

Advanced Nuclear Technology

METI Advanced Reactor
Working Group

June 30, 2022



Types of Advanced Reactors

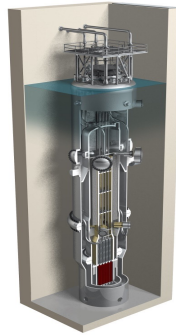
Range of sizes and features to meet diverse market needs

Micro Reactors ($< 20\text{MW}$)



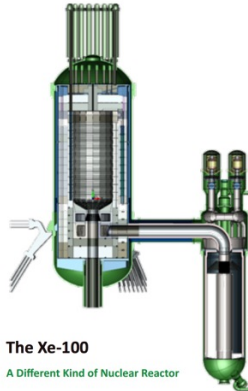
Oklo (shown)
Approximately a dozen in
development

LWR SMRs $< 300\text{MW}$



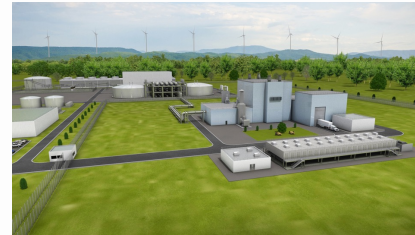
NuScale (shown)
GEH X-300
Holtec SMR-160

High Temp Gas Reactors



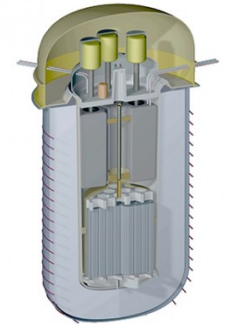
X-energy (shown)
Several in development

Liquid Metal Reactors



TerraPower Sodium (shown)
Several in development

Molten Salt Reactors



Terrestrial (shown)
Several in development

Non-Water Cooled

Most $< 300\text{MW}$, some as large as $1,000\text{ MW}$

Advanced Reactor Safety

Building upon a strong safety record

- Operating fleet: one of the safest industrial working environments
 - Strong-Independent Regulator, Built tough, Operational Performance
- Enhancing safety for advanced reactors*
 - Safety profile fundamentally differ from other power reactors

Inherent Safety Features

- Robust hardened structures
- Rely on physics
 - Natural circulation
 - Gravity
- Fail-safe, shuts itself off
- Operational simplicity: very few instruments and controls

Reduce Risks

- Smaller radionuclide inventory
- Minimize potential for accidents
- Mitigate consequences
- Proliferation resistant fuel and enrichments below 20% U-235

Emergency Response

- No credible event that could result in unacceptable off-site doses
- Maintain safety without the need for
 - Power
 - Additional coolant
 - Human actions
- Emergency planning

*Features vary by design

Advanced Reactor Affordability



READILY AVAILABLE EQUIPMENT

- Off-the-shelf Equipment
- Proven Performance

FACTORY- BUILT

- 60-80% of Equipment
- U.S. Supply Chain Growth

FASTER CONSTRUCTION

- Smaller Structures
- Assembly vs. Construction
- Modern Construction Methods

IMPROVED PERFORMANCE

- Higher Thermal Efficiency
- Design and Construction Best Practices
- Operational Excellence

