

ND訪米報告会 SMR・革新炉の現状



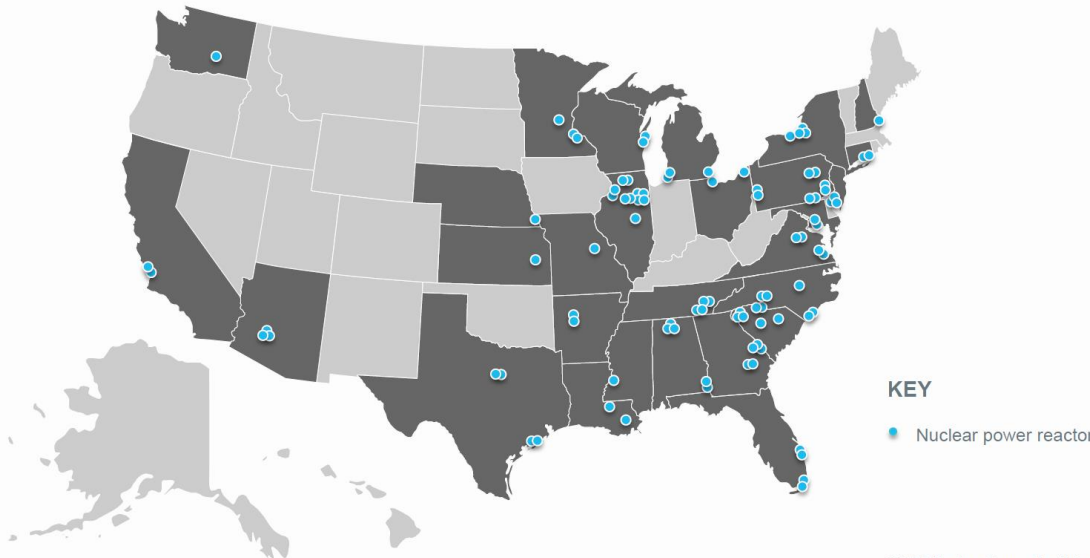
新外交イニシアティブ(ND)代表
弁護士 猿田佐世

アメリカの原発



- 全米53カ所に原発93基
- 電力供給量のうち原子力は18.2%（2023年）
- “クリーン” な電源のうち原発は45.5%
