



February 27th 2018

A Promising Innovation in Nuclear Energy

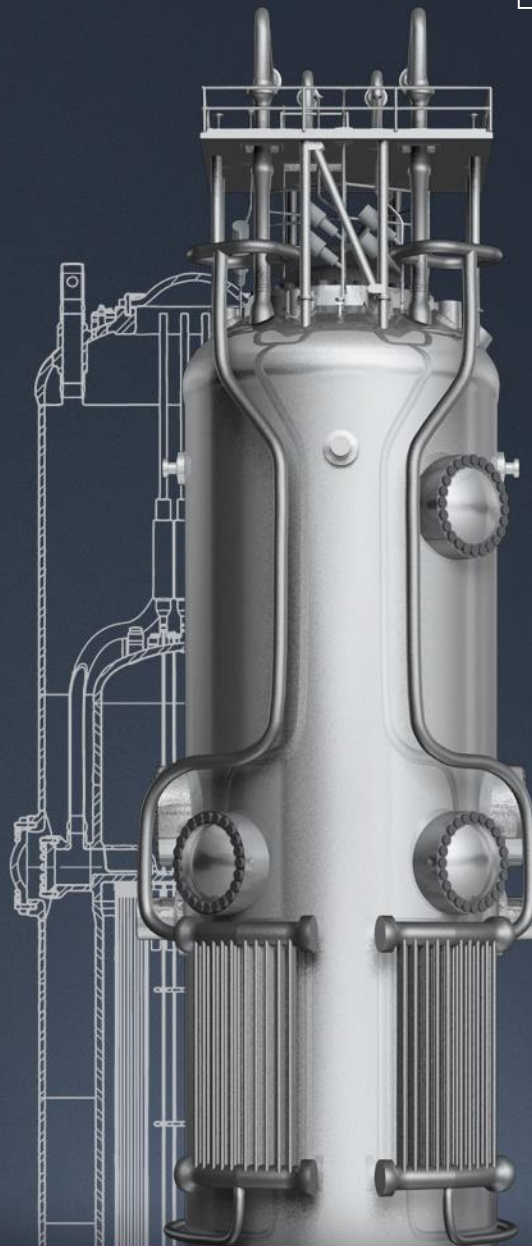
The 7th Round-Table for Studying Energy Situations, Next-Generation Technologies and Innovation for Decarbonization ②

José N. Reyes, Jr.

Chief Technology Officer and Co-founder

John Hopkins

Chief Executive Officer



Outline

- SMR Design Overview
 - Comparison to Conventional Nuclear Plants
- A New Level of Safety and Resiliency
- Economy, Financing, and Global Market
- Multiple Applications and Integration with Renewables
- Regulatory Communications and Approvals
- First NuScale SMR plant and Financing
- National Infrastructure for SMR deployment

Who is NuScale Power?

- NuScale Power was formed in 2007 for the sole purpose of completing the design and commercializing a small modular reactor – the NuScale Power Module™
- Initial concepts had been in development and testing since the 2000 (U.S. DOE) MASLWR program
- Fluor became lead investor in 2011
- In 2013, NuScale won \$226M in matching funds in a competitive U.S. DOE Funding Opportunity
- >400 patents granted or pending in 20 countries
- >800 people have worked on the project with 6 offices in U.S. and 1 office in London
- First-ever Design Certification Application was completed in December 2016 and accepted for U.S. NRC review in March 2017
- Over US\$700MM total investment to date



NuScale Engineering Offices Corvallis



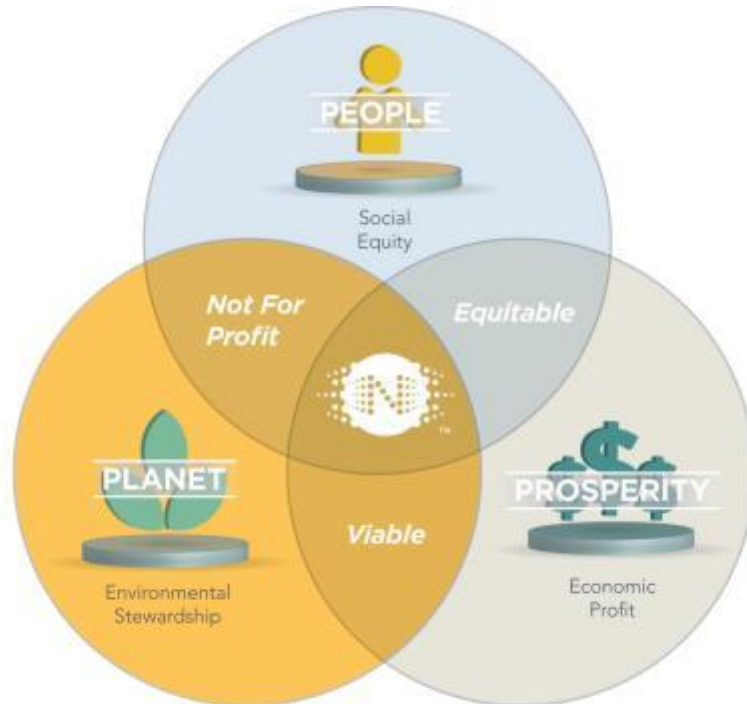
One-third scale NIST-1 Test Facility



NuScale Control Room Simulator

NuScale Value System

- NuScale Power is a Company built on Three Bottom Lines:



“NuScale Power, a viable business for people, planet, and prosperity”

- MISSION - NuScale Power will provide scalable advanced nuclear technology for the production of electricity, heat, and water to improve the quality of life for people around the world.

Why NuScale SMR for De-carbonization?

- *NuScale SMR offers:*
 - *Stable carbon-free power with small land usage for 600 MWe plant (0.14 km² inside the fence; <0.3 km² total)*
 - *Air-cooled condenser option for locating plants away from seaside.*
 - *Incremental power to match load growth*
 - *Integrates well with renewables*
 - *Reduced Capital costs and LCOE compared to large NPP*
 - *Multiple commercial applications so it can decarbonize more than just electricity production – including process heat for industrial applications and desalinization of water.*

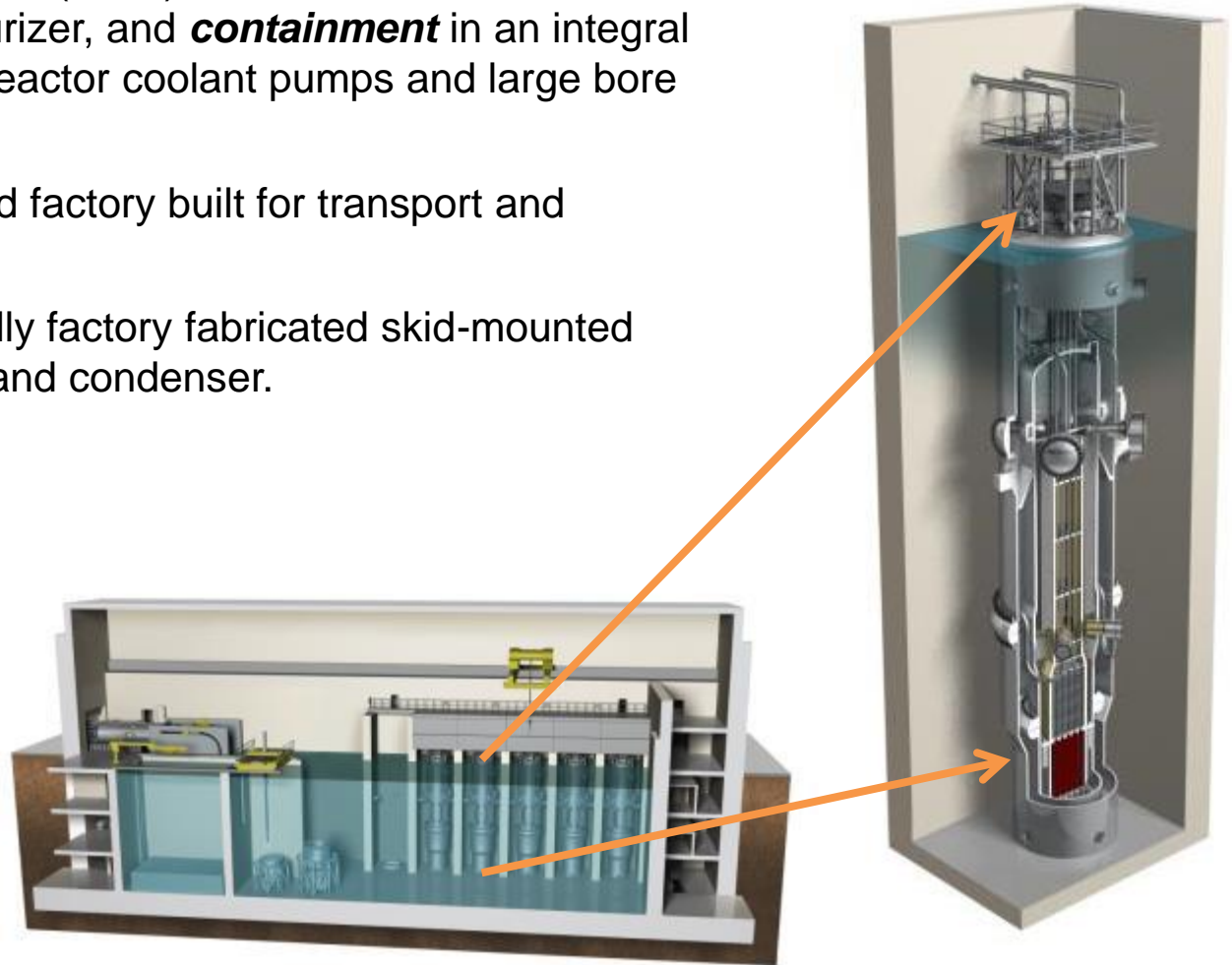


NuScale SMR Design Overview

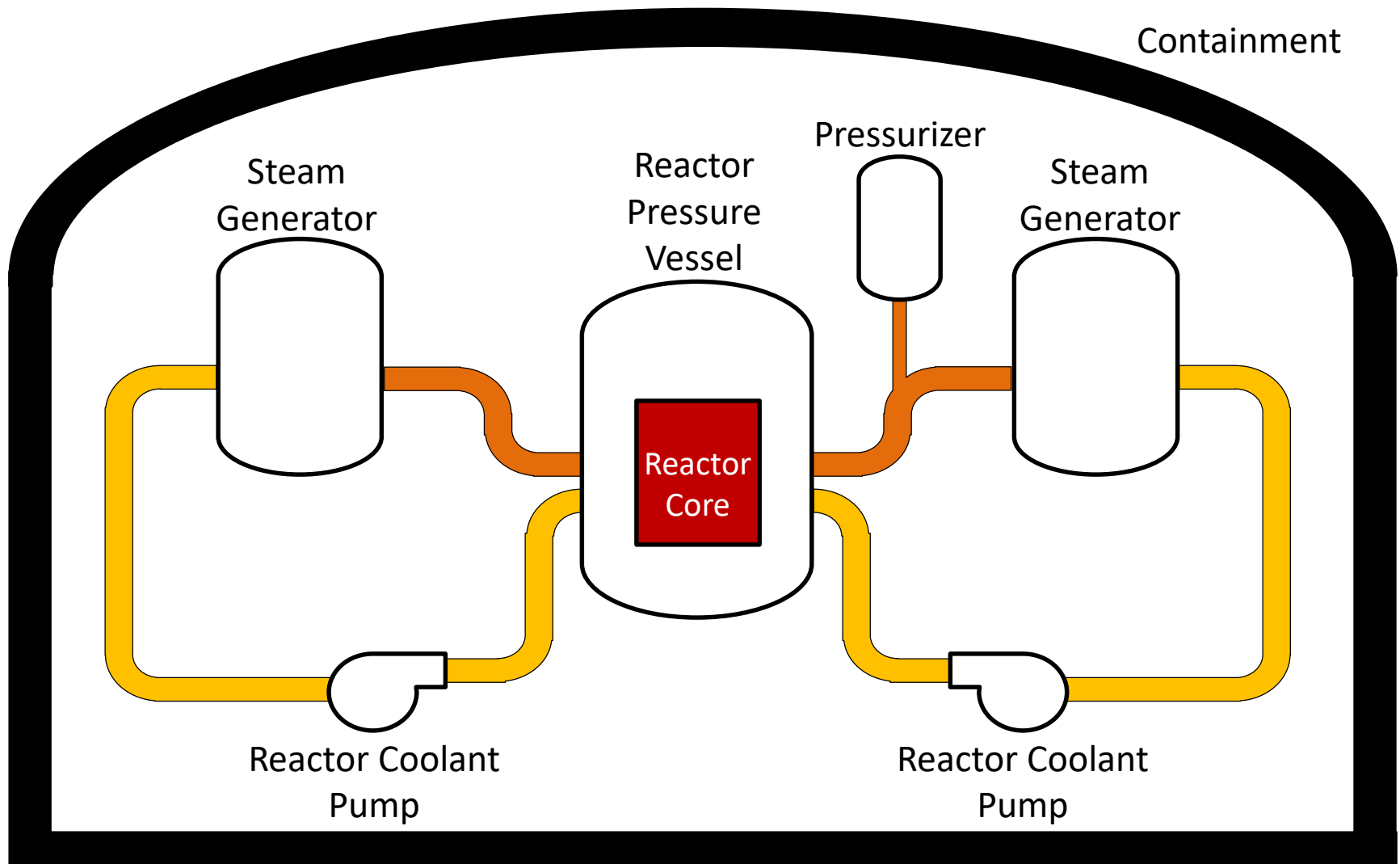
What is a NuScale Power Module?

Scalable design allows for 1 to 12 NPMs






- A NuScale Power Module™ (NPM) includes the reactor vessel, steam generators, pressurizer, and **containment** in an integral package that eliminates reactor coolant pumps and large bore piping (no LB-LOCA).
- Each NPM is 50 MWe and factory built for transport and installation.
- Each NPM has its own fully factory fabricated skid-mounted steam turbine-generator and condenser.
- Each NPM is installed below-grade in a seismically robust, steel-lined, concrete pool.
- NPMs can be incrementally added to match load growth - up to 12 NPMs for 600 MWe gross (~570 net) total output.

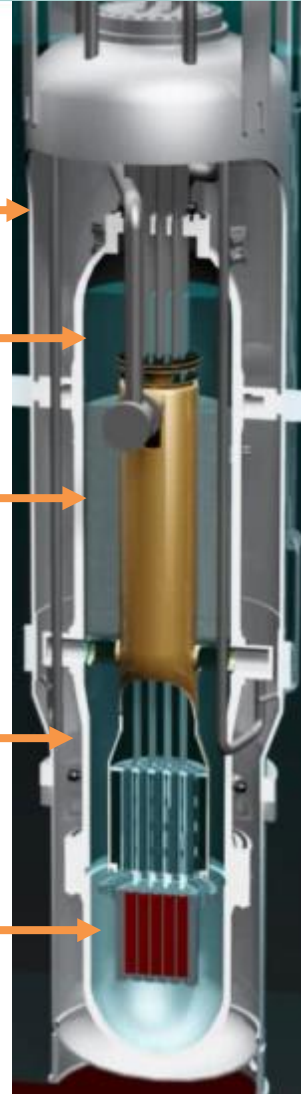


Pressurized Water Reactor Basics



NuScale Small Modular Reactor

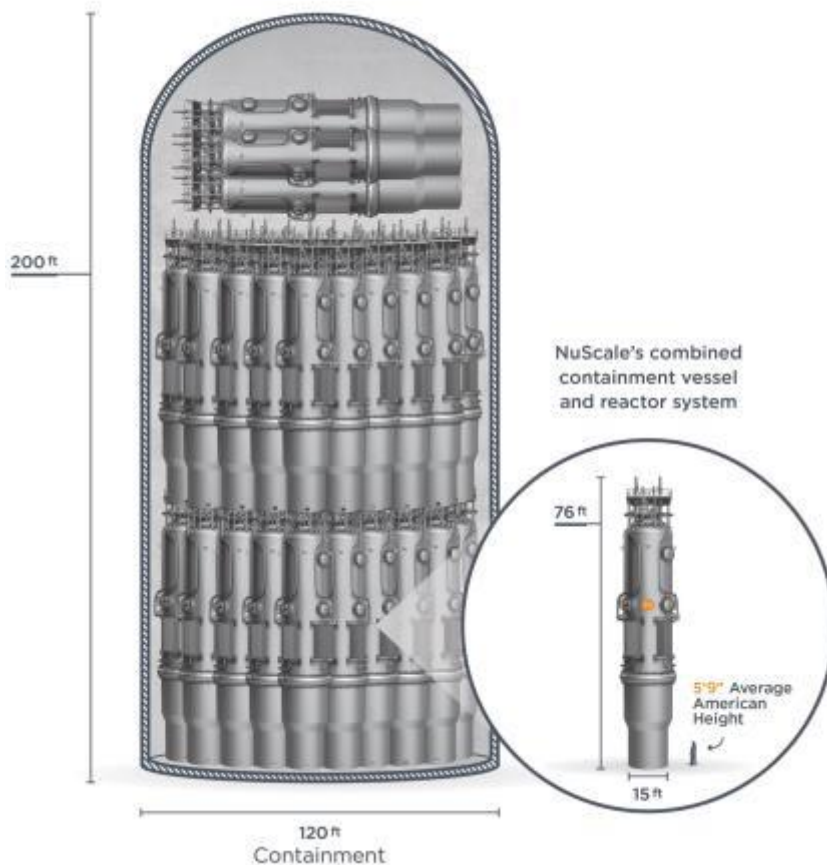
- Containment 
- Pressurizer 
- Steam Generators 
- Reactor Pressure Vessel (RPV) 
- Reactor Core 



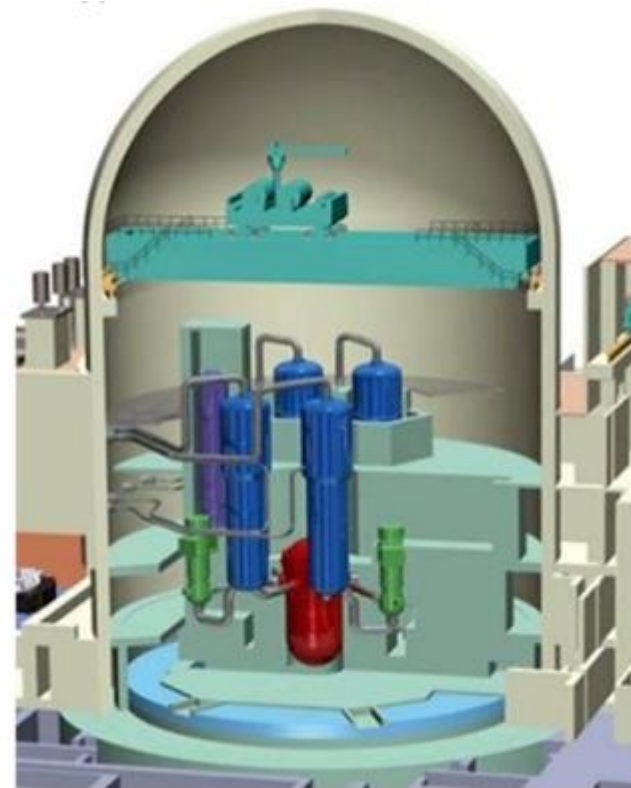
Size Comparison

Comparison size envelope of new nuclear plants currently under construction in the United States.

