

革新炉（SMR）の開発・導入に係る 海外の動向について

2023年10月4日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門

1. 革新炉（SMR）とは
 - 1.1 革新炉（SMR）の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々（露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン）
4. 国際機関（IAEA、OECD/NEA）におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

革新炉 (SMR) の定義 (1/2) ※

- 革新炉とは、「安全性、廃棄物、エネルギー効率、核不拡散性等の観点から、優れた技術を取り入れた先進的な原子炉」を指す。
- 新型炉 ≡ 革新炉
- **小型モジュール炉 (Small Modular Reactor : SMR)** の定義は、国や機関により様々であるが、概ね電気出力300MWe以下の革新炉とする。

革新炉の区分

革新炉 <定義>	大型	小型
	> 300MWe	≤ 300MWe
軽水炉	革新軽水炉	SMR
第4世代炉等	大型第4世代炉	

第4世代炉：黎明期の原子炉（第1世代）、現行の軽水炉等（第2世代）、改良型軽水炉等（第3世代）に続く原子力システムの概念

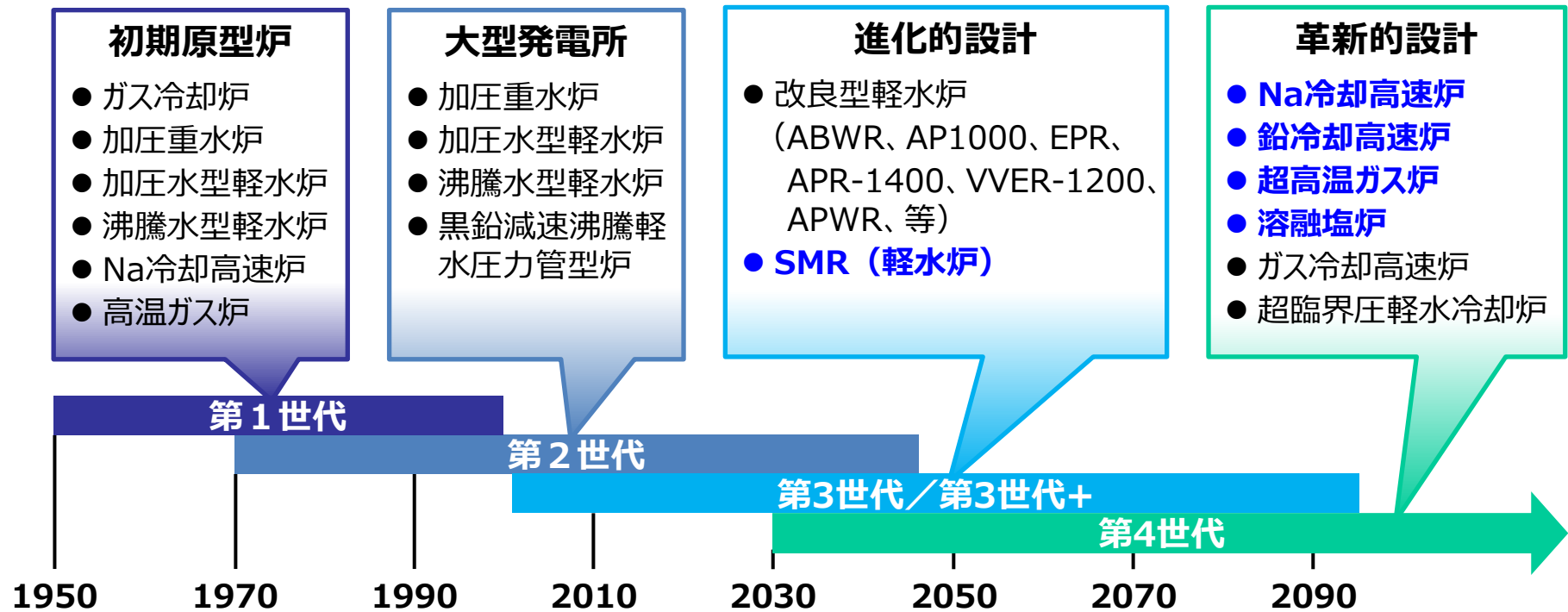
SMRの定義

米国		英国		OECD/NEA		IAEA		
AR	SMR	<ul style="list-style-type: none"> 軽水炉 300MWe以下 (NRC定義) 	SMR	<ul style="list-style-type: none"> 軽水炉 小型 モジュール式 	SMR	<ul style="list-style-type: none"> 全ての炉型 300MWe未満 モジュール式 	SMR	<ul style="list-style-type: none"> 全ての炉型 300MWe以下 モジュール式 先進的
		<ul style="list-style-type: none"> 全ての炉型 (固有安全性や非電力利用といった先進性を持つもの) 	AMR	<ul style="list-style-type: none"> 非軽水炉 (含核融合炉) モジュール式 				

AR : Advanced Reactor (新型炉) 、AMR : Advanced Modular Reactor (新型モジュール炉)

- SMRの中でも、電気出力10MWe以下のものをマイクロリアクター (超小型炉) と呼ぶことがある。
- 経産省は、革新軽水炉、SMR、高温ガス炉、高速炉、核融合炉の5種類を**次世代革新炉**としている。
- **高温ガス炉は、革新炉、新型炉、SMRの何れにも当てはまる炉型。**

革新炉 (SMR) の定義 (2/2)



● **本資料では、各種炉型のSMR (軽水炉、Na冷却高速炉、鉛冷却高速炉、高温ガス炉、熔融塩炉) 及び大型高速炉を革新炉とする。**

- **SMR** : 概ね電気出力300MWe以下のモジュール式原子炉で、炉型を問わない。
- **軽水炉 (LWR)** : 軽水 (普通の水) が減速材と冷却材に兼用され、燃料に濃縮ウランを使う原子炉。蒸気発生法の違いによって沸騰水型炉 (BWR) と加圧水型炉 (PWR) の2種類がある。
- **高速炉 (FR)** : 高速中性子 (エネルギーの高い中性子) による核分裂反応から熱を取り出す原子炉。軽水炉と異なり冷却材として中性子を減速しにくいNaや鉛といった液体金属が使用される。
- **高温ガス炉 (HTGR)** : 炉心・燃料の構成材に耐熱性の高い黒鉛 (減速材) やSiCのセラミック材料 (燃料被覆) を、冷却材に化学的に安定なヘリウムガスを用いることにより、高温 (~950℃) の熱を取り出すことが可能な原子炉。
- **熔融塩炉 (MSR)** : 熔融塩を冷却材として使用する原子炉。

1. **革新炉（SMR）とは**
 - 1.1 革新炉（SMR）の定義
 - 1.2 **SMRの特長と導入目的**
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. **世界の革新炉開発・導入動向の概要**
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. **各国の革新炉開発・導入動向の詳細**
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々（露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン）
4. **国際機関（IAEA、OECD/NEA）におけるSMR開発支援活動**
5. **各国・国際機関の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ**

- エネルギーの多様化、気候変動対策、電源の分散化、大型炉建設の大幅な遅延等の新しい社会の課題とニーズに応える技術としてSMRの開発及び商業化プロジェクトが展開されている。

(1) SMRの特長

SMRは、電気出力300MWe程度以下の原子炉であり、その多くは以下の特長を持っている。

- 小出力化に伴う固有安全性の向上や受動安全性の採用による安全性向上。
- 工場生産した設備・機器をモジュールとしてサイトへ輸送、組立、設置することにより、工期を大幅に短縮。
- 1つのサイトに単一あるいは複数モジュールのプラントとして構成できる柔軟性。

(2) SMRの導入目的

SMRの導入目的として、上記特長を活かし、各国の事情に応じた適用が期待される。

- 基幹電源として電力を安定供給。
- 変動型再生可能エネルギーシステムとの共存。
- EPZ（緊急時計画区域）の縮小による都市近接立地。
- 多目的熱利用、水素製造。
- 遠隔地／小規模電力グリッドへの電力の供給。

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

● 発電コストの低減

SMR単機当たりの建設費は従来型の大型炉より低い、一般的にはスケールデメリットにより単位出力当たりの建設費は大型炉より上昇すると考えられる。しかし、以下のような対策により、発電コストを大型炉並みに抑制可能。

- パッシブ系の採用により、安全設備等を大幅に簡素化して設計工程や物量を簡素化。
- 工場生産方式で原子炉を複数、同一設計で製造し、品質管理を含めて効率的な生産により、コストを低減。
- 工場で原子炉本体、プラント機器の大部分を製造してサイトの建設工程を減らし、建設期間を大幅に短縮。
- メンテナンス作業の削減：安全設備等機器の削減により、メンテナンス作業も削減。
- パッシブ化、設備削減により運転員の負担を軽減し、一つの制御室で複数ユニットの制御を可能にして運転管理を合理化（規制制度に依存）。

● 投資リスクの低減

開発段階を終了して大型炉や競合電源（米国の評価ではコンバインドサイクル発電）に匹敵する経済性を実証した例はなく、ビジネスモデルとしての不確かさがあるが、以下の投資リスクの低減が期待される。

- 1ユニット当たりの投資額の縮小：複数ユニットを設置する場合も、小規模な投資を段階的に積んでいくことで、投資リスクを減らすことができる。
- 投資回収期間の短縮：1ユニット当たりの建設期間が短縮され、投資してから電力供給による収入を得るまでの期間が短縮される。
- サプライチェーンの簡素化：大型炉と異なり、機器供給体制を簡素化することにより、下請け構造が簡素化され、製造・建設における遅延等のリスクが低減される。

ただし、大量生産のメリットを活かすためには、最適化された製造設備の整備のための大規模な初期投資が必要との指摘もある。

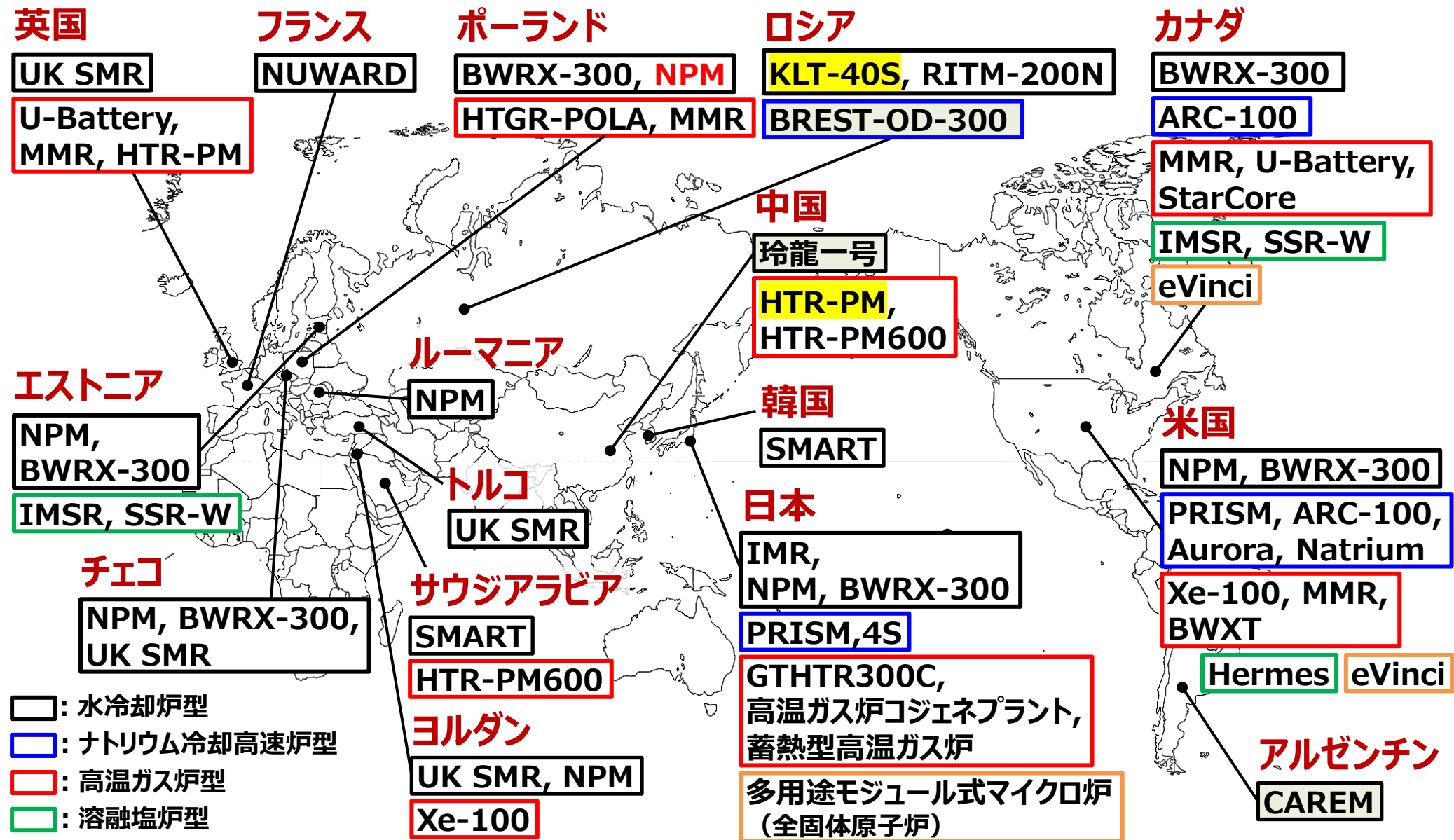
- IAEAでは、CRP「Economic Appraisal of Small Modular Reactor Projects（SMRプロジェクトの経済性評価）」を立ち上げ、SMRの技術的特性を含めた経済性評価の方法論的基盤を共同で開発し、SMRの量産や工場生産等の効果に対する適用検討も含めて、2024年末まで活動（日本からも参加）。

(1) 田中隆則：「原子力革新技術への挑戦－SMRへの期待－」、季報エネルギー総合工学Vol. 41, No. 2, pp. 20-29, 2018.

