

核燃料サイクルに関する諸外国の動向 (燃料供給とリサイクルを中心に)

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

エネルギー研究開発領域 副領域長 平田勝

2026-03-24 第12回原子力委員会定例会議

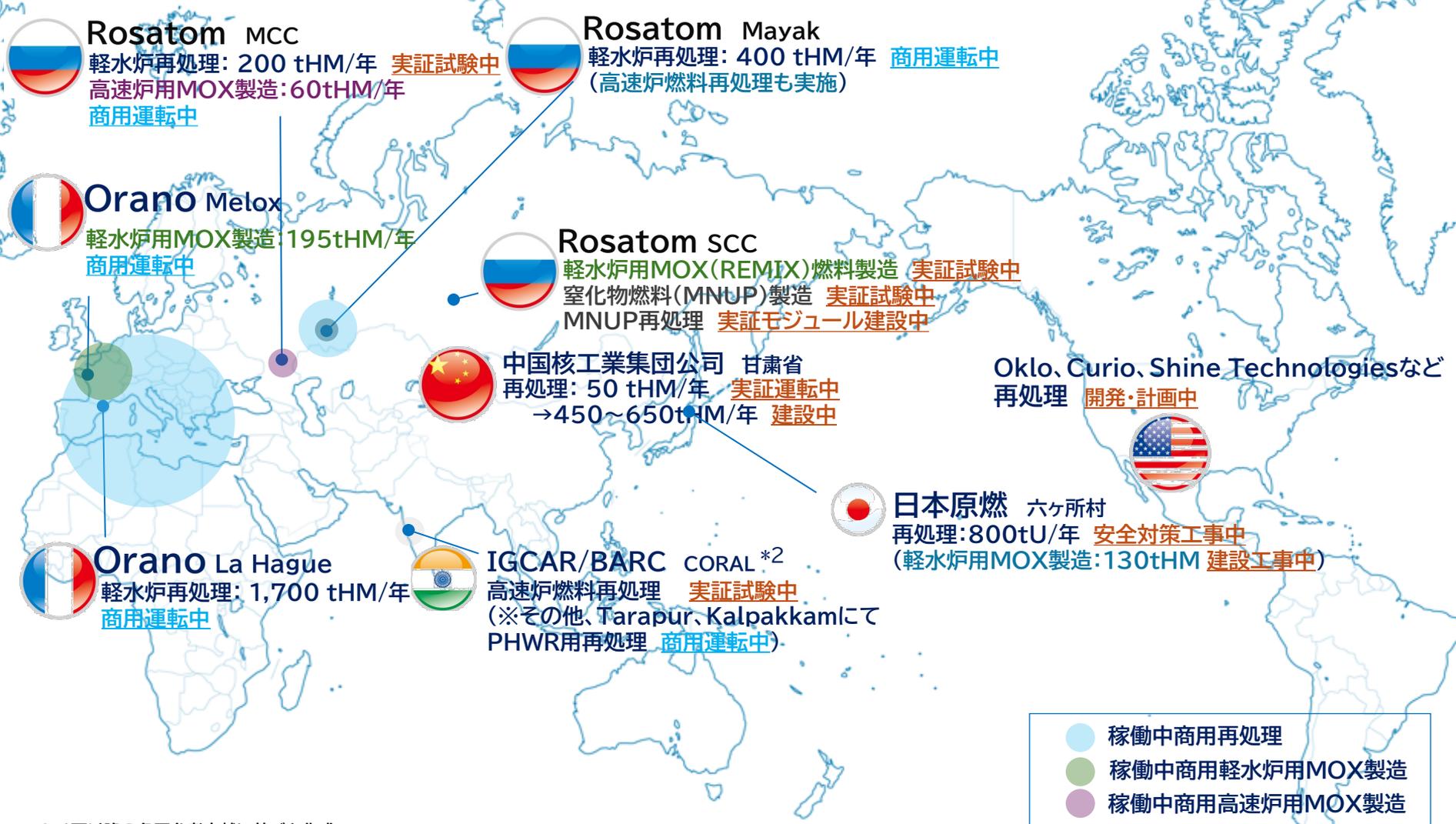
記載情報は信頼できる出典に基づいていますが、一部報道情報や推測も含まれています。
いずれの記載についても原子力機構がその正確性や完全性を保証するものではありません。

主要国の核燃料サイクル政策

| 国名 | 再処理実施 | 概要 |
|--|----------------|--|
| 露  | ◎積極実施 | <u>世界最大級のウラン濃縮・転換サービス供給国であり、実質的に完全自給体制を確立。</u> 原子力輸出・核燃料サイクルサービスが国家戦略の一部。世界のウラン需給状況により軽水炉と高速炉のバランスを柔軟に調整しつつ、 <u>将来的に高速炉中心の閉サイクルを志向。</u> |
| 仏  | ◎積極実施 | <u>世界最大の再処理サービス供給国</u> であり、原子力輸出・核燃料サイクルサービスが国家戦略の一部。 <u>核燃料は原料ウラン以外自給(原料ウランは100%輸入)。</u> 今世紀末までの高速炉サイクルの導入に向けた具体化の動き。 <u>今世紀後半に閉サイクルを実現するためのロードマップを検討中。</u> |
| 中  | ○拡大中 | ウラン濃縮・転換サービス供給国であり、原子力技術の国産化・輸出が国家戦略の一部。 <u>核燃料は原料ウラン以外自給(原料ウランは大部分輸入)。</u> 露と協力して高速炉を開発。 |
| 印  | ○積極推進 | 経済発展の拡大と共に原子力利用を拡大。 <u>豊富なトリウム資源による資源自給を目指した3段階の原子力開発計画</u> を推進中。 |
| 米  | △民生用は凍結も見直しの動き | <u>世界最大級の原子力利用国。</u> 民間企業が革新炉開発を進め政府が積極支援。ウラン資源・濃縮を露に依存してきたが、 <u>現在自給力強化・供給網の再構築を急務</u> に据える。 <u>リサイクル/再処理利用再評価の動き。</u> |
| 韓  | ×禁止 | 核燃料は完全に輸入依存。米韓原子力協定上の制約から、 <u>ウラン濃縮には米国の事前同意が必要なほか、再処理は事実上禁止。</u> 昨年8月、米韓首脳会談以降、米が韓の原子力潜水艦建造を容認したことも背景に、 <u>米韓原子力協定見直しの議論</u> が活発化。 |
| 英  | ×商用再処理終了 | <u>西側最大の濃縮ウラン供給サービス国(原料ウランは100%輸入)</u> であり、原子力拡大政策を掲げ自給力強化を図る。一方、再処理は2022年に終了し、直接処分政策に転換。 |

主要国の再処理施設・MOX製造施設（実証施設含む） *1

軽水炉再処理・MOX燃料製造はフランスが最大のサービス国。
 ロシアは軽水炉再処理サービス他、国内用の高速炉用再処理・MOX燃料を製造。インドは国内用重水炉再処理を実施。



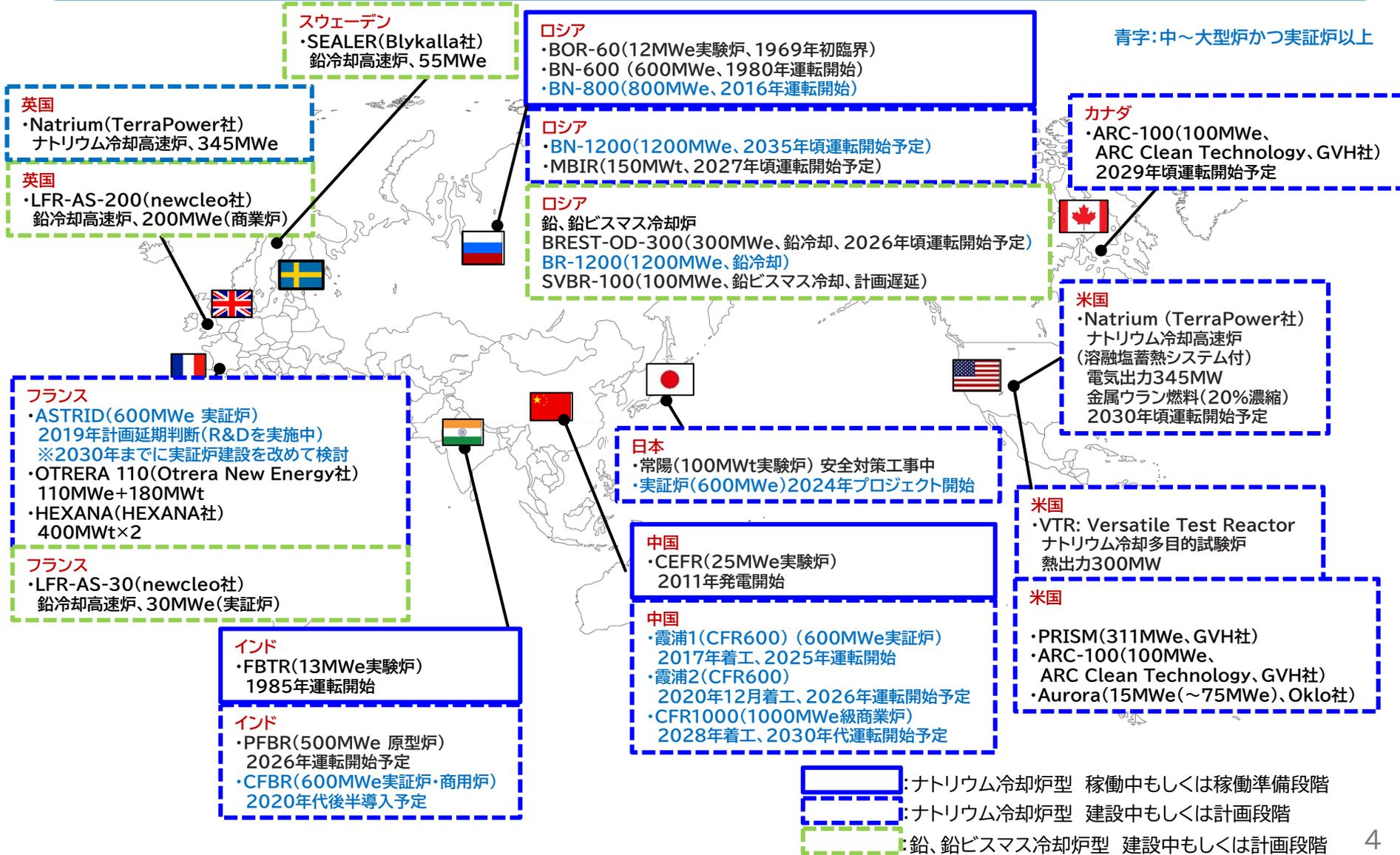
*1: 6頁以降の各国参考文献に基づき作成

*2: BARCニュースレター 2022, https://www.barc.gov.in/barc_nl/2022/2022010202.pdf

主要国の高速炉開発・導入状況

従来の国主導による大型炉開発に加え、スタートアップがSMR型高速炉開発に参入。
主流はナトリウム冷却高速炉だが鉛冷却高速炉の開発も進む。

青字：中～大型炉かつ実証炉以上



 : ナトリウム冷却炉型 稼働中もしくは稼働準備段階
 : ナトリウム冷却炉型 建設中もしくは計画段階
 : 鉛、鉛ビスマス冷却炉型 建設中もしくは計画段階

核燃料供給を巡る昨今の動き

西側諸国はロシア依存の脱却が課題

- ロシアは世界の核燃料供給において高いシェア。特に、濃縮サービスは世界の約4割がロシア。
- 14年のロシアのクリミア併合、22年のウクライナ侵攻を背景に、西側諸国は脱ロシア依存を推進。
- 西側諸国における核燃料サービスの再開・拡大に向けた動きが急速に広がっている。
- 24年、日米英仏加(札幌5)にて、ロシアの影響を受けない核燃料供給にかかる決意を盛り込んだ**共同声明**^{*1}を発表。
- 民生用再処理を禁止してきた米国では再検討、フランスでは高速炉開発加速にかかる検討の動き。
- 他方でロシア製原子炉を利用し、ロシアとの関係が深いハンガリー(EU加盟国)は関係の継続を志向。EUは完全禁輸についてはやや慎重な立場。

ロシアの燃料供給サービスシェア(2022年)^{*2}

| | 世界シェア | 国別順位 | |
|-------|-------|--------------|------------------|
| ウラン採掘 | 14% | 3位 (権益含む) | 1位:カザフ 2位:中国 |
| 転換 | 25% | 1位 | 2位:カナダ 3位:中国 |
| 濃縮 | 44% | 1位 | 2位:英米蘭 3位:中国 |
| 加工 | 19% | 3位 | 1位:米国 2位:フランス |

脱ロシアに向けた政策動向^{*3-10}

米国



2024年5月「**ロシア産ウラン禁止法**」成立
ロシア又はロシアの事業者によって生産された未照射低濃縮ウランの輸入を禁止(2040年末まで。代替供給源がない場合等には28年1月1日までは免除)

2024年7月「**クリーンエネルギーのための多用途先進原子力導入促進(ADVANCE)法**」成立
ロシア(又は中国)管理下にある事業者により製造された燃料集合体の所有へのNRCの承認を課す内容を含む

EU



2022年5月「**REPowerEU**」発表
ロシア産化石燃料からの脱却計画。

2025年5月 脱却にむけた「**ロードマップ**」発表
ロシアの濃縮ウラン輸入に関する貿易措置、新規供給契約に対する制限、段階的廃止計画の策定を含む。

英国



2024年1月「**2050年までの原子力ロードマップ**」発表
2030年末までのロシア核燃料からの独立を含む

2025年9月 米英間の「**技術繁栄ディールに関する覚書**」締結
2028年末までのロシア核燃料からの独立を含む(計画の前倒し。その後政府文書においても決定)