Government Deployment Support

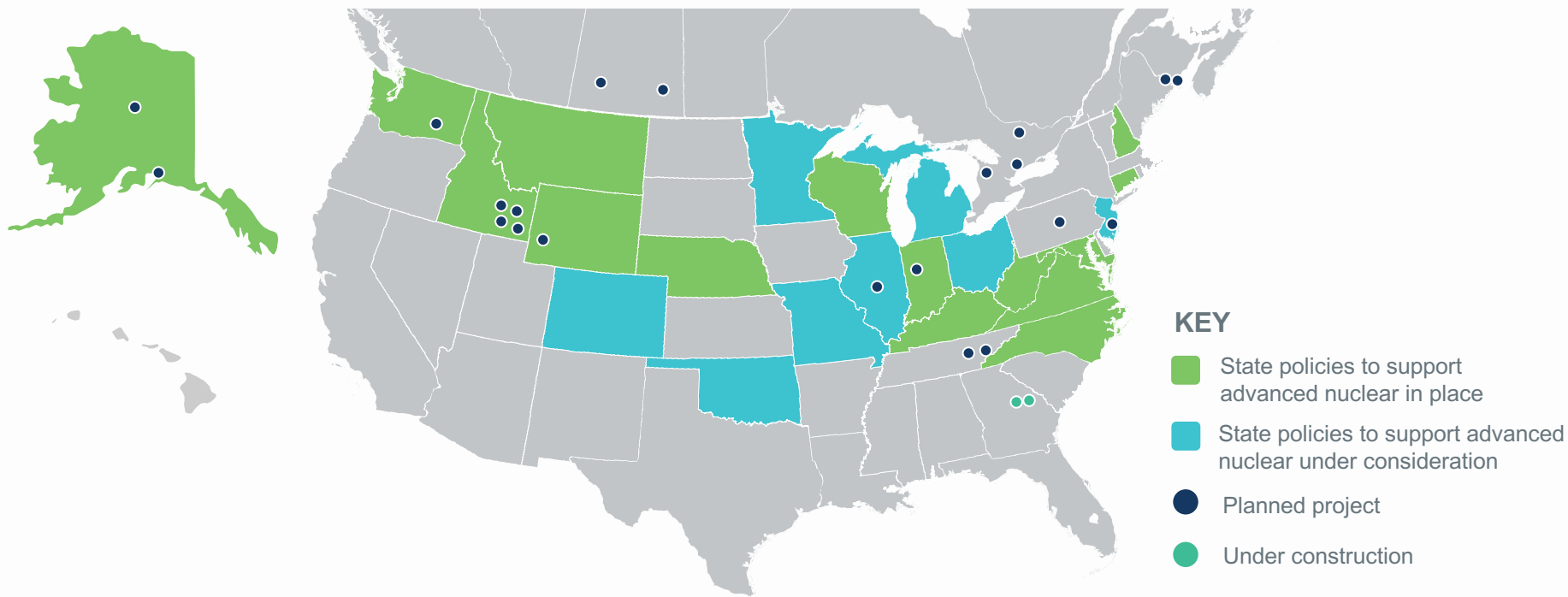
- Valuing all carbon-free sources of energy
- Federal Programs
 - Tax Credits (e.g., Production)
 - Loan Guarantees
 - Federal Power Purchase Agreements
- State Programs
 - Tax incentives (e.g., property)
 - Advanced cost recovery
 - Infrastructure



<http://smrstart.org/wp-content/uploads/2017/07/SMR-Start-State-Options-for-New-Nuclear-Approved-2017-06-26.pdf>
<http://smrstart.org/policy-statement/>

Advanced Nuclear Deployment Plans

Projects in planning or under consideration in U.S. and Canada >20; Globally >30



Top-Line Summary

- Tangible movement to multiple initial demonstrations in 2020s
- Demand building for large scale deployment in 2030s
- Federal and state policies evolving in right direction
- Challenges being addressed:
 - Delivery on-time, on-budget
 - HALEU fuel supply
 - Regulatory efficiency
 - Establishment of robust supply chain

Spectrum of technologies available
for deployment in 2030s

DISCUSSION



Backup Slides

Advanced Reactor Deployment Plans (1/2)

Grid-scale reactors

NEI

Developer	Utility / User	Location	Size	Target Online
NuScale	UAMPS	Idaho, USA	6 @ 77MW	2029
	KGHM Polska Miedz	Poland	6 @ 77MW	2029
	Nuclearelectrica	Romania	6 @ 77MW	2028
GEH BWR X-300	OPG	ON, Canada	300 MW	2028
	TVA	TN, USA	300 MW	2032
	Synthos & Orlen	Poland	300 MW (>10 plants)	Early 2030s
Holtec SMR-160	TBD	NJ, USA	160 MW	2030
X-energy Xe-100	Grant County PUD	WA, USA	4 @ 80MW	2027
TerraPower	Pacific Corp.	Wyoming	345 - 500MW	2028
ARC	NB Power	NB, Canada	100 MW	2030
Moltex	NB Power	NB, Canada	300 MW	2032
TBD	SaskPower	Sask., Canada	~300 MW (4 plants)	2032 to 2042
TBD	Purdue/Duke Energy	Indiana, USA	TBD	TBD

Advanced Reactor Deployment Plans (2/2)

Micro-reactors and low scale test reactors

Developer	Utility / User	Location	Size	Target Online
Oklo	Oklo	Idaho, USA	1.5 MW	2025
	Compass Mining	TBD	TBD (150 MW total)	TBD
Ultra Safe Nuclear	Global First / OPG	CRL, Canada	5 MW	2025
	University of Illinois	Illinois, USA	5 MW	2027
	Copper Valley (CVEA)	Alaska, USA	5 MW	TBD
Westinghouse	TBA	West Canada	5 MW	2027
	Bruce Power	ON, Canada	5 MW	2027
	Penn State University	USA	5 MW	2027
Radiant	TBA	Idaho, USA	1.2 MW	2026
TBD	Eielson AFB	Alaska, USA	1 – 10 MW	2027
X-energy or BWXT	DoD SCO	Idaho, USA	1.5 MW	2025
Kairos Power	Kairos	TN, USA	35 MWth	2026