(2) B. Mignacca, "Economics and finance of Small Modular Reactors: A systematic review and research agenda", Renewable and Sustainable Energy Reviews 118 (2020)

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

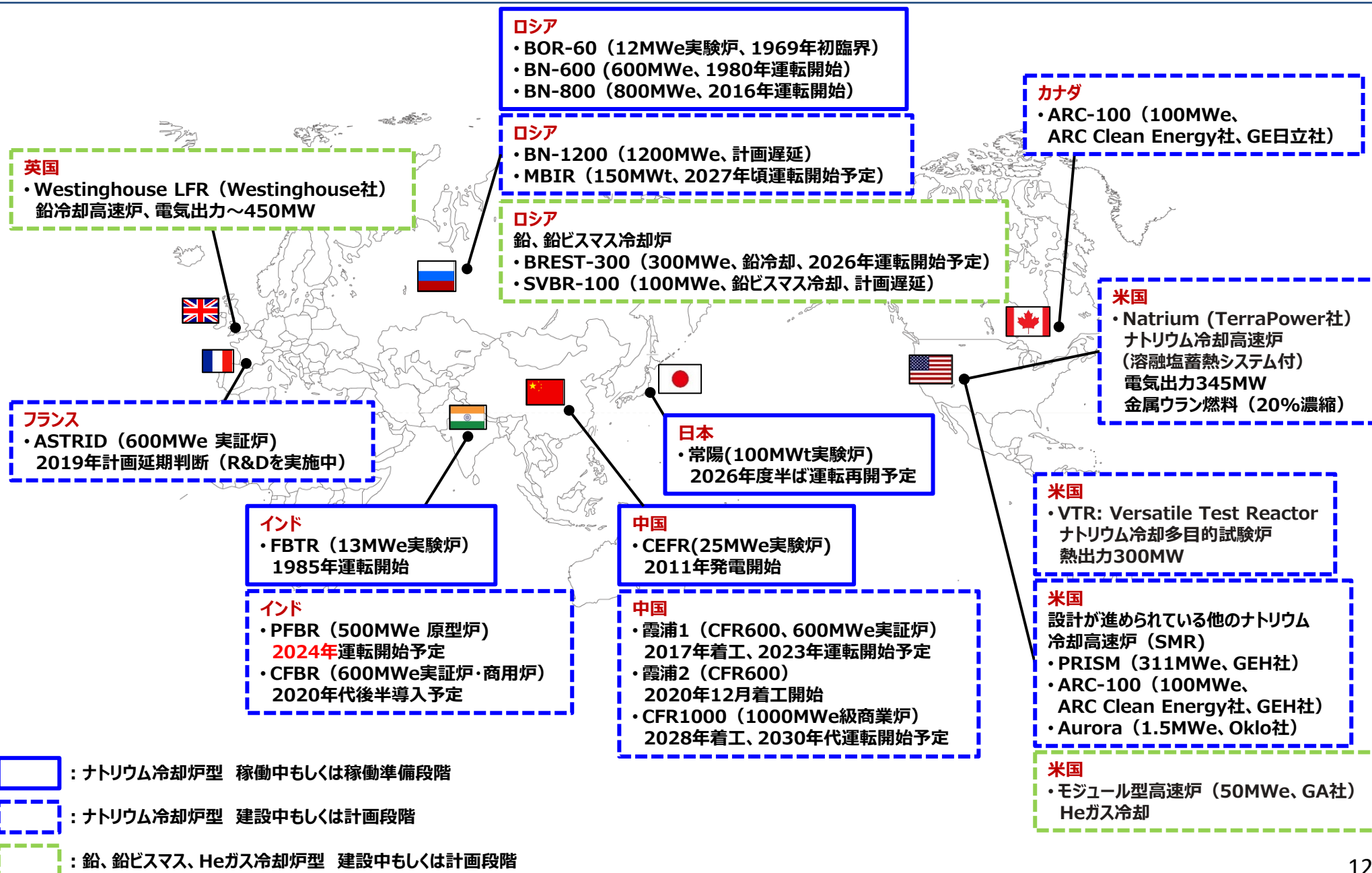
世界の革新炉 (SMR) 開発・導入状況



- : 水冷却炉型
- : ナトリウム冷却高速炉型
- : 高温ガス炉型
- : 溶融塩炉型
- : その他の炉型
- : 稼働中
- : 建設中

世界各国で革新炉が開発され、導入が計画されている。

世界の革新炉（高速炉）開発・導入状況



 : 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、Heガス冷却炉型 建設中もしくは計画段階

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

- 米国、加国及び英国では、政府の強力な支援の下、民間が開発、国内外での商業化を推進

（1）米国

- ① 米国産業界は、SMRの米国内での展開及び欧州等への輸出を目指した活動を積極的に実施。
 - NuScale Power社は、電気出力77MWeの加圧水型炉（PWR）**NuScale Power Module : NPM**を開発中。ユタ州公営共同電力事業体（UAMPS）は、アイダホ国立研究所（INL）敷地内でNPMを6基連結して発電することを計画中。
 - GE Hitachi Nuclear Energy（GEH）社は、電気出力300MWeの沸騰水型炉（BWR）**BWRX-300**を開発中。
 - X-energy社は、電気出力75MWeの高温ガス炉**Xe-100**を開発中。
 - TerraPower社は、電気出力345MWeの高速炉**Natrium**を開発中。→**JAEAが協力**
 - Oklo社は、電気出力1.5MWeの超小型高速炉**Aurora**を開発中。
 - Ultra Safe Nuclear Corporation : USNCは電気出力3.5～15MWeの小型高温ガス炉**Micro Modular Reactor : MMR**を開発中。
 - テネシー峡谷開発公社（TVA）はテネシー州オークリッジ近郊のクリンチリバー・サイトに複数のSMRの設置を計画し、原子力規制委員会（NRC）は早期立地許可の発給を承認（2019年12月）。
- ② エネルギー省（DOE）は2020年5月、軽水炉型のSMRを含む新型炉の開発・導入を支援するため、新型炉実証プログラム（ARDP）を開始し、新型炉開発における世界のリーダー復活を目指している。
- ③ DOEは高速中性子の照射試験炉として多目的試験炉**VTR**（ナトリウム冷却高速炉）を2026年稼働を目指して設計を開始した（2022・23年度と議会が予算を認めず、稼働時期は延期の見込）。
- ④ 国防総省（DOD）の戦略的能力室（SCO）は、軍事作戦用の可搬式マイクロ原子炉を設計・建設・実証するための**プロジェクトPele**を実施中、マイクロ炉としてBWXT社の高温ガス炉を選定（2022年6月）。

（2）加国（カナダ）

- ① カナダ原子力研究所（CNL）は、SMR実証のためにチョークリバー・サイト内にSMR実証炉の建設を予定し、6社の提案に対し、4つのフェーズのSMRの評価プロセスを実行中。
- ② オンタリオ州とサスカチュワン州は、SMR初号機として米国GE日立ニュークリア・エナジー（GEH）社のBWRX-300（BWR）を2028年までにオンタリオ州内で建設し、これに続くフェーズで最大4基のSMRの最初の1基を2032年までにサスカチュワン州内で完成させる計画を進めている。また、ニューブランズウィック州は、米国ARC Clean Energy社のARC-100（Na冷却高速炉）の実証炉を2029年までに運転させ、英国モルテックス・エナジー社のSSR-W（溶融塩炉）と廃棄物リサイクル施設を2030年代初頭までに稼働させる計画を進めている。

（3）英国

- ① 英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）は2017年12月、次世代新型原子炉開発で英国が世界のリーダー的地位を獲得するため、原子力産業界に対する包括的な支援方策としてAMRの研究開発や実行可能性調査、有望設計の開発促進等を行うプロジェクト「AMR実行可能性・開発プロジェクト」に3年間で最大5,600万ポンドを拠出と発表した。
- ② 英国政府は2020年に11月及び12月に、「グリーン産業革命のための10ポイント計画」及び「エネルギー白書」を公表し、SMRやAMRの導入支援策を示した。
- ③ BEISは2021年7月、2030年代初頭のAMR実証を目指す「AMR研究開発・実証プログラム」を発表、同年12月に実証炉として高温ガス炉を選定、2022年9月に**JAEAとチームを組むNNLを含むフェーズA実施機関を選定**。2023年7月、**JAEAとチームを組むNNLを含むフェーズB実施機関を選定**。
- ④ Rolls-Royce社率いるSMR開発の企業連合は2019年11月、英国の戦略的政策研究機関UKRIから1,800万ポンドを受領した。BEISは2021年11月、SMR開発に対するマッチングファンドとして、2億1,000万ポンドをRolls-Royce SMR社に対し提供と発表した。
- ⑤ 英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省（DESNZ）は2023年7月、革新的SMRの支援金交付対象を選定するコンペを開始。

● 露国及び中国は、政府が強力に開発及び商業化を推進

(1) 露国 (ロシア)

露国は国営原子力総合企業ロスアトム社の下で新型炉の開発として、大型SFR (BNシリーズ) の商業化を目指す一方で、軽水炉型及び鉛冷却高速炉等のSMRの開発を推進。

- 電気出力35MWeの小型軽水炉KLT-40S (PWR) × 2基で構成される**世界で唯一の海上浮揚式原子力発電所アカデミック・ロモノソフ号**を開発、建設し、2019年12月に極東地域北東部のチュクチ自治区管内、ペベクの隔離された送電網に送電を開始 (**世界で初めてのSMR技術に基づく発電所**) 。
- ロシア初となる陸上設置式SMRのRITM-200N (PWR、電気出力55MWe) をサハ共和国北部のウスチ・ヤンスク地区ウスチ・クイガ村で、2028年までに完成させる計画が進行中。
- シベリア西部のトムスク州で鉛冷却高速炉BREST-OD-300 (電気出力300MWe) の建設開始 (2021年6月) 。

(2) 中国

中国は、国家能源局 (NEA) の指導の下、様々な機関が高速炉、高温ガス炉、超臨界圧水冷却炉、SMR等、幅広い炉型の開発を推進。

- 清華大学核能及新能源技術研究院 (INET) が中心となり、高温ガス炉実用炉を開発。
 - ✓ 実証炉HTR-PM (熱出力250MWt× 2基、電気出力210MWe) を山東省威海市石島湾に建設。2021年に臨界、送電網への接続、2022年に初期全出力運転を達成。
 - ✓ HTR-PMの実証技術に基づき、商用炉HTR-PM600 (熱出力250MWt×6基、電気出力600MWe) を開発中。
- 中国核工業集团公司 (CNNC) が電気出力100MWeのPWR型多目的SMR**玲龍一号 (ACP100)** の実証炉建設プロジェクトに着手 (2019年7月)、建設開始 (2021年7月) 。2026年運開予定。

● その他の国々

- ① 仏国、韓国及びアルゼンチンは、自国技術を開発し、海外展開も視野に入れている (何れもPWR型SMR) 。
- ② これ以外の国々は、開発国の成果を国内に導入する方向で調査・検討を実施している。検討している炉型としては、軽水炉、高温ガス炉、ナトリウム冷却高速炉、熔融塩炉、等である。

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

● 各国の規制機関による取組

➤ NRC（米国）とCNSC（カナダ）の技術審査協力

- ✓ NRCとCNSCは、SMRや新型炉の技術審査を共同で実施し、双方の専門的知見を共有する等、原子力安全規制の実効性を高めることを目的とする協力覚書を2019年8月に締結。
- ✓ 2022年6月まで、Terrestrial Energy社製SMRである統合型溶融塩炉（IMSR）の共同技術審査を実施。2022年9月から、GEH社製SMRであるBWRX-300の技術審査で協力中。

➤ ASN（仏国）とフィンランド・チェコ規制当局の技術審査協力

- ✓ フランス原子力安全規制当局（ASN）がフィンランド及びチェコの規制当局と共同で、EDF社製SMRであるNUWARDの設計を審査すると発表（2022年6月）。

➤ CNSC（カナダ）とポーランド国家原子力庁（PAA）の技術審査協力

- ✓ CNSCとPAAは、BWRX-300の共同技術審査を目指した協力覚書を締結（2023年2月）。

➤ NRC（米国）とPAA（ポーランド）の協力

- ✓ NRCとPAAは、BWRX-300の技術情報交換で協力（2023年6月）。

➤ 国際規制者会議（INRA）におけるSMRの設計評価と許認可での連携⁽¹⁾

- ✓ INRA（カナダ、フランス、ドイツ、日本、韓国、スペイン、スウェーデン、英国、米国の規制当局が参加）は、SMRの包括的な設計評価と許認可を効率的かつ効果的に進めていくため、各国の規制当局者間の協力を強化する等、グローバルな方式で積極的に取り組む方針を表明（2023年5月）。
- ✓ 2国間や多国間の協力取り決めをさらに拡大して、助言やガイダンス、規制関係の評価経験を共有。それぞれが国内の規制審査を円滑に進め、専門的知見や様々な資源を確保できるようにしていく方針。

● IAEAにおける活動

- ✓ IAEAは、SMRに関するワークショップ、技術検討会、コンサルタント会合等を2012年から数多く開催して、SMRに関する開発状況、技術ロードマップ、等を報告書として取りまとめている。
- ✓ SMRは世界的に導入が図られようとしているが実績がまだ少ないため、IAEAでは大型軽水炉用に策定された既存のIAEA安全基準類についてSMRへの適用性を検討中。
- ✓ 安全設計要件を確立するための炉型に依らない技術中立的な安全アプローチ及びSMR安全要件作成の方法論に関する技術報告書の作成を促進。
- ✓ 既存のIAEA安全基準の軽水炉SMR及び高温ガス炉への適用性に関しまとめた技術報告書を2020年に発行（IAEA-TECDOC-1936）。
- ✓ 原子力の調和と標準化イニシアチブ（NHSI）で、SMR の設計、建設、規制及び産業アプローチの調和と標準化を進めることを目的とした取組を実施。

IAEAでのSMRの安全アプローチ、安全要件策定に関する取り組み

SMR Regulators' Forum

9か国の規制関係者及び3機関（オブザーバー）が参加、EPZ（緊急時計画区域）の考え方等の許認可上の論点、課題を共有・議論

Requirements

規制上の安全要件の整理

Design

設計に関連した安全基準IAEA SSR-2/1 (Rev.1)のSMR技術への適用性のレビューを通じて設計者の観点からの課題を整理

Assessment

SMRの安全評価/安全解析に関する議論（決定論的/確率論的安全評価、深層防護/安全裕度/安全障壁、安全重要度分類、既存の安全評価例等）

Crosscutting

グレーデッドアプローチ、受動安全特性、複数機立地へのPRA、リスク情報を活用した意思決定、安全目標に関する階層構造のような、分野横断的な論点に関し報告書を作成

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

米国の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

国名	組織	計画名等	選択炉型及び出力(MWe)	現状及び計画	
米国	DOE	ARDP① 5-7年以内の新型炉実証 (2020年代後半運開)	高速炉: Natrium (TerraPower社)	345	2020年10月選定。ワイオミング州の閉鎖予定石炭火力発電所に建設予定。2023年8月に建設許可を、2026年3月に運転許可をNRCに申請予定。2022年12月、2028年から2年以上の運転開始延期を発表。
			高温ガス炉(ペブル型): Xe-100 (X-energy社)	75	2020年10月選定。Energy Northwest社のワシントン州コロンビア原子力発電所敷地内に建設予定。
		ARDP② 将来の実証に向けたリスク低減 (2030年代半ばの運開)	溶融塩炉: Hermes (Kairos Power社)	35MWt	2020年12月選定。フッ化物塩冷却高温炉: KP-FHRの開発。テネシー州東部テネシー技術パークに建設予定。NRCは2023年6月、Hermesの建設許可に関し、安全面の評価審査を完了、許可発給へ。
			ヒートパイプ冷却炉: eVinci超小型炉 (WH社)	15MWt	2020年12月選定。
			TRISO燃料・SiCマトリックス利用炉: BANR (BWXT AT社)	50MWt	2020年12月選定。
			PWR: SMR-160 (Holtec Government Services社)	160	2020年12月選定。
		ARDP③ 新型炉概念2020 (2030年代半ばの実用化を期待)	溶融塩炉: MCRE (Southern Company Services社)	1MWt	2020年12月選定。塩化物溶融塩高速炉: MCFRの開発。
			高速炉: 固有安全新型SMR (ARC社)	100	2020年12月選定。ARC-100に基づき検討。
			高速炉: モジュール型高速炉 (GA社)	50	2020年12月選定。
		国防総省	プロジェクトPele	高温ガス炉: 水平コンパクト高温ガス炉 (MIT)	
	高速炉: VTR (Bechtel National社、GEH社、TerraPower社)				GEH社のPRISM設計に基づく。2020年9月、CD-1承認。2022年7月、EIS最終版のROD発行。
	高温ガス炉: 超小型炉 (BWXT社)				安全かつ先進的な可動式の超小型炉を設計。2022年6月、最終的にBWXT社の高温ガス炉設計を選定。同年12月、BWXT社がTRISO燃料の製造を開始。2025年末までに稼働予定。
	NuScale Power社、CFPP社			INLサイトにおけるSMR建設・運転計画	PWR: NuScale Power Module
	GEH社	BWR型SMR開発計画	BWR: BWRX-300	300	NRCによる先行安全審査実施中。
Oklo社	INLサイトにおけるAurora計画	超小型高速炉: Aurora	2	2020年、建設・運転一括認可申請をNRCが受理し、2022年1月に申請を却下(再申請予定)。2020年代初頭から半ばに初号機着工。	
USNC	MMR計画	高温ガス炉(ブロック型): MMR	3.5~15	2022年8月、TRISO燃料粒子とFCM燃料のパイロット製造施設をテネシー州にオープン。	
WH社	AP300計画	PWR: AP300	300	2023年5月、AP1000のSMR版として発表。今後10年以内に初号機を完成、稼働が目標。	
TVA	SMR建設計画	未定		2019年、NRCによる早期立地許可の承認。	
NRC	CNSCとの共同技術審査	溶融塩炉: IMSR (Terrestrial Energy社) BWR: BWRX-300 (GEH社)	190 300	2019年からIMSRの共同審査を実施し、2022年6月に完了。2022年9月から、BWRX-300の審査で協力中。	





