金にて実施されているものづくり関係の人材育成（2/5）

プロジェクト名：ETSN（配管溶接作業）
実施事業者：BOCCARD（産業機器および設備の設計、製造、保守メーカー）
サイト：https://www.boccard.fr/vos-marches-industriels/civil-nuclear-industry/

- 概要
  産業用設備設計・施工会社における内部人材の育成により配管溶接作業に係わる高い能力水準を確保。
- 内容：詳細情報なし

プロジェクト名：Hybridation & VMCT
実施事業者：SNCT PUBLICATIONS
サイト：特になし

- 概要
  ボイラ・配管産業団体を通じ原子力発電所の配管作業員及び溶接作業員の能力開発・強化ならびに金属加工専門人材の養成施設へのバーチャルリアリティモジュールを提供。
- 内容：詳細情報なし

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力基金にて実施されているものづくり関係の人材育成(3/5)

プロジェクト名:ESPEF(溶接学校・訓練プラットフォーム)

実施事業者:Framatome(重電メーカー)

サイト:https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/actualites-et-evenements2/decouvrez-le-projet-ecole-de-soudage-et-plateforme-d-entrainement

- 概要

  Framatome社においてハイテク溶接に関する人材育成・トレーニング方法の近代化により社内のチームや協力企業の人員の能力を開発。

- 内容:詳細は上記URLの動画参照(約3分)。以下いくつか様相を抜粋。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力基金にて実施されているものづくり関係の人材育成(4/5)

プロジェクト名:NExIF(原子力産業人材育成コンソーシアム)

実施事業者:EDF、CFA DES METIERS DE L'ENERGIE、LYCEE ANDREEE MALRAUX、GRETA MTI 77、パリ・サクレー大学など

サイト:https://www.edf.fr/edf-recrute/nos-actualites-rh/reussir-un-avenir-bas-carbone-decouvrez-le-projet-nexif

https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/actualites-et-evenements2/nexif-l-excellence-des-formations-nucleaires-en-ile-de-france

- 概要
  原子力産業人材育成のためにイル＝ド＝フランス地域圏(首都圏)の高校、大学、職業能力開発機関Greta MTI 77、EDF及びCEAが教育パスを共同開発。
- 内容:技術者とエンジニアのための原子力部門のトレーニングをコンソーシアム一体となって開発(190万ユーロの資金獲得)
  - 訓練を受けた卒業生は2023年以降から原子力発電所にて優遇される?(詳細不明)
  - 原子力発電所運用技術者という資格が得られる

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力基金にて実施されているものづくり関係の人材育成（5/5）

プロジェクト名：PASS NUCLEAIRE（配管セグメントでの専門職のトレーニング）

実施事業者：ASSOCIATION POUR l‘APPRENTISSAGE INDUSTRIEL（産業トレーニング提供会社）、FIVES NORDON（産業配管業者）

サイト：https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/actualites-et-evenements2/projet-pass-nucleaire-formations-et-promotion-des-metiers-de-la-tuyauterie

- 概要
  産業トレーニングセンターと工業用配管専門会社による、配管セグメントに係わる人材の初期研修または継続研修の方法の開発。
- 内容：詳細情報なし

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 海外の原子力サプライヤの人材育成支援

- 人材事業について仏国の例を深掘り調査

## EDF“Excell Plan”の取り組み状況

**資金：1億ユーロ（2020-2021年にかけての投入金額であり、2022年以降は不明）**

- **Excell Plan**：フォルツ氏の調査報告書の指摘を踏まえた政府の要請により、EDFが公表した仏原子力産業のエクセレンス向上のための計画
  - 下記の5つの項目での取り組みを実施。
  1. 大規模新設プロジェクトの確実なガバナンス：四半期ごとのパフォーマンス評価等
  2. 原子力業界の従事者数の増強：21,000人増加
  3. 製造時の欠陥ゼロ化：フラマトムへの5,000万ユーロの投資、EPR2のTier1全サプライヤの資格（ISO 19443）の取得、フランス原産協会による資格取得支援等
  4. 下請業者との契約の合理化と結果重視：新たな契約ツールの導入等
  5. 標準化による品質と安全性向上：機器カタログなどの整備

**フランス原産協会（GIFEN）による、ものづくり人材育成の取り組みを紹介**

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# Excell Planにて実施されているものづくり関係の人材育成(1/4)

- フランス原産協会GIFENによるMATCHプログラム。
- 2,000近くのトレーニングコースを提供。

Mon Avenir dans le Nucléaire | Le portail des métiers et des formations du nucléaire (monavenirdanslenucleaire.fr)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# Excell Planにて実施されているものづくり関係の人材育成(2/4)

トレーニング内容:工業用ボイラー製造

サイト:https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/les-formations/des-formations-pour-toutes-et-tous/bac-pro-technicien-en-chaudronnerie-industrielle-tci

- 概要
  ボイラーアセンブリ、板金アセンブリ、工業用配管、および金属構造フレームの製造を行う
- 内容:
  - 手動操作の工作機械だけでなく、CNC機械やロボットも使用
  - 溶接、リベット留め、ボルト締め、接着などの使用する材料ごとの組み立て技術や適切な機械(レーザー切断、プラズマ切断、プレス、圧延、溶接ロボットなど)の活用
  - CAMを分析して活用するCADソフトウェアの活用

図　訓練箇所一覧

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# Excell Planにて実施されているものづくり関係の人材育成(3/4)

トレーニング内容:回転機器メカニック

サイト:https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/les-metiers/tous-les-metiers/mecanicienne-mecanicien-machines-tournantes

- 概要
  予防および是正保守業務を担当し、速度低下、誤動作、故障を防ぐ
- 内容:
  - 欠陥部品の洗浄、修理、交換
  - 機械部品のアセンブリ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# Excell Planにて実施されているものづくり関係の人材育成(4/4)

トレーニング内容:バルブ

サイト:https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/les-metiers/tous-les-metiers/robinetiere-robinetier

- 概要
  バルブエンジニアとして予防、保守、保全を実施
- 内容:
  - 状態監視、修復対応
  - 機器メンテナンス、修理・交換

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 【参考資料】フランスーExcell Planについて

- 【2019年12月】
  フォルツ氏の調査報告書の指摘を踏まえた政府の要請により、EDFは仏原子力産業のエクセレンス向上のための計画（Excell plan）を公表。
  - 同計画は①原子力産業の品質強化、②技能・能力強化、③大規模プロジェクトのガバナンス強化の3つの柱で構成されており、EDFは2020～2021年にかけて1億ユーロを投じる方針を提示。

    https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiques-de-presse/edf-presente-excell-le-plan-d-excellence-de-la-filiere-nucleaire
- 【2020年10月】
  EDFは同計画が順調に進捗していることを発表するとともに、2021年半ばまでに、新たに①大規模新設プロジェクトの確実なガバナンス、②原子力業界の従事者数の増強（2019~2021年にかけて従事者数を21,000人増加）、③製造時の欠陥ゼロ化、④下請業者との契約の合理化と結果重視、⑤標準化による品質と安全性向上の5つの柱に基づく25の取組を実施する方針を明らかにした。 https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiques-de-presse/edf-presente-un-premier-point-detape-du-plan-excell-le-plan-dexcellence-de-la-filiere-nucleaire
- 【2021年3月】
  フラマトム社は、検査員を養成する検査アカデミーの開設を発表し、Excell planと連動して、EDF従業員を対象に訓練を実施すると発表。

  https://www.framatome.com/EN/businessnews-2107/framatome-inspection-academy-opens-in-st-marcel-francenbsp.html
- 【2022年6月時点の主な進捗】
  ①ガバナンス：四半期ごとの全プロジェクトのパフォーマンスと成熟度合いの評価、毎週のスケジュール遵守
  ②原子力業界の増強：原子力専門職大学、10年間の訓練要請、EDF・フラマトムにおけるKMの展開
  ③製造時の欠陥ゼロ化：フラマトム向上への5,000万ユーロの投資、EPR2のTier1全サプライヤの資格（ISO 19443）の取得、Gifenによる資格取得支援
  ④下請業者との契約の合理化：新たな契約ツールの導入、高リスク契約への金銭的なインセンティブメカニズムの導入、Top30サプライヤのパフォーマンスプランの実施と管理
  ⑤標準化による品質と安全性向上：プロジェクトにおけるカタログ（CADO）の活用

  https://www.edf.fr/groupe-edf/edf-en-bref/plan-excell

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ③原子力産業が他産業や国内経済に及ぼす影響

- 経済・雇用への波及効果
- 原子力産業の他産業への裨益
- 再稼働による裨益

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力産業による経済・雇用への波及

- 各国の原子力産業全体の経済・雇用への波及について、年間一定の経済効果や雇用を促す効果が試算されている

| | 年間当たりの経済効果（円換算※） | 雇用数 | 推定年度（年） | 原子炉（基） | | | | サイクル関連施設（稼働中のみ） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 運転 | 廃止措置 | 建設 | 合計 | 商用再処理 | 濃縮 | 燃料加工（U集合体） |
| 米国 | 400億ドル（5兆2,000億円） | 7万人 | 2012 | 93 | 40 | 2 | 135 | ー | 1 | 2 |
| 英国 | 64億ポンド（1兆500億円） | 6.6万人 | 2016 | 11 | 34 | 2 | 47 | 1 | 1 | 2 |
| 仏国 | 490億ユーロ（6兆7,000億円） | 18万人 | 2019 | 56 | 15 | 1 | 72 | 1（2系統） | 1 | 1 |
| 韓国 | 20兆7,300億ウォン（2兆1,100億円） | 3.5万人 | 2019 | 24 | 2 | 4 | 30 | ー | ー | 2 |
| カナダ | 60億加ドル（6,000億円） | 3万人 | 2017 | 19 | 6 | 0 | 25 | ー | ー | 3 |
| 日本 | 2兆1,000億円 | 4.9万人 | 2020 | 33 | 27 | 2 | 62 | 1（建設中） | 1 | 3 |

※：1米ドル：130円、1ポンド：164円、1ユーロ：137円、1ウォン：0.102円、1加ドル：101円換算
※：各国で試算された原子力産業による年間あたりの経済効果（米国・仏国・韓国・日本は売上高総計、英国・カナダは粗付加価値）

出所）原子炉・サイクル関連施設の情報はIAEA資料を基に作成、経済効果・雇用数は各国公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力発電所建設による経済・雇用への波及影響

- 諸外国においては、原子力発電の建設により、さらに数千人以上の雇用、数千億円程度の経済効果を見込む試算がなされている。

## AP1000
ヴォーグル3・4号
（建設中：1,250MW×2）

- ✓ ピーク時**3,000名**以上の雇用が創出
- ✓ 約26億ドル（**3,400億円**程度）の経済効果

※経済効果は”代替発電と比較した顧客への価値“と表現されており、明確な算出方法等は記載されていない

画像出所）Georgia Power, https://www.georgiapower.com/company/plant-vogtle.htmlより抜粋

## EPR
ヒンクリーポイントC
（建設中：1,720MW×2）

- ✓ **12,500名**の雇用が創出
- ✓ 7.5億ポンド（**1,200億円**程度）の経済効果

画像出所）EDF, https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-new-build-projects/hinkley-point-c/about/reactorより抜粋

## OPR1000
新ハンウル3・4号
（建設中止：1,400MW×2）

- ✓ **875名**/年の雇用が創出
- ✓ 9120億ウォン（**930億円**程度）の経済効果

※追加的な地域雇用のみ（既存の事業者の雇用等は除く）とみられる

※画像は建設中の新ハンウル1, 2号機
画像出所）原子力産業新聞, https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/9095.htmlより抜粋

- ※1米ドル：130円、1ポンド：164円、1ウォン：0.102円
- ※雇用数には、直接的な雇用以外に間接的な雇用も含まれる。各国で試算された雇用数を基数で除することで1基あたりの雇用効果とした。
- ※各国で試算された、発電所建設による間接効果等も含んだ経済効果を、基数で除することで1基あたりの経済効果とした。

出所）経済効果・雇用数は各国公表情報を基に作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力産業による雇用への波及影響

## 各国別の整理

出所）経済効果・雇用数は各国公表情報を基に作成

- 運転中の原子炉1基あたりの値での評価結果

| | | 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 | 6.6万人 | 18万人 | 2000社 | 3万人 | 4.9万人 |
| | 1基あたり | 750人 | 6,000人 | 3,200人 | 情報なし | 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 | | 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 | 15.5万人 | 45.7万人 | 情報なし | 7.6万人 | 情報なし |
| | 1基あたり | 5,100人 | 14,000人 | 8,160人 | 情報なし | 4000人 | 情報なし |
| | 備考 | | 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 | | 直接雇用数からの推定 | |

- 運転等のライフサイクルの各フェーズでの評価結果

| | | 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） | 米国・中東10基 | オンタリオ州SMR（実証炉300MW） | 情報なし |
| 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<br>建設時<br>運転時<br>廃止措置時 | 建設時：3,000人以上<br>運転時：400人 | 建設時：12,500人[2]<br>運転時：450人 | 建設時：2,700名<br>運転時：500名 | 情報なし | 1,939人/年<br>296人/年<br>183人/年 | 情報なし |
| | 備考 | 運転時は見込み値 | 見込み値 | 見込み値 | | 見込み値 | |

- 各国の原子力発電所の国産化率

| | 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） | 情報なし | 80%（2011年試算） | 情報なし | 74%（今後のSMR建設見込み） | 多くの原発で90%以上 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 諸外国における原子力産業の他産業への裨益

- 原子力産業は、医療分野（放射線治療・放射性同位体等）や航空・自動車等の産業にも貢献

## 米国

- 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

## 仏国

- 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

## カナダ

- 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

# 再稼働に向けた安全対策工事の裨益　推計試行

## 推計条件

- 原産協会データに加え、安全対策工事完了日・特重施設工事完了日のファクトを確認。
- これらのデータや仮定をもとに、3ヶ月毎に安全対策工事と特重施設工事を実施している炉の数を見積もる。
- 各工事の年間費用をパラメータとし、年度ごとの新規制基準対応支出額を目的変数に定め、推計。
- 工事の年間支出額をもとに、データの無い2020年度以降の新規制基準対応支出額を推計する。
- 工事終了から支払いまでのずれを考慮し、年度の支出額は1~12月までの工事の支出額が反映されるとした。

| 発電炉名 | 炉型 | 原子炉設置(変更)許可手続き | | 工事計画認可 | 営業運転再開 | 安全対策工事完了 | 特重施設工事完了 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 審査申請 | 審査書案了承/決定 | | | | |
| 東海第二 | BWR | 14.05.20 | 18.07.04/18.09.26 | 18.10.18 | | | |
| 敦賀 2 | PWR | 15.11.05 | | | | | |
| 泊 1 | PWR | 13.07.08 | | | | | |
| 泊 2 | PWR | 13.07.08 | | | | | |
| 泊3 | PWR | 13.07.08 | | | | | |
| 女川 2 | BWR | 13.12.27 | 19.11.27/20.02.26 | 21.12.23 | | | |
| 女川3 | BWR | | | | | | |
| 東通 1 | BWR | 14.06.10 | | | | | |
| 柏崎刈羽 1 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 2 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽3＊ | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 4 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 5 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 6 | ABWR | 13.09.27 | 17.10.04/17.12.27 | | | | |
| 柏崎刈羽 7 | ABWR | 13.09.27 | 17.10.04/17.12.27 | 20.10.14 | | | |
| 浜岡 3 | BWR | 15.06.16 | | | | | |
| 浜岡4 | BWR | 14.02.14 | | | | | |
| 浜岡 5 | ABWR | | | | | | |
| 志賀 1 | BWR | | | | | | |
| 志賀 2 | ABWR | 14.08.12 | | | | | |
| 美浜 3 | PWR | 15.03.17 | 16.08.03/16.10.05 | 16.10.26 | 21.07.27 | 20.9.18 | |
| 高浜 1 | PWR | 15.03.17 | 16.02.24/16.04.20 | 16.06.10 | | 20.9.18 | |
| 高浜 2 | PWR | 15.03.17 | 16.02.24/16.04.20 | 16.06.10 | | 22.1.31 | |
| 高浜3 | PWR | 13.07.08 | 14.12.17/15.02.12 | 15.08.04 | 16.02.26 | 16.02.26 | 20.12.11 |
| 高浜4 | PWR | 13.07.08 | 14.12.17/15.02.12 | 15.10.09 | 17.06.16 | 17.06.16 | 21.3.25 |
| 大飯 3 | PWR | 13.07.08 | 17.02.22/17.05.24 | 17.08.25 | 18.04.10 | 18.08.30 | |
| 大飯 4 | PWR | 13.07.08 | 17.02.22/17.05.24 | 17.08.25 | 18.06.05 | 18.08.30 | |
| 島根2 | BWR | 13.12.25 | 21.06.23/21.09.15 | | | | |
| 伊方3 | PWR | 13.07.08 | 15.05.20/15.07.15 | 16.03.23 | 16.09.07 | 16.05.25 | 21.10.5 |
| 玄海3 | PWR | 13.07.12 | 16.11.09/17.01.18 | 17.08.25 | 18.05.16 | 18.05.16 | |
| 玄海 4 | PWR | 13.07.12 | 16.11.09/17.01.18 | 17.09.14 | 18.07.19 | 18.07.19 | |
| 川内 1 | PWR | 13.07.08 | 14.07.16/14.09.10 | 15.03.18 | 15.09.10 | 15.09.10 | 20.11.11 |
| 川内 2 | PWR | 13.07.08 | 14.07.16/14.09.10 | 15.05.22 | 15.11.17 | 15.11.17 | 20.12.26 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 再稼働に向けた安全対策工事の裨益　推計試行

## 推計条件

- 安全対策工事、特重施設工事の期間が厳密には確認できないため、以下の想定で工事期間を見積もった。

1. 特重工事まで完了した炉

- 審査申請日～安全対策工事完了日までを安全対策工事期間とした。
- 安全対策工事完了日～特重施設工事完了日までを特重施設工事期間とした。

2. 安全対策工事まで完了した炉

- 審査申請日～安全対策工事完了日までを安全対策工事期間とした。
- 安全対策工事完了日～現在までを特重施設工事期間とした。

3. 営業運転が再開していない炉

- 審査申請日～現在までを安全対策工事期間とした。

※なお、安全対策工事完了日が不明な場合は営業運転再開日を工事完了日とした。

| 発電炉名 | 炉型 | 原子炉設置(変更)許可手続き | | 工事計画認可 | 営業運転再開 | 安全対策工事完了 | 特重施設工事完了 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 審査申請 | 審査書案了承/決定 | | | | |
| 東海第二 | BWR | 14.05.20 | 18.07.04/18.09.26 | 18.10.18 | | | |
| 敦賀 2 | PWR | 15.11.05 | | | | | |
| 泊 1 | PWR | 13.07.08 | | | | | |
| 泊 2 | PWR | 13.07.08 | | | | | |
| 泊3 | PWR | 13.07.08 | | | | | |
| 女川 2 | BWR | 13.12.27 | 19.11.27/20.02.26 | 21.12.23 | | | |
| 女川3 | BWR | | | | | | |
| 東通 1 | BWR | 14.06.10 | | | | | |
| 柏崎刈羽 1 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 2 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽3＊ | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 4 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 5 | BWR | | | | | | |
| 柏崎刈羽 6 | ABWR | 13.09.27 | 17.10.04/17.12.27 | | | | |
| 柏崎刈羽 7 | ABWR | 13.09.27 | 17.10.04/17.12.27 | 20.10.14 | | | |
| 浜岡 3 | BWR | 15.06.16 | | | | | |
| 浜岡4 | BWR | 14.02.14 | | | | | |
| 浜岡 5 | ABWR | | | | | | |
| 志賀 1 | BWR | | | | | | |
| 志賀 2 | ABWR | 14.08.12 | | | | | |
| 美浜 3 | PWR | 15.03.17 | 16.08.03/16.10.05 | 16.10.26 | 21.07.27 | 20.9.18 | |
| 高浜 1 | PWR | 15.03.17 | 16.02.24/16.04.20 | 16.06.10 | | 20.9.18 | |
| 高浜 2 | PWR | 15.03.17 | 16.02.24/16.04.20 | 16.06.10 | | 22.1.31 | |
| 高浜3 | PWR | 13.07.08 | 14.12.17/15.02.12 | 15.08.04 | 16.02.26 | 16.02.26 | 20.12.11 |
| 高浜4 | PWR | 13.07.08 | 14.12.17/15.02.12 | 15.10.09 | 17.06.16 | 17.06.16 | 21.3.25 |
| 大飯 3 | PWR | 13.07.08 | 17.02.22/17.05.24 | 17.08.25 | 18.04.10 | 18.08.30 | |
| 大飯 4 | PWR | 13.07.08 | 17.02.22/17.05.24 | 17.08.25 | 18.06.05 | 18.08.30 | |
| 島根2 | BWR | 13.12.25 | 21.06.23/21.09.15 | | | | |
| 伊方3 | PWR | 13.07.08 | 15.05.20/15.07.15 | 16.03.23 | 16.09.07 | 16.05.25 | 21.10.5 |
| 玄海3 | PWR | 13.07.12 | 16.11.09/17.01.18 | 17.08.25 | 18.05.16 | 18.05.16 | |
| 玄海 4 | PWR | 13.07.12 | 16.11.09/17.01.18 | 17.09.14 | 18.07.19 | 18.07.19 | |
| 川内 1 | PWR | 13.07.08 | 14.07.16/14.09.10 | 15.03.18 | 15.09.10 | 15.09.10 | 20.11.11 |
| 川内 2 | PWR | 13.07.08 | 14.07.16/14.09.10 | 15.05.22 | 15.11.17 | 15.11.17 | 20.12.26 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

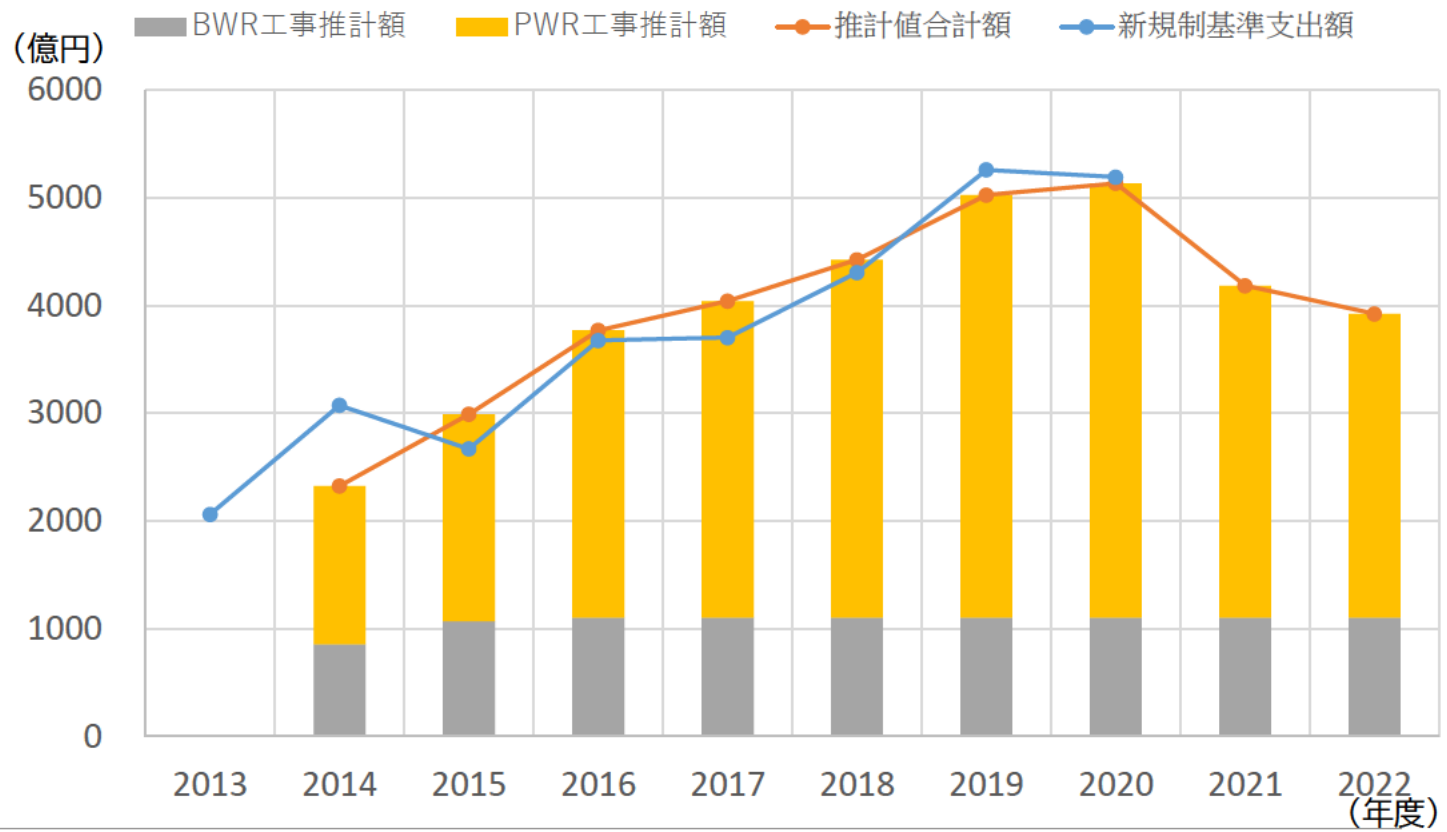
# 再稼働に向けた安全対策工事の裨益　推計試行

## 推計結果

- パラメータの推計結果は、安全対策工事額が約120億円/年、特重施設工事額が約340億円/年となった。
- 2021年度以降、安全対策工事や特重施設工事の基数が少なくなっていくため、減少傾向が推測される。
- 工事期間の推計、新規制基準支出額と工事費用との関係性、再稼働していない炉の工事費用まで同じパラメータで推計している点等、不確実性がかなり大きい。

（億円）

| 年度 | 原子力関係支出高 | 新規制基準支出額 | 推計値合計額 | BWR工事推計額 | PWR工事推計額 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2013 | 6699 | 2060 | | | |
| 2014 | 9445 | 3073 | 2324 | 856 | 1468 |
| 2015 | 11439 | 2668 | 2990 | 1070 | 1920 |
| 2016 | 18695 | 3675 | 3768 | 1101 | 2667 |
| 2017 | 18891 | 3702 | 4041 | 1101 | 2941 |
| 2018 | 21188 | 4305 | 4424 | 1101 | 3323 |
| 2019 | 20155 | 5259 | 5025 | 1101 | 3924 |
| 2020 | 21034 | 5192 | 5134 | 1101 | 4033 |
| 2021 | | | 4184 | 1101 | 3083 |
| 2022 | | | 3922 | 1101 | 2821 |




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4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 2023年3月」

三菱総合研究所

令和5年3月31日

# 目次


重点8カ国の概況 3

重点8カ国の国別プロファイル 12

- 米国 13
- 英国 29
- フランス 41
- ドイツ 55
- 中国 67
- 韓国 80
- インド 92
- ロシア 103

準重点国の国別プロファイル 116

- カナダ 117
- ポーランド 132
- チェコ 142
- ブルガリア 152
- ルーマニア 162
- ハンガリー 173

調査対象国の国別プロファイル 183

- スイス 184
- ベルギー 190
- フィンランド 196
- スウェーデン 203
- イタリア 210
- オランダ 216
- ウクライナ 223
- 台湾 228
- パキスタン 235
- トルコ 240
- アラブ首長国連邦 247


Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 重点8カ国の概況

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 重点国概況：米国（2023年3月）

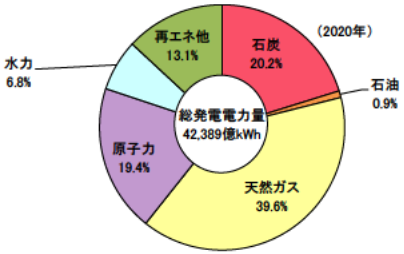
**【注目ポイント】**

- 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。
- ヴォーグル3,4号機（AP1000, 2基）の建設は工期中にパンデミックが発生したことを背景に後ろ倒しとなり、運開時期は2023年第2四半期（3号機）、2023年第4四半期もしくは2024年第1四半期（4号機）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 | 3億3,200人 |
| 通貨 | 1米ドル＝130円（2023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 | 18兆4,226億ドル（2020年実質） | GDP成長率 | 5.7%（2021年） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

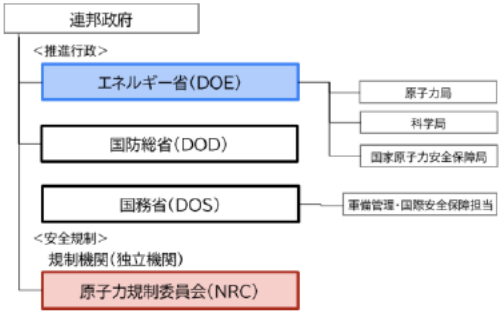
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 42,389億kWh |
| 消費電力量 | 38,292億kWh |
| 電力純輸入量 | 390億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 7,716億kWh |
| 設備容量（net） | 9,471.8万kW |
| 基数 | 運転中92基/建設中2基/計画中3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以外にも、国立研究所の敷地活用も含めた支援を実施し、アイダホ国立研究所においてNuScale社製SMR初号機の建設準備が進む

**●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
- X-Energy社は高温ガス炉Xe-100の基本設計を終了し、2023年末までにNRCに建設認可申請予定

**●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<br>• 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<br>• 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<br>• 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<br>• 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（2023年3月）

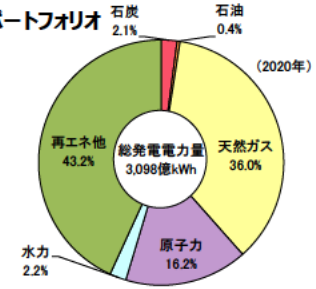
**【注目ポイント】**

- 1年間で首相が2回交代しており、スナク政権でもこれまでの原子力推進方針が堅持されていくのか注目
- サイズウェルC建設計画に対する規制資産ベース（RAB）モデルの適用、開発合意令（DCO）発給が完了しており、引き続き2024年最終投資決定（FID）に向けた動向に注目
- GDA認証を受けたロールスロイスSMR社製小型モジュール炉（SMR）の建設に向けた動向や、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＝159円（2023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<br>（2021年、英国統計局） | GDP成長率 | 7.4%<br>（2021年、英国統計局） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**【原子力行政体制】**

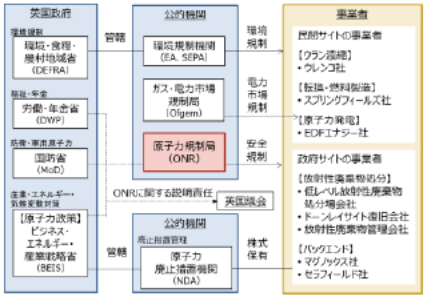
| 行政体制の特徴 |
|---|
| ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が英国全体の原子力安全を含め、原子力を管轄している。原子力規制局（ONR）が独立機関として安全規制を担っている。労働・年金省、国防省、BEISがONRの活動に関して、英国議会への説明責任を有している。環境規制は地方政府に権限移譲されており、イングランドの場合は環境規制機関（EA）が責任を有している。 |

**●国内電力量収支（2020年）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 3,098億kWh |
| 消費電力量 | 2,953億kWh |
| 電力純輸入量 | 211億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 418億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・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<br>• 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<br>• 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（2023年3月）

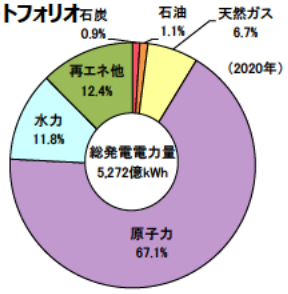
**【注目ポイント】**

- 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、2022年内にはフランス電力（EDF）を完全国有化する方針

**【基本データ】**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 面積 | 54.4万km² | 人口 | 約6,790万人 |
| 通貨 | 1ユーロ＝140円（2023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　ジャン・カステックス | | |
| GDP | 2兆9,350億ドル（2021年名目、IMF） | GDP成長率 | 7.0%（2021年、IMF） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

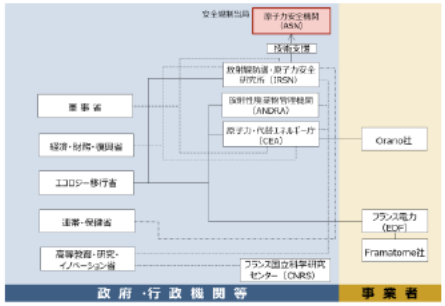
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 5,272億kWh |
| 消費電力量 | 4,319億kWh |
| 電力純輸入量 | ▲577億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 3,634億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、電気事業規制は環境移行・連帯省である。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。<br>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。 |




上図では複数省庁の管轄下にあるフランスの原子力関連組織と管轄省庁との関係を、省庁ごとに異なる線（直線及び4種類の点線）によって図示した。

**【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が建設中
- 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7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、完全国有化へ

**●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）<br>• 低レベル長寿命放射性廃棄物は浅地中処分（深度20m）<br>• 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:ドイツ（2023年3月）

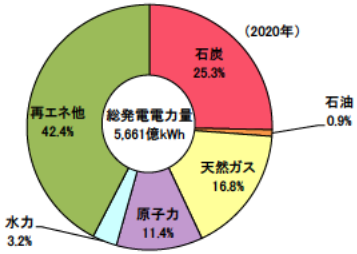
**【注目ポイント】**

- 2022年末で原子力発電全廃予定だったが、ウクライナ情勢を受けて最後の3基の運転を2023年4月15日まで延長
- 廃止措置先進国であり、すでに3基で廃止措置完了。脱原子力に伴い、複数の大型商用炉で並行して廃止措置が進行中。解体動向やクリアランス後の解体廃棄物の市中への放出・アクセプタンス動向にも注目

**【基本データ】**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 面積 | 35.7万km² | 人口 | 約8,319万人 |
| 通貨 | 1ユーロ＝140円（2023年3月中適用） | | |
| 政治体制 | 連邦共和制 | | |
| 議会 | 二院制：連邦議会（定数598議席、調整議席を含め現在は736議席、任期4年）、連邦参議院（69議席、各州の代表） | | |
| 政府 | 首相　オラフ・ショルツ | | |
| GDP | 3兆8620億ドル（2019年、独連邦統計庁他） | GDP成長率 | 成長率　0.6%（2019年、独連邦統計庁他） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

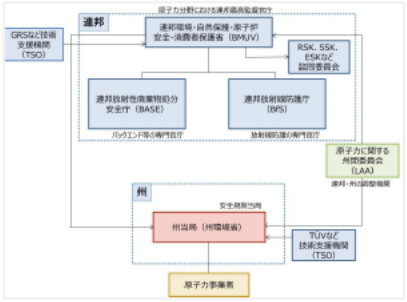
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 5,661億kWh |
| 消費電力量 | 4,994億kWh |
| 電力純輸入量 | ▲327億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 654億kWh |
| 設備容量（net） | 405.5万kW |
| 基数 | 運転中3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 |
|---|
| エネルギー政策、電気事業規制は連邦経済省の所管だが、脱原子力政策を採っているドイツには、原子力発電における「推進省庁」は存在しない。なお、ドイツには連邦の委託により州が連邦法を執行する「連邦委託行政」という制度があり、連邦環境・自然保護・原子炉安全・消費者保護省の監督のもと、各州環境省が当局として原子力安全規制を担っている。 |




**【原子力・エネルギー概況】**

**●エネルギー政策**

- 2045年カーボンニュートラルに向け、脱石炭・再エネ推進を加速予定だが、ウクライナ情勢で天然ガス需給がひっ迫、現政権が目指す脱石炭完了の2038年から2030年への前倒しは難しくなる見込み
- 脱原子力・再エネ推進に脱石炭、ウクライナ情勢に伴うエネルギー価格高騰が課題。政府は補助金等による電気料金抑制策を図る
- 再エネを更に拡大しつつ電力供給の品質を保つためには、送電網の拡充が喫緊の課題

**●原子力政策**

- 1998年に環境政党が連邦政権入り、2002年に原子力法を改正して脱原子力政策を開始
- 2010年に一度、「再エネへの橋渡し」として原子力を活用する観点から、既存炉の運転延長を決定したが、2011年の福島第一原子力発電所事故を受けて運転延長を撤回。同年に原子力法を改正、2022年までに全原子炉を閉鎖することを決定
- しかしウクライナ情勢に伴い残存する最後の3基の運転延長を議論、首相判断で2022年10月に2023年4月15日までの延長方針を決定、閉鎖期限1か月前の11月に法改正が成立

**●新増設**

- 原子炉の新規建設は原子力法で禁止されており、既存炉のリプレースを含め新増設は法的に不可能

**●原子炉ベンダー**

- 現在、国内外に原子炉を供給するベンダー（ドイツ企業）はない
- 過去に原子炉を供給していた独シーメンス社の原子力資産は、仏AREVA社（現Framatome社)に全て移管ずみ

**●原子力発電事業**

- 1998年の電力自由化後の業界再編により、原子力発電事業者は自由化前の約10社から、E.ON、RWE、EnBW、Vattenfallの4大グループ体制に収斂
- 脱原子力・再エネ促進政策の影響を受けた収益悪化を契機に、各社は事業領域の取捨選択と不採算資産の大幅な整理を断行
- 連邦の脱石炭政策開始に先行して脱火力・再エネ重視にシフト
- 独電力の1位、2位を占めてきたE.ON社とRWE社は、資産交換を通じて E.ONに配電・サービス事業、RWE社に発電・卸売事業を集約する企業の枠を超えた事業再編を実施

**●廃止措置**

| | |
|---|---|
| 廃止措置状況 | • 閉鎖：3基/解体中：27基/廃止措置完了：3基 |
| 廃止措置オプション | • 即時解体/安全貯蔵/その他/未定（即時解体優先） |
| 廃止措置資金管理 | • 原子力事業者が各自引当金を計上して確保 |

**●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・中低レベル放射性廃棄物はいずれも地層処分<br>• 処分場操業開始までは発電所サイト内で中間貯蔵 |
| 処分資金管理 | • 事業者拠出金（一括納入済）を公的基金で管理（2017年から） |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 重点国概況：中国（2023年3月）

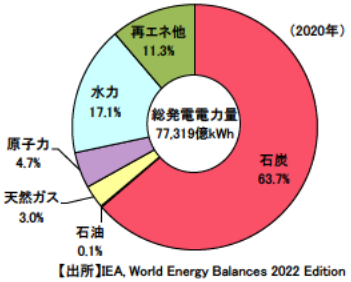
**【注目ポイント】**

- 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21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=19円 （2023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<br>国務院総理（首相） 李 克強（共産党） | | |
| GDP | 約17兆4,580億ドル（2021年名目、IMF推計値） | GDP成長率 | 8.1%増（2021年、中国国家統計局） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

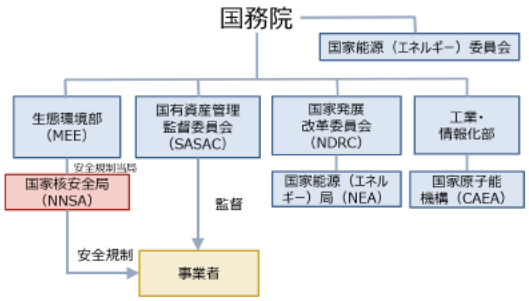
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 77,319億kWh |
| 消費電力量 | 65,216億kWh |
| 電力純輸入量 | ▲168億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 3,832億kWh |
| 設備容量（net） | 5,315.0万kW |
| 基数 | 運転中55基/建設中21基/計画中47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
- AP1000（4基）EPR（2基）および華龍1号（3基）の運転が開始されている

**●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
- 2019年10月に4年にわたる断絶を経て新たなプラント建設に着工、世界最多の21基の原子炉が建設中

**●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<br>• 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<br>• 使用済燃料は基本的に再処理する方針<br>• 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<br>• 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（2023年3月）

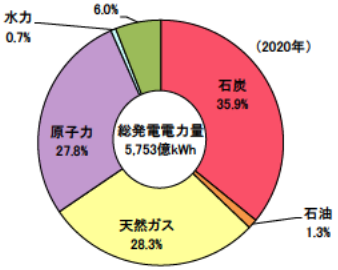
**【注目ポイント】**

- 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5,163万人 |
| 通貨 | 1ウォン＝0.105円（2023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 | 1兆7,978億ドル（2021年名目、韓国銀行） | GDP成長率 | 4.0%（2021年、韓国銀行） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

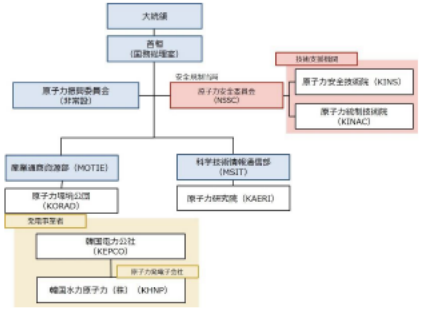
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 5,753億kWh |
| 消費電力量 | 5,237億kWh |
| 電力純輸入量 | 0億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 1,505億kWh |
| 設備容量（net） | 2,443.1万kW |
| 基数 | 運転中25基/建設中3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、脱原子力政策を進めた
- 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25基が運転中、建設中が3基
- 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

**●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<br>• 中・低レベル放射性廃棄物処分場は2015年に操業開始<br>• 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

# 重点国概況:インド（2023年3月）

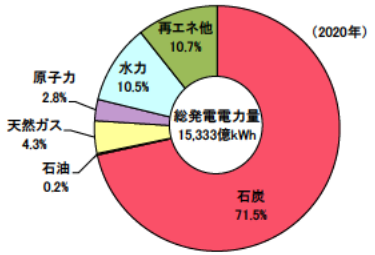
**【注目ポイント】**

- 経済成長にともない、電力需要の大幅な増大が見込まれる中、低炭素電源である原子力発電の拡大を加速中
- 2008年に対印原子力禁輸が解除され、原子力賠償においても国際的枠組みへの参加を果たしたことから、原子力先進国からの進出のハードルが下がりつつあり、今後の有力な展開先として注目度が高い

**【基本データ】**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 面積 | 328.7万km² | 人口 | 約14億756万人 |
| 通貨 | 1ルピー=1.59円（2023年3月中適用） | | |
| 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 | | |
| GDP | 3兆1,763億米ドル<br>（2021年名目、世界銀行） | GDP成長率 | 8.7%<br>（2021年、世界銀行） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

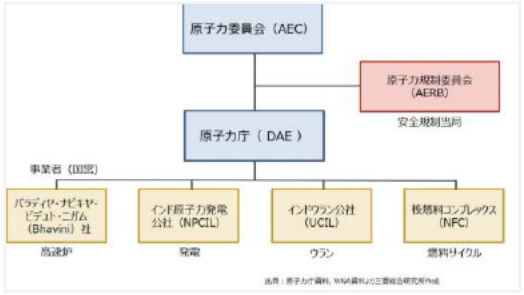
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 15,333億kWh |
| 消費電力量 | 13,109億kWh |
| 電力純輸入量 | ▲37億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 398億kWh |
| 設備容量（net） | 679.5万kW |
| 基数 | 運転中22基/建設中8基/計画中12基 |

**【原子力行政体制】**

| 行政体制の特徴 |
|---|
| 原子力政策を決定する原子力委員会（AEC）を頂点に、原子力政策を遂行する原子力庁（DAE）がすべての原子力事業（国営）を統括する。安全規制はAEC直轄の原子力規制委員会（AERB)が担っており、DAE傘下の事業者からは独立して、監督規制業務を行っている。 |




**【原子力・エネルギー概況】**

**●エネルギー政策**

- 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緊急の課題
- 2021年のCOP26で2070年カーボンニュートラルを宣言、2022年11月の長期開発戦略で、2032年までに原子力発電容量を現在の3倍とし、小型モジュール炉（SMR）導入にも取り組む姿勢を表明

**●原子力政策**

- 経済成長に伴う電力需要を賄うため、原子力発電を含めた電源開発を進めている
- 1974年の核実験後、海外からの技術協力が断絶していたことから、独自の燃料サイクル路線を追求
- 近年では諸外国との協力のもと原子力開発を加速させており、原子力損害の補完的補償に関する条約（CSC）にも加盟

**●新増設**

- 経済成長に伴う電力需要を賄うため、3基の国産炉PHWRと1基の高速原型炉（PFBR）、及び4基のVVERが建設中
- 国産・国外炉合わせて12基の建設が計画中であり、これに加えて28基の原子炉建設も検討中

**●原子炉ベンダー**

- 国産の加圧型重水炉（PHWR）は原子力庁（DAE）及び同庁傘下のインド原子力発電公社（NPCIL）によって供給
- 1974年の核実験後の対印原子力禁輸の中、政府が原子炉の供給から発電所の所有・運転まで実施

**●原子力発電事業**

- 原子力庁（DAE)傘下のインド原子力発電公社（NPCIL)が国内のすべての原子力発電所を所有・運転

**●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 | • NPCILが他の財産から独立した廃止措置基金に費用を積み立て、長期運用して資金を確保・管理している |

**●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<br>• 中低レベル放射性廃棄物は原則、各施設サイト内で浅地中処分 |
| 処分資金管理 | • 不明 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 重点国概況:ロシア（2023年3月）

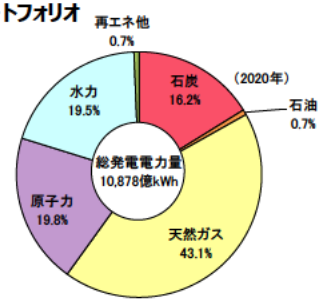
**【注目ポイント】**

- 原子力分野のリーダーとしての地位を維持・強化するため、新興国市場に対し、技術・サービスの輸出支援を政治的規模で推進
- 原子力に係る民生、軍事、安全保障といったあらゆる分野を、ROSATOM国営原子力会社の下で一体的に運営
- ロシア独自のVVER型炉の開発を始め、2016年には高速増殖炉（実証炉）、2020年には浮揚式原子力発電所「アカデミック・ロモノソフ」が商業運転を開始するなど新型炉・小型炉開発を進めている点にも注目