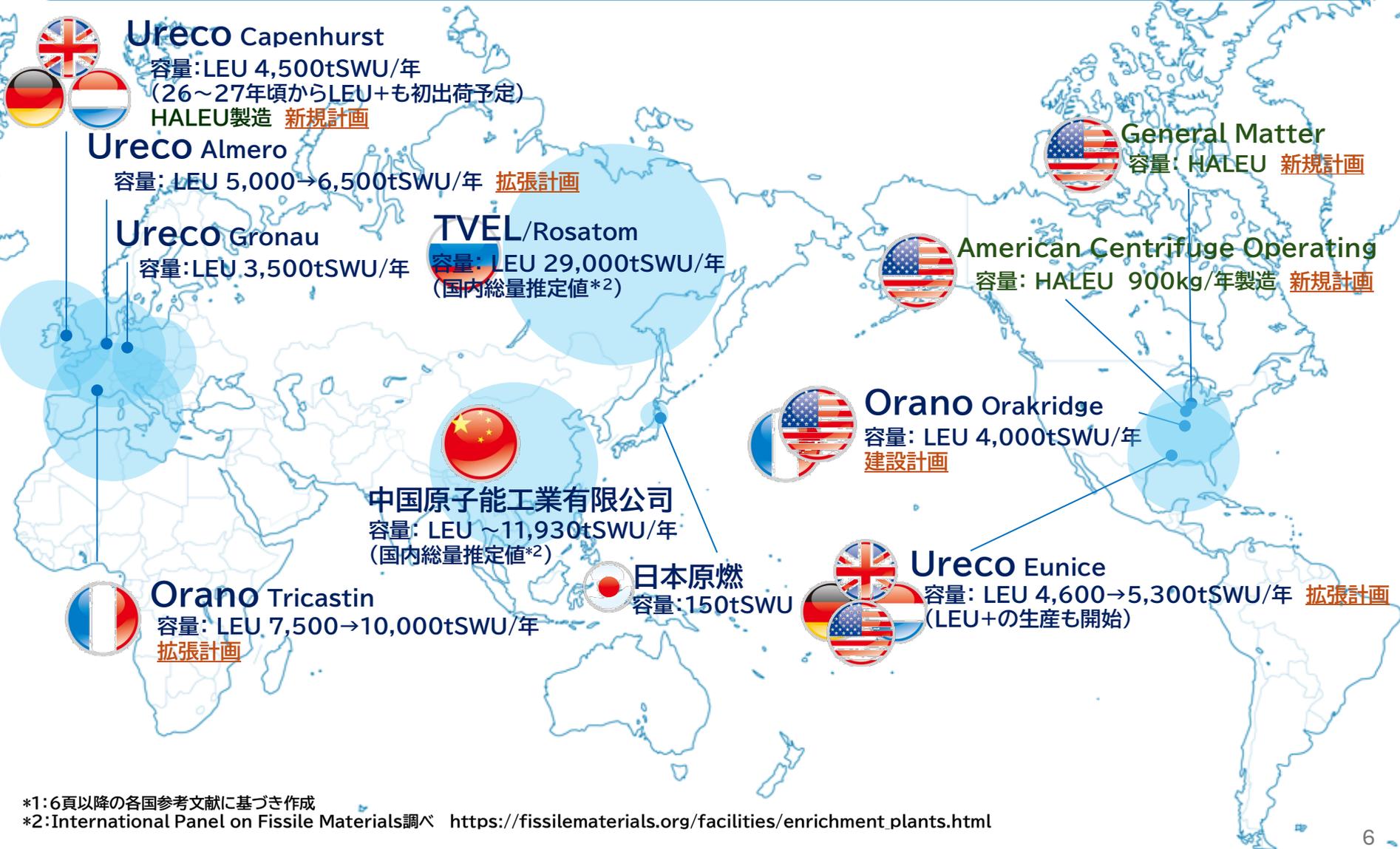
ハンガリー



EUの方針に反発。VVER建設計画を続行する意向を表明。他方で、露以外の燃料供給も模索(仏と契約)。

核燃料供給を巡る昨今の動き (主な世界の商用濃縮ウラン施設：欧米の増設計画) *1

ロシアが最大のサービス国。欧州(イギリス・ドイツ・オランダ合併、フランス)は脱ロシアに向け増設計画。
米国は欧州施設誘致の他、革新炉用HALEU燃料開発に注力



*1: 6頁以降の各国参考文献に基づき作成

*2: International Panel on Fissile Materials調べ https://fissilematerials.org/facilities/enrichment_plants.html



政府の積極的支援の下、LEU供給能力を拡大、HALEU供給能力開発、および再処理能力を開発・革新炉建設を推進。

ウラン濃縮(LEU)※11-14:

Orano Federal Services社

世界3位のLEU供給グループ企業。仏既設の拡大(7500→10000tSWU/年)に加えDOEとの契約(\$9億)に基づきテネシー州オークリッジに施設建設予定。(4000tSWU/年、\$50億規模、NRC申請準備中、2031年操業目標)
 この他、Urenco USA社の既設施設の拡張計画(4600tSWU→5300tSWU/y)、LEU+(5~10%LEU)生産開始

ウラン濃縮(HALEU)※15-19:

American Centrifuge Operating 社

国内唯一の濃縮企業セントラス社の完全子会社。
 DOEとの契約(2019-2036年:計\$25.15億)に基づきHALEU(UF₆)製造・実証中(オハイオ州パイケトン)
 2019/22年(\$1億1500): カスケード整備・200-600kg試験生産
 2023/26年(\$1億5000): カスケード設置完了・20kg生産実証(2023) 累計900kg生産(2023)。年間900kg生産に向けたNRC審査中。
 2026/36年(\$9億) : 施設拡張(テネシー州からも\$5000万獲得)

General Matter社

24年設立のスタートアップ企業。DOEとの契約(2019-2036年:最大\$9億)に基づき劣化ウラン再濃縮によるHALEU(UF₆)製造施設をケンタッキー州パデューカに建設予定。
 (既存の7600本以上のシリンダー活用、NRC申請中、2020年代末まで操業目標)

高速炉・再処理/リサイクル:

TerraPower 社※19, 20

06年設立のスタートアップ企業。DOE-ARDP支援。
 ワイオミング州にGE日立社PRISM炉をベースとした溶融塩蓄熱システムを備えるナトリウム冷却高速炉(Natrium、345MWe(最大約500MWe))を建設中(ナトリウム取扱施設建設中。原子力系統以外はNRC審査免除。原子力系統の建設認可を本年3月取得)。



Natriumイメージ (出典:NRCウェブサイト)

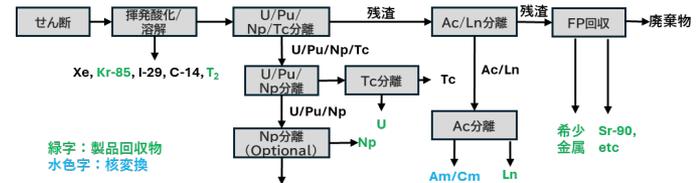
再処理/リサイクル※20-29:

Curio 社

21年設立のスタートアップ企業。ARPA-E/CURIE、本年2月のDOE助成獲得。DOE国研と共同実証したNuCycle技術(使用済MOX燃料から揮発性核分裂生成物を除去しフッ素化した後電解精製する技術)を開発中。27年第4四半期パイロットスケール実証が目標。仏Orano社と提携。

SHINE Technologies 社

10年設立のスタートアップ企業(RI製造が主力)。ARPA-E/NEWTON、本年2月のDOE助成獲得。
 DOE国研と共に湿式ベースでPuを単体分離せず処理し、MA回収する技術を開発。仏Orano社と提携し、2030年代早期に米国にてパイロットスケール(100t規模)実証が目標。



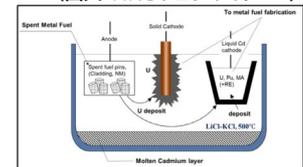
Shine社開発の湿式再処理フロー (出典:NRC資料よりJAEA作成)

Oklo 社

13年設立のスタートアップ企業。ARPA-E/ONWARDS,CURIE、本年2月のDOE助成獲得。
 アイダホ国立研究所内にEBR-IIベースのナトリウム冷却高速炉(Aurora、75MWe)建設中、テネシー州に燃料リサイクル施設(\$16.8億規模)を建設予定(いずれもNRC事前審査中)。再処理技術は乾式再処理(電解精製・EBR-II系と推察)



Auroraイメージ (出典:NRCウェブサイト※30)



乾式再処理例 (出典:IAEA※31)

他、本年2月のDOE助成では、Alpha Nur Inc(HEU-SF→HALEU技術)、Flibe Energy Inc. (電解法)も資金獲得

(参考) 米国 

原子力リーダーシップの再興・国家安全保障の観点から、核燃料製造能力強化に注力 民間開発が進む革新炉への新型燃料供給が課題 リサイクル・放射性廃棄物管理計画を再検討

原子力利用・核燃料サイクル※32

| | | |
|------------------|----------|---|
| 電力構成における原子力の割合 | 18%*1 | 天然ガスが約4割で最も多い |
| 核燃料自給率 *2 | | 輸入先はカナダ(33%)、カザフスタン(22%)、豪州(15%)が多い |
| ウラン原料 | 8% | |
| 転換 | 未公開 | 2023年、停止していた転換工場を再開 |
| 濃縮 | 19% | 輸入先はロシア(20%)、フランス(18%)が多い 近年濃縮能力強化に注力 |
| 加工・再転換 | 100% | |
| 再処理 | 民生用は禁止 | 昨年トランプ大統領令により再検討の指示 |
| 使用済燃料貯蔵・放射性廃棄物処分 | サイト内管理貯蔵 | ネバダ州ユッカマウンテン・サイトが処分候補地。オバマ政権が廃止方針決定以降検討が進んでいない。 |
| | 地層処分 | トランプ大統領令により再検討の指示。 |

*1:2024年実績。

*2:輸出分について正確な数値確認が困難であるため、純輸出については便宜上100%としている。

核燃料サイクル政策動向(～前政権まで)

- ・ トランプ大統領は政権第一期(2017-2021年)就任時から「**原子力の再興と拡大(revive and expand)**」※33を表明
- ・ 19年には、エネルギー省(DOE)に**核燃料ワーキング・グループ(WG)**を設置。翌年の報告※34のなかで、同WGは国家安全保障の観点から原子力・ウランの重要性を指摘。米国原子力の競争力再興のための**18の方策を提言**(**脱ロシア製核燃料、革新炉燃料である濃縮度5～20%の低濃縮ウラン(HALEU)の研究開発資金拠出**など)。
- ・ また、DOEと民間企業(Centrus Energy社の100%子会社のAmerican Centrifuge Operating社)による**HALEU実証プログラムが開始**(19年、23年に初の生産)※15。20年エネルギー法に**政府による民間のHALEU確保支援策**が盛り込まれ「HALEU Availability Program」※35が設立。
- ・ バイデン政権(2021-2025年)ではロシアのウクライナ侵攻も背景に**核燃料自給政策が加速**。
- ・ 20～21年にはDOEによるウラン備蓄プログラム(20年エネルギー法により創設)が開始(\$7500万)※36し、**ウラン購入契約**(4社、約100万lbU₃O₈)を締結した他※37、長らく停止していた**ウラン転換工場への大規模発注**(22年、\$1400万)※38により**国内転換能力の回復**を後押し。また、**低濃縮ウラン製造の作業計画策定**※39のため6社、**HALEU燃料製造の作業計画策定**のため4社と**契約**※40(24年)。

(参考) 米国 

核燃料サイクル政策動向(トランプ政権第二期～)

- ・トランプ政権第二期(2025年-)は第一期の戦略を踏襲。
- ・昨年5月、米原子力再興にかかる4つの**大統領令**※41-44を**発表**。

- ①原子力産業基盤の再活性化
- ②DOEにおける原子炉試験にかかるプロセスの改革
- ③原子力規制委員会(NRC)の改革
- ④国家安全保障強化のための先進的原子炉技術の導入

国内核燃料生産の強化、使用済燃料管理・余剰Pu処分政策の再検討、DOE保有核燃料の放出、再処理・リサイクルの再評価、先進炉の積極的導入、規制改革などの**政策実行**を指示。

DOE:HALEU Availability Program(2020年設立)※35

HALEUコンソーシアム設立(2022年7月)

濃縮契約

2024年10月 HALEU作業計画準備 4社選定
 26年 1月 UF₆濃縮契約 2社
 American Centrifuge Operating (\$最大9億)
 General Matter (最大\$9億)
 (他、LEU濃縮契約Orano Federal Servicesに最大\$9億、レーザー濃縮開発1社に\$2800万)

再転換(HALEU UF₆→UO₂/金属)契約

2024年10月 再転換契約 6社選定(10年各\$200、最大\$8億)
 Nuclear Fuel Services, American Centrifuge Operating, Framatome, Global Nuclear Fuel -Americas, Orano Federal Services, Westinghouse Government services

DOE/NNSAの余剰備蓄割当て

2025年 4月 第一回割当発表 (5社、内高速炉1社、高温ガス炉2社)
 8月 第二回割当発表 (3社、内高温ガス炉1社)

輸送容器開発支援

2025年 7月 新設計/設計変更の許認可申請(4社+1社、\$1100万)

先進炉開発・燃料製造に関するDOEの主な取組み

- 2020年5月～ 先進的原子炉設計の実証を政府がコスト分担方式で支援する官民連携プログラム・**先進炉実証プログラム(ARDP)**を開始※45(技術的成熟度毎にカテゴリーを3分類)
 ①「先進的原子炉の実証」:~7年以内に稼働開始(2社\$3.2B)
 ②「将来的な実証に向けたリスク削減」:30年早期商業化(5社:\$303M)
 ③「先進炉概念2020」:30年代半ば商業化(\$27.5M、3社)
- 2021年5月 既設原子力発電所継続、革新的原子力技術実証をし新たな市場機会を開拓する「**戦略的ビジョン**」※46発表
- 2025年8月 民間先進試験炉の設置を促進する**Reactor Pilot Program**設置(6月)・11設計選定(内、ナトリウム冷却高速炉はOklo社設計2基)※47
- 2025年9月 核燃料製造の設置を促進する**Fuel Line Pilot Program**設置(7月)、4社選定(内、TRISO燃料3社、高速炉燃料1社)※48
- 2025年8月 核燃料サプライチェーンに対し独占禁止法の適用外を可能とする「**国防生産法コンソーシアム**」設立※49
- 2026年1月 **Nuclear Lifecycle Innovation Campuses**(再処理、先進炉建設を含む核燃料サイクル全体の活動を支援するサイト)誘致への関心を募る情報提供依頼書を発行(募集期限4月1日)※50

再処理/リサイクル技術開発に関するDOEの取組み※49-51

- ARPA-Eプログラム-

放射性廃棄物処分
 技術開発プログラム
 (2021年5月～)

ONWARDS
 \$3600万/11-PJ

再処理/リサイクル
 技術開発プログラム
 (2022年3月～)

CURIE
 \$3800万/13-PJ

使用済燃料核変換
 技術開発プログラム
 (2024年7月～)

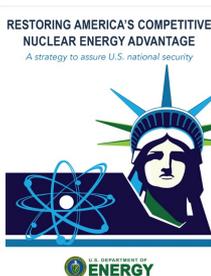
NEWTON
 \$4000万/10-PJ

2026年2月 再処理技術開発企業5社へ、\$1900万超の助成
 ※52を発表(20%事業者負担)

(参考) トランプ政権 (第一次) における政策立案

核燃料ワーキング・グループによる18の勧告※32

- 2019年7月12日の大統領覚書「ウラン輸入の国家安全保障への影響と米国核燃料作業部会の設立」によりWG設置
- 2020年4月「アメリカの原子力エネルギー競争力の回復」と題する報告書を公表。米国原子力の競争力再興のための18の方策を提言した。



フロントエンド全体のViability回復の方策

- ウラン備蓄制度を確立し、連邦政府が直接購入すること

フロントエンドと原子力産業の活性化・強化方策

- DOEの環境管理局が実施してきた余剰ウラン在庫の処分を終了し、在庫管理計画を再評価すること
- 連邦エネルギー規制委員会(FERC)が電力市場における全てのエネルギー源の公平な競争環境を構築し、卸売エネルギー市場の競争を促進すること
- ウラン採掘のための規制改革と合理化をすること
- 米国市場における将来のウランの投げ売りを防ぐため、2020年までのロシアからのウラン輸入量制約を延長すること
- 国家安全保障上の目的で、ロシアまたは中国で製造された核燃料の輸入を原子力規制委員会(NRC)が拒否できるようにすること

革新炉技術における米国のリーダーシップの再興方策

- 事故耐性燃料及びHALEUの研究開発資金を拠出し、HALEU濃縮実証プログラムを完了、ウラン採掘および原位置回収のための先進的水処理技術に資金を拠出すること
- 国立原子炉イノベーションセンター及び多目的試験炉を支援すること
- 革新炉技術の研究開発に資金を拠出し、実証を支援すること
- 小型モジュール炉(SMR)およびマイクロ炉を用いた連邦施設への電力供給実証を実施すること

輸出競争力の強化方策

- 原子力輸出を統括する上級行政職を新設すること
- 防衛産業基盤に準じた原子力産業基盤構造を確立すること
- 事故耐性燃料を含む、外国製原子炉燃料を米国製で代替するための研究開発を資金支援すること
- 米国の原子力技術、設備及び燃料輸出プロセスの効率化と原子力協定の締結により、新たな市場を開拓すること
- 毎年開催される「Select-USA投資サミット」(商務省主催の対米投資促進イベント)に民生用原子力を追加すること
- 米国の原子力技術の認可取得加速のため、外国の原子力規制枠組み支援を含む国際協力プログラムを拡大すること
- 金融機関が民間原子力産業を支援し、外国政府の至近調達を受けた外国企業との競争に勝てるようにすること
- 米国ベンダーの研究用原子炉市場への再参入を促進すること