126 NuScale Power Modules



Typical Pressurized Water Reactor



*Source: NRC

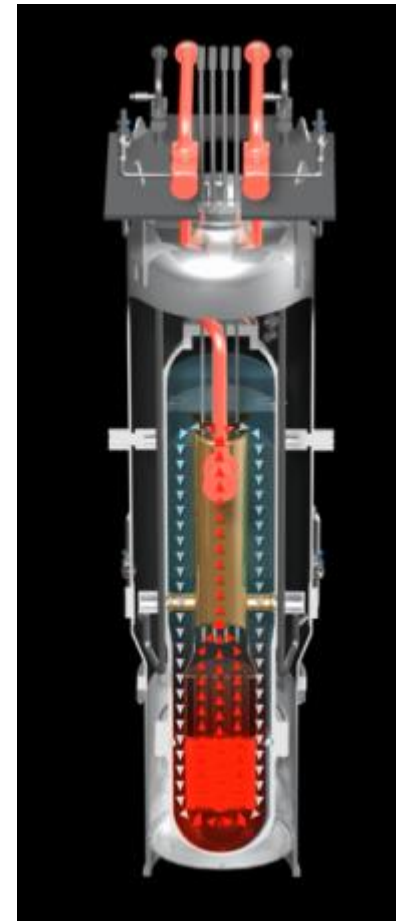
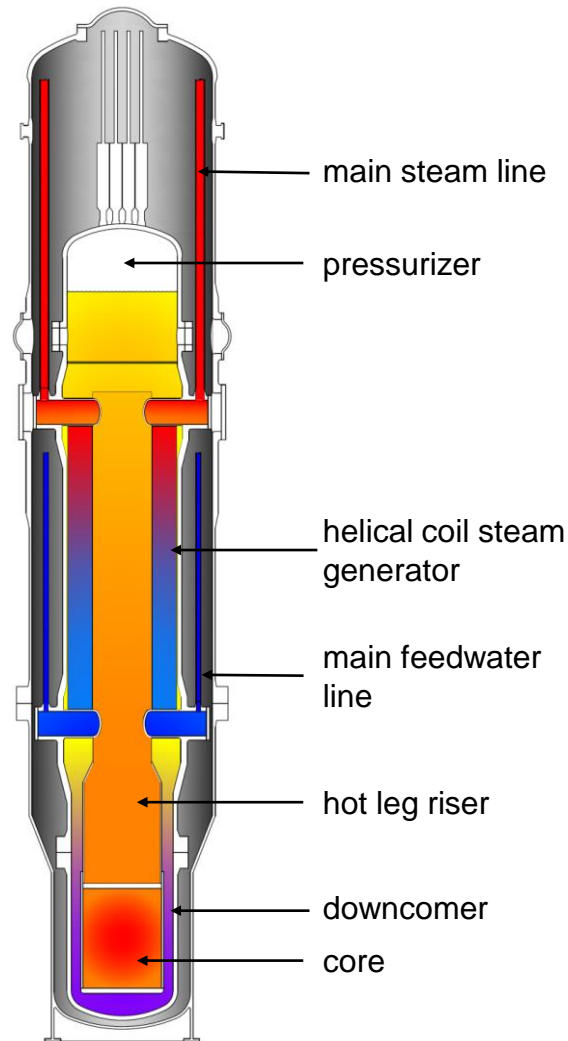
Normal Operation

- Primary side

- natural circulation
- integral pressurizer
- No Reactor Coolant Pumps

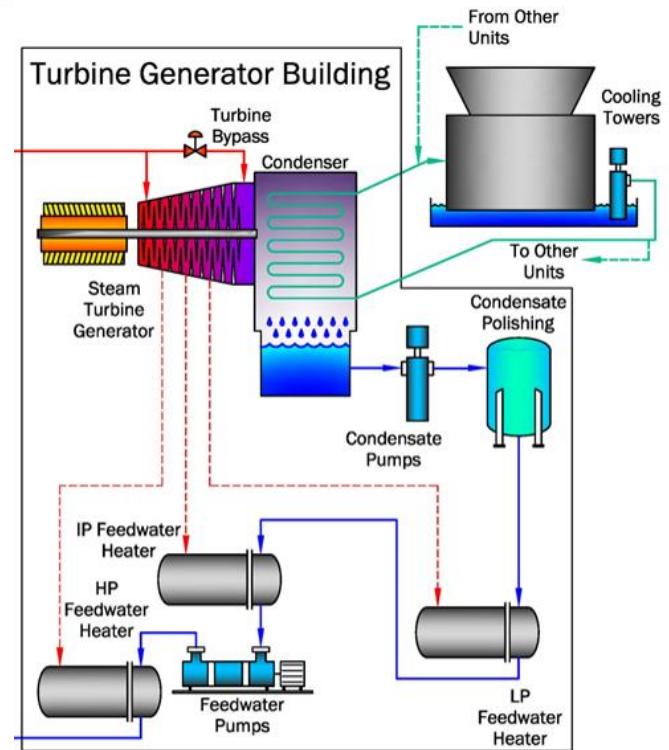
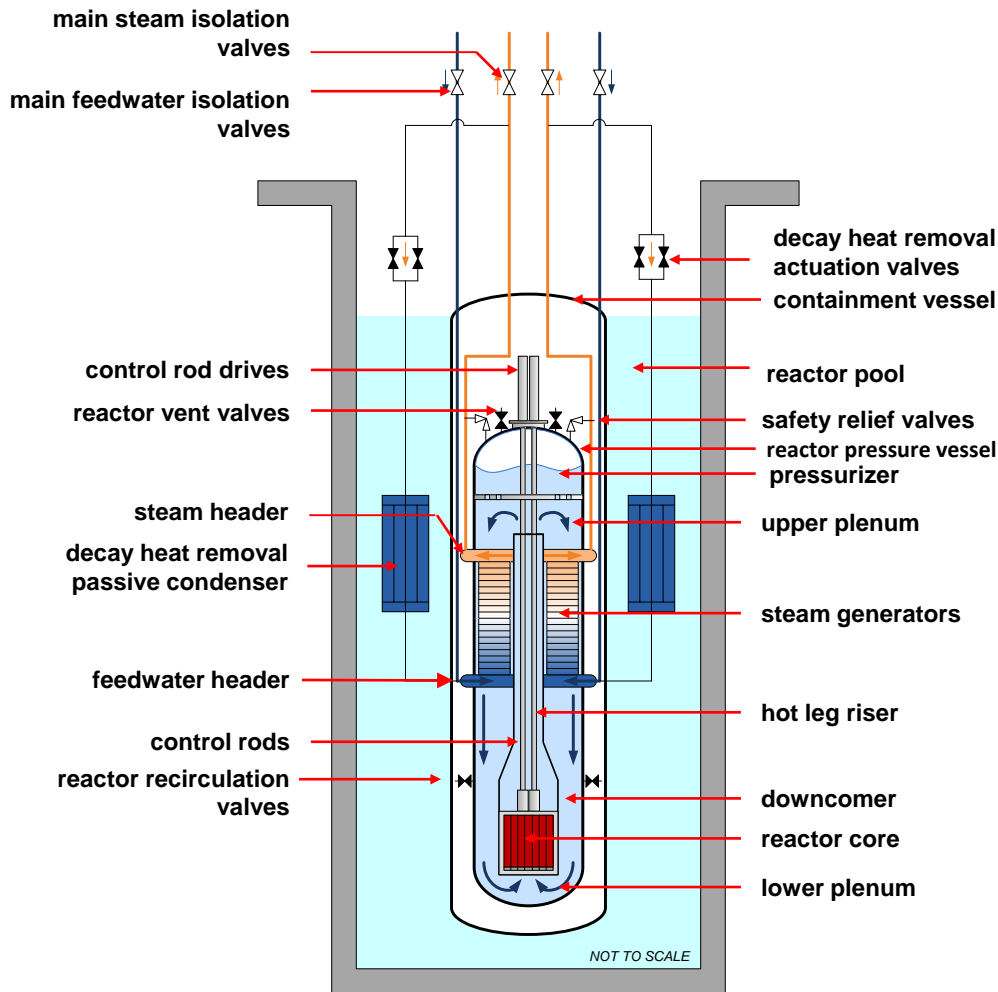
- Secondary side

- feedwater plenums
- two helical steam generators with large surface area per volume to maximize thermal efficiency
- steam plenums



primary coolant flow path

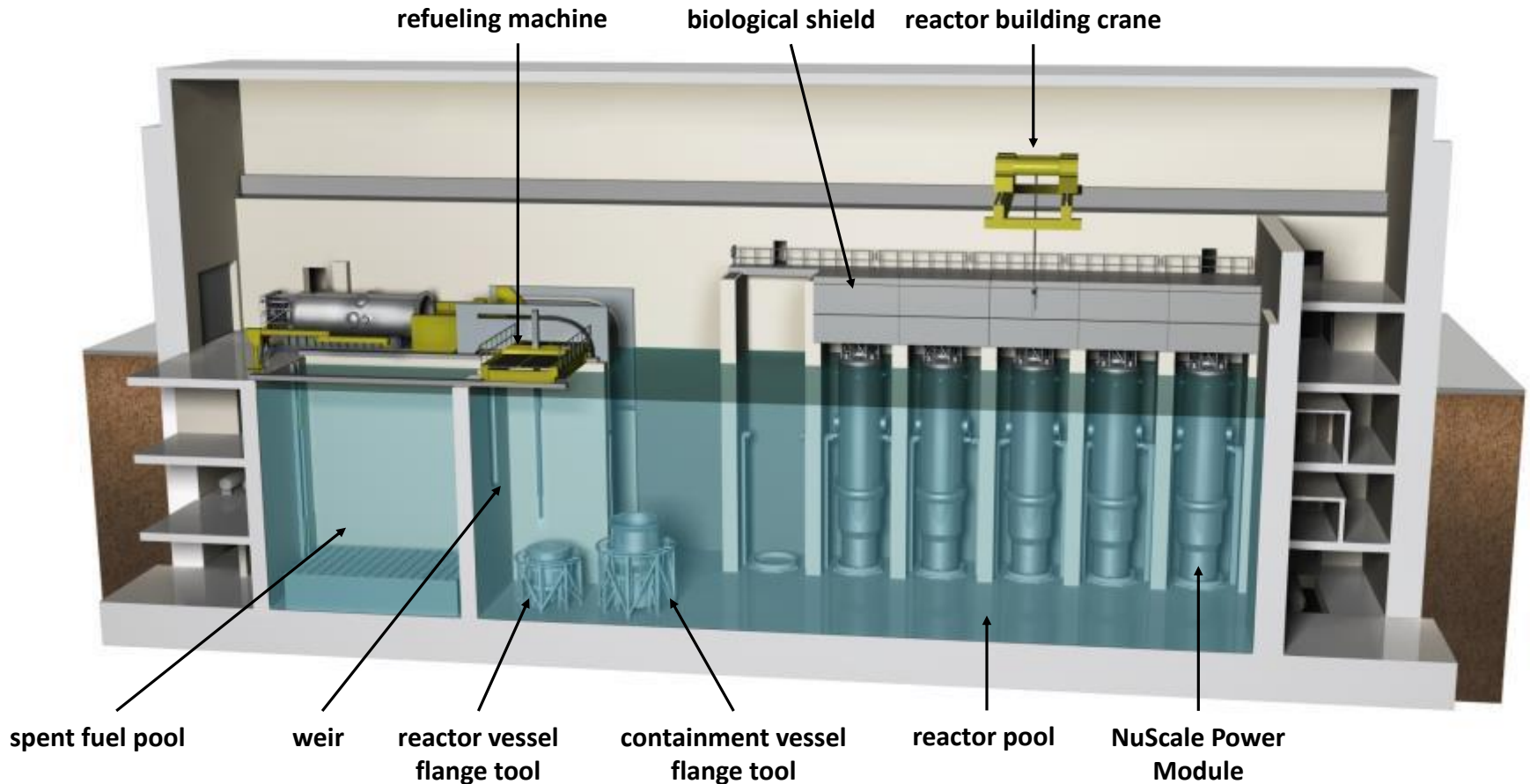
NuScale Power Train [\(Video\)](#)



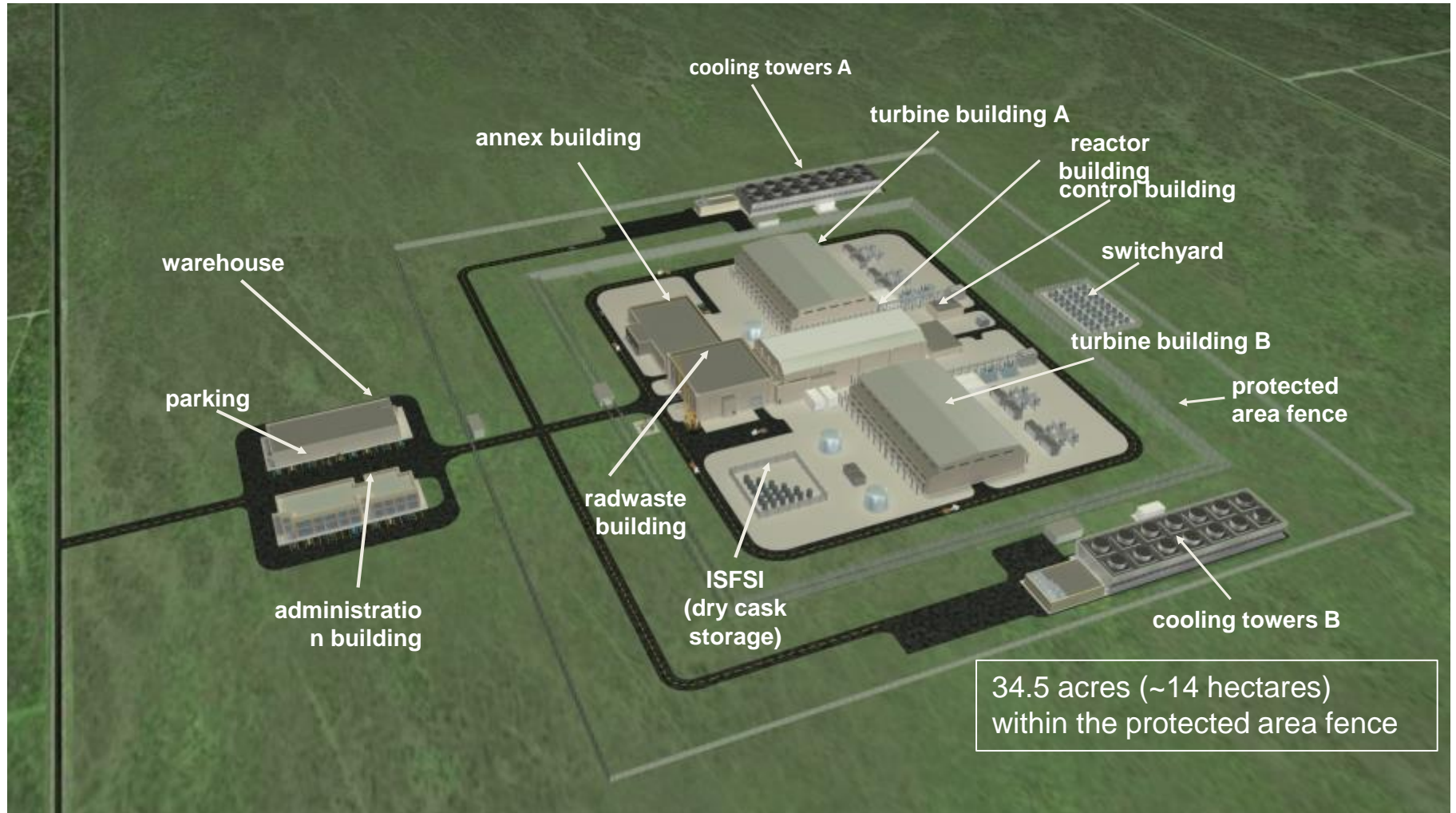
- Each NuScale power module feeds one turbine generator train eliminating single-shaft risk
- 100% turbine bypass capability
- Generator is totally enclosed water to air cooled (no hydrogen cooling required)
- Small, simple components support short, simple refueling outages

Reactor Building Cross-Section

Reactor building houses NuScale power modules, spent fuel pool, and reactor pool



Site Overview





A New Level of Safety and Resiliency

Simplicity Enhances Safety

Second-to-none safety case – site boundary Emergency Planning Zone capable

Natural Convection for Cooling

- Passively safe, driven by gravity, natural circulation over the fuel
- No pumps, no emergency generators

Seismically Robust

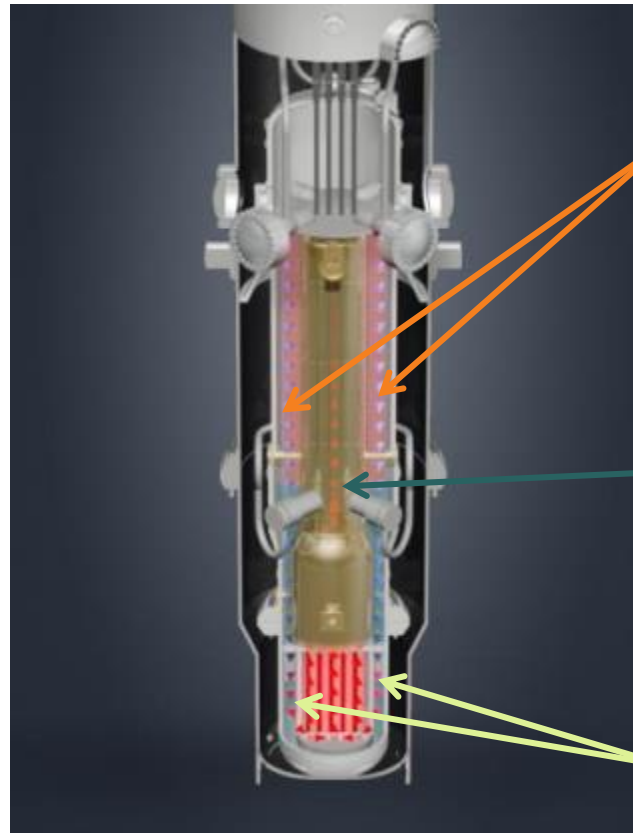
- System submerged in a below-ground pool of water in an earthquake and aircraft impact resistant building

Simple and Small

- Reactor core is 1/20th the size of large reactor cores
- Integrated reactor design - no large-break loss-of-coolant accidents

Defense-in-Depth

- Multiple additional barriers to protect against the release of radiation to the environment



Conduction – heat is transferred through the walls of the tubes in the steam generator, heating the water (secondary coolant) inside them to turn it to steam. Primary water cools.