**【基本データ】**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 面積 | 1,709万km² | 人口 | 1億4,617万人 |
| 通貨 | 1ルーブル=約1.86円（2023年3月中適用） | | |
| 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<br>首相　ミシュスチン、ミハイル・ウラジーミロヴィチ | | |
| GDP | 1兆4,835億米ドル（2020年、世界銀行） | GDP成長率 | +4.7%（2021年、ロシア国家統計局） |

**●電源ポートフォリオ**




【出所】IEA, World Energy Balances 2022 Edition

**●国内電力量収支（2020年）**

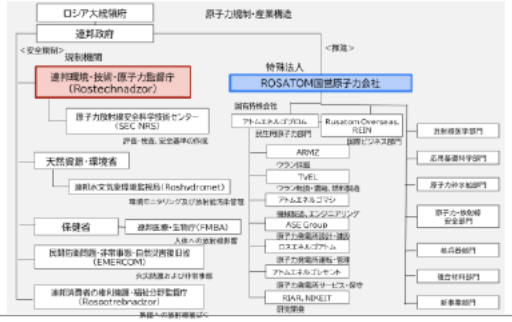
| | |
|---|---|
| 発電電力量 | 10,878億kWh |
| 消費電力量 | 7,555億kWh |
| 電力純輸入量 | ▲184億kWh |

**●原子力基本データ（2023年2月資料）**

| | |
|---|---|
| 発電電力量（2021年） | 2,084億kWh |
| 設備容量（net） | 2,772.7万kW |
| 基数 | 運転中37基/建設中3基/計画中25基 |

**【原子力行政体制】**

| 行政体制の特徴 |
|---|
| 国内の原子力施設に対する安全規制は、連邦環境・技術・原子力監督庁（Rostechnadzor）が担っている。<br>安全規制を除く原子力開発等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。 |




**【原子力・エネルギー概況】**

**●エネルギー政策**

- 豊富な天然資源を輸出に回すため、国内の電源を原子力など非化石エネルギーで代替する戦略
- ロシアは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
- 2022年2月のウクライナ侵攻に端を発した西側諸国を中心としたによるロシア離れが急速に進行中

**●原子力政策**

- 2030年頃まではVVER型を中心に建設し、その後は第4世代炉に移行する計画
- クローズド燃料サイクルの確立を目指し、早くから高速炉や燃料サイクル技術の研究開発を展開
- 原子力の輸出拡大に向け、旧ソ連圏に限らず、中東、アフリカ、中南米、アジアにおける、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積極展開
- 浮揚式原子力発電所の分野では世界をリード

**●新増設**

- 国内の総発電量に占める原子力比率を、2030年までに25～30%、2050年までに45～50%と引き上げていくため、大規模な新設およびリプレースを予定
- 浮揚式原子力発電所が2020年に運開し、シベリアのチュコトカ地域の電力供給に寄与
- 2022年9月現在、2基のVVERと1基の鉛冷却高速炉を建設中

**●原子炉ベンダー**

- 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の設計・建設は、アトムエネルゴプロム社傘下のASE Group

**●原子力発電事業**

- ROSATOMグループのロスエネルゴアトム社がロシア国内の原子力発電所を管理
- ロスエネルゴアトム社は、ロシア国内の原子力発電所におけるライフサイクルのすべての段階（原子炉の立地、設計、建設、運転、廃炉措置）で事業を実施（展開）している

**●廃止措置**

| | |
|---|---|
| 廃止措置状況 | • 閉鎖：3基/安全貯蔵中：4基/解体中：2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 |
| 廃止措置資金管理 | • 1995年以降、各原子力発電所が廃止措置基金を積立<br>• 2008年以降、連邦重点プログラムにより予算取得 |

**●燃料サイクル（バックエンド）**

| | |
|---|---|
| サイクル方針 | • 再処理 |
| 処分方針 | • 高レベル放射性固体廃棄物と長寿命中レベル放射性固体廃棄物は地層処分<br>• 低レベル放射性固体廃棄物と短寿命中レベル放射性固体廃棄物は浅地中処分 |
| 処分資金管理 | • 事業者拠出金を公的基金で管理 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 重点8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 | 3億3,200万人 |
| | 公用語 | 英語(法律上の定めはない) | | |
| | 通貨 | 1米ドル=130円(2023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)<br>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 | 18兆4,226億ドル(2020年実質)<br>成長率5.7%(2021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

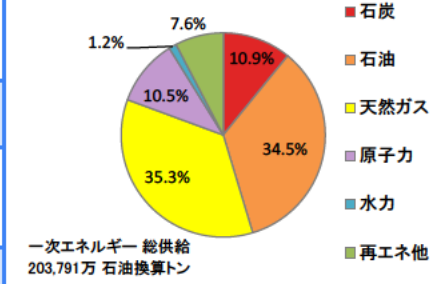
・保有資源
原油(シェールオイルを含む):543,788(百万トン)
石炭:8,370,813(百万トン)
天然ガス:10兆4,410億(立方メートル)
ウラン:207,400(トン)

・一次エネルギー供給
20億3,791万石油換算トン

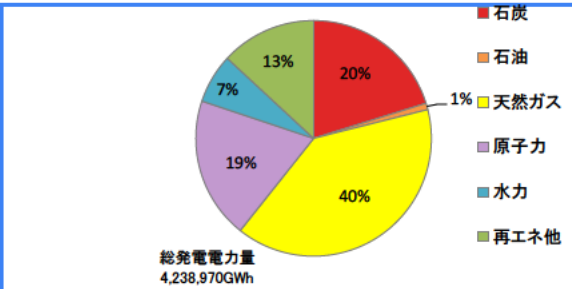
・エネルギー自給率
97.4%(原子力含)、87.6%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:10.5%

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: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) | 3,829,267 | 発電電力量(百万kWh) | 4,238,970 | 電力純輸入量(百万kWh) | 39,047 |
| 運転中の原子力プラント | 92基(PWR61基, BWR31基) | 建設中の原子力プラント | 2基(PWR) | 計画中の原子力プラント | 3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：9,471.8万kW　発電電力量：7,716億kWh**

**運転中：92基（PWR61基，BWR31基）建設中：2基（PWR）計画中：3基 原子力シェア：19.6%**

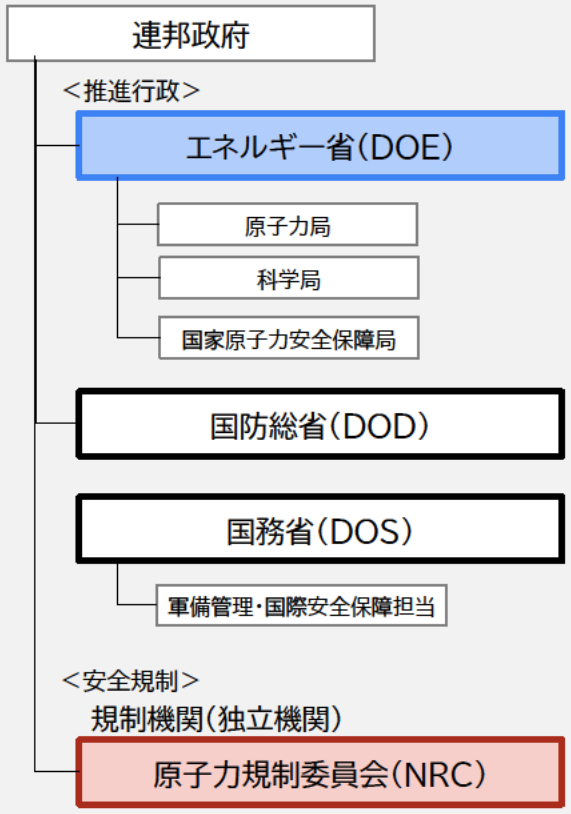
▲ 原子力発電所（○内は基数）
△ 計画中、建設中の原子力発電所
■ 核燃料サイクル施設（（ ）内は種別）
□ 計画中、建設中の核燃料サイクル施設
C：転換施設　E：濃縮施設
F：燃料製造・加工施設　R：再処理施設
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

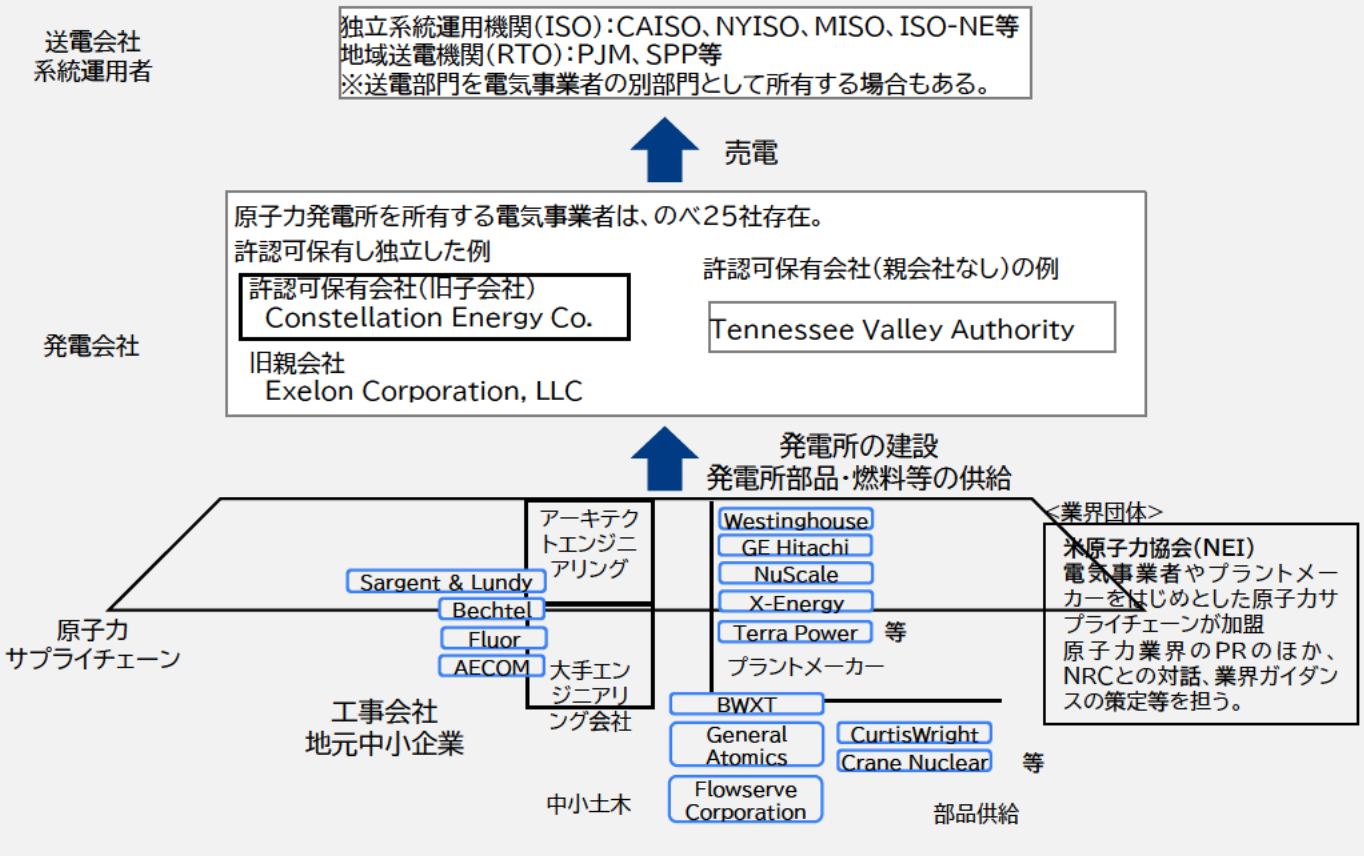
# 原子力業界構造

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法案(2021年11月成立)、1.75兆ドルの予算決議案(2021年11月時点で下院可決)がある。インフラ投資法案は、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、予算決議案については、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り、歳出規模を大幅に縮小した後述のインフレ抑制法として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**

同氏の原子力利用に関するスタンスは明確に示されてはいないが、政権移行ウェブサイトで気候変動に関連して、クリーンエネルギーのコスト削減の手段として蓄電池や再エネによる水素製造などとともに、先進的原子力技術を挙げている。ただし、米国における原子力利用については、概ね超党派的な支持を受けており、政権と議会による原子力へのスタンスは変わらない。

- **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。

FY20歳出法で新設された先進炉実証プログラム(ARDP)について、ウクライナ支援関連の補正予算から追加で2億ドルの配賦が決定されたことにより、ARDP全体としては約2.8億ドルの配賦が決定した。

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 NE局の研究開発項目 | FY22歳出法(千ドル) | FY23予算要求(千ドル) | FY23歳出法(千ドル) |
|---|---|---|---|
| 研究・開発・大学プログラム | | 161,029 | 0 |
| 統合大学プログラム | 6,000 | 0 | 0 |
| 原子力発電実現技術 | 117,000 | 102,737 | 95,500 |
| 燃料サイクルR&D | 320,150 | 421,775 | 322,000 |
| 先進炉実証プログラム(ARDP) | 250,000 | 230,238 | 85,000 |
| 原子炉コンセプト研究・開発・実証 | 257,000 | 135,000 | 259,000 |
| 多目的試験炉プロジェクト | 0 | 45,000 | 0 |
| 合計 | 950,150 | 1,095,779 | 761,500 |

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（2020年12月時点で約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、2019年10月に知的原子力資産による発電管理（GEMINA）プログラムが立ち上げられ、デジタルツイン技術開発に係る9のプロジェクトに合計2,700万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、民生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。2023年3月には、2021年11月までに運転終了した原子炉まで対象を拡大した上で第2期の募集が開始されている。

## DOEを中心に、先進炉の開発が進行。SMRだけでなく、マ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】<br>• 先進炉の建設を支援<br>• 今後5～7年以内の運開を目指す<br>• FY20にて各採択機関に8,000万ドル提供 | • Terra Power社（Natrium）<br>※GEH社と共同設計<br>• X-Energy社（Xe-100） |
| 【将来の実証のためのリスク低減】<br>• 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<br>• 2030年代前半の運開を目指す<br>• 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）<br>• Westinghouse社（eVinci）<br>• BWXT社（BANR）<br>• Holtec社（SMR-160）<br>• Southern社子会社（MCRE） |
| 【先進炉コンセプト】<br>• 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<br>• 2035～2040年頃の運開を目指す<br>• FY20にて採択機関合計で2,000万ドルを提供 | • ARC社（ARC-100）<br>• General Atomics社（FMR）<br>• 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」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いるが、このハブのうち少なくとも1つは、原子力を利用した水素製造に焦点を当てるとしている。また、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開始を発表した。

## 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。今後3年以内に同炉を運開させ、再生可能エネルギーとの共存や水素製造、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。

## 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。

## ウラン採掘において、安全保障上の観点からFY21歳出法にて予算を確保

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7,500万ドルを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ロシアからのウラン自体の輸入を差止める法案が連邦議会で提出され、ウラン輸入禁止に向けた議論が、政権及び連邦議会で多く見られるが、具体的な施策は示されていない。

## 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。

米セントラスエナジー社はDOEと2019年からHALEU製造に関する契約を締結しており、同社の燃料製造施設は2021年にNRCより認可を受けた。加えて、米TRISO-X社は、オークリッジの“Horizon-Center Industrial Park”を商用HALEU燃料製造施設の用地として選定したと発表した。

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おり、先進炉の導入に向けた燃料製造についても動きが見られ始めている。

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。バイデン政権は、FY22予算教書の中で、統合放射性廃棄物管理システム（IWMS）プログラムにおいて、同意に基づく中間貯蔵プログラムの開発・実施の取組みを支援し、高レベル放射性廃棄物が現在貯蔵されている地域や政府、関係者との協働も含まれるとの考え方を示した。また、潜在的な立地自治体との同意に基づくサイト選定アプローチに係る活動として、サイト選定プロセス実施のために考慮すべき要因に焦点を当てた情報要求の発出や連邦・州・地方議員、組織、コミュニティや先住民族等のステークホルダーからのフィードバックの要請など具体的な活動も示された。

● **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、ホルテック社と、中間貯蔵パートナーズ社（ISP社）がそれぞれ許認可手続きを進めている。

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に建設・操業に係る許認可申請書を提出しており、NRCは、2021年3月に最終環境影響評価書（FEIS）を策定したことを発表した。

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。

DOEは2022年9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1,600万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 |

# 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3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、3名体制へ

- **NRC委員会**
  NRC委員は、それまでNRC委員長を務めていたクリスティン・L・スビニキ氏が辞任したほか、アニー・カプト氏が2021年6月末の任期満了により辞任したことから、しばらくの間3名体制となっていたが、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名体制となった。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 |
| J・バラン委員 | 2023年6月まで | 民主党 |
| 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、非軽水炉型先進炉に係る許認可規則制定に向けた方法論を承認する動きがある。

- **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、2021年9月に法案が可決されている。

- **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生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。

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<br>• ナインマイルポイント<br>• 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<br>• クォドシティーズ |
| | 2021年9月 | 同上 | • バイロン<br>• 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<br>• 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<br>• 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<br>• 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。

2023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号機及びモンティセロ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） |

※　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、FY21歳出法の中で1,000万ドルが配賦され、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。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国内動向：新増設計画

## 米国では、ヴォーグル3,4号機（AP1000）が建設中で、運開予定時期はパンデミックの影響等でさらに延期。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2022年第2四半期に運開が延期され、建設コストも増加

現在米国ではヴォーグル3、4号機の2基の原子炉が建設中である。
2017年3月、WH社がこれら建設プロジェクトにおける建設上および財務上の課題があったとして、米国連邦倒産法第11章に基づく再生手続を申し立てたことを発表した。この発表に伴い、ヴォーグル建設プロジェクトの建設体制が見直され、オーナーをGPC社として、サザン・ニュークリア社が全体的なプロジェクト管理、2017年8月にフルアー社に代わり建設体制に加わったベクテル社は日々の作業管理等、フルアー社が実施していた作業を継続、WH社は引き続きNuclear Island部分を、それぞれ担当することとなっている。運開予定時期はCOVID-19等の影響を受け後ろ倒しとなっており、2023年2月時点で、3号機が2023年5月あるいは6月となり、4号機が2023年第4四半期後半から2024年第1四半期となる見通しが発表された。

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<br>mPower<br>SMR-160<br>WH SMR | ESP申請書提出（2016年5月）<br>ESP発行（2019年12月） |
| COL | Oklo社 | Aurora | COL申請書提出（2020年3月）<br>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

● **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。

● **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が建設を予定している。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た。同プロジェクトの管理委員会は現在、NuScaleが算出する電力生産コストを定期的に評価し支援継続の判断を実施しており、また、UAMPSはCOL申請書をNRCに2024年早々に提出する予定としている。
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。
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。2020年3月には、DoDは遠隔基地での電源確保などを目的とした可搬式のマイクロリアクターのプロトタイプ設計に関し、BWXテクノロジーズ社、WH社、Xエナジー社に対し、2年間で総額約4,000万ドルを提供すると発表した。

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）<br>・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<br>・2021年6月　米GS Energy North America Investments社と投資契約を締結<br>・2021年11月　海洋原子力発電所の導入に向け加Prodigy社および加Kinetrics社とMOUを締結<br>・2022年12月　SMR関連機器の設計を仏Framatome社に発注したことを発表<br>・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<br>・2021年7月　加カメコ社および米GNF-A社と商業化･導入促進に向けたMOUを締結<br>・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<br>・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<br>・2022年8月　Xe-100の基本設計を完了<br>・2023年3月　米ダウ社と米国メキシコ湾岸地域拠点にXe-100を建設するための共同開発契約（JDA）を締結 |
| テラパワー社（スタートアップ）<br>（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<br>・2021年6月　NRCに規制関与計画書を提出（建設許可：2023年8月提出予定）<br>・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 |
| 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<br>・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 |
| WH社（プラントメーカ） | eVinci | ・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 |
| Kairos Power社（スタートアップ） | Kairos Power KP-X<br>（複数タイプあり） | ・小型試験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<br>・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 |
| 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 |
| ホルテック社（技術開発･プロジェクト管理企業） | SMR-160 | ・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<br>・2020年12月　NRCに許認可トピカルレポートを提出<br>・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 |
| 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) | | 更新 | | | | | | | | | | |
| 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＝159円(2023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)<br>成長率　7.4%(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

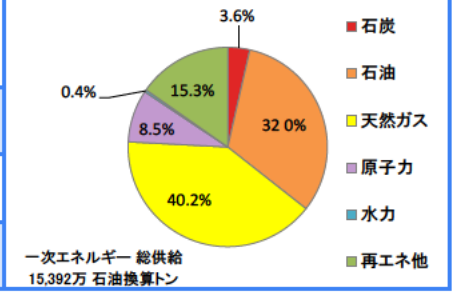
・保有資源
原油(シェールオイルを含む)：834(百万トン)
石炭：188,340(百万トン)
天然ガス：2,060億(立方メートル)
ウラン：該当データなし

・一次エネルギー供給
1億5,392万石油換算トン

・エネルギー自給率
52.2%(原子力含)、24.2%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：8.5%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

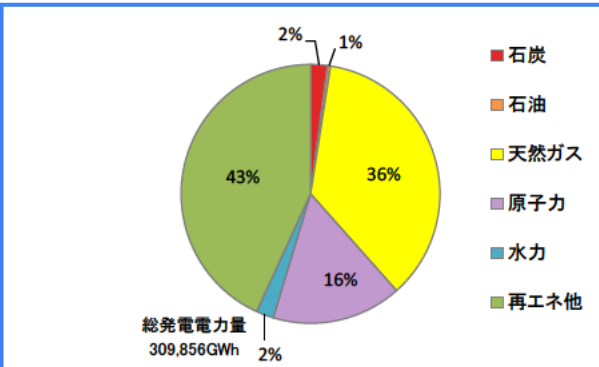



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 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) | 295,326 | 発電電力量(百万kWh) | 309,856 | 電力純輸入量(百万kWh) | 21,163 |
| 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

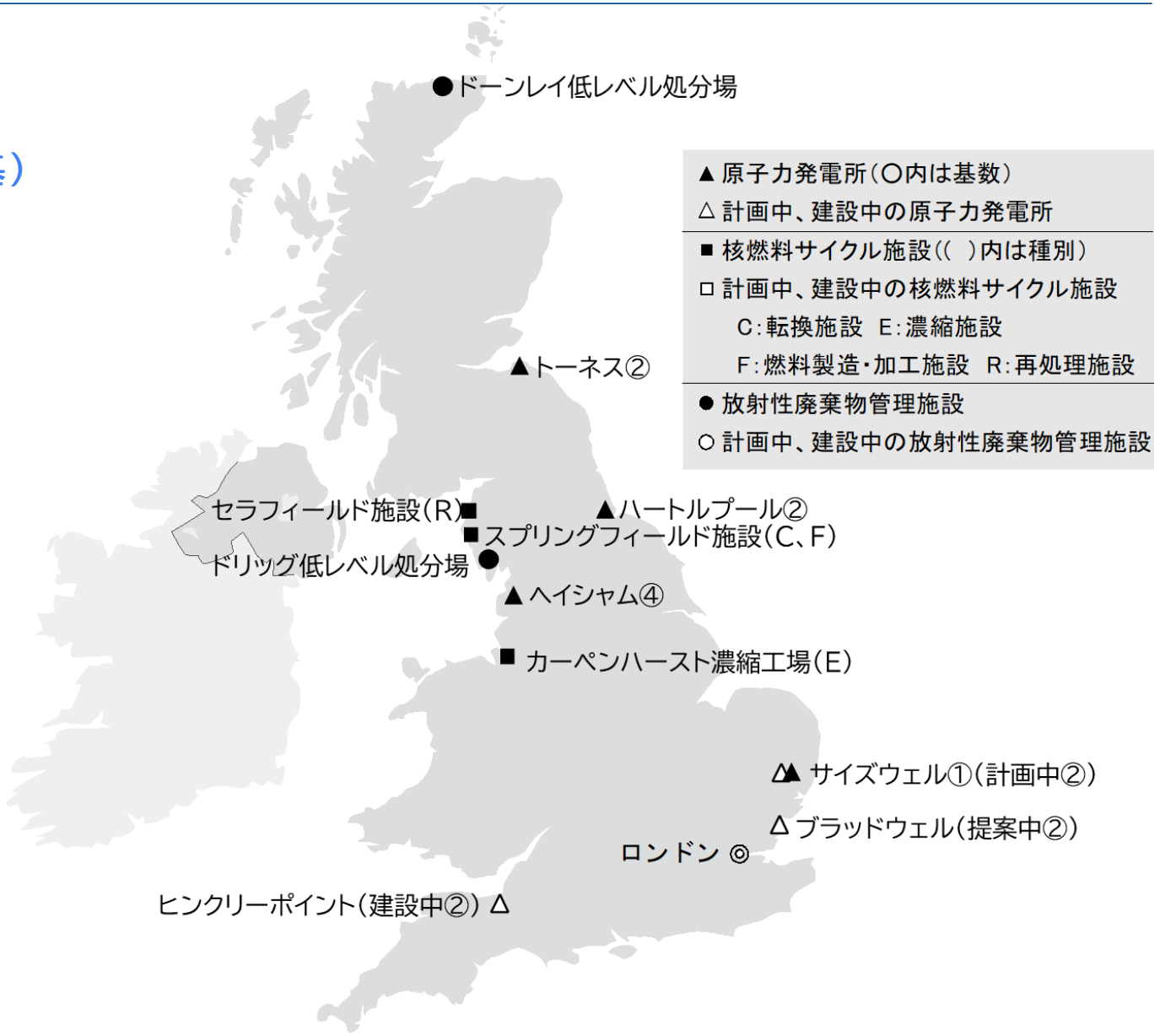
発電電力量：418億kWh

運転中：9基（AGR8基、PWR1基）

原子力シェア：14.8%

建設中： 2基（EPR）

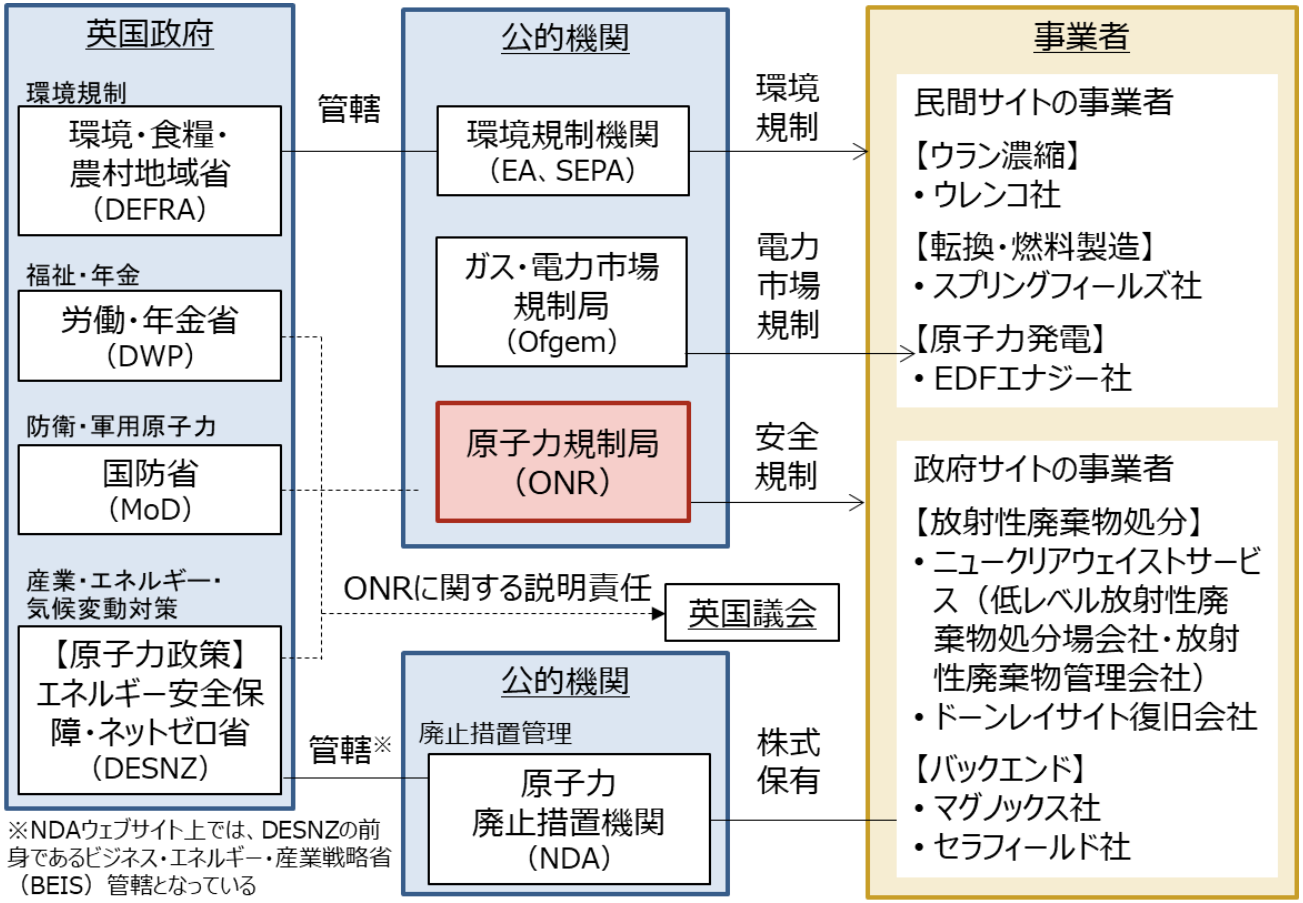
計画中：2基（EPR2基）




Copyright © Mitsubishi Research Institute

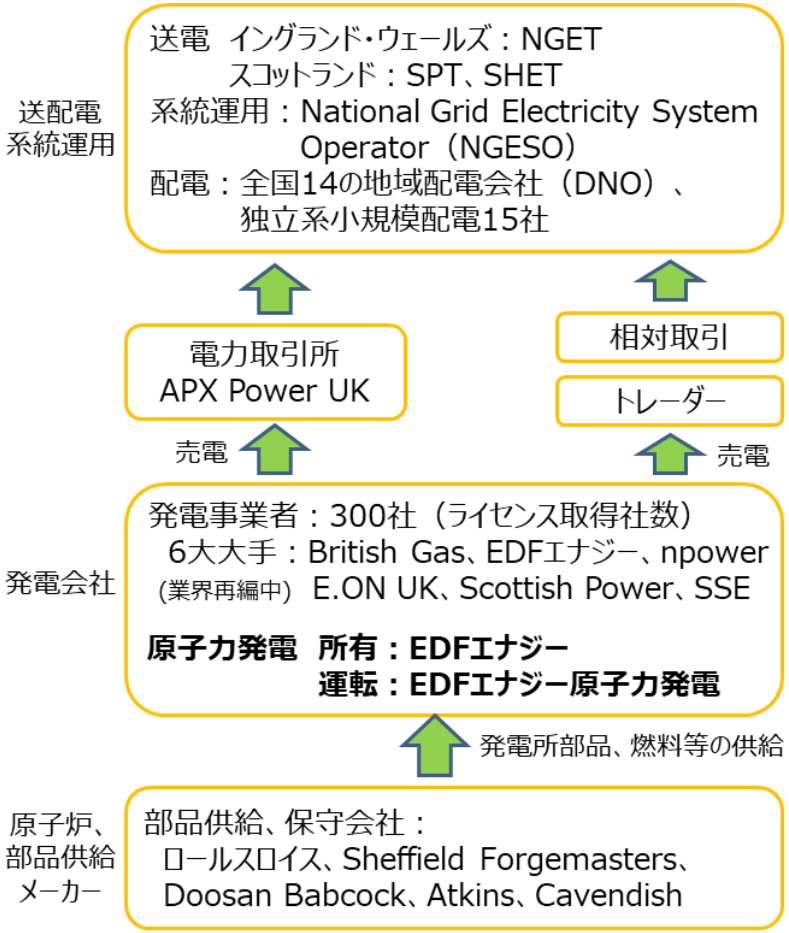
# 原子力業界構造

**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。**




※NDAウェブサイト上では、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

**原子力行政・事業構造**




【原子力業界団体】Nuclear Industry Association（NIA）

**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%削減する目標値を規定した気候変動法を策定した。2019年6月には削減目標を100%に引き上げたが、英国議会下院は同年8月、目標達成には現行の低炭素施策を強化・拡大する必要性を指摘した。2020年9月には、気候変動委員会が第6次炭素予算を公表し、目標達成に向けて2035年までにGHGを1990年比で78%削減することを勧告しており、2021年5月に同目標が法制化された。

2021年10月に公表されたネットゼロ戦略（後述）では、2035年までの電力部門脱炭素化を目標に掲げた。

## 脱炭素と経済成長の両立を目指し、脱炭素技術へ投資

- **グリーンリカバリー計画（10 Point Plan）**
  英国政府は2020年11月に、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した「グリーンリカバリー計画」を公表。
- **エネルギー白書**
  2020年12月には、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について、グリーンリカバリー計画を具体化するエネルギー白書を公表。洋上風力発電等に関する目標を設定。
- **産業脱炭素化戦略**
  2021年3月には、産業界における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産業脱炭素化戦略を公表。主に水素エネルギーと二酸化炭素回収・利用・貯蔵（CCUS）の活用に着目。
- **ネットゼロ戦略**
  2021年10月には、グリーンリカバリー計画のもと、電力セクターを含む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ネットゼロ戦略を公表。電力部門では、当初の計画から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、洋上風力発電、浮体式洋上風力発電、蓄電システム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。同戦略では、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。主要な導入目標は以下の通り（原子力は次ページ参照）。

- 2030年までにCCUSへ10億ポンドを投資し、2,000～3,000万トン規模に
- 2035年までに最大70GWの太陽光を導入
- 2030年までに最大50GWの風力発電（5GWの洋上浮体式を含む）を導入
- 2025年までに最大1GWのグリーン水素及び1GWのブルー（CCUS活用）水素製造設備を操業あるいは建設、また、水素熱利用実証試験を地区規模で開始

## 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。原子力政策はDESNZが所管するが、2023年2月末時点で新たな原子力政策の発表はない。

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、以下の6つを2023年の優先政策とする。

- 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

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力政策：原子力発電

## 新たな経済支援策となるRABモデルが2022年3月に法制化。さらに、エネルギー安全保障戦略で「2050年までに最大2,400万kW導入」を掲げ、新設推進方針を強化。

### エネルギー安全保障戦略で更に野心的な目標を設定

エネルギー安全保障戦略では、従来目標を加速させる新たな目標・施策を提示。

●原子力推進に関する目標
- ➢2050年までに最大2,400万kW導入（現在の3倍超・電力需要の25%）
- ➢2030年までに最大8基の新設を承認（1年に1基ペース）
- ➢今議会中（2024年12月）に1件、次期議会中（2029年12月）に2件の最終投資合意（FID）

●原子力推進に関する施策
- ➢1.2億ポンドの「未来の原子力実現基金」を設置
- ➢新設を支援する政府機関「Great British Nuclear」を年内に設立
  同機関にはプロジェクトの投資準備や建設を支援するための予算が措置され、2023年に更なる原子力プロジェクトの選定開始を目指す
  ※11月に設立が正式決定されたが、それ以降の動きはない
- ➢サイト選定に向けた長期戦略を策定
- ➢許認可の合理化
- ➢SMR・AMR実現に向けた国際協力の推進

### スナク政権でも原子力推進方針は不変だが、勢いは減退か

首相演説でエネルギー安全保障戦略に掲げられた「2050年2,400万kW」、「2030年までに8基の新設承認」に言及していたトラス前首相に対し、スナク首相は政権が取り組む課題の中心に経済の安定を挙げ、気候変動やエネルギー安全保障には言及しなかった。

DESNZを設立するなど、ネットゼロ、エネルギー安全保障への取組を強化しているが、DESNZの優先政策にCCUS、水素、洋上風力が挙げられている一方で、原子力は明記されていない。従来の原子力推進方針は撤回されていないものの、原子力を強力に推進していたジョンソン政権と比較すると、優先度が低下しているように見える。

### 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。2019年7月に実施されたコンサルテーションを経て、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社に低炭素契約会社（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12月には、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11月には、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年に公表されたグリーンリカバリー計画では、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10月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年までに最終投資決定（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。

## 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では、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の公募が開始された（2023年3月末締切）。フェーズBでは、2事業を対象に、規制レビューが可能な段階まで基本設計を成熟させる。支援額は事業ごとに最大2,750万ポンドであり、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**
  ウェスティングハウス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。

## 先進核燃料サイクルプログラムがロードマップを提示

原子力イノベーション・研究諮問委員会（NIRAB）は2016年、将来の核燃料サイクルに投資するよう政府へ提言した。これを受けてBEISは、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、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1月に応募ガイダンス資料が公開された。

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。

表　バックエンド事業者の概要

| 社名 | 事業内容 |
|---|---|
| セラフィールド | セラフィールドサイトの廃止措置・環境回復、使用済燃料中間貯蔵・再処理、低・中・高レベル放射性廃棄物処理 |
| マグノックス | GCRサイトの廃止措置 |
| DSRL | ドーンレイサイトの廃止措置・環境回復、ドーンレイLLW処分場の運営 |
| LLWR | ドリッグLLW処分場の運営 |
| RWM | 地層処分 |

### 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・パートナーシップが3自治体4カ所で設立

- **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」(以下、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**

  カンブリア州コープランド市、同州アラデール市、リンカンシャー州イーストリンジー市の3自治体で4つのCPが設立され、選定プロセスが進展している。2022年7月には、コープランド市沖で海底物理探査が実施された。

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 |
|---|---|---|---|
| コープランド市 | 2020年11月 | 2021年 | 2021年11月(中部)<br>2021年12月(南部) |
| アラデール市 | 2021年1月 | 2021年 | 2022年1月 |
| イーストリンジー市 | 2021年10月 | 2022年 | 2022年6月 |

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。

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年までに最終判断を下す予定である。

表　既存炉の閉鎖予定

| サイト名 | 炉型 | 号機 | 発電容量[万kWe] | 送電開始年 | 閉鎖予定年 |
|---|---|---|---|---|---|
| ハートルプールA | AGR | 1 | 65.5 | 1983年 | 2026年3月 |
| | | 2 | | 1984年 | |
| ヘイシャムA | | 1 | 62.5 | 1983年 | 2026年3月 |
| | | 2 | | 1984年 | |
| ヘイシャムB | | 1 | 68 | 1988年 | 2028年3月 |
| | | 2 | | 1988年 | |
| トーネス | | 1 | 68.2 | 1988年 | 2028年3月 |
| | | 2 | | 1989年 | |
| サイズウェルB | PWR | ― | 125 | 1995年 | 検討中 |

## 建設：HPCは2021年に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2022年5月に、1号機の運開が当初計画の2025年末から2027年6月へ遅延すると公表した。また、2号機の追加的遅延リスクは、新型コロナウイルスとウクライナ情勢による新たな影響がない場合で15ヶ月と評価している。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250～260億ポンド（いずれも2015年価額）に増加する見通しである。

なお、2021年1月には、1号機運開が2026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。

●**ブラッドウェルB（BRB、華龍1号2基）**

2017年に開始された華龍1号のGDAが2022年2月に完了し、ONRとEAが設計承認書を発給。建設にはDCO、サイトライセンス、環境許認可が必要となるが、いずれも未申請である。なお、WNA資料ではBRBのステータスが計画中から提案中に変更されたが、プロジェクト会社の計画に変更はない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ベンダー動向、国外動向

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。

## 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サイト選定を進めており、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箇所が候補地として選定された。なお、ウィルファとオールドベリーは現在第三者が借地している。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月に設立された開発会社のソルウェイ社がSMR建設を計画しており、同社は同年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。

●**国外展開**

◆ オランダ

2022年8月に、同国開発会社のULCエナジー社と、オランダでのUKSMR展開に向けて協業するための独占契約を締結。

◆ チェコ

2022年9月に、同国原子力エンジニアリング会社のŠkoda JS社と覚書（MOU）を締結。チェコを含む中央ヨーロッパ地域におけるUKSMRの展開に向けた協力分野を模索していくとしている。また、2023年1月には、同国大手電力のCEZ社と、チェコでのUKSMR配備計画について協議し、ロールス・ロイスSMRは2030年代前半までの運転開始を視野に入れている。

◆ ポーランド

2023年2月に、同国産業開発庁のグループ会社に所属するインダストリア社と趣意書（MOI）を締結。インダストリア社は同国の中央水素クラスターを牽引するとともに、SMRサプライチェーン構築を主導しており、脱炭素化及び水素製造に向けて最大3基のUKSMR導入を検討している。

## 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。

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 | 6,790万人 |
| | 公用語 | 仏語 | | |
| | 通貨 | 1ユーロ=140円（2023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<br>首相　エリサベット・ボルヌ | | |
| 経済 | GDP | 2兆9,350億米ドル（2021年名目、IMF）<br>成長率　7.0%（2021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

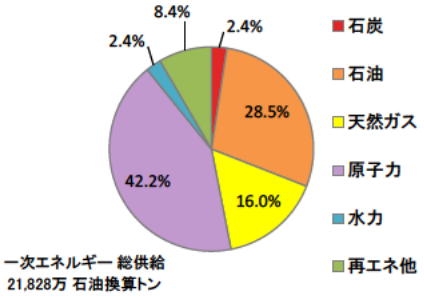
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：1,013（百万トン）
石炭：390（百万トン）
天然ガス：100億（立方メートル）　ウラン：11,500（トン）

・一次エネルギー供給
2億1,828万石油換算トン

・エネルギー自給率
55.0%（原子力含）、11.3%（原子力除）

・一次エネルギー供給における原子力シェア：42.2%

一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）

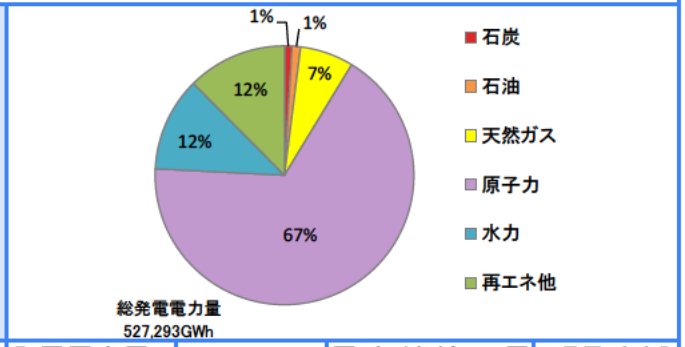



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量（千kW） | 火力：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（完全国有化予定）。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） | 431,872 | 発電電力量（百万kWh） | 527,293 | 電力純輸入量（百万kWh） | -57,663 |
| 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

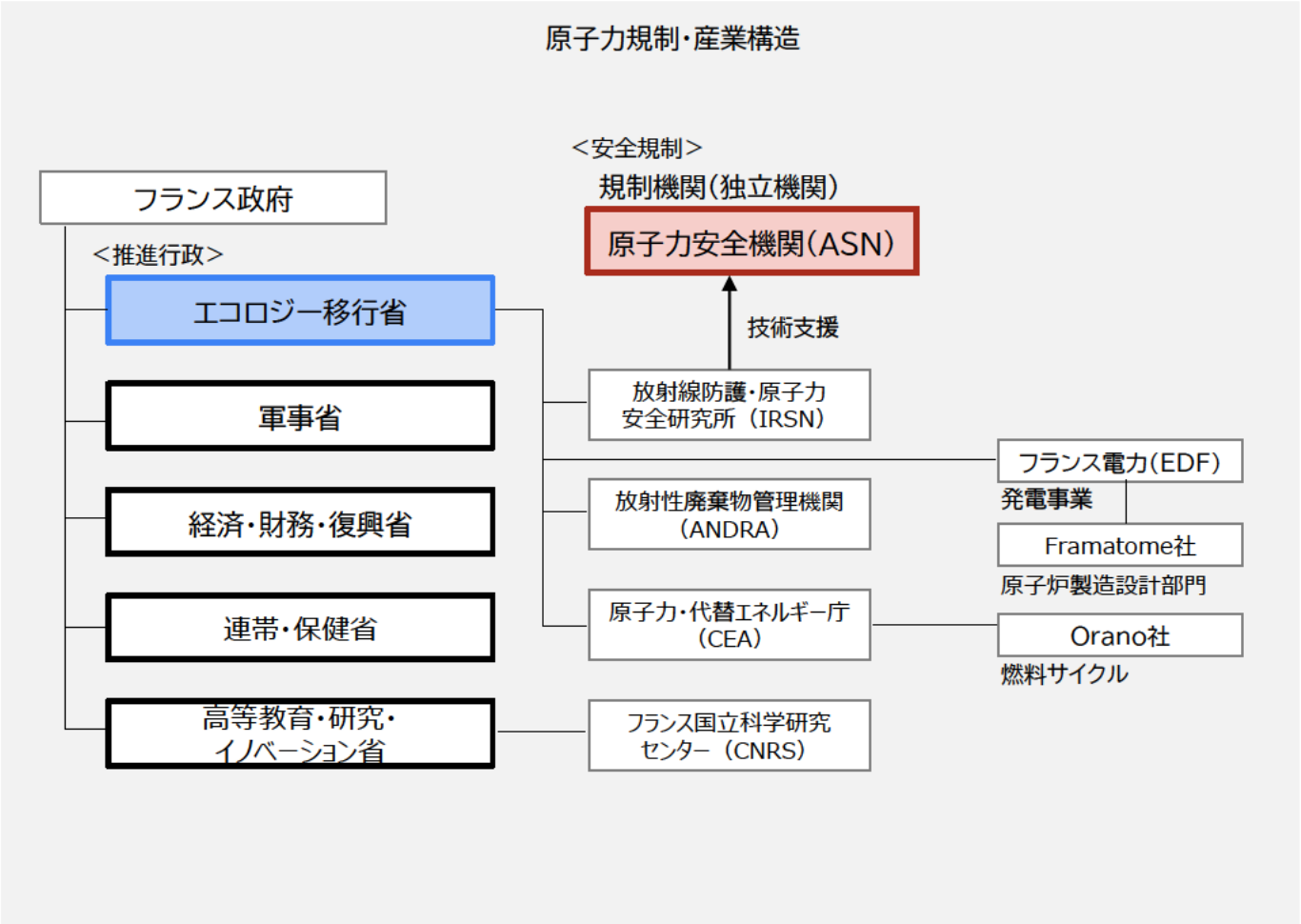
設備容量：6,137万kW　発電電力量：3,634億kWh

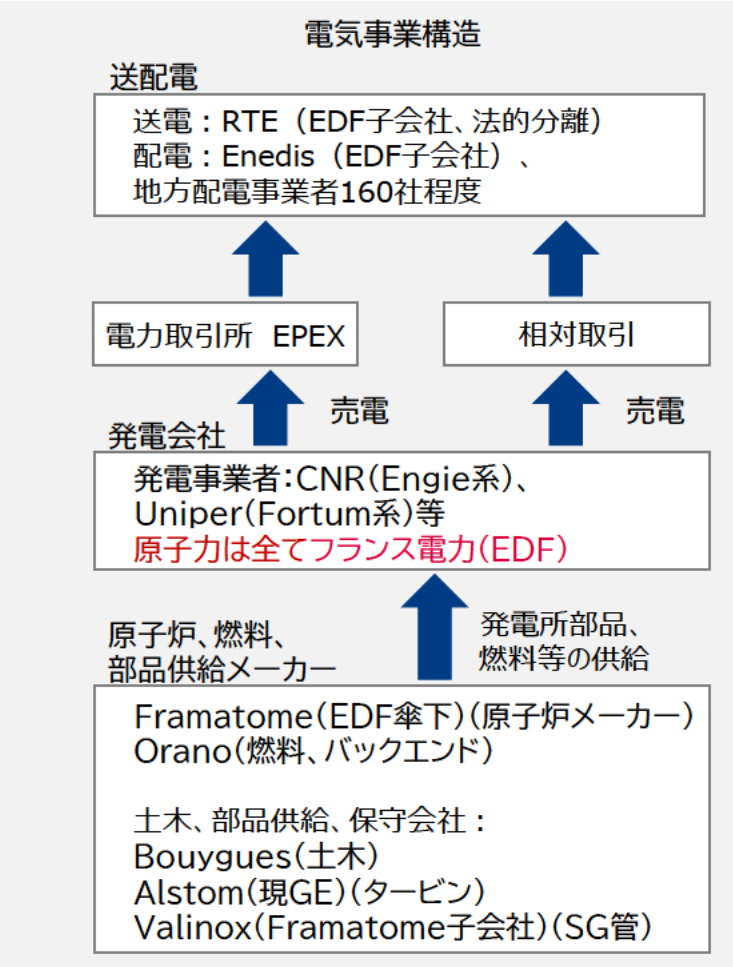
運転中：56基（PWR）　建設中：1基（PWR）　計画中：0基　原子力シェア：69.0%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力業界構造