原子力産業基盤の再活性化

目的

民生用原子力サプライチェーンを確保し、先進炉の認可効率を改善し、労働力を育成して米国の優位性を確立し、より安全で独立したエネルギーの未来への道を加速させる。

主な具体指示

- ・使用済燃料管理、**先進的燃料サイクル国家政策**の策定
 - DOD/DOEの使用済燃料の**再処理/リサイクルの評価**・措置検討
 - 使用済燃料移送方策の検討
 - 回収核物質の効率的な利用・同位体元素活用検討
 - HLWの効率的処分・廃止措置中施設の再評価
 - 先進的燃料・原子炉の輸送技術の開発プログラム創立
- ・国内ウラン転換及び濃縮能力の拡大計画の策定(120日以内)
- ・**余剰プルトニウム希釈処分の中止**・**先進的燃料への活用**検討
- ・余剰ウラン管理政策の更新(90日以内)
- ・LEU/HALEUの政府調達にあたっての自主協定の締結(核燃料サイクル能力確保のためのコンソ・行動計画検討含む)
- ・**先進原子力技術への優先的資金提供**
- ・原子力労働力の拡大

<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/reinvigorating-the-nuclear-industrial-base/>

原子力規制委員会の改革を命じる大統領令

目的

米国を世界のリーダーとして再確立すると共に先進炉も含め米国の原子力設備の拡大(2050年に4倍(400GW))目指し、原子力安全にかかるトップクラスの評判を維持する。

<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/ordering-the-reform-of-the-nuclear-regulatory-commission/>

DOEにおける原子炉試験の改革を図る大統領令

目的

原子力のイノベーションを促進し、先進的な原子力技術を可能な限り早く国内生産する。

主な具体指示

- ・DOE管轄下の国研等の先進試験炉の審査、承認、配備の迅速化(**申請から2年以内に稼働**、DOE審査:発電しないためNRC認可不要。)
- ・民間の先進試験炉**パイロットプログラム**の設置(**少なくとも3基の26年7月4日までの臨界達成**を目指す。発電しないためNRC認可不要。)
- ・上記試験炉の設置に際する**環境影響評価の効率化**
<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/reforming-nuclear-reactor-testing-at-the-department-of-energy/>

国家安全保障のための先進原子炉の導入を図る大統領令

目的

政府所有資源も活用しつつ、先進技術を迅速に導入する。

主な具体指示

- ・軍事施設における先進炉の運開(28年9月30日までに運用開始)
- ・DOEが保有する核物質の活用
 - 保有量の特定・**HALEU(20tHM以上)の放出**・**長期供給計画**の策定
 - 民間による**再処理/リサイクル**・**燃料製造許認可の促進**

<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/deploying-advanced-nuclear-reactor-technologies-for-national-security/>

主な具体指示

- ・NRC規則の改革
 - **新規原子炉の建設・運転申請の審査を18ヶ月以内**とする。
 - DOD/DOEが試験した原子炉設計承認の迅速化
 - マイクロ・モジュール炉の大量許認可プロセスの確立

フランス



LEU、MOXを中心に既存製造施設の更新・拡大を決定。民間の小型炉開発を政府支援しつつ、国主導で大型炉開発計画を検討中。

燃料供給・革新炉開発に係る主要機関・企業の動向

Orano社 (フランスにおける核燃料サイクル事業主体
約9割仏国政府、約1割日本原燃・三菱重工業が出資)

ウラン濃縮(LEU)^{※55, 56}:

- ・ 23年、トリカスタン濃縮工場の生産容量拡張決定(～28年、7500→10000tSWU/年)、米テネシー州オークリッジに新規施設建設予定(4000tSWU/年、米国DOEから\$9億ドル資金を獲得)。

MOX燃料加工/再処理/リサイクル:

- ・ 22年、現存のMelox-MOX燃料工場の生産容量拡張プログラムを開始(GoMOxプログラム、約€4億(報道情報)、30年までに125t/年に増強^{※57, 58})
- ・ 24年、Back End of the Futureプログラム開始^{※59}。
 - ① ラ・アーク再処理施設の更新・拡張(～40年)
 - ② 新規MOX燃料製造工場建設検討
 - ③ 新規使用済燃料処理工場建設検討(～50年)

スタートアップ企業との連携

- ・ 24年、HEXANA社、newcleo社、otrera社と共に高速炉MOX燃料共有グループを設立。MOX燃料製造、ラ・アークでの再処理及び輸送・取扱い技術の開発に取り組む。^{※60}
(溶融塩炉についても別途、Naarea社、Stellaria社、Thorizon社との間で同種のグループを設立)
- (他、米国再処理スタートアップ(Curio社、Shine Technologies社)との提携関係を構築)

革新炉・燃料開発動向

SMR開発(France 2030(国家的イノベーション投資プログラム))^{※61, 62}

- ・ 21年に開始(全体で€54億、5年間)。脱炭素化、革新技術への支援。民間企業によるSMRや革新炉の開発・産業化(主に海外輸出)、再処理・リサイクルなど燃料サイクル技術開発を支援。
Phase1(初期成熟フェーズ):11件採択
ナトリウム冷却高速炉: HEXANA社、otrera社
他、鉛冷却高速炉:1社(newcleo社)、溶融塩炉3社 等

PWRにおける多重リサイクルプログラム(MRREP)^{※63}

- ・ ナトリウム冷却高速炉実証炉(ASTRID)計画凍結(19年)後、CEA/EDF/Framatome/Oranoにて開始。多重リサイクルの評価、このための新型MOX燃料(MOX2)開発開始(2030年頃に製造・照射予定)。

高速炉大型商業炉の開発^{※64, 65}

- ・ CEA/Framatome/EDFは継続的に国内導入を見据えたナトリウム冷却高速炉開発を継続。26年までに実証炉建設にかかる技術・意思決定のマイルストーンを策定予定。
 - 実証炉(ASTRID)計画(19年凍結)
 - SFR1000(17年～)

newcleo 社^{※66}

21年設立の欧州拠点スタートアップ。エンジニアリング企業や機器製造企業を買収/事業拡大し、原子力企業としての体制を整えている。フランス国内で、MOX燃料製造工場を稼働させ、2030年前半にMOX製造能力を確立する計画を持ち、200MWe級の鉛冷却商用高速炉を2033年頃に運転開始することを目指している。

(参考) フランス 

エネルギー安全保障と産業競争力の基盤として原子力を維持・強化
 長期運転と新型炉建設を両輪とし、欧州内での原子力主導権確保を推進
 再処理・価値化戦略を原子力政策の「脊柱」として、高速炉開発の再構築を見据える

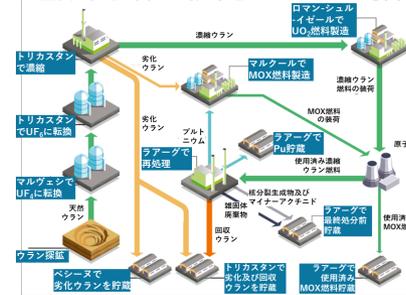
原子力利用・核燃料サイクル※67, 68

| | | |
|------------------|----------|---|
| 電力構成における原子力の割合 | 67%*1 | 天然ガス(3%)と石油(1%)に対する依存度が低い。電力輸出国。 |
| 核燃料自給率*2 | | 国内のウラン鉱山はすでに閉鎖。ウランの安定調達が難しくなっている。 |
| ウラン原料 | 0% | |
| 転換 | 100%(推定) | 欧州唯一の商用転換能力を保有 |
| 濃縮 | 100%(推定) | 国内需要を大部分賄える濃縮能力をもつが、世界銀行等の貿易統計によれば一部ロシア製濃縮ウランを輸入している模様。 |
| 加工 | 100%(推定) | 通常のウラン燃料及びMOX燃料製造能力を有する。約3割の軽水炉が1/3MOX炉心で運転 |
| 再処理 | 実施 | 湿式再処理方式により、使用済燃料の再処理を商業規模で実施。日本からの委託も受注。 |
| 使用済燃料貯蔵・放射製廃棄物処分 | 湿式集中貯蔵 | 再処理工場付近で、全国の使用済燃料を集中中間貯蔵 |
| | 地層処分 | 2040年代の地下処分施設操業を目指す。 |

*1: 2024年実績。
 *2: 輸出分について正確な数値確認が困難であるため、純輸出国については便宜上100%としている。

核燃料サイクル政策 ※65, 69-71

- 22年、マクロン大統領は新規原子力建設計画を発表。(EPR2を少なくとも6基、最大14基)それまで政策目標としていた原子力構成比削減(~50%)を事実上撤回(23年議会承認)。
- 24年、原子力政策評議会(CPN。閣僚級会合)は、閉サイクル方針の継続と再処理施設への大規模投資を確認。Back End of the Futureプログラム開始(次頁)。
- 25年、CPNは原子力産業、CEAらに、今世紀後半に閉サイクル完結を目指すロードマップの策定を指示
- 26年2月、第三次PPEを制定。原子力への回帰を明確に打ち出した。また、同3月、CPNは閉サイクル完結に向けたプログラムの創設とCEA、EDF、Framatome、Oranoによる運営組織の設置を決定。4年間の研究を開始し、2030年頃を目途として、高速炉の建設開始を検討するよう指示。

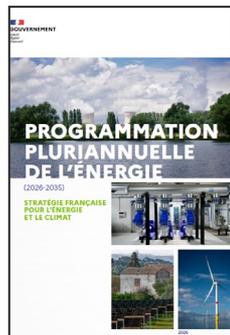


フランスの核燃料サイクル施設(2024年時点)
 (出典:第三次PPEに基づきJAEA作成)

(参考) フランスの2035年までのエネルギーの生産・消費に関する政策ロードマップ

第三次エネルギー複数年計画(PPE、2026-2035)^{※65}

- 原子力の縮小(14基の閉鎖)を謳っていた第二次PPEとは対照的に、原子力回帰を明確にし、その復活・強化を定めるもの。
- 原子炉の寿命延長推進(50~60年)、新設(6~14基、EPR2初号機を2038年稼働)、原子力予算・産業投資を強化。
- 再処理・価値化戦略を原子力政策の「脊柱」としている。



既存原子炉の運転延長・性能向上

- 57基(Flamanville-3完成後)をフル活用。
- 寿命を50年又は60年超まで延長(10年毎に安全審査)。
- 生産目標: 380 TWh(ベース)~420 TWh(2030-2035年)。

新規原子炉の建設

- EPR2 (第2世代改良型EPR)の3箇所のサイト(6基)での建設支援。遅くとも2026年までにEDF取締役会による最終投資決定を経て、計画開始。(Penly、Gravelines、Bugeyの3サイト、初号機2038年)
- 遅くとも2030年までの建設開始を視野に入れた追加8基の建設検討。2026年までの決定を目標。
- 支援メカニズム: 国家融資(建設費の半分まで) + CfD(契約差額決済)(上限100 €/MWh程度)。年間平均投資額€約20億(25年間)

SMRと小型革新炉の奨励

- 「France2030」におけるSMR/革新炉技術開発支援を継続。
- 2030年代初頭のPWR-SMR建設開始及び他の革新炉プロトタイプの立ち上げを目指し、政府は、立地場所の特定準備、導入促進のための法的枠組みに関する準備を行う。

高速炉・核燃料サイクル

- 閉サイクルを視野に入れ、核燃料再処理と有効利用戦略を継続。
- 2040年以降の燃料サイクルの将来に最も適した産業シナリオを定義するための作業を2026年末までに行い、関連する資金調達方法と意思決定のスケジュールを策定。
- PWRでのマルチリサイクルに関する研究を継続しつつ、2026年までに実証炉建設にかかる技術・意思決定のマイルストーン、及び今世紀末までに高速炉・燃料サイクル施設を国内設置するためのロードマップを策定。
- 核燃料サイクルの更新・継続及び革新的原子炉に関連する燃料ニーズを特定するための研究を進め、適切なタイムスケジュールを明確にする。
- CEAと原子力産業界は、燃料サイクルの閉サイクルに向けた研究と、バックエンド燃料サイクルに関する原子力産業界の将来の産業施設に関する研究との整合性を確保。
- 2030年以降のニーズをカバーするため、欧州の回収ウランの転換・濃縮プロセス構築のための欧州プロジェクトの継続的参加。

その他

- CEAによる原子力研究能力維持のための投資プログラムの実施。
- 原子力関連で10万人の新規雇用創出

イギリス 

政府の積極的支援の下、LEU供給能力を拡大、HALEU供給能力開発。革新炉は専ら軽水炉・高温ガス炉を開発。

燃料供給・革新炉開発に係る主要機関・企業の動向

Urenco社 (英国・オランダ・ドイツ・米国に拠点を持つ多国籍企業。
英国・オランダ・ドイツの3カ国政府が1/3ずつ所有。)

ウラン濃縮(LEU, LEU+)※13,14, 72,73:

- ・ オランダの既設施設(Almelo)の**拡張を計画**(5000→6500tSWU/年)
- ・ 米国の既設施設(Eunice)の**拡張を計画**(4600→5300tSWU/年)
- ・ 英国内既設施設(Capenhurst)にて26～27年頃**LEU+を初出荷予定**(米国サイトEuniceでも生産開始)
*ウラン濃度5～10%の低濃縮ウラン燃料。一部革新炉に供給ニーズ。

ウラン濃縮(HALEU)※74:

- ・ **欧州初のHALEU製造施設**(Urenco Advanced Fuels Facility)を計画(27tU/年, 31年操業目標、英政府が£1.96億共同出資)。

政府による核燃料基金(22年、£3億)の支援実績※75

- ・ **Westinghouse Springfield Fuels Ltd** (£1.3億、£1.05億)
天然ウラン・回収ウラン転換
新型LEU燃料開発、HALEU燃料製造開発、一体型熔融塩燃料開発
- ・ **Urenco UK** (£0.95億～)
LEU+HALEU能力拡大
- ・ **Nuclear Transport Solutions**(£100万)
HALEU輸送容器開発
- ・ **MoltexFLEX**(£0.12億)
熔融塩燃料開発設備建設
- ・ 他

参考:革新炉・燃料開発動向

政府主導

- ・ 23年、新設プロジェクトの支援・とりまとめ公共機関として「**Great British Nuclear**」(GBN、25年にGreat British Energy-Nuclear:GBE-NIに改称)を設立※76
- ・ 25年6月、GBR-NIは政府支援(£25億)による英国初の国内SMRとして**Rolls-Royce SMR**を選定※77,78(軽水炉PWR型、47万kWe)Wylfaサイトに3基(最大8基まで可能とされる)建設計画(30年代半ば運転開始)。

民間主導

Future Nuclear Enabling Fund(£1.2億)の支援実績※79

- ・ **GE Hitachi Nuclear Energy**(£3360万)
BWRX-300(軽水炉BWR型SMR)
- ・ **Holtec Britain Limited**(£3005万)
SMR-300(軽水炉PWR型SMR)
- ・ **Cavendish Nuclear(+ X-energy)**(最大£334万)
Xe-100(高温ガス炉型SMR)

国内建設計画※80-83

- ・ **X-energy + Centrica**(英エネルギー大手)
HartlepoolサイトにXe-100最大12基(約96万kWe、30年代稼働目標)
(AmazonのAIデータセンター向け電源)
- ・ **Holtec + EDF**(英仏エネルギー大手) + **Tritax** (英不動産投資信託)
旧Cottam石炭火力跡地にSMR-300建設計画(\$150億規模、30年代稼働目標)(データセンタープロジェクト向け電源)
- ・ **TerraPower + KBR**(英米エンジニアリング)
サイト評価中(設計審査中)
- ・ **Last Energy**(米スタートアップ) + **DP World**(ドバイ港湾大手)
London Gateway港へのPWR-20建設計画(2万kWe、
£8000万規模、30年代稼働目標)(物流・産業向け電源)

