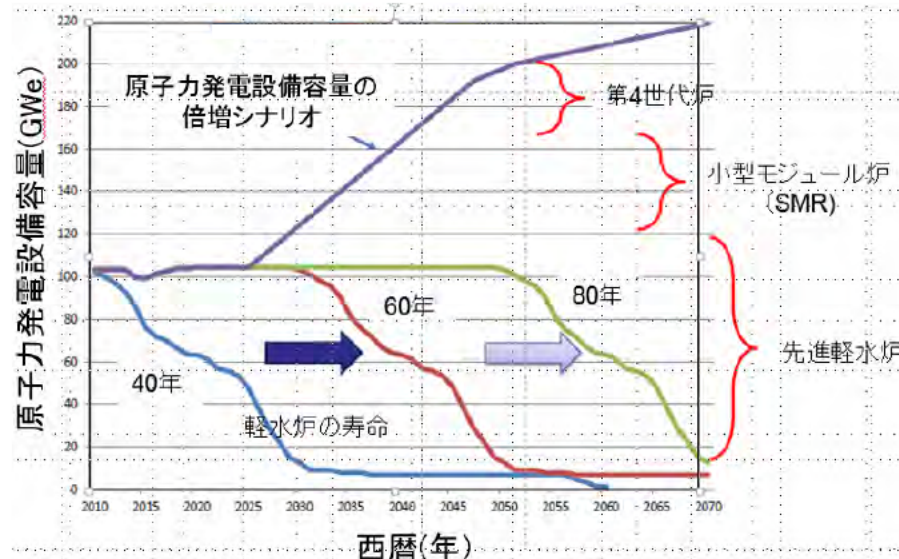
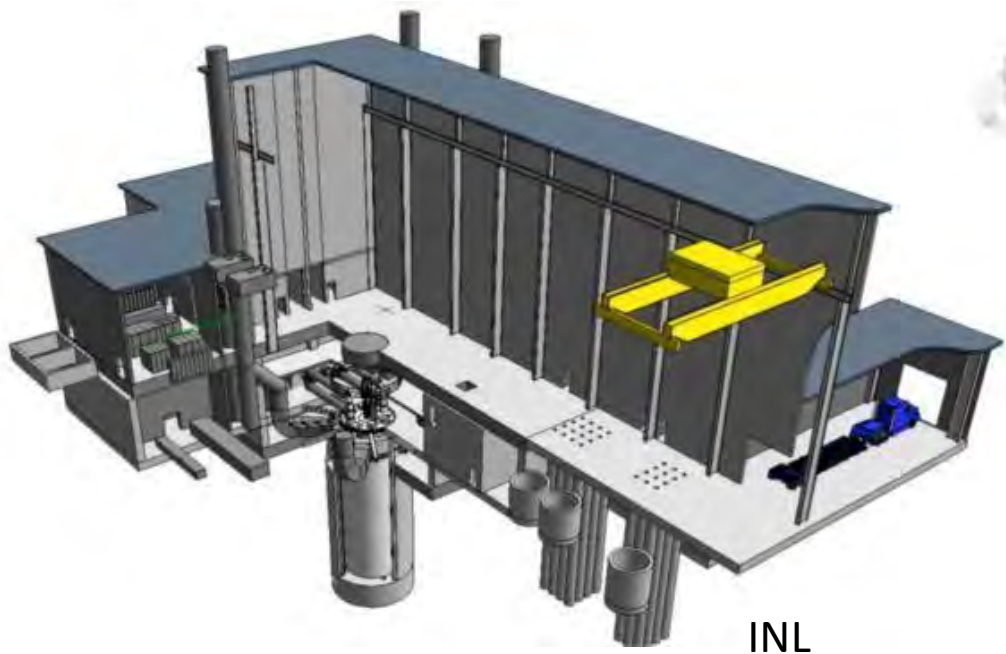


- ◆ 原子力発電の現状(2018年7月) : (世界第1の原子力発電大国)
  - 運転中99基、105GWe、全発電量に占める原子力比率約20%(2017年)
  - 建設中は2基(Georgia州Vogtle発電所)のみ。2013年以降6基が寿命前に廃炉(今後13基が計画)
- ◆ 原子力政策
  - 2015年11月「原子力の技術革新を加速するゲートウェイ(GAIN)イニシアティブ」を設立:原子力産業界が新たな先進設計を商用化していく際に必要となる技術的、財政的、規制的支持を提供
  - 2017年1月 エネルギー省は「先進炉開発のビジョンと戦略」(下図)を発表:既存軽水炉の寿命延長(60年または80年)、新型の大型軽水炉、中小型炉(SMR)、先進炉(第4世代炉)を組合せ、2050年までに原子力発電設備容量を倍増
  - トランプ政権は石炭火力&原子力を推進。



米国のクリーンエネルギー戦略目標達成に必要な原子力の設備容量(DOEの試算)