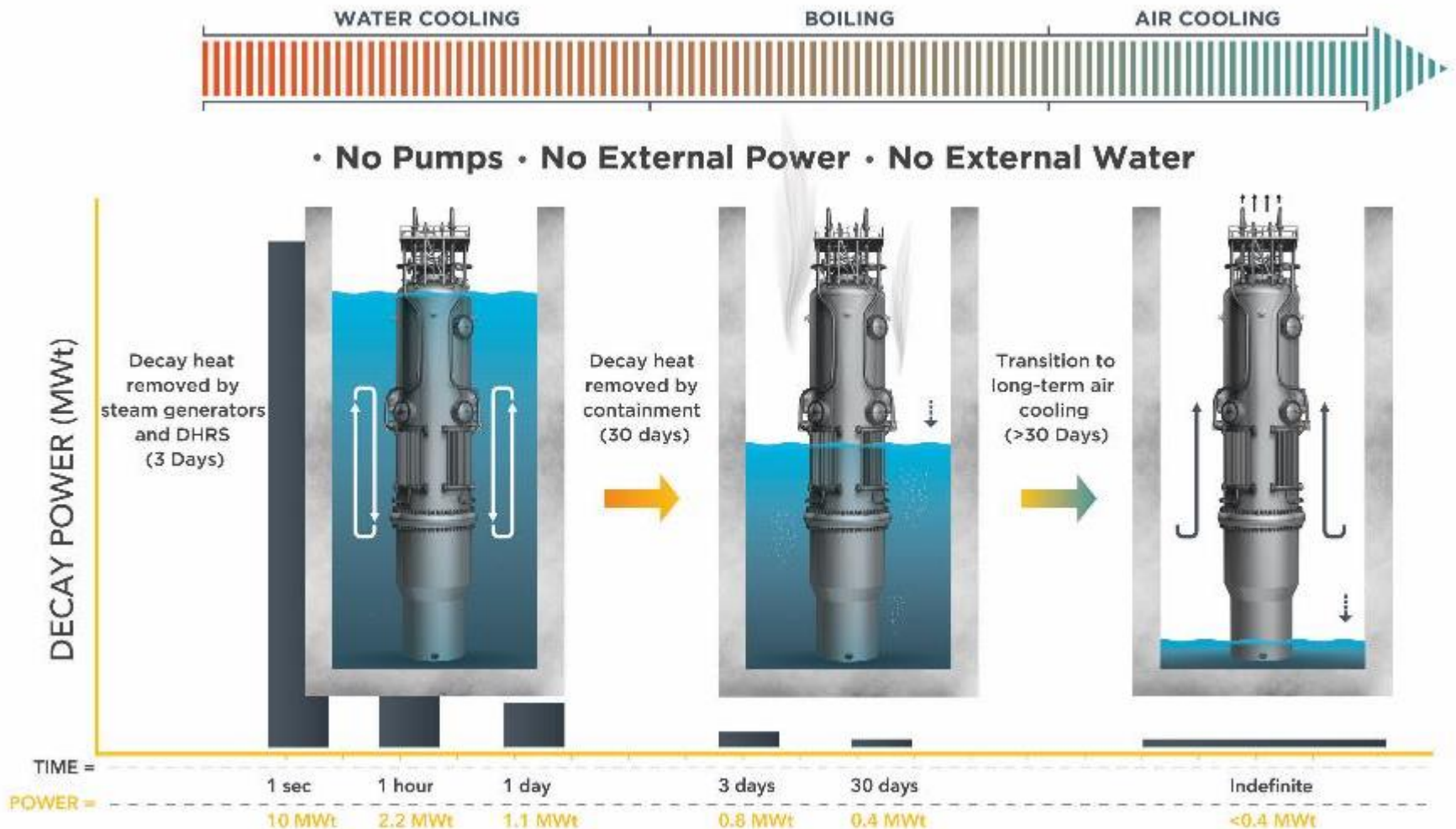
Convection – energy from the nuclear reaction heats the primary reactor coolant causing it to rise by convection and natural buoyancy through the riser, much like a chimney effect

Gravity – colder (denser) primary coolant “falls” to bottom of reactor pressure vessel, cycle continues

Steel containment has >10 times pressure rating of a typical PWR.
Water volume to thermal power ratio is four times larger than typical PWR.

Innovative Advancements to Reactor Safety

Nuclear fuel cooled indefinitely without Computer/Operator Action, AC/DC Power, or additional water*



• 30 days is a minimum based on very conservative estimates for all 12 modules.

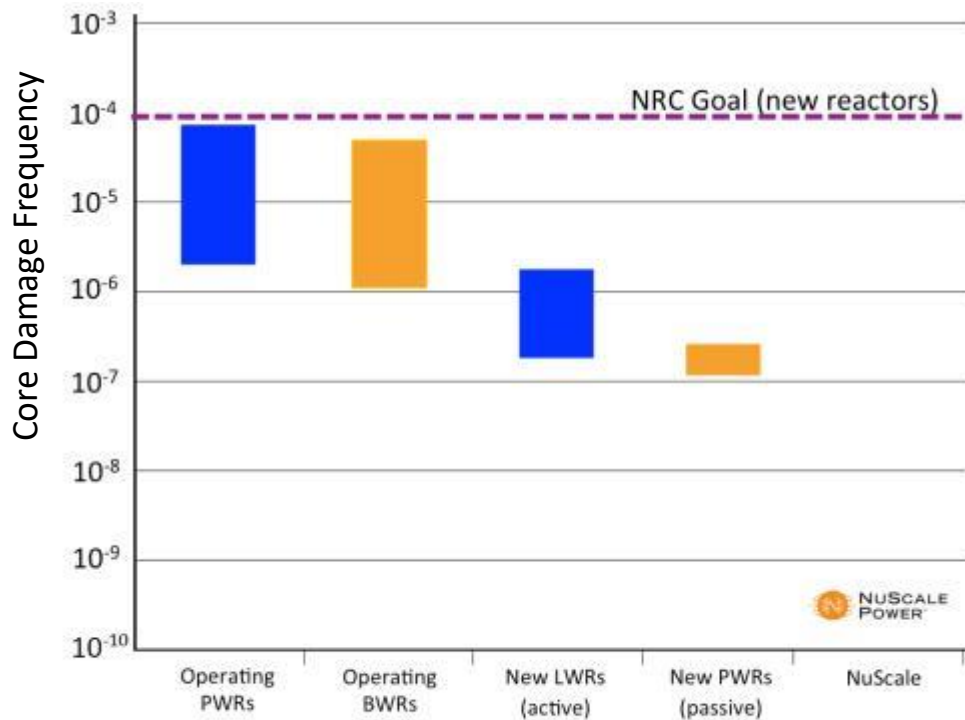
*Alternate 1E power system design eliminates the need for 1E qualified batteries to perform ESFAS protective functions – Patent Pending

Reducing Plant Risk

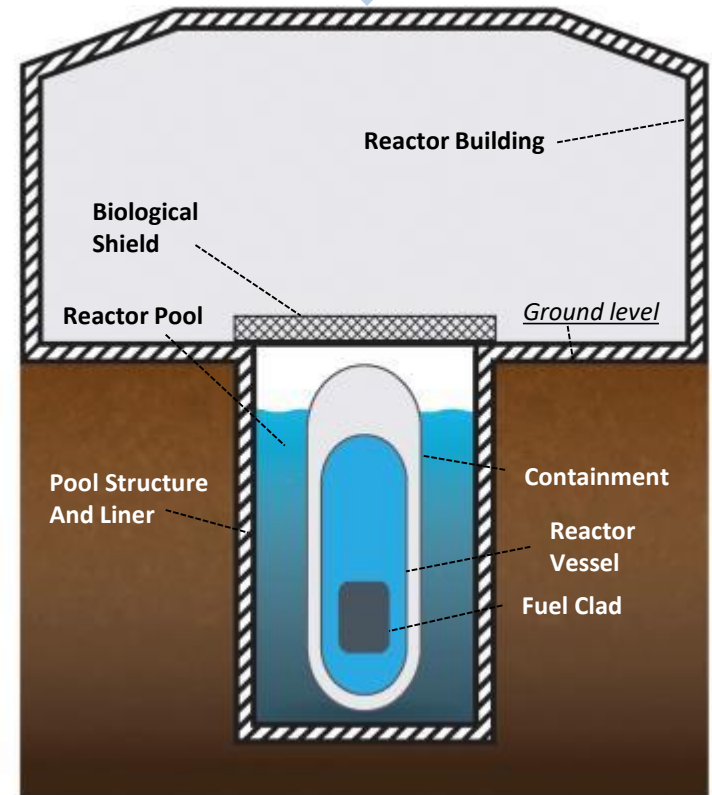
Risk = (frequency of failure)

X

(consequences)

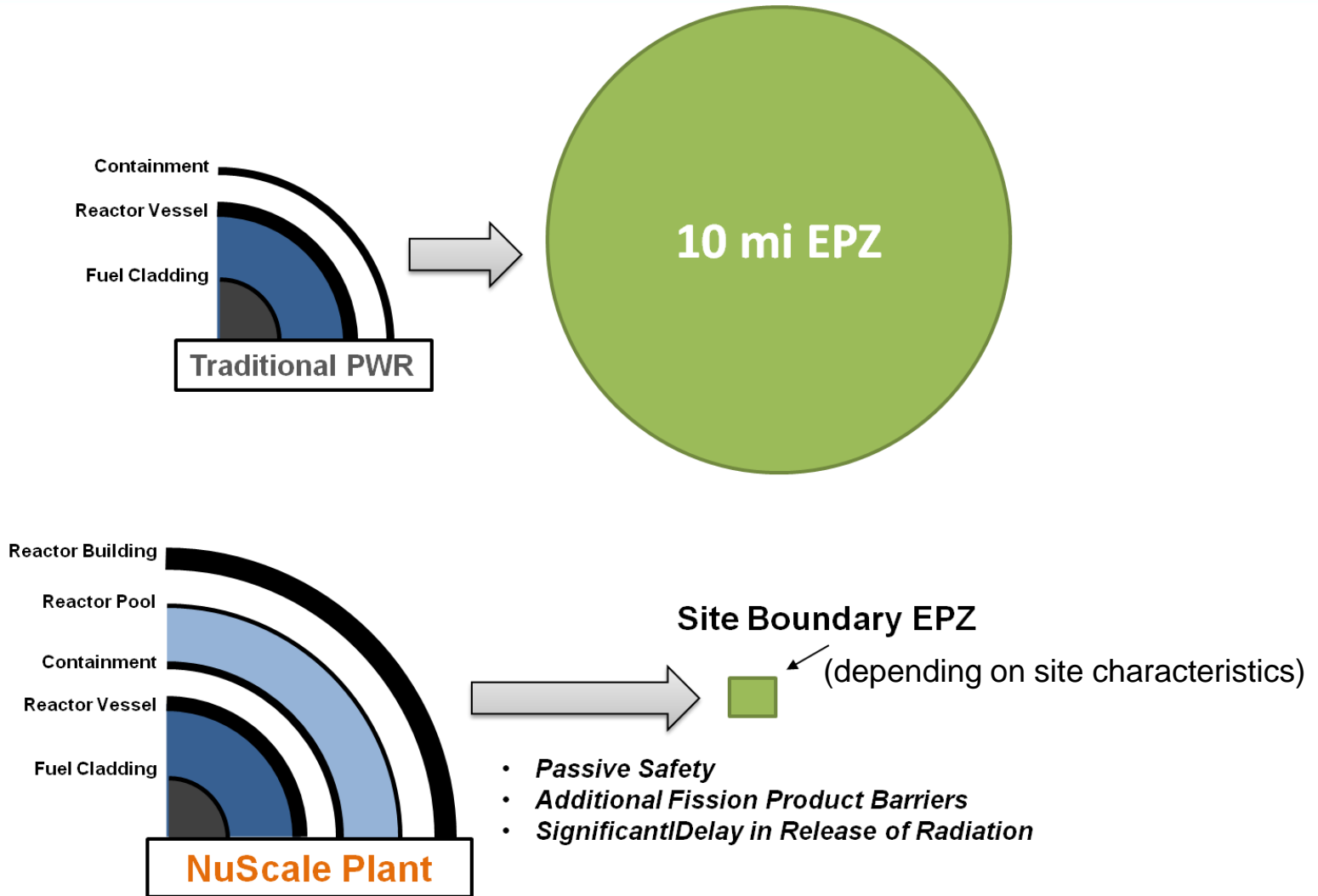


Probability of core damage due to NuScale reactor equipment failures is <1 in 1,000,000,000 years



Four additional barriers to release of radioactivity from a NuScale plant.

Smaller Emergency Planning Zone (EPZ) Due to Enhanced Safety



NEI Press Release

(September 7, 2017)



 Log In |  Join NEI |  About NEI |  Contact Us |  NEI Store



Why Nuclear Energy

Issues & Policy

Knowledge Center

Careers & Education

Conferences

News & Media

News & Media

[Home](#) > [News & Media](#) > [News](#) > [News Archives](#) > [2017](#) > [TVA Demonstrates Site Boundary EPZ Possible for SMRs](#)

TVA Demonstrates Site Boundary EPZ Possible for SMRs

- TVA analysis adds information on Clinch River early site permit application
- Shows any accident radiological impact would be limited to within site boundary
- Analysis provides basis for exemption from 10-mile EPZ in regulatory breakthrough

<https://www.nei.org/News-Media/News/News-Archives/2017/TVA-Demonstrates-Site-Boundary-EPZ-Possible-for-SM>

NuScale Test Programs

NuScale 12-Module Control Room Simulator, Corvallis, Oregon



A New Level of Plant Resiliency

NuScale design offers unparalleled resilience

- **Loss of Offsite Power** - Single module powers entire plant. (Island mode). NuScale plant does not require operator or computer actions, AC/DC power, additional water or grid connection for safety.
- **First Responder Power** – On loss of offsite grid, all 12 modules can remain at full power or be ramped down while rejecting 100% steam to its condensers.
 - Able to provide grid power in 50 MWe increments upon grid restoration.
- **Resilience to Natural Events** – Modules and fuel pools located below grade in a Seismic Category 1 Building.
 - Can withstand a Fukushima type seismic event
 - Can withstand hurricanes, tornados, and floods
- **Resilience to Aircraft Impact** – Reactor building withstands aircraft impact as specified by NRC aircraft impact rule.
- **Cybersecurity** – NuScale Plant protection systems are non-microprocessor systems (i.e., field programmable gate arrays) and software-free and therefore not vulnerable to internet cyber-attacks.