革新的な 原子力技術

METI革新炉
ワーキンググループ

2022年6月30日



革新炉の種類

多様な市場ニーズを満たすための幅広いサイズと特徴

マイクロ炉
($<20\text{MW}$)



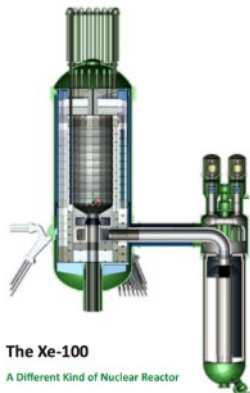
Oklo (上図)
約12基を開発中

軽水炉型SMR
 $<300\text{MW}$



NuScale (上図)
GEH X-300
Holtec SMR-160

高温ガス炉



The Xe-100

A Different Kind of Nuclear Reactor

X-energy (上図)
複数基を開発中

液体金属炉



TerraPowerのSodium (上図)
複数基を開発中

溶融塩炉



Terrestrial (上図)
複数基を開発中

非水冷

ほとんどが300MW未満、一部は1,000 MWの規模

革新炉の安全性

高い安全実績に基づいて建設

- 運用中のフリート: 最も安全な産業労働環境の1つ
 - 強力で独立した規制当局、頑丈な作り、運用性能
- 革新炉の安全性向上*
 - 安全性の特徴は他の発電炉とは根本的に異なる

固有の安全機能

- 頑健で強固な構造
- 物理現象の活用
 - 自然循環
 - 重力
- フェイルセーフ、自動停止
- 操作の簡便さ: 極めて少ない計器・制御系

リスクの低減

- 放射性核種インベントリの減少
- 事故の可能性の最小化
- 影響の緩和
- 核拡散抵抗性燃料と20%未満の濃縮度のU-235

緊急時対応

- 許容範囲を超えるオフサイト線量をもたらす可能性のある想定事象は存在しない
- 安全性の維持のために以下を必要としない
 - 電力
 - 追加の冷却材
 - 運転員操作
- 緊急時計画

*特徴は設計によって異なる

革新炉の経済性

小型

+

固有の
安全性

=

よりシンプル

すぐに
利用できる
機器

- 既製の機器
- 実証済みのパフォーマンス

工場で
組み立て

- 機器の60-80%
- 米国のサプライチェーンの成長

より迅速な
建設

- より小さな構造
- アセンブリ化と現地工事
- 最新の建設工法

向上した
パフォーマンス

- より高い熱効率
- 設計と建設のベストプラクティス
- オペレーショナル・エクセレンス

政府による展開支援

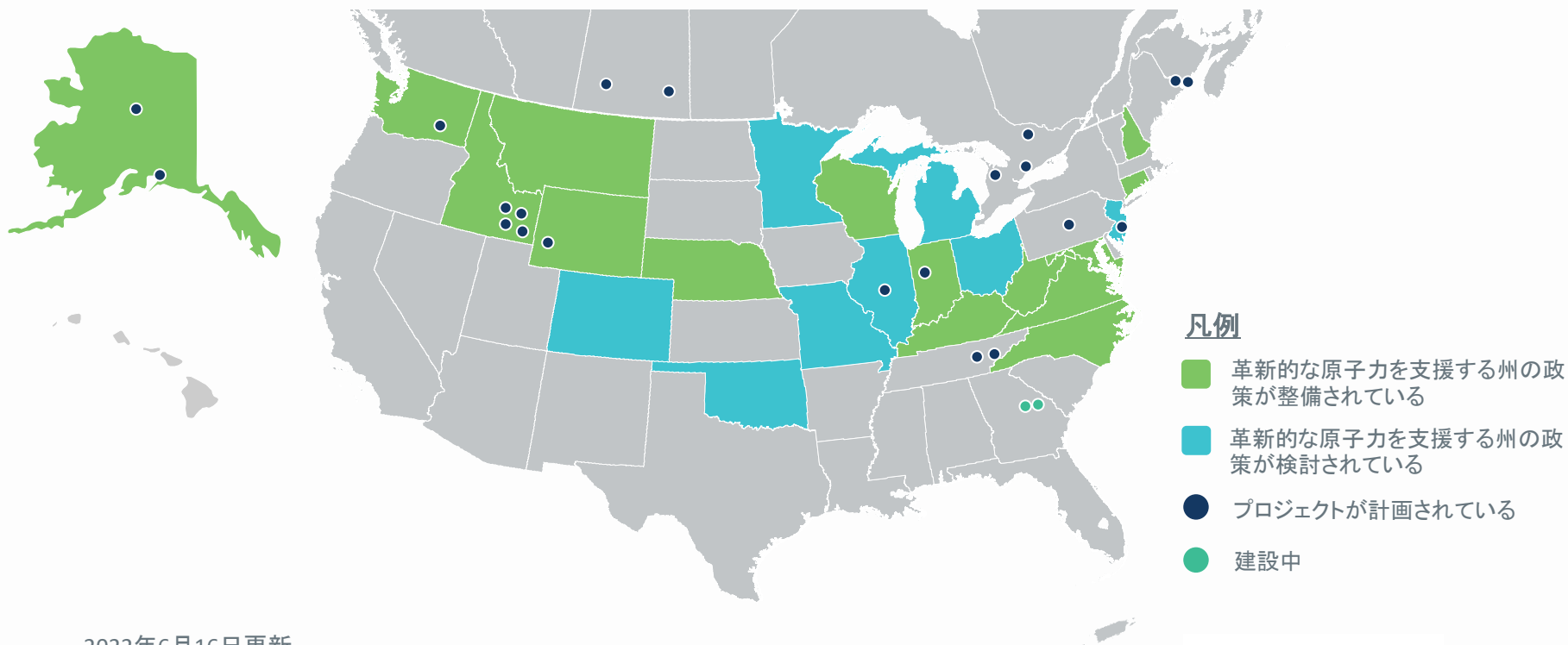
- カーボンフリーのすべてのエネルギー源を評価する
- 連邦政府のプログラム
 - 税額控除(例: 生産)
 - ローン保証
 - 連邦政府の電力購入契約
- 州のプログラム
 - 優遇税制(例: 資産)
 - 早期のコスト回収
 - インフラ