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。政府はEDFの完全国有化に向けて株式買付を進めている。




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

● **エネルギー政策に関するスタンス**

フランスでは、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となっており、国産技術としての原子力開発を進める政策をとってきた。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、再エネ開発と、2025年までに電力に占める原子力比率を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年収入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、政府は減原子力目標の達成時期を10年先送りし、2019年エネルギー気候法において、減原子力達成時期を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、最終エネルギー消費に占める比率を2030年までに32%に高める目標が掲げられている。

### 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。同政権は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り、上記の方針を推し進めている。

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年から建設中だが、運開時期は当初予定の2012年から大幅に遅延し、2023年以降の見込みである。

- **フェッセンハイム原子力発電所の閉鎖**

2011年の福島第一原子力発電所事故後も当時の中道右派政権は原子力発電を支持する方針を示した。しかし2012年に発足したオランド政権のもと、2015年8月のエネルギー転換法で、2025年までに総発電電力量に占める原子力比率を50%とする減原子力目標と、原子力発電設備容量の上限（6,320万kW）が規定された。これにより、フランスは原子力発電設備容量をほぼ現在の水準に留めつつ、再エネ等の拡大により、原子力比率を下げていくこととなった。フラマンヴィル3号機の運開と引き替えに、EDFは国内で最も古いフェッセンハイム発電所の2基の原子炉を閉鎖することになったが、フラマンヴィル3号機の建設遅延を受け、同基の運開を待たずに、フェッセンハイム発電所1号機は2020年2月22日に、2号機は6月29日に送電網から切り離された。

なおフェッセンハイムに関して政府は、地域経済振興策やEDF従業員の就業支援等の取組を実施している。

### 2020年4月の多年度エネルギー計画では、14基閉鎖の一方で、2035年以降の6基新設検討を盛り込み

マクロン政権も期限は2035年に先送りしつつも、前政権の減原子力を引き継いでいた。2020年4月の多年度エネルギー計画（PPE）ではフェッセンハイムの2基含む14基の既存炉を2035年までに閉鎖する計画が示された。ただし、PPEでは2035年以降の低炭素電源確保に関して、6基のEPR（合計約960万kW）を想定した原子炉新設オプションの検討を盛り込んでいた。政府はこの6基建設の検討に向け、送電系統運用会社RTEに対し、2050年カーボンニュートラルに向けた電源シナリオ分析を指示していた。

### 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。

### 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10億ユーロを投じる方針

- **NUWARDの開発**

フランスでは原子力・代替エネルギー庁（CEA）が中心となり、EDF、原子力艦船メーカであるナヴァルグループおよびTechnicAtome社と共同で、国産SMRであるNUWARD（30～40万kW）を開発しており、2030年までの原型炉建設をめざす。

- **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）

## 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、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。

### 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。

### ラ・アーグプラントで使用済燃料の再処理を実施。政府は再処理を継続する方針

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。

現政権も、核燃料サイクルを含むバックエンド政策は転換しておらず、再処理を継続する方針である。

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2022年に設置許可申請を提出予定。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。ただし、同処分場は短期的に満杯になる見通しであり、今後数十年にわたり、原子力発電所の大規模な廃止措置が実施されて発生する極低レベル放射性廃棄物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。
加えて定期安全レビュー（PSR）や燃料交換による原子炉停止が加わり、2022年夏季には一時、全56基の約半数が運転停止状態となった。
冬季に向けてもPSRや予防メンテナンスによる継続的な運転停止が見込まれることから、国内だけでなく、フランスから電力を輸入する周辺国でも影響が懸念されている。

## 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。

## EDFの既設炉運転継続に関して、ASNは国内32基の10年間の運転継続は可能との立場を表明

EDFは既存炉を設計寿命の40年を超えて運転継続する方針であり、そのための大規模保守（Grand Carénage）を実施している。
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したことなどから、2023年に入り、ASNが60年超運転に言及。今後、EDFとASNによる検討が進められると見込まれる。

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2023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、運開予定は2023年以降にずれ込み、コストは2019年時点の見積で124億ユーロ（2015年価額）にのぼっている。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ている。

この問題について分析した元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。

その後2021年8月に、同機は運転認可を取得している。

表　フランス国内で建設中の原子力プラントの状況（2023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3カ所のサイトに建設される。EDFは①パンリー、②グラブリーヌ、③ビュジェイまたはトリカスタン　を提案しており、2022年10月には、パンリーでの建設計画に関する公開討論が開始された。

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。

### 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。<br>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。 |

### 超小型炉開発の新会社が設立、2030年の初号機生産めざし活動開始

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。同社は2021年12月2日に仏Assystem社と協力協定を結び、原子力分野でのプロジェクト管理や許認可、エンジニアリングに関する支援を受けることになった。

NAAREA社は2030年までにXSMRの初号機生産を目指すとしている。

### 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。

### 政府、EDFの完全国有化へ

ボルヌ首相は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10月から、政府以外が保有する株式（16%分）の買取を進めている。当初は2022年内の買収完了を目指していたが、2023年3月現在、買収は完了していない。

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。

### フィンランドで建設中のオルキルオト3号機が、2022年に送電開始

- **オルキルオト3号機が送電開始**

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を建設中。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、1号機は15カ月、2号機は9カ月の追加的な工期遅延可能性があるとし、遅延が生じた場合の追加コストは7億ポンドと試算している。

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。米国事業からは撤退。**

## 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。

## 原子力新規導入のポーランドにおけるEPR建設を目指す

EDFとポーランド国営電力は2009年に、EPR建設に係るフィージビリティ調査に関する協力覚書(MOU)を締結した。その後2014年にEDFとAREVA社はポーランドの地元企業との間で、同国におけるサプライチェーン構築に向けて協力協定を締結した。 EDFは2021年10月に、ポーランド政府に対し2~3サイトに4~6基(計660万~990万kW)のEPRを建設するターンキー契約に関する予備提案(拘束力なし)を提示した。同国政府は2022年に、最初の3基を米ウエスティングハウス(WH)社のAP1000に決定したが、EDFは引き続き同国でのEPR建設を目指している。

## EDFはチェコの増設プロジェクトに入札。ライバルは米国と韓国

チェコのドコバニ原子力発電所増設プロジェクトでは、2023年現在、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る。チェコでは既存のドコバニ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を提案している。WH社はAP1000、KHNPはAPR1000(APR1400の小型版)を提案している。

## EDFは米国の原子力発電事業からの撤退を完了

米国でシェール革命により原子力発電の経済性が相対的に低下したことを受けて、EDFは2019年に、保有する米原子力事業会社コンステレーション・エナジー・ニュークリア・グループ(CENG)株式の49.99%をエクセロン社に売却するプットオプションを行使することを決定した。

その後EDFは2021年8月にCENG株式の売却が完了したことを発表し、米国の原子力事業からの撤退が完了した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- 大統領府
- 首相府
- エコロジー移行省
- 会計検査院
- ASN
- ANDRA
- AREVA社
- CEA
- EDF
- EDFエナジー
- ENGIE社
- Alstom社
- 英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省
- 中国国家能源局
- NAAREA社
- Assystem社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ドイツ

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 基本情報

**現行原子力法では2022年末の脱原子力完了を規定しているが、2021年冬からのエネルギー危機のもとで後ろ倒し要望が強まった。政府は2022年9月、同年末に最後の3基を閉鎖後、うち2基を翌年4月まで電力危機時に再稼働できる状態で待機(リザーブ)させる方針を提示。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 35.7万km$^2$ | 人口 | 8,319万人 |
| | 公用語 | ドイツ語 | | |
| | 通貨 | 1ユーロ＝140円（2023年3月中適用） | | |
| 政治 | 政治体制 | 連邦共和制 | | |
| | 議会 | 二院制：連邦議会(定数598議席、調整議席を含め現在は736議席、任期4年)、連邦参議院(69議席、各州の代表)<br>【与党】社会民主党(SPD)、自由民主党(FDP)、緑の党<br>【野党】キリスト教民主／社会同盟(CDU/CSU)、ドイツのための選択肢(AfD)、左派党 | | |
| | 政府 | 首相　オラフ・ショルツ | | |
| 経済 | GDP | 3兆8,620米ドル(2019年名目、世界銀行、IMF、独連邦統計庁)<br>成長率　0.6%(2019年、世界銀行、IMF、独連邦統計庁) | | |
| | 経済の特徴および概況 | | | |
| | 世界有数の先進工業国であるとともに貿易大国。GDPの規模では欧州内で第1位。主な貿易相手を見ると、輸出入共に欧州が全体の3分の2程度を占める。 | | | |

## ● エネルギー

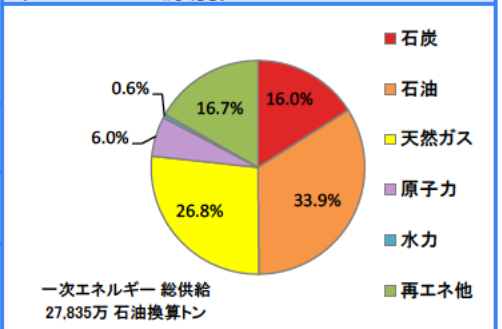
・保有資源
原油(シェールオイルを含む)：317(百万トン)
石炭：196,356(百万トン)
天然ガス：390億(立方メートル)
ウラン：3,000(トン)

・一次エネルギー供給
2億7,835万石油換算トン

・エネルギー自給率
37.0%(原子力含)、30.4%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：6.0%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

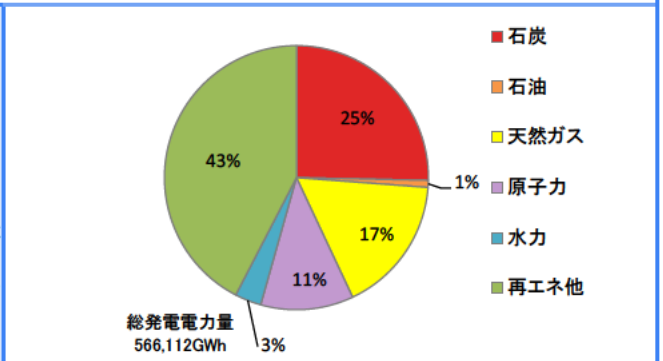



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力：98,311　水力：10,792　原子力：8,113　その他：116,529 |
| 電力供給体制の概要 | Uniper(2016年にE.ONからスピンオフ)、E.ON、RWE、Vattenfall、EnBWが発電の大部分を占める。従来大手電力による垂直統合体制が採られていたが、発送電分離分離済み(EnBW社は法的分離、その他は所有分離) |

電源種別発電電力量

脱原子力政策により原子力発電が漸減すると共に、再生可能エネルギー(再エネ)が急速に拡充。低炭素化加速のネックとなってきた石炭についても、撤退を進める計画。現政権は、撤退期限を2038年から2030年に前倒しする意向だったが、ウクライナ情勢で困難な見通し。




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 電力最終消費量(百万kWh) | 499,419 | 発電電力量(百万kWh) | 566,112 | 電力純輸入量(百万kWh) | -32,663 |
| 運転中の原子力プラント | PWR3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

2011年6月のエネルギー政策合意では、2020年までに電力消費量を2008年比で10%、2050年までに25%削減する方針が示された。また、2020年の脱石炭政策開始(2038年までに石炭火力発電全廃)に合わせて、再生可能エネルギー法における中間目標も引き上げられ、消費電力に占める再エネ比率の目標値は2030年までに65%以上、2050年までに80%以上とされている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力施設所在地図

設備容量：405.5万kW　発電電力量：654億kWh

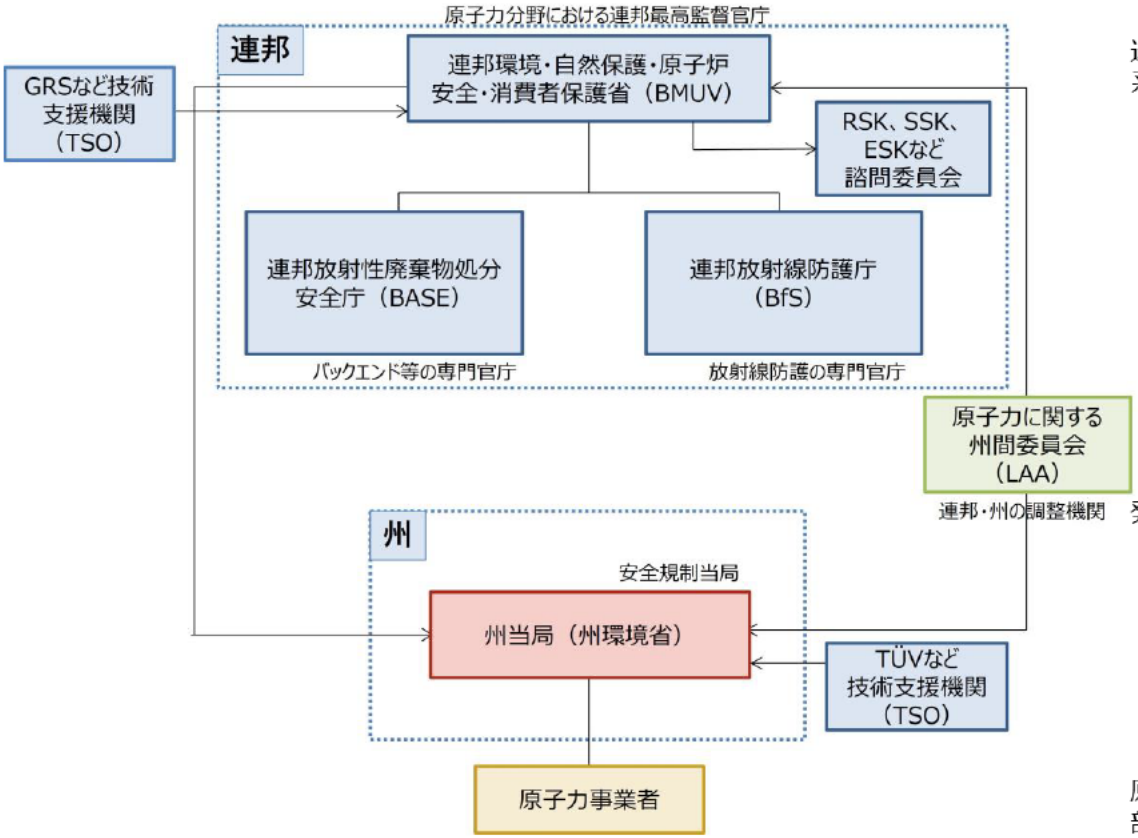
運転中：3基 建設中：0基　計画中：0基　原子力シェア：11.9%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

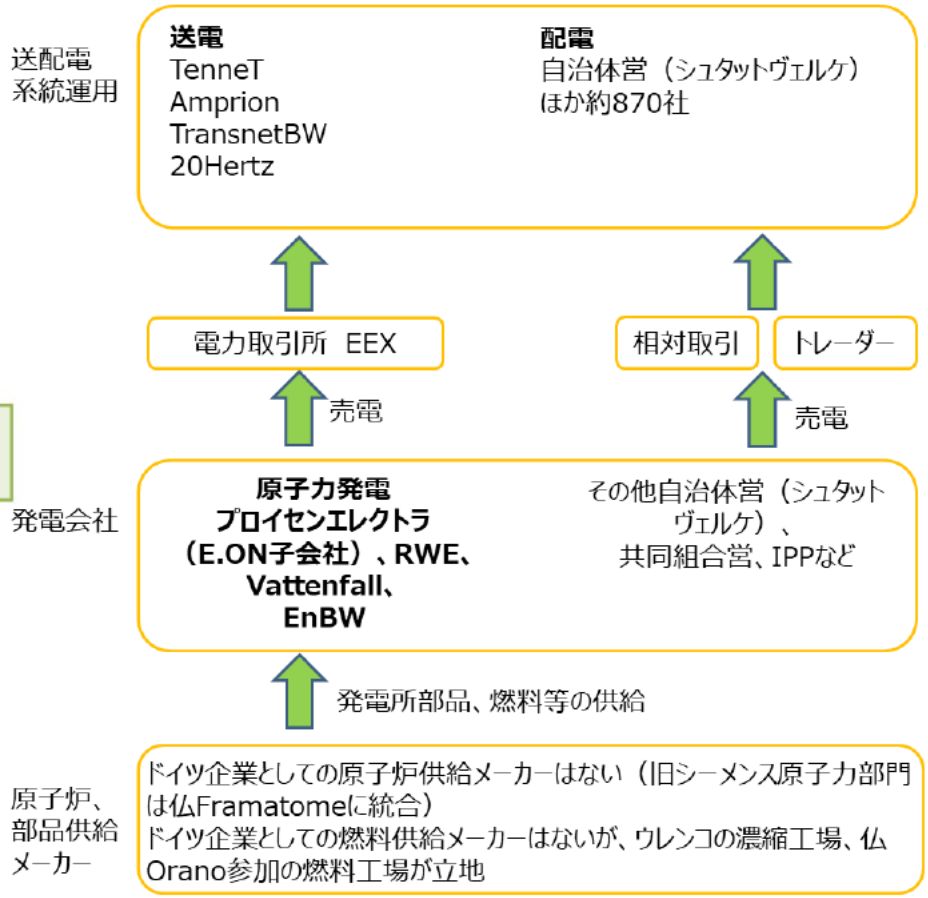
# 原子力業界構造

連邦環境・自然保護・原子炉安全・消費者保護省（BMUV）監督の下、州当局が原子力の安全規制を担う。原子力に関する州間委員会（LAA）を通じて連邦大での規制調和を図っている。規制における検査等では、技術支援機関が立ち会いを行うなど、支援を提供する。電気事業に関しては自由化のもと、発送電分離が行われている。

● 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

**2030年の温室効果ガス削減目標を1990年比65%とし2045年カーボンニュートラルを目指す。2022年に脱原子力を完了、脱石炭火力と再エネ拡大を加速する方針であったが、ウクライナ情勢に伴う天然ガス需給ひっ迫により、脱原子力の期限を2023年4月15日まで延長した。**

## 脱原子力の次のステップとして脱石炭に着手

ドイツでは1998年の社会民主党と緑の党政権発足を機に脱原子力及び再生可能エネルギーの拡大政策が進められた。再生可能エネルギーは拡大し、脱原子力も進んだものの、間歇性の再エネを支える送電インフラ等の整備の遅れもあり、排出量の多い石炭火力が主力を占める構造は変わらなかった。結果として、2018年時点では2020年排出削減目標の達成は困難と思われた(実際にはコロナ禍の影響で辛うじて達成)。

こうした状況を受け、連邦政府は石炭産業地域の経済支援、地域振興策を講じた上で、2038年までに石炭火力発電からの撤退を完了することを決定し、2020年8月までに関連法を成立させた。脱石炭政策の開始に合わせて再生可能エネルギー法も改正され、2035年までに55~60%とされていた消費電力における再エネ比率の中間目標は、2030年までに65%へと引き上げられた。

## ウクライナ情勢により脱原子力を4か月半後ろ倒し

社会民主党、緑の党、自由民主党の新与党3党は、11月24日の連立協定において、脱石炭火力の完了期限を2030年まで前倒しするとともに、2030年時点の電力消費に占める再エネ比率を8割(現行目標:65%)に引き上げる方向で検討を行う方針を示した。再エネが安定するまでは、橋渡しとしてガス火力を既存サイトに増設するが、これらのユニットは将来的に水素等の無炭素ガス発電用に換装できることを想定している。電気料金上昇の抑制と、送電網整備は引き続き課題となる。

2022年末に脱原子力を完了予定だったドイツだが、同年2月のウクライナ侵攻に伴うロシアからの天然ガス等資源輸入減少に伴い、原子力利用を巡る議論がぎりぎりまで続けられ、最終的には10月のショルツ首相指示に基づき、2022年11月に、最後の3基の原子炉の運転を2023年4月15日まで延長する法改正が成立した。このため、2023年3月現在、これら3基は運転を継続している。

## EUの2050年カーボンニュートラル目標をさらに前倒しする目標を設定

ドイツは2030年までに1990年比55%とする排出削減目標を掲げていたが、連邦憲法裁判所の2021年4月の判決に基づき、将来の若者世代への非合理な負担を回避する意図から、より早期の目標を強化する法改正を行った。2021年8月に発効した改正気候保護法では、2045年にカーボンニュートラル、2030年に1990年比65%減へと目標の引き上げが行われた。

## 2020年6月に「国家水素戦略」策定。国内外のグリーン水素サプライチェーン構築を目指す

政府は2020年6月に国家水素戦略を発表し、再エネによる「グリーン水素」拡大の方針を示した。国内のグリーン水素製造能力を2030年までに5GW、2040年までに15GWまで拡大するほか、国内生産では不足することから、ドイツ技術による国外大規模製造拠点設置、欧州大での水素サプライチェーン構築など、国外からの輸入環境も積極的に整備する方針が示されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力政策：原子力発電、非発電用途

**ドイツは1998年の社会民主党、緑の党連立政権発足を機に脱原子力政策を開始。現政権は2022年末の原子力発電所閉鎖完了を原則としてきた。しかしウクライナ情勢を受けた議論の結果、最終的には首相判断により、冬季の電力需要ピークが過ぎる2023年4月中旬まで、3基の運転継続を決定した。**

## 脱原子力政策の経緯

**●脱原子力政策の開始**

ドイツではチェルノブイリ事故を経て原子力発電に否定的な世論が高まった。1998年に成立した社会民主党（SPD）と緑の党の連立政権による2002年の原子力法を改正により、国内での原子炉新設が禁止され、既存炉には閉鎖までの総発電電力量の上限（32暦年運転を基準）が定められた。

**●閉鎖期限の延長**

2009年に発足した第二次メルケル政権（キリスト教民主／社会同盟〔CDU/CSU〕と自由民主党の連立政権）は原子力を再生可能エネルギー移行までの橋渡しと位置づけ、2010年に原子力法を改正し、いったんは既存炉の運転延長（平均12年）が可能となった。

**●閉鎖期限延長の取消、2022年脱原子力完了を法定**

2011年3月の福島第一原子力発電所事故を受け、同政権は運転延長を撤回した。 2011年8月の改正原子力法に伴い、2010年末時点で運転中であった17基の原子炉の閉鎖期限が定められ、8基の運転認可が2011年8月に失効、残る9基も2022年までに全炉閉鎖される規定となった。

**●ウクライナ情勢に伴う天然ガスひっ迫で、最後の3基の運転継続が議論に**

2022年2月以降、ウクライナ情勢に伴いロシアからの天然ガス輸入が激減、エネルギー供給確保のため、保守派や特に電力需給が厳しい南部バイエルン州などが、最後に残る3基の運転延長の必要性を主張。連邦政府は2022年春に電力需給ストレステストを行い、延長不要との姿勢を示したものの、なおも要請は強く、連邦政府は再度の「ストレステスト」を実施。その結果、政府は9月にいったん、2022年末に3基を停止するが、うち2基を2023年4月まで、電力需給危機に備えて稼働可能な状態で待機させる方針を表明。その後も議論は止まず、最終的には10月にショルツ首相の判断で、3基の運転を2023年4月15日まで継続することになった。必要な法改正が成立したのは2022年11月であった。

## 脱原子力の加速に関して、連邦政府から事業者への補償が発生

ドイツ国内の原子力事業者は、2011年の原子力法改正による脱原子力の再加速、8基一斉閉鎖に関連して被った経済的損害の補償を求め、連邦政府に対し訴訟を提起した。2016年に連邦憲法裁判所が事業者の主張の一部を認め、「2010年法を前提に行った運転延長投資」「2002年原子力法による割当電力枠を多く残した状態で閉鎖した3基について、2011年の脱原子力前倒しがなければ利益を生み出せたはずの電力枠」が補償の対象として認められた。2018年にはこの判決を反映する原子力法改正が行われた。

その後、連邦政府と事業者は補償額を巡り交渉を行っていたが、2021年3月5日、連邦政府が総額24億2,800万ユーロを補償金として事業者に支払う一方で、事業者側が起こした補償に関する全ての訴訟を取り下げ、全ての法廷闘争を終結させることで合意した。

## 連邦環境省は、核燃料サイクル、SMRなどの次世代炉にも反対していく方針

連邦環境省は福島第一原子力発電所事故から10年を機に、2021年3月に脱原子力に関する見解を発出した。この中で、2022年全炉閉鎖後も引き続き、国内に立地する濃縮・燃料製造プラントの閉鎖による完全な脱原子力を目指していく意向を示した。

さらに、現在世界で、カーボンニュートラルに向けた手段のひとつとして、小型モジュール炉（SMR）をはじめとする革新炉への関心が高まっていることに対し、SMRの安全性や放射性廃棄物の発生について懐疑的な見解を示し、世界のSMR導入動向を批判的に注視していくとしている。

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）

**国内に濃縮・燃料製造プラントが立地。過去にはクローズド燃料サイクル実現を目指し、使用済燃料の全量再処理を義務付けていたが、脱原子力に伴い全量直接処分となった。再処理由来のMOX燃料は2016年までに全て原子炉に装荷済み。フランスに次ぐMOX利用実績に加え、BWRでも継続的な装荷を実施してきた点は特徴的である**

## ウランは全量輸入。国内に濃縮・燃料加工プラントが立地

ドイツは使用するウランの全量を輸入している。国内にウラン転換施設はないが、濃縮・燃料加工施設は国内に立地している。濃縮は、グローナウにあるウレンコ社のプラント（処理能力：4,100tSWU/年）で行われている。また、軽水炉用燃料の加工はリンゲンにあるANF社（仏Framatome社の子会社）のプラントで実施されている。

## 再処理によるクローズド燃料サイクル実現をめざしたが、脱原子力に伴い再処理禁止へ

ドイツは使用済燃料を全量直接処分する方針であるが、過去には国内でのクローズドサイクルの実現をめざしており、全量再処理を義務付けていた。しかしコスト高騰や反対運動の影響から、国内再処理、MOX燃料加工プラント建設の計画が1991年までに相次いで中止となり、英国（セラフィールド）およびフランス（ラ・アーグ）での国外再処理に切り替えた。1994年には原子力法が改正され、使用済燃料の直接処分もオプションとして選択可能となった。

その後、脱原子力政策に伴う2002年の原子力法改正に基づき、再処理を目的とした使用済燃料の英仏への輸送は2005年6月をもって終了し、以後新規の再処理は禁止となった。

## 再処理由来のMOX燃料は2016年までに全量装荷ずみ

原子力法では回収されたプルトニウムを原則として国内でのプルサーマルで消費することを義務付けているが、英国委託分についてはセラフィールドMOX燃料加工プラント（SMP）の閉鎖確定に伴い、プルトニウムスワップ等を通じてフランスによる燃料加工の代行履行が実施されたほか、一部のプルトニウムは英国による引取が行われた。こうした処置を経て、ドイツ保有分として残ったプルトニウムについては、すでに全量がMOX燃料に加工され、2016年までにドイツの原子炉に装荷済みである。

なお、ドイツでは1970年代からPWR、BWR両方でのMOX装荷実績を持ち、フランスに次ぐ利用実績がある。全炉閉鎖までの装荷体数は、計2,780体ほどと見込まれている。

なお前述の通り、最後の3基の運転が2022年末から2023年4月15日まで延長されているが、燃料の追加調達は行っておらず、発生する使用済燃料や最終的なMOX装荷体数ともに、2022年末閉鎖予定の場合からの変更はない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 放射性廃棄物管理・処分

放射性廃棄物は中低レベル、高レベルともに地層処分する方針である。高レベルについては選定手続きが白紙化され、2017年に新たなプロセスに着手。現行法上の選定目標時期は2031年だが、遅延が見込まれる。中低レベルのコンラート処分場は建設中で、2027年に操業開始予定である。

## 高レベル放射性廃棄物の地層処分場選定：2031年までの法定目標見直しへ

2013年の「サイト選定法」により、従来の候補地ゴアレーベンを白紙化し、新たに住民参加型のサイト選定手続を通じて複数候補から絞り込みを行い、2031年までに処分サイトを確定する方針が示された。2017年5月には、3段階からなるサイト選定プロセスや公衆参加の仕組み・手続等について定めたサイト選定法の全面改定が発効し、同年9月に、新たなサイト選定プロセスが正式に開始された。 現在サイト選定は第1段階にあり、2020年9月には実施主体である連邦廃棄物管理機関（BGE）が、全国から収集した地質データに基づき、地質学的な基準・要件を満たす「サイト区域」90エリアを選定、選定結果をまとめた第1段階中間報告書を公表した。2021年2月～8月にかけて、この報告書について情報共有、意見交換を行うための公衆参加プロセス（サイト区域専門会議）が実施された。同会議は9月7日に活動結果をとりまとめた最終報告書をBGEに提出した。BGEは2022年、90区域をいくつかのエリアに絞り込む作業が2027年までかかるとの見通しを示し、2031年というサイト選定完了目標は実現困難で、スケジュールの再検討が必要としている。

## コンラート中低レベル処分場が2027年に操業開始予定

ドイツは中低レベル放射性廃棄物についても地層処分する方針である。コンラート旧鉄鉱山は2002年に中低レベル処分場として原子力法上の建設許可を受けたが、訴訟により着工が遅延した。同処分場は2027年に操業を開始する予定である。

## 放射性廃棄物処分・管理の規制・実施体制

ドイツでは2016～2017年にかけて法律の制定・改正が行われた。2021年3月現在、放射性廃棄物の処分および中間貯蔵の実施主体や規制体制、資金管理体制は以下の通りとなっている。

- 放射性廃棄物処分の実施主体：100%国営会社の連邦廃棄物管理機関（BGE）
- 中間貯蔵の実施主体：100%国営会社の連邦中間貯蔵機関（BGZ）
- 規制体制：連邦放射性廃棄物処分安全庁（BASE）。従来、連邦放射線防護庁（BfS）が担っていた放射性物質の貯蔵・輸送許可、放射性廃棄物の国家管理、原子力技術安全に係る業務等が移管され、処分場関連規制だけでなく幅広い分野を所管。なお、BfSは所掌範囲を縮小し、専ら放射線防護関連の業務に注力。
- 中間貯蔵と最終処分の資金準備・管理責任：公的基金「放射性廃棄物管理基金」で管理。従来、事業者が引当金を計上して確保し、各自で管理してきたが、事業者は2017年7月に、総額約241億ユーロ（基本拠出金約179億ユーロ、リスク保険料約62億ユーロ）を一括で払い込み、資金と管理責任を公的基金に移管。

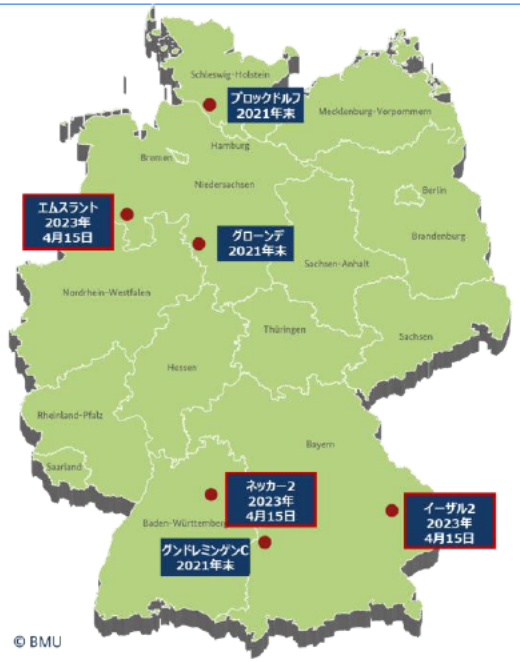
Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国内動向：既設炉、新増設計画

ドイツは脱原子力を進めており、2021年に3基が閉鎖し残り3基を残すのみに。ウクライナ情勢に伴いこれら3基の閉鎖期限が2023年4月15日までに延長。既存炉のリプレースや新設計画はない。廃止措置については脱原子力に伴い、複数の大型商用炉で並行して廃炉解体が進行している状況である。

表　2021年閉鎖炉と2022年以降の残存炉

| ユニット名 | 炉型 | 設備容量 | 運開年 | 閉鎖期限 |
|---|---|---|---|---|
| グンドレミンゲンC | BWR | 143.0万kW | 1985 | 2021/12/31 |
| グローンデ | PWR | 134.4万kW | 1985 | 2021/12/31 |
| ブロックドルフ | PWR | 148.0万kW | 1986 | 2021/12/31 |
| イザール2 | PWR | 148.5万kW | 1988 | 2023/4/15 |
| エムスラント | PWR | 140.6万kW | 1988 | 2023/4/15 |
| ネッカー2 | PWR | 140.0万kW | 1989 | 2023/4/15 |




## 27基（プロトタイプ炉含む）で廃止措置が進行中、3基で完了

脱原子力政策に伴う原子炉閉鎖が終盤。開発初期のプロトタイプ炉、旧東ドイツのVVER、100万kWを超える複数の大型商用炉まで含む計27基で廃止措置が進行中である。中には施設解体はほぼ完了しているものの、サイトの一部が引き続き原子力法の規制下にあり、廃止措置完了のステータスとなっていないサイトもある。これは放射性廃棄物処分場の操業が開始されていないため、サイト内に放射性廃棄物貯蔵施設を設置して保管していることからによるものである。

3基ではサイト全体が原子力法の規制から解放され、廃止措置が完了している。

廃止措置資金について公的基金等の設置は無く、原子力事業者が各自で引当金を計上して確保している。

表　ドイツの廃止措置概況

| 項目 | 概要 |
|---|---|
| 廃止措置状況 | 閉鎖：3基/解体中：27基/廃止措置完了：3基 |
| 廃止措置オプション | 即時解体/安全貯蔵（原則即時解体。一部プロトタイプ炉で安全貯蔵あり） |
| 廃止措置資金の管理 | 原子力事業者が各自引当金を計上して確保 |

図　2021年閉鎖炉と2022年以降の残存炉（出所）BMUVウェブサイトより三菱総合研究所作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国内動向：ベンダー動向

脱原子力国であり、国内に原子炉を供給するベンダーは存在しない。電気事業者に関しては、脱原子力、脱石炭、再生可能エネルギー重視の流れの中で、企業の枠を超えた事業再編も行われた。

## 独シーメンス社は原子力事業から撤退、仏企業のドイツ国内原子力事業拠点も統合整理へ

ドイツではシーメンス社が1960年代から国内外への原子力発電関連機器の供給で中心的な役割を担ってきたが、政府の脱原子力政策開始により国内市場拡大が見込めなくなったことから、2001年以降、フランスとの合弁企業（当時のAREVA NP社）のもとで活動を続けてきた。しかし、シーメンス社は2009年に合弁解消の方針を発表してAREVA NP社から撤退し、2011年には原子力事業からの撤退を決定した。

シーメンス社がAREVA NP社（現Framatome社）に参画していたこともあり、ドイツ国内には現在、Framatome社やOrano社の拠点が複数立地しているが、これら企業は経営合理化策の一環として、ドイツ国内の事業拠点の統合整理を進めている。

なお、独連邦環境省は2021年、福島第一原子力発電所事故から10年に際して発出した見解書において、同国で全ての原子力発電所の閉鎖が完了した後も、これら仏企業等の原子力関連プラントが残ることについて、完全な脱原子力に向け、早期の閉鎖撤退を希望する意向を示している。

## 大手電気事業者の脱石炭加速。生き残りをかけて、企業の枠を超えた事業再編を実施

ドイツでは1998年の電力自由化後の電気事業再編により、E.ON、RWE、EnBW、Vattenfall（スウェーデン企業）の4大グループ体制が形成された。しかし2016年ごろから、卸電力価格の低迷や再エネ優遇政策の影響に伴う主力の火力部門の不振、投資家による石炭事業からのダイベストメントの潮流を受け、連邦政府の脱石炭政策開始に先立ち、電気事業の業界再編が進んだ。

E.ON社は2016年に火力発電事業等を新会社Uniper社にスピンオフし、2018年にはUniper社の株式全持分をフィンランドFortum社に売却した。なおE.ON社は当初、ドイツ国内の原子力資産もUniper社にスピンオフする計画だったが、ドイツ連邦政府がこれを牽制する形で、スピンオフ後も元の親会社が原子力バックエンド費用の保証責任を負い続ける内容の法案を策定した。結果として国内原子力事業は非中核事業という位置づけでE.ONグループに残留した。

RWE社も2016年に、再エネ・配電・小売部門を分社化し上場させた。

さらに2018年にE.ON社とRWE社は、資産交換により、原則としてE.ON社に配電・小売・ソリューション部門、RWE社に発電・卸売部門を集約し、両社が会社の枠を超えてユーティリティとしての役割を分け持つ再編を行う方針で合意した。この資産交換は現時点までにすでに完了している。

またVattenfall社も、2016年中にドイツ国内の石炭採掘・石炭火力資産を売却し、ドイツにおける石炭事業から撤退している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国外動向

**ドイツは脱原子力国であり、原子炉の輸出等は行っていない。連邦政府は自国の脱原子力後も、国境付近を中心とした他国の原子力発電所を警戒すると共に、他の脱原子力国と連携のもと、欧州や世界大で脱原子力を主張していく方針である。**

## 他国の原子力発電所建設プロジェクトへの新規参入は行わない方針

ドイツで2002年に脱原子力を定める原子力法が発効し、国内での新設が禁止された後も、E.ONやRWEといったドイツの大手原子力発電事業者は、ブルガリアやルーマニアでの原子力発電所建設プロジェクトに出資を検討するなど、国外プロジェクトへの参加意欲を示していた。しかし、建設国における資金調達難航等をうけ、2011年までに全て撤退している。

その後、連邦政府も廃止措置などを除き、原子力事業の伸展に係わるような輸出案件に対し、政府の輸出保証(Hermes保証)を付与しない方針を示している。

## 欧州、世界大で脱原子力を主張していく方針

福島第一原子力発電所事故から10年を機に、連邦環境省が2021年3月に公表した見解書「脱原子力完了のための12ポイント」では、自国での原子力発電からの撤退が完了した後も、国境付近での原子力計画に、越境環境評価プロセス等を通じて意見を提示するとともに、欧州内の脱原子力国などとも連携して、国外に対しても脱原子力を主張していく方針が示されている。

2021年に政権交代した社会民主党、緑の党、自由民主党についても脱原子力の方針に変わりはなく、国境付近のプラントを中心に引き続き閉鎖を求めていく方針を示している。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- CDU・CSU・SPD2013年、2018年連立協定
- SPD、緑の党、FDP　2021年連立協定
- CIA, The World Factbook
- IAEA, Nuclear Fuel Cycle Information System（NFCIS）
- M.Weis, M. Flakowski, R. Haid, F. Plaputta, F Volker, Plutonium-Verwertung: 40 Jahre MOX-Einsatz in deutschen Kernkraftwerken, Atomwirtschaft, December 2006.
- UN, Energy Statistics Yearbook
- 原子力法
- サイト選定法
- 再生可能エネルギー法
- 2015年廃止措置・廃棄物管理費用に係る二次責任法
- 連邦政府
- 連邦環境・自然保護・原子炉安全・消費者保護省（BMUV）
- 連邦経済・気候保護省（BMWK）
- 連邦放射線防護庁（BfS）
- 連邦放射性廃棄物処分安全庁（BASE）
- 高レベル放射性廃棄物処分委員会最終報告書
- 連邦憲法裁判所
- 欧州司法裁判所
- 原子力安全条約ドイツ国別報告書
- RWE社
- E.ON社
- EnBW社
- Vattenfall社
- 脱原子力に係る費用確保に関する協定（バックエンド協定）
- 成長・構造変革・雇用委員会最終報告書
- ドイツ水素戦略

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=19円（2023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<br>国務院総理（首相）　李 克強（共産党） | | |
| 経済 | GDP | 約17兆4,580億ドル（2021年名目、IMF推計値）<br>8.1%増（2021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

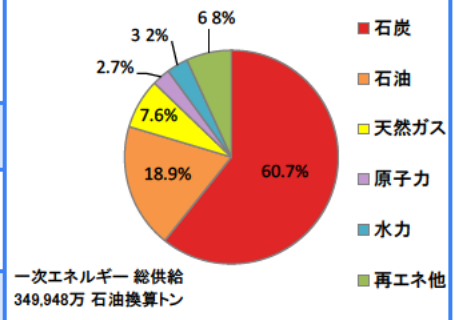
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：51,142（百万トン）
石炭：5,931,953（百万トン）
天然ガス：3兆8,410億（立方メートル）　ウラン：120,000（トン）

・一次エネルギー供給
34億9,948万石油換算トン

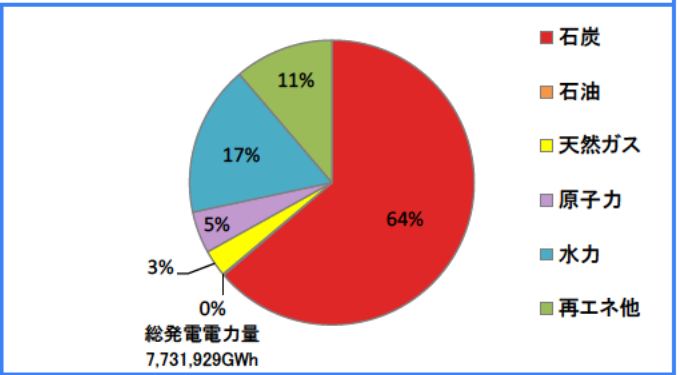
・エネルギー自給率
80.2%（原子力含）、77.8%（原子力除）

・一次エネルギー供給における原子力シェア：2.7%

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） | 6,521,640 | 発電電力量（百万kWh） | 7,731,929 | 電力純輸入量（百万kWh） | -16,791 |
| 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 | 21基（PWR19基、FBR2基） | 計画中の原子力プラント | 47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：5,315.0万kW　発電電力量：3,832億kWh

運転中：55基（PWR52基、PHWR2基、HTGR1基）

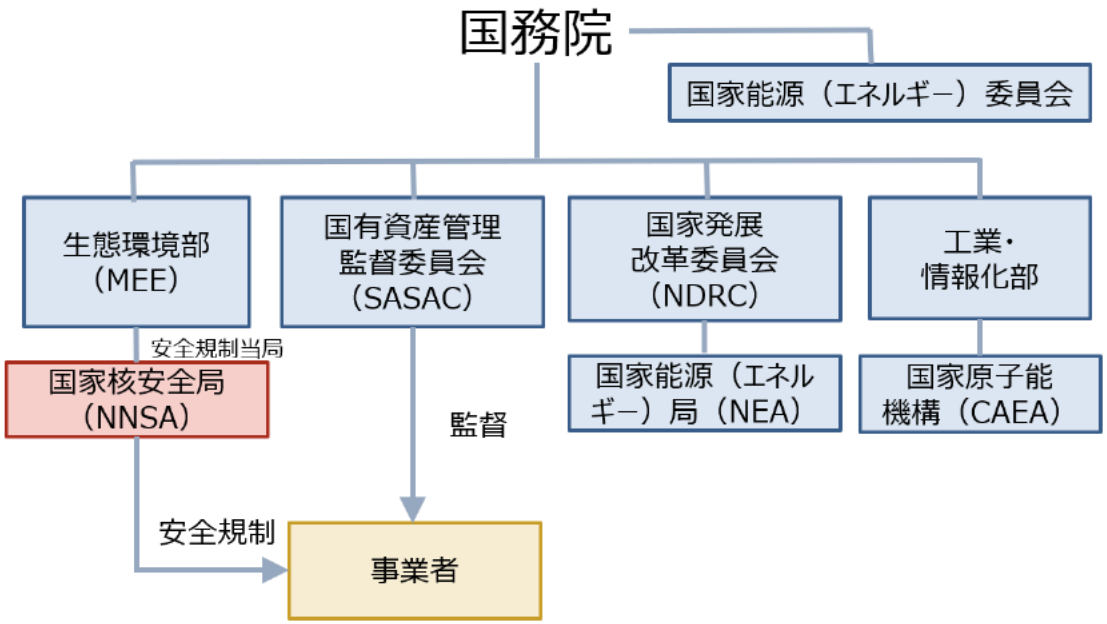
建設中：21基（PWR19基、FBR2基）　計画中：47基 原子力シェア：5.0%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