(参考) イギリス 

エネルギー自立に向け原子力拡大のための取組みに注力
燃料供給サービス能力の強化を進めつつ、プルトニウム利用政策の終焉を図る

原子力利用・核燃料サイクル※2, 84, 85

| | | |
|------------------|----------------------------|---|
| 電力構成における原子力の割合 | 14%*1 | 天然ガスが3割で最も多い |
| 核燃料自給率*2 | | |
| ウラン原料 | 0% | 半数以上をカナダとカザフスタンから輸入 |
| 転換 | 0% | 14年から国内施設停止中。政府支援を受け28年再開予定。仏加米企業が全量を賄う。 |
| 濃縮 | 0% | 自国保有企業(Urenco)及びフランス企業(Orano)とで全量を賄う。*2 |
| 加工 | AGR100% PWR 0% | PWRはフランス企業(Framatome)が全量を賄う。 |
| 再処理 | 終了 | 国内再処理プラントは2022年に操業終了 |
| 使用済燃料貯蔵・放射性廃棄物処分 | 湿式貯蔵・乾式貯蔵 3つの選択肢を提示 | THORPの燃料貯蔵地で湿式貯蔵またはサイト内湿式及び乾式貯蔵。 1. 長期保管を継続 2. 第三者に売却 3. 地層処分または他の処分 |

*1:2024年実績。

*2:輸出分について正確な数値確認が困難であるため、純輸出については便宜上100%としている。

核燃料サイクル政策 ※75, 79, 86-92

- 22年、英政府は「エネルギー安全保障政策」を発表。50年までに電力需要の約25%を原子力で賄う(最大24GW)という野心的な目標を設定。同年、核燃料供給能力支援として「核燃料基金」を設立(最大£7500万、その後HALEU燃料関連で£3億に拡大)また、新規原子力開発支援基金「Future Nuclear Enabling Fund」(£1.2億)を設立
- 24年、実行戦略「2050年までの原子力ロードマップ」を発表。既設炉の寿命延長/新設、次世代炉導入、規制改革の他、30年までの核燃料サイクルの自立(脱ロシア。25年9月の米国との合意により28年末に前倒し)、HAELU燃料の国内生産(31年目標)を盛り込み。
- 25年、エネルギー独立を盛り込む「Great British Energy Act 2025」が制定(エネルギー独立は現政権のマニフェスト)
- 26年、民間の革新炉プロジェクトをDESNZ*及びGBE-Nが審査・承認することで投資を誘致する枠組「Advanced Nuclear Framework」設立
- 一方、25年には「貯蔵中の長期安全・セキュリティ負担」の軽減を理由に民間分離プルトニウムの再利用方針を転換し、不動化(immobilisation、セラミック固化)方針を発表(不動化研究施設・技術開発に£1.54億、5年計画)。

* DESNZ: Department for Energy Security and Net Zero

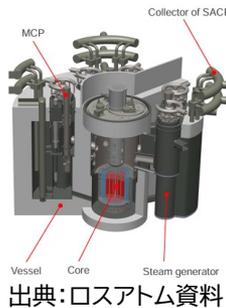
GBE-N: Great British Energy Nuclear、政府後援の原子力投資会社



国主導で大型革新炉(鉛冷却炉・ナトリウム冷却高速炉)を開発。西側の脱ロシア政策を受け、BRICS、アフリカ・中東を開拓。

高速炉サイクルに関する取組み

- ナトリウム冷却高速炉**原型炉BN-600**、**実証炉BN-800**を**運転中**(22年からフルMOX炉心運転、24年からNp/Am含有燃料試験開始)。商業炉BN-1200Mを建設開始。
- 将来の高速炉サイクル本格導入に向け、2011年より**国家プロジェクト(Proryv)**開始。鉛冷却高速炉(実証炉、BREST-OD-300)の開発が主^{※93}。



BREST-OD-300 ^{※94}

トムスク州セヴェルスクに**建設中**(21年6月～圧力容器組立中)、**202/28年稼働見込**(報道)

窒化物-酸化物混合燃料 ^{※95-98}

BREST-OD-300併設のパイロット実証エネルギー複合施設(PDEC)として**燃料製造モジュールが試験運転開始**(25年12月)。**乾式-湿式混合による再処理技術を開発中**で、再処理モジュールも設置予定(30年稼働目標)



BN-1200M(*BN-1200の改良型)^{※99-100}

Beloyarsk原子力発電所(スヴェルドロフスク州)の5号機として計画。**MOX/MNUP燃料の双方を検討中**(MNUPは10年頃からBN-600にて試験装荷)。25年4月に規制当局から**設置許可取得**。**27年から建設開始、2034年完成予定**。

出典:A.Y. Petrov et al (2019)

酸化物燃料 ^{※97, 101-104}

ジェレズノゴルスク鈷業化学コンビナート()内のMOX燃料製造施設(MFFF,60tHM/年、15年稼働開始)にて**BN-800燃料を製造中**。再処理は既存のRT-1(PUREX法、400tHM/y)にて軽水炉他、**BN-600燃料再処理を実施中**。**先進再処理施設(RT-2)**としてMCC内再処理パイロット実証センター(PDC、15年稼働)拡充、**実験実証センター(EDC、200tHM/y)運用開始**(25年7月)。**U/Pu/Np晶析技術を開発中**。

欧米の脱ロシア政策を受けた取組み

- Proryv、再処理施設拡大等、閉サイクルに向けた取組を着実に進めつつ、**BRICS諸国への原子力輸出、アフリカ・中東市場開拓を強化**。

主な動向 ^{※105-120}

- | | |
|------------------------------|---|
| 2022年 「REPowerEU」 発表後～ | <ul style="list-style-type: none"> エジプトの原子力発電所(アフリカ最大の建設プロジェクト)建設開始 トルコ、バングラデシュ、ハンガリー、中国(台湾)、インド、スロバキア、カザフスタンのVVER建設プロジェクトを継続。 |
| 2024年 | <ul style="list-style-type: none"> BRICS+原子力エネルギーフォーラムを設立 アルジェリアとの原子力協ロードマップ締結。 ウズベキスタンとSMR建設に関する契約締結(RITM-200N型、2029年稼働予定)。 |
| 2025年 | <ul style="list-style-type: none"> マリ、ブルキナファソとの原子力協定締結。 イランとの原子力発電所計画に合意。 エチオピアとの原子力協力に合意。 ブラジルが自国採掘ウランのロシア濃縮利用を発表(ブラジルのPWRで使用予定)。 ベラルーシのVVER-1200の初回燃料交換・使用済燃料のロシアへの返送準備が進む(使用済み燃料はロシアが管理する契約。ロシアが再処理を含む権利を持つ) |



BN-600の照射実績や、運転データに基づき、フルMOX炉心運転を達成した高速炉BN-800 (Photo: Rosenergoatom / IAEA Bulletinkome ^{※120})

(参考) ロシア 

国家戦略産業として核燃料供給の国際的支配力維持に注力
 自国設計炉および輸出先への一体型燃料供給体制を強化
 再処理・高速炉サイクルを中核とした閉じた燃料サイクル路線を推進

原子力利用・核燃料サイクル ※121, 122

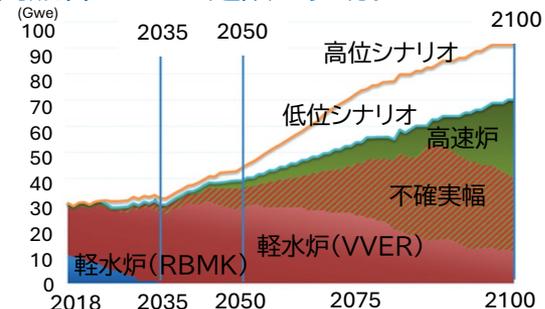
| | | |
|------------------|----------------|---|
| 電力構成における原子力の割合 | 19%*1 | 天然ガスが約4割で最も多い |
| 核燃料自給率*2 | | 輸入のほとんどはカザフスタンからの輸入と考えられている |
| ウラン原料 | 約50%(推定) | |
| 転換 | 100%(推定) | 転換能力において世界の20%程度を占め、欧米へ転換サービスの提供も行う |
| 濃縮 | 100%(推定) | 世界の40%程度を占める。ガス遠心分離機の高度化や施設増強も継続。 |
| 加工・再転換 | 100%(推定) | 軽水炉および高速炉向け(酸化物・窒化物等)の燃料加工能力を有する。 |
| 再処理 | 実施 | 湿式再処理方式により、使用済燃料の再処理を実施している。 |
| 使用済燃料貯蔵・放射製廃棄物処分 | 乾式貯蔵施設 地層処分 | 複数の乾式貯蔵施設を有し、再処理前の長期貯蔵を戦略的に進めている。 2030年代の地下処分施設建設を目指す。 |

*1: 2024年実績。

*2: 輸出处分について正確な数値確認が困難であるため、純輸出国については便宜上100%としている。

核燃料サイクル政策 ※123-125

- エネルギー政策は、最上位文書「エネルギー戦略2050」において策定。
- エネルギー安全保障は最重要課題。ウラン資源、濃縮能力、再処理技術、高速炉技術など、核燃料サイクルの全工程の国内完結を目指しており、「完全な燃料サイクル能力」を国家競争力の源泉として位置付け。
- また、国際市場における原子力技術・燃料サイクルサービスの提供を戦略的輸出産業として位置づけており、本方針に従い、ロスアトムが海外原発建設、燃料供給、使用済燃料返還・再処理までを含む国家主導の「一体型モデル」を展開している。
- 軽水炉は輸出・国内電源として維持するものの、長期的には核燃料自立と資源最大化が可能となる高速炉へ移行する方針である。
- 24年9月、プーチン大統領は2030年までの商業用閉燃料サイクル建設を表明。



ロシアの原子力設備容量想定(出典:E.O. Adamov(2021)*125よりJAEA作成)



国主導でウラン資源獲得に向けた取組みを活発化。露支援により高速炉開発を推進。鉛・溶融塩炉も開発。

ウラン確保に関する主な取組み

- 中国のウラン需要は、2023年で11,000tUを超え、40年には40,000tUを超えると予想され、資源確保に向けた動きを加速している。^{※126}

国内生産(国内1/3) ^{※127-131}

国内確認資源量: 291,300 tU(23年1月)。
国内鉱床探査を継続的に行っており、24年には内モンゴル、25年には北西部で大規模なウラン鉱床を発見したとされる。
海水ウラン抽出試験施設建設にも着手。

National No. 1 Uranium Project

- 2024年7月着工、2025年7月ウラン精鉱初生産。
世界最大級の砂岩型ウラン鉱床をIn Situ Leaching (ISL、在位浸出法)で開発(低品位・複雑地質の鉱床を経済的に回収可能としたことで国内生産を大幅に向上させるとされている)。

海外権益・投資(自国資本外国鉱山1/3) ^{※131-137}

- アフリカ(ナミビア・ニジェール)、中央アジア(カザフスタン、ウズベキスタン)などで**鉱山権益確保**。(23年のカザフスタンのウラン輸出の約4割が中国向けであったとの統計あり。約5割が露。)
- 23年には新たにウズベキスタン企業との間で、ウラン採掘・加工に関する協力覚書を締結。**非在来型ウラン採掘**に焦点。

市場調達(公開市場1/3) ^{※138}

- 国内備蓄を増加させる動き**。25年には露から過去最高量(報道によれば、仏の全原子炉の年間需要量に匹敵する量)濃縮ウランを輸入(報道)。

高速炉サイクルに関する取組み

ナトリウム冷却高速炉 ^{※139-144}

- ロシア支援により中国原子能科学研究院にて実験炉CEFR(20MWe、ナトリウム冷却高速炉)運転中(14年フル出力)
- 実証炉CFR600(600MWe)1号機運転中(23年運開、初装荷+7年は露供給高濃縮ウラン、その後MOXに移行予定)、2号機建設中。
- 商用高速原型炉(CFR1000)の予備設計終了(25年7月)。金属燃料炉心開発中。

(並行して鉛冷却高速炉、溶融塩炉研究も実施中)



酸化物燃料/再処理(公式リリースはなし) ^{※144-148}

- 中国核工業集团公司(CNNC)/甘肅核技術工業団地に**MOX製造実証施設(20t/y) 建設中**(CFR600用)。
- 再処理はパイロット施設(PUREX、約50t/y、甘肅省蘭州核燃料複合施設、2013年本格稼働~)運転を経て、現在、MOX実証施設に併設した**実証規模(200t/y)2施設を建設中(3施設目を同規模で建設開始との分析あり)**。

- CNNCと仏Oranoとの間で、**商用再処理施設(800t/y)建設プロジェクトに合意(07年)も現時点で建設契約には至っていない(18年以降情報なし)**。



(参考) 中国



国家戦略産業として原子力技術の国産化と輸出拡大を推進
 自国設計炉の標準化と海外展開を加速し、燃料供給体制の自立性を強化
 高速炉・再処理サイクルを将来の資源確保と技術主権の柱として育成

原子力利用・核燃料サイクル※126, 127, 149

| | | |
|-------------------|--------------|--|
| 電力構成における原子力の割合 | 5%*1 | 石炭が約6割で最大。電力需要は旺盛、発電量自体は400TWh超(世界2位)。 |
| 核燃料自給率*2 ウラン原料 | 約15% (推定) | 国内1/3、自国資本外国鉱山1/3、公開市場1/3を国家目標としている。 |
| 転換 | 100% (推定) | 自国で全量転換可能であり、転換サービスに関しても、供給可能国と認識されている。 |
| 濃縮 | 100%* | ロシアの遠心分離機を導入後国産技術化。世界の10%を超える能力を持つ(サービス供給可能国)。 |
| 加工 | 100% (推定) | 仏米露からの技術移転により、国内軽水炉燃料製造能力を確保。高速炉向け酸化物燃料加工技術の国産化を実施中。 |
| 再処理 | 実証段階 | 使用済燃料の再処理(湿式再処理方式)技術の国産化中 |
| 使用済燃料貯蔵・放射製廃棄物処分 | 湿式貯蔵施設 | 地域貯蔵センター構想を持ち、デモ施設として、蘭州貯蔵施設を運用中。 |
| | 地層処分 | 2040年代の地下処分施設建設を目指す。 |

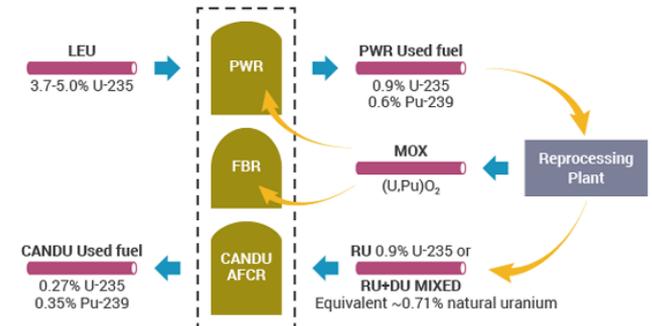
*1: 2024年実績。

*2: 輸出分について正確な数値確認が困難であるため、純輸出については便宜上100%としている。

核燃料サイクル政策 ※126, 150-152

- エネルギー政策は「第14次五カ年計画(2021-2025)及び2035年長期目標綱要」にて策定。(次期計画は本年3月頃策定見込み。)。包括的な脱炭素政策「3060年目標」*を掲げている。
 * 60年に「カーボンニュートラル」を達成するため30年にCO₂排出量をピークに到達させる「カーボンピークアウト」に向けたCO₂排出削減の取組み
- 26年1月に施行された中国初となる原子力基本法においては、使用済燃料再処理による閉サイクルを国家戦略として位置づけ。これを受け、国家原子能機構(CAEA)は「熱中性子炉-高速炉-核融合炉」の三段階戦略の着実な推進を確認。
- 欧米の脱ロシアに呼応する動きは見られず、着々と開発を進めている。