（風力25.6%、水力15.1%、太陽熱12.0%、地熱1%）
- 世界の原子力発電量の3割以上が米原発による

93 reactors at 53 plant sites across the country



NEI

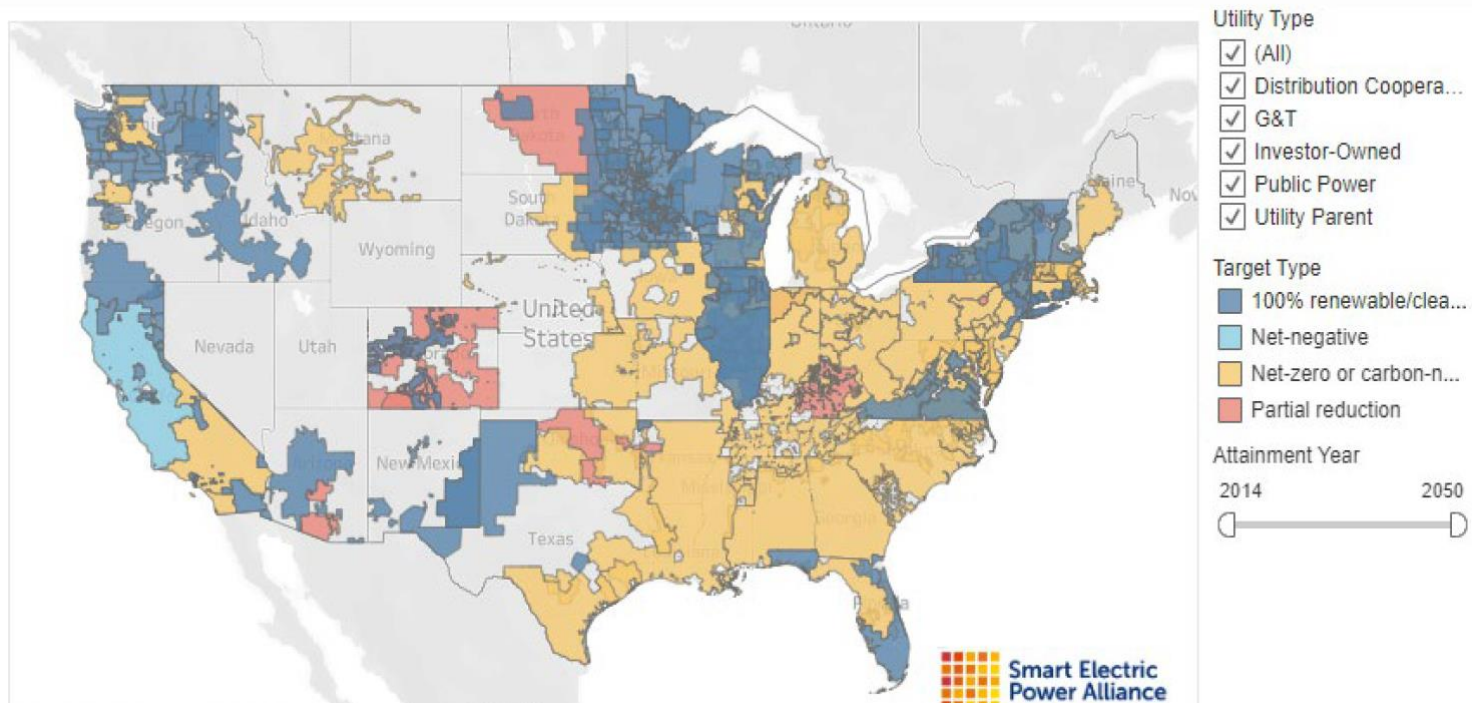
U.S. Clean
Generation
(2022)