加国、英国、仏国の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ

国名	組織	計画名等	選択炉型及び出力(MWe)	現状及び計画	
カナダ	CNL	CNLサイトでのSMR 実証炉建設・運転計画 1. 認定前設計審査段階 2. 適正評価段階 3. 土地手配・契約交渉段階 4. プロジェクト実施段階	高温ガス炉(ブロック型): MMR (GFP社、OPG社、USNC)	5	第3段階評価中
			熔融塩炉: IMSR (Terrestrial Energy社)	190	第1段階評価完了
			高温ガス炉(ブロック型): StarCore (StarCore Nuclear社)	10	第1段階評価完了
			高温ガス炉(ブロック型): U-Battery (U-Batteryカナダ社)	4	第1段階評価完了
			他2炉(炉型・社名等非公開)		第1段階評価中
	オンタリオ州、 ニュー・ブランズ ウィック州、サス カチュワン州、 アルバータ州	SMR開発・建設計画	州営電力会社が、以下の炉型を選択。		<ul style="list-style-type: none"> 2019年、3州がSMRの開発・建設のため協力覚書を締結。 2021年4月、3州の電気事業者が共同で実施したSMR開発の実行可能性調査の結果を公表。 2021年4月、アルバータ州が正式に参加。 2022年3月、4州のSMRの戦略的開発・建設計画を策定。
	OPG社	同社原発敷地内へのSMR 導入計画	BWR: BWRX-300 (GEH社)	300	<ul style="list-style-type: none"> 初号機を2028年までにOPG社ダーリントン発電所で、次段階で最大4基のSMRの最初の1基を2032年までにサスカチュワン州内で完成。 2021年12月、BWRX-300を選定。2022年10月、CNSCに建設許可を申請。ダーリントン発電所に3基を追加導入する計画。
	NB Power社	同社原発敷地内へのSMR 導入計画	熔融塩炉: SSR-W (Moltex Energy社)	300	<ul style="list-style-type: none"> 2020年、NB州でのSMR建設に向けた相互協力のためSMRベンダークラスターを設立。 ARC-100の実証炉を2029年までに運開。 SSR-Wと廃棄物リサイクル施設を、2030年代初頭までに稼働。
			高速炉: ARC-100 (ARC Clean Energy社)	100	
	CNSC	許認可申請前ベンダー設計審査 1. 規制基準全般の適合評価 2. 許認可上障害となる点の同定 3. フォローアップ	SMRでは、高温ガス炉3社、軽水炉3社、熔融塩炉2社、高速炉2社、ヒートパイプ炉1社の計11社が申請		高温ガス炉3社 (USNC、U-Battery Canada社、X-energy社)、軽水炉2社 (GE-Hitachi Nuclear Energy社:完了、SMR社:完了)、熔融塩炉2社 (Terrestrial Energy社:完了、Moltex Energy社)、高速炉1社 (ARC Nuclearカナダ社)、ヒートパイプ炉1社 (Westinghouse Electric Company社)。下線は現在審査中の5社。
NRCとの共同技術審査			熔融塩炉: IMSR (Terrestrial Energy社) BWR: BWRX-300 (GEH社)	190 300	2019年からIMSRの共同審査を実施し、2022年6月に完了。2022年9月から、BWRX-300の審査で協力中。
MMRのサイト準備許可: LTPS			高温ガス炉(ブロック型): MMR (GFP社、OPG社、USNC)	5	2021年5月、LTPS申請が技術審査に移行。
波国PAAとの共同活動			BWR: BWRX-300 (GEH社)	300	2023年2月、BWRX-300の共同技術審査を目指し協力覚書を締結。
英国	BEIS (DESNZ)	AMR RD&Dプログラム フェーズA: FEED関係予備調査 フェーズB: 詳細設計FEED調査 フェーズC: 許認可、建設	高温ガス炉	2021年12月、2030年代初頭の実証を目指すAMRとして、高温ガス炉を選択。2022年2月、実証までのスケジュール概要を発表。同年9月、JAEAとチームを組むNNLを含むフェーズA実施機関を公表。2023年7月、JAEAとチームを組むNNLを含むフェーズB実施機関を公表。	
	Rolls-Royce SMR社	PWR型SMR開発計画	PWR: UK SMR	470 2030年代初頭運開。2021年12月、政府資金獲得、GDA申請。2022年4月、GDA開始。	
仏国	CEA、EDF等	NUWARD計画	PWR: NUWARD (CEA、EDF、Naval Group、TechnicAtome社)	170 ×2 基本設計段階。2030年までに「プロトタイプ」を建設。	

露国、中国の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ

国名	組織	計画名等	選択炉型及び出力(MWe)		現状及び計画
露国	ROSATOM社	浮揚式原子力発電所	PWR: KLT-40S	35 ×2	完成(2019年12月から送電を開始)。
		鉛冷却高速実証炉 建設計画	鉛冷却高速炉: BREST-OD-300	300	建設開始(2021年6月)。
		陸上設置式SMR	PWR: RITM-200N	55	建設許可(2021年8月)。
中国	CNNC	HTR-PM(実証炉)計画	高温ガス炉(ペブル型): HTR-PM	210	2モジュールで1つの蒸気タービン。臨界(1号炉:2021年9月、2号炉2021年11月)、送電網へ接続(1号炉:2021年12月)、初期全出力運転(2022年12月)。
		HTR-PM600(商用炉)計画	高温ガス炉(ペブル型): HTR-PM600	650	基本設計終了。6モジュールで1つの蒸気タービン。
		PWR型SMR実証炉計画	PWR: 玲龍一号	125	建設開始(2021年7月)。

<プロジェクトの主導組織>

	: 政府機関、国研		: 州政府
	: 開発ベンダー		: 規制機関

各国の革新炉（高速炉） 開発・導入動向まとめ

国名	組織	計画名等	選択炉型、冷却材及び出力(MWe)			現状及び計画
米国	DOE	ARDP① 5-7年以内の新型炉実証 (2020年代後半運開)	高速炉: Natrium (TerraPower社)	Na	345	2020年10月選定。蓄熱技術との組み合わせ。 2030年頃、運開(計画遅延)。
		ARDP③ 新型炉概念2020 (2030年代半ばの実用化を 期待)	高速炉: 固有安全新型SMR (ARC社)	Na	(100)	2020年12月選定。ARC-100に基づき検討。
			高速炉: モジュール型高速炉 (GA社)	He ガス	50	2020年12月選定。Heガス冷却炉。
		多目的試験炉 (VTR) 計画	高速炉: VTR (Bechtel National社、GEH社、 TerraPower社)	Na他	120	2020年9月、CD-1承認。2032年の運開予定は遅延見込。 GEH社のPRISM設計に基づく。
英国	BEIS	新型モジュール炉 (AMR) 実行可能性・開発計画 1. 実行可能性調査 2. 設計開発	高速炉: WH-LFR (WH UK社)	Pb	450	フェーズ2 (2020年7月、フェーズ1に進んだ8社から3社を選 定)。2022年、終了。
加国	NB Power社	同社原発敷地内へのSMR 導入計画	高速炉: ARC-100 (ARC Clean Energy社)	Na	100	2020年、NB州でのSMR建設に向けた相互協力のためSMRベ ンダークラスターを設立。2029年頃、運開。
仏国	CEA	ASTRID計画	高速炉: ASTRID (CEA)	Na	600	2019年12月計画延期。安全性実証のための実証炉。 1980年4月、初臨界。1981年12月、営業運転。 2020年4月、寿命延長 (~2025年)。高い設備利用率。
露国	ROSATOM社		高速炉: BN-600 (ROSATOM社)	Na	600	2014年6月、初臨界。2016年10月、営業運転。閉燃料C実証。
			高速炉: BN-800 (ROSATOM社)	Na	880	2025年頃、着工予定。2030年代、運開。第4世代SFR。
		2コンポーネントシステム (軽水炉・高速炉) 計画 (一 部Proryvにて実施)	高速炉: BN-1200 (ROSATOM社)	Na	1220	2021年6月、着工。2026年、運開。閉燃料C実証。
			高速炉: BREST-300 (ROSATOM社)	Pb	300	SMR (建設計画遅延)。Pb-Bi冷却。
			高速炉: SVBR-100 (ROSATOM社)	Pb-Bi	100	
	多目的高速中性子研究炉 (MBIR) 計画	高速炉: MBIR (ROSATOM社)	Na他	55	2015年9月、本格着工。2027年頃、運開。マルチ冷却材。	
中国	CIAE	863計画に基づく高度技術 開発プログラム	高速炉: CEFR (CIAE)	Na	20	2010年7月、初臨界。2011年7月、発送電。UO2燃料。 中国原子能科学研究院 (CIAE) (国営企業)。
	CNNC	霞浦高速炉パイロットプロ ジェクト	高速炉: CFR600 (CNNC)	Na	600	2025年頃、運開。MOX燃料、金属燃料。 中国核工業集团有限公司 (CNNC) (国営企業)
			高速炉: CFR1000 (CNNC)	Na	1000	2030年代、運開。MOX燃料、金属燃料。 中国核工業集团有限公司 (CNNC) (国営企業)
印国	BHAVINI社	インドの野心的な三段階の 原子力発電開発計画	高速炉: PFBR (BHAVINI社)	Na	500	2024年、運開(計画遅延)。インド独自で設計・建設。(Pu,U)O2
			高速炉: CFBR (BHAVINI社)	Na	600	2020年代後半、運開。MOX燃料。

<プロジェクトの主導組織>

	: 政府機関、国研		: 州政府
	: 開発ベンダー		: 規制機関

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

● DOEによる革新炉開発支援 (1)

- DOEは、SMRを始めとする革新的原子力技術の早期導入に向けて、特に許認可プロセスの確立に向け産業界及び原子力規制委員会 (NRC) と連携した取り組みを実施。

□ 新型炉実証プログラム (ARDP: Advanced Reactor Demonstration Program) (2)

DOEは2020年5月、ARDPを開始。新型炉として、軽水炉、非軽水炉を問わないが、固有安全性、廃棄物低減、燃料高利用率、高信頼性、核拡散抵抗性、高熱効率及び非電力利用を有するものと定義。ARDPは、官民による費用分担を前提とし、以下の3つのカテゴリーにおいて、公募により選ばれた新型炉開発プロジェクトに対して資金援助が行われる。

① 7年以内の新型炉実証 (7年以内の実証 (運転) 可能な新型炉に対し資金援助。支援先負担率50%以上。)

DOEは2020年10月、以下2社のチームを支援先として選定。DOEが約7年間に投資する総額は、約32億ドルに達する見通し。

- **TerraPower社** (ナトリウム冷却高速炉Natriumの開発及び建設。DOE支援額約20億ドル。)
- **X-energy社** (ペブルベッド型高温ガス炉Xe-100の開発及び建設。DOE支援額約12億ドル。)

② 将来の新型炉実証に向けたリスク削減 (将来 (10～14年後) の新型炉実証に向けたリスク低減を目的とした技術・運転・規制課題解決に対し、資金援助。支援先負担率20%以上。)

DOEは2020年12月、以下5社のチームを支援先として選定。

- **Kairos Power社** (Hermes縮小規模試験炉の設計、建設及び運転による商用炉Kairos Powerフッ化物塩冷却高温炉: KP-FHRの開発。7年間で総額6億2,900万ドル、DOE支援分3億300万ドル。)
- **Westinghouse Electric Company社** (ヒートパイプ冷却炉: eVinci超小型炉の設計。7年間で総額930万ドル、DOE支援分740万ドル。)
- **BWXT Advanced Technologies社** (TRISO燃料及びSiCマトリックスを利用するBWXT新型原子炉: BANRの開発。7年間で総額1億660万ドル、DOE支援分8,530万ドル。)
- **Holtec Government Services社** (PWR型のHoltec SMR-160の初期設計、エンジニアリング及び許認可活動。7年間で総額1億4,750万ドル、DOE支援分1億1,600万ドル。)
- **Southern Company Services社** (溶融塩化物冷却高速炉の実験炉: MCREの設計、建設及び運転による溶融塩化物冷却高速炉の開発。7年間で総額1億1,300万ドル、DOE支援分9,040万ドル。)

③**新型炉概念2020：ARC-20**（2030年代半ばに実用化が期待される革新的新型炉概念に対し、資金援助。支援先負担率20%以上。）

DOEは2020年12月、以下2社、1大学のチームを支援先として選定。

- **Advanced Reactor Concept社**（本質的に安全な新型炉（100MWeのナトリウム冷却炉）の概念設計。3年半で総額3,440万ドル、DOE支援分2,750万ドル。）
- **General Atomics社**（50MWeのモジュール型高速炉の概念設計。3年間で総額3,110万ドル、DOE支援分2,480万ドル。）
- **マサチューセッツ工科大学：MIT**（水平コンパクト高温ガス炉（モジュール一体型高温ガス炉）の概念検討。3年間で総額490万ドル、DOE支援分390万ドル。）

□ 原子力の技術革新を加速するゲートウェイ（GAIN）

DOEは2015年11月、革新的な原子力技術の市場投入を加速するGAINプログラムを立上げ、原子力産業界が新たな先進設計を商業化していく際に必要となる技術的、財政的及び規制上の支援を開始。バウチャープログラムにより、民間企業にDOE傘下国立研究所の設備利用権を提供。

□ MEITNER、GEMINA及びONWARDS⁽³⁾

エネルギー高等研究計画局（ARPA-E）は、以下の3つのプログラムを実施中。

- **MEITNER**（モデリング改良型技術革新による原子力技術の先駆的再活性化）
2017年より本プログラムで、大幅なコスト低減、安全でセキュリティ性に優れた運転、建設期間の劇的な短縮等を実現するための革新的原子力技術を開発。
- **GEMINA**（インテリジェント原子力資産により管理された発電）
2019年より本プログラムで、次世代原子炉における運転管理・保守点検コストを10分の1まで削減する技術開発に関する先進炉ベンダーのプロジェクトを選定・支援。
- **ONWARDS**（放射性廃棄物と先進的原子炉における処分システムの合理化）
2021年より本プログラムで、新型炉から出る使用済燃料を10分の1に削減することを目指し、新型炉の燃料サイクルに関わる廃棄物の処分問題や貯蔵問題を解決するための技術開発を支援。