China Nuclear Fuel Cycle Vision



Source: World Nuclear Association

中国の核燃料サイクルのビジョン
 (出典: WNA※126)



米国との協働により高速炉・再処理を開発。国主導で大型炉、官民でSMRを開発。

再処理※153, 154

- ・ KAERIが乾式再処理(pyroprocess)を継続開発。
- ・ 12年より、実証施設(PRIDE、10tHm/y)を運転中。

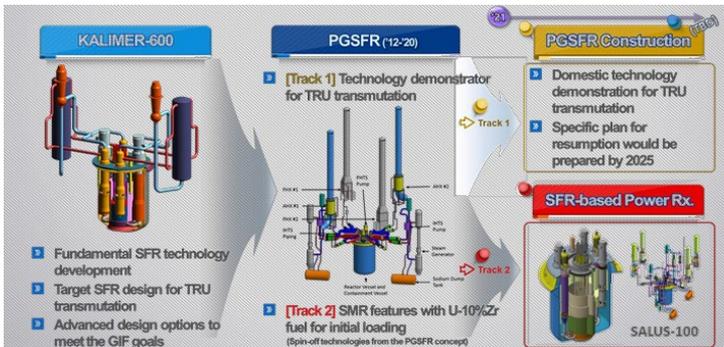
高速炉 ※155-159

政府主導大型炉(KAERI)

米アルゴン国立研究所と共同で、ナトリウム冷却高速炉原型炉(PGSFR150MWe、EBR-IIベース)を開発。2028年頃完成予定(14年発表)としていたが、現状、許認可申請などの目立った動きはない。PGSFRの主な目的は、燃料の実証。PGSFRはLEUとジルコニウムからなる金属燃料ピンを使用し、使用済酸化燃料の再処理から回収されたTRUを含む燃料を再装荷可能

民間主導SMR

PGSFRからSFR型SMRの開発がスピンオフ。2034年建設開始を目標に現代建設とKAERIが推進するSALUS-100が中心(100MWe、ナトリウム冷却高速炉、HALEU燃料)。(他方で、韓国国会が予算を大幅に削減。現在の計画では基本設計完了時期が1年遅れ2029年となっているとのこと)。



韓国の高速炉開発
(出典:KAERI資料※158)

(参考) 米国企業との連携 ※160-167

TerraPower社(ナトリウム冷却高速炉Natrium開発)

投資・資本参加

- ・ 1st round : \$8.3億調達
(22年11月:蓄熱・RI製造実証向け)
- ・ SKグループ\$2.5億(第二株主)
造船海洋エンジニアリング \$3000万
- ・ 2nd round : \$6.5億調達
(25年6月:建設向け)
HD現代重工業 額未公表

戦略的協力・パートナーシップ

- ・ SK、韓国水力原子力発電会社(KHNP)が戦略的協力合意(23年4月)(SKは22年に事業展開に関する覚書も締結)
- (・KHNPはSKから一部株式を譲渡される形で出資参加(26年1月発表))

サプライチェーン

- HD現代重工業:原子炉容器の開発・製造受注
- 斗山エナビリティ:炉心バレル、原子炉容器ガードベッセル、炉内構造物受注

その他、KHNPは米Oklo社、ARC社との間で覚書締結

(参考)軽水炉に関する政策方針 ※167, 168

2025年に策定した「第11次電力需給基本計画」に基づき原子力回帰。2038年までに新規大型炉2基(APR1400)と小型モジュール炉(SMR)1基(700MW)の建設が計画。SMRは独自開発のi-SMRを稼働、国外へは技術の輸出のみならず、米国先進炉開発企業と提携しつつ、グローバル展開を図る方針

(参考) 韓国



米韓原子力協定上、ウラン濃縮制約・再処理が事実上禁止 米韓首脳会談を起点に濃縮・再処理の議論が再燃 濃縮・革新炉開発共に米国との連携を最重視

原子力利用・核燃料サイクル ※170-172

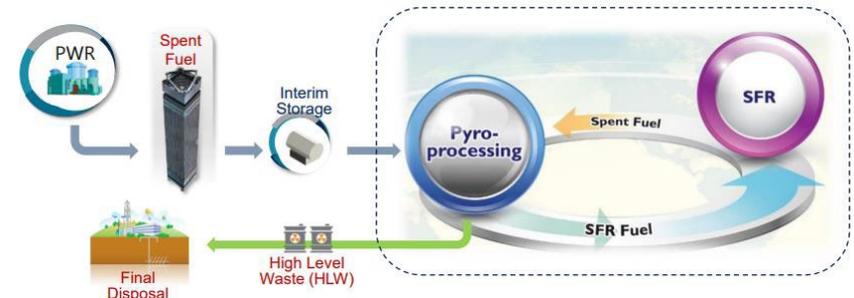
| | | |
|------------------|------------------|--|
| 電力構成における原子力の割合 | 30%*1 | 石炭が3割超で最も多い |
| 核燃料自給率*2 | | |
| ウラン原料 | 0% | 輸入先はカナダ(50%)、豪州(50%)が多い |
| 転換 | 0% | 全量を海外企業に委託 |
| 濃縮 | 0% | 輸入先はロシア(45%)、カナダ(17%)が多い 米国との合意が必要 |
| 加工 | 100% | 海外輸出も実施 |
| 再処理 | 実証段階 | 米国との合意が必要 |
| 使用済燃料貯蔵・放射性廃棄物処分 | サイト内管理貯蔵 地層処分 | 貯蔵容量が逼迫。 韓国初のHLWにかかる法律の施行(2025)に基づき、50年までに中間貯蔵施設、60年までに最終処分場を操業する見通し。 地下研究施設のサイト候補地は韓国東部の江原道太白市(カンウォン道テベク市)。 |

*1:2024年実績。

*2:輸出分について正確な数値確認が困難であるため、純輸出については便宜上100%としている。

核燃料サイクル政策動向 ※173-178

- 米韓原子力協定(1973年発効)にて米国からの核物質・機器移転の枠組みを策定。ウラン濃縮には米国の事前同意が必要な他、使用済燃料の再処理は事実上禁止(15年の改定時は研究開発レベルの再処理は一部容認)。
- 90年代から乾式再処理の検討を開始し、高速炉・再処理研究を継続。
- トランプ大統領との首脳会談(25年8月)を起点として、韓国の濃縮・再処理実施に関する議論が再燃。25年11月の合意文書では、米国は「韓国の平和的利用のための民間ウラン濃縮及び再処理に帰結する手続を支持する」とする文言が盛り込まれた(韓国メディアは「大枠合意」と報じている)。
- 今後、具体的な協議が行われる見通し。



韓国原子力研究院(KAERI)の核燃料サイクルのビジョン

(参考) 米韓原子力協定を巡る動向

原子力潜水艦をめぐる米韓協定上の状況

| | |
|----------|---|
| 2025年8月 | 米韓首脳会談(1回目) |
| // | 韓国外相は、米韓首脳会談を受けて、再処理について協議することで合意したと発言 |
| 2025年10月 | 米韓首脳会談(2回目) |
| 2025年11月 | 両国は、会談の成果文書となる 共同ファクトシートを 発表 |

米韓首脳会談(1回目) ※179,180

- 韓国系報道は、李在明大統領は、トランプ大統領に韓国のウラン濃縮と使用済燃料再処理、原潜建造の必要性を訴え、トランプ大統領は**肯定的な反応**を示したが、その後の実務協議では米国側が様々な面で難色を示し、進展しなかったとしている。

韓米ビジネス円卓会議

首脳会談後の同会議では、造船、原子力、航空、LNG、重要鉱物など5分野で計11件の契約・MOUが締結。うち、4件のMOUは原子力発電プロジェクトに関するもの。

- 韓国水力・原子力(KHNP)と斗山エナビリティ社が、米X-エナジー社およびアマゾン・ウェブ・サービス社とX-エナジー社製のSMR「Xe-100」の設計・建設・運転・サプライチェーンの構築、投資及び市場拡大の協力
- 斗山エナビリティ社が、フェルミ・アメリカ社によるテキサス州のAIキャンパスプロジェクトのために建設される大型原子力発電所とSMR機器の製造協力
- KHNPとサムスンC&T社が、フェルミ・アメリカ社と、AIキャンパスプロジェクトにおける原子力・火力・太陽光発電の統合運用の円滑な事業への協力
- KHNPが、米ウラン濃縮供給会社のセントラス社による新遠心分離機プラント建設への共同出資

米韓首脳会談(2回目) ※181

- 韓国側の説明によれば、ロシア産原子燃料への大幅な依存や使用済燃料のサイト内貯蔵の限界という喫緊の課題について、平和利用目的のためのウラン濃縮と使用済燃料の再処理の実施が緊要であると主張。
- 米国側は、原子力などの主要戦略産業における協力の機会を模索する必要があるとの見解を表明したとされる。

共同ファクトシート ※177

ウラン濃縮と再処理

会談の成果文書となる米韓両国の共同ファクトシート発出(25年)に伴い、米国側は、両国間の原子力協力協定(123協定)に準じて、**米国の法的要件を遵守する範囲内で平和的目的のための韓国の民生用のウラン濃縮および使用済燃料の再処理の実施に関する手続きを支持**。

原子力潜水艦

また米国は、韓国による原子力潜水艦(原潜)の建造を承認。トランプ大統領は、ただし原潜は、米国のフィラデルフィア造船所で建造されると条件を付した。両国は、韓国による濃縮実施とセットで、原潜燃料の自給自足または米国からの安定供給ルートの確保を議論中。

(参考) 日本



LEU、MOXを中心に既存製造施設の更新・拡大を決定。民間の小型炉開発を政府支援しつつ、国主導で大型炉開発計画を検討中。

燃料供給・革新炉開発に係る主要機関・企業の動向

ウラン濃(LEU)^{※182}

日本原燃ウラン濃縮工場(青森県上北郡六ヶ所村、RE-2:450tSWU/年):
150tSWU/年の濃縮ウラン生産を再開。他、安全性向上対策
工事中。最終的には1500tSWU/年の製造を目指す。

燃料加工^{※183}

国内3社4工場の内、2カ所の工場生産運転を再開。
他2カ所についても順次、「新規制基準」への対応を実施中。

| | 三菱原子燃料 (MNF) | 原子燃料工業 (NFI) | | グローバル・ニュークリア・ フュエル・ジャパン (GNF-J) |
|-----------|--|--|----------------|---------------------------------------|
| 設立 | 1971年12月 | 1972年7月 | | 1967年5月 |
| 工場 所在地 | 茨城県那珂郡東海村 | 大阪府泉南郡熊取町 | 茨城県那珂郡東海村 | 神奈川県横須賀市 |
| 加工能力 | PWR燃料: 440tU/年 | PWR燃料: 284tU/年 | BWR燃料: 250tU/年 | BWR燃料: 620tU/年 |
| 運転状況 | 2022年8月に合格証受 領後、2022年10月から 生産運転再開済 | 2023年10月に合格証受 領後、2024年1月から生 産運転再開済 | 新規制基準対応中 | 新規制基準対応中 |
| 備考 | 国内メーカーで唯一、 再転換設備を保有 | 原燃とJ-MOXへの人材派遣に係る基本契約を締結済。 BWR-MOX燃料に用いるウラン燃料棒も製造 | | 米国兄弟会社GNF-Aの IPも利用可能 |

※出典:経済産業省資料^{※183}

MOX燃料製造^{※184}

日本原燃MOX燃料工場(青森県上北郡六ヶ所村、130tHM/年):
2027年度中の竣工を目指し建設工事中。

再処理^{※185}

日本原燃再処理工場(青森県上北郡六ヶ所村、800tU/年):
本年度中の竣工を目指しアクティブ試験(使用済燃料を使った
試運転)を実施中。

革新炉・燃料開発動向

高速炉開発^{※186、187}

- 「戦略ロードマップ」(22年改訂)にて以下を計画。
2023年夏:炉概念仕様選定。
2024~2028年度:実証炉概念設計・研究開発。
(2026年頃:燃料技術(酸化物/金属)の具体的検討。)
2028年頃:基本設計・許認可移行判断。
- 三菱重工業が中核企業として選定され(23年)、原子力機構
に研究開発統合組織が発足・体制強化(24年)。26年の
燃料選択に向け検討を進めている。



| 項目 | 仕様 |
|--------|----------------------|
| 炉型 | ナトリウム冷却タンク型高速炉 |
| 電気出力 | 600MWe級 |
| 燃料方式 | 酸化物燃料または金属燃料 |
| 炉心出口温度 | 550℃ |
| 原子炉建屋 | 3次元免震建屋 または水平免震建屋 |

図:高速炉実証炉の概要

(参考) 日本



エネルギー安定供給および燃料サプライチェーンの確保に注力 高速炉開発に関する燃料技術の具体的な検討を進めていく方針 フロントエンドおよびバックエンド両プロセスの加速化に向けた取組の抜本的強化

原子力利用・核燃料サイクル ※2, 188-190

核燃料サイクル政策 ※2, 186, 191-197

| | | |
|------------------|-------------------|---|
| 電力構成における原子力の割合 | 9%*1 | 天然ガスが約3割超で最も多い |
| 核燃料自給率*2 | | 100%輸入に頼っており、輸入先はカナダ、豪州、カザフスタンなど。 |
| ウラン原料 | 0% | |
| 転換 | 0% | 欧米企業を主とした輸入に依存。 |
| 濃縮 | 未公開 | 大半は輸入に依存。国内では日本原燃が実施。 |
| 加工・再転換 | 未公開 | 大部分を国内3社4工場にて製造 |
| 再処理 | 0% | 過去英仏に委託も、現在大規模な委託はなし。六ヶ所再処理工場稼働準備中。 |
| 使用済燃料貯蔵・放射性廃棄物処分 | 湿式貯蔵・乾式貯蔵 地層処分 | 再処理する方針。再処理までの間、サイト内または中間貯蔵施設で保管。過去に海外委託した再処理に伴うガラス固化体は貯蔵施設で保管。最終処分場の選定中。 |

- 核燃料サイクルの自立を目指し、1960年代から高速炉研究開発を開始、80年代には六ヶ所村への再処理・濃縮施設などの立地を決定。
- 2011年の福島原子力発電所事故後、高速炉研究開発プロジェクト(FaCT)凍結も、核燃料サイクルの推進を基本方針として維持。
- 16年には、原子力関係閣僚会議が「高速炉開発の方針」を策定し、その基本方針を改めて明記。18年には高速炉の運転開始が期待される時期を21世紀半ば頃として今後10年程度の開発作業を示す「戦略ロードマップ」を定めた。22年にはこれを改訂し、28年度頃の高速炉実証炉の基本設計・許認可フェーズの開始を目標とした作業計画を具体化。
- 23年、政府は原子力の最大限の活用と核燃料サイクルの推進を明記した「GX実現に向けた基本方針」を閣議決定。同年の原子力委員会の「原子力利用に関する基本的考え方」の改訂、原子力閣僚会議の「今後の原子力政策の方向性と行動指針」においても、その推進が示された。
- 24年、経済安全保障推進法の指定重要鉱物にウランが追加。日本原燃の濃縮ウラン供給確保計画への国の支援を決定(5年間で約100億円)。
- 25年に策定された第7次エネルギー基本計画には、六ヶ所再処理工場とMOX燃料工場の竣工を「必ず成し遂げるき重要課題」とした上で、戦略的なウラン濃縮、燃料加工等に関する技術維持、持続可能な燃料供給体制確保のための官民取組の推進等が盛り込まれた。

*1: 2024年実績。

*2: 輸出处について正確な数値確認が困難であるため、純輸出国については便宜上100%としている。

まとめ

- 欧米は脱ロシア政策を推進。
- 米仏英は原子力主権の回復を目指した研究開発・核燃料サプライチェーン構築に注力
- 併せて閉サイクル実現に向けた取組みを強化。長らく直接処分政策を取ってきた米国も参入し新たな市場創出に期待
- 韓は米韓協定改定の可能性が核燃料自給の転換点。その他、米との連携による革新炉開発・原子力資材サプライチェーンに活路
- 露は自国の能力拡大と共にBRICS諸国への輸出、アフリカ・中東市場開拓に活路。
- 中は拡大する自国のウラン需要への対応を急務として能力拡大。