45.5%
NUCLEAR

25.6%
WIND
15.1%
HYDRO
12.0%
SOLAR
1.0%
GEOTHERMAL

- 原子カルネッサンス（2000年代前半）建設計画約30基→残るは2基
理由）リーマンショック/福島事故/シェールガス革命
最大の理由は発電コストで再生可能エネルギーに劣ること
- スリーマイル事故（79年）後に着工された原発で初のボーグル原発3号機が（ジョージア州）23年7月31日に稼働。（電源喪失時でも原子炉を自動冷却できるので「革新軽水炉」と言われる）
- NEI（Nuclear Energy Institute）「既存原発の使用期限延期が最も効率的な炭素削減方法」 →100年運転の時代へ？

UTILITIES WITH EMISSIONS REDUCTION TARGETS



エネルギー省 (DOE)

「2035年までの電力業界でのゼロ炭素、2050年までのネットゼロ目指すには、クリーンエネルギーで550～770ギガワット増が必要。内200ギガワットは原発から。」

「連邦政府は産業をコントロールできない。インセンティブ与えることだけ。税優遇、補助金、研究などで支援。」

「どの社のどの種類の炉かとはDOEは言わない。」

「がんばってやれること全部やらないと2035年目標達成しないので楽観的に頑張るだけです。」



小型炉・革新炉にかかっている

エネルギー省「脱炭素のため、再生可能エネルギーの補完として原発を」

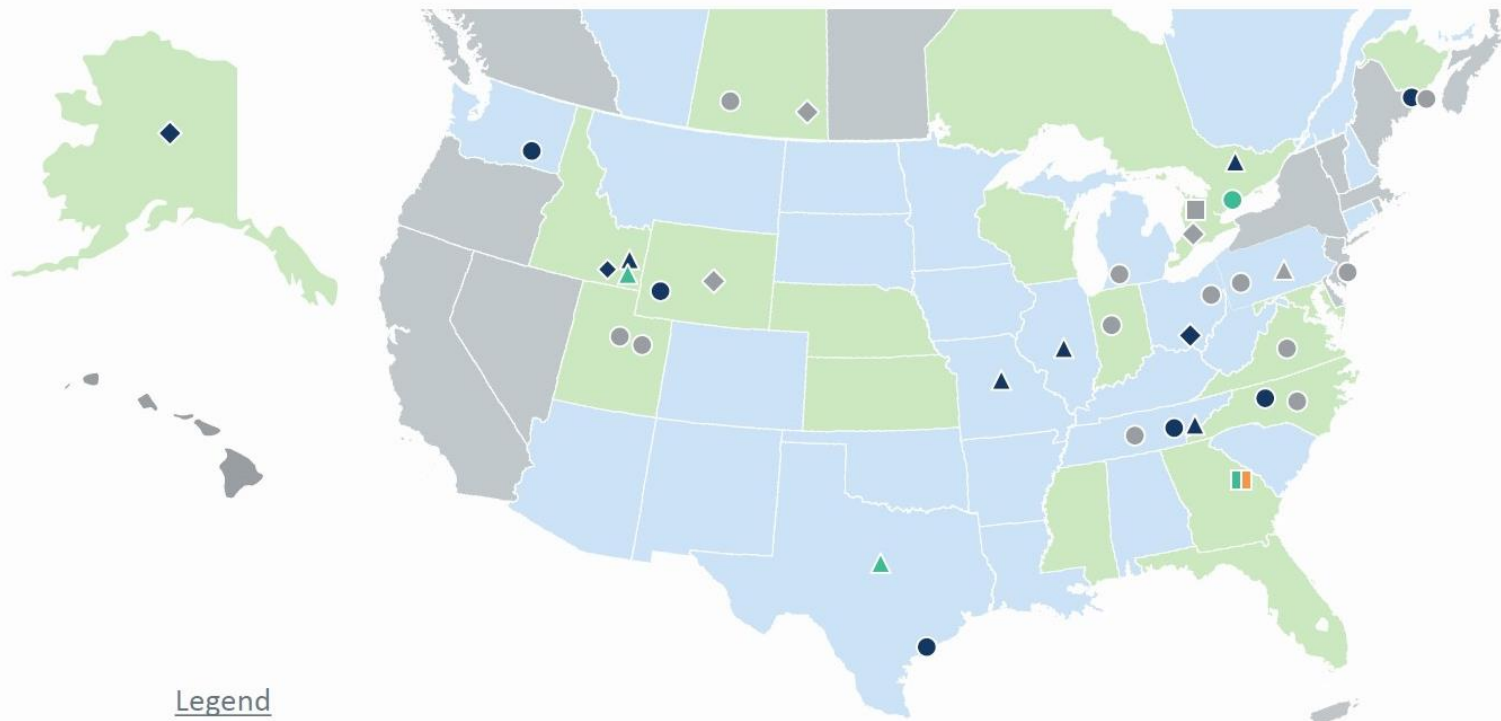
→ 小型炉 (Small Modular Reactor: SMR)・革新炉 (Advanced Reactor) に希望をつなぐ業界

革新炉 = 小型軽水炉、高速炉、高温ガス炉、核融合炉 etc

下院可決(2024年2月28日・上院未通過)「[原子力促進法 \(Atomic Energy Advancement Act\)](#)」も、原子力規制委員会(NRC)に対し、小型炉を含む革新炉の設計承認プロセスを簡素化するよう指示するもの。

Advanced Nuclear Deployment Plans

State support and projects that may be in operation by early 2030s



Legend

- State Actions – Substantive Incentives
- State Actions – Supportive and Exploring
- Considered project
- Planned project
- Under construction
- Operating
- Large (1,000 MWe)
- Small (<300 MWe)
- Micro-reactor (<50 MWe)
- University / Research / Test