● NRCによる革新炉関連活動

- NRCは、DOEの支援を受け、NuScale Power社のNPM（電気出力50MWe版）について設計認証申請を受理し審査、2020年9月に標準設計承認（SDA）を⁽⁴⁾、2023年1月に設計認証（DC）を発給。⁽⁵⁾
- NRCは、TVAに対し、TVAがテネシー州オークリッジ近郊で管理しているクリンチリバー・サイトに複数のSMRを設置するための早期立地許可の発給を承認（2019年12月）。⁽⁶⁾
- NRCの革新炉関連許認可活動に関しては、NRCのウェブサイトに軽水冷却以外の新型炉と軽水冷却のSMRに分けて最新情報が掲載されている。^(7, 8)

● 米国防総省（DOD）による可搬式マイクロリアクターの実証計画：プロジェクトPele^(9, 10)

- 米国防総省（DOD）戦略的能力室（SCO）は、軍事作戦用の可搬式マイクロリアクターを設計・建設・実証するためのプロジェクトPeleを進めている。
 - SCOは、プロジェクトPeleで建設する電気出力1～5MWeの原型炉として、複数候補の中からBWXT Technologies社が開発した第4世代の先進的高温ガス炉を選定（2022年6月）。2025年末までに、INL内に設置され、稼働する予定。
 - BWXT社は、プロジェクトPeleにおける可搬式マイクロリアクターの燃料として、高アッセイ低濃縮ウラン（HALEU）燃料核を多重に被覆した粒子燃料（TRISO燃料）の製造をバージニア州リンチバーグの施設で開始したと発表（2022年12月）。
 - DODは、BWXT社のマイクロリアクターを補完するものとして、NRCによる事前設計審査に向けた炉設計を開発するため、X-energy社と契約し、資金提供することを発表（2023年9月）。

(1) 田中隆則：「原子力革新技術への挑戦－SMRへの期待－」、季報エネルギー総合工学Vol. 41, No. 2, pp. 20-29, 2018. URL : https://www.iae.or.jp/wp/wp-content/uploads/2018/10/201807_Vol41_No2.pdf

(2) DOE ARDPホームページ : <https://www.energy.gov/ne/nuclear-reactor-technologies/advanced-reactor-demonstration-program>

(3) ARPA-Eホームページ : <https://arpa-e.energy.gov/>

(4) JAIF : 「米NRC、ニュースケール社製SMRに「標準設計承認」発給」、原子力産業新聞、2020年9月。URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/4782.html>

(5) JAIF : 「米規制委 SMRとしては初の設計認証を発給」、原子力産業新聞、2023年1月。URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/16233.html>

(6) NRC : 「NRC to Issue Early Site Permit to Tennessee Valley Authority for Clinch River Site」, Dec. 2019. URL : <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/large-lwr/esp/clinch-river.html>, <https://www.nrc.gov/docs/ML1935/ML19352D868.pdf>

(7) NRC : 「Licensing Activities for Advanced Reactors」. URL : <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/licensing-activities.html>

(8) NRC : 「Licensing Activities for Small Modular Reactors」. URL : <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/licensing-activities.html>

(9) BWXT : 「BWXT to Build First Advanced Microreactor in United States」, June 2022. URL : <https://www.bwxt.com/news/2022/06/09/BWXT-to-Build-First-Advanced-Microreactor-in-United-States>

(10) JAIF : 「BWXT社 マイクロ原子炉用TRISO燃料を製造開始」、原子力産業新聞、2022年12月。URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15891.html>

□ NuScale Power社^(1, 2, 3)、CFPP社⁽³⁾

- NuScale Power社は、電気出力77MWeのPWR型SMRであるNPMを開発中。
(設計の改良により、電気出力は50MWe→60MWe→77MWeに増加)。
- 同社は2029年にも、UAMPSの無炭素電力プロジェクト (CFPP) により、INL敷地内で最初のNPMプラントの運転開始を目指す。
- 同社は、NPMを搭載したSMR発電所の呼称を“VOYGR”に決定 (2021年12月)。NPM搭載基数により、VOYGR-4 (4基308MWe)、VOYGR-6 (6基462MWe)、VOYGR-12 (12基924MWe) がある。
- NRCは、50MWe版のNPMに対し、SDAを発行 (2020年9月)。
- NRCは、50MWe版のNPMに対し、DCを発行 (2023年1月)。
- NRCは、77MWe版のNPMに対し、SDAの審査を開始 (2023年8月)。
- UAMPSは、INL敷地内にVOYGR-6を設置し、発電することを計画中。
- UAMPSの100%子会社であるCFPP社は、VOYGR-6をINLに建設するため、建設・運転一括認可 (COL) 申請の最初の部分となる限定工事認可 (LWA) をNRCに申請 (2023年7月)。
- NuScale Power社には、日本の企業 (日揮ホールディングス、IHI、中部電力) 及び金融機関 (国際協力銀行: JBIC) も出資。⁽⁴⁾

□ GEH社⁽⁵⁾

- GEH社は、電気出力300MWeのBWR型SMRであるBWRX-300を開発中。
- BWRX-300の設計に関し、2019年12月30日付けでNRCによる許認可プロセスが開始。⁽⁶⁾
- TVAは、テネシー州オークリッジ近郊のクリンチリバー・サイトにBWRX-300を配備する計画及び予備許認可の支援のため、GEH社と契約を締結 (2022年8月)。⁽⁷⁾

(1) NuScale Power社ホームページ: <https://www.nuscalepower.com/>

(2) JAIF: 「米規制委 SMRとしては初の設計認証を発給」、原子力産業新聞、2023年1月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/16233.html>

(3) JAIF: 「米国 SMRの初号機建設に向け限定工事認可申請」、原子力産業新聞、2023年8月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18912.html>

(4) JAIF: 「中部電力 SMR開発で米ニュースケール社に出資へ」、原子力産業新聞、2023年9月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/japan/19492.html>

(5) GEH社BWRX-300ウェブサイト: <https://nuclear.gepower.com/build-a-plant/products/nuclear-power-plants-overview/bwrx-300>

(6) JAIF: 「米GEH社、同社製SMR「BWRX-300」設計で規制委の先行安全審査開始」、原子力産業新聞、2020年1月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/1761.html>

(7) World Nuclear News: 「TVA, GEH cooperate on BWRX-300 deployment at Clinch River」, Aug. 2022。URL: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/TVA-GEH-cooperate-on-BWRX-300-deployment-at-Clinch>

□ X-energy社⁽¹⁾

- X-energy社は、電気出力75MWeの高温ガス炉Xe-100を開発中。
- DOEの支援を受け、開発・設計、燃料製造工場の設計・許認可準備、建設費・保守費削減方法の検討を実施。⁽²⁾
- 燃料製造に関し、工場建設に必要な機器供給で日本の原子燃料工業(株)と協力協定を締結(2019年5月)。⁽³⁾
- **ARDP①新型炉実証プロジェクトに採用(2020年10月)**。⁽⁴⁾
- X-energy社の100%子会社であるTRISO-X社は、Xe-100で使用するTRISO燃料の商業規模製造施設：TRISO-X燃料製造施設(TF3)の建設サイト(テネシー州オークリッジ)で起工式を開催と発表(2022年10月)。⁽⁵⁾
- TF3の建設と操業を担当するTRISO-X社は、HALEU燃料を取り扱う燃料製造施設TF3に関するライセンス申請書をNRCに提出(2022年4月)、受理(2022年11月)。⁽⁶⁾
- 2028年の運転開始を目指す(Energy Northwest社のワシントン州コロンビア原子力発電所敷地内に建設予定)。

□ TerraPower社⁽⁷⁾

- TerraPower社はGEH社と協同で、ナトリウム冷却高速炉技術に基づいた電気出力345MWeのNatrium炉と溶融塩を用いた蓄熱を組み合わせたシステムを開発中。
- 本システムは、蓄熱により電気出力を調整し、太陽光や風力等、出力が変動しやすい再生可能エネルギー源の補完が可能。
- **ARDP①新型炉実証プロジェクトに採用(2020年10月)**。⁽⁴⁾
- Global Nuclear Fuel-Americas社(GNF-A社)社とTerraPower社は、GNF-A社のノースカロライナ州ウィルミントン敷地内にNatrium用燃料製造施設を建設することで合意(2022年10月)。⁽⁸⁾
- 2028年の運転開始を目指す(PacifiCorp社のワイオミング州ケンメラーの閉鎖予定石炭火力発電所に建設予定。米国内でHALEU燃料を確保する必要性から、運開は2030年以降に延期の見込。⁽⁹⁾)。

(1) X-energy社ホームページ： <https://x-energy.com/>

(2) DOE：「U.S. Department of Energy Awards \$3.5 Million to New Gas Reactor Design」, Dec. 2019.

(3) 電気事業連合会：「[米国] 米X-エナジー社が開発中の小型HTR用燃料製造に原燃工が協力」、海外電力関連トピックス情報、2019年6月。URL： https://www.fepec.or.jp/smp/library/kaigai/kaigai_topics/1259358_4815.html

(4) JAIF：「米工本省、先進的原子炉実証プログラムの支援対象企業2社を発表」、原子力産業新聞、2020年10月。URL： <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/5110.html>

(5) JAIF：「米X-エナジー社 商業規模のTRISO燃料製造施設の起工式」、原子力産業新聞、2022年10月。URL： <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15119.html>

(6) businesswire：「Nuclear Regulatory Commission Accepts TRISO-X's Application for First-of-a-Kind Fuel Fabrication Facility」, Dec. 2022.

URL： <https://www.businesswire.com/news/home/20221215005370/en/Nuclear-Regulatory-Commission-Accepts-TRISO-X%E2%80%99s-Application-for-First-of-a-Kind-Fuel-Fabrication-Facility>

(7) NATRIUMホームページ： <https://natriumpower.com/>

(8) ジェトロ：「米テラパワーとグローバル・ニュークリア・フュエル、次世代原子炉用核燃料の製造施設建設へ」、2022年10月。URL： <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/10/ce820f8caa8e7b12.html>

(9) World Nuclear News：「HALEU fuel availability delays Natrium reactor project」, Dec. 2022。URL： <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/HALEU-fuel-availability-delays-Natrium-reactor-pro>

□ Kairos Power社 (1)

- Kairos Power社は、電気出力140MWeのKairos Powerフッ化物塩冷却高温炉 (KP-FHR) を開発中。
- [ARDP②将来の新型炉実証に向けたリスク削減に採用 \(2020年12月\)](#)。(2)
- NRCは、同社が申請していたKP-FHRの実証炉Hermes (テネシー州オークリッジ「東部テネシー技術パーク」に建設予定) の建設許可について、安全面の評価審査を完了、年内にも建設許可発給の見込 (2023年6月)。(3) さらに同社は、1基目に隣接して発電と売電を行う2基のHermes建設をNRCに申請 (2023年7月)。(4)
- 同社は、ロスアラモス国立研究所 (LANL) とHermes用TRISO燃料ペブルの製造契約を締結 (2022年12月)。(5)

□ Oklo社 (6、7)

- Oklo社は、電気出力1.5MWeの超小型高速炉Auroraを開発中。
- DOEは2019年12月、GAINの一環として、INL敷地内でのAurora建設を許可 (2019年12月)。
- Oklo社は、NRCにAurora初号機の建設・運転一括認可 (COL) を申請したが (2020年3月)、NRCは同社の審査情報提出が不十分として、この申請を却下 (2022年1月)。
- INLで2026年か2027年にAurora初号機の起動を目指しており、同社は商業規模のAuroraを将来的に2基建設する地点として、オハイオ州南部を選定 (2023年5月)。

□ USNC (8、9)

- USNCは、電気出力3.5～15MWeの小型高温ガス炉MMRを開発中。
- USNCは、MMRに使用するTRISO燃料と完全セラミック・マイクロカプセル化 (FCM) 燃料のパイロット製造 (PFM) 施設を、テネシー州オークリッジでオープン (2022年8月)。本PFM施設で、初のMMR用燃料を製造し、MMRで使用可能であるか、試験と性能認定を実施する計画。

※その他の産業界等の動向概要については、P.21及びP.58を参照のこと。

(1) Kairos Power社ホームページ: <https://kairospower.com/>

(2) JAIF: 「米エネ省、先進的原子炉実証プログラムで追加の支援対象5件選定」、原子力産業新聞、2020年12月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/5803.html>

(3) JAIF: 「米規制委 実証炉「ヘルメス」の建設許可発給へ」、原子力産業新聞、2023年6月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18361.html>

(4) World Nuclear News: 「Kairos seeks construction licence for two-unit Hermes plant」, July 2023。URL: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Kairos-seeks-construction-licence-for-two-unit-Her>

(5) Kairos Power: 「Kairos Power Signs Agreement to Produce Fuel for Hermes at Los Alamos National Laboratory」, Dec. 2022。
URL: https://kairospower.com/external_updates/kairos-power-signs-agreement-to-produce-fuel-for-hermes-at-los-alamos-national-laboratory/

(6) Oklo社ホームページ: <https://www.oklo.com/>

(7) JAIF: 「米Oklo社 SPACとの合併で上場へ」、原子力産業新聞、2020年10月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18663.html>

(8) USNCホームページ: <https://www.usnc.com/>

(9) JAIF: 「米USNC社、オークリッジでSMR用燃料のパイロット製造施設をオープン」、原子力産業新聞、2022年8月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/14446.html>

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

● カナダにおけるSMR開発の枠組み

連邦政府



資金拠出（7,600万ドル/年、10年間）^(1,2)

原子力科学技術ワークプラン (Federal Nuclear Science and Technology : FNST Work Plan)

カナダ原子力公社 (AECL)、天然資源庁 (Natural Resources Canada : NRCAN) 等で策定 (2015年9月)⁽³⁾



研究資金
(能力と専門性の維持)



研究成果
(連邦政府の活動を支援)

① SMRロードマップ⁽⁴⁾

- NRCANを中心とするSMRロードマップステアリングコミティが、ロードマップを公表 (2018年11月)



② SMR行動計画⁽⁷⁾

- NRCANは、SMRロードマップに基づくSMR行動計画を公表 (2020年12月)。SMRベンダー11社が参加 (高温ガス炉関係ではU-Battery Canada社、Ultra Safe Nuclear社及びX-energy社が参加)。
- 本計画において、SMR導入に関する新たな支援策は示されていない。

③ カナダ原子力研究所 (CNL) による SMR導入計画

(Canadian Nuclear Laboratories : CNL)

- エネルギー分野等におけるアクションを示した10年間の長期戦略策定⁽⁵⁾ (2017年4月)
 - ✓ ロードマップ作成
 - ✓ SMRに関する規制当局との連携計画、等
- SMR実証炉に関する関心表明要求 (2017年6月)
- SMR導入プロジェクト提案募集 (2018年4月)
- カナダ原子力研究イニシアチブ設立 (2019年7月)

④ カナダ原子力安全委員会 (CNSC) によるSMR 審査

(Canadian Nuclear Safety Commission : CNSC)

- SMRに限らずベンダーに対する原子炉設計の事前審査 (Pre-Licensing Vendor Design Review) を提供開始⁽⁶⁾ (2012年5月)
- 許認可のためのガイド作成中

(1) <https://www.aecl.ca/science-technology/federal-science-and-technology-work-plan/> (2) https://www.cns-snc.ca/media/pdf_doc/position_papers/421_RNNR_Rpt05_GR-e.pdf (3) <https://www.aecl.ca/science-technology/federal-science-and-technology-work-plan/> (4) Canadian Small Modular Reactor Roadmap Steering Committee : 「A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors」, Ottawa, Ontario, Canada, 2018 (5) <https://www.cnl.ca/cnl-releases-exciting-vision-for-the-chalk-river-laboratories/> (6) CNSC : 「Pre-Licensing Vendor Design Review」. <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/> (7) <https://smractionplan.ca/>