<http://smrstart.org/wp-content/uploads/2017/07/SMR-Start-State-Options-for-New-Nuclear-Approved-2017-06-26.pdf>
<http://smrstart.org/policy-statement/>

革新的な原子力の展開計画

米国およびカナダで計画中または検討中のプロジェクト>20;-世界全体でのプロジェクト>30



まとめ

- 2020年代の複数の初期実証のための具体的な動き
- 2030年代の大規模展開のための需要構築
- 正しい方向に進んでいる連邦政府と州の政策
- 対応中の課題：
 - スケジュール通りかつ予算内での納入
 - HALEU燃料の供給
 - 規制の効率性
 - 強固なサプライチェーンの確立

複数の技術が
2030年代に導入可能

議論



補助スライド

革新炉の展開計画(1/2)

グリッド規模の原子炉

開発元	事業者/ユーザー	立地	サイズ	運転開始目標
NuScale	UAMPS	米国 アイダホ州	6 @ 77MW	2029年
	KGHM Polska Miedz	ポーランド	6 @ 77MW	2029年
	Nuclearelectrica	ルーマニア	6 @ 77MW	2028年
GEH BWR X-300	OPG	カナダ オンタリオ州	300 MW	2028年
	TVA	米国 テネシー州	300 MW	2032年
	Synthos & Orlen	ポーランド	300 MW(> 10プラント)	2030年代初頭
Holtec SMR-160	未定	米国 ニュージャージー州	160 MW	2030年
X-energy Xe-100	Grant County PUD	米国 ワシントン州	4 @ 80MW	2027年
TerraPower	Pacific Corp.	ワイオミング	345-500MW	2028年
ARC	NB Power	カナダ ニューブランズウィック州	100 MW	2030年
Moltex	NB Power	カナダ ニューブランズウィック州	300 MW	2032年
未定	SaskPower	カナダ サスカチュワン州	~300 MW (4プラント)	2032年~2042年
未定	Purdue/Duke Energy	米国 インディアナ州	未定	未定

革新炉の展開計画(2/2)

マイクロ炉と小規模試験炉

開発元	事業者/ユーザー	立地	サイズ	運転開始目標
Oklo	Oklo	米国 アイダホ州	1.5 MW	2025年
	Compass Mining	未定	未定(合計150 MW)	未定
	Global First / OPG	カナダ CRL	5 MW	2025年
Ultra Safe Nuclear	イリノイ大学	米国 イリノイ州	5 MW	2027年
	Copper Valley (CVEA)	米国 アラスカ州	5 MW	未定
	未公表	カナダ	5 MW	2027年
Westinghouse	Bruce Power	カナダ オンタリオ州	5 MW	2027年
	ペンシルベニア州立大学	米国	5 MW	2027年
Radiant	未公表	米国 アイダホ州	1.2 MW	2026年
未定	Eielson AFB	米国 アラスカ州	1~10 MW	2027年
X-energy or BWXT	DoD SCO	米国 アイダホ州	1.5 MW	2025年
Kairos Power	Kairos	米国 テネシー州	35 MWth	2026年