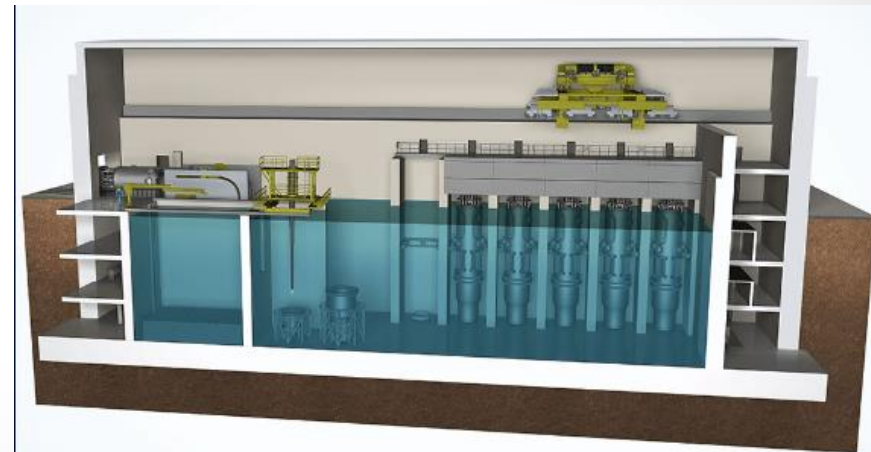
Advanced Reactor Developer Members



① Nuscale社の SMR

- 一番実現可能性が高いと評されていたのはニュースケール社の SMR (Small Modular Reactor・第3.5世代原発・軽水炉の小型版)
(日本からは日揮、IHI、国際協力銀行、中部電力が出資)
- 工場でモジュール(部材)を製造、現地組立→建設容易。
- 12基等セットで建設し、一部を止めつつ他で発電。メンテ容易
- 事故時に原子炉冷却のための安全システムが簡素化可能
- 発電出力に比べ事故時の原子炉の除熱・冷却を担う原子炉プールが大きいことで、従来型より安全性高い
- 避難区域は構内だけ

⇔ コスト高、スケールメリットがない、小型故のセキュリティの問題、避難区域、廃棄物処理等、多くの問題も指摘されている。



① Nuscale：最初の計画は頓挫

アイダホ国立研究所に出力約7万7000kWのSMRを6基設置し、2029年までにUAMPS（ユタ州自治体電力システム＝地域の電力小売会社の集合体）を通じて、約50のUAMPSの会員である西部7州の公営電力会社などに送電し、完全脱炭素化を達成する計画。DOEも支援。米国の第1号案件となるはずだった。

2023年1月 NRC、「ニュースケール・パワー・モジュール（NPM）」に、SMRとして初の設計認証。

11月8日 **発電コスト上昇**（補助金を入れても当初予定の1.5倍）で電力購入契約が買い手から**キャンセル**→株価下落・従業員28%解雇

「6～7つある計画の中の一つが頓挫しただけ」と強気。他の案件や海外（ポーランド、ルーマニア、カザフスタン、ウクライナ、シンガポール、ガーナ、ケニアなど）に活路を見出そうとしている。

②高速炉:テラパワー

- テラパワー社が開発する高速炉「ナトリウム」
- ビル・ゲイツ氏（マイクロソフト創業者）の設立（本社：ワシントン州ベルビュー）。
- ナトリウム冷却型の高速炉の実証炉（ワイオミング州・34.5万キロワット・2028年完成予定→少なくとも2年延期 2030年）
- GE日立・ニュークリアエナジーとテラパワーが共同開発を進めてきた高速増殖炉PRISMが基本デザイン



- 廃止予定の石炭火力発電所に設置予定（事務所・送配電など既存施設を活用・Just transition＝雇用の維持）
 - テラパワーが高速炉の実用化に乗り出したのは、**米エネルギー省の資金的後押し（補助金漬けの原発産業）**
- （ARDPの5～7年以内に実証可能な炉に選定されたプロジェクトの一つ・もう一つはXエナジー社の高温ガス炉「Xe-100」）



②米高速炉開発の近況

2020年5月 米エネルギー省がARDP (Advanced Reactor Demonstration Program/革新炉実証プログラム) 開始。米原子力産業界の革新炉設計の実証に対し資金負担で支援。

2020年10月 ARDPが、テラパワーの高速炉「ナトリウム」を支援対象にし、建設費の半額弱を提供。

2021年6月 ワイオミング州での建設計画を州知事・電力会社と合意。

2022年1月 「カーボンニュートラル実現に貢献するナトリウム冷却高速炉技術に関する日米協力の推進について」米テラパワー社と日本原子力研究開発機構、三菱重工、三菱FBRシステムズ株式会社が覚書を締結

- ・米側は日本のナトリウム冷却炉技術に関心あり
- ・原子力機構を通じて、もんじゅや実験炉「常陽」の建設に加わった日立や東芝系の企業も参画する可能性あり。

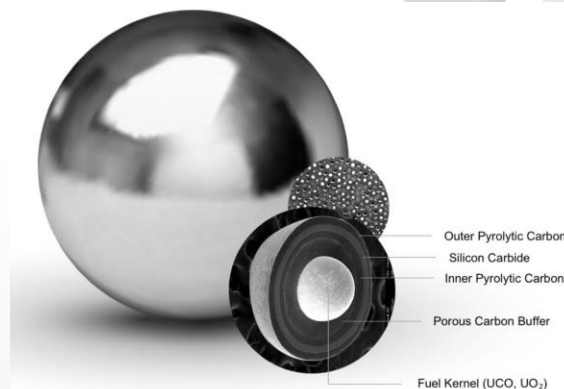
②テラパワー：最新状況

2024年3月19日 **NRC事前審査**「さらなる作業が必要」
NRCからは原発建設に使用した材料が、運転期間中の過酷な条件に耐えられることをどう証明するのが問われている (by Ed Lyman)