出典・参考文献

- ※1: “札幌5”による核燃料セキュリティへの投資(2024年9月18日),
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/international/IAEA/sapporo5.html (2026年3月5日アクセス)
- ※2: エム・アール・アイ リサーチアソシエイツ, 令和6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・核燃料サイクル関連動向等調査)報告書, <https://www.meti.go.jp/mediolib/report/2024FY/1000116.pdf> (2026年3月5日アクセス)
- ※3: PROHIBITING RUSSIAN URANIUM IMPORTS ACT, US PUBLIC LAW 118-62—MAY 13, 2024
<https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/1042/text> (2026年3月5日アクセス)
- ※4: An Act To authorize appropriations for the United States Fire Administration and firefighter assistance grant programs, to advance the benefits of nuclear energy, and for other purposes. US PUBLIC LAW 118-67—JULY 9, 2024, https://www.congress.gov/118/plaws/publ67/PLAW-118publ67_uslm.xml (2026年3月5日アクセス)
- ※5: European Commission, REPowerEU Plan, COM(2022) 230 final,
https://commission.europa.eu/document/download/26b26894-254d-4a65-8b4d-bced92365d1b_en (2026年3月5日アクセス)
- ※6: European Commission, Roadmap towards ending Russian energy imports, , COM(2025) 440 final/2,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52025DC0440R%2801%29&qid=1747125158211>
(2026年3月5日アクセス)
- ※7: Department for Energy Security & Net Zero, CIVIL NUCLEAR: ROADMAP TO 2050, January 2024,
https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65c0e7cac43191000d1a457d/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Roadmap_report_Final_Web.pdf_en (2026年3月5日アクセス)
- ※8: The White House, MEMORANDUM OF UNDERSTANDING BETWEEN THE GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA AND THE GOVERNMENT OF THE UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND REGARDING THE TECHNOLOGY PROSPERITY DEAL, September 18, 2025,
<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/09/memorandum-of-understanding-between-the-government-of-the-united-states-of-america-and-the-government-of-the-united-kingdom-of-great-britain-and-northern-ireland-regarding-the-technology-prosperity-de/> (2026年3月5日アクセス)
- ※9: 原子力産業新聞, ハンガリー、ロシアに発注したパクシュⅡ期工事の建設計画を継続, 2022年6月1日,
<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/13324.html> (2026年3月5日アクセス)
- ※10: Framatome社プレスリリース, Framatome to supply fuel to Hungarian VVER reactors, October 25, 2024,
<https://www.framatome.com/medias/framatome-to-supply-fuel-to-hungarian-vver-reactors/?lang=en>
(2026年3月5日アクセス)

出典・参考文献

- ※11: Orano社プレスリリース, Orano Selected for U.S. Department of Energy \$900M Energy Security Funding to Produce Low-Enriched Uranium with a New American Uranium Enrichment Facility, January 5, 2026, <https://www.orano.group/usa/en/our-news/news-releases/2026/orano-selected-for-DOE-900m-funding-LEU-new-american-uranium-enrichment-facility> (2026年3月5日アクセス)
- ※12: Orano, Project IKE Enrichment, <https://www.orano.group/usa/en/our-portfolio-expertise/project-ike-enrichment> (2026年3月5日アクセス)
- ※13: Urenco USA社プレスリリース, Urenco USA Authorized to Produce up to 10% Enriched Uranium by NRC, 02 October 2025, <https://urencousa.com/news/sustainability/2025/urenco-usa-authorized-to-produce-up-to-10-percent-enriched-uranium-by-nrc> (2026年3月5日アクセス)
- ※14: Urenco USA社, Our Products, <https://urencousa.com/our-products>, (2026年3月5日アクセス)
- ※15: NRC, Centrus Energy Corp./American Centrifuge Operating, LLC (formerly USEC Inc.) Gas Centrifuge Enrichment Facility Licensing, <https://www.nrc.gov/materials/fuel-cycle-fac/usecfacility>, (2026年3月5日アクセス)
- ※16: Centrus Energy社プレスリリース, NRC Approves Centrus Energy's License Amendment for HALEU Production, June 14, 2021 <https://investors.centrusenergy.com/news-releases/news-release-details/nrc-approves-centrus-energy-s-license-amendment-haleu-production#:~:text=BETHESDA%2C%20Md.%20%2C%20June%2014,HALEU%20production%20early%20next%20year.> (2026年3月5日アクセス)
- ※17: DOE, U.S. Department of Energy Awards \$2.7 Billion to Restore American Uranium Enrichment, <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-awards-27-billion-restore-american-uranium-enrichment>, (2026年3月5日アクセス)
- ※18: DOE, Energy Department Turns Liabilities Into Assets — Unleashing a New Nuclear Renaissance, <https://www.energy.gov/em/articles/energy-department-turns-liabilities-assets-unleashing-new-nuclear-renaissance>, (2026年3月5日アクセス)
- ※19: NUCLEAR REGULATORY COMMISSION Docket No. 50-613 US SFR Owner, LLC.; Kemmerer Power Station Unit 1; Exemptions, May 7, 2025, <https://www.nrc.gov/docs/ML2511/ML25119A333.pdf> (2026年3月5日アクセス)
- ※20: TerraPower社プレスリリース, NRC Approves the Natrium® Reactor Construction Permit, March 4, 2026, <https://www.terrapower.com/NRC-Approves-Natrium-Reactor-Construction-Permit.pdf> (2026年3月5日アクセス)

出典・参考文献

- ※21:DOEプレスリリース, DOE's Office of Nuclear Energy Awards \$19 Million to Advance Recycling of Used Nuclear Fuel, February 5, 2026, <https://www.energy.gov/ne/articles/does-office-nuclear-energy-awards-19-million-advance-recycling-used-nuclear-fuel> (2026年3月5日アクセス)
- ※22: Patents Assigned to CURIO SOLUTIONS LLC, <https://patents.justia.com/assignee/curio-solutions-llc> (2026年3月5日アクセス)
- ※23:American Nuclear Society Nuclear Newswire, Sep 8, 2025, U.S. nuclear fuel recycling takes two steps forward, <https://www.ans.org/news/2025-09-08/article-7348/us-nuclear-fuel-recycling-takes-two-steps-forward/> (2026年3月6日アクセス)
- ※24: Curio社プレスリリース, Orano and Curio Forge Strategic Partnership to Advance Nuclear Fuel Cycle Sustainability, April 9, 2025 <https://curio.energy/2025/04/orano-and-curio-forge-strategic-partnership-to-advance-nuclear-fuel-cycle-sustainability/> (2026年3月6日アクセス)
- ※25: Orano社プレスリリース, Orano and SHINE Technologies sign an agreement for the recycling of used fuel in the USA, February 29, 2024, <https://www.orano.group/en/news/news-group/2024/february/orano-and-shine-technologies-sign-an-agreement-for-the-recycling-of-used-fuel-in-the-usa> (2026年3月6日アクセス)
- ※26: SHINE TECHNOLOGIES, LLC, MEETING SLIDES FOR THE NOVEMBER 15TH, 2023 PUBLIC MEETING BETWEEN SHINE TECHNOLOGIES, LLC AND THE NRC, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.nrc.gov/docs/ML2330/ML23305A178.pdf (2026年3月6日アクセス)
- ※27: American Nuclear Society Nuclear Newswire, September 29, 2025, <https://www.ans.org/news/2025-09-29/article-7414/oklo-breaks-ground-at-inl-on-aurora-reactor/> (2026年3月6日アクセス)
- ※28: NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Oklo Aurora Powerhouse, <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/who-were-working-with/pre-application-activities/okla-aurora-powerhouse> (2026年3月6日アクセス)
- ※29: Oklo社プレスリリース, Oklo Announces Fuel Recycling Facility as First Phase of up to \$1.68 Billion Advanced Fuel Center in Tennessee, September 4, 2025 <https://oklo.com/newsroom/news-details/2025/Oklo-Announces-Fuel-Recycling-Facility-as-First-Phase-of-up-to-1-68-Billion-Advanced-Fuel-Center-in-Tennessee/default.aspx> (2026年3月6日アクセス)
- ※30:Nuclear Regulatory Commission, Aurora – Oklo Application, <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/large-lwr/col/aurora-oklo> (2026年3月6日アクセス)

出典・参考文献

- ※31: IAEA, “Status and Trends in Pyroprocessing of Spent Nuclear Fuels,” IAEA-TECDOC-1967, 2021. <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1967web.pdf> (2026年3月6日アクセス)
- ※32: U.S. Energy Information Administration, Uranium Marketing Annual Report, <https://www.eia.gov/uranium/marketing/> (2026年3月6日アクセス)
- ※33: Administration of Donald J. Trump, 2021 Executive Order 13972—Promoting Small Modular Reactors for National Defense and Space Exploration January 5, 2021, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/DCPD-202100016/pdf/DCPD-202100016.pdf> (2026年3月6日アクセス)
- ※34: US Department of Energy, RESTORING AMERICA’S COMPETITIVE NUCLEAR ENERGY ADVANTAGE A strategy to assure U.S. National Security, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/04/f74/Restoring%20America%27s%20Competitive%20Nuclear%20Advantage-Blue%20version%5B1%5D.pdf> (2026年3月6日アクセス)
- ※35: US Department of Energy, HALEU Availability Program, <https://www.energy.gov/ne/haleu-availability-program> (2026年3月6日アクセス)
- ※36: US Federal Register, Vol. 86, No. 174/Monday, September 13, 2021, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-09-13/pdf/2021-19701.pdf> (2026年3月6日アクセス)
- ※37: NNSA URANIUM RESERVE, Notice ID89233122RNA000153, <https://sam.gov/opp/61548de8d22946349866647892d47cf6/view> (2026年3月6日アクセス)
- ※38: USA Spending.gov, PIID89233123CNA000295, <https://www.usaspending.gov/award/CONT AWD 89233123CNA000295 8900 -NONE- -NONE-> (2026年3月6日アクセス)
- ※39: US Department of Energy, Biden-Harris Administration Announces Contracts to Buy U.S.-Sourced Low Enriched Uranium, December 10, 2024, <https://www.energy.gov/ne/articles/biden-harris-administration-announces-contracts-buy-us-sourced-low-enriched-uranium> (2026年3月6日アクセス)
- ※40: US Department of Energy, HALEU Enrichment Services, <https://www.energy.gov/ne/haleu-enrichment-services> (2026年3月6日アクセス)

出典・参考文献

- ※41: The White House, Executive Orders, REINVIGORATING THE NUCLEAR INDUSTRIAL BASE, May 23, 2025, <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/reinvigorating-the-nuclear-industrial-base/> (2026年3月6日アクセス)
- ※42: The White House, Executive Orders, REFORMING NUCLEAR REACTOR TESTING AT THE DEPARTMENT OF ENERGY, May 23, 2025, <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/reforming-nuclear-reactor-testing-at-the-department-of-energy/> (2026年3月6日アクセス)
- ※43: The White House, Executive Orders, DEPLOYING ADVANCED NUCLEAR REACTOR TECHNOLOGIES FOR NATIONAL SECURITY, , May 23, 2025, <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/deploying-advanced-nuclear-reactor-technologies-for-national-security/> (2026年3月6日アクセス)
- ※44: The White House, Executive Orders, ORDERING THE REFORM OF THE NUCLEAR REGULATORY COMMISSION <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/ordering-the-reform-of-the-nuclear-regulatory-commission/> (2026年3月6日アクセス)
- ※45: US Department of Energy, Advanced Reactor Demonstration Program, <https://www.energy.gov/ne/advanced-reactor-demonstration-program> (2026年3月6日アクセス)
- ※46: Office of Nuclear Energy, US Department of Energy, Strategic Vision, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE-NE%20Strategic%20Vision%20-%2001.08.2021.pdf> (2026年3月6日アクセス)
- ※47: US Department of Energy, U.S. Department of Energy Reactor Pilot Program, <https://www.energy.gov/ne/us-department-energy-reactor-pilot-program> (2026年3月6日アクセス)
- ※48: US Department of Energy, Energy Department Fuel Line Pilot Program, <https://www.energy.gov/ne/energy-department-fuel-line-pilot-program> (2026年3月6日アクセス)
- ※49: US Department of Energy, Defense Production Act Consortium, <https://www.energy.gov/ne/defense-production-act-consortium> (2026年3月6日アクセス)
- ※50: US Department of Energy, Department of Energy Seeks Hosts for Nuclear Lifecycle Innovation Campuses, <https://www.energy.gov/articles/department-energy-seeks-hosts-nuclear-lifecycle-innovation-campuses> (2026年3月6日アクセス)

出典・参考文献

- ※51: ARPA-E, ONWARDS, <https://arpa-e.energy.gov/programs-and-initiatives/view-all-programs/onwards> (2026年3月6日アクセス)
- ※52: ARPA-E, CURIE, <https://arpa-e.energy.gov/programs-and-initiatives/view-all-programs/curie> (2026年3月6日アクセス)
- ※53: ARPA-E, NEWTON, <https://arpa-e.energy.gov/programs-and-initiatives/view-all-programs/newton> (2026年3月6日アクセス)
- ※54: US Department of Energy, DOE's Office of Nuclear Energy Awards \$19 Million to Advance Recycling of Used Nuclear Fuel, <https://www.energy.gov/ne/articles/does-office-nuclear-energy-awards-19-million-advance-recycling-used-nuclear-fuel> (2026年3月6日アクセス)
- ※55: Orano USA社プレスリリース, Orano Announces 30% Increase in Uranium Enrichment Capacity by 2028, October 26, 2023, <https://www.orano.group/usa/en/our-news/news-releases/2023/orano-announces-30-increase-in-uranium-enrichment-capacity-by-2028> (2026年3月6日アクセス)
- ※56: Orano USA社プレスリリース, Tennessee, to Support Developing its American Uranium Enrichment Facility, June 5, 2025, <https://www.orano.group/usa/en/our-news/news-releases/2025/orano-opens-project-ike-office-in-oak-ridge-tennessee-to-support-developing-its-american-uranium-enrichment-facility> (2026年3月6日アクセス)
- ※57: Ametra, Les enjeux du recyclage du nucléaire civil en France (Orano et GoMOX), May 5, 2025, <https://blog.ametrargroup.com/enjeux-recyclage-nucleaire-gomox-orano/> (2026年3月6日アクセス)
- ※58: Le Journal des Entreprises, Orano injecte près de 400 millions d'euros dans son usine gardoise Melox, <https://www.lejournaldesentreprises.com/article/orano-injecte-pres-de-400-millions-deuros-dans-son-usine-gardoise-melox-2095533>, May 7, 2025 (2026年3月6日アクセス)
- ※59: Orano - Annual Activity Report 2024, <https://www.orano.group/finance-raa2024/en/52/> (2026年3月6日アクセス)
- ※60: Orano社プレスリリース, Orano launches Sharing Groups with designers of innovative reactors, October 14, 2024, <https://www.orano.group/en/news/news-group/2024/october/orano-launches-sharing-groups-with-designers-of-innovative-reactors> (2026年3月6日アクセス)