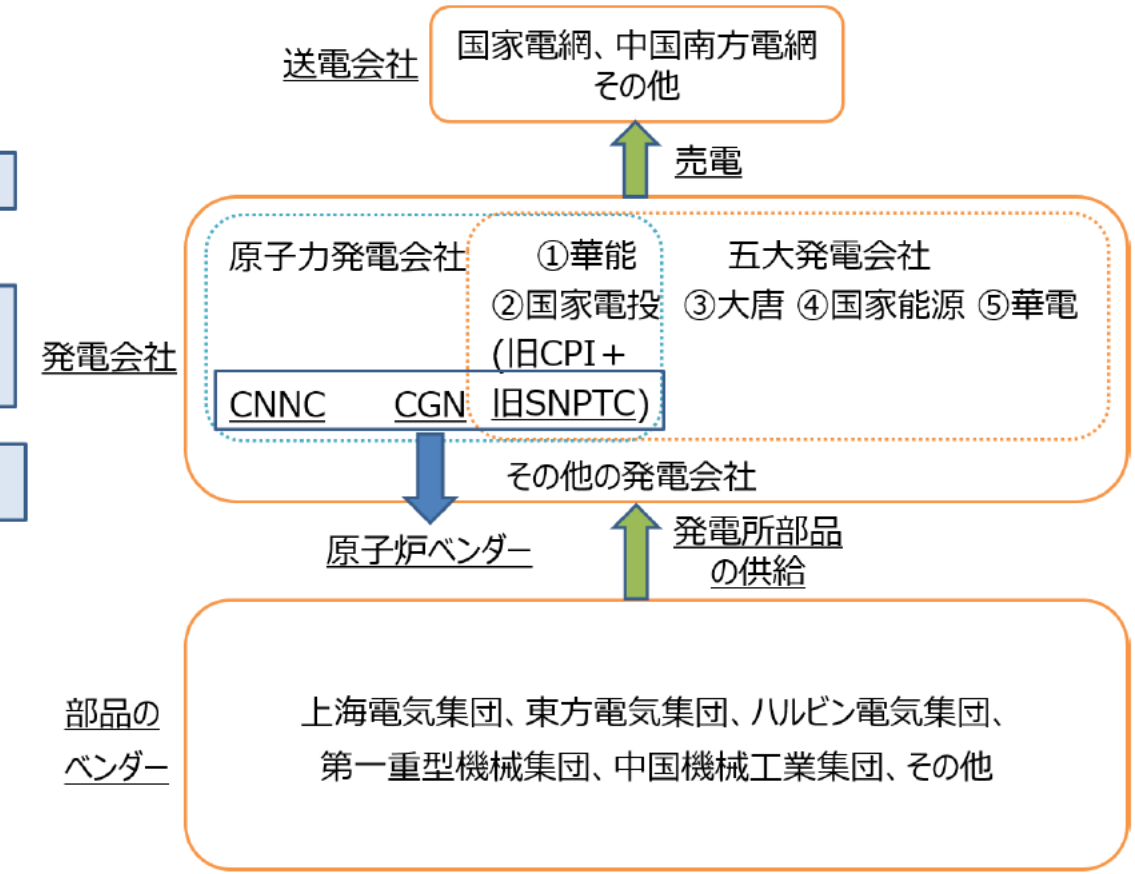
# 原子力業界構造

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、2020年11月には、規模を3,000万$m^2$に拡大するプロジェクトが承認された。また、2023年2月にはより広い地域に熱を供給するため、23kmの配管の建設が開始されている。

このほか、CGNも遼寧省の紅沿河原子力発電所で熱供給の実証プロジェクトを進めている。

- **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、2023年中に開始される予定である。

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<br>● 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<br>● 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<br>● 大型商用再処理施設の建設の実証を進める<br>● 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<br>● 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<br>● 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<br>● 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<br>● 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<br>● 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2023年2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 | 9,472万kW/92基 | 250万kW/2基 | 9,722万kW/94基 |
| 中国 | 5,315万kW/55基 | 2,351万kW/21基 | 7,666万kW/76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。ただし、商用再処理施設の建設に大きな進展は見られていない。

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、2023年2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、再処理により発生した高レベルガラス固化体は、原子力安全法の規定で地層処分することとなっている。

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2021年報には、4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 | 2021年受入量 | 2021年末までの累積受入量 |
|---|---|---|
| 西北処分場(甘粛省) | 3,365体<br>(1,660.1m³) | 68,344体<br>(27,708.29m³) |
| 北龍処分場(広東省) | 受入なし | 2,240体<br>(2,526.44m³) |
| 飛鳳山処分場(四川省) | 16,092体<br>(8,426.4m³) | 77,944体<br>(35,005.38m³) |
| 金塔極低レベル廃棄物埋設場(甘粛省) | 189.8m³ | 189.8m³ |

出所)国家核安全局の2021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。

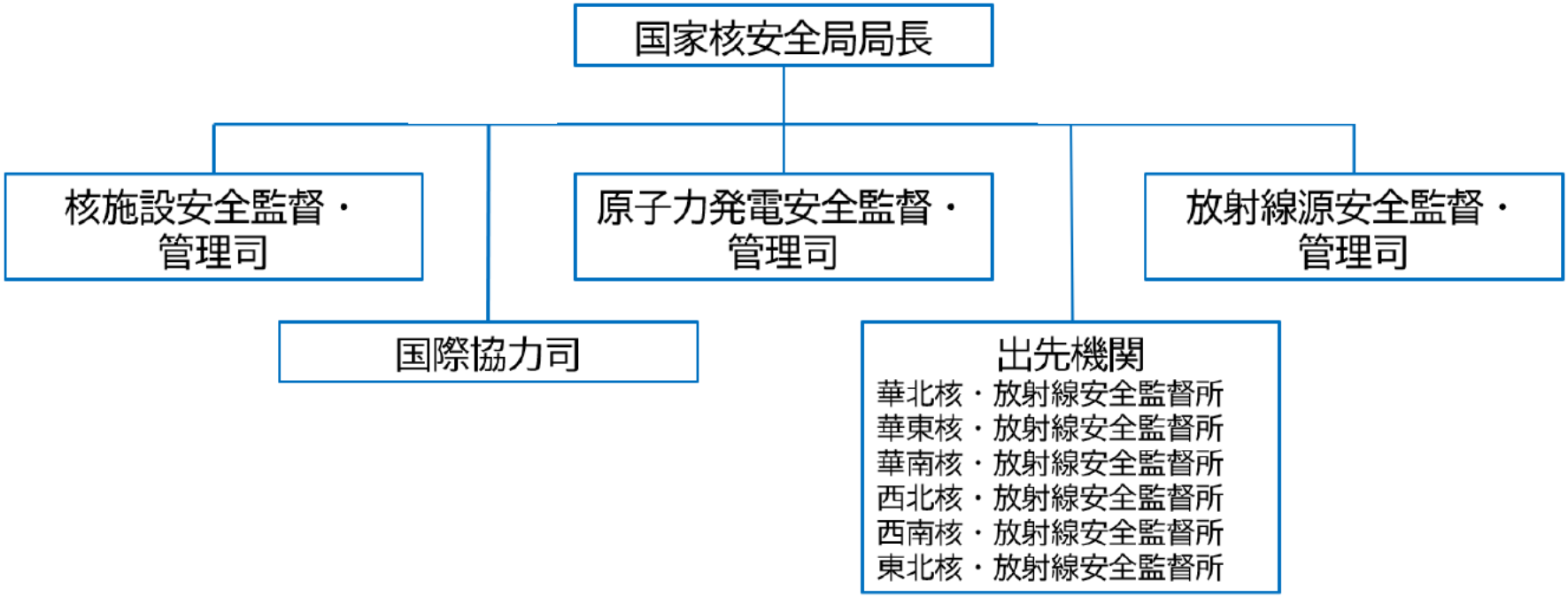



図　国家核安全局の組織体制図

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21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、現在は米仏に次ぐ世界3位の54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号の初号機は福建省の福清5号機ですでに運開している。

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半分近い10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という点では、現在建設中の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。

表　中国で運転・建設中の第3世代炉等

| 炉型 | ステータス | プラント名 | 事業者 |
|---|---|---|---|
| AP1000 | 運転中 | 三門1、2 | CNNC |
| | 運転中 | 海陽1、2 | SPIC |
| CAP1000 | 建設中 | 三門3 | CNNC |
| | 建設中 | 海陽3 | SPIC |
| EPR | 運転中 | 台山1、2 | CGN |
| 華龍1号 | 運転中 | 福清5、6 | CNNC、華電 |
| | 運転中 | 防城港3 | CGN |
| | 建設中 | 防城港4 | CGN |
| | 建設中 | 漳州1、2 | 国電、CNNC |
| | 建設中 | 太平嶺1、2 | CGN |
| | 建設中 | 昌江3、4 | 華能、CNNC |
| | 建設中 | 蒼南1、2 | CGN |
| | 建設中 | 陸豊5 | CGN |
| HTR-PM(高温ガス炉) | 運転中 | 石島湾 | 華能 |
| CAP1400 | 建設中 | 石島湾1、2 | SPIC、華能 |
| SMR玲龍1号 | 建設中 | 昌江SMR1 | CNNC |
| FBR | 建設中 | 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。

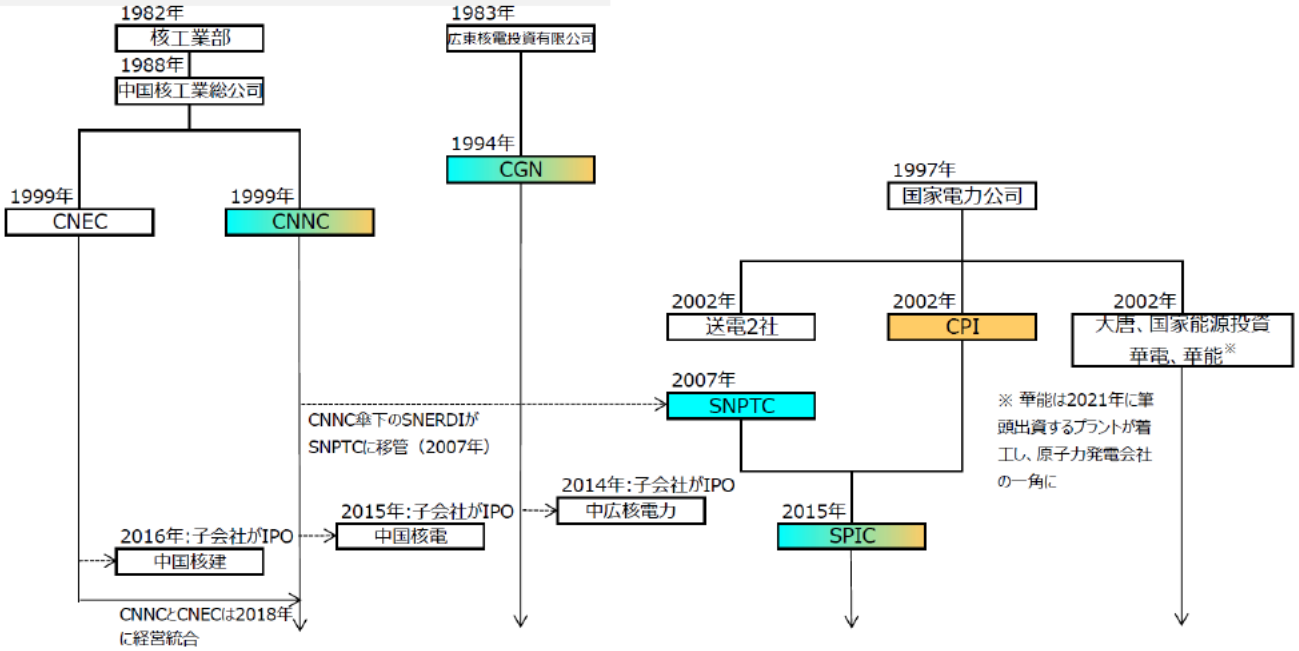



図　中国における電気事業者等の時間的な変遷（青：原子力発電プラントの製造業者　茶：原子力発電会社）

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号が運開、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。さらに、2015年8月にはカラチ原子力発電所2号機、2016年5月には3号機の建設が開始された。両機には、中国が自主開発する第3世代炉である華龍1号が採用されている。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、同年8月末時点で、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、中国企業が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（SWC）の建設（EPR、2基）に対しても、中国企業が出資すること、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、中国側が主事業者となり、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。2016年9月には、英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が、BEIS、EDF、およびCGNの3者がHPCプロジェクトに係る固定価格買取差額決済契約（FIT CfD）に関する文書と投資合意書（SOSIA）に署名したことを公表した。これにより、HPC建設が正式に決定したこととなる。

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。

● **チェコ・ルーマニア**

CGNは、両国の原子炉増設プロジェクトへの参画に向け取組を進めてきたが、近年相次いで両国のプロジェクトから脱落する形となった。

ルーマニアでは、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。

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

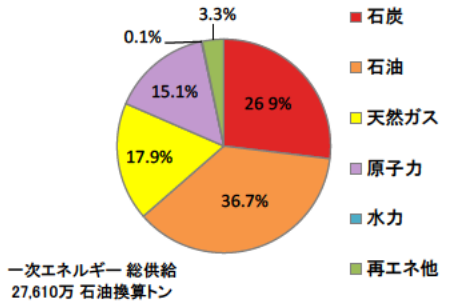
## 2022年5月、尹錫悦（ユン・ソクヨル）政権が発足。2023年1月策定の第10次電力需給基本計画では、原子力は発電電力量ベースで2036年には34.6%を見込む。

### ● 基本情報

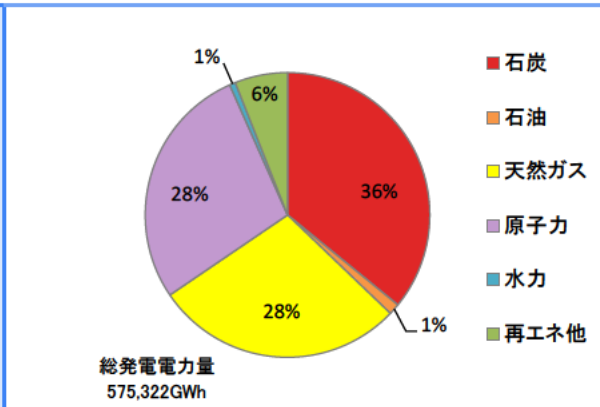
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 10万km² | 人口 | 約5,163万人 |
| | 公用語 | 韓国語 | | |
| | 通貨 | 1ウォン＝約0.105円（2023年3月中適用） | | |
| 政治 | 政治体制 | 民主共和国 | | |
| | 議会 | 一院制（300議席） | | |
| | 政府 | 大統領　尹錫悦（ユン・ソクヨル）（2022年5月就任） | | |
| 経済 | GDP | GDP　1兆7,978億ドル（2021年名目、韓国銀行）<br>成長率　4.0%（2021年、韓国銀行） | | |
| | 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。2021年は、輸出と民間消費の好調等により、実質GDP成長率は4.0%となり、新型コロナウイルス感染症拡大の影響等により-0.9%に低下した前年からプラスに転じた。 | | | |

### ● エネルギー

| | |
|---|---|
| ・保有資源<br>原油（シェールオイルを含む）：0<br>石炭：2,347（百万トン）<br>天然ガス：60億（立方メートル）<br>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<br>2億7,610万石油換算トン | |
| ・エネルギー自給率<br>16.0%（原子力含）、3.7%（原子力除） | |
| ・一次エネルギー供給における原子力シェア：15.1% | |




### ● 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） | 523,721 | 発電電力量（百万kWh） | 575,322 | 電力純輸入量（百万kWh） | 0 |
| 運転中の原子力プラント | 25基（PWR22基、PHWR3基） | 建設中の原子力プラント | 3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

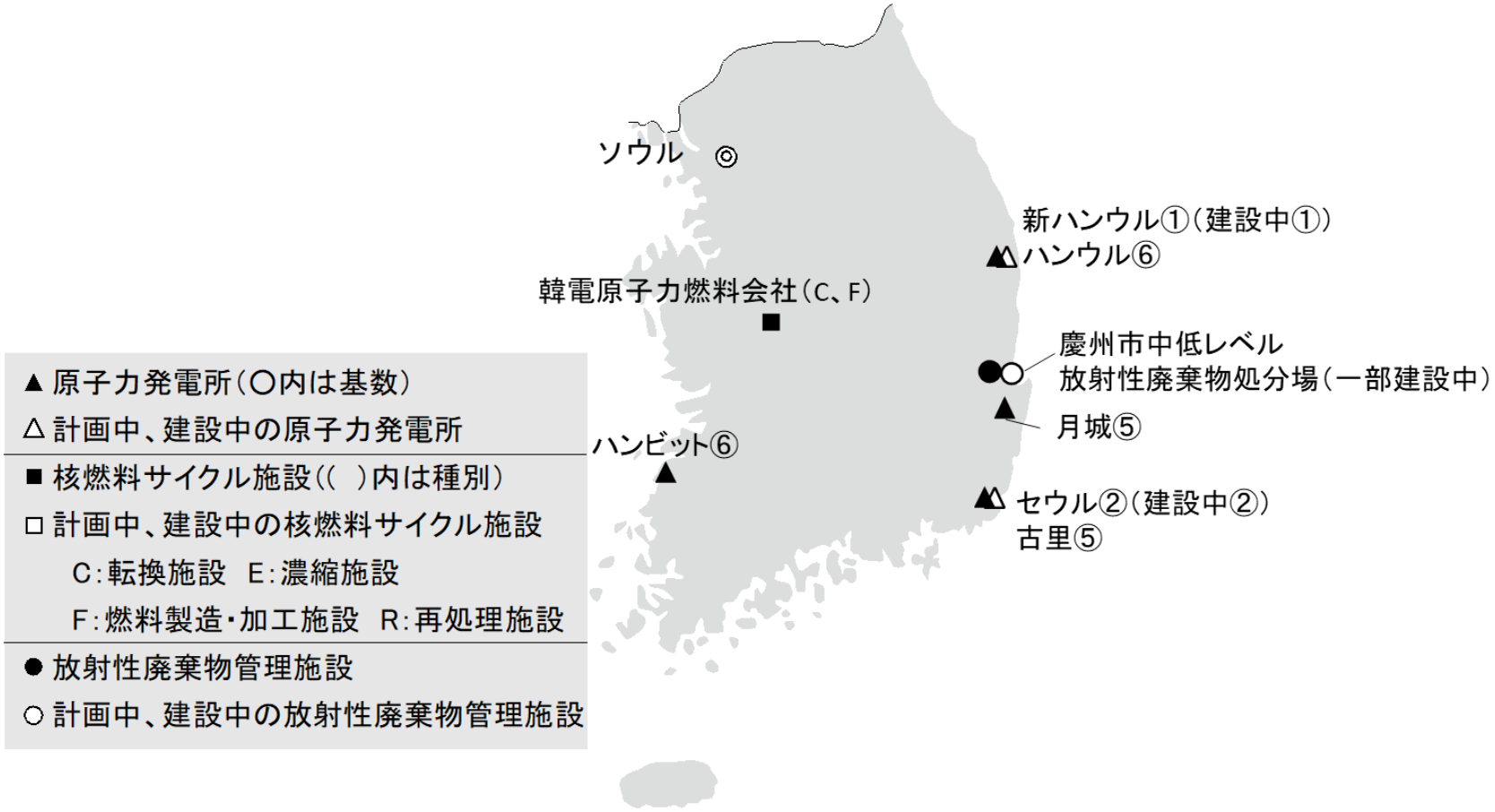
2023年1月策定の第10次電力需給基本計画では、計画期間である2022年から2036年において、電化の進展やデータセンターの拡充による電力需要の増加を織り込み、年平均2.5%の増加を見込んでいる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力施設所在地図

設備容量：2,443.1万kW　発電電力量：1,505億kWh

運転中：25基（PWR22基，PHWR3基）　建設中：3基（PWR）　計画中：0基　原子力シェア：28.0%



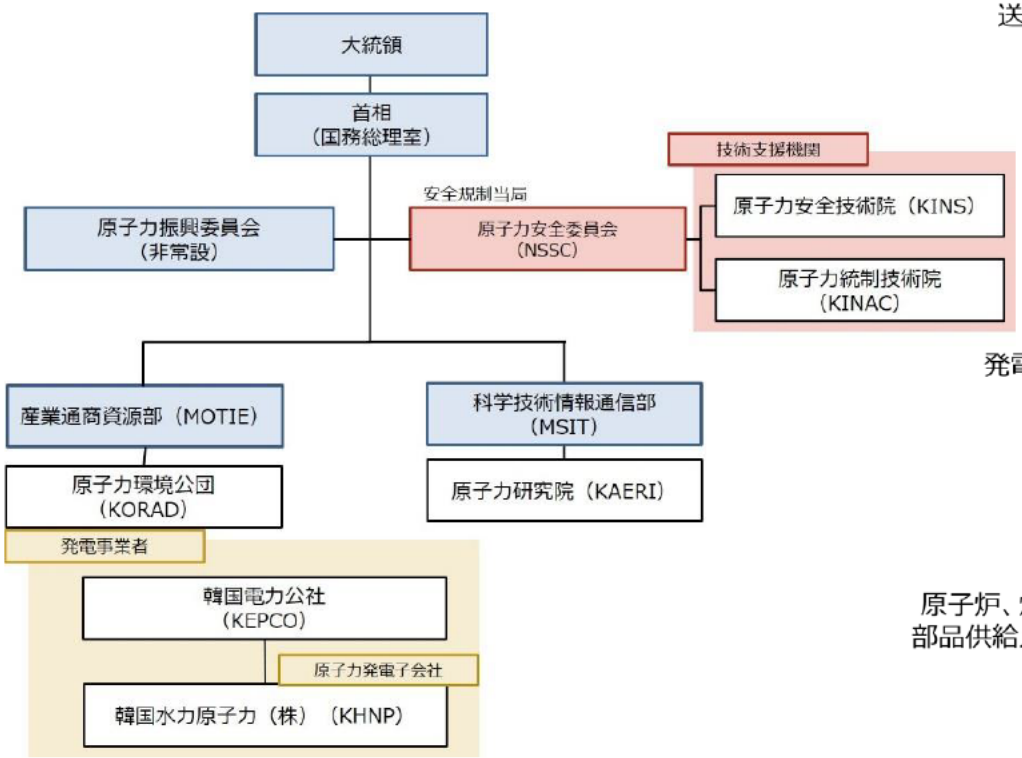

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力業界構造

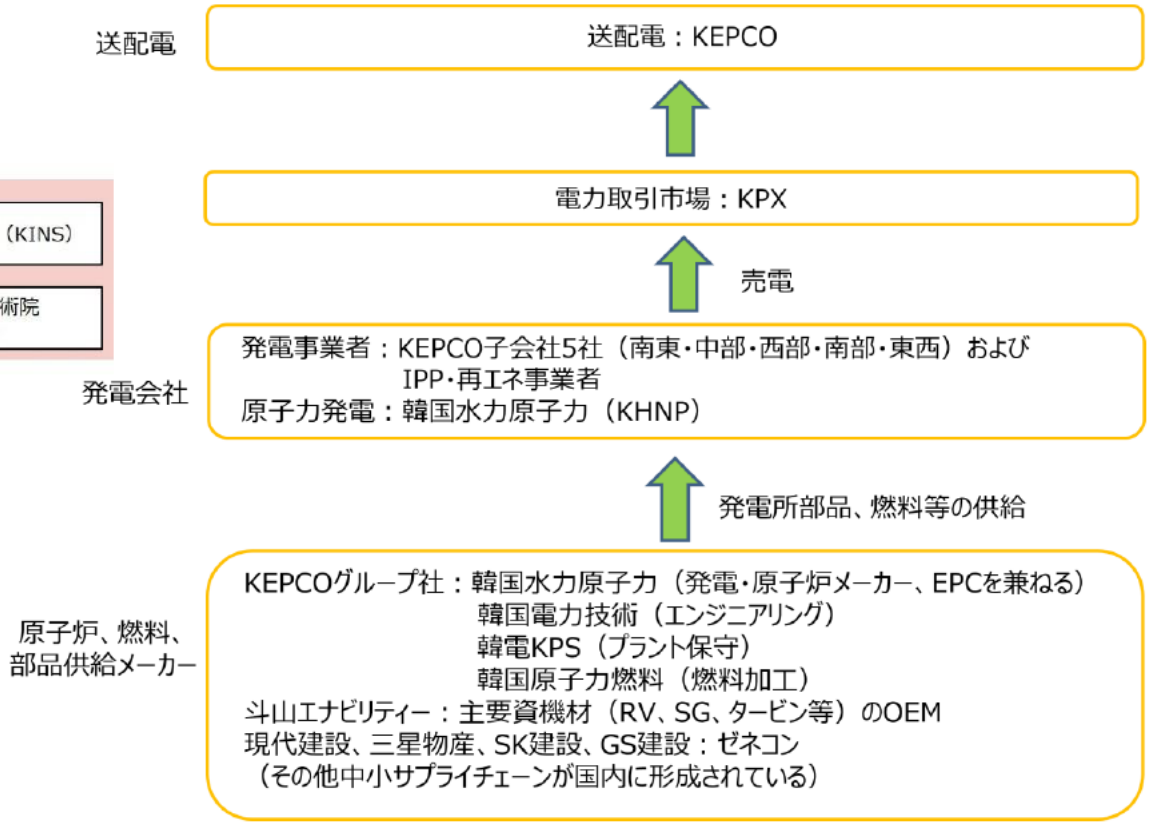
電力、エネルギー政策は産業通商資源部（MOTIE）、原子力研究開発は科学技術情報通信部（MSIT）が所管。原子力安全規制は原子力安全委員会（NSSC）が担う。

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ーが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月発足の尹新政権は、エネルギー政策で原子力活用を打ち出すも、包括的な気候政策の策定はまだ。**

## 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月に尹新政権発足し、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。

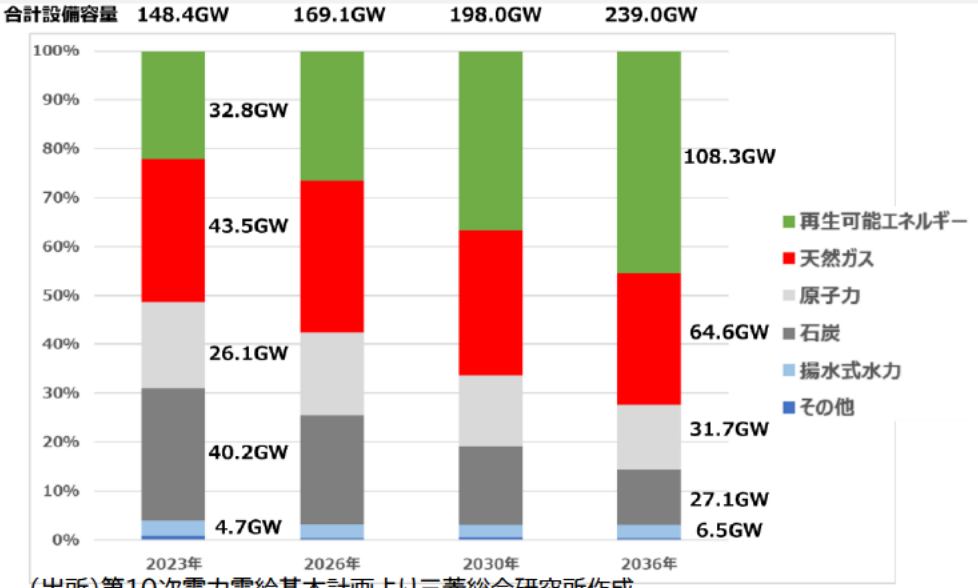
- ✓ 概要
  気候変動対応、実現可能で合理的なエネルギーミックスの確立、資源・エネルギー安全保障の確保を打ち出す。また、原子力発電、再生可能エネルギーおよび水素利用で、化石エネルギーの比重を減少させることとしている。
- ✓ 再生可能エネルギー
  実現可能性、住民の受容などを勘案して合理的水準に調整するとしており、定量的な導入目標は提示されていない。今後策定される第10次電力需給基本計画で、合理的な普及目標を示す予定。
- ✓ 化石エネルギー
  石炭火力発電は、電力需給状況やグリッドを考慮し、合理的に削減すべく誘導することとしている。また、老朽化した石炭火力発電所を天然ガス火力発電で置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月に発足した尹新政権は、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。

### 尹新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

● **尹新政権、エネルギー政策で原子力利用推進政策を提示**
2022年5月に尹新政権発足、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

なお、MOTIEによると、新ハンウル3・4号機の建設計画再開は、早くて2024年と見込まれている。

### 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

● **KAERI、原子力施設立地地域に新たな研究開発拠点を建設開始**
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。

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、韓国の現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

**尹新政権は、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、及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月に発足した尹新政権が同年7月に策定したエネルギー政策では、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か所を対象に、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。この仕組みはあくまで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人以内で構成される。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近年発足**

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25基が運転中、3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、新政権は新ハンウル3、4号機の建設計画再開の方針。

## 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基は民意を反映して計画続行

● **脱原子力政策の下でも4基を建設中**

現在25基が運転中、3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新古里5、6号機を除く6基の計画は中止となった。新古里5、6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古となる月城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。新古里5、6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新古里3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の新古里4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月に運転を開始している。

## 尹新政権が新ハンウル3、4号機の建設計画再開の方針を提示

2022年5月に発足した尹新政権が同年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る。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る。なお、MOTIEによると、新ハンウル3・4号機の建設計画再開は、早くて2024年と見込まれている。

表　建設中の原子炉

| サイト名 | 炉型 | 運開（予定）年 |
|---|---|---|
| 新ハンウル2 | APR1400 | 2023年 |
| 新古里5 | APR1400 | 2023年 |
| 新古里6 | APR1400 | 2024年 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国外動向

## 2022年5月に発足した尹新政権は原子力輸出への積極支援方針を提示。UAEバラカ原子力発電所では2023年3月時点で3基が商業運転開始済み。チェコ、ポーランドでの受注も目指す。

### 尹新政権は原子力輸出を積極支援へ

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月に発足した尹新政権は、同年7月に策定したエネルギー政策において、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。

### 米国製のSMRにモジュール供給へ、中東欧の新増設プロジェクトにおける受注も目指す

現在、韓国による活発な動きが見られる対象国は国産炉APR1400が建設中のUAE、小型モジュール炉開発で韓国の資機材メーカーが一部に参画を進めようとしている米国、近く新設プロジェクトの入札開始が目されるチェコ、ポーランドである。チェコのドコバニ発電所増設プロジェクトに対しては2021年11月末に提案書が提出された。ポーランドでは、同国初の原子力発電所建設の受注は逃したものの、別サイトにおけるAPR1400の建設に向けKHNPは民間企業との趣意書に署名した。

また、政府が2021年3月に示した輸出支援方針の中で示した、これまでの、韓国企業だけによるプロジェクト受注を目指すチームコリア体制から、必要に応じて競合国との連携も強化するとした方向性に沿う形で、エジプトで現在建設準備が進んでいるROSATOMによるダバ原子力発電所建設プロジェクトへの参画を目指して、KHNPがエジプト現地のEPC企業との間で協力協定を締結するといった新たな動きもみられる。ダバでの建設プロジェクトに関して2022年8月にKHNPは、ロシアのASE社と資機材・タービンの設置に関する契約を締結している。

| 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。<br>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。 |
| 米国 | SMR開発が進んでいる米国において、2026年後半に商業運転開始を目論むニュースケール・パワー社との間で、斗山重工業(現斗山エナビリティー)が2019年7月に、SMR事業協力契約を締結し、4,400万ドルの出資が決定。2021年7月にさらに追加で6,000万ドルを投資。同月にはサムスン物産がニュースケール・パワー社の親会社フルアー社に出資を決定。2022年5月の韓米首脳会談では、SMR等で原子力分野での協力を確認。 |
| 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。 |

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

# 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 | 14億756万人 |
| | 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=1.59円（2023年3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 | 3兆1,763億米ドル（2021年名目、世界銀行）<br>成長率　8.7%（2021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。 | | | |

## ● エネルギー

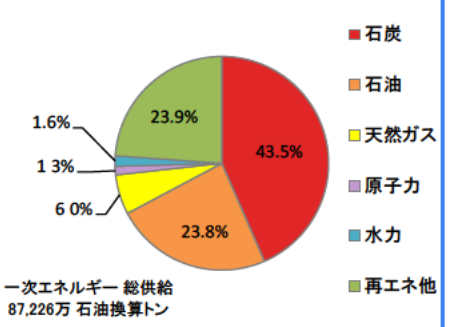
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：603（百万トン）
石炭：393,465（百万トン）
天然ガス：1兆4,890億（立方メートル）
ウラン：77,000（トン）

・一次エネルギー供給
8億7,226万石油換算トン

・エネルギー自給率
62.4%（原子力含）、61.3%（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）

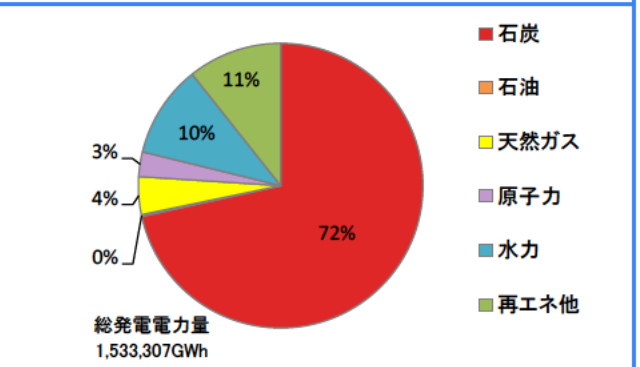



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 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） | 1,310,884 | 発電電力量（百万kWh） | 1,533,307 | 電力純輸入量（百万kWh） | -3,698 |
| 運転中の原子力プラント | 22基（PHWR18基、BWR2基、PWR（VVER）2基） | 建設中の原子力プラント | 8基（PHWR3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

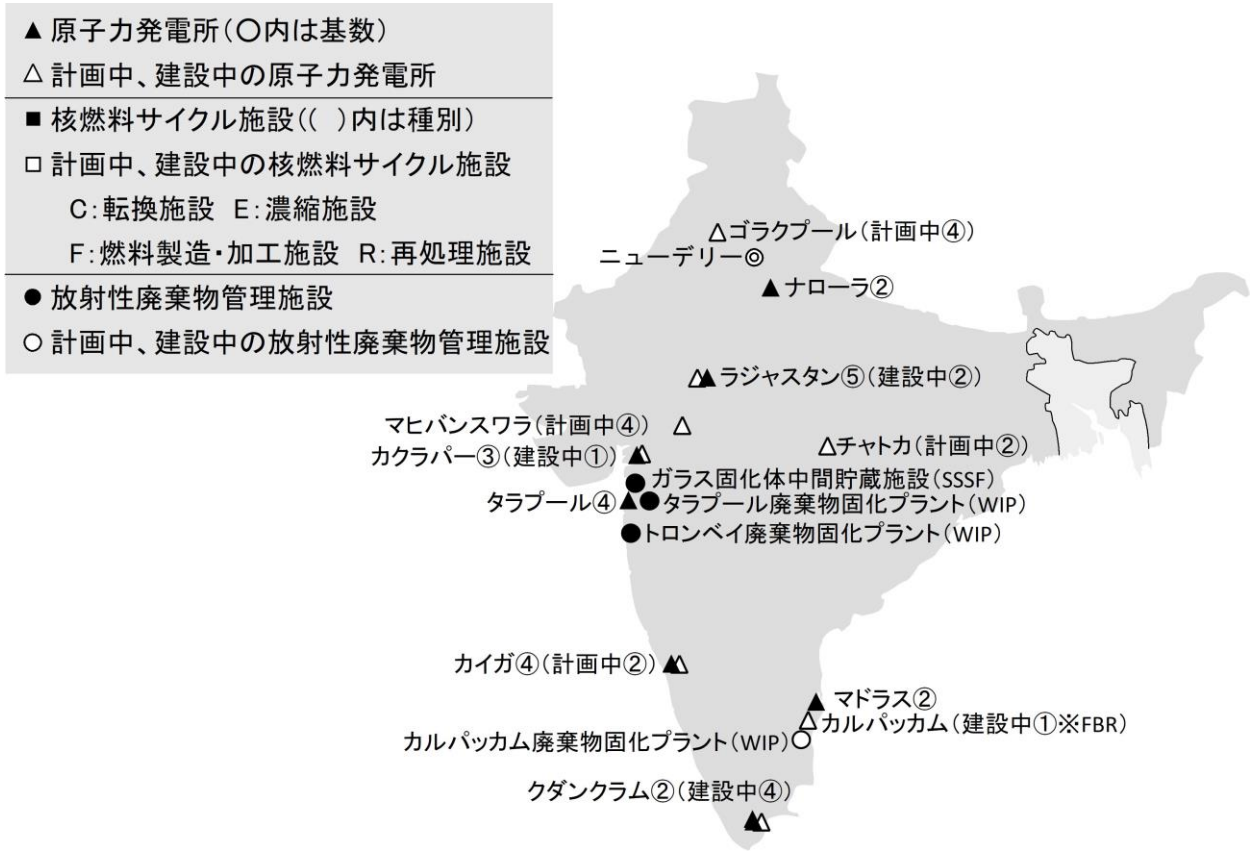
インド電力省が2022年に公表した「国家電力計画（NEP）ドラフト版」では、2017年3月時点で約1兆2,000万kWhだった電力需要が、2027年3月までに約2兆kWh、2032年3月までに約2.5兆kWhに増大する見通しが示されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力施設所在地図

## 設備容量679.5万kW　発電電力量:398億kWh

## 運転中:22基　建設中:8基　計画中:12基　原子力シェア:3.2%

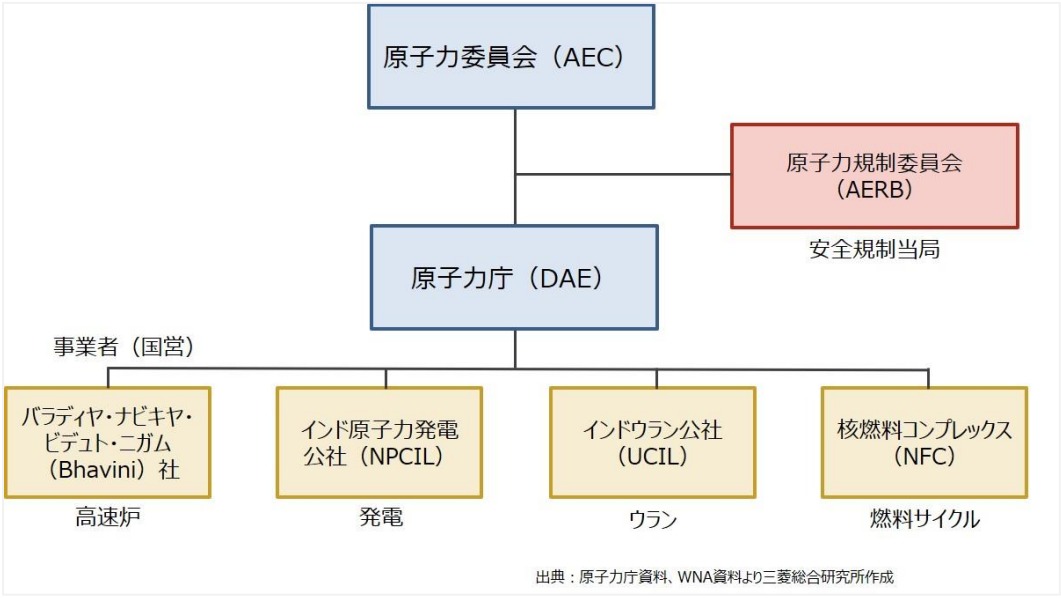



Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力業界構造

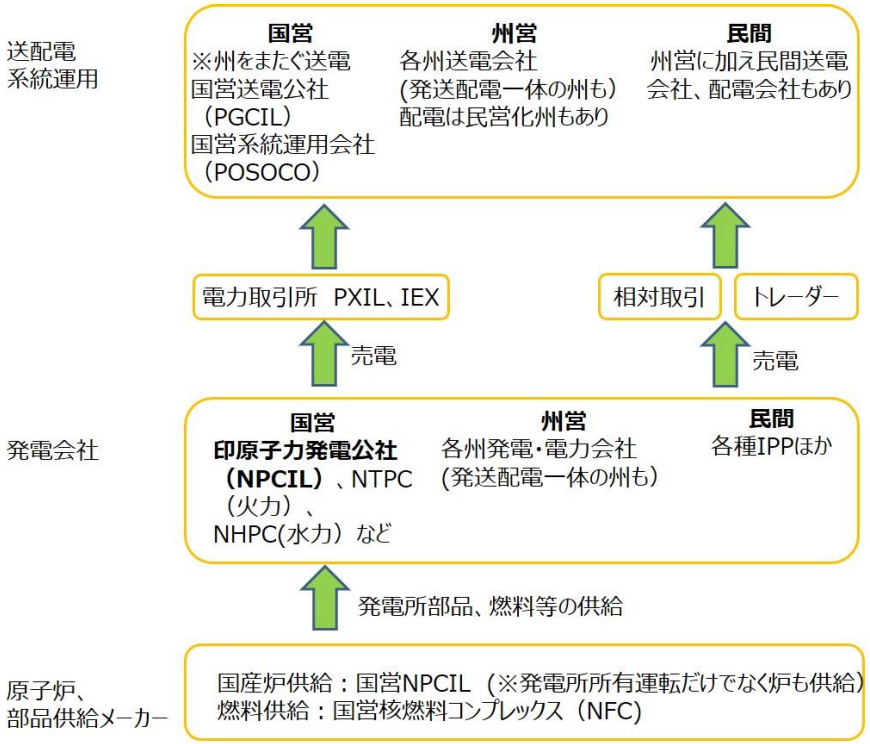
規制当局は原子力規制委員会（AERB）。インドにおける原子力事業は発電、研究開発、燃料製造まで一括して原子力庁（DAE）のもと、国営での事業体制となっている。規制、事業部門がいずれも原子力の国家方針を決定する原子力委員会の傘下にあるが、AERBはDAEとは独立して規制を行っているとしている。

● 原子力規制・産業構造




出典：原子力庁資料、WNA資料より三菱総合研究所作成

● 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、2022年9月時点における国家電力計画のドラフト版では、2032年度までに、再エネを約4.1億kW、原子力を1,500万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<br>発電容量の44% | 500GW<br>(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。現行の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%)に満たず、目標未達が見込まれる。2022年9月時点における国家電力計画ドラフトでは、2032年3月までに2,200万kW(2.6%)と、原子力容量を現在の約3倍とする計画が示されている。

なお、石炭火力発電について、上掲の国家計画ドラフトでは、2022年時点の2.1億kW(52.8%)から、2032年時点には約2.5億kW(28.7%)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2021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、現行の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宣言を受けて策定中の新たな国家計画ドラフトでは、2032年までに2,200万kWに増大させるとしている。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

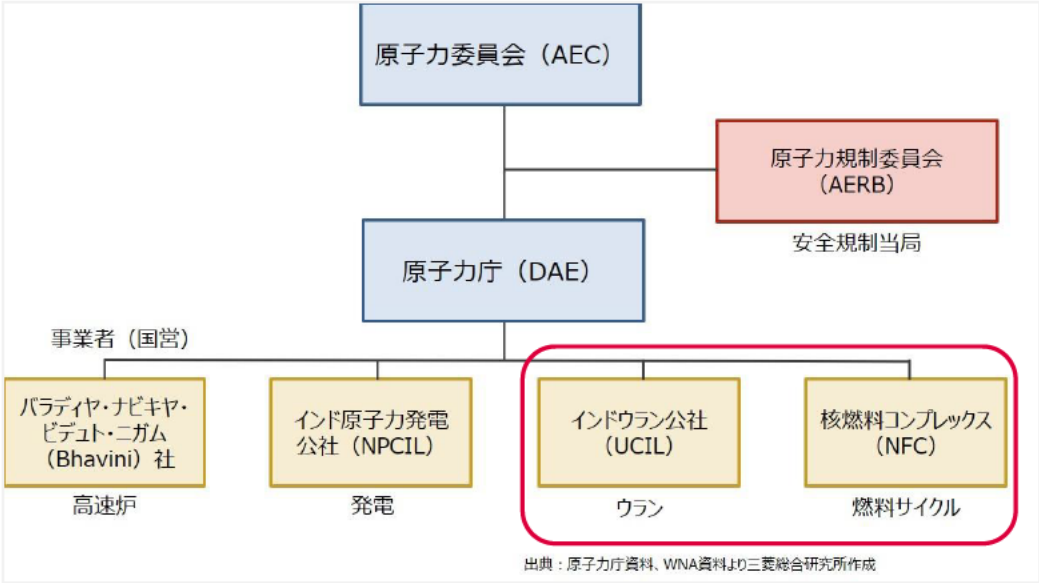
# 原子力政策：核燃料サイクル（ウラン資源確保含む）

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。

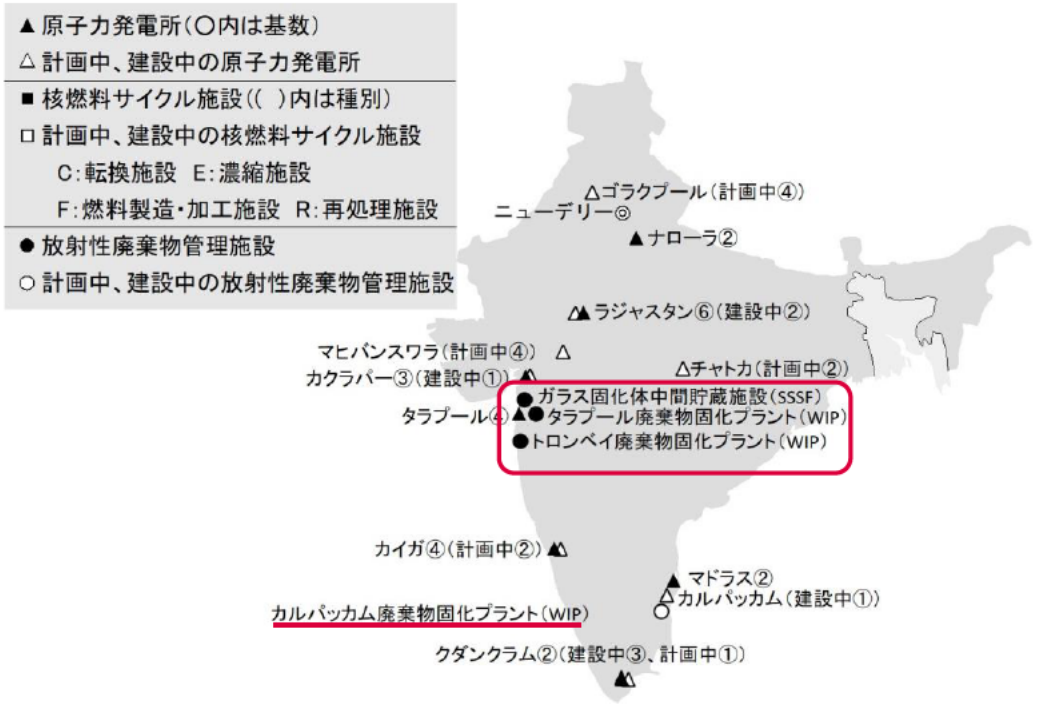
## 高レベル放射性廃棄物は最終的に地層処分する方針

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約2,200万kW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