- GAIN: 民間の開発支援、国立研究所の研究開発基盤の利用
- TREAT: 安全性試験炉(燃料溶融を含む過渡試験)の再稼働
- VTR: 多目的試験炉の開発



- ナトリウム冷却炉
- 高速中性子照射試験
  - ✓ ナトリウム炉に限らず溶融塩炉を含む多様な炉システムの試験に対応
- 2026年の運転開始を目指す。
- 許認可はDOEがNRCの協力を得て行う。

## Versatile Test Reactor (VTR)

## ● DOEによるSMR開発支援 (1)

- 米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy) は、小型モジュール炉 (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、2億3,000万ドル規模の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。

- ①7年以内の新型炉実証 (2件総額1億6,000万ドル)、②将来の新型炉実証に向けたリスク削減 (2~5件総額3,000万ドル)
- ③新型炉概念 (2件以上総額2,000万ドル)

- ①2020年10月、TerraPower社 (Na冷却高速炉Natrium) 及びX-energy社 (ペブルベッド型高温ガス炉Xe-100)
- ②2020年12月、Kairos Power社 (フッ化物塩冷却高温炉の試験炉Hermes縮小規模試験炉)、Westinghouse Electric Company社 (ヒートパイプ冷却炉eVinci超小型炉)、BWXT Advanced Technologies社 (BWXT新型原子炉BANR)、Holtec Government Services社 (PWR型のHoltec SMR-160) 及びSouthern Company Services社 (溶融塩化物冷却高速炉の実験炉MCRE)
- ③2020年12月、Advanced Reactor Concept社 (本質的に安全なNa冷却炉)、General Atomics社 (高速モジュール炉) 及びMIT (モジュール統合型高温ガス炉)

### □ 原子力の技術革新を加速するゲートウェイ (GAIN: Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear)

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計画及びGEMINA計画 (3)

エネルギー高等研究計画局 (ARPA-E) は、2017年より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) 計画で、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開発、2019年よりGEMINA (インテリジェント原子力資産により管理された発電) 計画で、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し、支援。

## ● NRCによるSMR関連活動 (1) (4)

- NRCは、DOEの支援を受け、アイダホ国立研究所 (INL) 内で炉の建設を予定しているNuScale社が独自開発したSMR「NuScale Power Module (NPM)」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)」を発給。<sup>(5)</sup>
- テネシー峡谷開発公社 (TVA) に対し、同社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)。

(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) 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) NRC:「NRC to Issue Early Site Permit to Tennessee Valley Authority for Clinch River Site」, Dec. 2019.

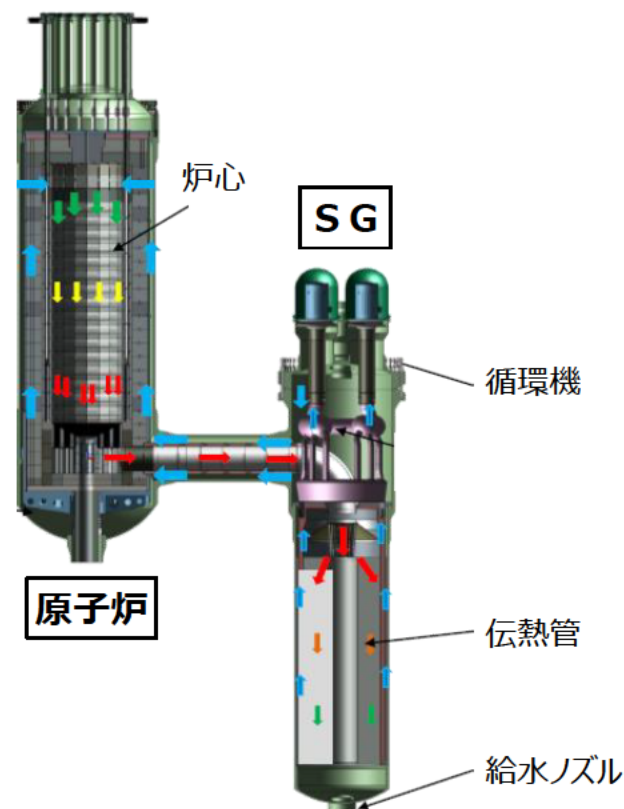
(5) JAIF:「米NRC、ニュースケール社製SMRに「標準設計承認」発給」、原子力産業新聞、2020年9月。 <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/4782.html>

## 概要

- X-energy社は、2009年に設立されたSGT社（NASAにおける2番目に大きなエンジニアリングサービス契約会社）所有のエンジニアリング会社であり、これまでに2千万ドルを支出。
- DOEが提示した原子力支援政策のうちの先進炉開発支援（4千万ドル（約43億円）、5年）を獲得して、ペブルベッド型の高温ガス炉（200 MWt Xe-100）の設計と研究開発を実施中。2017年3月16日、概念設計に着手と発表。
- 可能な限り既存の技術を使った発電炉の計画であり、早期建設（2030年）と既存の火力プラントに競合する高い経済性が特徴。