● CNLサイト（チョークリバー・サイト）へのSMR導入計画（1）

- カナダ原子力研究所（CNL）は、チョークリバー・サイト内に建設予定のSMR実証炉に関し、ベンダー、研究者、ユーザー等にSMRへの関心表明を求め、国内外から80件の関心表明（2017年6月）。（2）
- CNLは、3～300 MWeのSMR技術研究を優先項目と選定し、2026年までに実証プラントを建設を目指す。
- CNLは、チョークリバー・サイトにSMRの実証炉を建設し、運転するプロジェクトの提案を募集（2018年4月）。（3）
- CNLによるSMR導入プロジェクトにおけるSMRの評価プロセスは、以下のように定められている。（3）
 - **フェーズ1：「許認可申請前設計審査段階」**
SMR設計を提案した企業が予備的基準の適合状況に関する評価を受ける。
 - **フェーズ2：「適正評価段階」**
プロジェクト経費と資金調達に関する財務要件審査を受ける。
 - **フェーズ3：「土地の手配とその他の契約に関する交渉段階」**
CNLの親会社としてサイトを所有するカナダ原子力公社（AECL）が、開発企業とサイト譲渡契約を交わすと共に、建設プロジェクトのリスク管理やその他の契約に関する交渉を行う。
 - **フェーズ4：「プロジェクト実施段階」**
SMR実証炉の許認可と建設、試験、起動、運転及び廃止措置の実行。
- 提案6社の評価プロセス進捗状況（4、5）
Global First Power（GFP）社・Ontario Power Generation（OPG）社・USNC（MMR：高温ガス炉、フェーズ3評価中）、Terrestrial Energy社（IMSR：一体型熔融塩炉、フェーズ1完了）、StarCore Nuclear社（StarCore：高温ガス炉、フェーズ1完了）、U-Batteryカナダ社（U-Battery：高温ガス炉、フェーズ1完了）、その他2社（社名非公開、フェーズ1評価中）
- AECL、CNL及びGFP社は、MMRの実証炉立地場所として、CNLチョークリバー研究所の駐車場を選定したと発表（6）（2023年5月）。

(1) 田中隆則：「原子力革新技術への挑戦－SMRへの期待－」、季報エネルギー総合工学Vol. 41, No. 2, pp. 20-29, 2018. URL : https://www.iae.or.jp/wp/wp-content/uploads/2018/10/201807_Vol41_No2.pdf

(2) CNL : 「PERSPECTIVES ON CANADA'S SMR OPPORTUNITY, Summary Report: Requests for Expressions of Interest – CNL's Small Reactor Strategy」, Oct. 2017. URL : https://smrn.ca/wp-content/uploads/2021/02/CNL_SmModularReactor_Report.pdf

(3) CNL : 「CNL announces invitation to site Canada's first small modular reactor」, Apr. 2018. URL : <https://www.cnl.ca/cnl-announces-invitation-to-site-canadas-first-small-modular-reactor/>

(4) CNL : 「Update on CNL's SMR invitation process」, Feb. 2019. <https://www.cnl.ca/update-on-cnls-smr-invitation-process/>

(5) U-Batteryウェブサイト. URL : <https://www.u-battery.com/canada>

(6) JAIF : 「GFP社 MMR立地点としてチョークリバー研究所の駐車場を選定」、原子力産業新聞、2023年5月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/17797.html>

● カナダ原子力研究イニシアチブ (Canadian Nuclear Research Initiative : CNRI) (1)

- CNLは、カナダ国内におけるSMRの研究開発と建設を促進するため、**カナダ原子力研究イニシアチブ (CNRI)** を設立 (2019年7月)。
- CNRIは、世界中のSMRベンダーに対し、CNLの専門的知見や世界レベルの研究設備を提供する新しいプログラム。対象分野として、市場分析や燃料開発、原子炉物理、モデリング等を指定しており、これらに関するプロジェクトの提案企業を毎年募集。
- 参加企業は、CNLが提供する資源を最大限に活用すると共に、技術的知見を共有。開発中のSMR技術の商業化に向けた支援をCNLから受けることができる。企業側は、出資金あるいは現物出資の形で応分負担。
- CNLは、CNRIの候補となる以下の企業4社を選定 (2019年11月)。
 - 英国 Moltex Energy カナダ支社 (溶融塩炉)
 - 米国 KairosPower社 (TRISO燃料を用いたフッ化物塩冷却炉)
 - 米国 USNC (高温ガス炉)
 - カナダ Terrestrial Energy社 (溶融塩炉)
- CNLは、研究開発費の分担等について、これら4社との交渉を開始。
- CNLは、2020年2月にUSNCと、2020年4月にMoltex Energy社と、2020年9月にKairosPower社及びTerrestrial Energy社と燃料研究や核セキュリティ等で協力協定を締結。

● CNSCの事前ライセンス審査 (1)

- カナダ原子力安全委員会 (CNSC) は、ベンダーに対する原子炉設計の事前審査 (Pre-Licensing Vendor Design Review) を行っている。審査は、以下の3段階。
 - **フェーズ1** : 設計が規制基準全般に亘り適合しているかを評価 (12~18ヶ月)
 - **フェーズ2** : 許認可上障害となり得る点を同定する詳細な評価 (約24ヶ月)
 - **フェーズ3** : フォローアップ
- CNSCは、ベンダーからの申請により順次評価を開始。2023年8月18日現在9社の申請に対し、5社の評価中 (下線)。
- 申請9社の内訳は、高温ガス炉3社 (**MMR** : USNC、**U-Battery** : U-Battery Canada社、**Xe-100** : X-energy社)、軽水炉2社 (**SMR-160** : SMR社 : 審査完了、**BWRX-300** : GEH社 : 審査完了)、溶融塩炉2社 (**IMSR** : Terrestrial Energy社 : 審査完了、**SSR** : Moltex Energy社)、ナトリウム冷却高速炉1社 (**ARC-100** : ARC Nuclear Canada社)、ヒートパイプ炉1社 (**eVinci** : Westinghouse Electric Company (WH) 社)。

● GFP社、SMRの「サイト準備許可」を申請 (2)

- GFP社は、OPG社 (オンタリオ州政府が所有する公企業。同州の電力の50%を供給) 及びUSNCと共に、CNLチョークリバー・サイトに米国USNC製小型高温ガス炉**MMR**の実証炉を建設するためのサイト準備許可をCNSCに申請 (2019年3月)。
- 上記申請に対し、CNSCは環境アセスメントを開始 (2019年7月)。(3)
- CNSCは、サイト準備許可申請が技術審査に移行したと発表 (2021年5月)。(4)

(1) CNSC : 「Pre-Licensing Vendor Design Review」. URL : <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/index.cfm>

(2) GFP : 「Global First Power submits a License to Prepare Site Application to the CNSC」, April 2019. URL : <https://globalfirstpower.com/news/global-first-power-submits-a-licence-to-prepare-site-application-to-the-cnsc/>

(3) CNSC : 「Regulatory Review Status for the Micro Modular Reactor Project」. URL : <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/research-reactors/other-reactor-facilities/regulatory-review-status-micro-modular-reactor.cfm>

(4) CNSC : 「Global First Power Micro Modular Reactor Project」, URL : <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/research-reactors/nuclear-facilities/chalk-river/global-first-micro-modular-reactor-project.cfm>

● NBパワー社、SMRの「サイト準備許可」を申請 (1)

- ニューブランズウィック (NB) 州の州営電力会社NBパワー社は、ARC Clean Technology Canada社と協同で、NB州ポイントルプロー原子力発電所内に米国ARC Clean Energy社製ナトリウム冷却高速炉ARC-100の実証炉を建設するためのサイト準備許可をCNSCに申請 (2023年6月)。

● CNSCと米国NRCとの技術審査協力

- CNSCと米国NRCは、SMRや新型炉の技術審査を共同実施し、双方の専門的知見を共有する等、原子力安全規制の実効性を高めることを目的とする協力覚書を締結 (2019年8月)。(2)
 - 米国X-Energy社製高温ガス炉Xe-100の原子炉圧力容器構造コード及びTRISO燃料の適格性に関する共同審査の結果を発表 (2021年8月、2023年6月)。(3、4)
 - 2022年6月まで、Terrestrial Energy社のIMSRに対する共同技術審査を実施。(5)
- 米国GEH社製BWRX-300の技術審査で協力する憲章に署名 (2022年9月)、協力中。(6)

(1) JAIF: 「加NBパワー社 SMRのサイト準備許可を申請」、原子力産業新聞、2023年7月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18560.html>

(2) CNSC: 「Sharing our expertise with the U.S. Nuclear Regulatory Commission」, Aug. 2019. URL: <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/news-room/feature-articles/Sharing-our-expertise-with-the-US-Nuclear-Regulatory-Commission.cfm>

(3) U.S.NRC: 「JOINT REPORT Concerning X Energy's Reactor Pressure Vessel Construction Code Assessment White Paper」, June, 2021. URL: <https://www.nrc.gov/docs/ML2108/ML21081A192.pdf>

(4) U.S.NRC: 「FINAL REPORT concerning Tristructural Isotropic (TRISO) Fuel Qualification」, June, 2023. URL: <https://www.nrc.gov/docs/ml2317/ml23172A242.pdf>

(5) JAIF: 「米加両国の規制委、先進的原子炉設計に関する初の共同技術審査を完了」、原子力産業新聞、2022年6月。URL: <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/13466.html>

(6) 電気事業連合会: 「[米国・カナダ] 両国の規制当局、BWRX-300の審査で協力」、海外電力関連トピックス情報、2022年10月。URL: https://www.fepec.or.jp/library/kaigai/kaigai_topics/1260966_4115.html

● カナダ3州がSMR開発で協力覚書（1）

- カナダのオンタリオ州、NB州及びサスカチュワン州は、出力の拡大・縮小が可能で革新的技術を用いた、多目的SMRをカナダ国内で開発・建設するため、3州が協力覚書を締結したと発表（2019年12月1日）。

● サスカチュワン州、州内でSMR建設に向け原子力事務局設置へ（2）

- カナダ中西部に位置するサスカチュワン州政府は、同州の原子力政策・プログラムの調整を図るため、環境省の気候変動・対応局内に原子力事務局を設置すると発表（2020年6月24日）。

● アルバータ州が3州のSMR開発の協力覚書に参加（3）

- カナダのアルバータ州は、NB州、オンタリオ州及びサスカチュワン州が2019年12月に署名したSMR開発協力覚書に同州も参加し、SMRの開発と展開を支援するために協力すると発表（2020年8月7日）。
- アルバータ州は、正式に協力覚書に加わったことを表明（2021年4月14日）。（4）
- アルバータ州が新たに加わった3州の協力覚書における次のアクションとして、4州の州政府は、SMRを開発・建設するための共同戦略計画の策定を発表（2022年3月28日）。3つの方向性（次ページ参照）で複数のSMR技術の開発・建設を推進し、カナダを世界的なSMR輸出国に位置付けること、等が述べられている。（5）

(1) JAIF：「カナダの3州の首相がSMR開発で協力覚書」、原子力産業新聞、2019年12月。 URL： <https://www.jaif.or.jp/191203-a>

(2) JAIF：「加サスカチュワン州政府、州内でのSMR建設に向け原子力事務局設置へ」、原子力産業新聞、2020年6月。 URL： <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/3664.html>

(3) 電事連：「アルバータ州、SMR開発を模索」、海外電力関連トピック情報、2020年8月。 URL： https://www.fepec.or.jp/library/kaigai/kaigai_topics/1260122_4115.html

(4) JAIF：「“SMR技術でカナダが世界のリーダーに”とのFS結果」、原子力産業新聞、2021年4月。 URL： <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/7735.html>

(5) JAIF：「カナダの4州、SMRの戦略的開発・建設計画を共同策定」、原子力産業新聞、2022年3月。 URL： <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/12334.html>

● カナダ4州政府、SMRの戦略的開発・建設計画を策定⁽¹⁾

- オンタリオ州、NB州、サスカチュワン州及びアルバータ州は2022年3月、SMRを開発・建設していくための共同戦略策定を発表。本戦略は、オンタリオ州、NB州及びサスカチュワン州が3州の州営電力（OPG社、ブルース・パワー（BP）社、NBパワー社、サスク・パワー社）に委託して実施したSMR開発の実行可能性調査の結果に基づいている（2021年4月発表）。
- SMRの戦略的開発・建設計画における3つの方向性は、以下の通り。

① オンタリオ州とサスカチュワン州が進めているSMR計画

- 送電網への接続が可能な出力300MW程度のSMR初号機をオンタリオ州ダーリントン原子力発電所に2028年までに建設し、これに続くフェーズで最大4基のSMRの最初の一基を2032年までにサスカチュワン州内で完成させる。
- 複数の地点で早急かつ効率的にSMRを建設できるよう、共通技術を1つに絞り込み、SMR群を一まとめに建設。これに向けて、OPG社とBP社及びサスク社は協力して、2021年末までに採用技術と開発企業を選定する。

② NB州がポイントプロ原子力発電所敷地内で進めているSMR計画

- 第4世代の先進的SMR実証炉を2種類、建設する。
- NB州が協力関係を結んでいる2社のベンダーのうち、米国ARC Clean Energy社の「ナトリウム冷却・プール型高速中性子炉ARC-100の実証炉を2029年までに運開させる。また、英国モルテックス・エナジー社の燃料ピン型熔融塩炉SSR-Wと廃棄物リサイクル施設を2030年代初頭までに稼働可能にする。

③ CNLがチョーク・リバー・サイトで進めているSMR計画

- 遠隔地のコミュニティや鉱山で主に使用されているディーゼル発電機に代わって、米国USNCが開発した電気出力5MWeの小型高温ガス炉MMRを、2026年までにオンタリオ州のCNLチョーク・リバー・サイトに建設する。

● カナダ4州政府によるSMRの戦略的開発・建設計画の状況

① オンタリオ州とサスカチュワン州が進めているSMR計画

- 2021年12月、溶融塩炉IMSR（Terrestrial Energy社）、BWR型BWRX-300（GEH社）及びペブルベッド型高温ガス炉Xe-100（X-energy社）からBWRX-300（GEH社）を選定。⁽¹⁾
- OPG社は2022年10月、同社原発敷地内でのBWRX-300建設計画に関し、CNSCに建設許可を申請。⁽²⁾
- OPG社は2023年1月27日、ダーリントン原子力発電所内で計画するBWRX-300建設に向け、関係企業3社（GEH社、SNC-Lavalin社、Aeconグループ社）と6年契約でチームを組む協力協定を締結。⁽³⁾ OPG社は、2024年末までに建設を最終決定。
- ダーリントン原子力発電所に、追加でBWRX-300を3基導入する。2034-36年に稼働の可能性。⁽⁴⁾

② NB州がポイントプロー原子力発電所敷地内で進めているSMR計画

- NBパワー社、ARC-100実証炉を建設するためのサイト準備許可をCNSCに申請（2023年6月）。

③ CNLがチョーク・リバー・サイトで進めているSMR計画

- GFP社等、MMRの実証炉を建設するためのサイト準備許可をCNSCに申請（2019年3月）、技術審査に移行（2021年5月）。

(1) JAIF：「加OPG社、ダーリントン発電所内で建設するSMRとして「BWRX-300」を選定」、原子力産業新聞、2021年12月。URL：<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/10839.html>