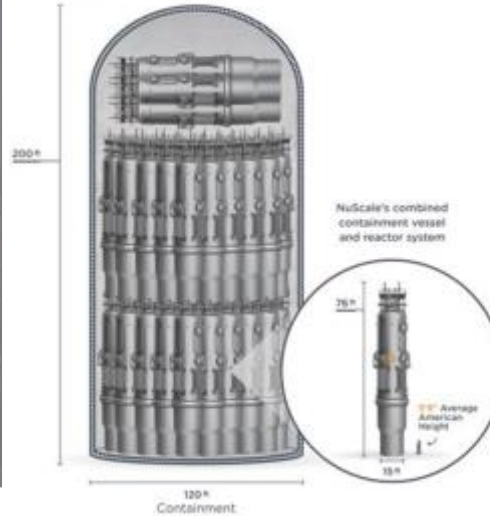
Economy and Global Market

Capturing the “Economies of Small”

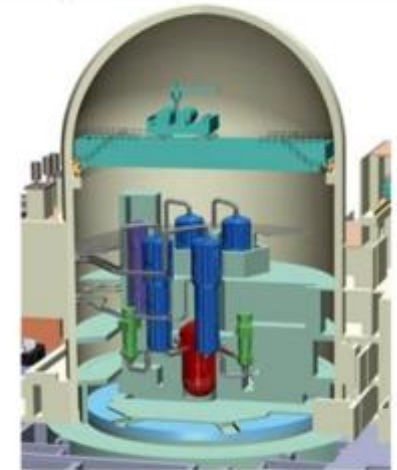
Design moves field construction to factory fabrication



126 NuScale Power Modules



Typical Pressurized Water Reactor



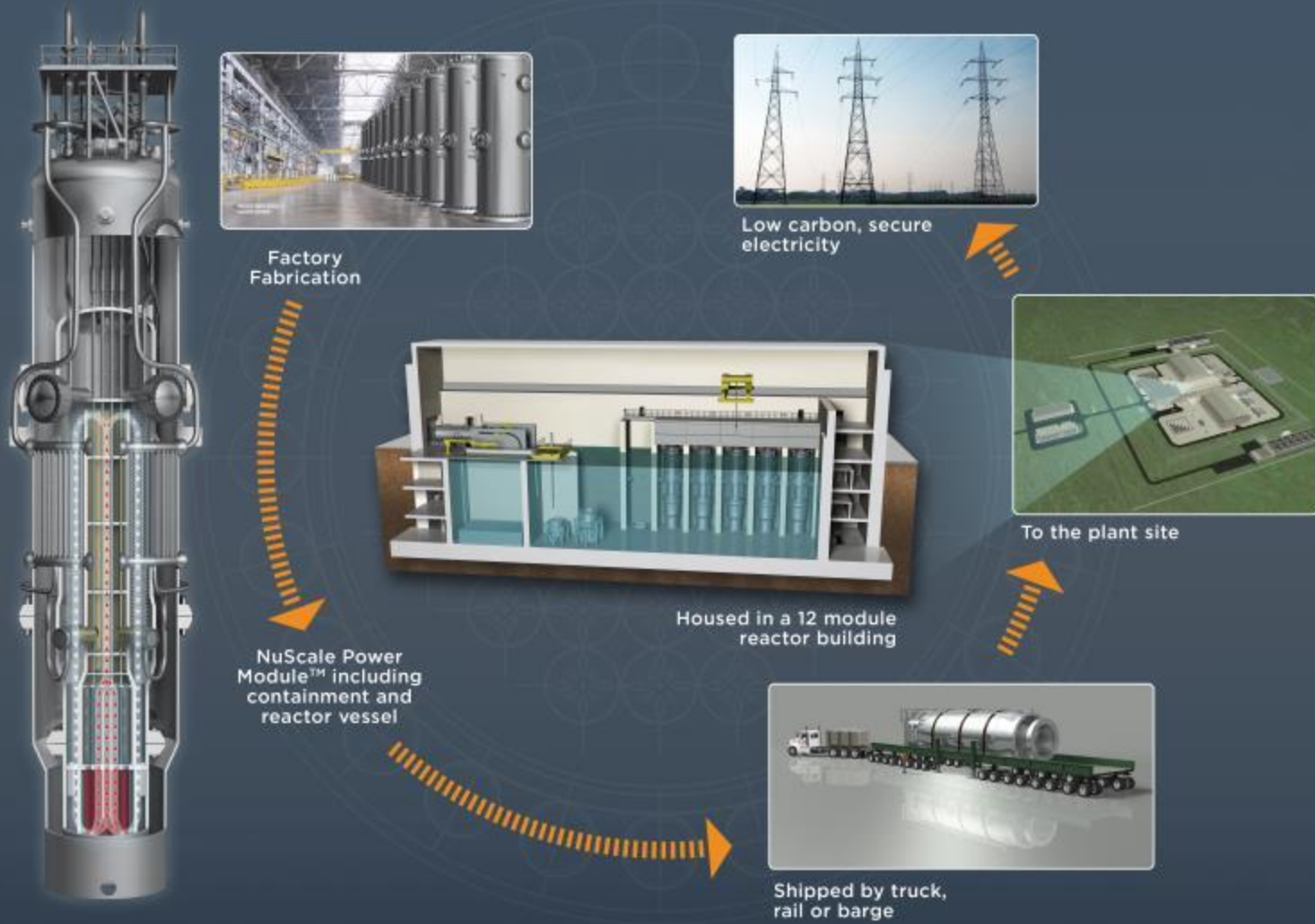
*Source: NRC



Economies of Small

Design Simplicity
Factory Fabrication
Simplified Construction
Innovative Operations

A New Approach to Construction and Operation



Economics

- Simplicity of design provides competitive levelized cost of electricity compared to other low carbon options.
 - Lower up-front cost and lower operating cost as compared to large light-water nuclear reactors
 - Competitive overnight capital cost compared to large advanced nuclear
 - First plant target LCOE - \$65/MWh
- Up to 12 modules can be added to a facility incrementally, in response to load growth, reducing initial capital costs
- First module in situ can generate and bring in revenue immediately
- NuScale Power Modules fabricated in an off site facility, bringing cost savings associated with repetitive manufacture
 - Realize benefits of factory fabrication

Construction Cost Summary (U.S.)

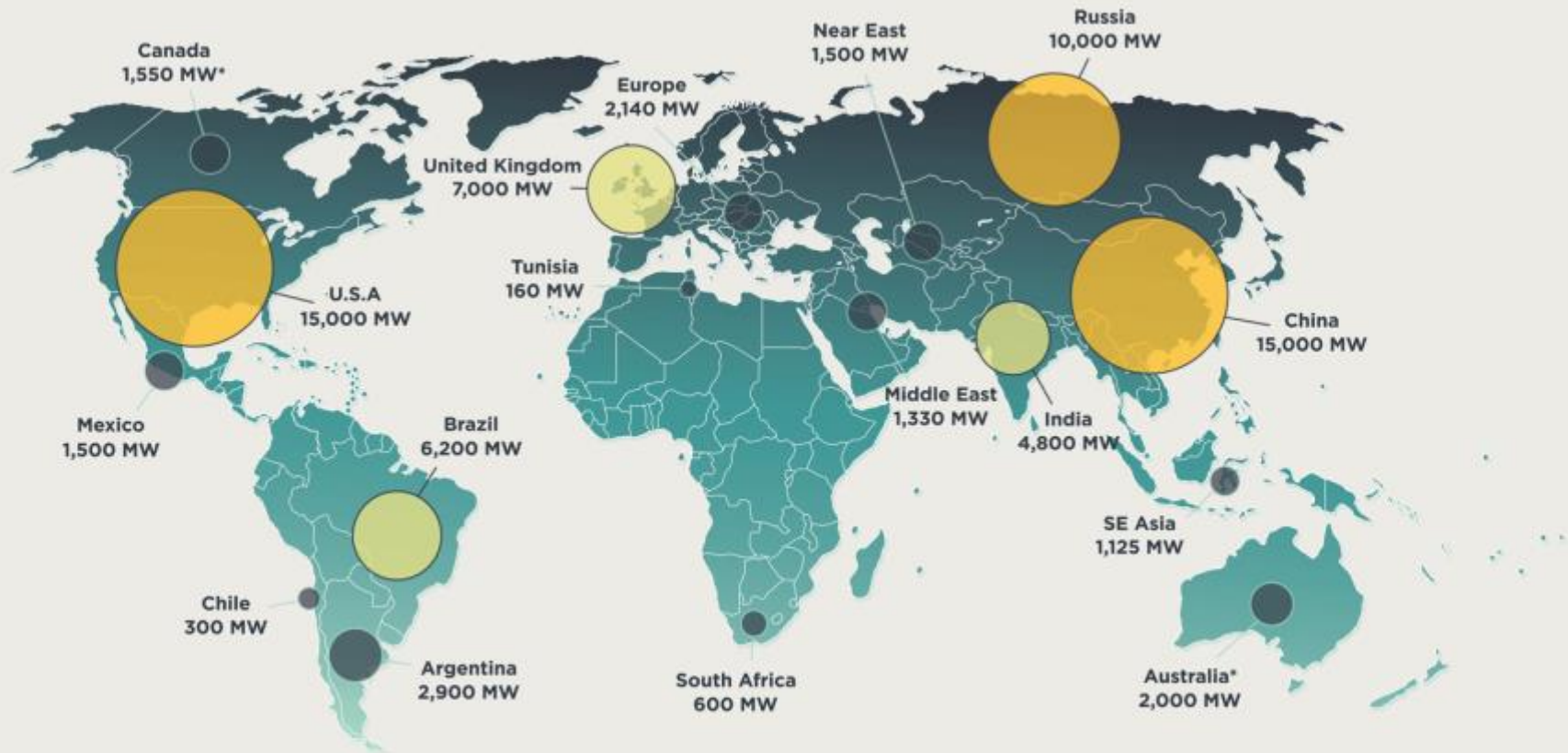
Overall EPC Overnight Plant Costs (\$1,000,000)

ITEM	2014 Dollars
Power Modules (FOAK Cost plus Fee, Transportation, & Site Assembly)	\$ 848
Home Office Engineering and Support	\$ 144
Site Infrastructure	\$ 60
Nuclear Island (RXB, RWB, MCR)	\$ 538
Turbine Island (2 buildings with 6 turbines each)	\$ 350
Balance of Plant (annex, cooling towers, etc)	\$ 225
Distributables (Temp. Bldgs., Field Staff, Const. Equip., etc.)	\$ 545
Other Costs	\$ 185
Total Overnight Price	\$ 2,895

\$ 5,078 per kWe net

International SMR Market Potential

- UK NNL* calculated the potential SMR market to be approximately 65-85GW by 2035, 55-75 GW excluding Russia; this is 1100 – 1500 NuScale Power Modules



* Potentially Inaccessible - e.g. moratorium on new nuclear build or nationalized energy sector.


*UK National Nuclear Laboratory "SMR Feasibility Study", December 2014



Multiple Applications and Integration with Renewables

New Applications - Expanding the Role of Nuclear Energy

Part of the Solution - Environmental Protection, Energy Security and Economic Growth



An additional 197 quadrillion BTUs of energy are needed to lift 5.9 billion people out of energy poverty.

Energy Information Agency


Courtesy T. Maloney, NuScale Power



783 million people do not have access to clean water. More than 300 million people around the world rely on desalinated water for some of their daily needs.

World Health Organization

Courtesy R. Temple, NuScale Power



Outdoor air pollution contributes to the deaths of an estimated 5.5 million people globally every year, or about 15,000 people a day, -

2016 Global Burden of Disease Project.



More than 1 billion metric tons of food is lost or wasted each year - decaying in fields or farms before harvest or while it's being transported.

World Resources Institute UNEP

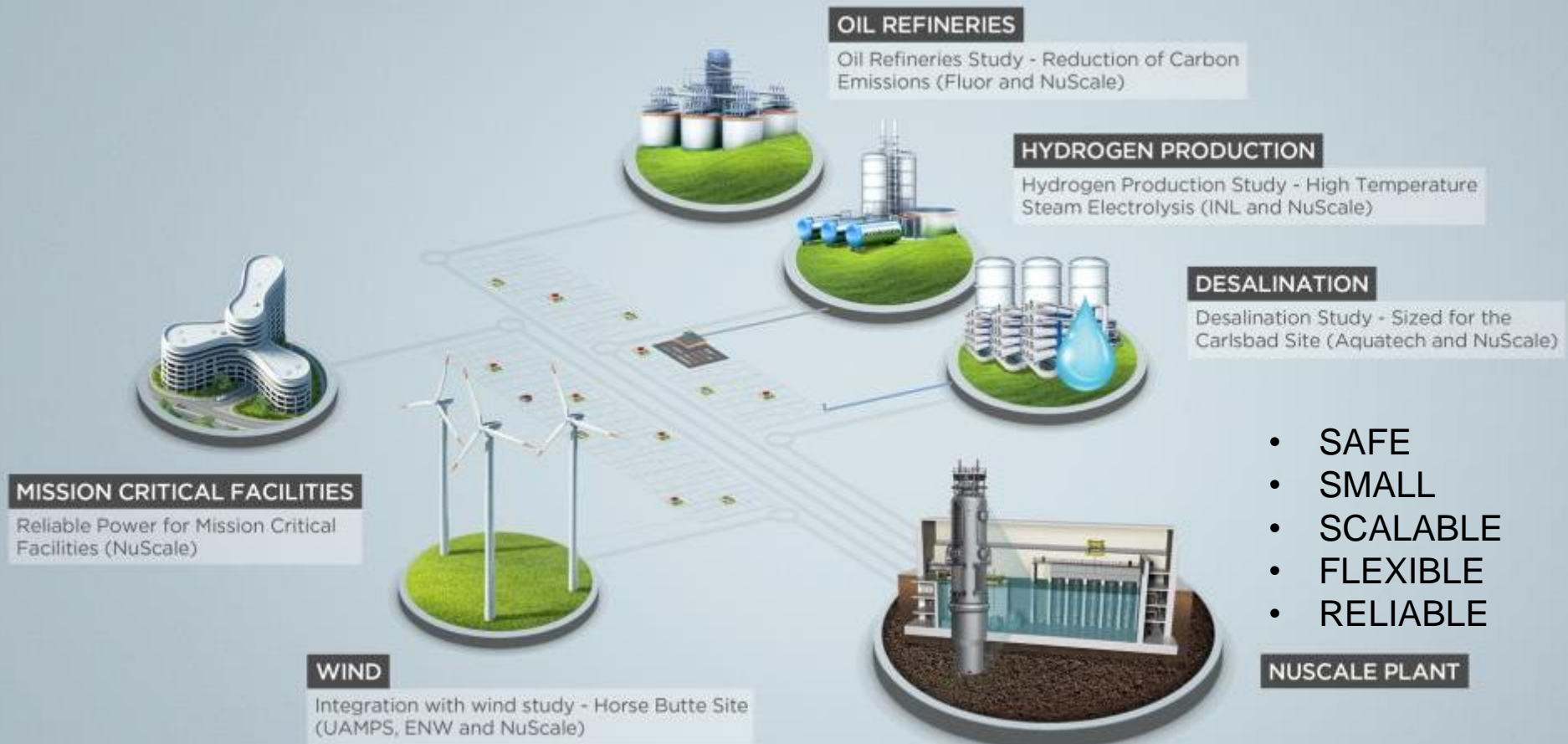
NuScale – Part of the Global Solution

MISSION - NuScale Power will provide scalable advanced nuclear technology for the production of electricity, heat, and water to improve the quality of life for people around the world.



- NuScale has completed 5 studies with partners on different applications of the NuScale Power Modules that relate to the mission of the company:
 - Clean Water - Desalination
 - Clean Transportation Fuel – Hydrogen Production
 - Clean Air - Reduction of Carbon Emissions at Oil Refineries
 - Clean Energy - Facilitating Growth of Renewables – Load Following
 - Reliable Power – Protecting Critical Infrastructure

NuScale Diverse Energy Platform (NuDEP) Initiative



NuScale Diverse Energy Platform (Part 1)

Oil Refineries Study - Reduction of Carbon Emissions (Fluor and NuScale)

10-Module Plant coupled to a 250,000 barrels/d refinery



“NuScale Energy Supply for Oil Recovery and Refining Applications,” Proceedings of the 2014 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2014), Charlotte, NC, USA, April 6-9, 2014. This study explores how nuclear power can support oil recovery and refining operations. Concluded that electricity and heat provided by a single NuScale plant can reduce the carbon emission footprint of a large oil refinery by nearly 40%.



Hydrogen Production Study – High-Temperature Steam Electrolysis (INL and NuScale)

6-Module Plant for Emission Free Hydrogen Production



“Extending Nuclear Energy to Non-Electrical Applications,” Proceedings of the 19th Pacific Basin Nuclear Conference (PBNC 2014), Vancouver, B.C., Canada, August 24-28, 2014. This paper provides a review of several studies demonstrating the flexibilities of the NuScale design for supporting non-traditional applications, including oil refining, water desalination, hydrogen production, and integration with renewable energy sources.

NuScale Diverse Energy Platform (Part 2)

Integration with Wind Study - Horse Butte Site (UAMPS, ENW and NuScale)

1-Module dedicated to UAMPS 57.6 MW wind farm



“Can Nuclear Power and Renewables be Friends?” Proceedings of the International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2015), Nice, France, May 3-6, 2015.

This paper evaluated options for using a NuScale plant to compensate for variable output from a specific wind farm while meeting electrical demand. It demonstrated the flexibilities integral to a NuScale plant for load-following operations.



Desalination Study – Sized for the Carlsbad Site (Aquatech and NuScale)

8-Module Plant can produce 50 Mgal/d (190K m³/d) of clean water plus 350 MWe



“NuScale small modular reactor for co-generation of electricity and water,” *Desalination*, 340, 84-93 (May 2014).

This publication was a detailed study of coupling a NuScale plant with several water desalination technologies. It demonstrated that a single NuScale plant coupled to a reverse osmosis desalination plant can produce sufficient clean water and electricity to support a community of 300,000 people.

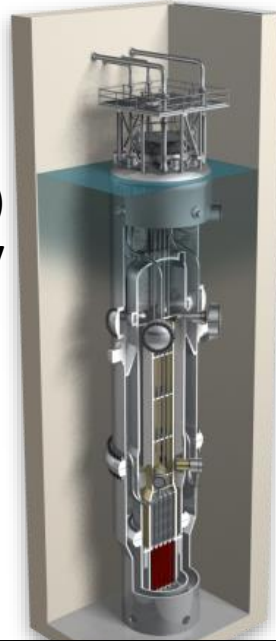
NuScale Diverse Energy Platform (Part 3)

Reliability for Critical Infrastructure

UTILITY MACROGRID



←
470 MWe (net)
> 95% Capacity



DEDICATED
MICROGRID
100 MWe (net)
> 99.95% Availability



MISSION CRITICAL FACILITY



“Highly Reliable Nuclear Power for Mission-Critical Applications,” Proceedings of the International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2016), San Francisco, CA, April 17-20, 2016.

This paper describes the study conducted to determine the reliability of power afforded by the independent and redundant power configuration of a NuScale plant. It determined that up to 100 MWe can be provided to a dedicated microgrid with 99.95% availability over the entire 60-year lifetime of the plant. “Island Mode” capable.

NuScale 12-Module Plant





Regulatory Communications and Approvals

Reducing Licensing Risk

- Design Certification Application (DCA) completed at end of 2016.
- DCA accepted for docketing in March 2017.
- >800 people have worked on the project across 5 Offices in U.S.
- *~43,000 NRC review hours, and participation in 119 Formal Meetings and in an NRC DCA Readiness Review.*
- RAI process is in full implementation
- NRC has published its review schedule



- 12,000+ pages
- 14 Topical Reports
- >2 million labor hours
- >800 people
- >50 supplier/partners
- Over \$500M

Regulatory Approval of Innovation

NRC Approves “No Power” aspect of Triple Crown of Safety and Digital I&C Platform

- [NuScale Digital I&C Platform \(HIPS\) Approved by NRC \(July 2017\)](#) -The HIPS Platform is a protection system architecture jointly developed by NuScale Power and Rock Creek Innovations. The HIPS platform is based on the fundamental I&C design principles of independence, redundancy, predictability and repeatability, and diversity and defense-in-depth. The HIPS platform is comprised of just four module types which can be interconnected to implement multiple configurations to support various types of reactor safety systems. It also uses field programmable gate array technology that is [not vulnerable to internet cyber attacks](#).
- [NRC approves NuScale Approach for no 1E Power \(December 2017\)](#). NRC approved NuScale’s “Safety Classification of Passive Nuclear Power Plant Electrical Systems” Licensing Topical Report, which establishes the bases of how a design can be safe without reliance on any safety-related electrical power. This novel safety design approach eliminates the need for class 1E power, the regulatory standard set for the design of safety-related nuclear power plant electrical systems, which are currently required of all nuclear plants in the U.S.