国産炉の新設計画としては、2015年7月に、ゴラクプール原子力発電所における国産PHWR4基（各70万kW）の新設に対して、インド原子力規制委員会（AERB）の立地許可が発給された。さらに2017年5月にはPHWR10基（合計設備容量700万kW）の建設が政府に承認された（対象ユニット名はカイガ、ゴラクプール、チュトカ、マヒ・バンスワラの4サイト）。これに伴い、政府は建設のための財政支出総額1兆500億ルピーについても承認した。このほか、タミルナドゥ州では高速増殖炉（FBR、50万kW）の建設が計画されている。

インド国産のPHWRはこれまで、50万kW級が主流であったが、2021年1月に、初の70万kW級PHWRとなるカクラパー3号機がグリッドに接続した。

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 |
| カクラパー4 | PHWR | 70 | 2011 |
| 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。**

## 原子力禁輸の解禁

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 | 1億4,617万人 |
| | 公用語 | ロシア語 | | |
| | 通貨 | 1ルーブル=約1.86円(2023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<br>首相　ミシュスチン、ミハイル・ウラジーミロヴィチ | | |
| 経済 | GDP | 1兆4,825億米ドル(2020年、世界銀行)<br>成長率　+4.7%(2021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、2015年、国際的な原油価格の低迷を受けて経済・財政状況が悪化した。2015年の成長率はマイナス3.7%、2016年はマイナス0.2%であった。その後油価の上昇により、2017年は1.5%のプラスとなった。 | | | |

## ● エネルギー

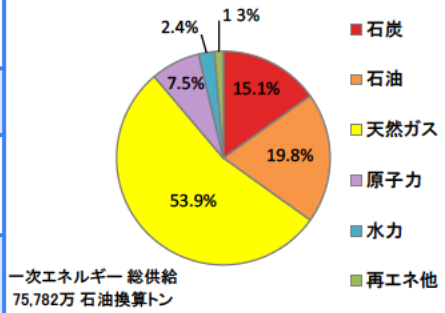
・保有資源
原油:50,238(百万トン)
石炭:4,297,136(百万トン)
天然ガス:32兆2,710億(立方メートル)
ウラン:216,500(トン)

・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)

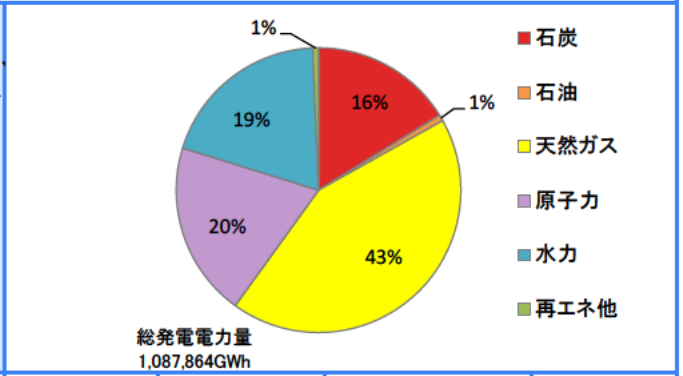



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 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 | 37(PWR21基、黒鉛炉12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：2,084億kWh

運転中：37基（PWR21基、黒鉛炉12基、FBR2基、浮揚式2基）、 原子力シェア：20.0%

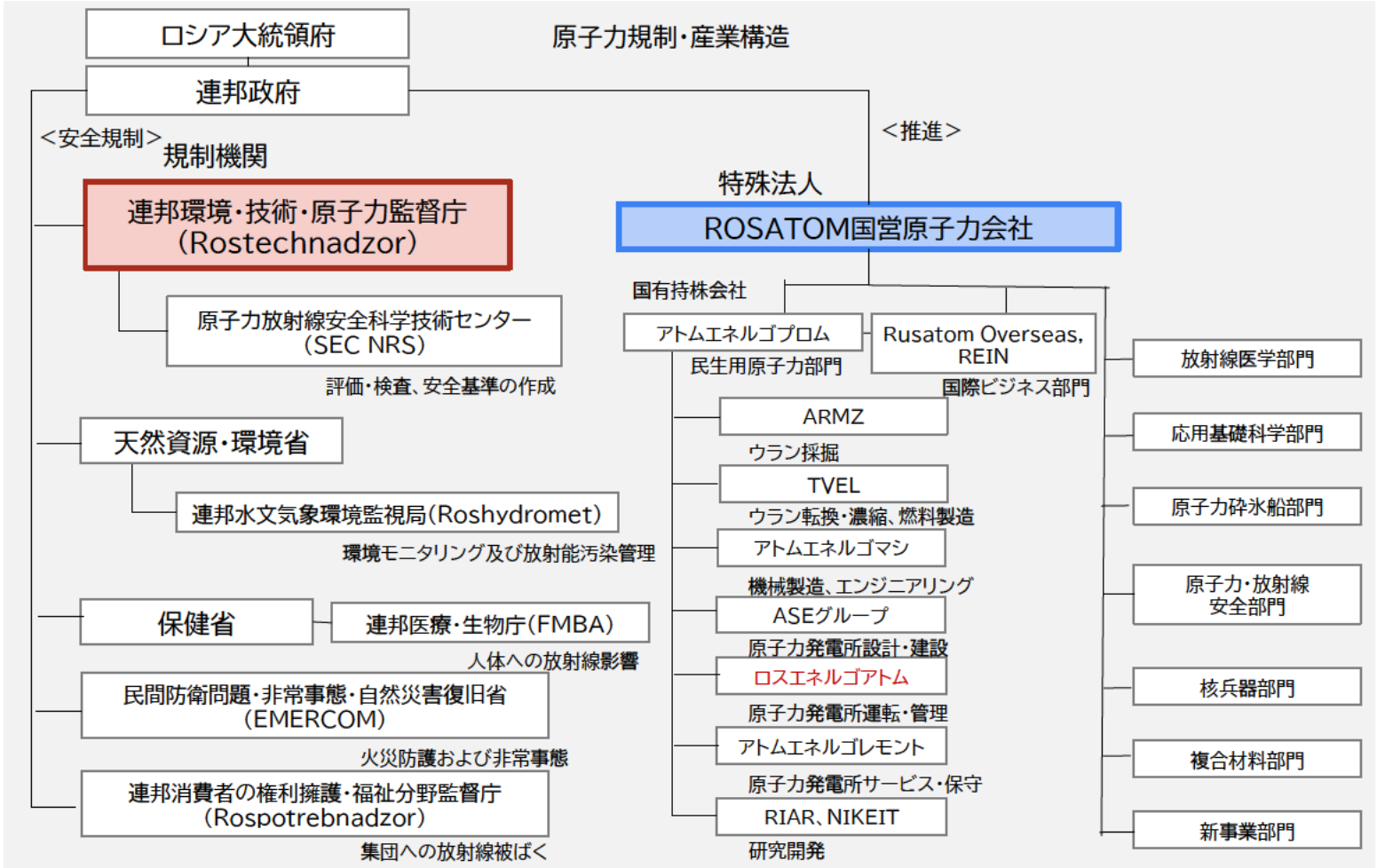
建設中：3基（PWR2基、鉛冷却高速炉1基）

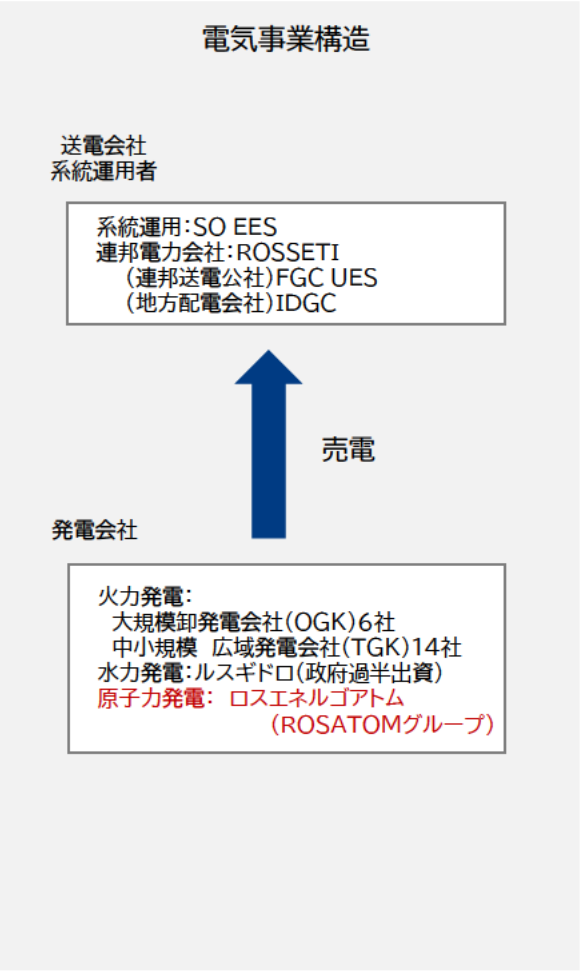
計画中：25基

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、ロスアトム事務局長アレクセイ・リハチョフ氏は、同社の2022年の輸出額について2021年比15%増加を見込んでいると地元紙の取材で述べており、同社における見解として、現在の地政学的状況を踏まえても10年先まで海外受注高は安定する見通しと述べている。

## 世界的な脱炭素の潮流の中、2022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」という新たな項目を追加された。

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。

### ロシア型PWRであるVVER型炉を中心に、合計37基を運転中

2023年3月現在、国内で37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。

### 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、2020年5月に商業運転を開始した。

アカデミック・ロモノソフは今後、廃止が予定されているビリビノ原子力発電所やチャウンスカヤ熱併給発電所に替わって、チュコトカ地域の電力・熱供給の中心となると想定され、ペベク全世帯への暖房供給が実現する見通しである。

さらに、KLT-40Sの特性を発展させたSMRであり、電気出力に加えて熱出力も併せ持つ、ヤクート砕氷船搭載用の原子炉としてRITM-200の開発も進めている。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。

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。

- **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、2020年、フルMOX運転に切り替える方針であることが発表され、翌年にはフルMOXでの運転を開始した。さらに、後継の高速炉としてBN-1200の開発も継続しており、2025年頃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。

- **REMIX燃料の開発**
  燃料サイクルの確立を目指し、ロシアはREMIX燃料と呼ばれる新型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る。軽水炉でのプルトニウム・リサイクルにより、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3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**

2023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、第三世代プラスのVVERであるAES-2006(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。

表　ロシア国内で建設中のVVER型原子力プラントの状況(2023年3月現在)

| 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**

ROSATOM社は極東連邦管区のサハ自治共和国内で陸上設置式小型モジュール炉(SMR)の建設に向けた計画を進めている。

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SMRの導入計画を承認した。原子力砕氷船載用に開発したRITM-200を低出力炉として陸上で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、2022年末までにサイト許可を取得、2024～2027年に建設、2028年に営業運転する計画である。2023年3月時点でサイト許可取得に関する情報は確認されていない。

- **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2023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**

2023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)である。

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。

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

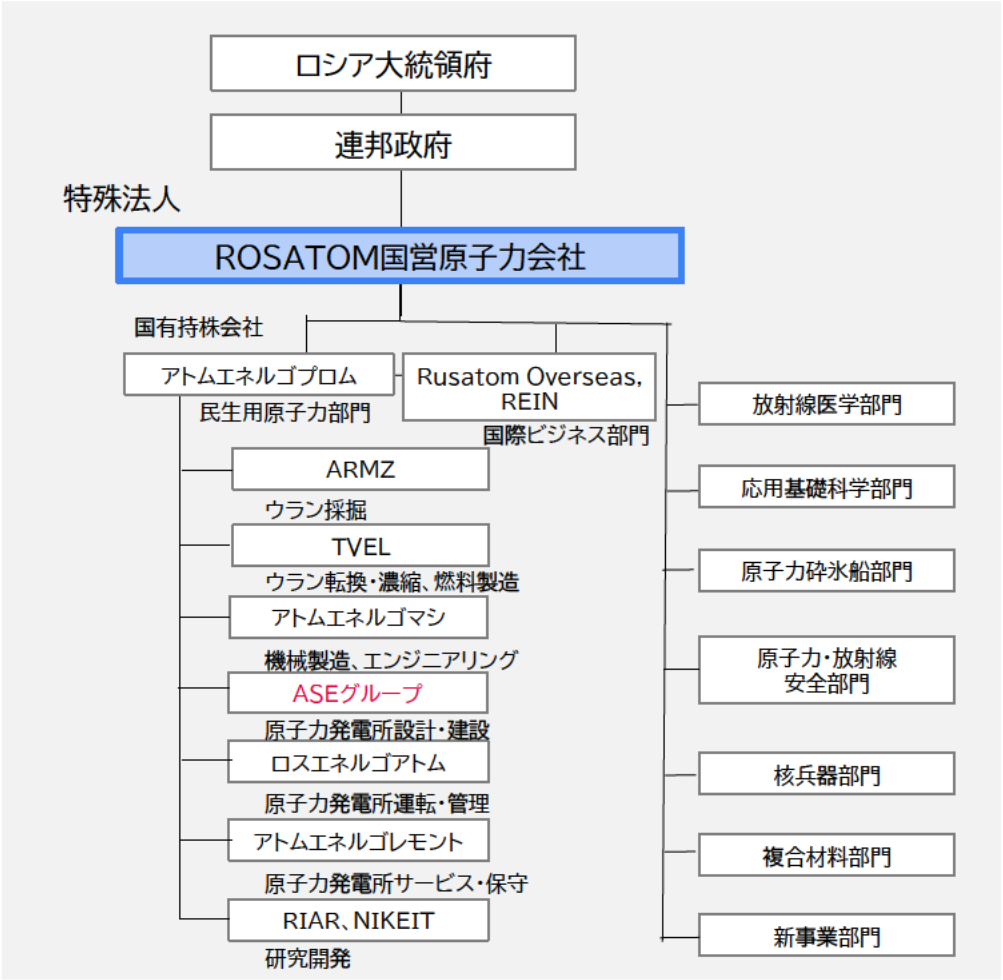
ロシアの原子力産業は、ロシア原子力省を改組してできたROSATOM国営原子力会社が中心である。ROSATOM社は、原子力発電所の設計・建設・運転、燃料サイクル、原子力砕氷船、研究開発、放射性同位元素の製造だけでなく、核兵器や先進材料、イノベーションの開発などにも従事しており、合計で約400の企業・組織を抱え、27万5,000人以上を雇用している。

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っている。各国の原子力企業と激しい競争を繰り広げるだけでなく、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。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とも協力関係を構築している。

南米においては、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、同国における原子炉、浮揚式原子炉の建設や保守、既存炉の寿命延長、及び核燃料サイクル、放射性廃棄物の管理、人材育成等に関する協力を進めていく予定である。

● **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。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年第三四半期と見込まれる。

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、西側諸国との関係も悪化。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が、2023年2月時点で紛争は解決していない。

● **バックエンド分野での海外展開**

ロシアはバックエンド分野でも海外展開を進めている。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(2023年3月現在)

建設中:15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号機 | VVER-1200 | 3 | 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) |
| 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) |

契約済:8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1、2、3、4号機 | VVER-1200 | 4 | 建設許可申請を提出済 |
| トルコ | アキュ4号機 | VVRE-1200 | 1 | 2021年10月、建設許可を取得 |
| 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 |

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 |

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

# 準重点国の国別プロファイル

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＝97円(2023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)<br>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)<br>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

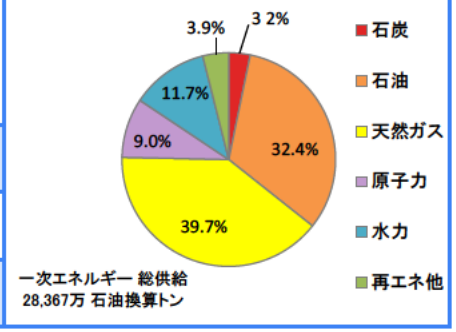
・保有資源
原油(シェールオイルを含む):29,252(百万トン)
石炭:315,786(百万トン)
天然ガス:1兆9,870億(立方メートル)
ウラン:357,500(トン)

・一次エネルギー供給
2億8,367万石油換算トン

・エネルギー自給率
177.9%(原子力含)、169.0%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:9.0%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

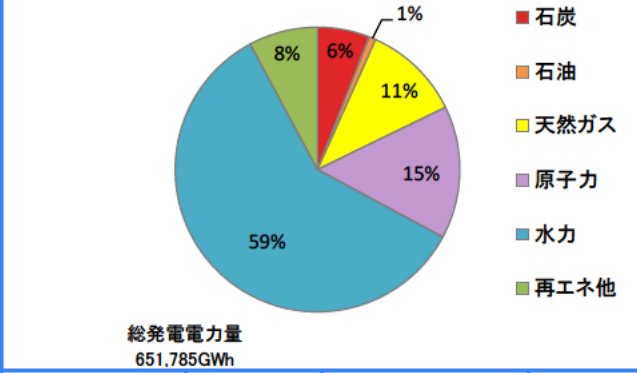



### ● 電力

| | |
|---|---|
| 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約6割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) | 529,570 | 発電電力量(百万kWh) | 651,785 | 電力純輸入量(百万kWh) | -47,058 |
| 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

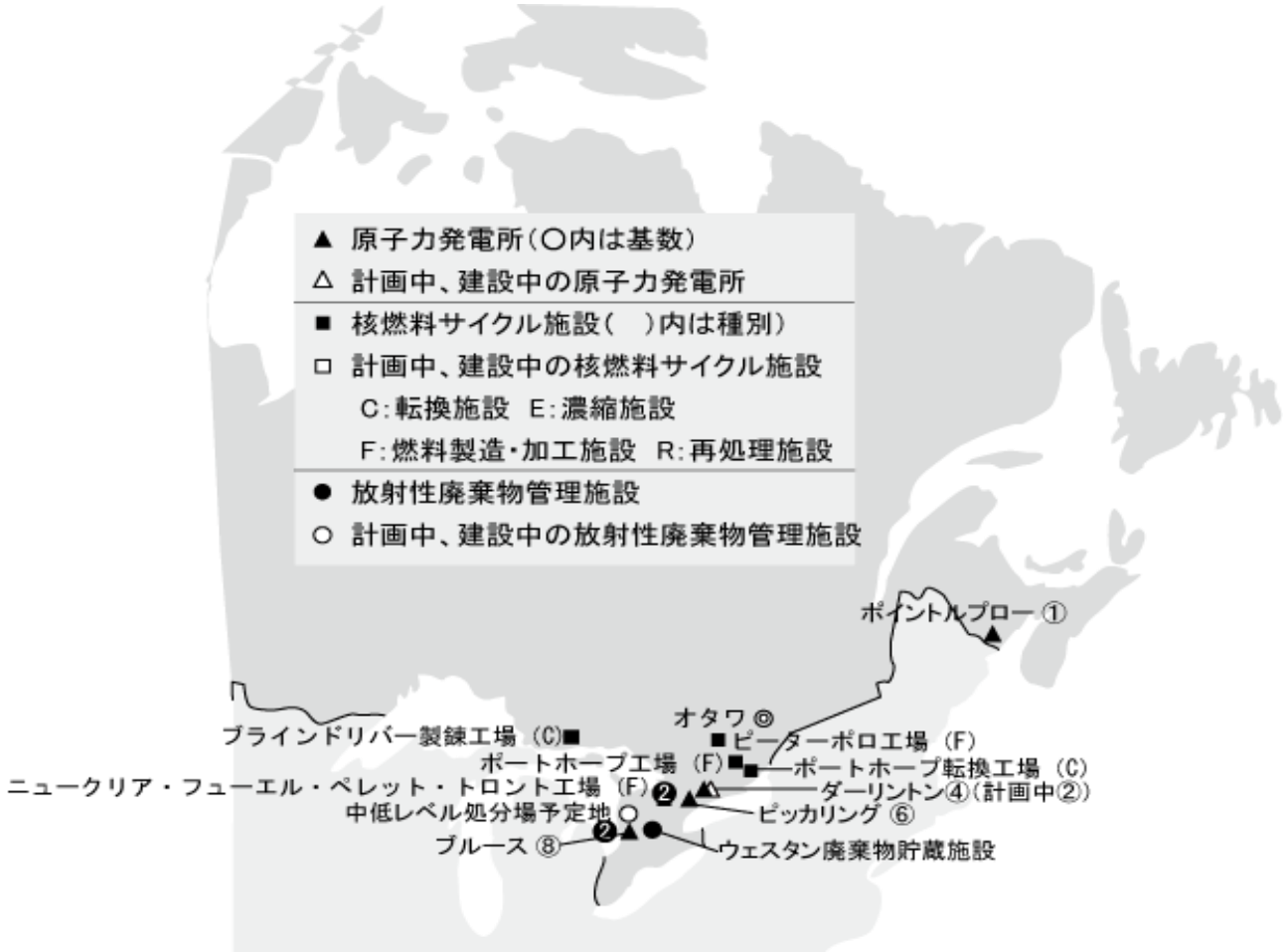
カナダエネルギー規制機関(CER)が2021年11月に公表したエネルギー予測では、国内外で現在と同程度に温室効果ガス排出削減のための取組が進められると想定したシナリオにおいて、2050年の電力需要は2021年比で47%増と推定されている。

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:868億kWh

運転中:19基(PHWR19基)建設中:0基 計画中:0基 原子力シェア:14.3%

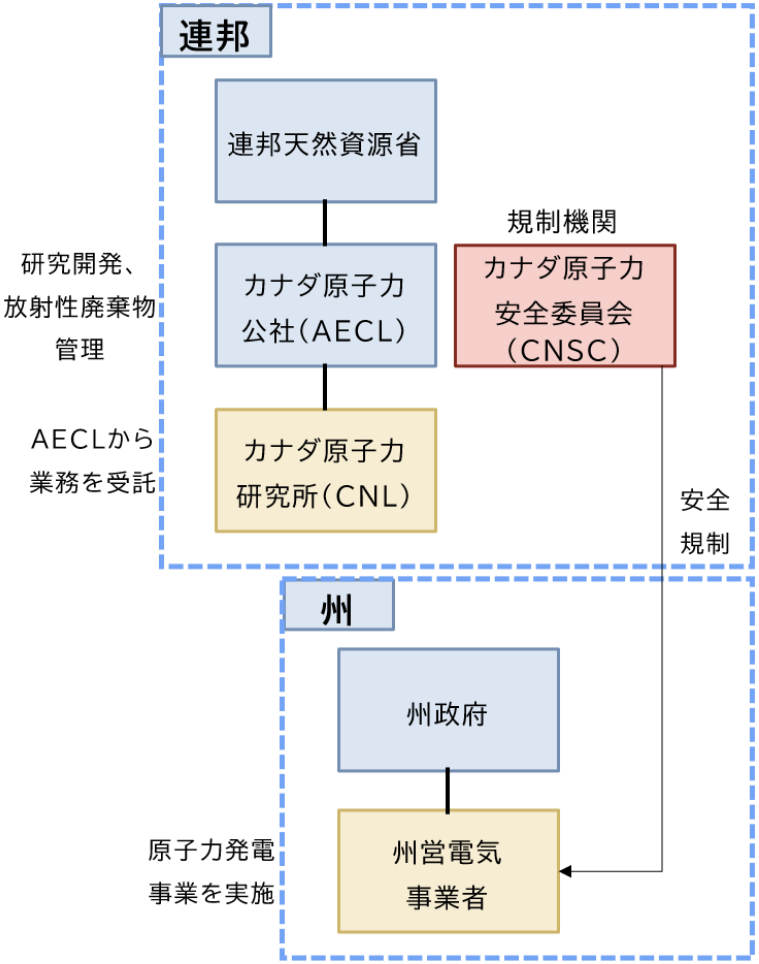



Copyright © Mitsubishi Research Institute

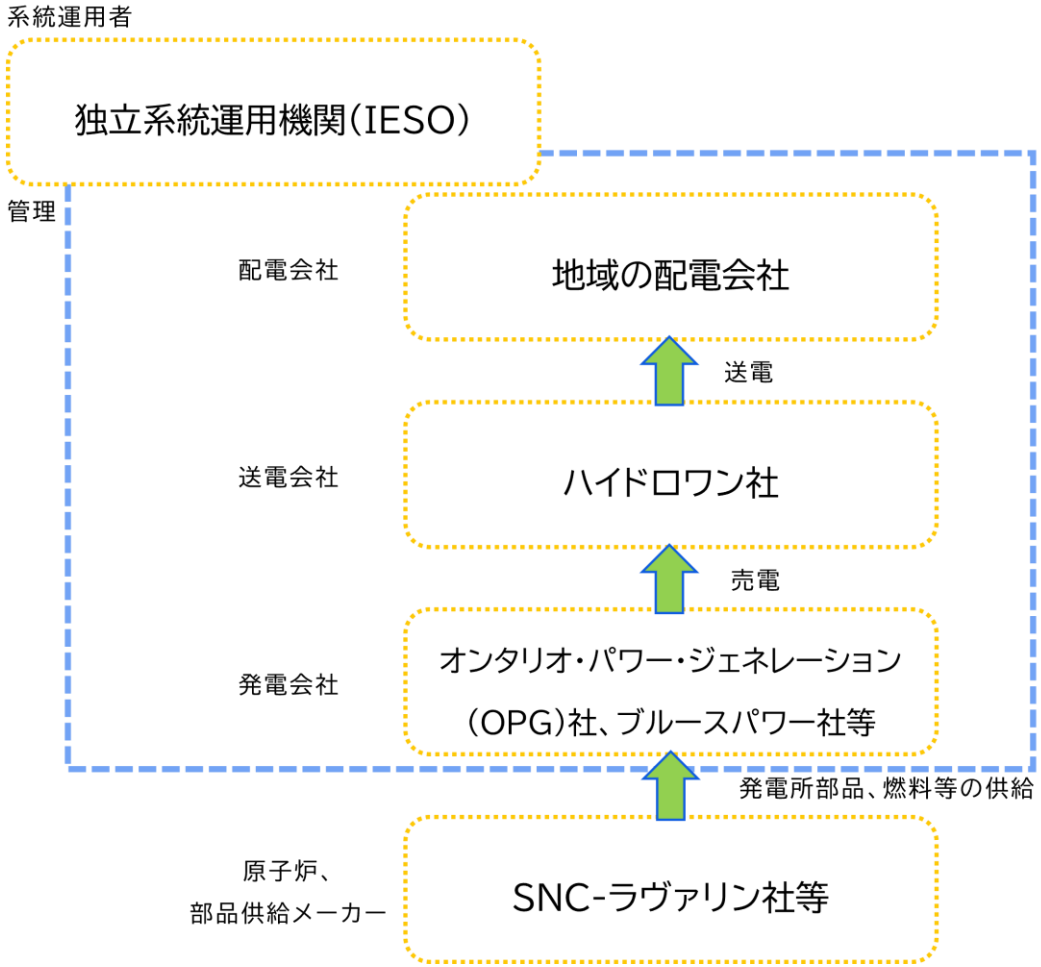
# 原子力業界構造

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。2030年までに電力の90%をカーボンフリーにする方針。

### 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

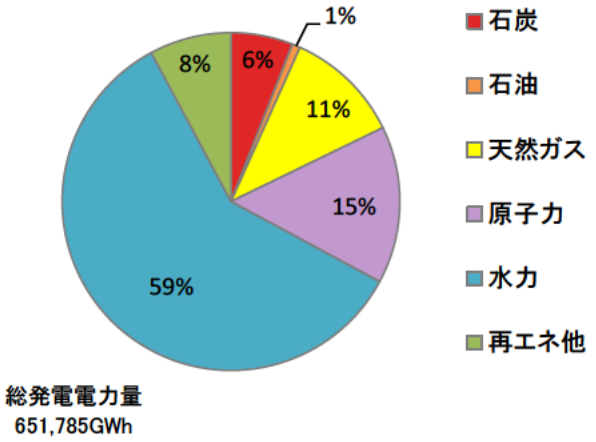
2021年6月29日、「2050年までに温室効果ガス排出ネットゼロを達成するためのカナダの取組の透明性と説明責任に関する法律」（略称「カナダネットゼロ排出説明責任法」）が成立。同法は、連邦政府に対して以下を義務付けている。

- 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2030年までに電力の90%を無炭素排出電源で賄うことを決定

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。なお、電源ポートフォリオについては提示されていない。

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

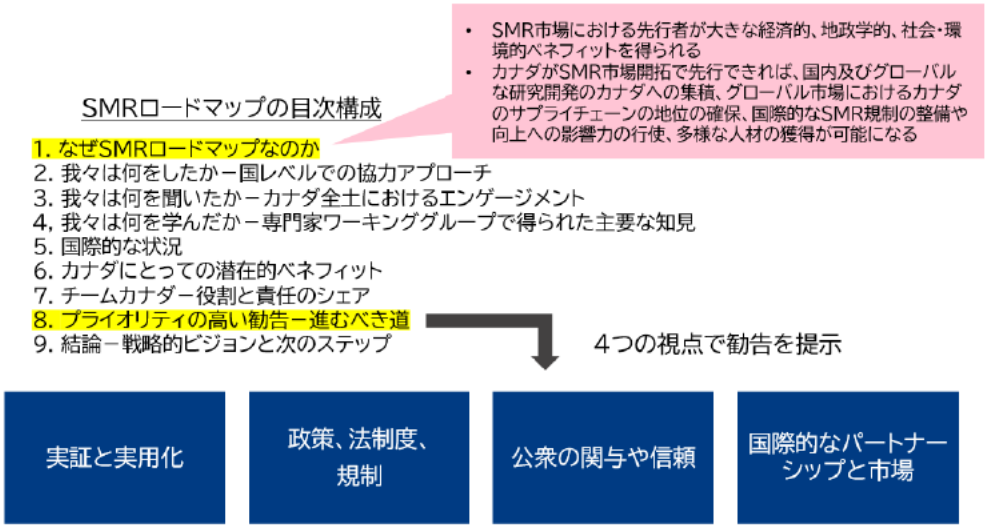
## 連邦政府が中心となり「SMR（小型モジュール炉）ロードマップ」や「SMRアクションプラン」を策定して、SMRの実用化に向けた取組を推進

### 「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。

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て、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言及。

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119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社と協力してモリブデン99の生産を開始する予定である。

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社）が操業している。現在のカナダのウラン生産量は、許められている生産能力を大きく下回っている。2018年の生産量は6,996 tUで、2017年の生産量13,130 tUを47%下回ったが、これはウラン市場価格の低迷を受けてマッカーサーリバー鉱山とキーレイク工場の操業が停止したためである。カナダのウラン生産量は、マッカーサーリバーとキーレイクの操業が再開されるまで、年間6,900tUを維持すると予測されている。

## 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。

なお、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主導の下、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の策定に向けた取り組みが進められている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 安全規制

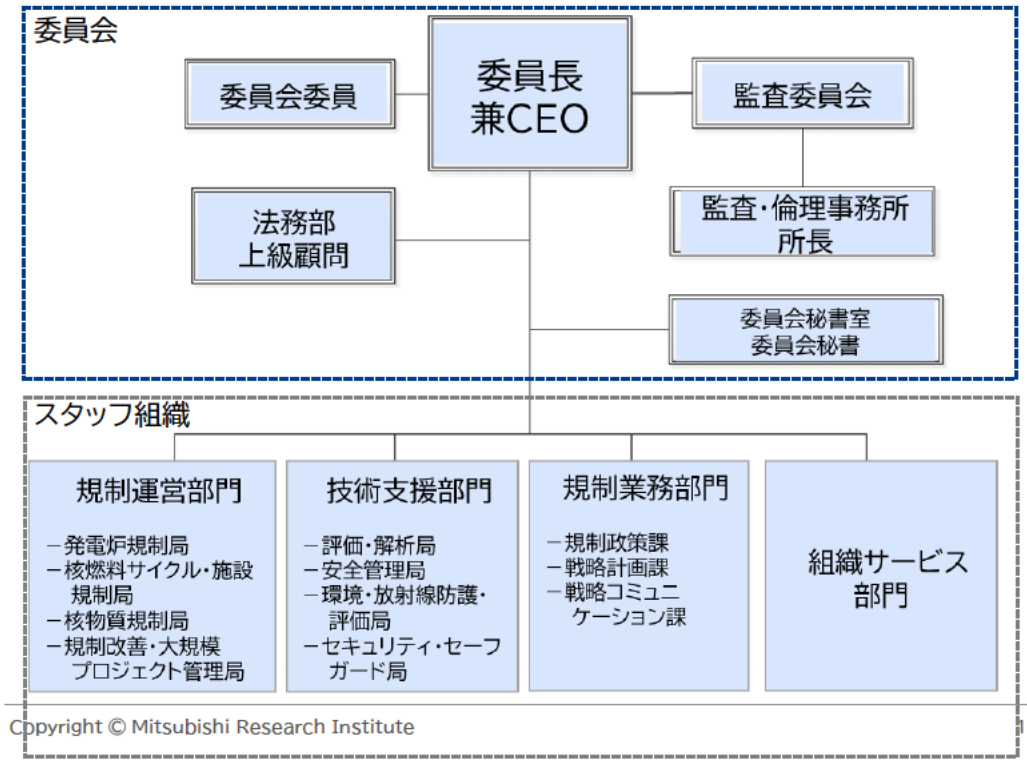
**連邦政府機関であるカナダ原子力安全委員会（CNSC）が、原子力安全規制を担当。先進炉の規制を中心として、米国や英国の規制機関と協力を強化。**

## 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。

右図に示す通り、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。

CNSCとNRCのMOC締結後、2019年12月には、一体型溶融塩炉（IMSR）の開発を進める加テレストリアル・エナジー（TE）社が、IMSRがCNSCとNRCが共同で技術審査を実施する初めての非軽水炉型先進炉として選定されたことを発表している。また、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。

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。

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　ブルース、ダーリントンの運開、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 |

※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の建設計画が進んでいるのに加えて、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ている。また、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

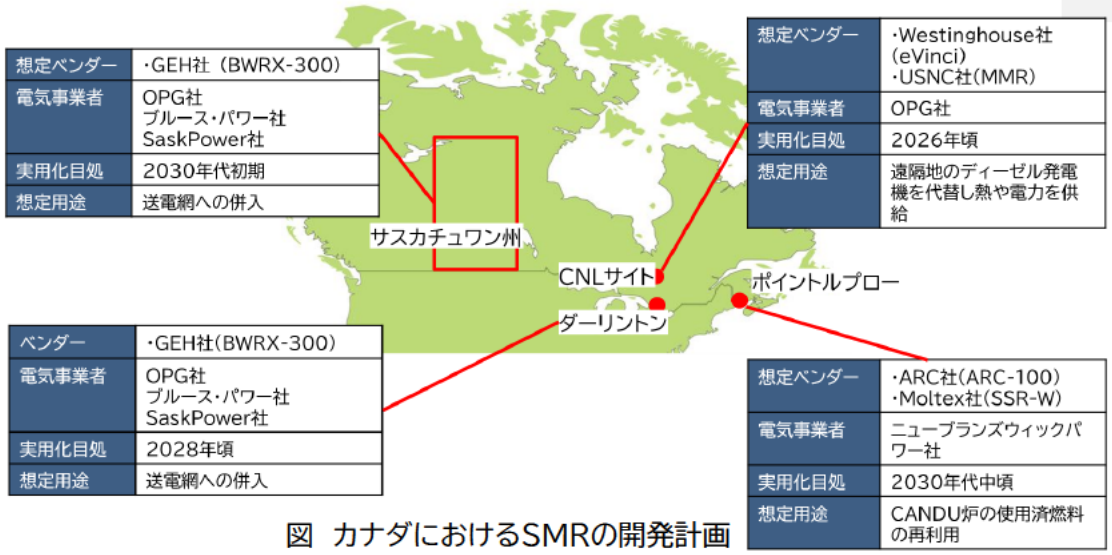



図　カナダにおけるSMRの開発計画

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 | 電気出力5,000kWの高温ガス炉の建設 |

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

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（「国内動向：既設炉」のスライド）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）社を買収へ

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。

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 | 2018年12月から第2段階の審査中 |
| 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 |
| レッドコールドニュークリア社 | 溶融鉛を用いる炉SEALER | 2017年1月に第1段階を開始したがベンダーの要求によりペンディング |
| 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2017年12月に完了 |
| SMR社 | 加圧水炉SMR-160 | 2018年7月に第1段階を完了 |
| ニュースケール・パワー社 | ニュースケールインテグラル加圧水炉 | 2020年1月より第2段階※の審査中 |
| Uバッテリー社 | Uバッテリー高温ガス炉 | 第1段階の審査開始がペンディング |
| GE日立ニュークリア・エナジー社 | BWRX-300加圧水型炉 | 2020年1月より第2段階※の審査中 |
| Xエナジー社 | Xe100高温ガス炉 | 2020年7月より第2段階※の審査中 |
| WH社 | eVinciマイクロリアクター | 2023年1月より第2段階※の審査中 |

※を付したプラントの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

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、2022年9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

# ポーランド

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 基本情報

**政府が原子力発電の新規導入を計画。2033年までに初号機、2043年までに計6基の第3世代（または第3+世代）のPWRを建設する方針。民間主導による小型モジュール炉（SMR）の導入計画も。**

## ● 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＝29.8円（2023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<br>首相　マラウシュ・モラヴィエツキ | | |
| 経済 | GDP | 約5,740億ユーロ（2021年、欧州委員会）<br>成長率　5.7%（2021年、IMF） | | |
| | 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

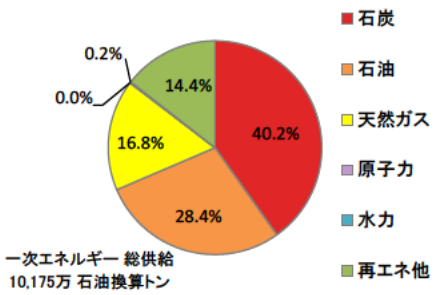
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：22（百万トン）
石炭：429,321（百万トン）
天然ガス：950億（立方メートル）
ウラン：該当データなし

・一次エネルギー供給
1億0,175万石油換算トン

・エネルギー自給率
9.0%（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）

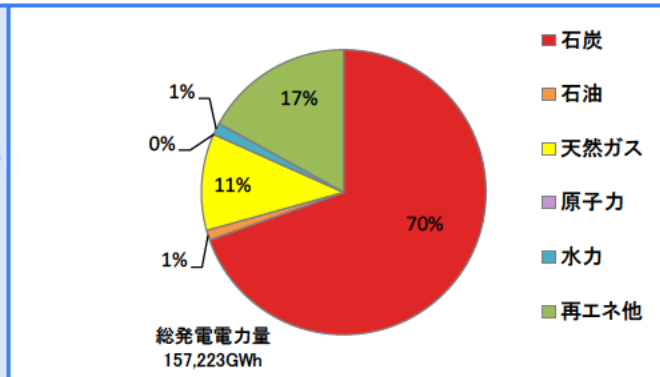



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 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） | 140,384 | 発電電力量（百万kWh） | 157,223 | 電力純輸入量（百万kWh） | 10,616 |
| 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

「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**

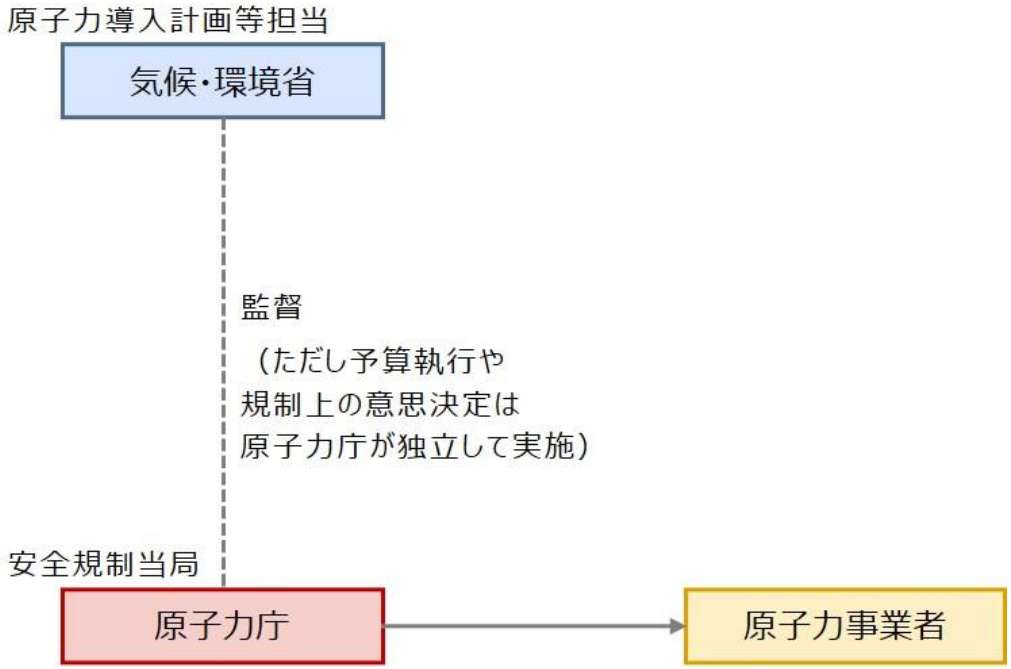
**運転中：0基 建設中：0基　計画中：0基　原子力シェア：0%**

Copyright © Mitsubishi Research Institute

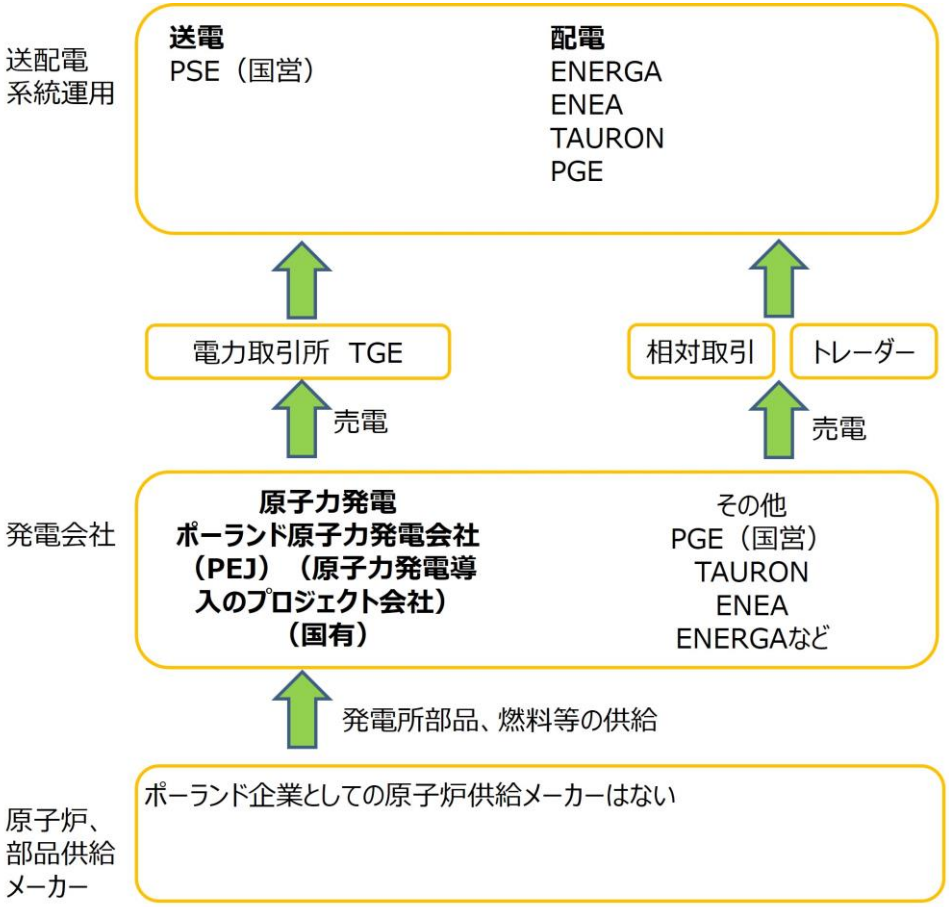
# 原子力業界構造

**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）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で代替し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