2024年3月29日 テラパワー社はNRCに**建設許可申請**
商業規模の先進炉としては米国初
今夏 非原子力部分の建設工事を開始予定

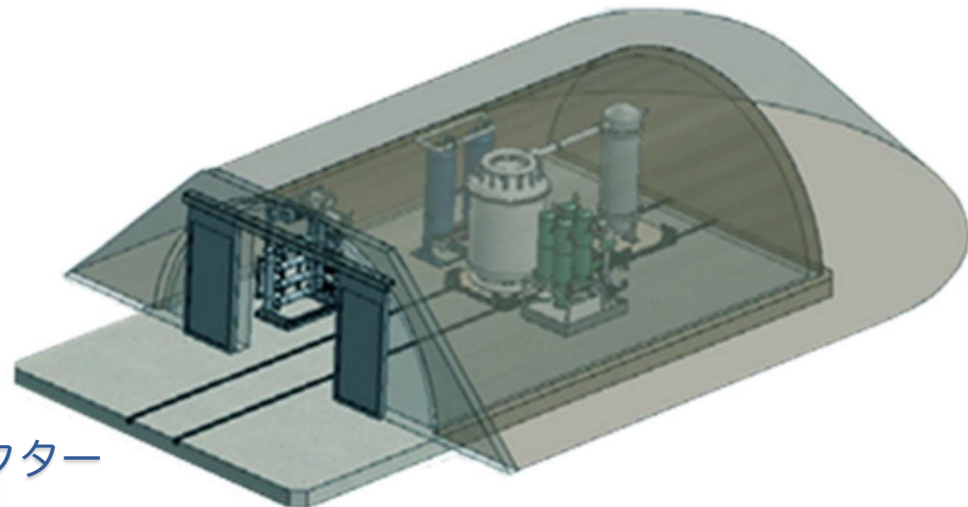
③ 高温ガス炉:X-エナジー社

- SMR「Xe-100」 TRISO燃料使用
電気出力8万kWの高温ガス炉
- 12基連結で最大96kWの出力
- DOEが2020年、先進的原子炉実証プログラム
(ARDP) で支援対象に選定した2設計の一つ
- X-エナジー社は、化学メーカーのダウ・ケミカル社のテキサス州メキシコ湾沿いに位置する
シードリフトの製造施設に2020年代末までに
「Xe-100」初号機の運転開始を予定。
- テネシー州オークリッジでは、HALEUである
X-エナジー社独自のTRISO-X燃料の
製造工場 (TF-3) を建設中。