First NuScale SMR Plant and Financing

NuScale First Project

- Utah Associated Municipal Power System (UAMPS) *Carbon Free Power Project (CFPP)*
 - 600 MWe (gross), 12 module plant
 - Located on the Idaho National Laboratory (INL) site
 - UAMPS as owner
 - Energy Northwest as operator
 - Fluor / NuScale as EPC
 - 2026 commercial operation
 - 35 UAMPS members to take CFPP output under power sales contracts
 - DOE awarded \$16.5 million in cost sharing for project planning and initial licensing support activities





National Infrastructure for SMR Deployment

Japan is ideally positioned to implement NuScale technology in support of de-carbonization

- *Existing infrastructure for nuclear plant licensing and regulation. However, new regulations for SMRs would be needed.*
- *Existing domestic module manufacturing capability. Potentially a new SMR industry for Japan.*
- *Significant expertise in commercial nuclear power construction and operation.*
- *World class nuclear power testing and research capability at Japanese national laboratories and universities.*
- *Social acceptance requires national government commitment to nuclear energy and education of the public.*



6650 SW Redwood Lane, Suite 210
Portland, OR 97224
971.371.1592

1100 NE Circle Blvd., Suite 200
Corvallis, OR 97330
541.360.0500

11333 Woodglen Ave., Suite 205
Rockville, MD 20852
301.770.0472

6060 Piedmont Row Drive South, Suite 600
Charlotte, NC 28287
980.349.4804

1933 Jadwin Ave., Suite 130
Richland, WA 99354

1st Floor Portland House
Bressenden Place
London SW1E 5BH
United Kingdom
+44 (0) 2079 321700

<http://www.nuscalepower.com>

Twitter: @NuScale_Power





2018年2月27日

有望な原子力 イノベーション

第7回エネルギー情勢懇談会

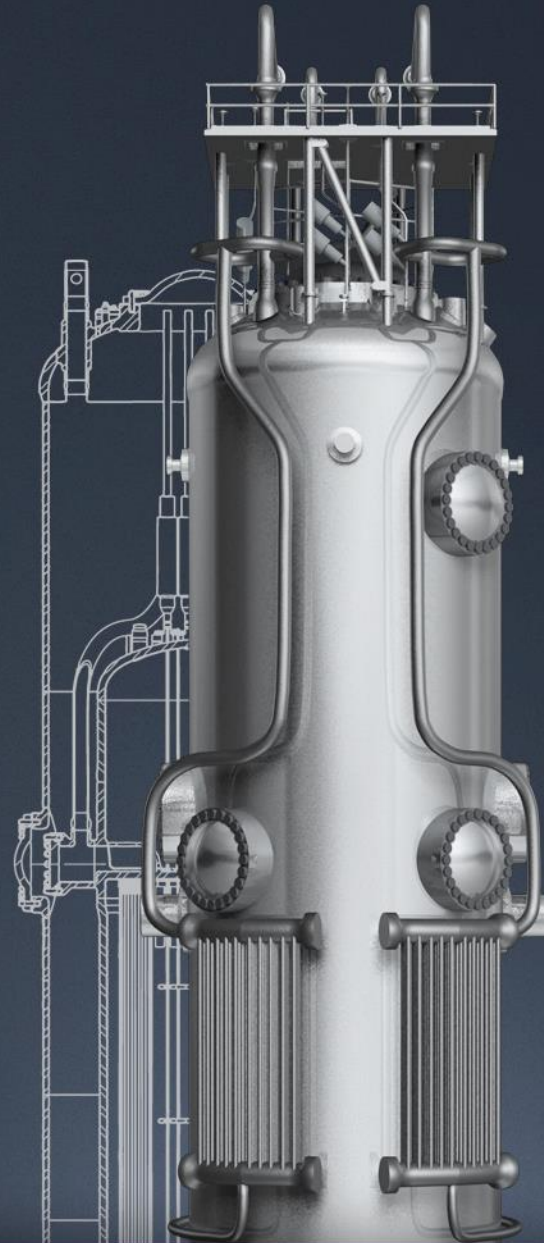
- 脱炭素化に向けた次世代技術・イノベーション②

ホセ・レイエス

最高技術責任者兼共同設立者

ジョン・ホプキンス

最高経営責任者



概要

- SMR設計概要
 - 従来型原子力プラントとの比較
- 新しいレベルの安全性及び強靱性
- 経済性、ファイナンス及びグローバル市場
- 多用途のアプリケーション及び再生可能エネルギーとの共存
- 規制当局とのコミュニケーション及び許認可
- 第1号NuScale SMRプラント及びそのファイナンス
- SMR導入に向けた国家基盤

NuScale Power社とは

- 小型モジュール炉、NuScale Power Module™の設計及びその商用化を目的とし、2007年に創設
- 当初のコンセプトは、2000年（米国エネルギー省）のMASLWRプログラムに伴う開発・実験であった。
- 2011年、Fluor社が主要出資者に。
- 2013年、米国エネルギー省資金調達公募において、226百万米ドルの資金を獲得。
- 20カ国に400を超える承認済又は出願中の特許を保持。
- 米国内6事業所、英国内1事業所において800名を超える従業員がプロジェクトに従事。
- 2016年12月に設計認証を申請、2017年3月の米国NRC審査で開始。
- 現在までに総額700百万米ドル以上の投資を獲得。



NuScale社エンジニアリング事業所、
オレゴン州コーバリス



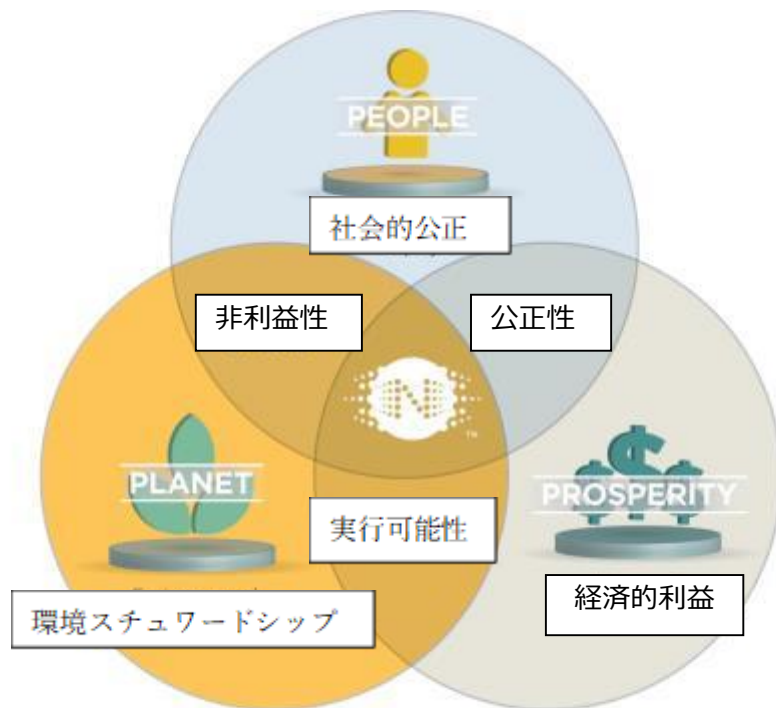
1/3スケールNIST-1試験施設



NuScale社制御室シミュレータ

NuScale社の価値バリューシステム

- NuScale Power社の3つのボトムライン：



『人、地球、繁栄に実行可能な事業で貢献するNuScale Power』

prosperity”

- 使命 - NuScale Powerは、世界中の人々の生活水準向上を目的とし、電力、熱および水の生産に関連する、拡張可能性のある先進的原子力技術を提供する。

NuScale SMRが脱炭素化に必要な理由

- NuScale SMRにより可能となること：
 - 安定したカーボンフリーの電力を供給する600 MWe規模のプラントを小規模な土地（フェンス内面積0.14 km²、総面積0.3 km²未満）に建設可能
 - 空冷復水器の使用により、海岸から離れた場所にプラントを設置することが可能
 - 負荷追従運転が可能
 - 再生可能エネルギーとの調和
 - 大規模原子力発電所と比較した、資本コスト及びLCOEの削減
 - 発電のみならず産業用途での熱利用や脱塩など多様な用途に適用可能。

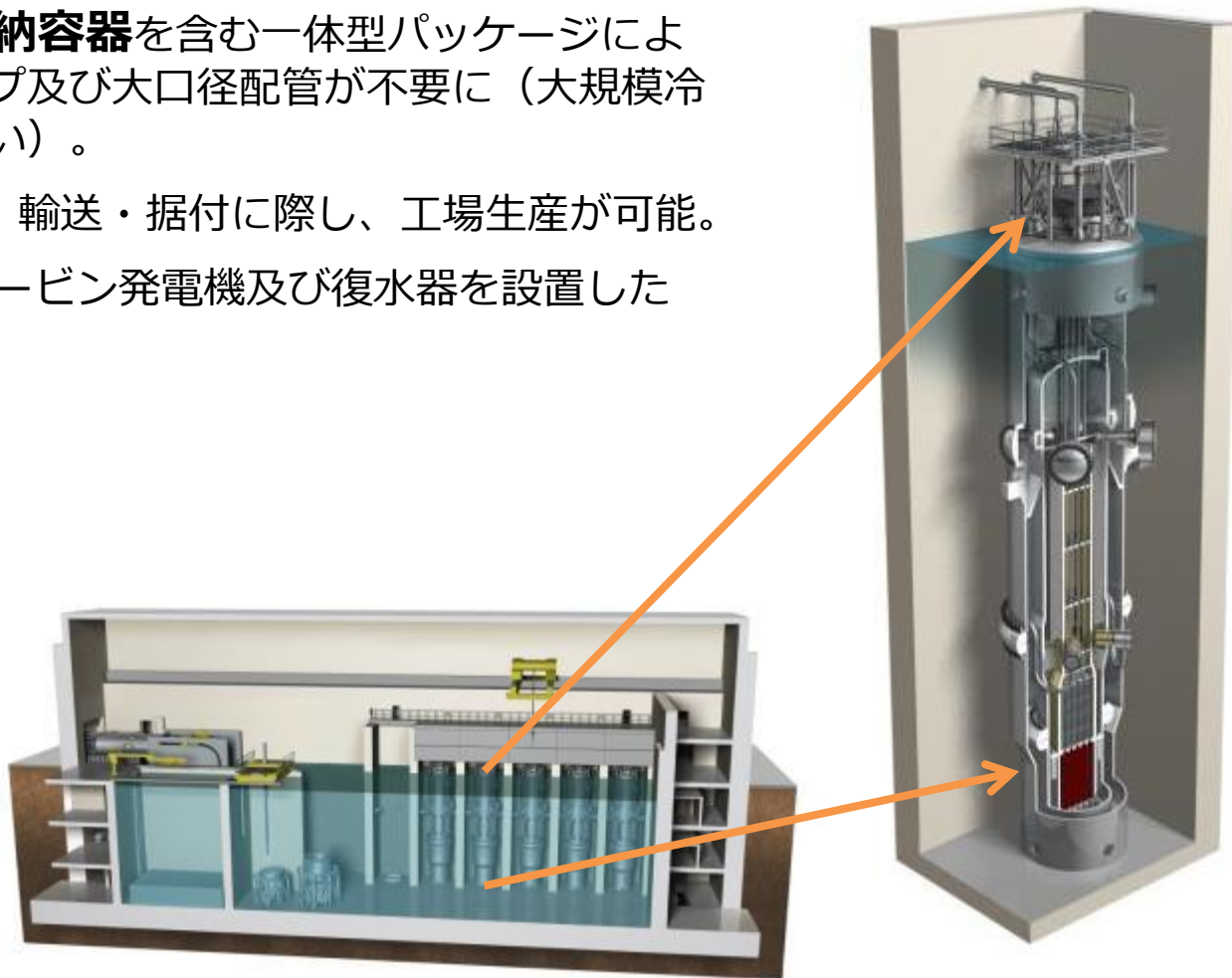


NuScale SMR 設計概要

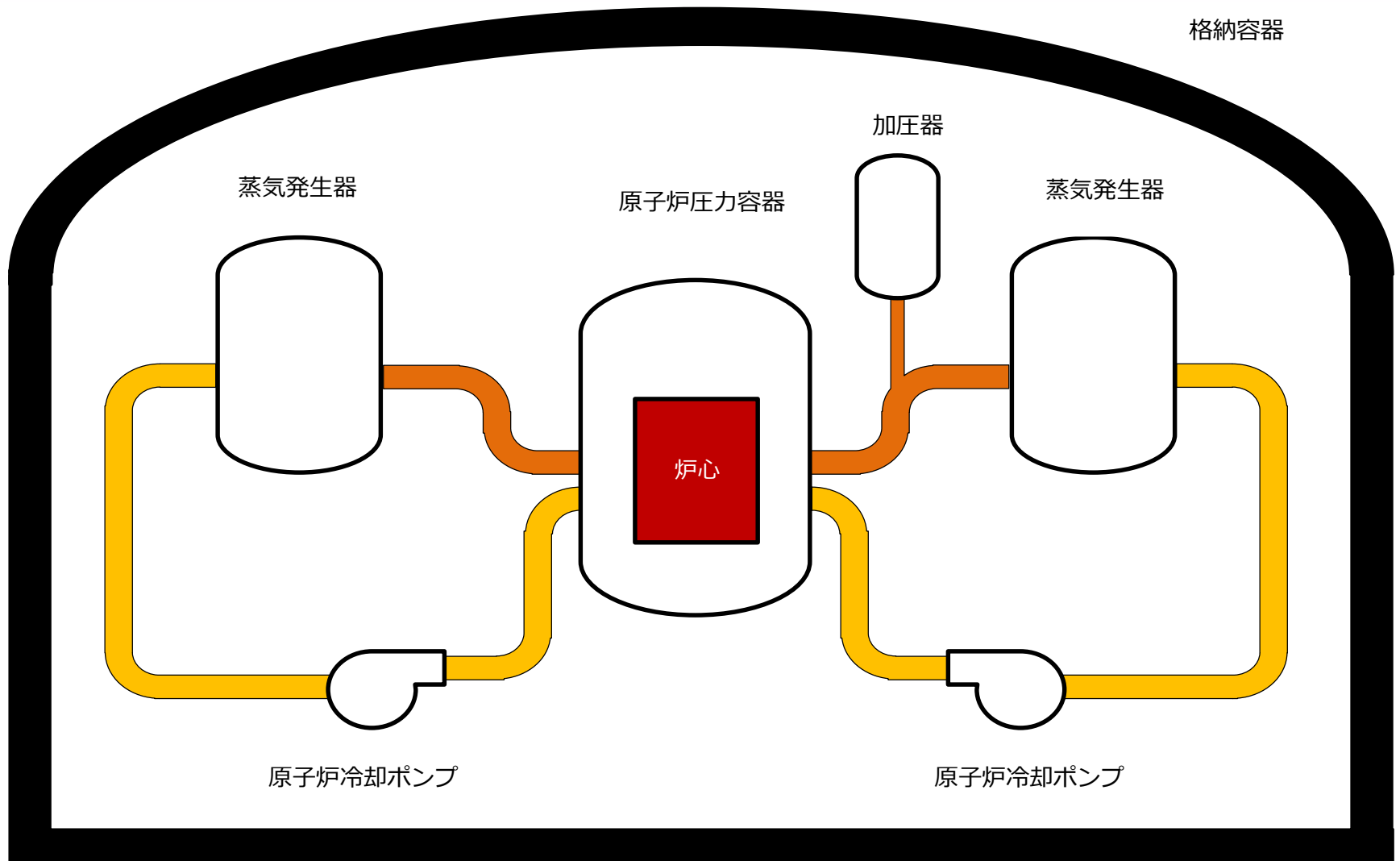
NuScale パワー・モジュール (NPM) について

拡張性が高い設計により1基から12基までのNPMを利用可能

- NuScale Power Module™ (NPM) は、原子炉容器、蒸気発生器、加圧器、および**格納容器**を含む一体型パッケージにより、大型原子炉冷却ポンプ及び大口径配管が不要に（大規模冷却材喪失事故が発生しない）。
- 各NPMの出力は50MWe。輸送・据付に際し、工場生産が可能。
- 各NPMは、可動式蒸気タービン発電機及び復水器を設置した状態で工場から出荷
- 各NPMは、耐震性スチールライナー式の地下コンクリートプールに設置。
- 負荷上昇に合わせ最大12基までのNPMを段階的に稼働させることで、グロスで600 MWe（ネットで570MWe）まで出力を増加させることが可能。



加圧水型原子炉の基本的構造



NuScale スモール・モジュラー・リアクター

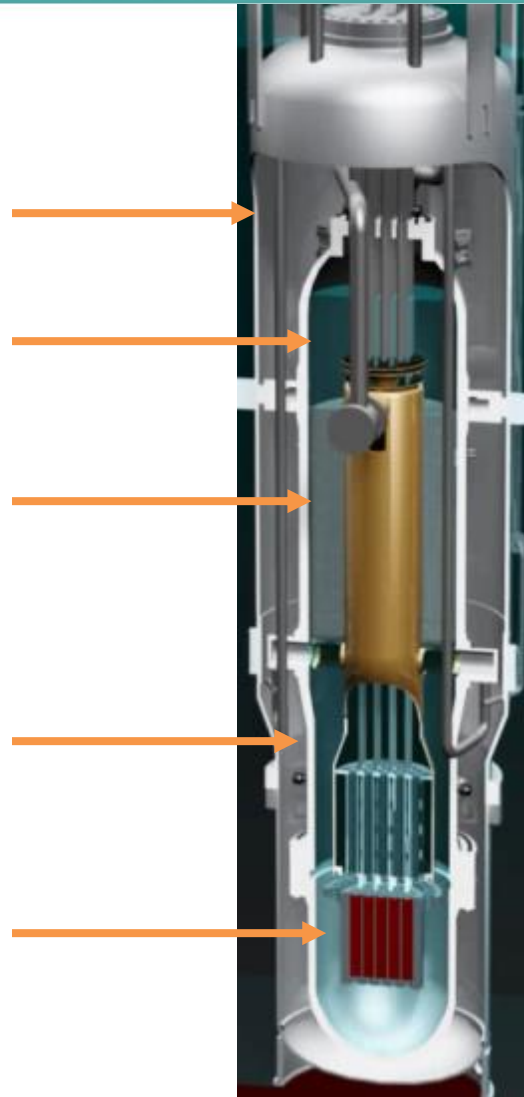
格納容器

加圧器

蒸気発生器

原子炉圧力容器 (RPV)