**ポーランドは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。**

## 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：CO2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

## ポーランドにおける原子力導入と国内産業

原子力導入を所管する気候・環境省ウェブサイトでは、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。

**※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、2021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。

## 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浮上。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。**

## 原子力発電を新規導入、バルト海沿岸2カ所で計6基（2033～2043年運開）を建設する計画

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した。2014年の「ポーランド原子力発電計画」では、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ている。

2021年12月には初号機のサイトをルビャトボ-コパリノとすることが決定された。 2022年の法改正で、初号機建設開始時期が、2024年から2026年に変更されたが、2033年初号機運開の目標は変えていない。

原子力発電導入の事業会社は政府所有の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、2014年以降はPGE含む国内エネルギー4社の共同出資となっていた。しかし国家事業としての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月には、ポーランド政府が最初の3基を米国ウェスティングハウス（WH）社のAP1000とすることを閣議決定した。フランス、韓国も自国炉供給に向けて積極的に活動している。フランスは2021年10月に、ポーランド政府に対しEPR4～6基を建設する予備提案を提示した。韓国も2022年4月に、APR1400を6基建設する提案をしていたが、同年10月にポーランドのZE PAK社が所有する石炭火力発電所跡地にAPR1400を建設する計画に向けたMOUを締結するなど、上掲の国家による6基計画とは別の動きが出てきており、ポーランドにおける大型炉に新たな展開が生じている。

表　原子力発電導入スケジュール
（PEP2040による。初号機着工のみ更新）

| 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。政府が公表した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。この点では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検討が行われている。

民間でも産業主導で、SMRの導入計画がある。Synthos社やZE PAK社など、ポーランドの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、米GE日立ニュークリアエナジー社（BWRX-300）や、米NuScale社のSMRを導入する取り組みを進めている。2023年2月には、ポーランドの国営企業が、英国ロールスロイス社と、同社のSMRによる低炭素水素製造に向けた覚書を交わすなど、SMRを巡る動きが盛んとなっている。

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。第一弾としてドコバニで原子炉を増設、2036年までに運開させる計画。2022年にベンダー入札が開始された。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 7.9万km$^2$ | 人口 | 1,051万人 |
| | 公用語 | チェコ語 | | |
| | 通貨 | 1チェコ・コルナ＝約5.85円(2023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　ミロシュ・ゼマン<br>首相　ペトル・フィアラ | | |
| 経済 | GDP | 2,826億米ドル(2021年、IMF)<br>成長率　3.3%(2021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

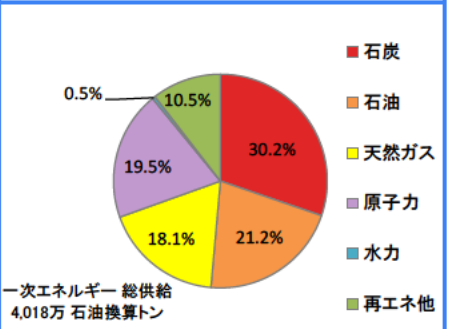
・保有資源
原油(シェールオイルを含む)：2(百万トン)
石炭：30,004(百万トン)
天然ガス：40億(立方メートル)
ウラン：1300(トン)

・一次エネルギー供給
4,019万石油換算トン

・エネルギー自給率
63.9%(原子力含)、45.8%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：19.5%

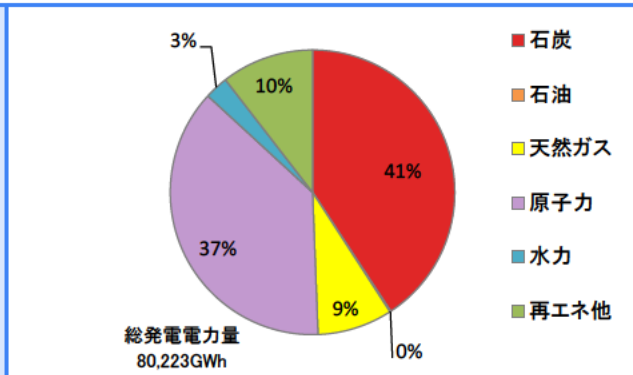
一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)




| | |
|---|---|
| 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) | 58,430 | 発電電力量(百万kWh) | 80,223 | 電力純輸入量(百万kWh) | -13,093 |
| 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：290億kWh

運転中：6基 建設中：0基　計画中：1基 原子力シェア：36.6%

▲ 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

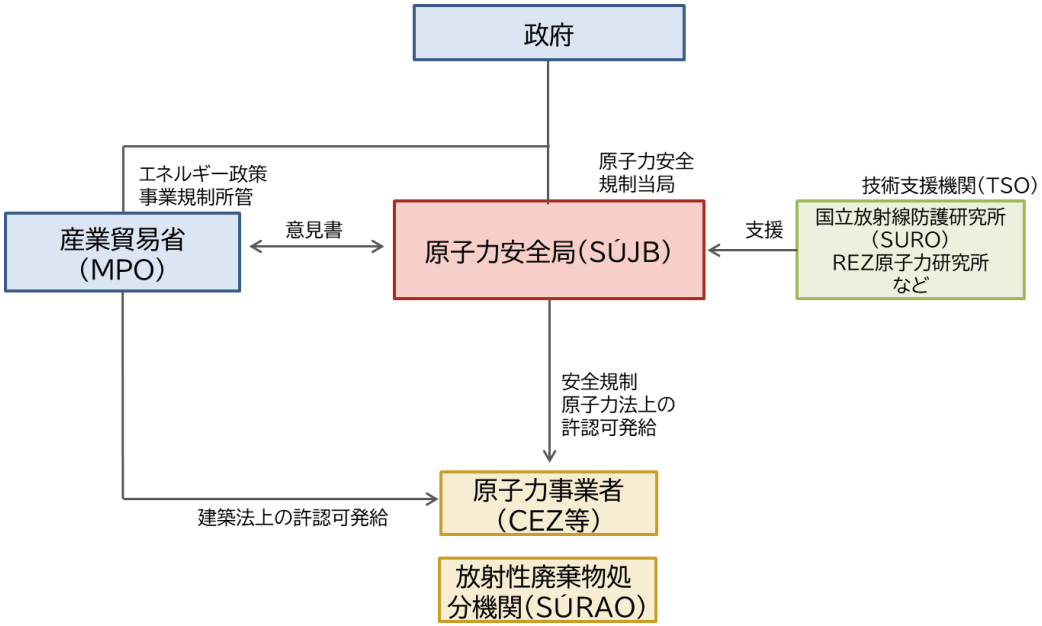
● 放射性廃棄物管理施設
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

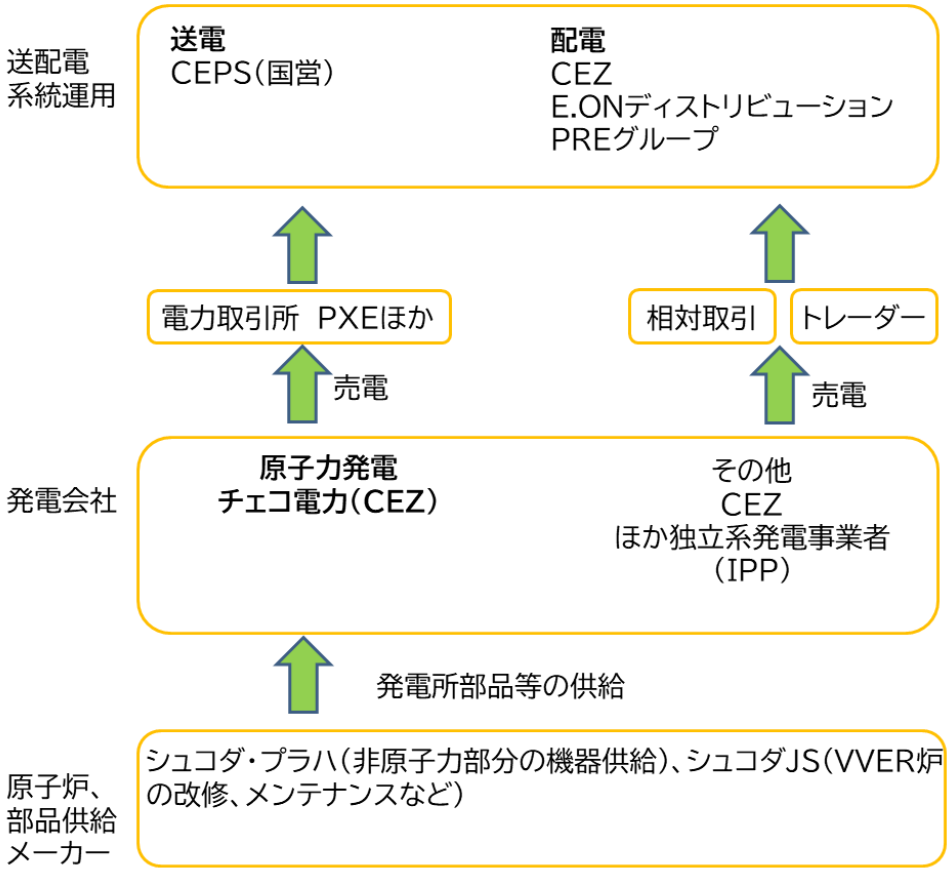
# 原子力業界構造

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。**

## 原子力維持・拡大方針は一貫

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。

2021年10月の選挙でチェコでは政権が交代し、11月に5党連立の新政権が発足したが、原子力維持拡大方針に変更は無い。

## 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**

## 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日に下院で賛成100、反対8の圧倒的賛成多数で成立した。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。

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炉の燃料供給において調達先の多様化に取組

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月に米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。なお、ドコバニ原子力発電所の既存炉については、適合する燃料を提供できるのがロシアのみであるため、運転終了までロシアから供給を受ける現行契約が維持される見通しである。

## 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。

## 既存炉の寿命延長

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。

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変わっていない。 現在は、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、取組が進められている。

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」としており、2023年3月現在、仏フランス電力（EDF）のEPR1200、米WH社のAP1000、韓国水力原子力（KHNP）のAPR1000が候補となっている。

入札は2022年に開始され、11月までに上記3社が応札済みだが、入札に先立ちCEZは2021年、参加者絞り込みに向け、所有権構造、サプライチェーン、自国政府との関係、原子力プロジェクトに関連する法的係争等の問題、技術やノウハウ移転といった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」を実施していた。背景には、次項に示す、原子力事業における安全保障上の懸念がある。

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。

ドコバニ増設炉は2023年3月現在、2036年の運開が予定されている。

## 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11月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と考えられる。

## テメリン原子力発電所隣接地で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。

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

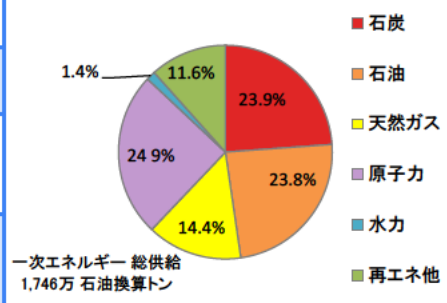
# 基本情報

**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、ベレネ原子力発電所でプラントを1基新設する計画が進行中。**

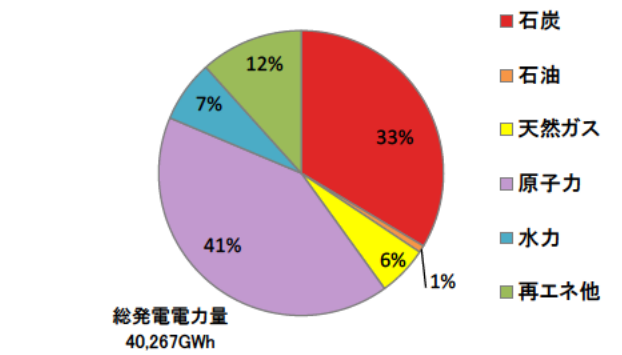
## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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)<br>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<br>首相　ガラブ・ドネフ | | |
| 経済 | GDP | 840億ドル(2021年、世界銀行)<br>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<br>原油(シェールオイルを含む):20(百万トン)<br>石炭:11,062(百万トン)<br>天然ガス:60億(立方メートル)<br>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)<br>  |
| ・一次エネルギー供給<br>1,746万石油換算トン | |
| ・エネルギー自給率<br>64.3%(原子力含)、41.6%(原子力除) | |
| ・一次エネルギー供給における<br>原子力シェア:24.9% | |

## ● 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) | 30,116 | 発電電力量(百万kWh) | 40,267 | 電力純輸入量(百万kWh) | -5,802 |
| 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 | 1基(PWR) |

電力需要の推移と見通し

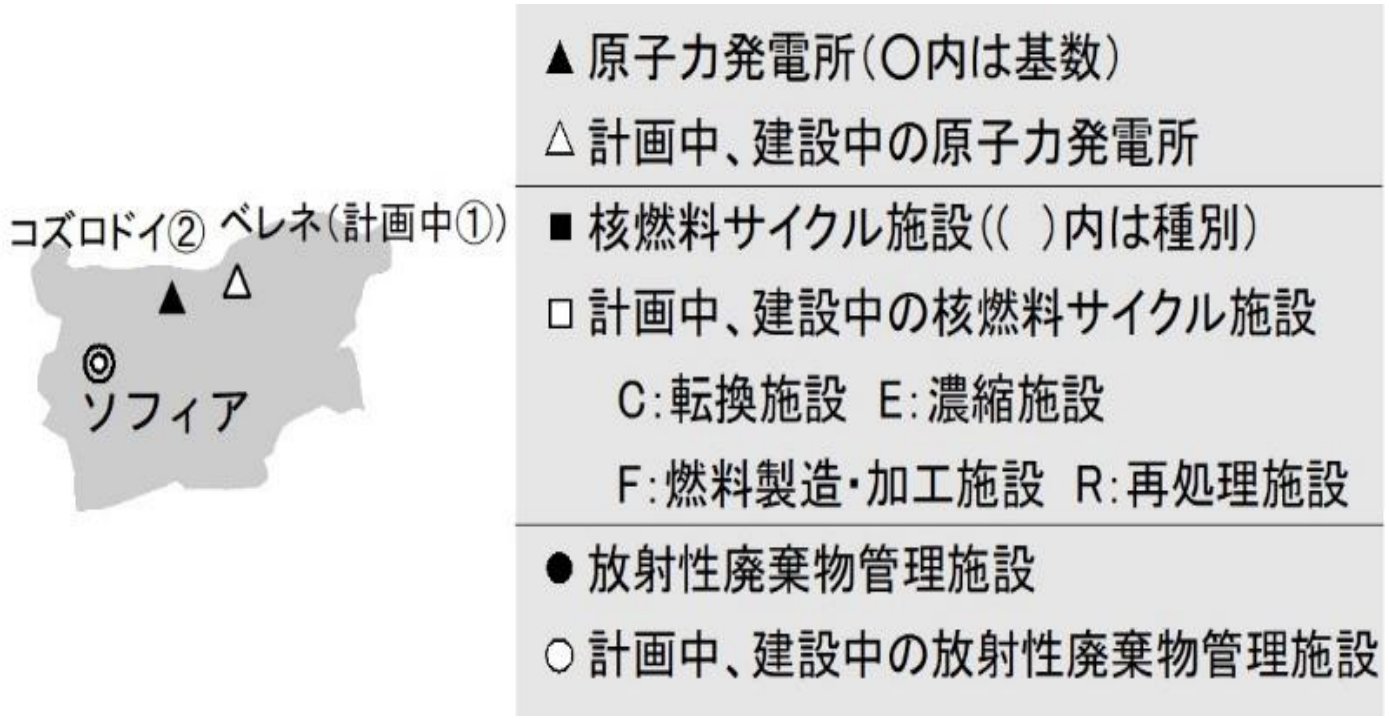
発電電力量は2005年、2010年、2015年でそれぞれ439億kWh、460億kWh、487億kWhと推移し、2019年は438億kWhとなっている(上の表より転記)。「ブルガリアのエネルギーと気候変動に係る統合計画2021-2030」では、電力需要が2020年から2030年で12.4%増加するとの見通しが示されている。

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：1基（PWR） 原子力シェア：34.6%

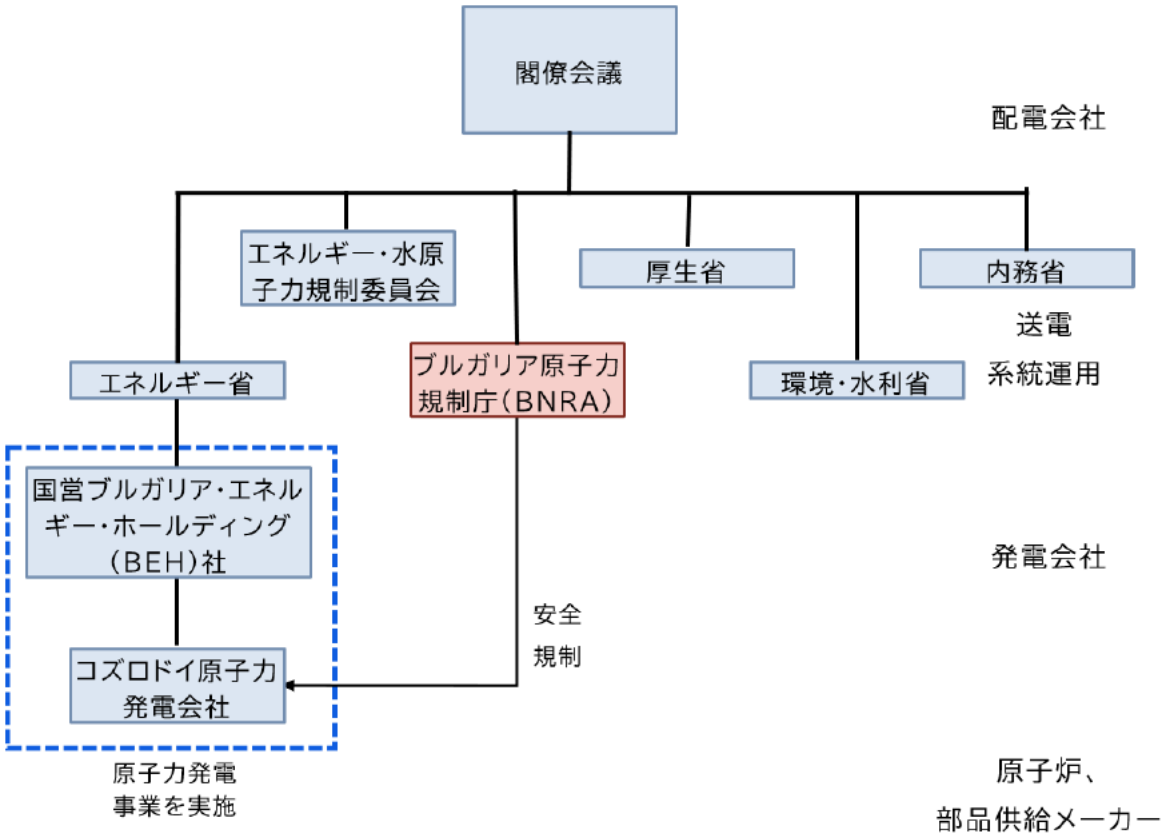



Copyright © Mitsubishi Research Institute

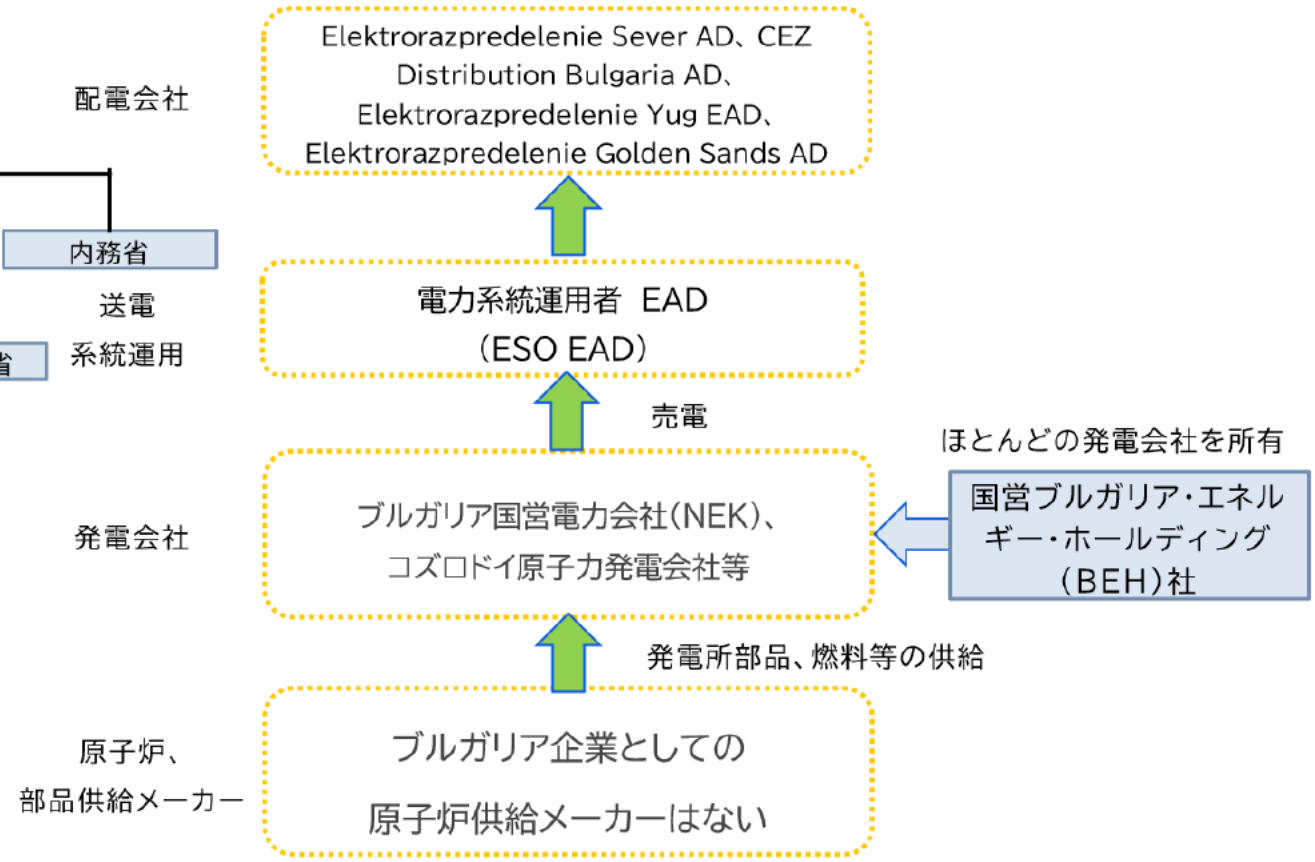
# 原子力業界構造

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、石炭火力発電所が主力の電源となっており、発電量の4割を賄っている。原子力発電は石炭に続き、1/3程度を賄っている。

### 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見通しや政策として以下が挙げられている。

- 再エネ発電の設備容量を264.5万kWに拡充
- そのうち太陽光を217.4万kW、風力を24.9万kW、バイオマスを22.2万kWに拡充
- 再エネによる発電電力を有利な価格で買い取る契約の継続
- 再エネ拡充の状況は2年毎にレビューし、目標が未達で新たな施設の建設ニーズがある場合はオークションを通じた支援スキームを検討
- 再エネ拡充のためのスマート送電網やエネルギー貯蔵システムの開発

表　ブルガリアにおける2030年までの温室効果ガス排出削減や再エネシェア等の目標

| 項目 | 目標 |
|---|---|
| EU域内排出量取引制度対象以外の温室効果ガス排出削減量(2005年比)※1 | 0% |
| エネルギー総消費量に占める再エネシェア | 27.09% |
| 電力における再エネシェア | 30.33% |
| 輸送における再エネシェア | 14.20% |
| 冷暖房における再エネシェア | 42.60% |
| 一次エネルギー消費の削減(PRIMES※2 2007による2030年推計との比較) | 27.89% |
| 最終エネルギー消費の削減(同) | 31.67% |
| 一次エネルギー消費量 | 17,466 ktoe |
| 最終エネルギー消費量 | 10,318 ktoe |

※1　NECPでは、EU域内排出量取引制度対象の温室効果ガス排出削減量目標は示されていない。
※2　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)INTEGRATED ENERGY AND CLIMATE PLAN OF THE REPUBLIC OF BULGARIA 2021-2030

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。

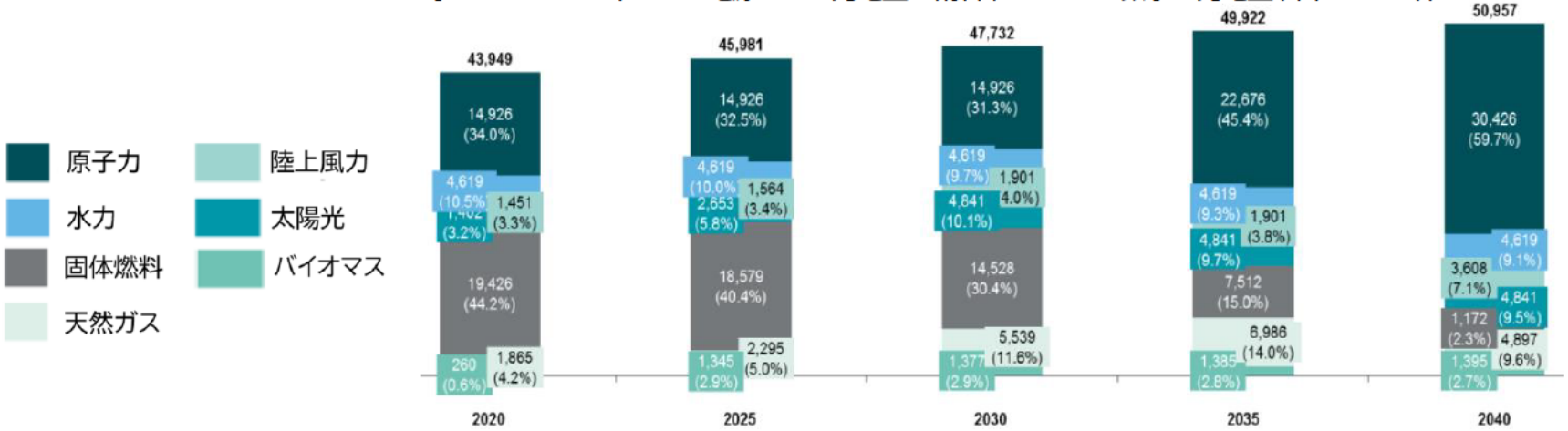
しかし原子力発電は電力供給の主力という位置づけであり、既存炉の寿命延長や出力増強（「国内動向：既設炉、新増設計画」のスライド参照）が行われているのに加えて、以下の新増設計画も進んでいる。

- ベレネ原子力発電所におけるプラント2基の新設
- コズロドイ原子力発電所7号機の増設
- 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。

下図に示す通り、NECPでは2030年以降2040年にかけて、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、2035年には発電電力量の45%、2040年には60%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（グラフ上の数字は発電量（単位：GWh））




出所）INTEGRATED ENERGY AND CLIMATE PLAN OF THE REPUBLIC OF BULGARIA 2021-2030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。

## 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」が採択された。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を多様化することとしている。

この戦略に則ったブルガリアのウラン調達方針は、以下の4点に基づいている。

- 天然ウランの調達、転換、濃縮の多様化
- 燃料製造業者の多様化
- 原子力発電所の周囲における十分な燃料の備蓄
- 燃料供給に関する長期契約の締結

ブルガリアのエネルギー部門の単一サプライヤーへの依存度を下げるというEUの政策・目標に沿って、燃料供給の多様化と、原子力発電所の建設のためのプロセスが開始されている（原子炉の新増設については「国内動向：既設炉、新増設計画」のスライド参照）。コズロドイ原子力発電会社は、原子力供給の多様化に関する国の政策とEUのガイドラインの両方を、適用される国内法とEU法に厳密に準拠して実施し、その行動をEURATOM供給機関（ESA）と調整している。

原子力規制庁（BNRA）が定めている要件と発電所の「新燃料への移行に関する品質ガイドライン」に従って、多様化のプロセスは3つの段階で行われる。

- ステージ1：ライセンス取得を目的としたフィージビリティ・スタディの実施と、コズロドイ5・6号機の代替核燃料への移行
- ステージ2：代替燃料への切り替え時の5・6号機の安全性を分析した報告書の作成
- ステージ3：燃料の製造・供給のための入札の実施

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、2019年11月に米国とブルガリアの両首脳が協力を拡大していくことで合意して以降、上記のプロセスに従い、コズロドイ5、6号機で米国製の原子燃料が使用可能となるよう手続きを進められている。2021年2月、認可手続の一環として米国の原子燃料で安全解析の実施準備を進めるための契約が、コズロドイ原子力発電会社とウェスティングハウス（WH）社との間で締結されている。

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。
- 再処理が経済的に非効率な場合は使用済燃料は放射性廃棄物とし、回収可能性を確保しつつ管理する。
- 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。
- 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2019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、新増設計画

**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。また、コズロドイにおける増設やベレネ原子力発電所の建設などの動きもある。**

## 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。

## 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、このコンソーシアムの結成についてその後の動向は伝えられていないが、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ている。

## コズロドイにおけるプラント増設に向けた動き

上述のとおり、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、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。

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6回国別報告書
- 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バランスの取れた電源ポートフォリオが構成されている。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28.47円（2023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<br>首相　ニコラエ・ヨネル・チウカ | | |
| 経済 | GDP | 2,840億9,000万米ドル（2021年、IMF）<br>成長率　5.9%（2021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

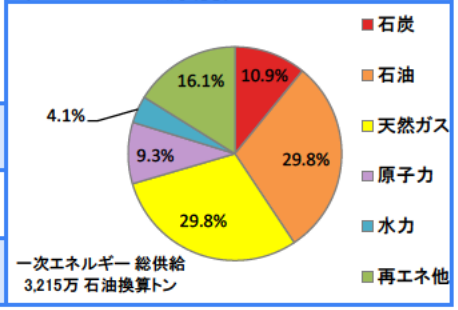
・保有資源
原油（シェールオイルを含む）：80（百万トン）
石炭：12,695（百万トン）
天然ガス：1,100億（立方メートル）
ウラン：3,100（トン）

・一次エネルギー供給
3,215万石油換算トン

・エネルギー自給率
74.6%（原子力含）、65.8%（原子力除）

・一次エネルギー供給における
原子力シェア：9.3%

一次エネルギー供給構成比
（エネルギー源別）

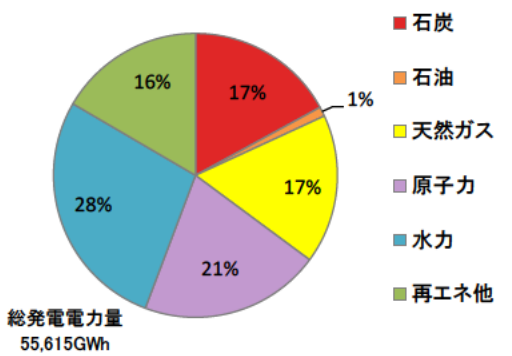



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量（千kW） | 火力：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、再エネ他でバランスよく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） | 45,570 | 発電電力量（百万kWh） | 55,615 | 電力純輸入量（百万kWh） | 1,512 |
| 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

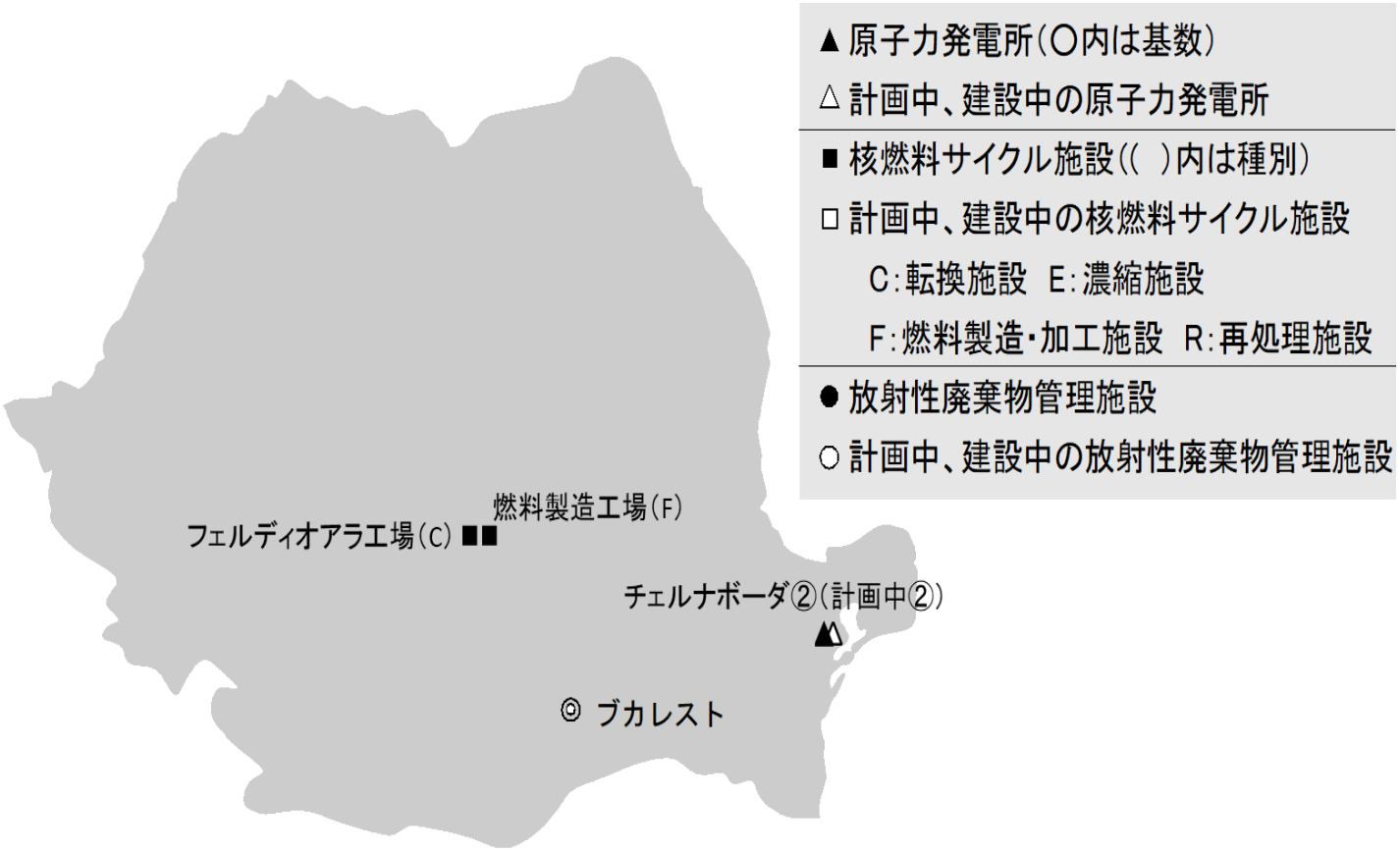
発電電力量は2005年、2010年、2015年でそれぞれ594億kWh、606億kWh、659億kWhと推移し、2019年は592億kWhとなっている。なお統合国家エネルギー・気候計画（NECP）では、2030年の電力消費はリファレンスシナリオで520億kWh、高い電力需要の伸びを見込むシナリオで602億kWhと見込まれている。

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:104億kWh

運転中:2基 建設中:0基　計画中:2基(PWR) 原子力シェア:18.5%

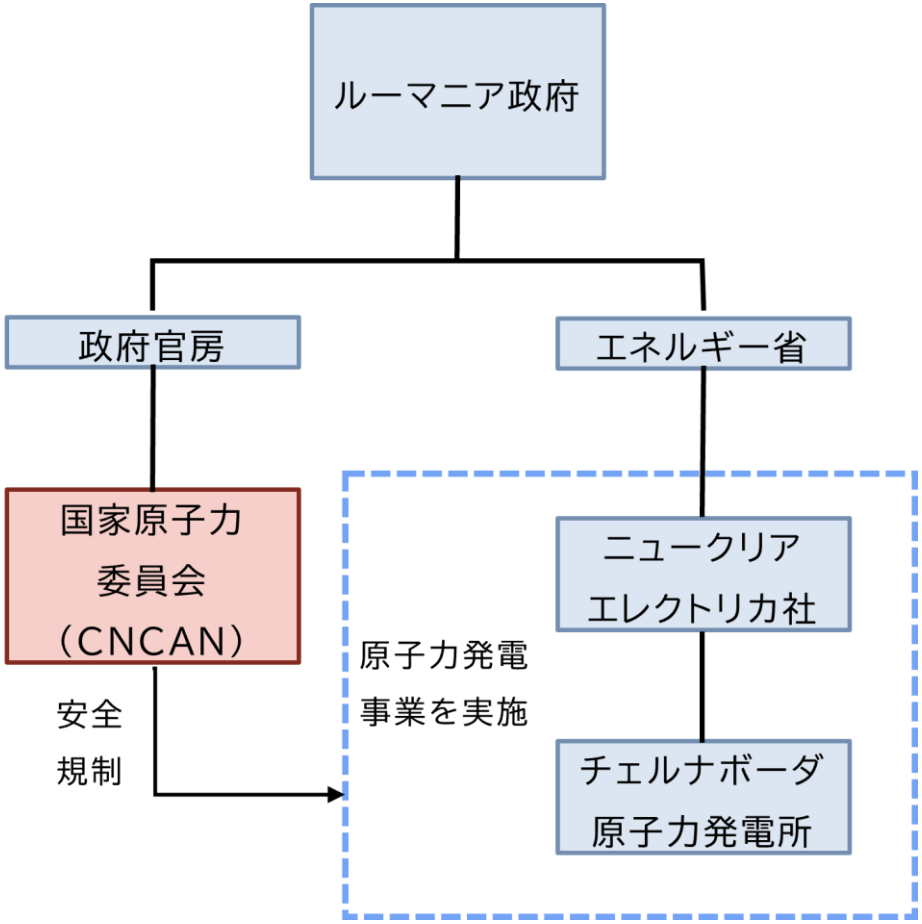



Copyright © Mitsubishi Research Institute

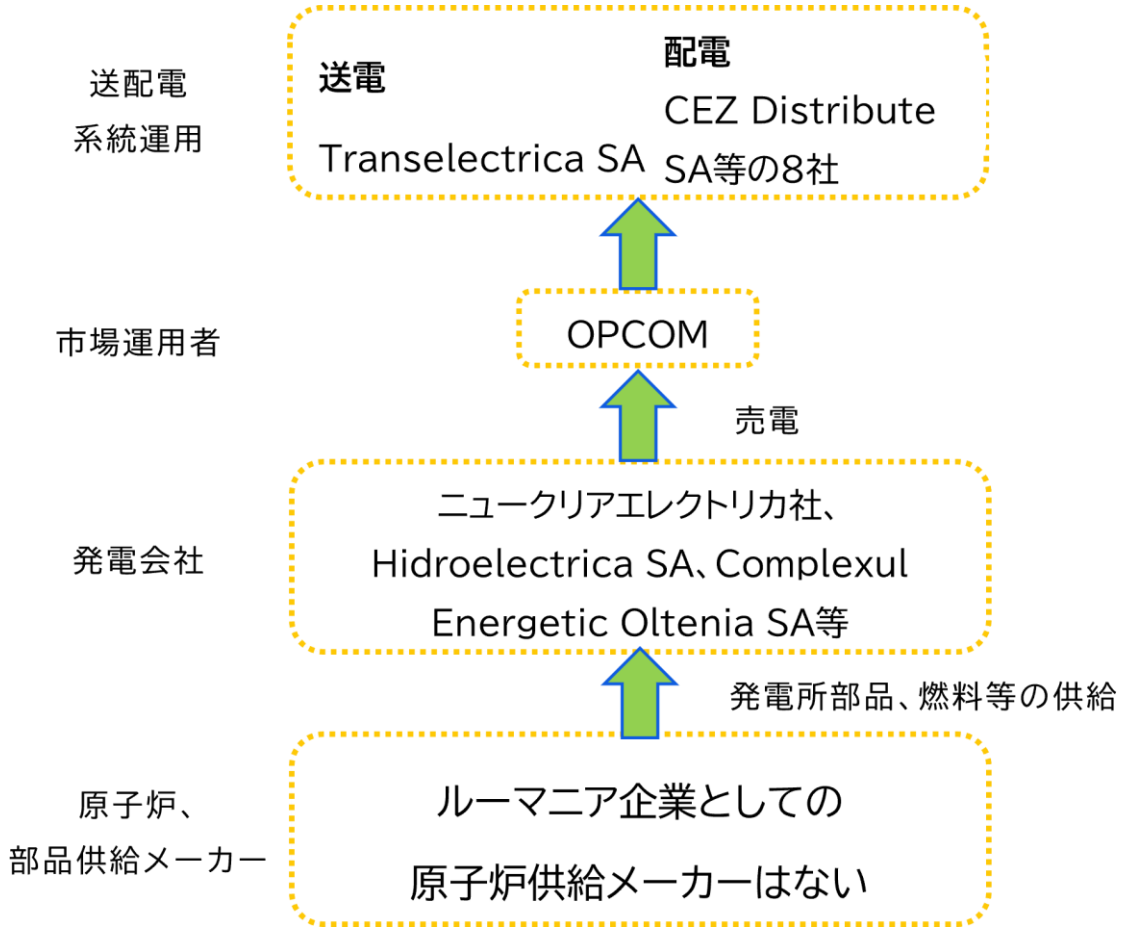
# 原子力業界構造

**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、水力がバランスよく構成。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、水力で賄っており、バランスの取れたポートフォリオとなっている。また近年では、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

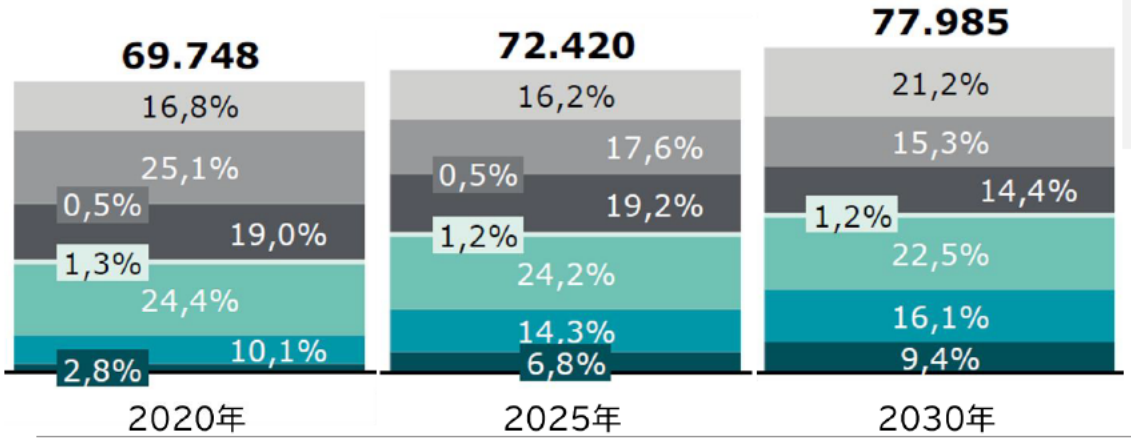
**ルーマニアでは、石炭火力発電所の代替のために原子炉を増設する方針である。**
**非発電用途として、トリチウム・ヘリウム3の抽出やコバルト60の製造も検討されている。**

## 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））




## 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。

- **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。

出所）The 2021-2030 Integrated National Energy and Climate Plan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）

**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加との協力

ルーマニアでは、SMRの導入等を見据えて、米加両国と以下のような協力を進めている。

● **米国との協力**

ニュークリアエレクトリカ社は、米国でSMRの開発・建設をリードする米ニュースケール・パワー社と2019年に、同社が開発しているプラントの技術の開発に関する情報交換と協力を目的とした覚書を締結した。

ニュークリアエレクトリカ社は2021年1月に、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つの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。

● **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。またMOUは、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を規定している。

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。

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 | 970万人 |
| | 公用語 | ハンガリー語 | | |
| | 通貨 | 1フォリント＝約0.35円(2023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<br>首相　オルバーン・ヴィクトル | | |
| 経済 | GDP | 1,546億ドル(2020年、IMF)<br>成長率　+7.1%(2021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。2020年は新型コロナウイルス感染拡大の影響により、対外貿易収支の落ち込みが主な要因となり-5%のマイナス成長となったが、2021年には復調して7.1%の成長を記録した。 | | | |

## ● エネルギー

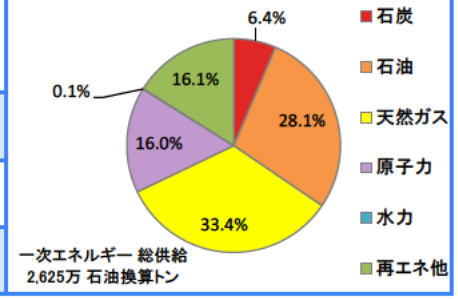
・保有資源
原油(シェールオイルを含む):12(百万トン)
石炭:13,597(百万トン)
天然ガス:80億(立方メートル)
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
2,625万石油換算トン

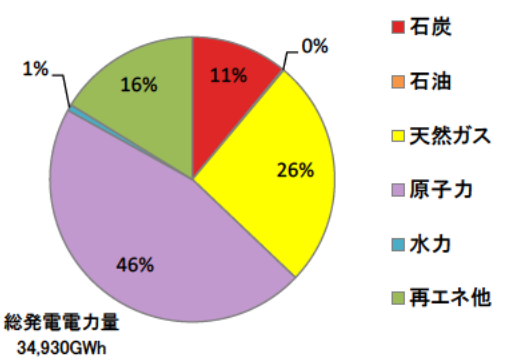
・エネルギー自給率
41.8%(原子力含)、26.4%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:16.0%

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: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) | 40,314 | 発電電力量(百万kWh) | 34,930 | 電力純輸入量(百万kWh) | 12581 |
| 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