(2) JAIF：「加OPG社、ダーリントンのSMR計画で建設許可申請」、原子力産業新聞、2022年10月。URL：<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15355.html>

(3) JAIF：「北米初のSMR建設に向け、加OPG社が関係企業と協力協定」、原子力産業新聞、2023年1月。URL：<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/16340.html>

(4) JAIF：「加オンタリオ州、大型炉を建設へ、SMRも3基追加」、原子力産業新聞、2023年7月。URL：<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18612.html>

1. 革新炉 (SMR) とは
 - 1.1 革新炉 (SMR) の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々 (露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン)
4. 国際機関 (IAEA、OECD/NEA) におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉 (SMR) 開発・導入動向まとめ

● 新型モジュール炉（Advanced Modular Reactor : AMR）実現可能性・開発プロジェクト

- ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）は2017年12月、次世代新型原子炉プログラム開発で英国が世界のリーダー的地位を獲得するため、原子力産業界に対する包括的な支援方策を公表。SMRを含むAMRの研究開発や実行可能性調査、有望設計の開発促進等を行うプロジェクト「AMR実現可能性・開発プロジェクト」⁽¹⁾に3年間で最大5,600万ポンド（約85.4億円）を拠出。
- 英国政府は、本プロジェクトを通じ、AMRの商業化における英国関与の可能性を探り、新興原子力技術が長期エネルギー目標や経済政策目標にどのように適合するかを判断。
- 本プロジェクトにおけるAMRは、幅広い革新的な原子炉として定義され、一次冷却材に加圧水または沸騰水を使用する従来型の原子炉とは異なり、低コストの発電、家庭用・産業用の熱供給、水素製造、負荷追従運転等を目指す。

□ **フェーズ1**：AMR設計の実行可能性調査を実施。以下8社を選定、総額400万ポンド（約6.1億円）の資金を提供。

- Advanced Reactor Concepts LLC（ナトリウム冷却高速炉）
- DBD Limited（高温ガス炉）
- Blykalla Reactor Stockholm AB（LeadCold）（鉛冷却炉）
- Moltex Energy Limited（溶融塩炉）
- Tokamak Energy Ltd.（核融合炉）
- U-battery Developments Ltd.（高温ガス炉）
- Ultra Safe Nuclear Corporation（高温ガス炉）
- Westinghouse Electric Company UK Limited（鉛冷却高速炉）

□ **フェーズ2**：2020年7月、以下の3社が上記8社から選定され、AMR開発のために、総額4,000万ポンド（約61.1億円）の資金提供。

- Tokamak Energy Ltd.（核融合炉）
- U-battery Developments Ltd.（高温ガス炉）
- Westinghouse Electric Company UK Limited（鉛冷却高速炉）

- 英国規制当局には、設計の許認可審査のための審査体制構築に700万ポンド（約10.7億円）、フェーズ2支援のために500万ポンド（約7.6億円）の資金提供。
- 2022年、プロジェクト終了。

●「グリーン産業革命のための10要点計画」及び「エネルギー白書」(1、2)

- 英国政府は、2020年11月の「グリーン産業革命のための10要点計画」及び同年12月の「エネルギー白書」で、SMR及びAMR導入の支援策を発表。
 - ✓ 最大3.85億ポンドの先進原子力基金の創設、2030年代初頭のSMR・AMR導入（国内SMR設計に最大2.15億ポンド、AMR研究開発費に最大1.7億ポンド）。
 - ✓ 0.4億ポンドの規制枠組み及びサプライチェーンへの投資。

●英国政府によるSMR開発企業への助成 (3、4)

- PWR型SMRの**UK SMR (Rolls-Royce SMR)**を開発するRolls-Royce社の企業連合は2019年11月、英国の戦略的政策研究機関「UK Research and Innovation (UKRI)」から英国政府の「産業戦略チャレンジ基金」のうち0.18億ポンドを受領したと発表。本資金は、規制当局が実施する包括的設計審査（GDA、個別審査前に炉型の設計に係る安全性を審査・認定する制度）の準備にあてられる他、革新的技術の開発推進と実現に向けた最終意思決定に活用。
- BEISは、SMR開発に対するマッチングファンドとして、2.1億ポンドをRolls-Royce SMR社（2021年11月にRolls-Royce社が設立）に対し提供すると発表（2021年11月）。
- **UK SMR**のGDA開始（2022年4月）。
- Rolls-Royce SMR社は、2030年代初頭までに、**UK SMR**初号機の完成と運転開始を目指している。
- 英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省（DESNZ、2023年2月の省庁再編によりBEISに代わる機関として発足）は、革新的な技術を用いたSMRの開発を促進するため、支援金の交付対象を選定するコンペを開始（2023年7月）。(5)
 - ✓ 原子力発電所の新設計画を牽引する新しい政府機関「大英原子力（Great British Nuclear : GBN）」は、同コンペの担当機関として、今秋にも基準を満たした企業の最初の絞り込みを行い、詳細協議の段階に移行する計画。

(1) UK Government : 「The ten point plan for a green industrial revolution」, Nov. 2020. URL : <https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution>

(2) UK Government : 「Energy white paper: Powering our net zero future」, Dec. 2020. URL : <https://www.gov.uk/government/publications/energy-white-paper-powering-our-net-zero-future>

(3) Rolls-Royce : 「UK Government and industry champion new compact nuclear power station」, Sep. 2019. URL : <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2019/05-11-19-uk-gov-and-industry-champion-new-compact-nuclear-power-station.aspx>

(4) Rolls-Royce SMR社HP. URL : <https://www.rolls-royce-smr.com/>

(5) JAIF : 「英国 SMRへの官民投資拡大でコンペを開始」, 原子力産業新聞, 2023年7月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18702.html>

● AMR 研究開発・実証 (RD&D) プログラム

(1) 根拠に基づく情報提供の照会

- ✓ BEISは、**AMR研究開発・実証 (RD&D) プログラム、根拠に基づく情報提供の照会 (call for evidence)** ⁽¹⁾ を発表し、英国政府が高温ガス炉を最有力候補としてAMRの実証プログラムを進めていくべきかについて意見募集を開始 (2021年7月29日)。
- ✓ 本実証プログラム：**AMR RD&Dプログラム**で英国政府は、「グリーン産業革命のための10ポイント計画」及び「エネルギー白書」(1.7億ポンドのAMR研究開発予算)に基づき、AMRを利用した熱供給や発電の実現可能性の検証を2030年代初頭までに実施する計画。
- ✓ 合わせてBEISは、AMRの中で高温ガス炉が最も有望な技術であると結論付けた原子カイノベーション・研究局 (Nuclear Innovation & Research Office : NIRO) の報告書 ⁽²⁾ を公表。
- ✓ BEISは、call for evidenceの結果を発表 (2021年12月2日)。⁽³⁾ 高温ガス炉を実証炉の最有力候補とする政府案を変更する大きな証拠の提出はなく、2030年代初頭までに高温ガス炉の実証試験につなげる目標とのこと。

(2) 市場との対話

- ✓ 英国BEISは、**AMR RD&Dプログラム、市場との対話 (market engagement)** ⁽⁴⁾ を公表し、2030年代初頭までに高温ガス炉の実証炉を建設するため、原子力産業界と事前の情報交換を行うと発表 (2022年2月16日)。
- ✓ 同プログラムの詳細と建設計画の指標となる概略的なスケジュールを提示した上で、資機材と燃料のサプライチェーン、機器製造や建設工事の関係企業、高温熱のエンドユーザーなど、高温ガス炉開発に関心を持つ潜在的なサプライヤーから2022年3月4日までの期間に要望や意見を聞き、実際の調達活動に備える方針。

(3) フェーズAコンペ

- ✓ 英国BEISは、**AMR RD&Dプログラム：フェーズAコンペ** ⁽⁴⁾ を公表 (2022年4月21日)。2050年までのネットゼロに寄与できるよう2030年代初頭までに高温ガス炉実証炉の建設を目指す。
- ✓ 全3段階からなる同プログラムのフェーズAコンペでは、Small Business Research Initiative (SBRI) を通じ、2つの主要な技術ロット (原子炉実証と燃料実証) に関し、最大6つのPre-FEED (フロントエンド工学設計) 研究に資金を提供する。
- ✓ BEISは、フェーズAに採択された5機関による6つのプロジェクトを公表 (2022年9月2日)。

(4) フェーズA採択5機関によるプロジェクト (5)

● ロット1 (原子炉実証) :

- EDF Energy Nuclear Generation社 : 2030年代の高温ガス炉実証に最も適した原子炉の設計特性を決定するため、エンドユーザーの要件に焦点。約50万ポンドを受領。
- National Nuclear Laboratory (NNL) : **JAEA**及びJacobs社と**チームを組み**、日本で実績のある高温ガス炉ベースラインを活用し、その設計、構築、建設、運用に革新的なアプローチを採用。約50万ポンドを受領。
- U-Battery Developments社 : 新型モジュール炉**U-Battery**の英国での実証に最適なサイズ、タイプ、コスト、配送方法を決定。約50万ポンドを受領。
- Ultra Safe Nuclear Corporation UK : USNCの**MMR**設計を基礎とし、英国産業の現在・将来のプロセス熱需要に最適な改良型**MMR+**設計を開発・実証。約50万ポンドを受領。

● ロット2 (燃料実証) :

- NNL : NNL、Urenco社及びJAEAのチームは、高温ガス炉実証炉用の最初の充填燃料から始まる英国内の商業用燃料供給を目指し、商業化に向けた被覆粒子燃料 (CPF) の開発を共同で実施。25万ポンドを受領。
- Springfields Fuels社 : Urenco社と共同で、被覆粒子燃料の安全かつ信頼性の高い供給のための最も効果的なルートを決定。UCOカーネルTRISOに焦点を当てるが、この燃料の幅広いバリエーションを製造可能な施設を設計。約24万ポンドを受領。

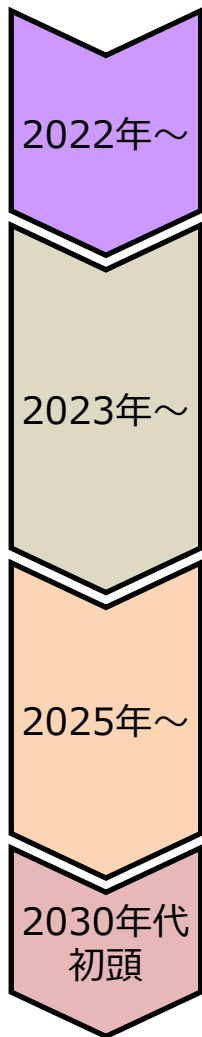
(5) フェーズBコンペ

- ✓ 英国BEISは、「AMR RD&Dプログラム：フェーズBコンペ」⁽⁶⁾を公表 (2022年12月13日)。
- ✓ 最大2件のプロジェクトを採択し、英国規制当局の審査を受審可能なレベルのFEED (フロントエンド工学設計) を完了する。
- ✓ 予算は、最大5,500万ポンドでBEISが支出 (1件当たり最大2,750万ポンド)。補助率：65%~80% (補助金受領者は、マッチングファンドとして残りの20~35%を用意)。
- ✓ 応募締切：2023年3月31日、採択結果通知：2023年4月10日~、事業期間：2023年7月~2025年3月の約2年間。
- ✓ DESNZは、フェーズBに採択された2機関による2つのプロジェクトを公表 (2023年7月18日)。

(6) フェーズB採択2機関によるプロジェクト (7)

- NNL : **JAEAの実績に基づいて進める**高温ガス炉**UKJ-HTR**の設計開発促進に最大1,500万ポンド、同炉用の国産被覆粒子燃料の開発継続に最大1,600万ポンド。
- USNC UK社 : 小型モジュール式高温ガス炉**MMR**の開発促進に最大2,250万ポンド。

(7) 今後のスケジュール



フェーズA：基本設計（FEED）関係の予備調査（2022年9月～2023年2月）

支援額（最大）：250万ポンド

- 原子炉実証及び燃料実証に関し、各々の採択機関がFEED関係の予備調査を実施。BEISは採択機関の調査結果に基づき、高温ガス炉実証炉の概念をまとめる他、研究開発上の課題や技術課題を特定。

フェーズB：詳細設計の基礎となるFEED調査（2023年7月～2025年3月）

支援額（最大）：5,500万ポンド

- 最大2つの採択機関が、FEED調査を実施（正確な総投資額とライフサイクル・コスト、実証炉の設置方法、プロジェクト全体の実施計画も含まれる）。
- 被覆粒子燃料の開発・製造（ステップ1）。

フェーズC：詳細設計、許認可活動、建設、運転（2025年3月以降～2030年代初頭）

- 「フェーズB」採択機関から絞られた1機関が、建設サイトに最適な詳細設計、サイトや建設、運転の許認可活動、実証炉の建設・運転を実施。

高温ガス炉実証炉の運転開始（2030年代初頭）

(1) BEIS : 「Potential of high temperature gas reactors to support the AMR RD&D programme: call for evidence」, July 2021.
 URL : <https://www.gov.uk/government/consultations/potential-of-high-temperature-gas-reactors-to-support-the-amr-rd-demonstration-programme-call-for-evidence>

(2) BEIS : 「Advanced modular reactors (AMRs): technical assessment」, July 2021. URL : <https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactors-amrs-technical-assessment>

(3) BEIS : 「Consultation outcome, Potential of high temperature gas reactors to support the AMR RD&D programme: call for evidence」, December 2021.
 URL : <https://www.gov.uk/government/consultations/potential-of-high-temperature-gas-reactors-to-support-the-amr-rd-demonstration-programme-call-for-evidence>

(4) BEIS : 「Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme: Phase A competition」, September 2022.
 URL : <https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme>

(5) JAIF : 「英政府、高温ガス炉の開発支援で6プロジェクトを選定」、原子力産業新聞、2022年9月。URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/14572.html>

(6) BEIS : 「Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme: Phase B competition」, December 2022.
 URL : <https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme-phase-b-competition>

(7) JAIF : 「英国 SMRへの官民投資拡大でコンペを開始」、原子力産業新聞、2023年7月。URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18702.html>

1. 革新炉（SMR）とは
 - 1.1 革新炉（SMR）の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々（露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン）
4. 国際機関（IAEA、OECD/NEA）におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ

● 露国（ロシア）

- ロシアでは、国営原子力総合企業ロスアトム社が政府組織の機能も有した体制の下、SMRを含む革新炉の開発を推進。
 - ロスアトム社は、**世界で唯一の海上浮揚式原子力発電所（FNPP）であるアカデミック・ロモノソフ号**を開発、建設。⁽¹⁾ 同船には、電気出力35Weの小型軽水炉**KLT-40S（PWR）** × 2基で構成される海上浮揚式原子力ユニットを搭載。2019年3月に出力100%到達、2019年12月に極東地域北東部のチュクチ自治区管内ペベクの隔離された送電網に送電を開始（**世界で初めてのSMR技術に基づく発電所**）。2020年5月、営業運転を開始。⁽²⁾
 - ロスアトム社傘下のOKBMアフリカントフ社は、**KLT-40S**の特性をさらに生かしたSMRシリーズ**RITM（PWR）**を開発。⁽³⁾
 - ✓ 熱出力175～190MWtの**RITM-200**では、ロシアの原子力砕氷船に搭載した小型炉のこれまでの運転経験を統合し、同炉を2基搭載した最新の原子力砕氷船アルクティカ号は海上での試験航行を終え、正式就航（2020年10月）。同様に、**RITM-200**を2基ずつ搭載予定の原子力砕氷船シビル号とウラル号も現在建造中。
 - ✓ **RITM-200**は、FNPPに搭載する電気出力50MWeの**RITM-200M**と陸上に設置する電気出力55MWeの**RITM-200N**の2種類に分けられる。
 - ✓ ロスアトム社は、極東のチュクチ自治区で計画されているバイムスキー銅鉱山プロジェクトに電力供給を決定（2021年7月）。**RITM-200M**を2基搭載したFNPPを、同鉱山に近い東シベリア海沿岸のナグリュウニ岬の作業水域に納入予定。
 - ✓ ロシア初となる陸上設置式SMRの**RITM-200N**をサハ共和国北部のウスチ・ヤンスク地区ウスチ・クイガ村で、2028年までに完成させる計画が進行中（建設許可発給：2021年8月）。
 - シベリア西部のトムスク州セベルスクのシベリア化学コンビナート（SCC）で鉛冷却高速炉のパイロット実証炉**BREST-OD-300**の建設開始（2021年6月）。⁽⁴⁾
 - ロシア型PWRの**VVER-1200（1.2GWe級）**を中核としつつ、ナトリウム冷却高速炉**BN-1200（1.22GWe）**を2030年代から本格導入予定（2035年建設完了予定）。
 - 2100年に原子力導入規模が70GWeとなる場合、このうち30～40GWeを高速炉BNとする計画。⁽⁵⁾
 - 並行して**VVER**と**BN**の輸出を計画しており、2080年以降の輸出は全て**BN**とする計画。

(1) ROSATOM : 「ROSATOM's first of a kind floating power unit connects to isolated electricity grid in Pevek, Russia's Far East」, Dec. 2019.