炉心

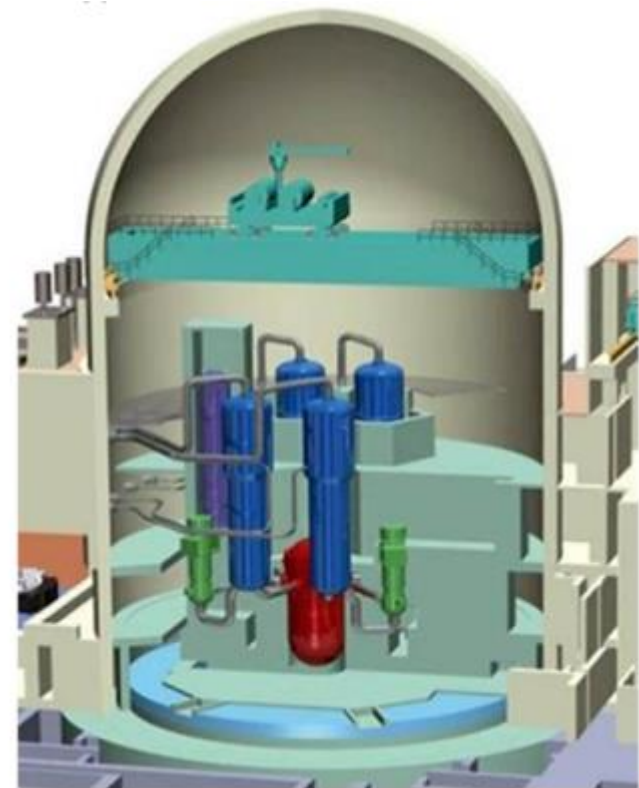
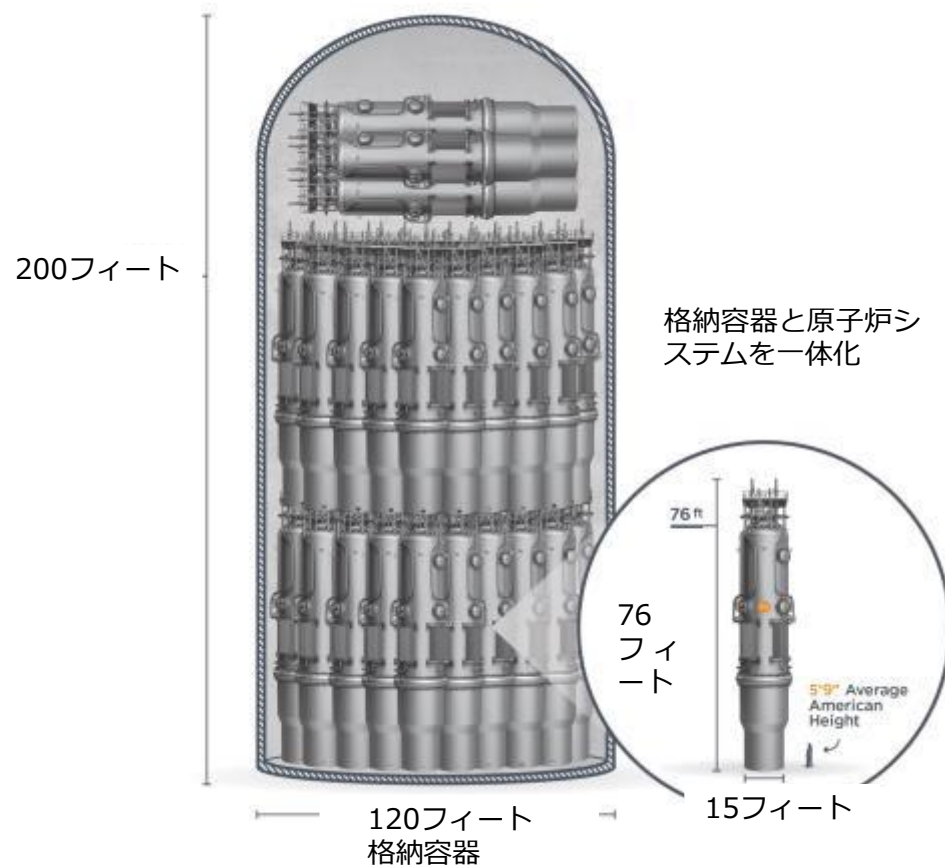


サイズ比較

現在米国内で建設中の新型原子力プラントのサイズ比較

126本のNuScale パワー・モジュール

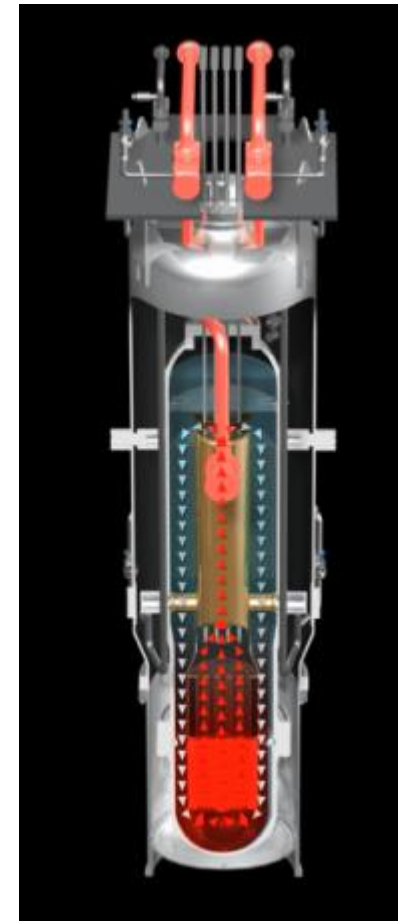
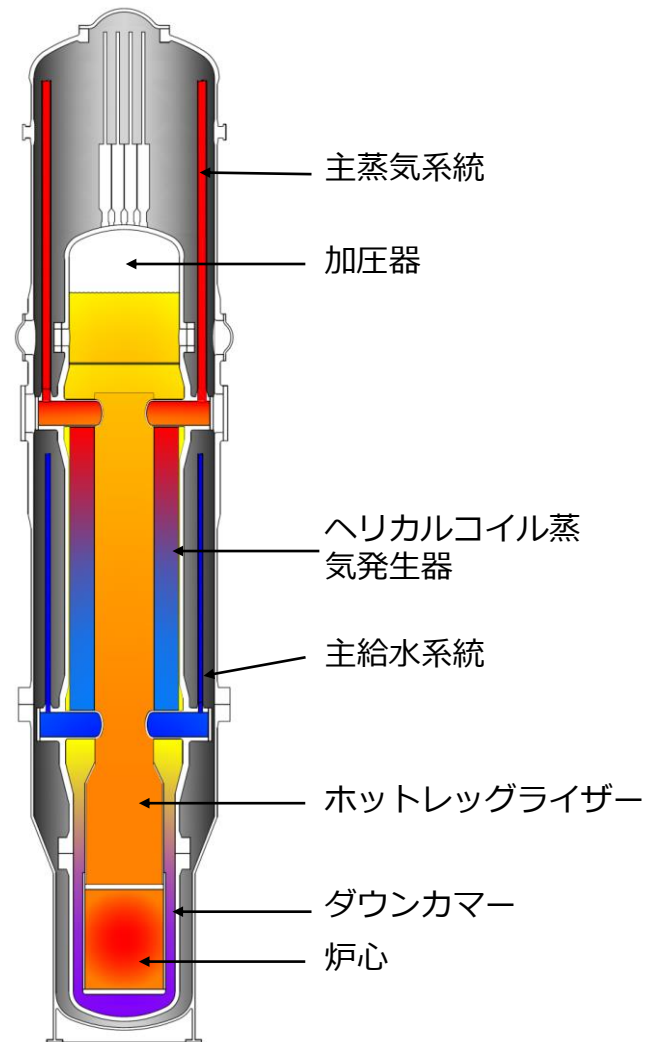
一般の加圧水型原子炉



*出典：米国原子力規制委員会

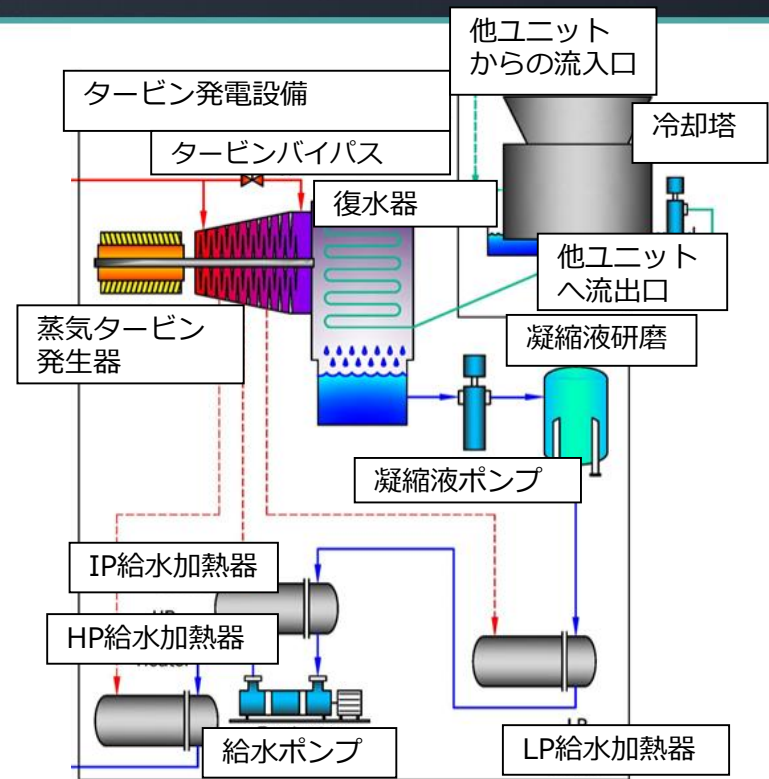
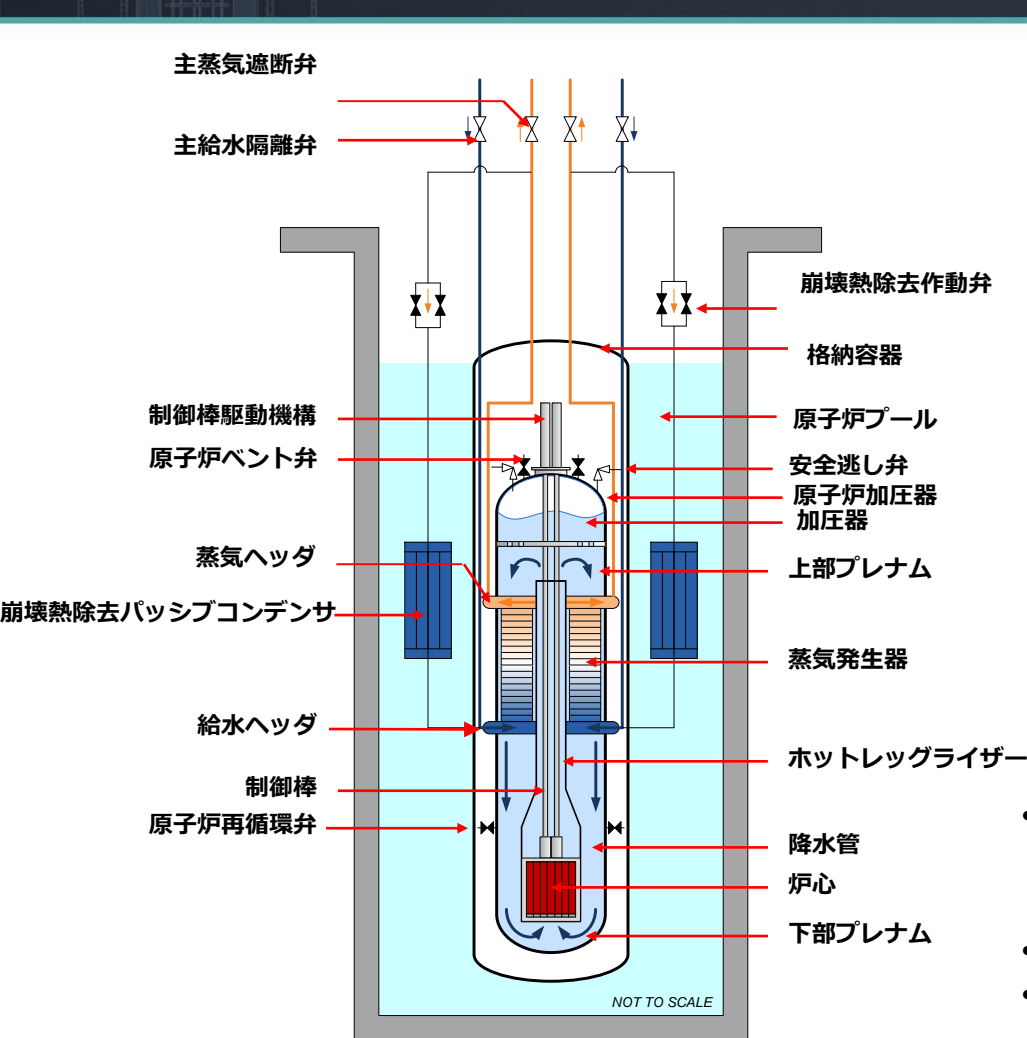
通常運転時

- 一次側
 - 自然循環
 - 一体型加圧器
 - 原子炉冷却ポンプなし
- 二次側
 - 給水プレナム
 - 熱効率を最大化するための、体積当たりの表面積が大きい2つのヘリカル（らせん形）蒸気発生器
 - 蒸気プレナム



一次冷却材流路

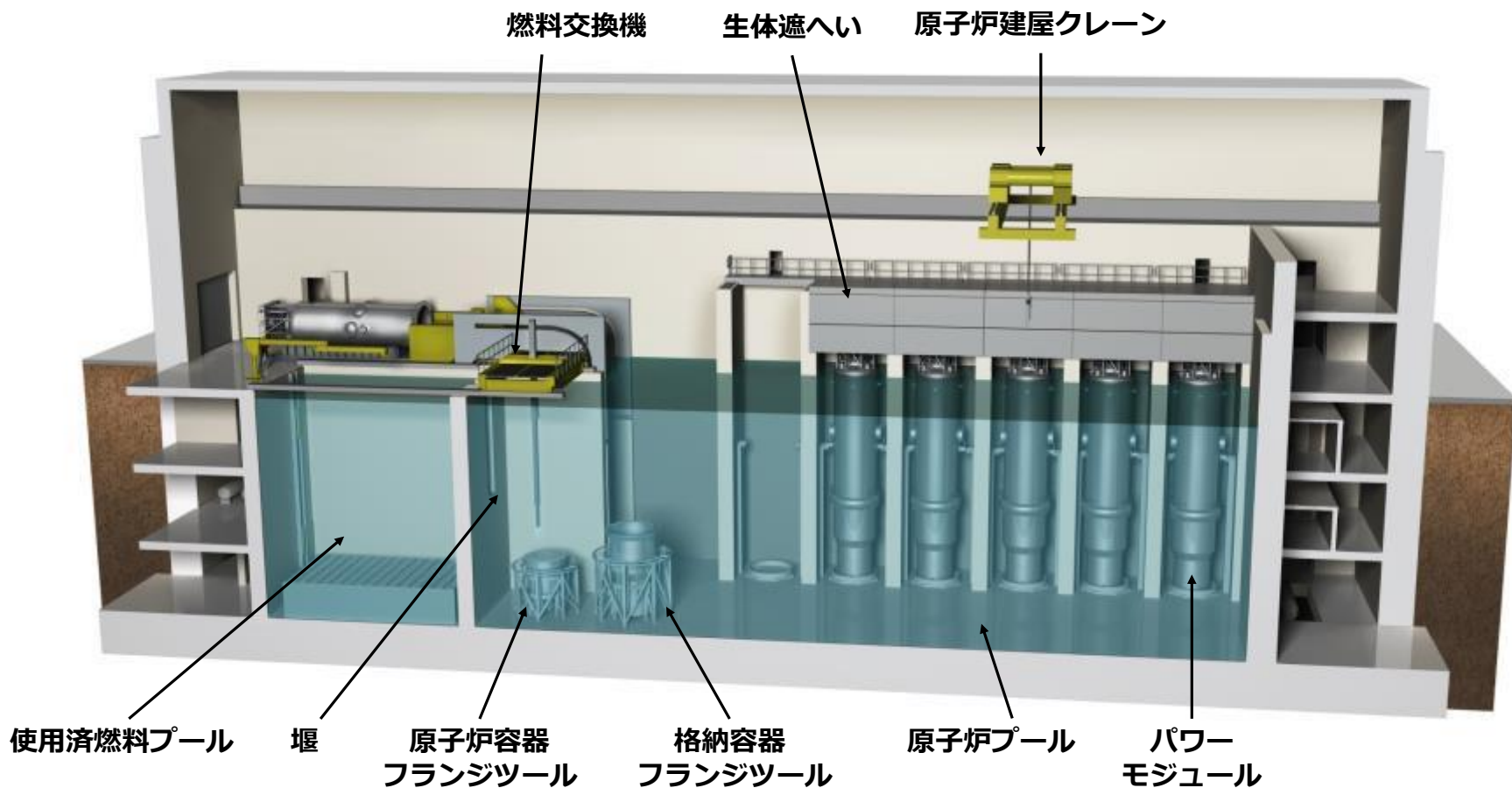
NuScale Power社製トレン構造 (ビデオ)