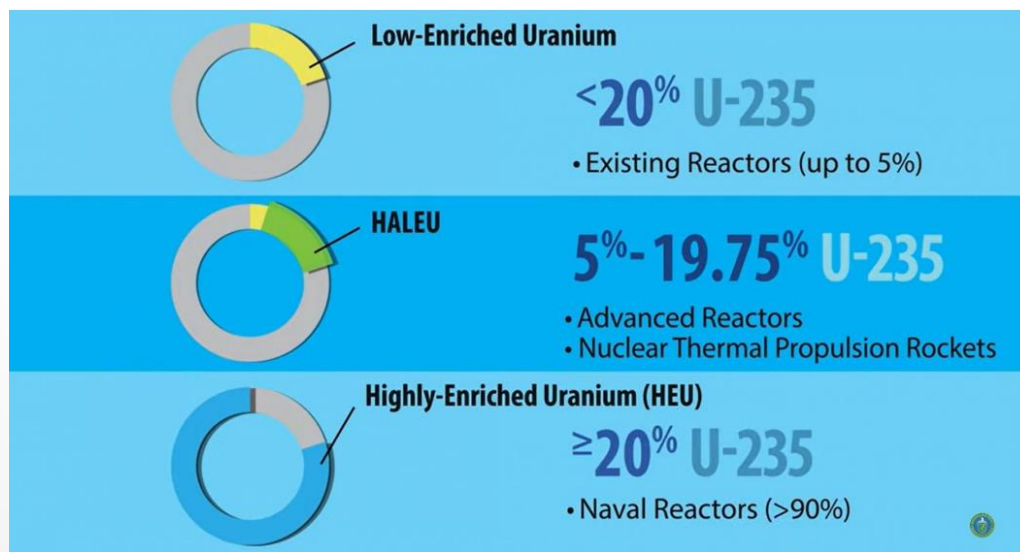
革新炉：付加価値をアピール

- 小型炉は米ニュースケール社、革新炉はナトリウム冷却高速炉（テラパワー社）と高温ガス炉（Xエナジー社）が進んでいる。フレキシブルな出力変化が売り。
- 革新炉は遠距離輸送が困難なエネルギーである熱の供給などもウリに。
- 国防総省が小型で運搬可能な高温ガス炉（マイクロリアクター）を開発中。極地や島嶼部での配置を計画（海外の米軍基地なども対象）。



燃料HALEU問題

- HALEUの商用販売はロシアのロスアトム系企業一社のみ
 - ⇔ 高速炉「ナトリウム」含む「次世代炉」はHALEUを燃料とする。
- バイデン政権はHALEU国内生産のため補助金支出等をして後押ししたが進捗は遅遅。新サプライチェーン構築も必要。
 - 2022年8月 テラパワー「次世代炉の稼働を2028年から少なくとも2年間延期する」
- ※ そもそも、米はウラン燃料の90%を輸入に依存。うちウランの14%、ウラン濃縮サービスの28%をロシアに依存(2021年)。



HALEU最新状況

- 2023年5月 G7札幌会議で英米カナダ日など5カ国がロシア以外からの核燃料供給体制の強化について合意。
- 10月 セントラスエナジー社がオハイオ州パイクトンの米国遠心分離濃縮プラント（NRCの認可を受けた米国唯一のHALEU製造施設）でHALEUの生産開始。米国が所有し、米国の技術を導入した濃縮工場としては70年ぶり。
- 11月 20キログラムをDOEに初納入
- 2024年2月 同社がDOEとの契約の第2段階で予定していた900kgの年内納入は不可能との見通し

革新炉の今後は

- Nuscale第一号頓挫での革新炉全体への影響は？
- 北米で75？全世界でさらに50？の革新炉開発？？
「それだけあればどれかは…?!」
- 日立GEニュークリア・エナジーなどが開発しているSMR
「BWRX-300」は、早ければ2020年代末までに運転開始予定。
- NuScale社についても、中止されたユタ州の事業以外に様々なプロジェクト。

Ex. データ処理に関するインフラを提供する米Standard Powerは、AIやデータセンター利用の電力需要が高まっていることから、NuScale社のSMR導入を決定、2029年運転開始を目指す。

Ex. ルーマニア国営原子力発電事業社傘下のローパワー社が、石炭火力発電所の跡地に、合計6基のNuScale社のSMRを建設し、2029年の運転開始を予定（21年11月発表）。等々

「民主主義国 vs 権威主義国」?

- 米・日は、ガーナとの3か国で戦略的パートナーシップ協定を締結（IHI株式会社、日揮株式会社、Regnum Technology Group、NuScale Power）
- 中国もガーナにSMRの売り込みをかけており、ガーナは、日本・米国連合と中国で条件の良い方を選択しようとしている。
- ガーナ以外でも、大型炉も含めて米国と中国が争っている（たとえば、ヨルダン、トルコなど）。
- 中国やロシアは、放射性廃棄物を引き取るという条件を提示しており、中国は一帶一路と関連させているので、日米連合の戦いは容易ではない。

SMR/革新炉の今後

- ・ 再エネとの比較での相対的な発電コストが最重要
大量生産になれば、というが。
 - ・ 燃料HALUEは間に合うか（鶏と卵）
 - ・ 技術的な難しさ Ex. ナトリウム炉
 - ・ 「革新」炉？
 - ・ 核拡散リスク増大
-
- ・ 他、安全性、テロ対策、使用済み核燃料問題などは既存
原発と同様に残る