URL : <http://www.rusatom-overseas.com/media/news/rosatom-s-first-of-a-kind-floating-power-unit-connects-to-isolated-electricity-grid-in-anadyr-russia.html>

(2) Rosenergoatom : 「Rosatom: world's only floating nuclear power plant enters full commercial exploitation」, May 2020. URL : <https://www.rosenergoatom.ru/en/for-journalists/highlights/35050/>

(3) JAIF : 「ロシア・サハ共和国内で計画中の陸上SMRに建設許可」, 原子力産業新聞, 2021年8月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/9411.html>

(4) TVEL : 「Rosatom starts construction of unique power unit with BREST-OD-300 fast neutron reactor」, June 2021. URL : https://www.tvel.ru/en/press-center/news/?ELEMENT_ID=8787

(5) P.N. Alekseev, etc. : 「On Strategy for the development of nuclear power in Russia」, Atomic Energy 126, 207-212, Oct. 2019. URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s10512-019-00538-w>

● 中国

- 中国は、国家能源局（NEA）の指導の下、様々な機関が高速炉、高温ガス炉、超臨界圧水冷却炉、SMR等、幅広い炉型の開発を推進。
- 清華大学核能及新能源技術研究院（INET）が中心となり、高温ガス炉実用炉を開発。⁽¹⁾
 - ✓ 実証炉HTR-PM（熱出力250MWt×2基、電気出力210MWe）を山東省威海市石島湾に建設。2021年に臨界（9月・11月）及び送電網に接続（12月）、2022年12月に初期全出力運転を達成。⁽²⁾ 2基の炉が、1つの蒸気タービンに接続され、発電。
 - ✓ HTR-PMの実証技術に基づき、商用炉HTR-PM600（熱出力250MWt×6基、電気出力600MWe）を開発中。6基の炉が、1つの蒸気タービンに接続され、発電。2016年に基本設計を完了。
- 中国核工業集团公司（CNNC）が電気出力100MWeのPWR型多目的SMR玲龍一号（ACP100）の実証炉建設プロジェクトに着手（2019年7月）、建設開始（2021年7月）。^(3, 4) 2026年運開予定。
- 高速実証炉CFR600（0.6GWe）は、1基目が2017年に建設を開始し2023年に運開予定。2基目は2020年12月に建設を開始。2030年代に実用炉CFR1000（1000MWe）を運転開始予定。

(1) Zuo-Yi Zhang, Yu-Jie Dong, Qi Shi, Fu Li, Hai-Tao Wang : 「600-MWe high-temperature gas-cooled reactor nuclear power plant HTR-PM600」, NUCL SCI TECH (2022) 33:101. URL : <https://doi.org/10.1007/s41365-022-01089-9>

(2) World Nuclear News : 「China's demonstration HTR-PM reaches full power」, Dec. 2022. URL : <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/China-s-demonstration-HTR-PM-reaches-full-power>

(3) CNNC : 「CNNC starts small nuclear reactor project」, July 2019. URL : https://en.cnncc.com.cn/2019-07/19/c_446283.htm

(4) CNNC : 「World's first commercial Linglong One onshore small reactor starts construction」, July 2021. URL : https://en.cnncc.com.cn/2021-07/14/c_642603.htm

● 仏国（フランス）

- フランスは、核燃料のリサイクル利用の方針の下、原子力・代替エネルギー庁（CEA）がナトリウム冷却高速炉を中心として開発を進めている。一方、国営のフランス電力（EDF）を中心に、SMRの開発も進めている。
- フランス政府は、革新的で環境に優しい技術開発を促進するための投資計画「フランス2030」を発表し、革新的小型原子炉の実現のため2030年までに10億ユーロを投資することを表明（2021年10月）。⁽¹⁾
- EDFは、CEA等と協力し、同国で50年以上の経験が蓄積されたPWR技術に基づいたSMRのNUWARD⁽²⁾を開発中であり、2020年後半にも競争力を備えたSMR設計として世界市場に送り出す方針。
 - **EDFが進めるSMR（NUWARD）開発・導入計画**
 - ✓ 2019年に概念設計を、2023年に基本設計を開始。
 - ✓ マクロン大統領は、NUWARDに5億ユーロの支援を発表（2022年2月）。
 - ✓ EDFは、SMRの許認可手続きを国際的なレベルで調整し、各国のSMRの規制環境整備を加速するため、フランスの原子力安全規制当局（ASN）がフィンランド及びチェコの規制当局と共同で、NUWARDの設計を審査すると発表（2022年6月）。この共同規制審査は、欧州における規制条件の調整に向けた初期段階のケーススタディになると位置付け。⁽³⁾
 - ✓ EDFは、NUWARDの建設に向け、予備的な許認可手続きを開始し、ASNに安全オプション文書（DOS）を提出（2023年7月）。⁽⁴⁾
- フランス政府は、フランス2030に基づく革新炉プロジェクト公募の第一段結果を発表（2023年6月）、以下2社を採択。⁽⁵⁾
 - ✓ 仏国Naarea社（電気出力40MWeの熔融塩炉XAMR、1,000万ユーロの助成金獲得）。
 - ✓ 英国Newcleo社（電気出力30MWeの鉛冷却高速炉LFR-30、1,500万ユーロの助成金獲得）。

(1) エリゼ宮（大統領府）：「France 2030 | Élysée」, Oct. 2021. URL : <https://www.elysee.fr/france2030>

(2) NUWARD社HP. URL : <https://www.nuward.com/en>

(3) JAIF : 「欧州の3か国、共同規制審査のケーススタディとして仏国製SMR設計を審査へ」、原子力産業新聞、2022年10月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/13428.html>

(4) JAIF : 「仏製SMR 建設に向け予備的許認可手続きが開始」、原子力産業新聞、2023年7月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18794.html>

(5) LA TRIBUNE : 「Relance du nucléaire : l'Etat injecte 25 millions d'euros dans deux premières startups」, Juin 2023.

URL : <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/relance-du-nucleaire-l-etat-injecte-25-millions-d-euros-dans-deux-premieres-startups-965300.html>

● 波国（ポーランド）

- ポーランドでは現在、電力の約80%を石炭火力発電に依存しており、脱炭素化を図るため、大規模電力供給に大型軽水炉の導入を、化学プラント用の熱供給及び小規模電力供給に高温ガス炉を含むSMRの導入を検討している。
- ポーランド国立原子力研究センター（NCBJ）は、政府予算（2021年から3年間で総額約18億円（6,050万PLN））を得て、ポーランドに設置する高温ガス炉研究炉（HTGR-POLA）の基本設計を実施中、**JAEAがこれに協力**。（1、2）
- Orlen Synthos Green Energy（OSGE）社がGEH社製**BWRX-300**の⁽³⁾、鉱業大手KGHM社がNuScale社製**VOYGR**（**NPM**を複数設置する発電所）の⁽⁴⁾導入計画を進めている（その他にも、民間企業等によるSMR導入計画あり）。
 - **OSGE社が進めるSMR（BWRX-300）導入計画**（5、6、7、8）
 - ✓ OSGE社は、ポーランド国家原子力庁（PAA）に**BWRX-300**建設に関する予備的許認可手続を申請（2022年7月）。PAAは、PAA長官名で**BWRX-300**が同国の原子力安全要件に適合していることを公表（2023年5月）。
 - ✓ OSGE社は、首都ワルシャワ近郊を含む建設候補の7地点を公表（2023年4月）。
 - ✓ OSGE社は2030年の**BWRX-300**初号機完成を目指しており、最初の2基建設に対しては米国政府の融資機関である米輸出入銀行（US EXIM）が最大30億ドル、国際開発金融公社（DFC）が最大10億ドルの財政支援提供を表明。
 - ✓ OSGE社は、**BWRX-300**建設に対する原則決定（DIP）^{*}の発給を気候・環境省に申請（2023年4月）。
 - **KGHM社が進めるSMR（VOYGR）導入計画**（5、8、9）
 - ✓ KGHM社は、ポーランドPAAに予備的許認可手続を申請（2022年7月）。また同社は、**VOYGR**の国内建設に向け、この計画に対するDIPの発給を気候・環境省に申請（2023年4月）、発給（2023年7月）。
 - ✓ KGHM社は、早ければ2029年にも**VOYGR**を完成させる計画。
- PAAとCNSCは、両者のこれまでの協力関係を補足・強化し、SMRや先進的原子炉に関する活動を共同で進めるため、協力覚書を締結（2023年2月）。⁽¹⁰⁾ **BWRX-300**に関する情報を交換、共同で技術審査を行うことを目指す。
- PAAとNRCは今後5年間の協力協定を更新し、**BWRX-300**に関する技術情報を交換予定（2023年6月）。⁽¹¹⁾

※：DIPの発給は、その投資計画がポーランド社会全体の利益につながると共に、国家政策にも則していると政府が確認し、正式承認したことを意味する。DIP発給後、立地決定や建設許可等、さらに多くの行政決定を申請可能となる。

(1) NCBJ：「Realizacja prac projektowych reaktora HTGR – umowa podpisana」, May 2021. URL : <https://www.ncbj.gov.pl/aktualnosci/realizacja-prac-projektowych-reaktora-htgr-umowa-podpisana>
(2) JAEA：「ポーランド高温ガス炉研究炉への協力が進展—基本設計の完了に向け、更なる研究協力契約を締結—」, 2023年3月. URL : <https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p23033102/>
(3) World Nuclear News：「Fresh progress for Poland's Orlen Synthos SMR project」, March 2023. URL : <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Fresh-progress-for-Poland-s-Orlen-Synthos-SMR-proj>
(4) JAIF：「米ニュースケール社、ポーランドでのSMR建設で銅の採掘会社と契約」, 原子力産業新聞, 2022年2月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/11785.html>
(5) JAIF：「ポーランド規制当局、2つのSMR設計について予備的安全性評価等を実施」, 原子力産業新聞, 2022年7月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/13879.html>
(6) JAIF：「ポーランド規制当局 BWRX-300の安全性を確認」, 原子力産業新聞, 2023年5月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18029.html>
(7) JAIF：「ポーランドで大型炉とSMRの建設計画が進展」, 原子力産業新聞, 2023年4月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/17539.html>
(8) World Nuclear News：「Decision-in-principle for Polish SMR power plant」, 2023年7月. URL : <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Decision-in-principle-for-Polish-SMR-power-plant>
(9) JAIF：「ポーランドの銅採掘企業 ニュースケール社製SMRでDIP申請」, 原子力産業新聞, 2023年4月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/17571.html>
(10) JAIF：「カナダとポーランドの規制当局 SMR関係の協力強化で合意」, 原子力産業新聞, 2023年2月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/16510.html>
(11) Nuclear Newswire：「U.S., Polish nuclear regulators renew pact」, June 2023. URL : <https://www.ans.org/news/article-5141/us-polish-nuclear-regulators-renew-pact/>

● 印国（インド）⁽¹⁾

- 現在、高速増殖炉原型炉PFBR（0.5GWe）を試運転中で、2024年に運開予定。燃料サイクル施設をPFBRと同じサイトに建設中。
- 2030年頃にSFRの実用炉（0.6GWe）を運転開始し、2050年頃にはSFRを原子力発電の主流にする方針。

● 韓国^(2, 3)

- 韓国は、科学技術情報通信部（MSIT）主導で、PWR型SMRであるシステム一体型・先進モジュール炉（SMART）を輸出プラントとすべく開発を進め、サウジアラビアやヨルダン等とSMART導入に関する協力協定を締結。
- 国際的なSMR市場を韓国が主導し、サプライチェーンの構築や関係事業への参加で官民が協力するため、韓国産業通商資源部（MOTIE）により、SMRアライアンスが発足（2023年7月）。⁽⁴⁾既に韓国の民間企業は、海外のSMR企業（NuScale Power社やTerraPower社、等）と提携、SMR部品を受注する等、国外企業のSMR開発に積極的に参画している。
- 使用済み燃料管理の一つの選択肢として、TRU燃焼炉としてナトリウム冷却高速炉を開発。乾式再処理の組合せを検討。TRU燃焼のための実証炉開発計画は、2018年から中断。
- 2021年、使用済み燃料管理方針について政府のピアレビューを受け、再処理－高速炉技術のR&D方針が決定。
- 韓国的高速炉プログラムは高速炉安全とTRU核変換の技術実証に向け、着実に進捗。一方、乾式再処理技術開発については、具体的な開発計画決定が必要。

● アルゼンチン

- アルゼンチンは、研究炉の開発・建設経験を活かし、発電または海水淡水化等に用いる電気出力32MWeのPWR型SMR（CAREM）を建設中（2014年、建設開始）。2023年に初臨界の予定。⁽⁵⁾建設費の不払い等により、完成が遅延。⁽⁶⁾

※その他の国の動向概要については、P.60～61を参照のこと。

(1) A. Kakodkar : 「Indian Nuclear Programme- Rationale and perspective」, AEC, India, July 2008.

(2) MSIT : 「ROK-Saudi Arabia Technology Cooperation Begins for Commercialization and Sophistication of SMART」, Sept. 2019. URL : https://overseas.mofa.go.kr/gb-en/brd/m_8349/view.do?seq=761027&page=29

(3) CHAE YOUNG LIM : 「Status of Fast Reactor Development Program in Korea」, FR22, Kore Atomic Energy Research Institute, April 2022.