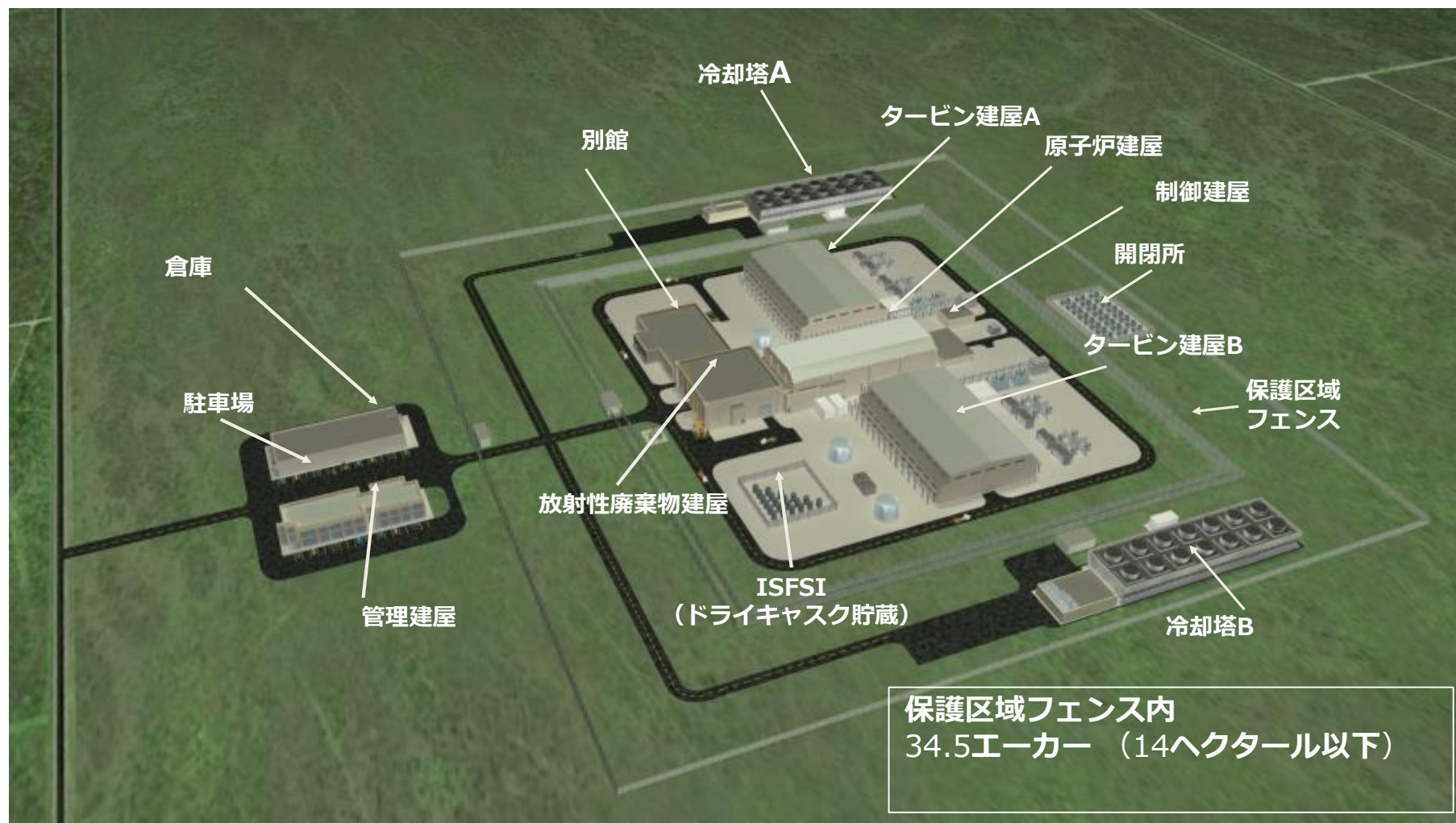
- 1つの軸へのリスク集中を排除するため、各パワーモジュールが、1つのタービン発電機トレンに蒸気を供給
- 100%のタービンバイパス機能
- 蒸気発生器は空冷された水に完全に浸された状態（水素冷却が不要）。
- 小型かつ簡素な構成により燃料交換作業を簡素化、燃料交換のための停止時間を短縮

原子炉建屋断面

NuScale パワーモジュール、使用済燃料プール、原子炉プールからなる原子炉建屋



サイト概要





新しいレベルの安全性及び強靱性

シンプルな構造による安全性の向上

他に類のない安全性確保-サイト境界EPZ（緊急時計画区域）を可能に

自然循環による冷却

- 重力および水の自然循環で燃料を冷却する静的安全性
- ポンプなし、非常用発電機なし

耐震性

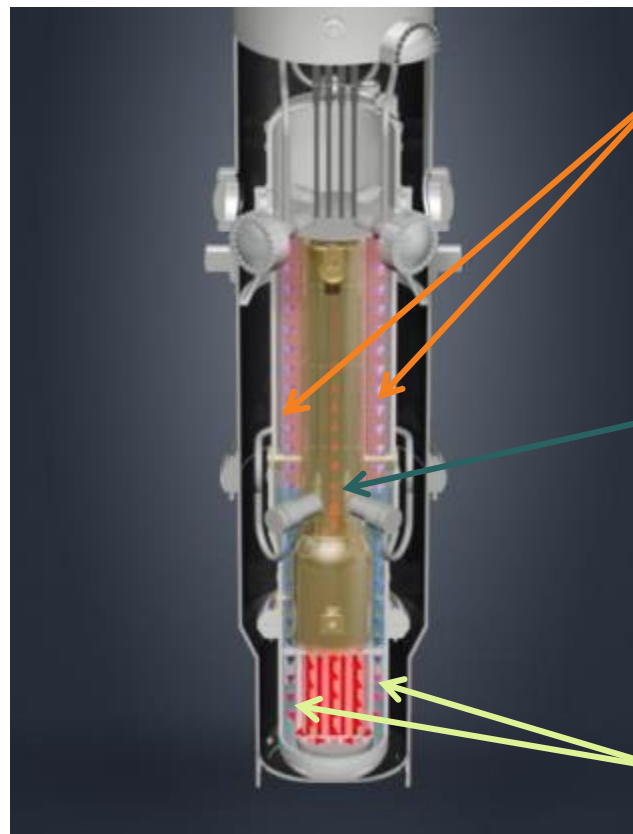
- 地震および航空機衝突に対応した建屋の地下に設置されたプール水中にシステムを浸す設計

シンプルかつスモール

- 炉心は大型原子炉炉心の1/20の大きさ
- 統合的な原子炉設計- 大規模冷却材喪失事故が発生しない

深層防護

- 環境への放射性物質の放出を防止するための隔壁を複数設置



伝導 - 熱が蒸気発生器内管の壁面を伝って移動し、内部の水（二次冷却材）を加熱し蒸発させることで、一次水を冷却。

対流 - 原子炉からのエネルギーが原子炉内の冷却材を加熱し、煙突効果のようにライザーを通る対流と自然浮力により上昇する。

重力 - 低温（高密度）一次冷却材が原子炉圧力容器の底に「落下」し、これに伴いサイクルが継続。

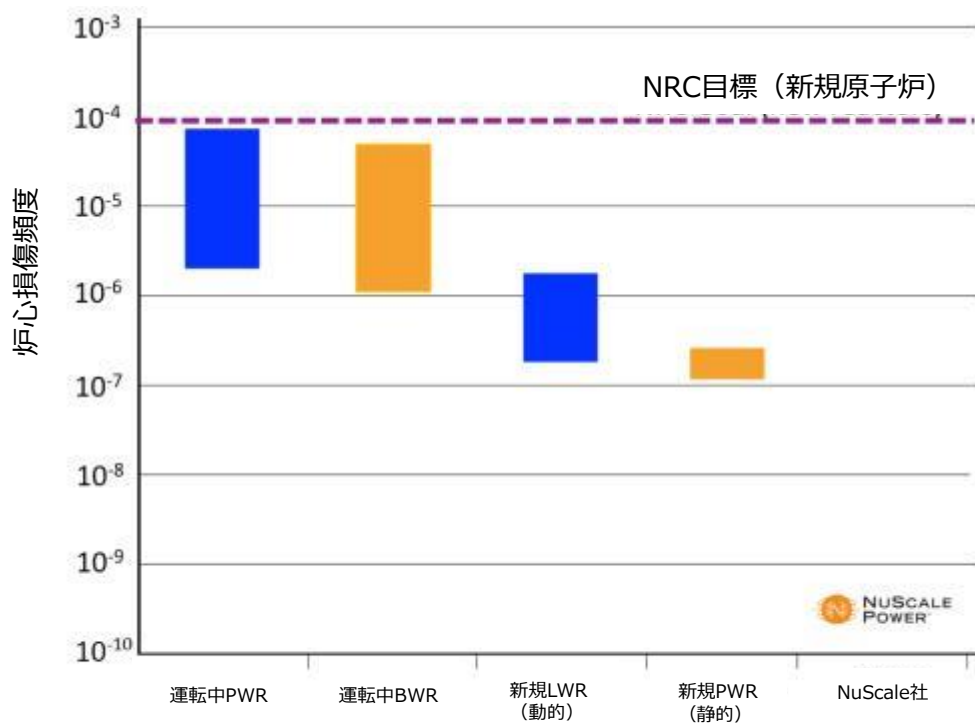
スチール製格納容器は従来のPWRと比較して **10倍以上の圧力定格**
熱出力に対する冷却水量の割合は従来のPWRと比較して**4倍**

プラントリスクの低減

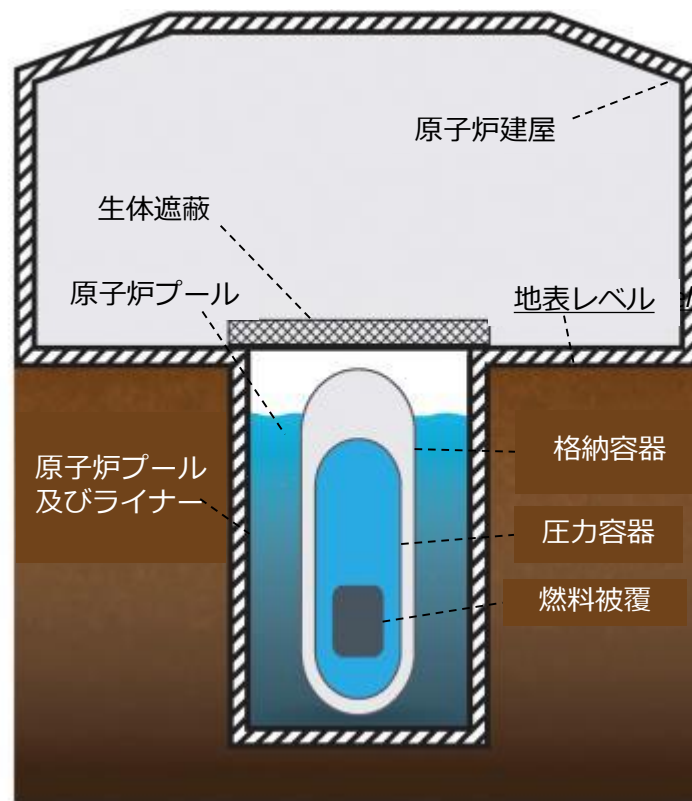
リスク = (故障の頻度)

X

(結果)

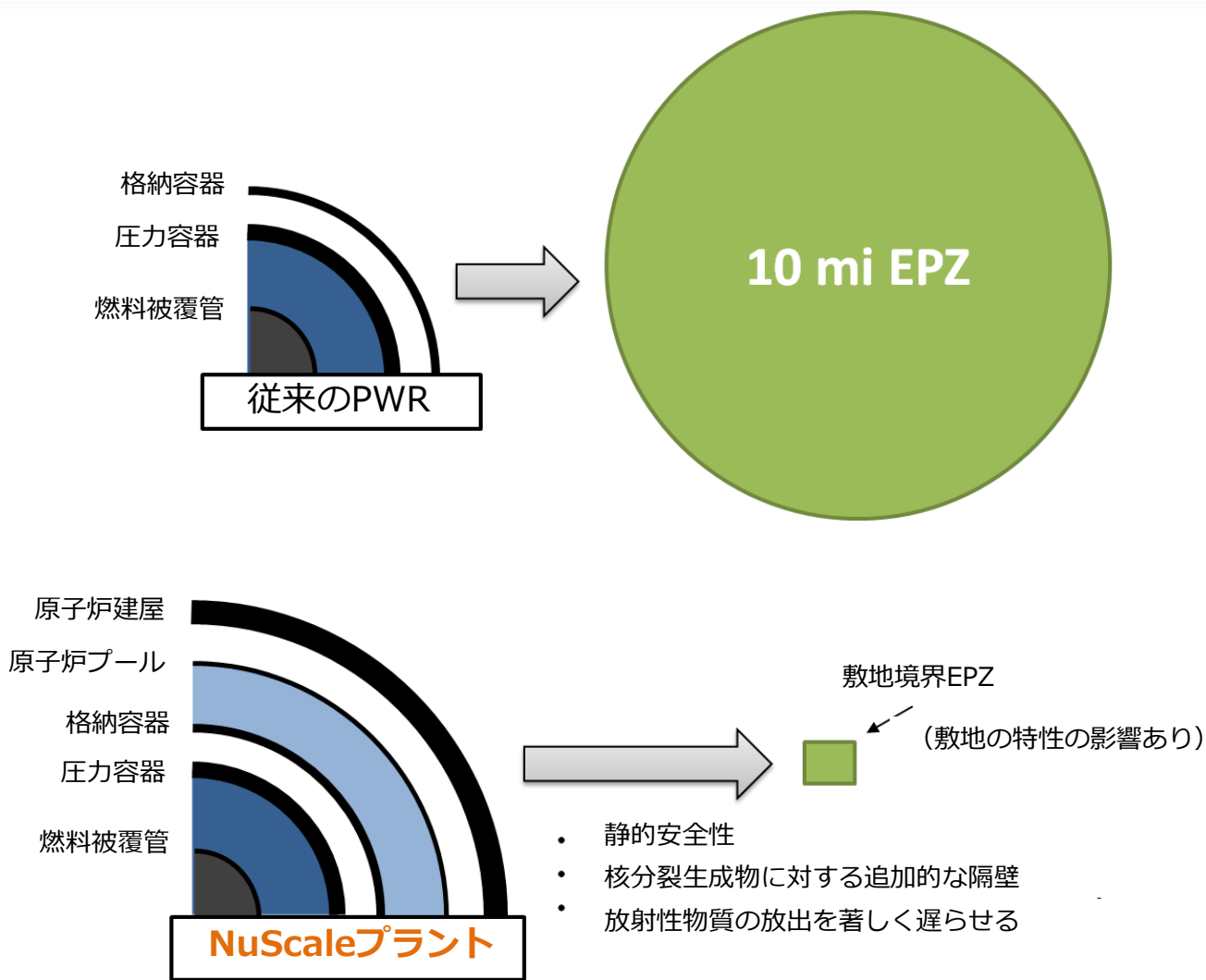


NuScale社製炉の場合、故障による炉心損傷確率は、1,000,000,000年分の1未満



NuScaleプラントからの放射性物質の放出に対する4つの追加的遮蔽措置

安全性向上による、より小さな緊急時計画区域 (EPZ)



原子力エネルギー協会 (NEI) プレスリリース (2017年9月7日)



Log In | Join NEI | About NEI | Contact Us | NEI Store



Why Nuclear Energy

Issues & Policy

Knowledge Center

Careers & Education

Conferences

News & Media

News & Media

[Home](#) > [News & Media](#) > [News](#) > [News Archives](#) > 2017 > [TVA Demonstrates Site Boundary EPZ Possible for SMRs](#)

TVAがSMRに適用可能なサイト境界EPZを実証

- TVA分析により、クリンチリバーサイトの許可申請に関する情報が追加
- いかなる事故による放射性物質の影響もサイト境界内に限定されることを示す
- 10マイルものEPZ範囲を不要とする根拠を分析により明らかに

<https://www.nei.org/News-Media/News/News-Archives/2017/TVA-Demonstrates-Site-Boundary-EPZ-Possible-for-SM>

NuScale 12モジュール制御室シミュレータ オレゴン州コーバリス



プラントの強靱性に関する新水準

他に例のない強靱性を提供するNuScale設計

- **外部電源不要** -単一モジュールがプラント全体に電力を供給する（アイランドモード）。NuScale社プラントは、運転員、コンピュータ操作、交流/直流電源、安全のための追加的な水やグリッド接続を必要としない。
- **初期応答電源** -外部電源喪失時に、12基のモジュール全てが最大出力を維持することも、全ての蒸気の復水器へ供給を絶つことで出力を低下させることが可能。
 - グリッド復旧時、50 MWe単位でグリッドへ電力を供給することが可能
- **自然災害への強靱性** -耐震カテゴリ-1の建屋内の地下に設置されるモジュール及び燃料プール。
 - 福島規模の地震事象に耐えることが可能
 - ハリケーン、竜巻、洪水に耐えることが可能
- **航空機衝突への強靱性**-原子炉建屋は、NRCの航空機衝突に関する規則により特定された航空機衝突に耐性を保持。
- **サイバーセキュリティ** - NuScale社プラント保護システムは、非マイクロプロセッサシステム（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）であり、ソフトウェアフリーであることから、インターネットサイバー攻撃に対して脆弱性を示さない。