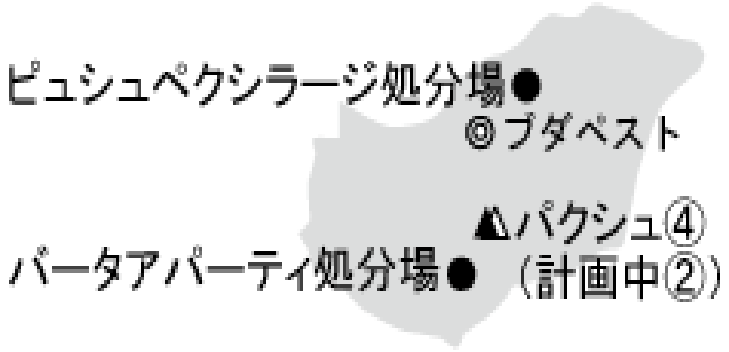
発電電力量は2005年、2010年、2015年でそれぞれ358億kWh、373億kWh、3.4億kWhと推移し、2019年は341億kWhとなっている。「国家エネルギー戦略2030」では、石炭火力による発電が減少していく一方、天然ガス火力と再生可能エネルギーによる発電の増大が見込まれている。原子力発電についてはパクシュでの2基増設を基本として、中期的に発電設備容量を維持していく方針である。

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：46.8%




▲ 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

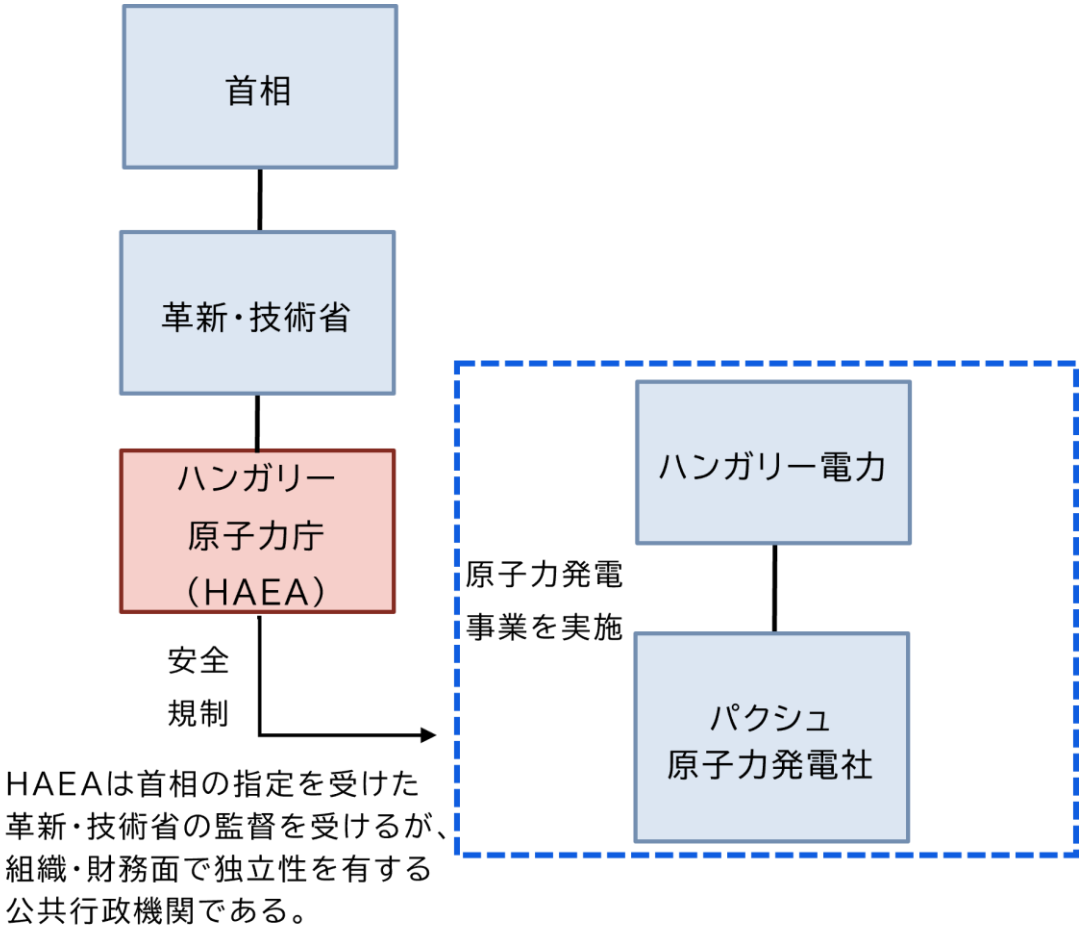
○ 計画中、建設中の放射性廃棄物管理施設

Copyright © Mitsubishi Research Institute

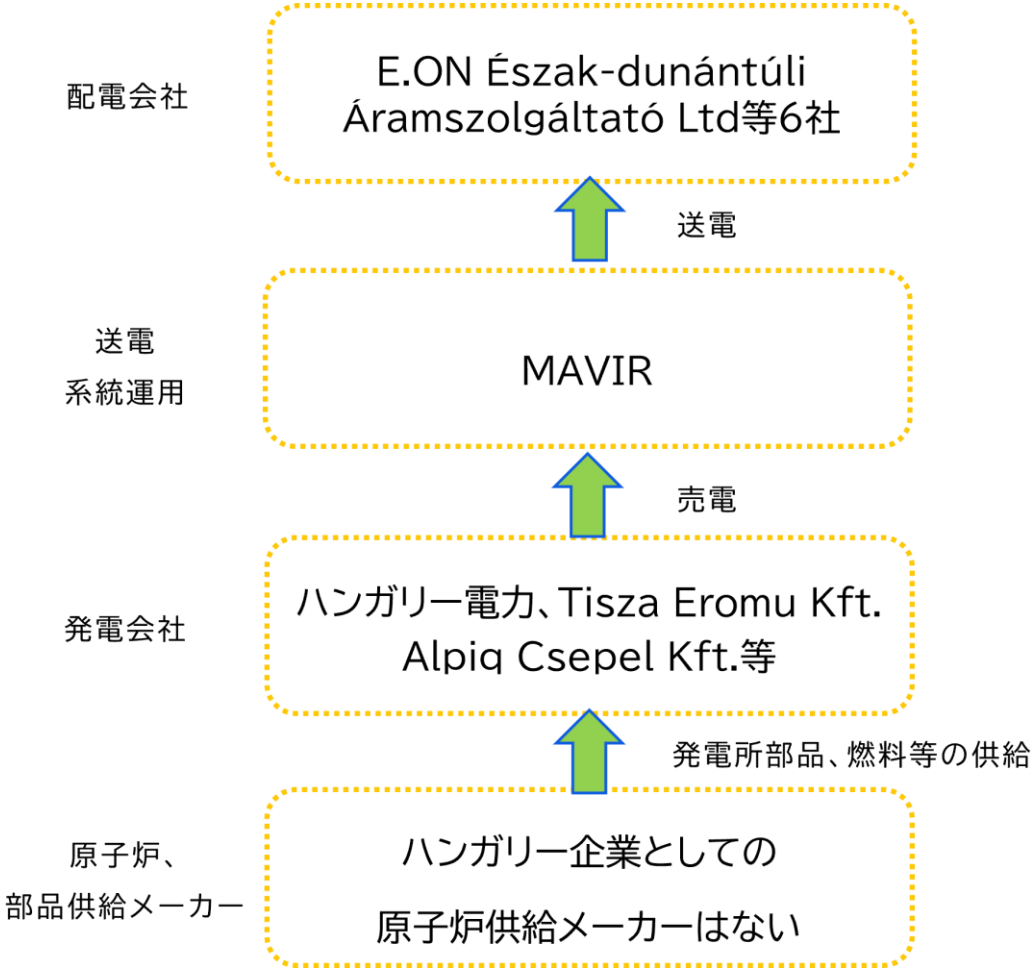
# 原子力業界構造

**ハンガリー唯一のパクシュ原子力発電所は、ほぼ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。

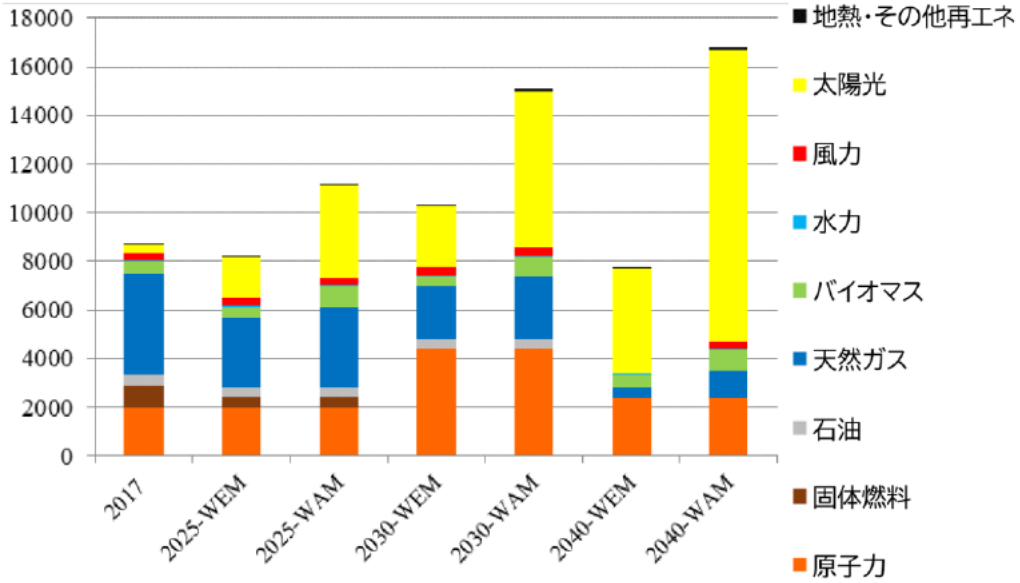



図　2040年までのリファレンスシナリオ(WEM)と追加的な対策を講じた場合のシナリオ(WAM)における電源構成の見通し(単位MW)
出所)National Energy and Climate Plan

## 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は、1976年以降、ピュシュペクシラージに建設された浅地中処分場で処分されていたが、地質学調査により同処分場の拡張は不可能と判断され、2012年には新たにパータアパーティに建設された「国家放射性廃棄物処分場」が操業開始した。2017年にはパータアパーティ第2処分場が操業を開始している。

## 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、既存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。

### 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。

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。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国外動向

## パクシュ原子力発電所における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。

こうしてパクシュII建設プロジェクトがようやく実施可能となり、ハンガリー原子力庁(HAEA)は2017年3月末にMVM Paks IIに対し、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に提出されている。HAEAは審査期間を12カ月、さらに3カ月延長される可能性もあるとしていたが、2021年9月に分析評価に時間を要するとの発表がなされた。また2020年11月にMVM Paks IIは、パクシュIIにおける建設や設備製造等の要件となる発電実施許可を、エネルギー・公益事業規制庁から受けたことを公表した。その後、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
- PAKS II. ZRT
- ハンガリー原子力庁（HAEA）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 調査対象国の国別プロファイル

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# スイス

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 基本情報

**原子力は水力と並ぶ主要電源だが、福島第一原子力発電所事故後、2011年5月に政府が段階的脱原子力を決定。2018年に、新炉建設禁止・既存炉の運転期間制限なしを軸とする原子力法改正が発効。2019年、スイス初の商用炉閉鎖として、ミューレベルク(1基)が恒久停止された。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 4.1万km² | 人口 | 867万人 |
| | 公用語 | ドイツ語、フランス語、イタリア語、ロマンシュ語 | | |
| | 通貨 | 1スイス・フラン=141円(2023年3月中適用) | | |
| 政治 | 政治体制 | 連邦共和制 | | |
| | 議会 | 2院制(上院(全州議会)46議席、下院(国民議会)200議席) | | |
| | 政府 | アラン・ベルセ大統領<br>(大統領は7名の大臣の輪番制、任期1年) | | |
| 経済 | GDP | 7,474億ドル(2020年名目、日本貿易振興機構)<br>成長率 -2.98%(2020年、日本貿易振興機構) | | |
| | 経済の特徴および概況 | | | |
| | スイスフラン高の影響もあり、2015年の経済成長は伸び悩んだが、2016年および2017年は穏やかに回復。貿易収支・経済収支とも安定的な黒字を維持。しかし2020年には新型コロナウイルス流行による影響等から経済成長率でマイナスを記録。 | | | |

## ● エネルギー

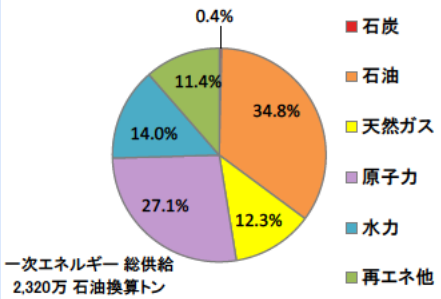
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):0
石炭:0
天然ガス:該当データなし
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
2,320万石油換算トン

・エネルギー自給率
52.2%(原子力含)、24.2%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:27.1%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

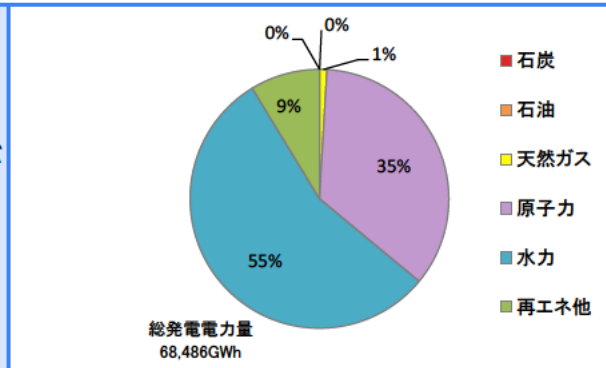



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:945 水力:15,594 原子力:3,333<br>その他:3,060 |
| 電力供給体制の概要 | 発電部門の80%を国内の大手4グループ(Alpiq、AXPO、BKW、EWZ)が占めている。送電事業については、2013年以降、国内単一の送電会社「スイスグリッド」に完全移行され、所有権分離が完了している。配電事業はほとんどが公営事業者によって行われている。 |

電源種別発電電力量

スイスは水力資源の豊富な国であり、発電電力量の5割程度を水力発電が占めている。原子力は水力に次ぐ第2の電源であり、冬場に出力が低下する水力を補完する重要な役割を果たしている。




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 電力最終消費量(百万kWh) | 57,186 | 発電電力量(百万kWh) | 68,486 | 電力純輸入量(百万kWh) | -5,721 |
| 運転中の原子力プラント | 4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

2050年カーボンニュートラルを前提とした場合、2050年の電力需要は2020年の56TWhから76TWhに増加する見通し。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力施設所在地図

設備容量：297.3万kW

発電電力量：186億kWh

運転中：4基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：28.8%

▲ 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

**水力（5割）と原子力（4割）で低炭素電源ポートフォリオを形成してきたが、脱原子力政策により今後段階的に原子力は縮小。一方、連邦政府は2019年に2050年カーボンニュートラル（CN）を目指すことを決定。再エネを拡大するが中期的には電力輸入の増加が見込まれる。**

## 2050年カーボンニュートラル目標、ただし法改正は頓挫

連邦政府は2019年に2050年CN目標、2021年1月に2050年気候戦略を決定した。中間目標として2030年までに温室効果ガス（GHG）排出を1990年比で半減させる方針である。ただしこれらの目標・戦略を反映するCO2法改正は、2021年6月の国民投票で農村部を中心とする6割が反対し否決された。今後低炭素化を国家方針としてどのように進めて行くかが課題である。

## 段階的脱原子力により2035年ごろに原子力ゼロに

スイスは水力と原子力を柱に、もとより低炭素な電源ポートフォリオを構成してきた。しかし、2011年の福島第一原子力発電所事故後、連邦政府は当時計画中であった既存炉リプレース計画を破棄し、段階的に脱原子力を進める方針を決定した。2018年にはこの方針を盛り込んだ改正原子力法が発効し脱原子力が法制化された。既存炉に運転期間の法的な制限はないが、リプレースが行われないことにより、2035年頃には原子力発電からの撤退が完了する見込みである。

## 中期的には電力輸入が増加する見込み

2050年気候戦略に向けて策定された長期エネルギー見通し「2050年見通しプラス」では、2050年CNを前提にした電力需給シナリオが示された。モビリティを含めた電化の進行により、2050年の電力需要は2020年の56TWhから76TWhに増加する見通しである。一方、前述のとおり原子力については、段階的脱原子力により2035年ごろには全ての炉が閉鎖され、現在電力の4割を占める主要電源が失われる。

脱原子力にともなう電力供給確保について、従来は再エネ拡大と電力輸入に加え、ガス火力の増設が一つの柱となっていた。しかし、欧州、世界大の趨勢にあわせて2050年CNを目指していく中、また天然ガスの価格が顕著に高騰する中、「2050年見通しプラス」ではガス火力への依存は最小限に抑えられている。再エネについては、内陸国であるため洋上風力は利用できず、太陽光を中心に拡大するものの、特に原子力が脱落する2035年前後を中心に、電力輸入が増加する見通しとなっている。なお、スイスは凍結によるダムの出力低下により冬場は電力輸入が増えるものの、これまでは年間ベースで基本的に輸出超過あるいは輸出入が均衡していた。こうした状況は、脱原子力により変化する。「2050年見通しプラス」では、2050年までには国産再エネ拡大とエネルギー効率の向上などにより、電力輸入超過の状況は概ね解消するとの見通しが示されている。

ただ、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻以降、ロシア産のガスの活用が欧州大で難しくなっており、脱原子力に伴う不足分を周辺国からの電力輸入で補うという中期的な見通しにも疑問が付されている。スイスでは国民の発案による国民投票を通じて法整備・法改正を求めるイニシアチブの提起が可能である。2022年8月には、原子力支持派が主導して、原子力法における原子炉新設禁止条項の廃止を求めるイニシアチブ「常時すべての人に電気を供給し、停電を阻止せよ」を提起した。一定の賛同署名が集まれば、国民投票が実施され、法改正が議論されることになる。（2023年2月現在、署名活動継続中）

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 放射性廃棄物管理・処分、安全規制、国内動向

**2022年9月に、放射性廃棄物処分場の最終候補地として「北部レゲレン」が提案。2019年に1基が閉鎖され稼働炉は4基になったが、既存炉の運転期間が40年、50年超を迎え、安全規制においては長期運転における安全確保に重点が置かれる。**

## 「北部レゲレン」が放射性廃棄物処分場の最終候補地に

スイスでは、2008年に閣議決定された特別計画「地層処分場」に基づき、高レベル放射性廃棄物（HLW）、低中レベル放射性廃棄物（I/LLW）はともに地層処分される計画である。同計画に基づく処分場のサイト選定は、廃棄物発生者が共同出資する放射性廃棄物管理共同組合（NAGRA）により、3段階でサイト候補を絞り込む形で実施されている。第1段階では、2008年に地層処分場の候補地域6エリア（全てI/LLWの処分可能。うち3カ所ではHLWの処分も可能）が選定され、2011年に連邦政府の承認を受けた。2018年11月には、候補地域がチューリッヒ北東部とジュラ東部、北部レゲレンの3エリア（いずれもI/LLW 、HLWを処分可能）に絞り込まれて第2段階が終了した。最終の第3段階として、2022年9月、NAGRAは「北部レゲレン」を最終候補とし、高レベル放射性廃棄物と低中レベル放射性廃棄物を1カ所で処分する複合処分場（コンバインドパターン）を建設することを提案した。政府決定によるサイトの確定は2029年頃と見込まれている。

選定手続きは、処分場の各候補エリアに設置された「地域会議」を通じ、地元州や自治体、地元各界の代表者、一般市民等の参加を得て進められている。地域会議は、連邦官庁やNAGRAとの間で、情報や懸念・要望の共有といったコミュニケーションの窓口としての役割を果たす。これに加えて地域会議は、例えば第2段階では、処分場の地上施設の設置場所や配置案の検討に際し、連邦官庁やNAGRAと協働して候補案の策定に参加するなど、地域の利益を代表して選定プロセスに参画した。地層処分場の立地地域に対しては、NAGRAを通じて廃棄物発生者から交付金や補償金が支払われることになる。その具体的な内容は、サイト選定第3段階で最終的なサイト提案が出された後に、当該エリアの地域会議とNAGRAとが交渉し、決定する。

## 安全規制では既存炉の長期安全運転に重点

スイスでは福島第一原子力発電所事故後、同国単独の取組として既存の原子炉の安全点検（ストレステスト）を行い、この取組の一環として、EUストレステストにも参加した。スイス独自のストレステストは規制当局である連邦原子力安全検査局（ENSI）が主導し、事業者への検査指示や改善指示、事業者による実施報告とこれに対するENSIのフィードバックを段階的に行う形で進められた。

スイスは2011年に原子炉のリプレースを行わず段階的に脱原子力を進める方針を決定した。既存炉の運転期間に法的な制限は無いが、2035年頃までには全炉閉鎖の見込みである。国内既存炉は、1969年運開のベツナウ1号機（現在稼働中の商用炉としては世界最古）を筆頭に40年、50年超の運転フェーズに入っており、発電所に対する安全規制としては長期運転における原子力安全に重点が置かれる。

## 原子力発電事業者動向

スイスでは、AXPO社、BKW社、Alpiq社が原子力発電所を所有し、福島第一原子力発電所事故以前には、既存炉のリプレースを中心とした原子炉建設計画に着手していた。しかし政府の方針転換によりリプレース計画が中止となり、2011年はAXPO社を中心に大幅な減益を記録した。

BKW社のミューレベルク原子力発電所（MARK-I型）については、福島第一原子力発電所事故後に安全性を疑問視する議論が起き、BKW社は長期運転に伴うバックフィットなどの投資の回収が不可能であるとして、2013年10月、同発電所を2019年12月20日に閉鎖することを決定、この期日に同炉は閉鎖された。スイスでは2019年12月はじめの時点で4カ所の原子力発電所で計5基の原子炉（BWR2基、PWR3基）が運転していたが、ミューレベルク閉鎖により、国内の原子力発電所は3カ所4基となった。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- IAEA, Nuclear Fuel Cycle Information System (NFCIS)
- 原子力法(KEG)
- 原子力安全条約スイス国別報告書
- Energieperspektive 2050+
- 放射性廃棄物管理共同組合(NAGRA)
- 連邦エネルギー庁(BFE)
- 連邦環境・運輸・エネルギー・通信省(UVEK)
- 連邦原子力安全検査局(ENSI)
- 連邦環境庁(BAFU)
- 連邦議会
- BKW社
- AXPO社

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# ベルギー

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 基本情報

**2003年の脱原子力法によって原子炉新設の禁止と原子炉運転年限が規定。2025年までに全ての原子炉が閉鎖される予定だったが、政府は2022年3月、2基の運転を2035年まで継続し脱原子力を後ろ倒しする方針を表明。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 3.1万km² | 人口 | 1,152万人 |
| | 公用語 | オランダ語、フランス語、ドイツ語 | | |
| | 通貨 | 1ユーロ=140円(2023年3月中適用) | | |
| 政治 | 政治体制 | 立憲君主制 | | |
| | 議会 | 二院制(下院:150名、上院:60名) | | |
| | 政府 | 国家元首　フィリップ国王<br>首相　アレクサンダー・ドゥ=クロー | | |
| 経済 | GDP | 5,818億米ドル(2021年名目、IMF)<br>成長率　6.1%(2021年、IMF) | | |
| | 経済の特徴および概況 | | | |
| | 同国の経済成長率は2017年:1.9%、2018年:1.5%、2019年:1.4%と比較的安定して推移していたが、新型コロナウイルス危機により、2020年は前年比5.7%減少(ベルギー連邦計画局)。2020年に発足したドゥ=クロー政権の下、新型コロナウイルス危機による各種対策のため、2020年の財政赤字は同112.8%まで増加した(統計出典:ベルギー国立銀行)。2021年のGDP成長率は6.1%となり、経済は回復基調にあったが、2022年にはロシアによるウクライナ侵略の影響でエネルギー価格が高騰し、年間で10%を超えるインフレーション率を記録した。 | | | |

## ● エネルギー

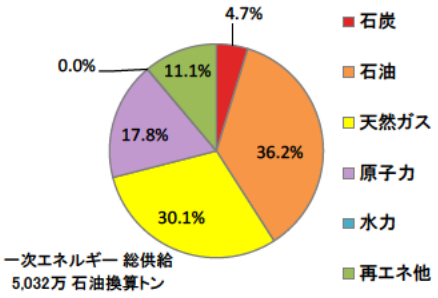
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):該当データなし
石炭:4,510
天然ガス:0
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
5,032万石油換算トン

・エネルギー自給率
22.0%(原子力含)、8.0%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:17.8%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

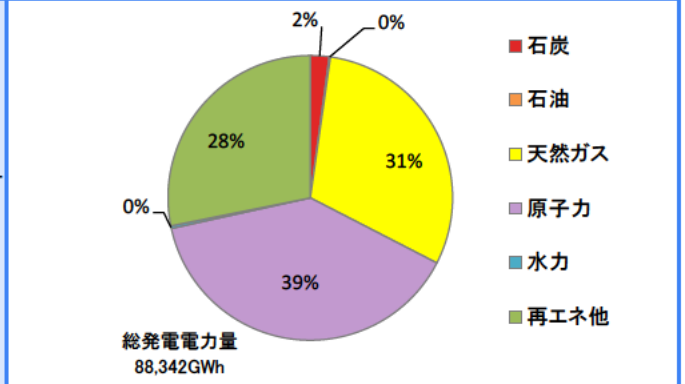



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:8,086　水力:1,416　原子力:5,942<br>その他:10,259 |
| 電力供給体制の概要 | 発電部門では仏ENGIE(旧GDF-Suez)社傘下のエレクトラベル社が、原子力発電を含む国内全ての発電設備容量の約7割を保有する第一の発電事業者となっている。送電部門はElia社が担当し、配電については、地域ごとに複数の事業者が配電系統の運用を行っている。 |

電源種別発電電力量

ベルギーの発電電力量の約40%が原子力によって賄われている。次いで、天然ガス火力が全体の約3割を占めるが、ベルギーは国内にエネルギー資源をほとんど有していないため、輸入に依存している。




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 電力最終消費量(百万kWh) | 81,953 | 発電電力量(百万kWh) | 88,342 | 電力純輸入量(百万kWh) | -1,849 |
| 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

政府が2021年に公表した電力需要の見通し(中央シナリオ)では、2022年から2032年にかけて、ベルギーの電力需要は86.8TWhから96.5TWhへと増大する見通しが示されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

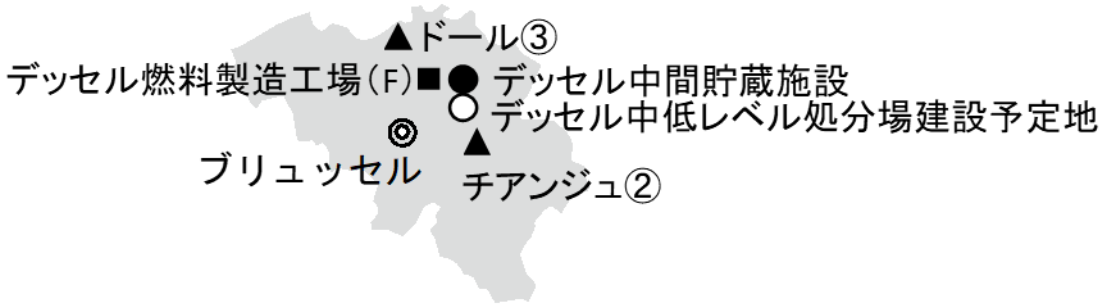
# 原子力施設所在地図

設備容量：392.8万kW

発電電力量：480億kWh

運転中：5基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：50.8%




▲ 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

**EU目標に即した温室効果ガス削減目標を設定する方針。しかし再エネ拡大目標や地方政府の削減計画は、EUがベルギー政府に求める水準に達していない。政府は2022年3月、主力電源である原子力からの撤退の10年後ろ倒しを決定。2基を政府と事業者の共同所有とし、2035年まで運転する方針。**

## EU目標に即した温室効果ガス削減目標を設定する方針

ベルギー政府は2020年に欧州委員会に提出した国家エネルギー気候統合計画(NECP)の段階では、2030年の温室効果ガス削減目標について、EU基準より低い目標を示していた。しかし2021年11月のCOP26に先立ち、連邦政府は「2030年に1990年比55%減」というEU目標に合わせた目標引き上げを決定した。2050年についてはカーボンニュートラル達成を目標としている。

連邦制をとるベルギーではフランドル地方(オランダ語圏)、ワロン地方(フランス語圏)、首都ブリュッセルそれぞれの地方政府が排出削減計画を策定するが、工業地域が多いフランドルは2021年11月にその他地域より低い目標(90年比40%減)を示している。

再エネに関してはNECPにおいて、2030年までに最終消費エネルギーの17.5%としているが、EUはベルギーに対し25%の実現を求めており大きく下回っている。電力に関してはベルギーは2030年までに37.4%を再エネとするとしているが、欧州委員会はこの目標に関しても設定根拠が不明瞭と指摘するなど、低炭素目標の実現に向けたロードマップや方策には課題が残る。

## 脱原子力の期限は紆余曲折、2022年3月に期限を2035年まで10年延長

ベルギーでは2003年2月の「商業原子力発電からの段階的撤退に関する法律」(脱原子力法)において、原子炉新設禁止、既存炉の運開から40年での閉鎖が規定された。ただし同法には、電力の安定供給が危ぶまれる場合などには原子力発電を継続できるとする例外規定があった。

2009年10月には政府設置の専門家委員会が、ドール1、2号機とチアンジュ1号機の閉鎖が2020年時点で電力不足のリスクをもたらすと指摘、これら3基の10年運転延長を政府に勧告した。しかし政府による運転延長の検討は、2011年の福島第一原子力発電所事故の発生に伴い、同年11月に白紙撤回された。

その後2012年の電源開発計画で再び電力不足の可能性が指摘され、2016年までに複数次にわたって原子力法が改正、原子力事業者の余剰利益に課税した上で3基を運転延長し、2025年までに全炉を閉鎖することが規定された。しかし、電力の約半分を占める原子力の撤退についての議論はなおも続いた。2020年に発足した現政権は、電力需給分析の結果として2021年12月に、2025年までの全原子炉閉鎖を原則としつつ、計画中のガス火力発電所の建設に対する許可が2022年3月15日までに出されない場合は、エネルギー供給を保証するため、最も新しいドール4号機、チアンジュ3号機の運転継続のオプションも留保すると発表した。その後、ロシアによるウクライナ侵攻でエネルギー情勢がさらに緊迫化したことを受け、政府は2022年3月、これら2基を2035年まで運転する方針を示した。

なお、これらの炉を運転する事業者(エレクトラベル社及び親会社の仏Engie社)は2021年当時、規制対応その他の関係から、今から2025年以降の運転継続に対応するのは難しいとして、関連する投資を行わない方針を示していた。しかし2022年3月の政府決定を受けて交渉を開始、事業者と政府は2023年1月、2基を2025年に停止後、2026年11月に再稼働し、以後は政府とEngie社の共同所有として2035年まで運転を続ける方針で合意した。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 放射性廃棄物管理・処分、安全規制

**2000年を最後に国外委託再処理を行っていない。再処理か直接処分か方針は未決だが、2025年全炉閉鎖を控え再処理再開の可能性は低い。放射性廃棄物処分については長寿命廃棄物と高レベル放射性廃棄物を地層処分する方向で検討。安全規制では2基の運転延長に関して環境影響評価なしでの実行が違法とされ、評価の実施と法改正が必要に。**

## 放射性廃棄物管理・処分

1986年に国内再処理を断念後、ベルギーで発生した使用済燃料の再処理はフランス核燃料公社(COGEMA:現Orano社)に委託して行われていた。しかし、1990年に議会の要請を受けて使用済燃料管理政策の再検討が開始され、2001年以降を対象とする再処理契約が1998年に破棄され、ベルギーは2000年を最後に新たな使用済燃料の再処理を実施していない。政府は使用済燃料の再処理と直接処分オプションを比較検討しており方針は未決だが、2025年の全炉閉鎖が予定される中、再処理オプションを選択する可能性は低いと考えられる。

放射性廃棄物処分に関してベルギーでは、長寿命の低・中レベル廃棄物(カテゴリーB)、および高レベル廃棄物(カテゴリーC)の地層処分を検討しており、放射性廃棄物処分の実施主体である放射性廃棄物・濃縮核分裂性物質管理機関(ONDRAF/NIRAS)がモル・デッセル地域の地下230mにある研究施設HADESにおいて粘土層の長期的な挙動を研究している。

ONDRAF/NIRASは、地層処分研究を実施するほか、廃棄物発生者である電気事業者等から費用を徴収している。

ONDRAF/NIRASは2011年、B・C廃棄物の長期管理に関する国家計画を政府に提出し、これらの廃棄物の管理方針として地層処分を提案した。2022年12月には、B・C廃棄物の管理方法として地層処分を採用する国家政策を決定する王令が制定された。

## ドール1、2号機運転延長で環境影響評価めぐり違法判決

ベルギーでは、連邦原子力規制機関(AFCN/FANC)が技術支援機関(TSO)であるBel Vの支援をうけ、原子力施設における活動を監督している。

閉鎖か運転延長か、政策方針が二転三転した末に2015年に10年間の運転延長が決定したドール1、2号機は、事前に環境影響評価(EIA)を実施していなかったことから、両機の運転延長を認めた2015年の法律は無効であるとの判断を欧州司法裁判所が2019年7月に下した。これをうけてベルギー憲法裁判所も2020年3月、同法を無効化する決定を下した。ただし、電力安定供給確保のため、同法の効力は2022年末まで維持され、この間にEIAを実施するとともに、無効化される法律に代わる法律の制定が指示された。この判決に基づき、2022年11月に、無効化された法律を改正する法律が制定された。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- Energy policies of IEA countries, Belgium
- OECD/NEA、“Radioactive waste management programmes in OECD/NEA member countries, Belgium”
- IAEA Country Nuclear Power Profiles
- 「商業原子力発電からの段階的撤退に関する法律」（脱原子力法）
- 欧州司法裁判所
- ベルギー憲法裁判所
- ベルギー連邦原子力規制機関（AFCN/FANC）
- ONDRAF／NIRAS
- 連邦経済省
- ベルギー気候・エネルギー大臣官房
- ENGIE社
- Elia社
- PROSPECTIEVE STUDIE ELEKTRICITEIT 2021

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の建設を進めており、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 | 553万人 |
| | 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=140円(2023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<br>首相　サンナ・マリン | | |
| 経済 | GDP | 約2,988億ドル(2021年、IMF)<br>成長率　3.2%(2021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70億ユーロ(対GDP比2.5%)の赤字であり、累積債務は1、770億ユーロ(対GDP比67.1%)であった。 | | | |

## ● エネルギー

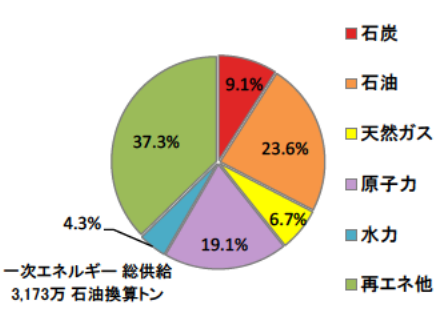
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):0
石炭:1,270
天然ガス:該当データなし
ウラン:1,100(トン)

・一次エネルギー供給
3,173万石油換算トン

・エネルギー自給率
57.7%(原子力含)、40.2%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:19.1%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

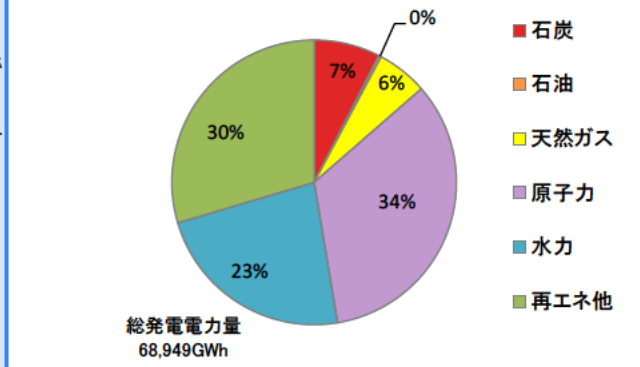



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:8,902　水力:3,287　原子力:2,784<br>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) | 81,640 | 発電電力量(百万kWh) | 68,949 | 電力純輸入量(百万kWh) | 20,035 |
| 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 | 1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：226億kWh

運転中：5基　建設中：0基　計画中：1基

原子力シェア：32.8%

▲ 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

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。

フィンランドのNECP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
- 2030年代末までに、供給安定性を確保しつつ、発電と熱供給でほぼ無炭素排出を実現
- 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、2020年のオルキルオト3号機の運転開始と、2020年代後半のハンヒキビ1の運転開始※が、今後の発電と熱供給における最も顕著な変化として示されている。

※ NECP策定時よりオルキルオト3号機の運転開始は遅れ、同機は2022年3月に運転を開始した。また「基本情報」のスライドに記載した通り、ハンヒキビ1建設プロジェクトはキャンセルされている。

## 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・処分でも世界を先駆ける存在となる

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2022年3月にオルキルオト3号機が運転を開始し、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。

フィンランドは放射性廃棄物の管理・処分分野でも世界を先駆ける存在となっており、2001年に原子力発電所が立地してい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。現在ポシバ社は、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ている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が策定することになる。

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。ロビーサ1、2号機は2050年まで運転延長

### 原子炉の建設や建設計画の進捗状況

以下、フィンランドで進められていたオルキルオト3号機およびハンヒキビ1原子力発電所の建設プロジェクトについて整理する。

● **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。通常の発電の開始は2023年3月になる見通しである。こうした中、2022年3月12日に、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する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ており、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、ロシアのウクライナ侵攻後の2022年5月に同社は、RAOSプロジェクト社のプロジェクト実施の遅延を理由として、ハンヒキビ1建設プロジェクトのための同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、これにより建設プロジェクトはキャンセルとなった。

### ロビーサ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。

表　フィンランドの運転・建設中プラント一覧

| ユニット名 | ステータス | 炉型 | 設備容量 | 運開年 |
|---|---|---|---|---|
| ロビーサ1 | 運転中 | PWR | 53.1万kW | 1977 |
| ロビーサ2 | 運転中 | PWR | 53.1万kW | 1980 |
| オルキルオト1 | 運転中 | BWR | 92.0万kW | 1978 |
| オルキルオト2 | 運転中 | BWR | 92.0万kW | 1980 |
| オルキルオト3 | 運転中 | PWR | 172.0万kW | 2022 |

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＝13円(2023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<br>首相　ウルフ・クリステンション | | |
| 経済 | GDP | 6,274億米ドル(2021年、IMF)<br>成長率　-4.8%(2021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年以降は4%前後の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

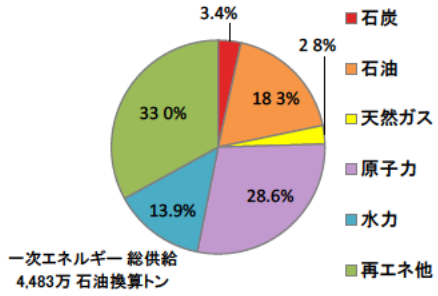
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):875
石炭:781
天然ガス:該当データなし
ウラン:5,000(トン)

・一次エネルギー供給
4,483万石油換算トン

・エネルギー自給率
73.0%(原子力含)、37.1%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:28.6%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

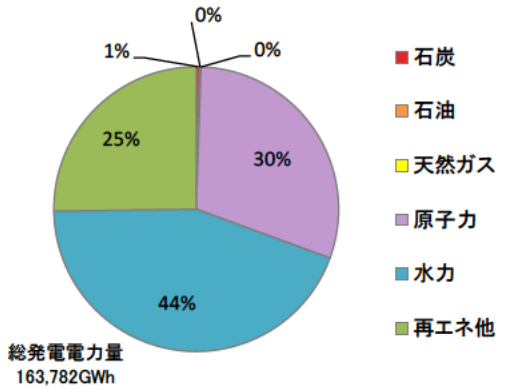



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:8,408　水力:16,431　原子力:8,656<br>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) | 124,535 | 発電電力量(百万kWh) | 163,782 | 電力純輸入量(百万kWh) | 9,070 |
| 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

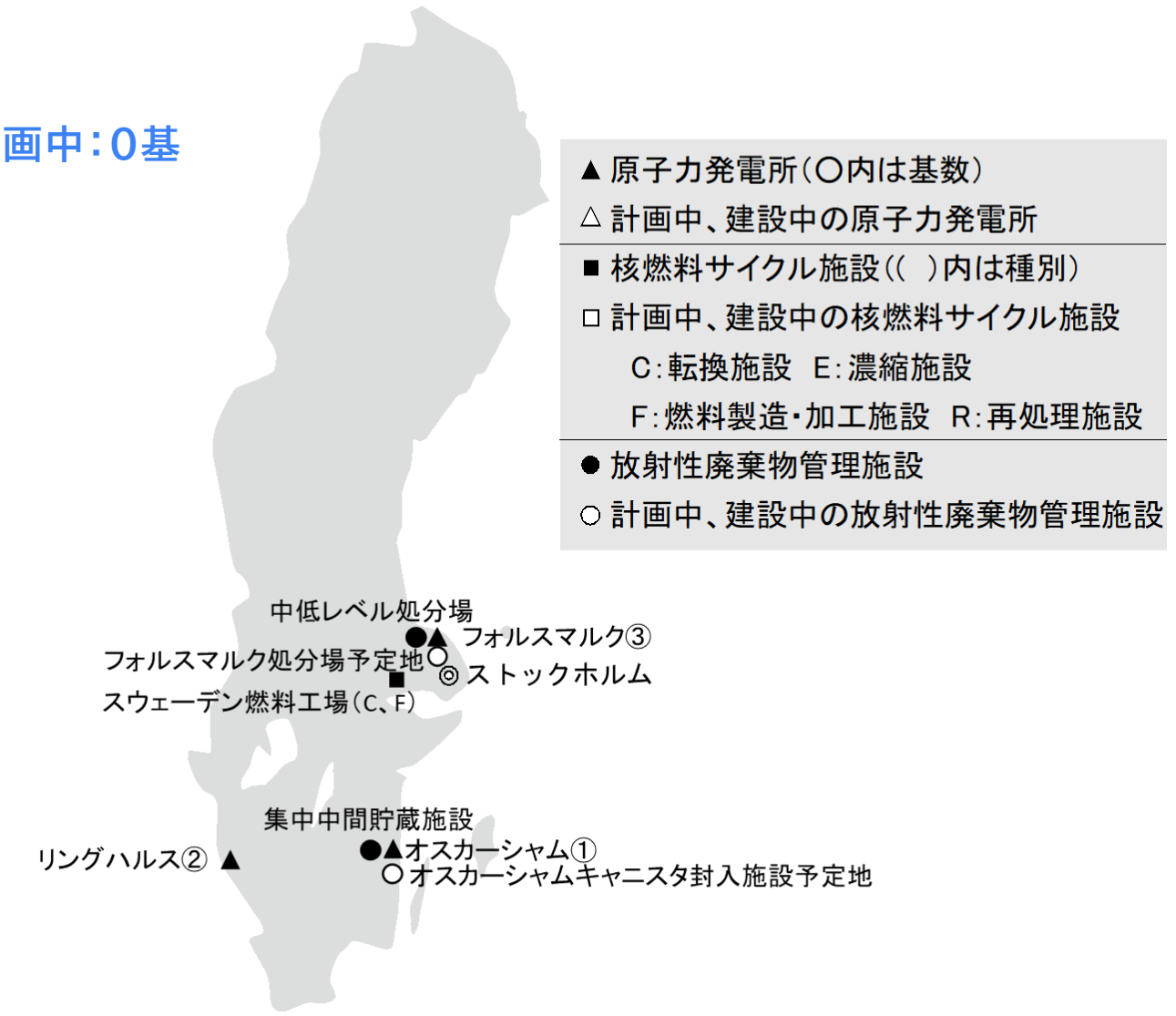
# 原子力施設所在地図

設備容量：688.5万kW

発電電力量：514億kWh

運転中：6基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：30.8%




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、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%に変更する等の方針を示す

### 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。
スウェーデンのNECPでは、以下の目標が提示されている。

- 2030年までに、排出削減の分担に関するEU規則(ESR)対象セクター(道路輸送、建物、農業等)からの温室効果ガス排出量を、1990年比で最低でも63%削減
- 2030年までに、国内輸送(航空除く)からの温室効果ガス排出量を、2010年比で最低でも70%削減
- 2040年に、電力をすべて再生可能エネルギーで賄う。ただしこれは原子力を廃止する年限を定めるものではなく、また原子力発電を停止するという政策決定でもない。
- 2040年までに、ESR対象セクターからの温室効果ガス排出量を、1990年比で最低でも75%削減、削減のうち最大2%は追加的措置によることも可能
- 2045年までに、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。

### 現行政策で既存サイトでのリプレースは可能も、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。

- **NECPにおける原子力発電に関する想定**
  NECPで示されたリファレンスシナリオでは、原子炉は収益性があり安全要件が満たされる限り運転は継続されると想定されており、60年を超えて運転される場合もあるとされている。2040年までに原子力の発電量は現在と比較して60%程度減少し、発電電力量は25TWhになると想定されている。

### 2022年10月の政策協定のポイント

既述の内容を含め、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

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。既存炉の一部では廃止措置が進行中

### 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。

- **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。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。

### 一部の原子力発電所では廃止措置が進行中

「気候・エネルギー政策・計画、原子力政策」のスライドで整理した通り、スウェーデンでは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）
- Vattenfall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=140円(2023年3月中適用) | | |
| 政治 | 政治体制 | 共和制 | | |
| | 議会 | 二院制:上院(315議席+終身議員6名)、下院(630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)<br>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)<br>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・強靱化国家計画(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

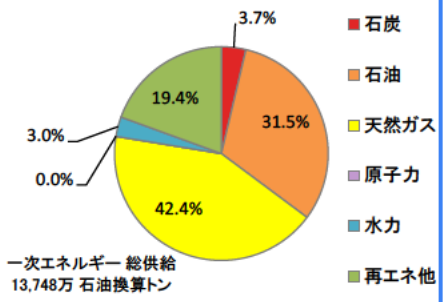
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):10,528
石炭:656
天然ガス:450億(立方メートル)
ウラン:4,800(トン)