(4) JAIF : 「韓国 官民合同の「SMRアライアンス」発足」, 原子力産業新聞, 2023年7月. URL : <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/18581.html>

(5) IAEA : 「Advances in Small Modular Reactor Technology Developments 2022 Edition」, Sept. 2022. URL : https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf

(6) World Nuclear News : 「Construction of Argentina's CAREM-25 unit to restart」, Nov. 2021. URL : <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Construction-of-Argentinas-small-CAREM-25-unit-to>

1. 革新炉（SMR）とは
 - 1.1 革新炉（SMR）の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々（露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン）
4. 国際機関（IAEA、OECD/NEA）におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ

➤ IAEAは、SMRに関するワークショップ^①、技術検討会、コンサルタント会合等を2012年から数多く開催。（1）

□ SMRとその利用プラットフォーム^②

- 各国政府、専門家、規制機関に対して、SMRの全ての側面に関し、局を超えたIAEA全体としての統合的な支援を提供することが目的。
- High-level SMR Booklet及びAdvances in SMR Technology Developmentsの発行（2022年9月）。

□ SMR規制者フォーラム^③

- SMRの規制機関の協力の場として2015年に設置。
- カナダ、中国、フィンランド、フランス、韓国、ロシア、サウジアラビア、南アフリカ、米国、英国の規制機関が参加（日本は参加していない）。
- 2017年までのフェーズ1では、EPZ（緊急時避難区域）、グレーディッドアプローチ、多重防護等を議論。
- 2017年11月以降のフェーズ2では、ライセンス課題、設計・安全解析、製造・試運転・運転の3つのWGを設置。
- 2021年以降のフェーズ3では、設計の共同評価、他の機関が行った評価の相互承認といった課題に取り組む。

□ 原子力の調和と標準化イニシアチブ（NHSI）^④

- SMR の設計、建設、規制及び産業アプローチの調和と標準化を進めることを目的とした取組（2022年7月設置）。次の2つのトラックから構成される。
 - ✓ 規制トラック：加盟国間の規制協力を強化し、取り組みの重複を避け、効率を高め、共通の規制上の立場の発展を促進。
 - ✓ 産業トラック：共通の基準とベストプラクティスを確立することで、許認可の時間短縮、コスト削減、最終的には SMR 配備の時間短縮を推進。

□ SMR安全基準に関する活動

- SMRは実績がまだ少ないため、大型軽水炉用に策定された既存のIAEA安全基準類についてSMRへの適用性を検討中。また、安全基準の支援文書であるTECDOC（技術報告書）や安全報告書の作成を促進。
- 既存のIAEA安全基準の軽水炉SMR及び高温ガス炉への適用性に関しまとめた技術報告書を2020年に発行（IAEA-TECDOC-1936）。（5）

□ SMRに関する検討を行うための技術作業グループ（TWG-SMR）⁽⁶⁾

- 2018年に設置。現在21か国（日本（JAEA）を含む）が参加。
- SMRについて、IAEAの活動に対しての助言、参加国間での情報・知見の共有、IAEA出版物作成等が目的。

□ SMRに関する協力研究計画（CRP）

- SMRに対するEPZの技術基盤決定のためのアプローチ、方法論及び基準の開発（2018年～2021年）、SMRの経済性評価手法と適用（2020年～2024年）等のCRPを設置。

□ その他

- 廃止措置や保障措置を見据え、SMRの設計段階から考慮するための検討を実施中。

(1) IAEA : 「Small modular reactors」. URL : <https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors>

(2) IAEA : 「The Platform on SMRs and their Applications」. URL : <https://nucleus.iaea.org/sites/smr/SitePages/HomeSmrPlatform.aspx>

(3) IAEA : 「Small Modular Reactor (SMR) Regulators' Forum」. URL : <https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors/smr-regulators-forum>

(4) IAEA : 「The SMR Platform and Nuclear Harmonization and Standardization Initiative (NHSI)」. URL : <https://www.iaea.org/services/key-programmes/smr-platforms-nhsi>

(5) IAEA : 「Applicability of Design Safety Requirements to Small Modular Reactor Technologies Intended for Near Term Deployment」

URL : <https://www.iaea.org/publications/14737/applicability-of-design-safety-requirements-to-small-modular-reactor-technologies-intended-for-near-term-deployment>

(6) IAEA : 「Technical Working Group for Small and Medium-sized or Modular Reactor (TWG-SMR)」. URL : <https://nucleus.iaea.org/sites/htgr-kb/twg-smr/SitePages/Home.aspx>

➤ OECD/NEAでは、SMRに関して、次の活動を実施中。(1)

□ 原子力発電コスト削減に関する特別専門家グループ⁽²⁾

- 原子力発電のコスト削減に関する特別専門家グループは、様々なレベルとタイムフレームで発生する建設コスト削減を評価するために2018年に設立。
- SMR等の新型炉に関連する長期的なコスト削減について分析。

□ SMR核燃料サイクルのフロントエンドとバックエンドの評価⁽³⁾

- SMR用燃料サイクルの調整や新たな開発の必要性を分析。
- HALEUをSMRで使用するに対する核燃料サプライチェーン及びサイクルへの影響を評価。

□ SMRダッシュボードの発行

- 新しい報告書「NEA SMRダッシュボード」の初版及び第2版を発行（2023年3月、7月）。
- 本報告書には、各国のSMR設計（21+21）、その展開と商業化に向けた進捗状況（許認可、サイト選定、資金調達、サプライチェーン、協力体制、燃料）の評価結果を記載、SMR導入計画者に必要な情報を提供。

➤ SMRの1つである高温ガス炉の安全性に関して、次の活動を実施中。

□ Loss of Forced Coolant (LOFC) プロジェクト⁽⁴⁾

- JAEAの高温ガス炉であるHTTRを用いた安全性実証試験として炉心流量喪失試験及び炉心冷却喪失試験をOECD/NEAの国際共同試験プロジェクトとして実施中。日本、米国、仏国、独国、韓国、チェコ及びハンガリーが参加。
 - ✓ 炉心流量喪失試験（ 30%出力から1次ヘリウム循環機全3台停止。2010年終了。）
（100%出力から1次ヘリウム循環機全3台停止。2023年予定。）
 - ✓ 炉心冷却喪失試験（ 30%出力から全電源喪失を模擬。2022年終了。）

(1) OECD/NEA : 「The NEA SMR Strategy」. URL : https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_26297/small-modular-reactors

(2) OECD/NEA : 「Ad hoc Expert Group on Reducing the Costs of Nuclear Power Generation (REDCOST) J」. URL : https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_28650/ad-hoc-expert-group-on-reducing-the-costs-of-nuclear-power-generation-redcost

(3) OECD/NEA : 「Evaluation of the Front- and Back-End of the Nuclear Fuel Cycle for SMRs」. URL : https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_47690/evaluation-of-the-front-and-back-end-of-the-nuclear-fuel-cycle-for-smrs

(4) OECD/NEA : 「Loss of Forced Coolant (LOFC) Project」. URL : https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_25168/loss-of-forced-coolant-lofc-project

1. 革新炉（SMR）とは
 - 1.1 革新炉（SMR）の定義
 - 1.2 SMRの特長と導入目的
 - 1.3 SMRの経済性確立に向けて
2. 世界の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.1 世界の革新炉開発・導入状況
 - 2.2 米・加・英・露・中の革新炉開発・導入動向の概要
 - 2.3 規制、安全基準類の整備
 - 2.4 米・加・英・仏・露・中・印の革新炉開発・導入動向まとめ
3. 各国の革新炉開発・導入動向の詳細
 - 3.1 米国
 - 3.2 加国
 - 3.3 英国
 - 3.4 その他の国々（露国、中国、仏国、波国、印国、韓国、アルゼンチン）
4. 国際機関（IAEA、OECD/NEA）におけるSMR開発支援活動
5. 各国・国際機関の革新炉（SMR）開発・導入動向まとめ

国名	組織	計画名等	計画の狙い	選択炉型等	進捗状況
米国	NuScale Power社、等	無炭素電力計画 (CFPP)	・国際展開を視野に入れた SMR技術の確立 ・地域への電力・熱供給	NuScale Power Module: NPM (PWR)	NRCによる標準設計承認 (SDA) 発行 (2020年9月)
	TerraPower社	NATRIUM計画	〃	高速炉NATRIUM	ARDP実証計画採択
	X-energy社	Xe-100計画	〃	高温ガス炉Xe-100	ARDP実証計画採択
	Kairos Power社	KP-FHR開発計画	〃	フッ化物塩冷却高温炉: Hermes	ARDP将来実証リスク低減採択 NRCの安全面の評価審査完了
	WH社	eVinci計画 AP300計画	〃	マイクロリアクターeVinci PWR: AP300	ARDP将来実証リスク低減採択 10年以内の初号機完成、稼働目標
	GEH社	BWRX-300計画	〃	BWR BWRX-300	NRCによる先行安全審査中
	USNC	MMR計画	〃	高温ガス炉MMR	基本設計
	Oklo社	Aurora計画	〃	高速炉Aurora	建設・運転一括認可申請も却下
	BWXT社	プロジェクトPele	軍事基地への電力・熱供給	可搬式マイクロリアクター高温ガス炉	TRISO燃料の製造開始
	DOE	VTR計画	多目的試験	高速中性子炉VTR	概念設計
	TVA	SMR建設計画	地域への電力・熱供給	未定 (BWRX-300を検討中)	早期立地許可の承認
加国 (カナダ)	CNL	CNLサイトでのSMR 実証炉建設・運転計画	・国際展開を視野に入れた SMR技術の確立 ・地域への電力・熱供給	高温ガス炉 (GFP社、OPG社、USNC) 統合型溶融塩炉 (Terrestrial Energy社) 高温ガス炉 (StarCore Nuclear社) 高温ガス炉 (U-Batteryカナダ社) 他2炉 (非公開)	第3段階評価中 (CNLサイトでの建設地決定) 第1段階評価完了 第1段階評価完了 第1段階評価完了 第1段階評価中
	OPG社	同社原発敷地内への SMR導入計画	〃	溶融塩炉IMSR (Terrestrial Energy社) BWR BWRX-300 (GEH社) 高温ガス炉Xe-100 (X-energy社)	2021年12月、BWRX-300 (GEH社) を選定
	NB Power社	〃	〃	溶融塩炉SSR-W (Moltex Energy社) 高速炉ARC-100 (ARC Clean Energy社)	SSR-Wと廃棄物リサイクル施設を2030年代初頭までに稼働、ARC-100実証炉を2030年までに完成
英国	BEIS	AMR実行可能性・開発計画	〃	核融合炉 (Tokamak Energy社)、高温ガス炉 (U-Battery Developments社)、鉛冷却高速炉 (WH UK社)	フェーズ2 (開発活動) 2022年、終了
		AMR RD&D計画	〃 (+水素製造)	高温ガス炉	フェーズA終了、フェーズB開始
	Rolls-Royce SMR社	UK SMR計画	〃	PWR UK SMR	GDA

国名	組織	計画名等	計画の狙い	選択炉型等	進捗状況
露国 (ロシア)	ROSATOM社	浮揚式原子力発電所	〃	PWR KLT-40S	完成(送電を開始)
		RITM-200N建設計画	〃	PWR RITM-200N	建設許可
		BREST-300建設計画	〃	鉛冷却高速炉BREST-OD-300	建設開始
中国	清華大学INET、等	実証炉建設計画	〃	高温ガス炉HTR-PM	2021年、臨界・送電網接続 2022年、初期全出力運転
		商用炉建設計画	〃	高温ガス炉HTR-PM600	概念設計終了
	CNNC	実証炉建設計画	〃	PWR玲龍一号	建設開始

国名	組織	計画名等	計画の狙い	選択炉型等	進捗状況
アルゼンチン	CNEA	CAREM建設計画	〃	PWR CAREM	建設中
仏国	EDF、CEA、等	NUWARD計画	〃	PWR NUWARD	基本設計開始、DOS提出
韓国	MSIT	SMART計画	〃	PWR SMART	設計認可終了
ポーランド	気候・環境省 (NCBJ)	高温ガス炉導入計画	・国際展開を視野に入れた SMR技術の確立 ・地域への熱・電力供給	高温ガス炉 (研究炉HTGR-POLAの建設を計画)	JAEAが協力し、NCBJが高温ガス炉研究炉の基本設計を開始
	Orlen Synthos Green Energy社	SMR導入計画	地域への電力・熱供給	BWR BWRX-300 (MMRも候補であった)	PAAIに予備的許認可手続きを申請、PAA長官名で波国の原子力安全要件に適合を発表 気候・環境省に原則決定を申請 建設候補7地点を公表
	KGHM社	SMR導入計画	〃	NPM	PAAIに予備的許認可手続きを申請 気候・環境省が原則決定を発給
	Enea社 (下記2社とは別) LSSE、DBIナジー社	SMR導入計画	〃	PWR Last Energy社製SMR (PWR-20)	Last Energy社と基本合意書締結
フィンランド	VTT	SMR導入計画	地域への熱供給	炉型不明	概念設計の開始
チェコ	ČEZ	SMR導入計画	地域への電力・熱供給	PWR NPM BWR BWRX-300 PWR UK SMR	NuScale社、GEH社及びRolls-Royce社と了解覚書を締結
ルーマニア	SNN、E-Infra社	SMR導入計画	〃	PWR NPM	NuScale社と了解覚書を締結
トルコ	EUAS ICC	SMR導入計画	〃	PWR UK SMR	Rolls-Royce社と了解覚書を締結
ウクライナ	エネルゴアトム社、等	SMR導入計画	〃	PWR SMR-160 PWR NPM	Holtec International社及びNuScale社と了解覚書を締結
エストニア	フェルミ・エネルギー社	SMR導入計画	〃	熔融塩炉SSR-W、熔融塩炉IMSR BWR BWRX-300、PWR NPM	Moltex Energy社、GEH社及びRolls-Royce社と協力覚書を締結
インドネシア	BATAN	原子力発電所導入計画	〃	高温ガス炉、等	試験・実証炉の詳細設計
サウジアラビア	K. A. CARE	SMR導入計画	〃	PWR SMART 高温ガス炉HTR-PM600	韓国政府及び中国核工業建設集団会社と了解覚書等を締結
ヨルダン	JAEC	SMR導入計画	〃	PWR UK SMR、PWR NPM 高温ガス炉Xe-100	Rolls-Royce社、X-energy社及びNuScale社と了解覚書を締結

国名	組織	計画名等	計画の狙い	選択炉型等	進捗状況
—	IAEA	—	SMRの設計及び安全規準の標準化、等	各種SMR	SMRに関する各種会合が開催され、設計、熱利用、再生可能エネルギーとの共存、安全性、規制等について活発に議論
—	OECD/NEA	NEA SMR Dashboard	SMRの商業化に向けた進捗状況のマップを、SMR導入計画者に提供	各種SMR	SMR Dashboard初版を2023年3月に、第2版を同年7月に発行
米国 加国	NRC CNSC	SMRの共同技術審査	SMRの国内建設に向け、共同で安全規準を整備	熔融塩炉IMSR (Terrestrial Energy社) BWRX-300 (GEH社)	協力覚書及び憲章協定を締結。IMSRの共同審査は、2022年6月に完了。
仏国、フィン ランド、チェコ	仏原子力安全局ASN、 フィンランド放射線・原子 力安全庁STUK、チェコ原 子力安全庁SUJB	SMRの共同規制審査	SMRの許認可手続きを国際的なレベルで調整し、各国のSMR規制環境整備を加速	PWR NUWARD (EDF)	ASNがフィンランド放射線・原子力安全庁 (STUK) とチェコ原子力安全庁 (SUJB) フィンランドと共同で、NUWARDを審査
加国 ポーランド	CNSC PAA	SMRの共同技術審査 に向けた協力	共通のSMR国内建設に向け、 共同で技術審査を実施	BWRX-300 (GEH社)	BWRX-300の共同技術審査を目指し 協力覚書を締結
米国 ポーランド	NRC PAA	SMRの共同技術審査 に向けた協力	共通のSMR国内建設に向け、 技術情報を交換	BWRX-300 (GEH社)	BWRX-300の技術情報交換を新たに 含む協力協定を延長