出典・参考文献

- ※61: フランス政府公式サイト info.gouv.fr, Understanding France 2030, <https://www.info.gouv.fr/grand-dossier/france-2030-en/understanding-france-2030> (2026年3月9日アクセス)
- ※62: フランス政府, Nucléaire de demain : De nouveaux projets innovants soutenus par France 2030, Mar 21, 2024, <https://www.info.gouv.fr/upload/media/default/0001/09/1f514699f28ae1285b17e91661635c833412c95b.pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※63: CEA/EDF/Framatome/Orano, PROJET MULTIRECYCLAGE EN REP, Présentation SFEN Provence, June 23, 2023, <https://provence.sfen-regions.org/wp-content/uploads/sites/3/2023/07/2023-06-23-SFEN-Provence-MRREP-Vf.pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※64: V. BARBE, et al., RECENT DEVELOPMENTS TOWARD A FLEET OF FAST REACTORS IN FRANCE, IAEA Technical Meeting on Advances and Innovations in Fast Reactor Design and Technology 2025, <https://conferences.iaea.org/event/408/contributions/37532/attachments/20639/34914/36-TM%20IAEA-France-SFR1000%20submitted.pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※65: フランス政府, PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L' ÉNERGIE (2026-2035), <https://www.economie.gouv.fr/files/files/2026/ppe3.pdf?v=1772447721> (2026年3月9日アクセス)
- ※66: Newcleo, Construction and operation of an LFR-AS-30 reactor, <https://www.newcleo.com/our-sites/indre-et-loire/> (2026年3月9日アクセス)
- ※67: World Nuclear Association, Nuclear Power in France, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/France> (2026年3月9日アクセス)
- ※68: World Integrated Trade Solution, Enriched uranium and plutonium and their compou imports from Russian Federation in 2024, <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2024/tradeflow/Imports/partner/RUS/product/284420> (2026年3月9日アクセス)
- ※69: ELYSEE, REPRENDRE EN MAIN NOTRE DESTIN ÉNERGÉTIQUE !, Febraury10, 2022, https://www.info.gouv.fr/upload/media/default/0001/01/2022_02_nucleaire_belfort.pdf (2026年3月9日アクセス)
- ※70: AFP通信, Nucléaire: l'Elysée annonce de futurs "investissements importants" sur le site Orano de La Hague, <https://www.info.gouv.fr/upload/media/content/0001/09/09c15f29b00311ee1e75aa69891e24caedb32a64.pdf> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※71: Orano, Le projet Aval du futur, <https://www.orano.group/avaldufutur/fr>, (2026年3月9日アクセス)
- ※72: Urenco社プレスリリース, Further capacity expansion at Urenco's site in the Netherlands, October 20, 2025, <https://www.urencocom/news/global/2025/further-capacity-expansion-at-urencos-site-in-the-netherlands>(2026年3月9日アクセス)
- ※73: Urenco, Urenco Nederland, <https://www.urencocom/global-operations/urenco-nederland> (2026年3月9日アクセス)
- ※74: Urenco, Urenco Advanced Fuels, <https://www.urencocom/global-operations/urenco-advanced-fuels> (2026年3月9日アクセス)
- ※75: Department of Energy Security & Net Zero, Nuclear Fuel Fund successful projects, July 18, 2023, <https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-fuel-fund-nff-projects-awarded-funding/nuclear-fuel-fund-successful-projects> (2026年3月9日アクセス)
- ※76: イギリス政府, Great British Nuclear: Overview, July 18, 2023, <https://www.gov.uk/government/publications/great-british-nuclear-overview/great-british-nuclear-overview> (2026年3月9日アクセス)
- ※77: イギリス政府, Rolls-Royce SMR selected to build small modular nuclear reactors, June 10, 2025, <https://www.gov.uk/government/news/rolls-royce-smr-selected-to-build-small-modular-nuclear-reactors> (2026年3月9日アクセス)
- ※78: イギリス政府, Small Modular Reactor Programme and Site Allocation, Statement UIN HCWS1056, November 13, 2025, <https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2025-11-13/hcws1056> (2026年3月9日アクセス)
- ※79: Department of Energy Security & Net Zero, Future Nuclear Enabling Fund: successful applicants, April 4, 2024, <https://www.gov.uk/government/publications/future-nuclear-enabling-fund-shortlisted-applications/future-nuclear-enabling-fund-successful-applicant> (2026年3月9日アクセス)
- ※80: X-Energy社プレスリリース, Centrica and X-energy Sign Joint Development Agreement to Deploy U.K.'s First Advanced Modular Reactors and Pursue 6 Gigawatts of New Nuclear Capacity in the U.K., September 14, 2025, <https://x-energy.com/media/news-releases/centrica-and-x-energy-sign-joint-development-agreement-to-deploy-uks-first-advanced-modular-reactors> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※81: EDF社プレスリリース, Holtec International, EDF UK and Tritax announce plans to develop Cottam site with data centres and advanced nuclear technologies, September 14, 2025, <https://www.edfenergy.com/media-centre/holtec-international-edf-uk-and-tritax-announce-plans-develop-cottam-site-data-centres-and> (2026年3月9日アクセス)
- ※82: Terrapower社プレスリリース, TerraPower and KBR Collaborate to Bring Sodium® Advanced Nuclear Power Plant¹ to the UK, September 15, 2025 <https://www.terrapower.com/terrapower-and-kbr-collaborate-to-bring-sodium-to-the-uk> (2026年3月9日アクセス)
- ※83: Last Energy社プレスリリース, Last Energy Partners With DP World To Bring Micro-Nuclear Power To London Gateway, September 15, 2025 <https://www.lastenergy.com/news-press/last-energy-partners-with-dp-world-to-bring-micro-nuclear-power-to-london-gateway> (2026年3月9日アクセス)
- ※84: World Nuclear Association, Nuclear Power in United Kingdom, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom> (2026年3月9日アクセス)
- ※85: EDF議会提出資料, Supplementary written evidence submitted by EDF Energy (POW0105), December 2023, <https://committees.parliament.uk/writtenevidence/127979/pdf/> (2026年3月9日アクセス)
- ※86: イギリス政府, Major acceleration of homegrown power in Britain's plan for greater energy independence, April 6, 2022, <https://www.gov.uk/government/news/major-acceleration-of-homegrown-power-in-britains-plan-for-greater-energy-independence> (2026年3月9日アクセス)
- ※87: Department of Energy Security & Net Zero, Civil nuclear: roadmap to 2050, January 2024, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65c0e7cac43191000d1a457d/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Road_map_report_Final_Web.pdf (2026年3月9日アクセス)
- ※88: Department of Energy Security & Net Zero, Great British Energy Act 2025: factsheet, September 3, 2025, <https://www.gov.uk/government/publications/great-british-energy-bill-factsheets/great-british-energy-bill-overarching-factsheet> (2026年3月9日アクセス)
- ※89: Department of Energy Security & Net Zero, Advanced Nuclear Framework, February 2026, <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/698483397da3dc19896c7ddc/advanced-nuclear-framework.pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※90: イギリス政府, Plutonium Disposition Strategy, Statement UIN HCWS388, January 24, 2025, <https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2025-01-24/hcws388> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※91: イギリス政府, Plutonium Disposition Strategy, Statement UIN HLWS384, January 24, 2025, <https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2025-01-24/hlws384> (2026年3月9日アクセス)
- ※92: イギリス政府, Multi million-pound government investment for pioneering plutonium disposal technology, August 28, 2025, <https://www.gov.uk/government/news/multi-million-pound-government-investment-for-pioneering-plutonium-disposal-technology> (2026年3月9日アクセス)
- ※93: ROSATOM, Проектное направление Прорыв, <https://rkm.rosatom.ru/innov/projects/proryv/> (2026年3月9日アクセス)
- ※94: ROSATOM社ニュースレター, Approaching Breakthrough, October 2025, <https://rosatomnewsletter.com/2025/10/28/approaching-breakthrough/> (2026年3月9日アクセス)
- ※95: Nuclear Engineering International, The Brest fast reactor, November 13, 2025, <https://www.neimagazine.com/analysis/the-brest-fast-reactor/> (2026年3月9日アクセス)
- ※96: ROSATOM社プレスリリース, Rosatom starts pilot operation of a fuel fabrication facility for the BREST-OD-300 fast reactor, December 25, 2024, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-starts-pilot-operation-of-a-fuel-fabrication-facility-for-the-brest-od-300-fast-reactor/> (2026年3月9日アクセス)
- ※97: A. Shadrin et al., Reprocessing of Fast Reactors Mixed U-Pu Used Nuclear Fuel in Russian Federation: Studies and Industrial Test, IAEA-CN245-076, <https://media.superevent.com/documents/20170618/bc26981d5599f87809b89f8551913320/fr17-076.pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※98: Nuclear Engineering International, Russia advances ODEK fuel reprocessing technologies, March 11, 2025, <https://www.neimagazine.com/news/russia-advances-odek-fuel-reprocessing-technologies/?cf-view> (2026年3月9日アクセス)
- ※99: ROSATOM社ニュースレター, Anniversary for Two Reactors, September 2025, <https://rosatomnewsletter.com/2025/09/22/anniversary-for-two-reactors/> (2026年3月9日アクセス)
- ※100: PERFORMANCE OF THE POWER ENGINEERING DIVISION OF ROSATOM 2024, Years of Russian Nuclear Industry, https://report.rosatom.ru/go_eng/2024/rea_2024_eng.pdf (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※101: ROSATOM社プレスリリース, ROSATOM manufactures the first full refueling batch of MOX fuel for BN-800 fast reactor, <https://rosatom-energy.ru/en/media/rosatom-news/rosatom-manufactures-the-first-full-refueling-batch-of-mox-fuel-for-bn-800-fast-reactor/> (2026年3月9日アクセス)
- ※102: World Nuclear News, Reload MOX fuel ready for BN-800 fast reactor, July 23, 2020, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Reload-MOX-fuel-ready-for-BN-800-fast-reactor> (2026年3月9日アクセス)
- ※103: D. Kolupaev et. al., Used mixed oxide fuel reprocessing at RT-1 plant, 5th International ATALANTE Conference on Nuclear Chemistry for Sustainable Fuel Cycles, Procedia Chemistry 21 (2016) 198-202, https://www.researchgate.net/publication/311336821_Used_Mixed_Oxide_Fuel_Reprocessing_at_RT-1_Plant#full-text (2026年3月9日アクセス)
- ※104: D.N. Kolupaev et. al., Development and Tasks of Radiochemical Technologies: History and Modern Challenges, Radiochemistry, Volume 65, pages 132–140, (2023), <https://link.springer.com/article/10.1134/s1066362223020017> (2026年3月9日アクセス)
- ※105: World Nuclear News, Construction of Egypt's first nuclear power plant under way, July 20, 2022, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Construction-of-Egypt-s-first-nuclear-power-plant-u> (2026年3月9日アクセス)
- ※106: ROSATOM社ニュースレター, Akkuyu on the Homestretch, January 2026, <https://rosatomnewsletter.com/2026/01/26/akkuyu-on-the-homestretch/> (2026年3月9日アクセス)
- ※107: ROSATOM社ニュースレター, Future Energy in Action, January 2026, <https://rosatomnewsletter.com/2026/01/26/future-energy-in-action/> (2026年3月9日アクセス)
- ※108: ROSATOM社プレスリリース, Rosatom set to foundation concrete pouring for Unit 5 reactor building to be built at Paks NPP (Hungary), February 5, 2026, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-set-to-foundation-concrete-pouring-for-unit-5-reactor-building-to-be-built-at-paks-npp-hungary/> (2026年3月9日アクセス)
- ※109: ROSATOM社プレスリリース, Rosatom supplies the initial load of nuclear fuel for the new power unit of China's Tianwan NPP, <https://atommedia.online/en/press-releases/rosatom-postavil-startovuyu-zagruzku-yadernogo-topлива-dlya-novogo-energobloka-kitayskoy-aes-tyanvan> (2026年3月9日アクセス)
- ※110: ROSATOM社プレスリリース, Rosatom shipped reactor vessel for Unit 6 of the Kudankulam NPP (India), January 16, 2025, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-shipped-reactor-vessel-for-unit-6-of-the-kudankulam-npp-india/> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※111: V. Slugen et. al., Lessons Learned from the Commissioning Process of the 3rd Mochovce NPP Unit in Slovakia, Journal of Nuclear Engineering, Volume 7, Issue 1, <https://www.mdpi.com/2673-4362/7/1/18> (2026年3月9日アクセス)
- ※112: ROSATOM社プレスリリース, Kazakhstan and Russia Begin Work on Construction of High-Capacity Nuclear Power Plant, August 8, 2025, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/kazakhstan-and-russia-begin-work-on-construction-of-high-capacity-nuclear-power-plant/> (2026年3月9日アクセス)
- ※113: ROSATOM社プレスリリース, Rosatom and Ministry of Energy and Mining of Algeria sign cooperation road map, March 28, 2024, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-and-ministry-of-energy-and-mining-of-algeria-sign-cooperation-road-map/> (2026年3月9日アクセス)
- ※114: ROSATOM社プレスリリース, The Russian Federation and Uzbekistan sign an agreement on the construction of a small nuclear power plant, May 27, 2024, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/-the-russian-federation-and-uzbekistan-sign-an-agreement-on-the-construction-of-a-small-nuclear-powe/> (2026年3月9日アクセス)
- ※115: ROSATOM社プレスリリース, Russia and Burkina Faso Sign Agreement on Cooperation in the Peaceful Use of Nuclear Energy, June 19, 2025, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/russia-and-burkina-faso-sign-agreement-on-cooperation-in-the-peaceful-use-of-nuclear-energy/> (2026年3月9日アクセス)
- ※116: ROSATOM社プレスリリース, Russia and Mali Sign Intergovernmental Agreement on Cooperation in the Peaceful Use of Atomic Energy, June 24, 2025, <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/russia-and-mali-sign-intergovernmental-agreement-on-cooperation-in-the-peaceful-use-of-atomic-energy/> (2026年3月9日アクセス)
- ※117: ROSATOM社プレスリリース, Russia and Ethiopia Sign Action Plan to Advance Nuclear Power Plant Project, September 25, 2025, <https://rosatomafrika.com/en/press-centre/news/russia-and-ethiopia-sign-action-plan-to-advance-nuclear-power-plant-project/> (2026年3月9日アクセス)
- ※118: Industrias Nucleares Do Brasil, INB fecha contrato com empresa Russa para conversão e enriquecimento do urânio produzido em Caetité, <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-fecha-contrato-com-empresa-russa-para-conversao-e-enriquecimento-do-uranio-p/Origem/395> (2026年3月9日アクセス)
- ※119: Russian News Agency, Russia, Belarus sign world's first contract for a balanced nuclear fuel cycle, September 25, 2025, <https://tass.com/economy/2021299> (2026年3月9日アクセス)
- ※120: IAEA Bulletin, Shrinking nuclear waste and increasing efficiency for a sustainable energy future, September 2020, Vol.61-3, <https://www.iaea.org/bulletin/shrinking-nuclear-waste-and-increasing-efficiency-for-a-sustainable-energy-future> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※121: World Nuclear Association, Russia's Nuclear Fuel Cycle, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-fuel-cycle> (2026年3月9日アクセス)
- ※122: World Nuclear Association, Nuclear Power in Russia, <https://world-nuclear.org/Information-Library/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia-Nuclear-Power> (2026年3月9日アクセス)
- ※123: Minenergo, ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, April 12, 2025, <https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/d6a/Energostrategiya-RF-do-2050-goda.pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※124: TASS Russian News Agency, Russia to launch nuclear system with closed fuel cycle in 2030 — Putin, September 26, 2025, <https://tass.com/politics/2021377> (2026年3月9日アクセス)
- ※125: E. O. Adamov et. al., Global outlook on large-scale nuclear power development strategies, Nuclear Energy and Technology 7(4): 263–270, <https://nucet.pensoft.net/article/74217/download/pdf> (2026年3月9日アクセス)
- ※126: World Nuclear Association, China's Nuclear Fuel Cycle, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-fuel-cycle> (2026年3月9日アクセス)
- ※127: IAEA/NEA, Uranium 2024 Resources, Production and Demand, https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_103179/uranium-2024-resources-production-and-demand?details=true (2026年3月9日アクセス)
- ※128: World Nuclear News, CNNC launches test platform to extract uranium from seawater, May 18, 2023 <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/CNNC-launches-test-platform-to-extract-uranium-fro> (2026年3月9日アクセス)
- ※129: World Nuclear News, China's largest uranium mining project enters production, July 15, 2025 <https://www.world-nuclear-news.org/articles/chinas-largest-uranium-mining-project-enters-production> (2026年3月9日アクセス)
- ※130: NUCNET, Chinese State Media Announces Discovery Of 'Substantial' Uranium Deposit, January 10, 2025, <https://www.nucnet.org/news/chinese-state-media-announces-discovery-of-substantial-uranium-deposit-1-5-2025> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※131: People's Daily Online, China discovers world's deepest sandstone-type industrial uranium mineralization, July 21, 2025, <https://en.people.cn/n3/2025/0721/c90000-20342899.html> (2026年3月9日アクセス)
- ※132: World Nuclear Association, Uranium in Namibia, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/Namibia>, (2026年3月9日アクセス)
- ※133: World Nuclear Association, World Uranium Mining Production, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production> (2026年3月9日アクセス)
- ※134: World Nuclear News, First uranium from Niger mine, January 4, 2011, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/First-uranium-from-Niger-mine> (2026年3月9日アクセス)
- ※135: World Integrated Trade Solution, Kazakhstan Natural uranium and its compounds, etc exports by country in 2023, <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/KAZ/year/2023/tradeflow/Exports/partner/ALL/product/284410> (2026年3月9日アクセス)
- ※136: Kun.UZ, Navoiyuran and Chinese CNNC will jointly mine uranium in Uzbekistan, November 7, 2023 <https://kun.uz/en/00594645> (2026年3月9日アクセス)
- ※137: eurasianet, Uzbekistan, China eye joint uranium exploration, Mar 12, 2024 <https://eurasianet.org/uzbekistan-china-eye-joint-uranium-exploration> (2026年3月9日アクセス)
- ※138: Energy Intelligence, China's Record Nuclear Fuel Imports in 2025, January 11, 2026 <https://www.energyintel.com/0000019b-e14b-d9cb-afdb-f3db85560000#:~:text=Copyright%20C2%A9%202026%20Energy%20Intelligence,for%20Russian%20nuclear%20fuel%20suppliers.> (2026年3月9日アクセス)
- ※139: H. CHEN et al., OVERVIEW ON NEW RESEARCH REACTORS IN CHINA, IAEA, https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1575_CD_web/datasets/papers/C2%20Chen.pdf (2026年3月9日アクセス)
- ※140: H. Zang, International Panel on Fissile Materials, China started operation of its first CFR-600 breeder reactor, December 15, 2023, <https://fissilematerials.org/blog/2023/12/china-started-operation-o.html> (2026年3月9日アクセス)