## プロジェクトチーム

- BWXT、Teledyne Brown、アイダホ国立研究所、オークリッジ国立研究所及びオレゴン州立大学



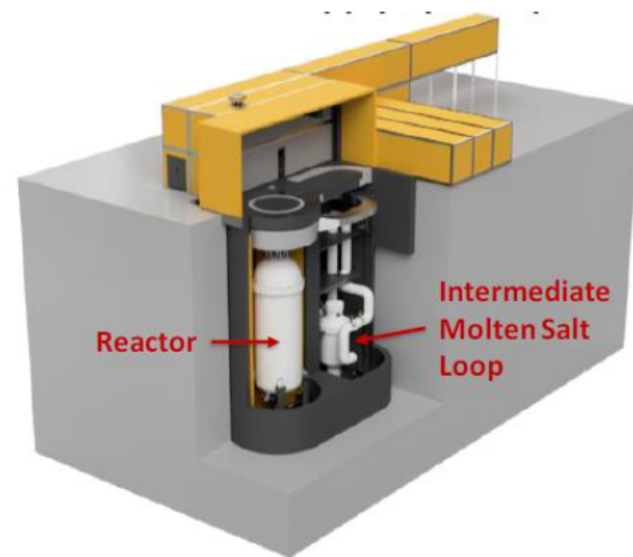
Xe-100主要仕様	
・原子炉熱出力	： 200 MW
・電気出力	： 75 MWe
・平均燃焼度	： 175GWd/t
・原子炉冷却材温度（出口/入口）	： 750°C/260°C
・冷却材圧力	： 6 MPa

## 開発状況

- 2013年 開発プロジェクトを開始
- 2017年 ヨルダン原子力委員会とヨルダンにXe-100の建設を検討することで合意
- 2018年4月：DOEと商業規模の被覆燃料粒子（TRISO）製造工場「TRISO-X」の設計と許認可申請準備に関し、899万ドル（約9.7億円、双方折半）の協力協定を締結。
- 2018年11月29日：Centrus Energy社は、X-energy社と契約を締結し、高度な核燃料を製造する施設（TRISO-X）の予備設計を開始したと発表。
- 2019年4月：TRISO-Xを建設するため、必要となる機器の供給で原子燃料工業社とパートナーシップを構築する了解覚書を締結。
- 2019年11月6日：Global Nuclear Fuel社とX-energy社は、低コストで高品質のTRISO燃料を製造するための協力を発表。
- 2019年11月15日：X-energy社は、同社製高温ガス炉Xe-100のヨルダン国内での建設を加速するため、趣意書（Letter of Intent）をヨルダン原子力委員会と交わしたと発表。
- 2019年12月5日：DOEは、先進的な原子炉の開発を促進するため、X-energy社に約350万ドル（約3.8億円）を授与。本プロジェクトでは、Xe-100の建設及び保守コストを削減する方法を検討。
- 2020年5月18日：X-energy社は、DOEのエネルギー高等研究計画局（ARPA-E）から600万ドル（約6.5億円）の助成金を獲得と発表。本資金は主に、運転保守管理費削減の技術開発に使用。
- 2020年10月：DOEは、新型炉実証プログラム（ARDP）において、X-energy社に8000万ドルを支給することを発表。
- 2021年 基本設計完了予定
- 2025年 建設開始予定

## 概要

- 米国Ultra Safe Nuclear Corporation (ウルトラ・セーフ・ニュークリア社) : USNCは、2011年に設立された米国の高温ガス炉開発ベンダー。
- 世界6カ国、約50名の職員が在籍。
- 遠隔地における熱及び電気供給を目的とした熱出力15MW (電気出力5MWe) のブロック型高温ガス炉「マイクロモジュラーリアクター (MMR)」を開発中。
- 2018年6月、加国原子力研究所 (CNL) の戦略的イニシアチブ「CNL管理サイトにおけるSMR実証炉の建設・運転提案募集」において、MMRが唯一フェーズ3に進展 (全4段階)。
- 2018年7月、英国次世代モジュラー炉 (AMR) 実行可能性・開発計画フェーズ1における実行可能性調査の支援対象として選定。
- 2019年3月、MMRをCNLチョークリバー・サイトで建設するため、SMRとして初めて「サイト準備許可 (LTPS)」をカナダ原子力安全委員会 (CNSC) に申請。CNSCは同年7月、環境影響評価を開始。
- 2020年6月、カナダのエネルギー関係プロジェクト開発企業グローバル・ファースト・パワー (GFP) 社、USNC及びカナダの発電事業者オンタリオ・パワー・ジェネレーション (OPG) 社の3社は、CNLサイトにMMRを建設・運転するための合弁事業体 (JV) 「GFPLimited・パートナーシップ」を設立。
- 2020年11月、GFP社とCNLは、CNLサイトへのMMR導入を支援するプロジェクトホスト契約を締結。



マイクロモジュラーリアクター (MMR)