・一次エネルギー供給
1億3,748万石油換算トン

・エネルギー自給率
23.1%(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)

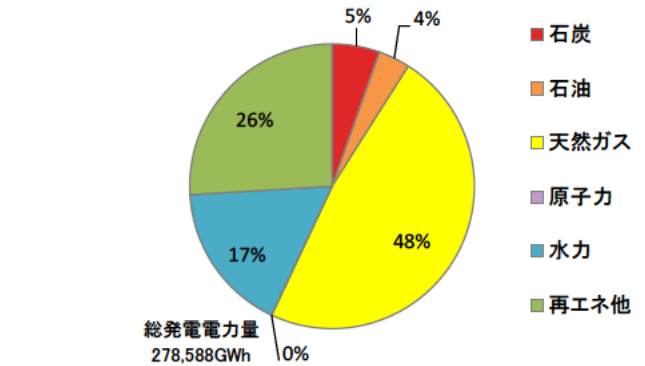



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:61,276 水力:22,498 原子力:0<br>その他:30,446 |
| 電力供給体制の概要 | イタリア電力公社(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) | 291,884 | 発電電力量(百万kWh) | 278,588 | 電力純輸入量(百万kWh) | 37,651 |
| 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、再開の動きがあるも断念

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が、エネルギー安全保障の確保が課題となる中、2023年3月には発電所設備の製造等を行う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。

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も政府の原子力政策に変更はないが、デルタ社が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。2020年以降、ボルセラの運転延長と増設計画が再浮上。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 4.2万km² | 人口 | 1,755万人 |
| | 公用語 | オランダ語 | | |
| | 通貨 | 1ユーロ=140円(2023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<br>首相　マルク・ルッテ | | |
| 経済 | GDP | 9,095億ドル(IMF2020年推計)<br>成長率　-3.8%(IMF2020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)。なお、高水準で推移していた失業率は、減少傾向(2017年4.9%、2018年3.8%)にあったが、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。 | | | |

## ● エネルギー

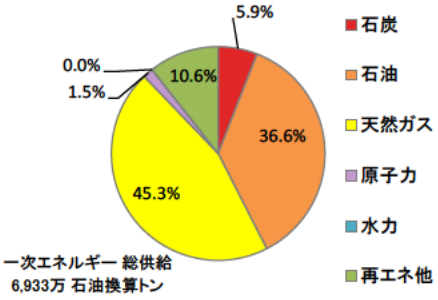
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):30
石炭:3,984
天然ガス:6,750億(立方メートル)
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
6,933万石油換算トン

・エネルギー自給率
50.0%(原子力含)、48.7%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:1.5%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

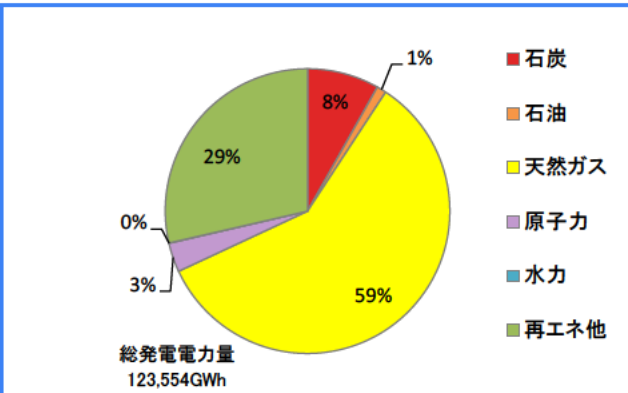



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:24,006　水力:37　原子力:485<br>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) | 109,535 | 発電電力量(百万kWh) | 123,554 | 電力純輸入量(百万kWh) | 20,291 |
| 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：36億kWh

運転中：1基　建設中：0基　計画中：0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

# 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、直近での新増設は行わないとしていたが、2021年に既存炉の運転延長と新炉建設を行う方針に転換した。

## EUに合わせ、2030年GHG削減目標を引き上げる見通し

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。ただし2021年6月改正の欧州気候法では、EU大での目標を2050年カーボンニュートラルに加え、2030年目標について、従来の1990年比40%減から55%減に引き上げられた。オランダ政府は同国の国家目標に関しても、EUに合わせて引き上げるとしている。

## 石炭火力から段階的撤退、洋上風力を中心に再エネ拡大

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、政府は洋上風力を中心とした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オプションとして排除しない方針である。2019年の政府と産業界等との気候保護協定では、2025年～2030年までに石炭火力発電から撤退すると共に、2030年までに発電量の7割の電力を再生可能エネルギーで賄う目標が示されている。このため洋上風力開発を加速、陸上風力・太陽光にも力を入れるとしている。

## 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年までの脱原子力方針を示し、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、2020年12月には、オランダ議会下院が「原子力円卓会議」を開催した。その席上でボルセラを運転するEPZ社が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。

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。

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。

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。**

## 原子力事業者動向

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ており、同社による新設取り組みが進められるものと考えられる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- EPZ社
- ERH 社
- IAEA, Nuclear Fuel Cycle Information System（NFCIS）
- オランダ経済省, Energierapprt2008, June 2008
- 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

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=4.82円(2023年3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<br>首相　デニス・シュミハリ | | |
| 経済 | GDP | 1,555億ドル(2020年、世界銀行)<br>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

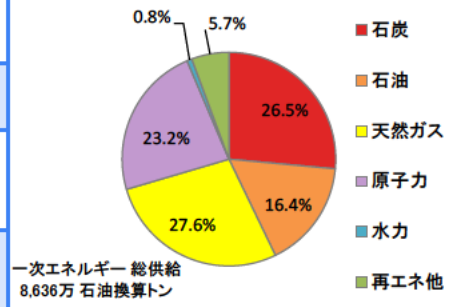
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):654
石炭:125,981
天然ガス:6,040億(立方メートル)
ウラン:84,800(トン)

・一次エネルギー供給
8,636万石油換算トン

・エネルギー自給率
65.1%(原子力含)、41.4%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:23.2%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

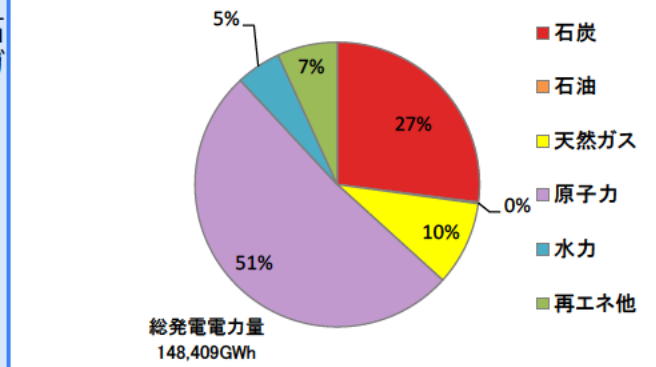



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:28,539　水力:6,325　原子力:13,385<br>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、5割近くを占める。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) | 116,663 | 発電電力量(百万kWh) | 148,409 | 電力純輸入量(百万kWh) | -965 |
| 運転中の原子力プラント | 15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

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)　建設中:2基　計画中:0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。

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5月に破棄した。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年9月にはエネルゴアトム社が、WH社から、フメルニツキ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、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。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。

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、2022年8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。加えて、2017年10月に東芝とタービン設備の改修で協力覚書を締結するなど、既存炉で用いられる機器の最新化を図り、出力増強を実施している。

同国では小型モジュール炉(SMR)の導入も検討されている。2019年6月には、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。この計画では、ウクライナのロブノ原子力発電所のVVER2基を、6基のSMR-160でリプレースすることを想定している。

さらにエネルゴアトム社は2021年9月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、ザポリー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。チェルノブイリ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。チェルノブイ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)や、チェルノブイリ炉の燃料を保管する乾式中間貯蔵施設(ISF-2)も建設されている。2021年の操業開始を目指す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。

● **チェルノブイリ原子力発電所に関する動向**

2011年4月、チェルノブイリ事故から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、チェルノブイリ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11月、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7月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、ザポロジェ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3月現在、ザポリージャ原子力発電所はロシア軍の砲撃が続いており、外部電源の喪失が相次ぐなど、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、ザポリー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。2022年9月11日に同発電所6号機が停止したことにより、同発電所の全ての原子炉は冷温停止状態となった。原子力災害の危険性は低下したものの、送電線が再度損傷すれば、冷却機能は燃料が限られた非常用ディーゼル発電機に頼らざるを得ないこと、国内の電力の2割超を供給する発電所が停止に追い込まれていること等、今後も危険な状況が続くことが予想される。

● **脱ロシア及び米国との関係強化**

以前よりロシアとの関係は悪化傾向にあり、2016年5月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、2022年9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9月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。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。

● **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、2022年9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。加えて、2017年10月に東芝とタービン設備の改修で協力覚書を締結するなど、既存炉で用いられる機器の最新化を図り、出力増強を実施している。

● **SMRの導入に向けた協力体制の強化**

2019年6月には、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。この計画では、ウクライナのリーウネ原子力発電所のVVER2基を、6基のSMR-160でリプレースすることを想定している。

さらにエネルゴアトム社は2021年9月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。

● **チョルノービリ(チェルノブイリ)原子力発電所に関する動向**

2011年4月、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、チェルノブイリ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11月、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7月に正式に稼働を開始した。

● **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)や、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)も建設されている。

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

# 台湾

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 基本情報

**現政権は脱原子力の方針であり、既存炉は運転認可満了次第、順次恒久停止している。原子力発電の継続を求める世論も根強く、未完の発電所の建設再開を問う住民投票が実施されるも反対多数の結果に。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 3.6万km² | 人口 | 2,326万人 |
| | 公用語 | 中国語、台湾語、客家語等 | | |
| | 通貨 | 1新台湾ドル=約4.3円(2023年3月中適用) | | |
| 政治 | 政治体制 | 民主共和制 | | |
| | 議会 | 一院制 | | |
| | 政府 | 総統　蔡英文<br>副総統　頼清徳 | | |
| 経済 | GDP | 7,727億米ドル(2021年名目、台湾行政院主計處)<br>成長率　6.45%(2021年、台湾行政院主計處) | | |
| | 経済の特徴および概況 | | | |
| | 台湾では投資や貿易に関する政府の介入が減り、銀行や公営企業の民営化も進められてきた。経済を牽引しているのは輸出で、電子機器・機械に代表される輸出がGDP成長率の約70%を占めており、輸出依存型であることから世界経済の影響を受けやすい傾向にある。台湾の長期的な課題としては、外交上の孤立、少子高齢化が指摘されている。 | | | |

## ● エネルギー

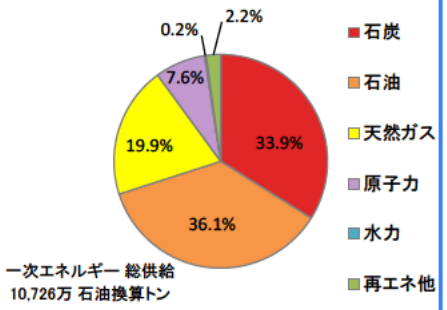
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):該当データなし
石炭:該当データなし
天然ガス:該当データなし
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
1億0,726万石油換算トン

・エネルギー自給率
8.8%(原子力含)、2.3%(原子力除)

・一次エネルギー供給における
原子力シェア:7.6%

一次エネルギー供給構成比
(エネルギー源別)

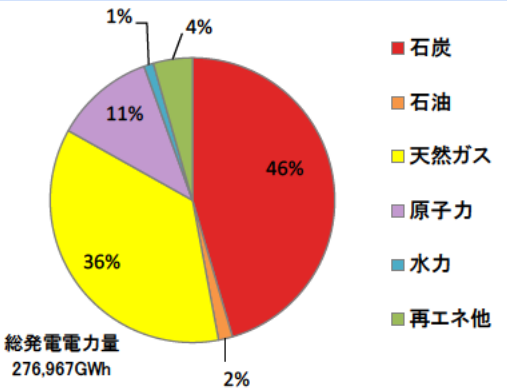



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力: 37,391　水力: 4,683　原子力: 5,144<br>その他: 1,257 |
| 電力供給体制の概要 | 国営の台湾電力公司が発送配電を行っているが、発電部門には独立電気事業者が参入している。 |

電源種別発電電力量

台湾では石炭火力が総発電量の50%弱を占め、天然ガスが1/3強、原子力の割合は10%強である。




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 電力最終消費量(百万kWh) | 246,151 | 発電電力量(百万kWh) | 276,967 | 電力純輸入量(百万kWh) | -349 |
| 運転中の原子力プラント | 3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

電力消費量の伸び率は、過去10年間では約+7.6%～-3.9%とばらつきがあり、年平均では約+2.1%である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力施設所在地図

設備容量：285.9万kW

発電電力量：314億kWh

運転中：3基　建設中：0基　計画中：0基

原子力シェア：11%

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

**現政権は再生可能エネルギーの推進、天然ガス利用の増加、石炭利用の削減、脱原子力を掲げる。2021年12月には第四原子力発電所の建設・運転を実施すべきかを問う住民投票が実施されるも、反対多数の結果に。**

## エネルギー構造転換と脱原子力を進める

台湾は以下の通り、再生可能エネルギーの推進、天然ガス利用の増加、石炭利用の削減、脱原子力の4本柱で構成されるエネルギー構造転換を進めるとしている。

- **再生可能エネルギーの推進**
  2025年には再エネによる電力が総発電電力に占める割合を20%とする。太陽光と風力の拡大に注力し、2025年までに太陽光の設備容量を20GW、オフショア風力を5.7GW以上とする。

- **天然ガス利用の増加**
  天然ガス火力による電力が総発電電力に占める割合を50%とする。

- **石炭利用の削減**
  2025年まで石炭火力発電所の新増設を計画せず、石炭火力プラントは閉鎖後、天然ガス火力プラントで建て替える。

- **脱原子力**
  政府として予断を持たずに検討したが、既存炉の運転延長や第四発電所の建設再開・運転は客観的に難しく、地方政府の支持も得られないとの判断を示す。なお、運転中のプラントも運転認可の満了次第、順次恒久停止されている。

## 第四原子力発電所の建設・運転に関する住民投票を実施

台湾では、住民の発案により法律の条文の改廃や政策の是非等を対象として住民投票を行うことが可能となっている。これまで、原子力関連では下述の通り、脱原子力の達成期限を定める条項を廃止するかを問う住民投票と、第四原子力発電所の建設・運転に関する住民投票が実施された。

- **脱原子力の達成期限を定める条項を廃止するかを問う住民投票**
  これは、電気事業法にあった「2025年までに原子力発電施設を恒久閉鎖する」との法規定を廃止すべきかを問うたものであり、住民投票の結果、この規定を廃止すべきとの投票が多数派となったことを受け、同法が改正されこの規定は廃止されている。

- **第四原子力発電所の建設・運転に関する住民投票**
  第四(龍門)発電所では2基のプラントの建設が進んでいたが、東京電力福島第一原子力発電所事故の影響もあり、完工間近にして一時的な閉鎖状態に置かれている。しかし、原子力維持派からの発案を受け、第四原子力発電所の建設再開の是非を問う住民投票が2021年12月18日に実施された。結果は、建設再開への反対が多数派となり、本投票により第四原子力発電所の建設再開が決定することはなかった。

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オプションは排除されていないものの、直接処分を想定して技術フィージビリティ調査が実施されている。安全規制は、原子能委員会が所掌している。

## 使用済燃料・低レベル放射性廃棄物は中間貯蔵する計画

台湾における使用済燃料と低レベル放射性廃棄物の管理・処分方針は、以下に整理する通りである。

- **使用済燃料の管理・処分**

台湾では、使用済燃料の再処理オプションは排除されておらず、海外再処理に向けた手続きが進められたこともあったが、現在は再処理に向けた手続きは止まっており、処分事業を実施している台湾電力公司は直接処分を想定して技術フィージビリティ調査を実施した。

現在使用済燃料は、廃止措置または運転中の第一、第二、第三原子力発電所で貯蔵されているが、台湾電力公司は使用済燃料と低レベル放射性廃棄物の集中中間貯蔵施設を建設する計画を示している。

- **低レベル放射性廃棄物の管理・処分**

台湾ではこれまで、蘭嶼島において低レベル放射性廃棄物の中間貯蔵が実施されていたが、同島からは廃棄物を搬出し、処分場を建設して処分を実施する計画であった。しかしながら、処分場の候補サイトは提示されたものの、いまだ処分場サイトの決定には至っていない。

上述の通り、台湾電力公司は一カ所のサイトに、低レベル放射性廃棄物と使用済燃料の集中中間貯蔵施設を建設する計画を進めている。

## 原子能委員会が安全規制を所掌

台湾では、1955年に設立された原子能委員会が、行政院(わが国の内閣に相当)の一組織として、原子力安全や放射線利用の安全監督を所掌している。

2022年8月末現在、原子能委員会は、1名の主任委員、2名の副主任委員の他、この3名を除く13名の委員で構成されている。また実務を担当する部署として、総合計画部、原子力監督部、放射線防護部、原子力技術部が設置されており、その他付属機関として、原子力研究所、放射性物質管理局、放射線測定センターといった組織も設置されている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 国内動向

## 既存炉については、現政権の脱原子力政策の下、運転認可の満了したものから恒久停止されている。

### 現政権は既存炉の恒久停止など、脱原子力を進めている

- **第一～第三原子力発電所の運転・廃止に向けた動き**

「気候・エネルギー政策・計画、原子力政策」のスライドにおいて整理した通り、台湾では、住民投票により2025年までに脱原子力を実現するとの法規定は廃止された。しかしながら、蔡英文政権下で運転認可の満了したプラントは恒久停止・閉鎖されており、実態としては脱原子力が進んでいる。

既に第一(金山)原子力発電所の2基と第二(国聖)原子力発電所1号機は恒久停止しており、現在運転中のプラントは第二2号機と第三(馬鞍山)原子力発電所1、2号機の3基となっている。最も運開が新しい第三2号機も、2025年には運転認可の満了を迎える。

- **第四原子力発電所について**

「気候・エネルギー政策・計画、原子力政策」のスライドにおいて整理した通り、建設が中断している第四原子力発電所の建設再開の是非を問う住民投票が、2021年12月18日に実施され、反対多数の結果となった。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- 経済部
- 中央選挙委員会
- 台湾電力公司
- 原子能委員会

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# パキスタン

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 基本情報

**政府は原子力発電設備容量を2030年までに880万kWに拡大する方針。チャシュマ4号機は2017年9月、カラチ2号機は2021年3月に運転開始。2016年5月に建設を開始したカラチ3号機が2022年3月に運転開始。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 79.6万km² | 人口 | 2億2090万人 |
| | 公用語 | ウルドゥー語、英語 | | |
| | 通貨 | 1ルピー＝約0.555円（2023年3月中適用） | | |
| 政治 | 政治体制 | 連邦共和制 | | |
| | 議会 | 二院制 | | |
| | 政府 | 大統領　アリフ・アルビ<br>首相　ミヤーン・ムハンマド・シャバーズ・シャリフ | | |
| 経済 | GDP | 約3,463.4億米ドル（2021年、世界銀行）<br>成長率　6%（2021年、世界銀行） | | |
| | 経済の特徴および概況 | 2013年6月の総選挙で勝利したナワズ前政権は、経済・財政の立て直しを政権の重要課題として位置づけ、徴税強化・電力補助金削減等の各種改革に着手。2013年9月にIMFからEFF（拡大信用供与ファシリティ）を通じた3年間で66.4億ドルの融資が承認された。パキスタン政府は、EFFの下、財政赤字削減、歳入増加、電力セクター改革、投資環境整備、国営企業改革等に取り組み、2016年8月、全てのレビューを完了した。2018年8月に発足した現政権は、深刻な外貨準備高不足に直面し、2018年10月、IMFに対し、財政支援を要請した。2022年4月末、前政権が頓挫しかけたIMFとの交渉で融資（※39か月で計60億ドル）再開に基本合意。IMF拡大信用供与のコンディショナリティ（歳入改革、電力等の循環債務の問題等）の達成に向けた努力が引き続き求められている。 | | |

## ● エネルギー

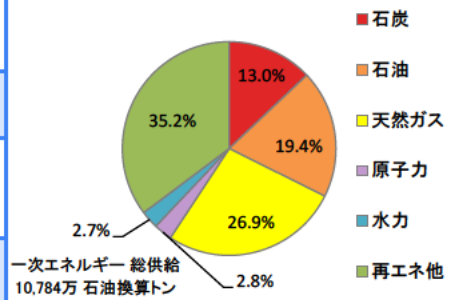
・保有資源（百万トン）
原油（オイルシェールを含む）：50
石炭：188,656
天然ガス：5,430億（立方メートル）
ウラン：該当データなし

・一次エネルギー供給
1億0,784万石油換算トン

・エネルギー自給率
61.1%（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：2.7%

一次エネルギー供給構成比（エネルギー源別）

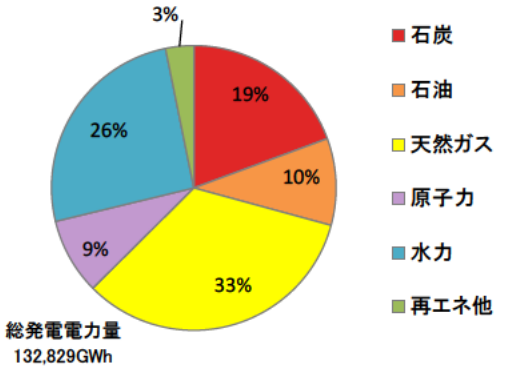



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量（千kW） | 火力：26,273　水力：9,858　原子力：1,430<br>その他：2,108 |
| 電力供給体制の概要 | 送電事業は国家送電会社（NTDC）、配電事業はパキスタン電力会社（PEPCO）傘下の配電会社等によって実施されている他、カラチ電力供給会社（KESC）が送配電事業を行っている。 |

電源種別発電電力量

天然ガス発電が約46%、水力発電が約20%を占めている。原子力発電の比率は10%弱だが、今後拡大が予想される。




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 電力最終消費量（百万kWh） | 113,523 | 発電電力量（百万kWh） | 132,829 | 電力純輸入量（百万kWh） | 488 |
| 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 | 1基 |

電力需要の推移と見通し

2005年にパキスタン政府が承認した2005－2030年のエネルギー保障行動計画では、2030年までに発電設備容量が14,331万kW増加し、石炭や原子力に加え、風力や太陽光などの再生可能エネルギーの設備容量も増加するとされている。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 原子力施設所在地図

設備容量：325.6万kW

発電電力量：158億kWh

運転中：6基（PWR6基） 建設中：0基　計画中：1基

原子力シェア：10．6%

▲ 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

# 気候・エネルギー政策・計画、原子力政策

**エネルギー政策としては、電力安定供給に向け、節電や水力に代えての原子力拡大方針。カラチ2号機は、中国核工業集団公司（CNNC）の初の国外輸出原子炉である「華龍一号」を採用。**

## 電力安定供給に向け、水力⇒原子力拡大に舵切り

国内エネルギー源（石炭、水力、原子力、再生可能エネルギー）の開発と輸入依存度の減少により、競争力を維持しうる価格で持続可能なエネルギー供給を確保することが長期的エネルギー政策の目標とされている。

一方で、電力需要の急増と配電設備の不備による電力不足によって停電が頻発し、産業界と国内の治安に悪影響を及ぼしていることから、この危機に対処するために節電を推進するとともに、水力に代えて原子力の拡大を検討している模様であり、2005年に政府が承認した2005－2030年のエネルギー安全保障行動計画では、2030年までに原子力発電設備容量を880万kWに拡大する方針が示されている。2017年9月のIAEA総会でのパキスタン政府代表の演説でも、この方針を堅持する方針が表明された。

## 中国の協力により原子力拡大を進める。カラチ2号機は中国国外で初の「華龍一号」

- **原子力発電**

1970年代にカナダ製CANDU炉を用いた同国初のカラチ原子力発電所1号機が運転を開始した。その後は中国との協力で原子力開発が進められており、2000年代に中国製PWR（全て30万kW級）を採用したチャシュマ原子力発電所1号機が商業運転を開始し、その後2号機が2011年5月に、3号機が2016年12月に、4号機が2017年9月に運転を開始した。さらに2017年11月には、中国核工業集団公司とパキスタン原子力委員会が5号機の建設に向けた協力協定を締結している。5号機については、2020年に環境影響評価が実施された。

カラチ原子力発電所については、2015年8月に2号機、2016年5月に3号機として、中国が自主開発する第3世代炉の華龍1号（110万kW）の建設が開始された。2号機は、2021年3月に初臨界、3号機は、2022年3月に初臨界した。

- **核燃料サイクル**

原子炉の新設とともに核燃料サイクルの確立が目指されている。わずかながらウランを産出するパキスタンでは、2015年以降、350トンのU3O8の生産が目指されている他、転換・濃縮・燃料加工施設の建設に向けた準備も行われている模様である。

- **放射性廃棄物管理・処分**

パキスタン原子力委員会（PAEC）が放射性廃棄物管理を担当している。使用済燃料は原子力発電所サイト内で貯蔵されており、現時点では最終的な管理方針は決定されていない模様である。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- IAEA, Statement by the Leader of the Pakistan Delegation, SIXTY-FIRST ANNUAL GENERAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
- Medium Term Development Framework 2005-2010, Planning Commission, Government of Pakistan, May 2005.
- パキスタン外務省
- パキスタン原子力委員会(PAEC)
- 国家送電会社(NTDC)
- パキスタン電力会社(PEPCO)
- カラチ電力供給会社(KESC)
- 駐カラチ中国総領事館
- 中国核工業総公司(CNNC)

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2023年運開予定。大統領は2、3カ所目の原子力発電所建設にも意欲的。**

## ● 基本情報

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 基本情報 | 面積 | 78万km² | 人口 | 8,468万人 |
| | 公用語 | トルコ語 | | |
| | 通貨 | トルコ・リラ=約6.9円（2023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 | 8,027億米ドル(2021年名目、トルコ国家統計庁)<br>成長率 11%(2021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

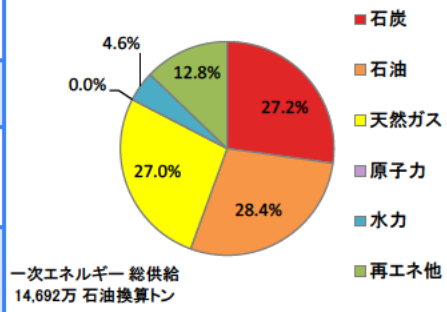
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):330
石炭:26,856
天然ガス:70億(立方メートル)
ウラン:7,300(トン)

・一次エネルギー供給
1億4,692万石油換算トン

・エネルギー自給率
28.0%(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)

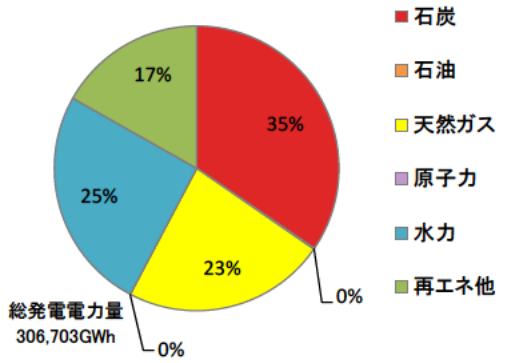



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:47,396 水力:30,984 原子力:0<br>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) | 253,163 | 発電電力量(百万kWh) | 306,703 | 電力純輸入量(百万kWh) | 1,581 |
| 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

**約束草案（INDC）では2030年までにBAU比で21%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2023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、2021年に国連気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に提出した約束草案（INDC）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21%削減することを公表した。
その他INDCでは、エネルギーに関連して以下の目標が示されている。

- 2030年までに太陽光発電の設備容量を10GWに拡大
- 2030年までに風力発電の設備容量を16GWに拡大
- 水力発電のポテンシャルをフルに活用
- 2030年までに原子炉の運転を開始
- 2030年に送配電ロスを15%削減
- 公有の発電プラントの復旧
- マイクロジェネレーション・コジェネレーションシステムの構築

## 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、2022年8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号機は建国100年目に当たる2023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。さらに同大統領は、2022年11月には第3の原子力発電所建設のためにロシアの協力を求めると発言している。

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。

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2023年を予定。大統領は後続プロジェクトにおける建設にも意欲を示す。

### 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。同年10月にTAEKは、制限付き建設許可を発給しており、これにより原子力安全の確保に重要な建屋および構造物を除く施設の建設や据付の作業開始が可能になった。正式な建設の許可は2018年4月に発給され、同月に建設が開始された。アキュ1号機は2023年第3四半期の試運転開始が予定されている。また、2、3号機の建設はそれぞれ2020年4月と2021年3月に開始された。さらに、4号機の建設許可は2021年10月に発給され、2022年7月に建設が開始された。

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**

シノップ原子力発電所については、日本とトルコの両政府が2013年5月に、三菱重工業とGDF-Suez社(現ENGIE社)を中心とする日仏連合に優先交渉権を与えるとする協定に署名した。2015年4月には、トルコ議会がシノップ原子力発電所の建設プロジェクトに関するトルコ・日本の政府間協定(IGA)を承認した。日仏連合は、シノップサイトの地質調査や環境影響評価等を含むフィージビリティ調査を2018年7月に完了した。同プラントは2024年以降の運開見込みとされているが、総事業費が当初見込みから大きく上振れすると見込まれている。最近は日仏連合から本プロジェクトの進捗に関する情報は公表されておらず、事実上撤退したものと考えられる。

● **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。

なおこのように、2カ所目の原子力発電所となる予定のシノップや、3カ所目のプロジェクトの詳細は未決定であるものの、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、翌2022年11月には第3の原子力発電所建設のためにロシアの協力を求めると発言している。

さらに、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、2カ所目の原子力発電所となる予定のシノップはトルコ北部に位置しているが、KEPCOがシノップにおける建設を計画しているのか他のサイトでの建設を計画しているのかは明らかになっていない。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 出所

- A FULL REPORT TO THE 8TH REVIEW MEETING OF CONVENTION ON NUCLEAR SAFETY
- ENGIE社（旧GDF-Suez社）
- IAEA Power Reactor Information System
- 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」
- 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

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号機も順調に建設進捗中。**

## ● 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＝約35.46円(2023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<br>(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)<br>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)<br>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

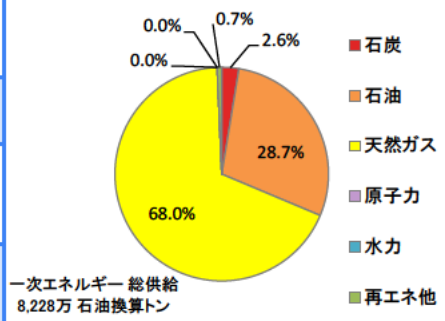
・保有資源(百万トン)
原油(オイルシェールを含む):12,976
石炭:0
天然ガス:6兆910億(立方メートル)
ウラン:該当データなし

・一次エネルギー供給
8,228万石油換算トン

・エネルギー自給率
343.1%(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)

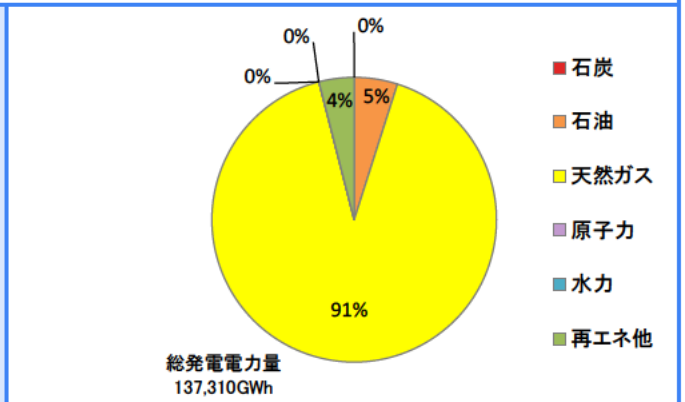



## ● 電力

| | |
|---|---|
| 電源種別設備容量(千kW) | 火力:32,846　水力:該当データなし　原子力:0<br>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) | 125,698 | 発電電力量(百万kWh) | 137,310 | 電力純輸入量(百万kWh) | -6,035 |
| 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

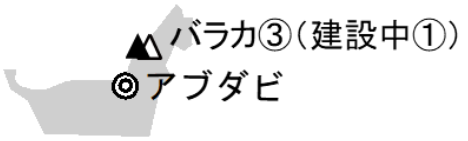
# 原子力施設所在地図

設備容量：403.5万kW

発電電力量：101億kWh

運転中：3基（PWR） 建設中：1基 計画中：0基

原子力シェア：7.0%




▲ 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

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エネルギーミックスの50%を原子力発電を含むクリーンエネルギーとする目標を提示。

## 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。

## 原子力発電導入の決定

- **2050年までの長期エネルギー戦略**

今後増大すると予想されるエネルギー需要に備えて、UAEは原子力発電の導入を決定した。政府が2008年に発表した「原子力平和利用の評価と開発可能性に関するアラブ首長国連邦の政策(原子力白書)」では、2007年以降のUAEのGDP成長率を9%と仮定して、2020年には4,000万kWの発電設備容量が必要になるとの予測が示された。同白書において、原子力発電は環境負荷が低く、経済的なオプションであると評価された。

2017年1月にはエネルギー省が2050年までの長期エネルギー戦略を発表し、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(再生可能エネルギー44%、原子力6%に加えガス38%、クリーンコール12%)を示した。

- **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号機が完工し、同国初の商業運転開始についに到達。3号機は商業運転開始、4号機の建設も順調に進捗。

### 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。

バラカ発電所のうち初号機となる1号機は2018年3月に竣工した。運転事業者であるNawah Energy社は、世界最高水準の安全性を確保する目的でIAEAやWANOのレビューを受ける必要があるなどとして、同5月に、燃料装荷時期を2019年末～2020年初へと繰り延べる計画を発表し、同7月には、UAE政府としてIAEAの統合原子力基盤レビュー(INIR)フェーズ3のミッションを受け入れるなど、運転開始に向けたレビューを慎重に行ってきた。

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。なお、2022年7月時点で3号機、4号機の建設進捗率はそれぞれ100%、97%であり、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号機も順調に建設が進んでいる。

● **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。

### 韓仏と連携し、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。

### 第三国への原子力輸出に向けた協力体制を韓国と検討

Barakah One社は、2019年9月、KEPCOとの間で、第3国への原子力発電共同輸出協力覚書を締結した。今後両社は原子力発電所を新設する際における投資、資金調達、許認可、人材育成、現地化などの幅広い分野で協力可能な基盤を構築するとともに、バラカ発電所事業で蓄積した経験と知識を活用し、原子力発電所の輸出に向けた具体的な協力モデルを検討することで合意した。

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

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4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3
# 「IAEA国際会議の開催に係る準備・開催運営等」

三菱総合研究所

令和5年3月31日

# 目次


- （1）プログラム等準備作業 3
- （2）PLIM-5報告書の作成 5
- （3）PLIM-5会議運営支援 9


Copyright © Mitsubishi Research Institute

# はじめに

本別添資料は、令和4年度11月28日～12月2日にかけて、オーストリア/ウィーンにて第5回の会合が開催された「PLiM（Nuclear Power Plant Life Management）」について、日本側事務局として実施した、以下の内容を取りまとめたものである。

1. プログラム等準備作業
   - 日本の産業界とも連携しつつ、IAEA との調整や現在策定中のプログラム等に基づく準備作業

2. PLIM-5報告書の作成
   - IAEA と連携し、報告書の作成

3. PLIM-5会議運営支援
   - IAEA からの要請に基づく、実際の会議運営支援

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# （1）プログラム等準備作業

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 実施体制

日本の産業界とも連携しつつ、以下の体制のもと、IAEA との事務的調整やプログラム案の提案等の準備作業した。

- サブスタンス調整支援としては、日本から選出された2名のプログラム委員が、日本の産業界及び専門家の意向を的確にプログラムに反映できるよう、国内準備委員会を開催し、意見集約・取りまとめを行った(プログラム等に関する企画立案)。
- ロジスティクス調整支援としては、IAEAカンファレンスサービスとの調整支援、国内発表取りまとめ、その他産業界との交渉(企業展示・サイドイベントに関する事項を含む)を実施した。

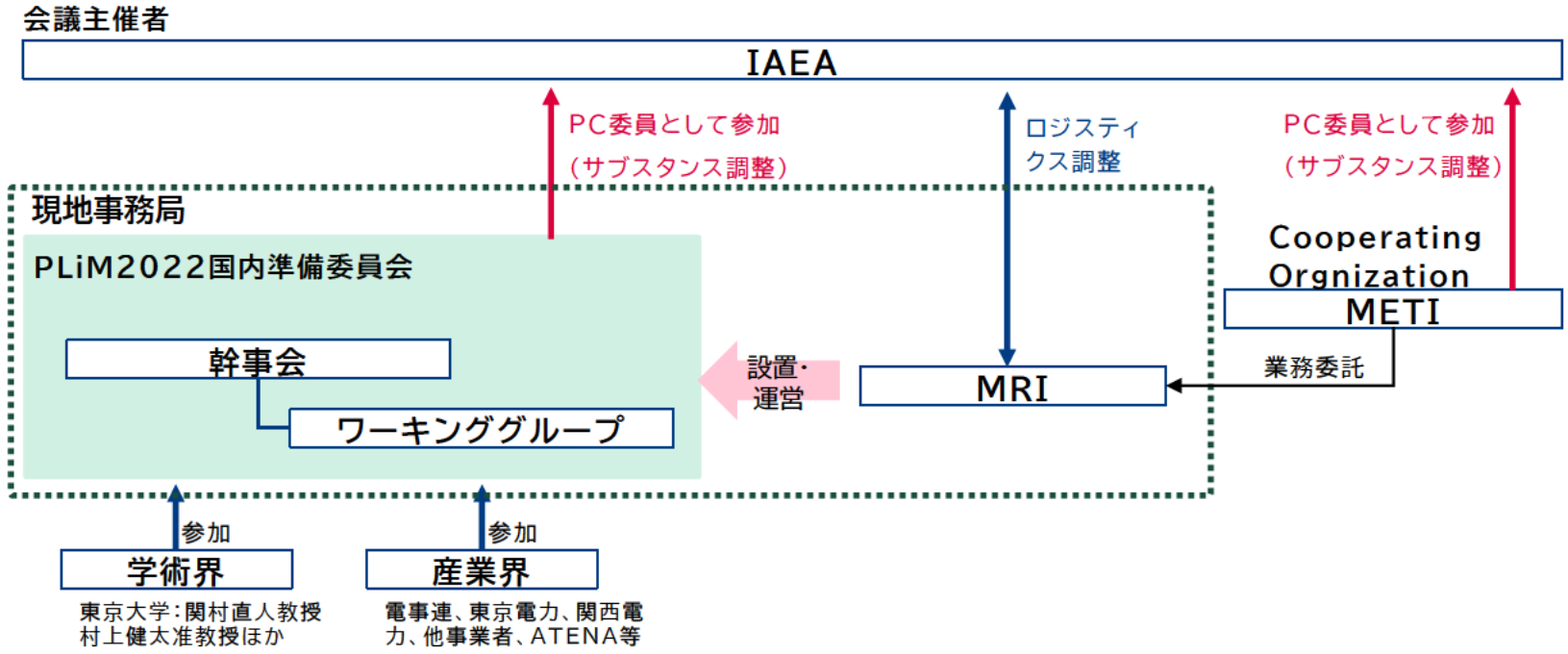



図. 実施スキーム

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# （2）PLIM-5報告書の作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# PLIM-5報告書(1)
# PLIM-5会議概要

## PLIMとは

- **PLIMは原子力発電プラントのマネジメントに、(特に)中長期な時間軸を考慮した際の国際的な共通課題を議論する場であり、2002年以降、5年に1回の頻度で開催**(近年は4年に1回の頻度としようという流れ在り)。
  - (補足)日本でいう"高経年化対策(所謂Ageing Management)"はひとつのテーマであり、本会議ではその他、原子力プラントマネジメントに必要な各要素(原子力利用方針、経済性の追求、安全強化策、マネジメント・ステークホルダーエンゲージメント、安全規制)について、時間軸を考慮した各国取組み状況や課題の共有などが行われる。

## PLIM-5

- **【概要】2022年11月28日(月)から12月2日(金)にかけて、オーストリア・ウィーンにて開催**(IAEA主催(NE/NS共催))
  - (補足)PLIM-4において東大・関村先生がPLIM-5の日本開催を提案。そのため当初、日本・大阪で2022年5月に開催予定であったが、コロナ禍(特に2022年1月時点での日本の厳しい検疫の存在)もあり、11月にウィーンで開催する運びとなった。
  - (補足)日本・大阪で2022年5月で開催を計画していた際は、「IAEA主催(NE/NS共催)、METI殿ホスト」という形であったが、ウィーン開催に伴い、「IAEA(NE/NS共催)主催、METI殿cooperating organization」という形で開催。
- **【会議議長】PLIM-4会議ホストを務めたフランス(EDF)と日本(引原大使)が会議共同議長**
  - 当初関村先生が議長を務める予定であったが、他会議とのバッティングもあり、Opening speechでご講演。
- **【参加国・参加者】61の加盟国、8つ組織(OECDやEPRIなど)から、約500名が参加。計118件の発表(ポスター含)。**
- **【日本からの関与】日本はPLIM-5の最大のコントリビュータとなった。**
  - プログラム委員:METI安良岡様・東大村上先生
  - 発表件数25件(ポスター含、規制庁様からの発表2件含)、パネルディスカッション3(CNへの貢献)のファシリテータ
  - 参加者:オンラインを含め、計52名(日本に拠点がある組織からの参加者)。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# PLIM-5報告書(2)
# Anna Hajduk Bradford(IAEA　NSNI部長)のとりまとめ(結論)

## 原子力は気候変動の影響を緩和するツールであり、原子力と再エネは競合せず、現実的には補完的である。

- 原子力と再生可能エネルギーは競合するものではなく、現実には補完的であり、特に原子力は再生可能エネルギーの有する変動性に柔軟に対応できるため、脱炭素社会の達成に貢献することができる。
- LTOは気候変動の影響を緩和する重要なツールであり、また、リスク情報を活用した信頼性の高い手法は、費用対効果や競争力を高める上で重要な役割を果たすため、ビジネスの観点からも魅力的な選択肢となりえる。

## LTOに係る技術的活動や規制枠組みに係る情報・経験を共有する機会の必要である。

- 幅広い技術領域で多くのプロジェクトが複数の国で進行中であるが、それぞれが独自の環境と課題を抱えている。また、LTOに関連する法的枠組みも、国によって違いがある。
  - 材料試験、予測モデル、リスク情報モデル、その他のプロセスなどの技術的活動を含む、LTOへの準備と実施に関する国際的ベンチマークは、原子力セクターにとって非常に必要かつ有用である。
  - LTOに係る規制枠組みの分野においては、これらのプロセスをベンチマークし、合理化、あるいは最終的に調和させるための活動を特定し、追求する機会が必要である。

## ステークホルダーエンゲージメントはデータドリブンな意思決定を促進する。

- ステークホルダーエンゲージメントは、国民の原子力に対する理解にポジティブな影響を与え、データに基づく意思決定を促進することができる。

## LTOを支援するためのサプライチェーンの健全性改善が重要課題。

- すべての加盟国は、LTOプロジェクトを支援し、供給断絶を最小限に抑えるために、サプライチェーンの健全性を向上させることが重要であることに同意している。
  - ナレッジマネジメントは、労働力の流動性が増加するにつれてより重要なものとなる。原子力発電産業は、労働力の流動性が存在する側面ではより積極的な役割を担い、行動すべきである。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# PLIM-5報告書(3)
# その他話題となった事項

## サプライチェーンに係る課題(結論でも言及)

- 2017年のPLIMでは“サプライチェーン”というキーワードは全く言及がなかったが、サプライヤー(建設時に設計・製造した企業)撤退による、供給断絶防止やその影響ををいかに低減するか、いたるところで言及された。
  - これは経済性の観点から有効なオプションであるLTOを推進するうえでの重要課題。
- 供給断絶対策として、EC-JRCや米国EPRIにおけるAM(付加製造)技術とその標準化に関する発表あり。

## カナダにおけるCANDU refurbishment(長期間の大型改修)を通した産業振興とイノベーション創出

- ブルース・ダーリントンサイトの計10基のLTOに向けて、長期にわたる大型改修工事を実施中(2016年～2033年)。原子炉領域における多くの構造物の取替え需要が発生し、(長期にわたって建設がなく)停滞していたカナダの原子力産業が再興。
  - これまでメンテナンスサービスが中心であった原子力産業が、開発・製造業中心に移行。
  - 設備取替えにおおくの資金・人材が投じられたことにより、産業基盤が強化されるにとどまらず、革新技術開発(イノベーション)も推進。結果、SMR設置も前進することとなった。
- CANDU refurbishment(長期間の大型改修)を通した産業振興とイノベーション創出に関しては、テクニカルセッションでの複数の発表のみならず、パネルディスカッションでも多く議論された。

## Risk informed approach in Ageing management Program

- テクニカルミーティングの話題でもあったが、リスク情報を活用した経年劣化管理(AMP)の必要性が共有された。

## LMNPP Network 構築

- IGALL等の改定に向けて、テクニカルワーキンググループ(TWG)を解体し、新たに専門家ネットワークを構築する。
  - ステアリング・コミッティメンバーに、日本からは関村先生がご参加。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# （3）PLIM-5会議運営支援

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# PLIM-5会議運営支援

IAEA からの要請に基づき、実際の会議運営支援を実施した。具体的な支援内容は以下の通りである。

- **セッションチェア／ラポータ**
  複数のセッションの、セッションチェア／ラポータを担当した。また、MRI以外の日本人がセッションチェア／ラポータを担当する場合は、事前に担当セッションPaperの論点整理を行うとともに、議事録作成支援を実施した。また、セッションチェア／ラポータミーティングに参加し、当日の議論のサマリ等をIAEA事務局にインプットした。

- **テクニカルオフィサー**
  複数のセッションのテクニカルオフィサーを担当した。
  - ✓ Session6-2
  - ✓ Session3-3
  - ✓ Session1-3

- **企業展示サポート**
  日本企業の展示を支援した。

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