出典・参考文献

- ※141: TASS Russian News Agency, Rosatom eyes supplying nuclear fuel for China's new fast neutron reactor, January 10, 2019, <https://tass.com/economy/1039341> (2026年3月10日アクセス)
- ※142: China National Nuclear Corporationプレスリリース, China's 4th-generation commercial fast reactor preliminary design completed, July 31, 2025, https://en.cnn.com.cn/2025-07/31/c_1113677.htm (2026年3月10日アクセス)
- ※143: 中露の高速炉実証炉に関する協定, October 26, 2018, <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201810260025.html> (2026年3月10日アクセス)
- ※144: POWER, China's Advanced Nuclear Efforts Are Pushing Frontiers, March 2, 2026, <https://www.powermag.com/chinas-advanced-nuclear-efforts-are-pushing-frontiers/> (2026年3月10日アクセス)
- ※145: Hui Zhang, On China's Nuclear Fuel Cycle, December 6, 2021, https://www.belfercenter.org/sites/default/files/pantheon_files/files/publication/NASEM-talk2021_hzhang.pdf
- ※146: H. Zang, International Panel on Fissile Materials, China starts construction of a third demonstration reprocessing plant, December 24, 2024, <https://fissilematerials.org/blog/2024/12/china-starts-construction-2.html> (2026年3月10日アクセス)
- ※147: Orano, Building the future of China's nuclear industry together, <https://www.orano.group/china/en/about-us/growing-with-china> (2026年3月10日アクセス)
- ※148: Orano社プレスリリース, Orano and CNNC acknowledge the substantial progress made in the negotiation of the contract for the Chinese commercial used fuel treatment-recycling plant project, January 9, 2018, <https://www.orano.group/china/en/about-us/our-news/china-group-news/2018/january/orano-and-cnnc-acknowledge-the-substantial-progress-made-in-the-negotiation-of-the-contract-for-the-chinese-commercial-used-fuel-treatment-recycling-plant-project> (2026年3月10日アクセス)
- ※149: World Nuclear Association, Nuclear Power in China, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power> (2026年3月10日アクセス)
- ※150: 第14次五カ年計画(2021-2025)及び2035年長期目標綱要, 2021年3月, <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202103/P020210323538797779059.pdf> (2026年3月10日アクセス)

出典・参考文献

- ※151: 中国原子力法, 2025年9月12日採択,
http://www.npc.gov.cn/npc/c2/c30834/202509/t20250912_447757.html (2026年3月10日アクセス)
- ※152: China Atomic Energy Authority, 法治筑基, 赋能核科技突破与产业新征程, 2026年1月20日,
<https://www.caea.gov.cn/n6760338/n6760342/c10726420/content.html> (2026年3月10日アクセス)
- ※153: Korean Atomic Energy Research Institute, Nuclear Safety Technology
<https://www.kaeri.re.kr/board?menuId=MENU00724> (2026年3月10日アクセス)
- ※154: H. Lee et. al., Current Status of Pyroprocessing Development at KAERI, March 11, 2023, Science and Technology of Nuclear Installations Volume 2013, Issue 1
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2013/343492> (2026年3月10日アクセス)
- ※155: Argonne National Laboratory プレスリリース, Argonne, KAERI to develop prototype nuclear reactor, August 25, 2014, <https://www.anl.gov/article/argonne-kaeri-to-develop-prototype-nuclear-reactor> (2026年3月10日アクセス)
- ※156: J. Yoo et.al., Status of Sodium Cooled Fast Reactor Development Program in Korea, IAEA-CN245-460,
<https://media.superevent.com/documents/20170620/085ed2c9821b91298b17e08c909d9f50/fr17-460.pdf>
(2026年3月10日アクセス)
- ※157: Hyundai Engineering & Construction社プレスリリース, Hyundai E&C and KAERI Cooperate to Commercialize Next-Generation SMR, SFR, June 12, 2024,
https://www.hdec.kr/en/newsroom/news_view.aspx?NewsListType=news_clist&NewsSeq=996&NewsType=LATEST
(2026年3月10日アクセス)
- ※158: J. Lee, Korean Atomic Energy Research Institute, Development of SFR in Korea, ANSN SMR Workshop, April 3, 2025,
https://gnssn.iaea.org/main/ansn/Activity%20Documents%20%20Public/Regional%20Workshop%20on%20Safety%20Benefits%20and%20Challenges%20in%20the%20Development%20of%20the%20Adoption%20of%20Small%20Modular%20Reactors/P19_Development%20of%20SFR%20in%20Korea.pdf (2026年3月10日アクセス)
- ※159: Business Korea, South Korea's SFR Budget Slashed 90%, Stalling Next-gen Reactor Program, June 26, 2025, <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=245579> (2026年3月10日アクセス)
- ※160: TerraPower社プレスリリース, TerraPower Announces Strategic Collaboration Agreement with SK and KHNP, April 25, 2023 <https://www.terrapower.com/terrapower-announces-strategic-collaboration-agreement-with-sk-and-khnp> (2026年3月10日アクセス)

出典・参考文献

- ※161: TerraPower社プレスリリース, TerraPower Announces Awards for Natrium® Reactor Enclosure System, December 18, 2024 <https://www.terrapower.com/terrapower-announces-awards-for-Natrium> (2026年3月10日アクセス)
- ※162: TerraPower社プレスリリース, TerraPower and HD Hyundai announce strategic collaboration to scale the global supply chain for Natrium® reactor, March 11, 2025, <https://www.terrapower.com/terrapower-and-hd-hyundai-announce-strategic-collaboration-to-scale-global-supply-chain-for-natrium> (2026年3月10日アクセス)
- ※163: TerraPower社プレスリリース, Korea Hydro & Nuclear Power Joins TerraPower Investor Base, January 20, 2026 <https://www.terrapower.com/KHNP-Joins-TerraPower-Investor-Base> (2026年3月10日アクセス)
- ※164: HD Hyundai社プレスリリース, HD Hyundai Joins Global Efforts to Advance SMR Technology, a Key Carbon-Free Power Source, October 29, 2025, <https://www.hd.com/en/newsroom/media-hub/press/view?detailsKey=3759> (2026年3月10日アクセス)
- ※165: TerraPower社プレスリリース, TerraPower Announces \$650 Million Fundraise, June 18, 2025, <https://www.terrapower.com/terrapower-announces-650-million-fundraise> (2026年3月10日アクセス)
- ※166: Oklo社プレスリリース, Oklo and Korea Hydro & Nuclear Power to Cooperate on Advanced Nuclear Project, May 27, 2025, <https://oklo.com/newsroom/news-details/2025/Oklo-and-Korea-Hydro--Nuclear-Power-to-Cooperate-on-Advanced-Nuclear-Project/default.aspx> (2026年3月10日アクセス)
- ※167: OECD/NEA, The NEA Small Modular Reactor Dashboard: Third Edition, September 2025, https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2025-09/web_-_smr_dashboard_-_third_edition.pdf (2026年3月10日アクセス)
- ※168: 韓国第11次電力需給基本計画, [https://new.kpx.or.kr/boardDownload.es?bid=ATT&list no=74548&seq=2](https://new.kpx.or.kr/boardDownload.es?bid=ATT&list%20no=74548&seq=2) (2026年3月10日アクセス)
- ※169: World Nuclear Association, Nuclear Power in South Korea, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/south-korea> (2026年3月10日アクセス)
- ※170: : World Integrated Trade Solution, Korea, Rep. Enriched uranium and plutonium and their compou imports by country in 2024, <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/KOR/year/2024/tradeflow/Imports/partner/ALL/product/284420> (2026年3月10日アクセス)

出典・参考文献

- ※171: World Integrated Trade Solution, Korea, Rep. Natural uranium and its compounds, etc imports by country in 2024
<https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/KOR/year/2024/tradeflow/Imports/partner/ALL/product/284410> (2026年3月10日アクセス)
- ※172: Korea Radioactive Waste Agency, 研究用地下研究施設の建設候補地、江原道太白市が選定(연구용 지하연구시설 건설 후보지, 강원 태백시 선정), December 18, 2024,
https://www.korad.or.kr/korad/board/view.do?menu_idx=56&manage_idx=24&board_idx=1328339 (2026年3月10日アクセス)
- ※173: 韓国高レベル放射性廃棄物管理国家計画,
https://likms.assembly.go.kr/bill/bi/billDetailPage.do?billId=PRC_O2J5N0T2G1Y7V1B9N3L6Y2R3X9R6Z0&currMenuNo=2600044 (2026年3月10日アクセス)
- ※174: Agreement for Cooperation Between the Government of the United States of America and the Government of the Republic of Korea Concerning Peaceful uses of Nuclear Energy,
<https://www.govinfo.gov/content/pkg/CDOC-114hdoc43/pdf/CDOC-114hdoc43.pdf> (2026年3月10日アクセス)
- ※175: H.S.Lee et al., PYROPROCESSING TECHNOLOGY DEVELOPMENT AT KAERI, NUCLEAR ENGINEERING AND TECHNOLOGY, VOL.43 NO.4 AUGUST 2011,
<https://koreascience.kr/article/JAKO201127250029099.pdf> (2026年3月10日アクセス)
- ※176: Congressional Research Service, The August 2025 U.S.-South Korea Summit, September 3, 2025,
https://www.congress.gov/crs_external_products/IN/PDF/IN12603/IN12603.1.pdf (2026年3月10日アクセス)
- ※177: The White House, Joint Fact Sheet on President Donald J. Trump's Meeting with President Lee Jae Myung, November 13, 2025, <https://www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/11/joint-fact-sheet-on-president-donald-j-trumps-meeting-with-president-lee-jae-myung/> (2026年3月10日アクセス)
- ※178: H. Jang et al., Korean Atomic Energy Research Institute, Spent Fuel Management in Korea, April 16, 2024 <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMpublic/TWGNFCO2024/1.%20National%20Presentations/Korea%20-%20TWG-NFCO%202024-HJang.pdf> (2026年3月10日アクセス)
- ※179: ハンギョレ新聞, 李大統領の公約になかった原子力潜水艦、なぜトランプ大統領との談判で登場?, 2025年10月31日,
<https://japan.hani.co.kr/arti/politics/54598.html> (2026年3月10日アクセス)
- ※180: 韓国政府, 韓米製造業 ルネッサンスパートナーシップ(한-미 '제조업 르네상스' 연다... 조선·원자력 등 11개 계약·MOU 체결), <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148948174> (2026年3月10日アクセス)

出典・参考文献

※181: 韓国側ブリーフィング, October 29, 2025, <https://www.president.go.kr/newsroom/briefing/VmDYNFF7> (2026年3月10日アクセス)

※182: 日本原燃株式会社, 濃縮事業の概要, <https://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/uran/summary/>, (2026年3月21日アクセス)

※183: 経済産業省資源エネルギー庁, 原子力に関する動向と課題・論点(令和6年10月16日), 第41回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会資料1 https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/041_01_00.pdf (2026年3月21日アクセス)

※184: 日本原燃株式会社, MOX燃料加工事業の概要, <https://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/mox/summary/> (2026年3月21日アクセス)

※185: 日本原燃株式会社, 再処理事業の概要, <https://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/cycle/summary/> (2026年3月21日アクセス)

※186: 原子力関係閣僚会議, 戦略ロードマップ(令和4年12月23日), https://www.enecho.meti.go.jp/appli/submission/2022/data/0201_01.pdf (2026年3月21日アクセス)

※187: 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構, 高速炉実証炉の開発状況, 第7回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ 資料2, 2025年12月11日, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/010_02_00.pdf (2026年3月21日アクセス)

※188: World Nuclear Association, Nuclear Fuel Cycle in Japan, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-fuel-cycle> (2026年3月21日アクセス)

※189: 経済産業省, 令和6年度(2024年度)エネルギー需給実績(速報)を取りまとめました, <https://www.meti.go.jp/press/2025/12/20251212002/20251212002.html> (2026年3月21日アクセス)

※190: 経済産業省資源エネルギー庁, 輸入にたよる日本のエネルギー資源, https://energy-kyoiku.meti.go.jp/assets/85/et_energy_p36-37.pdf (2026年3月21日アクセス)

出典・参考文献

- ※191:原子力関係閣僚会議, 高速炉開発の方針(平成28年12月21日),
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h281221_siryou1.pdf (2026年3月21日アクセス)
- ※192:原子力関係閣僚会議, 戦略ロードマップ(平成30年12月21日),
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h301220_siryou.pdf(2026年3月21日アクセス)
- ※193:GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～(令和5年2月)
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/pdf/kihon.pdf (2026年3月21日アクセス)
- ※194:原子力委員会, 原子力利用に関する基本的考え方(令和5年2月20日)
<https://www.aec.go.jp/kettei/kettei/20230220.pdf> (2026年3月21日アクセス)
- ※195:原子力関係閣僚会議, 今後の原子力政策の方向性と行動指針(令和5年4月28日),
<https://www.meti.go.jp/press/2023/04/20230428005/20230428005-2.pdf> (2026年3月21日アクセス)
- ※196:経済産業省, 重要鉱物の安定供給の確保,
https://www.meti.go.jp/policy/economy/economic_security/metal/index.html (2026年3月21日アクセス)
- ※197:第7次エネルギー基本計画(令和7年2月),
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_01.pdf (2026年3月21日アクセス)