経済性及びグローバル市場

「小規模の経済」を捉える

サイト建設から工場生産への移行を可能とする設計



126本のNuScaleパワーモジュール

従来の加圧水型原子炉

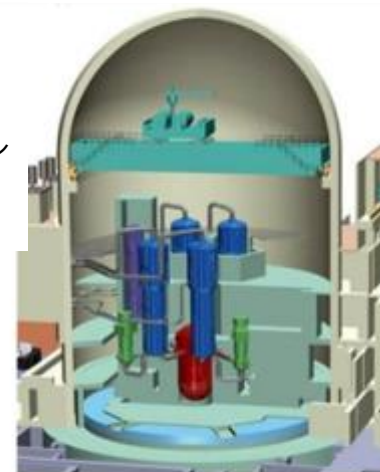
200フィート

格納容器と原子炉システムを合体

76フィート

120フィート
格納容器

15フィート



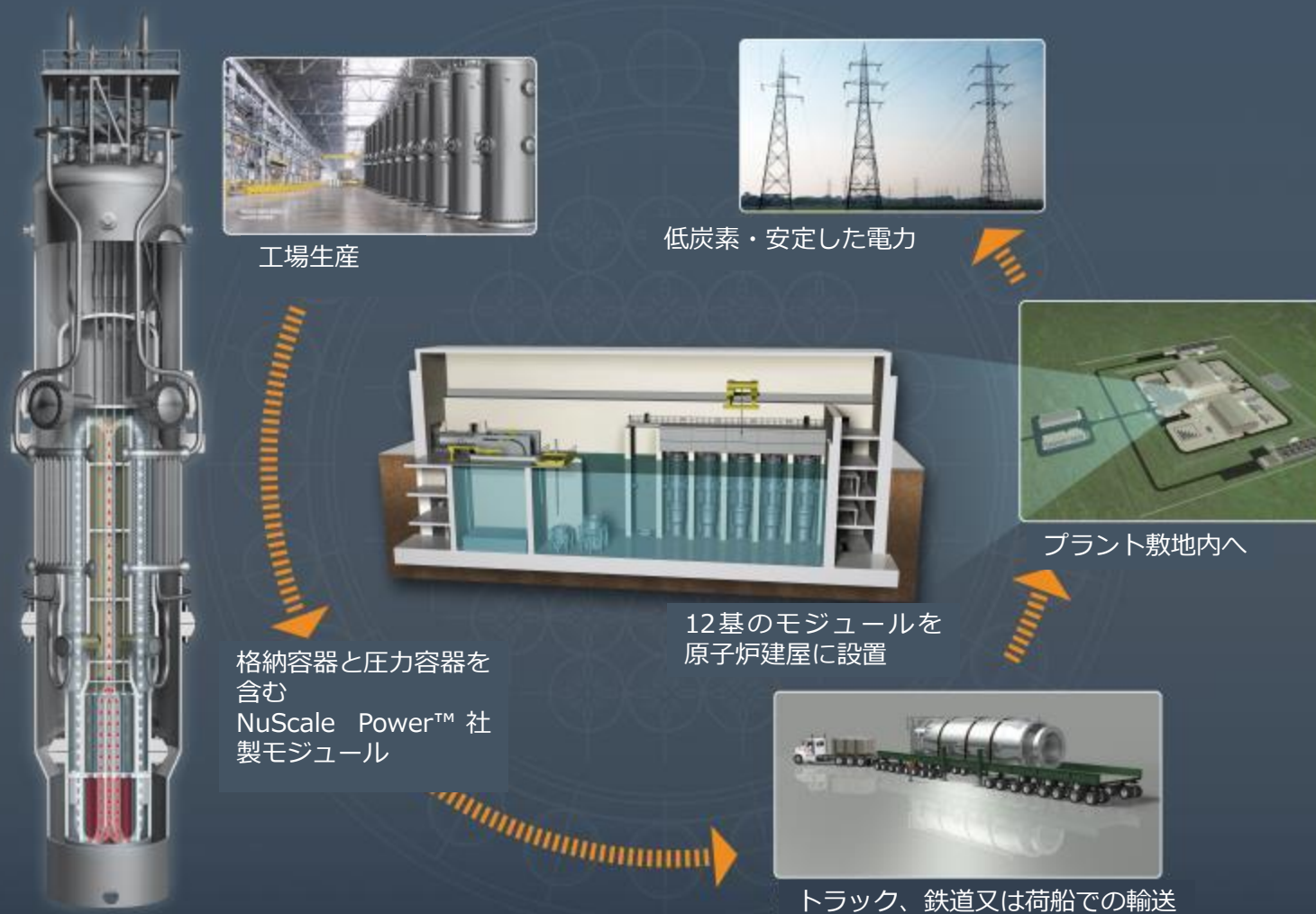
*Source: NRC



小規模の経済

設計のシンプルさ
工場生産
簡素化された建設
革新的な運転

建設時と運転時における新たなアプローチ



経済性

- 設計のシンプルさが、他の低炭素選択肢と比較して競争力のあるLCOEをもたらす
 - 大型の軽水炉と比較して初期費用を低減し、運転コストも低減
 - 大型先進炉と比較して競争力のあるオーバーナイト資本コスト
 - 最初のプラントのLCOE目標 - 65米ドル/MWh
- 負荷の増加に対応して、最大12基のモジュールを段階的に追加することが可能であり、初期資本コストを削減
- 最初のモジュールから直ちに収益確保可能
- オフサイトの施設でNuScale パワーモジュールを組み立て、繰り返し生産することでコスト削減につながる。
 - 工場生産のメリットを実現

建設コスト概要 (米国)

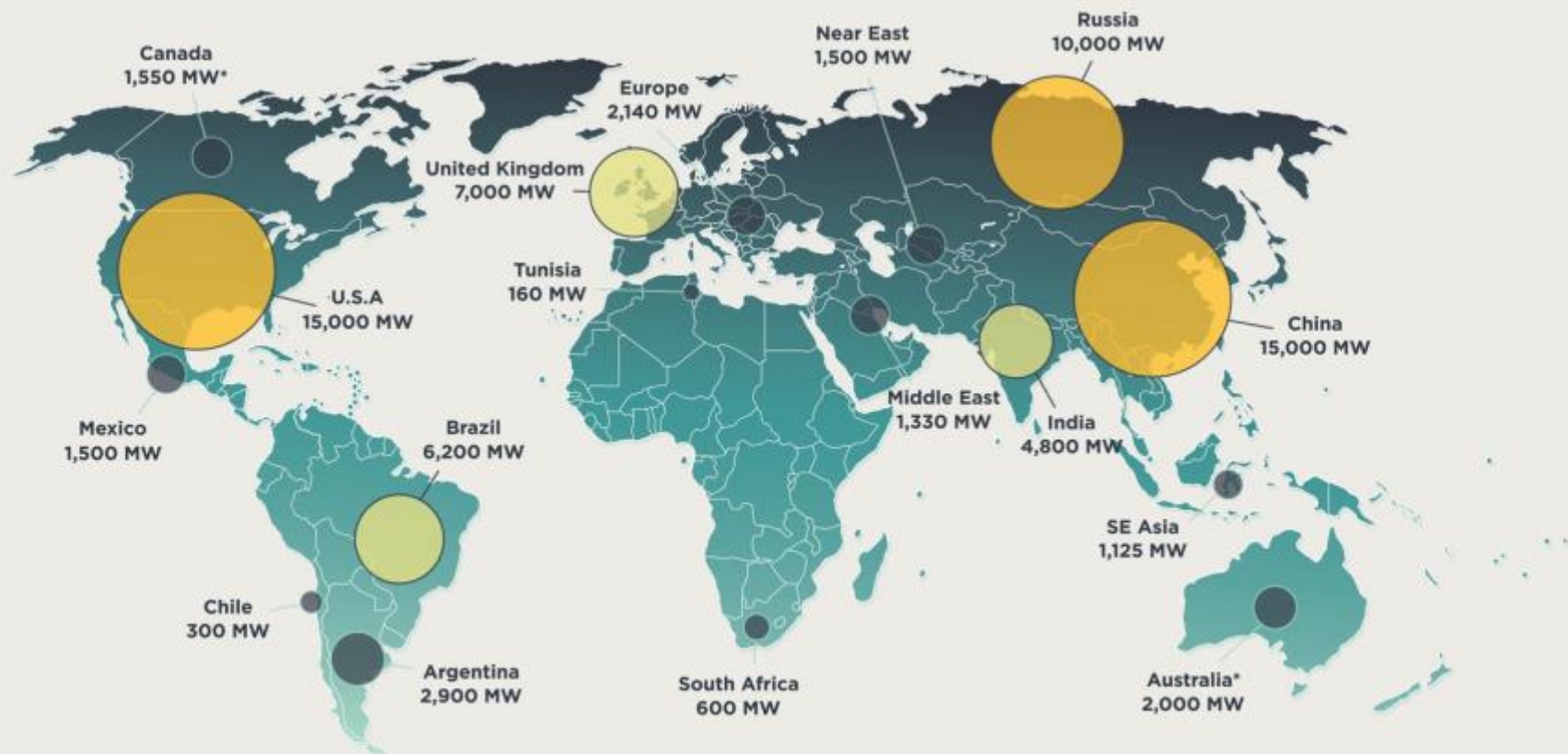
EPCオーバーナイトコスト全体 (1,000,000米ドル)

項目	2014年 米ドル
原子カモジュール (FOAKコストに手数料、輸送費及びサイトでの組立費を加算)	\$ 848
ホームオフィスのエンジニアリングとサポート	\$ 144
サイトインフラ	\$ 60
原子カエリア (RXB、RWB、MCR)	\$ 538
タービンエリア (2つの建屋、1建屋につき6タービン)	\$ 350
バランスオブプラント (別館、冷却塔等)	\$ 225
ディストリビュータブル (臨時建物、現地職員、常備品等)	\$ 545
その他	\$ 185
オーバーナイトコスト合計	\$ 2,895

5,078米ドル/kWe (ネット)

SMRの国際的な市場ポテンシャル

- 英国NNL*は、潜在的なSMR市場を、2035年までに65-85GW、ロシアを除くと55-75GWと試算
これは、1100-1500 パワーモジュール分に相当する



* 原子力の新規建設のモラトリアム又はエネルギー部門の国有化といった事由による、潜在的なアクセス不能国・地域

*英国国立原子力研究所「SMRフィージビリティスタディ」、2014年12月



多用途のアプリケーション及び 再生可能エネルギーとの共存

新たなアプリケーション - 原子力の役割を拡大

ソリューションとしての一部 - 環境保護、エネルギー安全保障、経済成長

59億人の人々をエネルギー貧困から救うには、さらに19京7千兆BTU相当のエネルギーが必要

米エネルギー情報局

Courtesy T. Maloney, NuScale Power

7.83億人の人々がクリーンな水へのアクセスを有していない。世界中で3億人以上の人々が日常生活に必要なため淡水化された水に頼っている現実がある。

世界保健機構

Courtesy R. Temple, NuScale Power

屋外の大気汚染は、毎年世界的に推定550万人、すなわち一日あたり約15,000人の死の要因となっており、...

2016年 世界疾病負担プロジェクト

毎年10億トン以上の食糧が失われ、浪費される。収穫前に田畑や農場で腐敗したり、あるいは輸送中に腐敗に至る。

世界資源研究所 UNEP

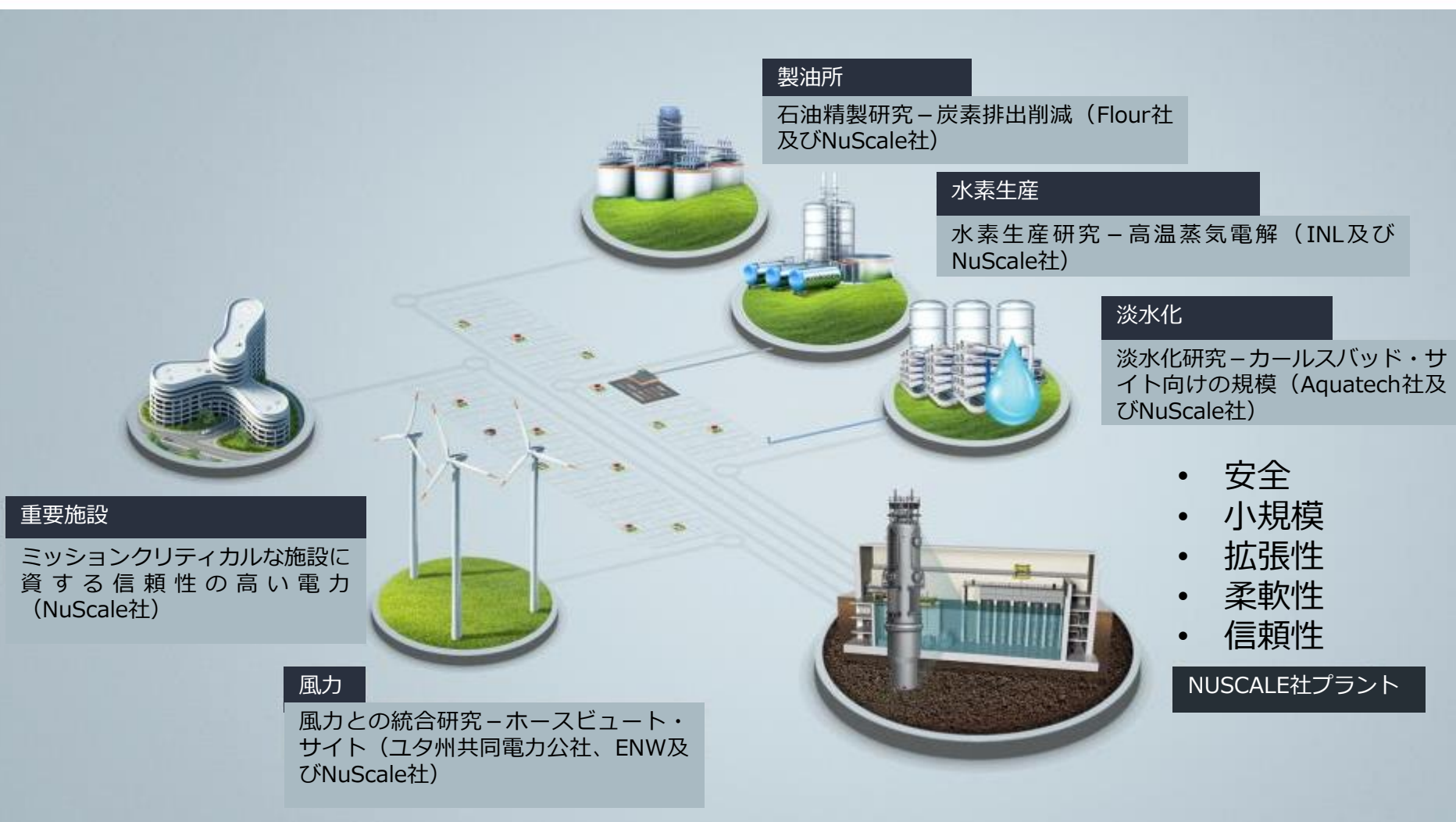
NuScale社 - グローバルソリューションの一部として

使命 - NuScale Power社は、世界中の人々の生活品質の向上を目的として、電気、熱、水の生産に、拡張性の高い先進的な原子力技術を提供する。



- NuScale社は、自社の使命に関連した、自社製モジュールの様々な適用に係る5つの研究を完了した
 - クリーンな水 - 淡水化
 - クリーンな輸送燃料 - 水素生産
 - クリーンな空気 - 製油所での炭素排出量の削減
 - クリーンなエネルギー - 再生可能エネルギーの成長促進
 -
 - 負荷追従
 - 信頼性の高い電力 - 重要インフラの保護

NuScale社の多様なエネルギープラットフォーム (NuDEP) イニシアチブ



重要施設
ミッションクリティカルな施設に
資する信頼性の高い電力
(NuScale社)

風力
風力との統合研究 - ホースビュート・
サイト (ユタ州共同電力公社、ENW及
びNuScale社)

製油所
石油精製研究 - 炭素排出削減 (Flour社
及びNuScale社)

水素生産
水素生産研究 - 高温蒸気電解 (INL及び
NuScale社)

淡水化
淡水化研究 - カールスバッド・サ
イト向けの規模 (Aquatech社及
びNuScale社)

- 安全
- 小規模
- 拡張性
- 柔軟性
- 信頼性

NUSCALE社プラント

NuScale社の様々なエネルギープラットフォーム (パート1)

石油精製研究- 炭素排出削減 (Fluor社及びNuScale社)

10モジュールプラント

250,000バレル/日規模の製油所に結合



「NuScale社エネルギー供給による石油回収及び精製適用性」、2014年4月6日-9日、米国ノースカロライナ州、シャーロット、原子力発電所の進歩に関する国際会議 (ICAPP 2014)、会報

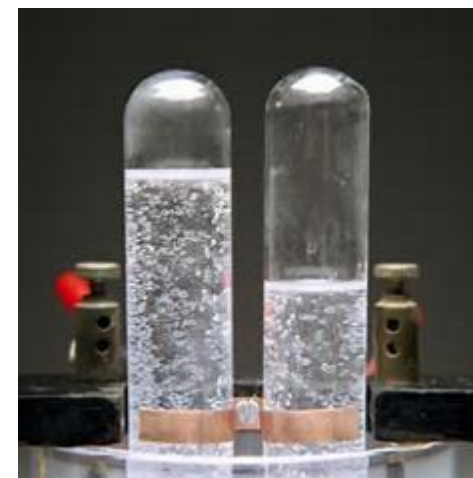
本研究では、原子力発電がいかんして石油回収及び石油精製を支援しうるかを模索。単一のNuScale社プラントが提供する電気及び熱によって、大型石油精製所の炭素排出量が40%近く削減されると結論付け。



水素生産研究 - 高温蒸気電解 (INL及びNuScale社)

6モジュールプラント

炭素排出フリーの水素生産



「非電気用途への原子力エネルギーの拡大」、2014年8月24-28日、カナダ、バンクーバー、第19回太平洋盆地原子力会議 (PBNC 2014) 会報
本論文では、石油精製、淡水化、水素生産、再生可能エネルギー源との統合といった非伝統的な適用を支援するための、NuScale社設計に係る柔軟性を実証するいくつかの調査を概説。

NuScale社の様々なエネルギープラットフォーム (パート2)

風力との共存研究 - ホースビュート・サイト
(ユタ州共同電力公社、ENW及びNuScale社)

モジュール1基

ユタ州共同電力公社の57.6MW規模
風力ファームに寄与



「原子力と再生可能エネルギーは友人になれるか」
2015年5月3日-6日、フランス、ニース、原子力
発電所の進歩に関する国際議会会報 (ICAPP
2015)

本論文では、電力需要を満たしつつ特定の風力発電
所からの変動する出力を補完するために、
NuScale社プラントを利用するというオプションを
評価した。論文は、負荷追従運転のためNuScale
社プラントに不可欠な柔軟性を証明。



淡水化研究 - カールスバッド・サイト向けの規模
(Aquatech社及びNuScale社)

8モジュールプラント

50 Mgal/日 (190K m³/日) の浄水及び350
Mweの発電が可能



「電力と水の共同生産のためのNuScale社製小型
モジュラー炉」『Desalination』、340、84-93
(2014年5月)

本稿は、NuScale社プラントといくつかの淡水化
技術の統合に関する詳細な研究である。これによ
り、逆浸透淡水化プラントに結合された単一の
NuScale社プラントが、30万人規模のコミュニ
ティを支えるのに十分な浄水及び発電が可能であ
ることが証明された。

NuScale社の様々なエネルギープラットフォーム (パート3)

重要インフラに資する信頼性

ユーティリティ
マクログリッド



470 MWe
(ネット)
> 95% 設備利
用率



マイクログリッド
100 MWe (ネット)
寄与
> 99.95%
アベイラビリティ

ミッションクリティカルな
施設

「ミッションクリティカルな適用が可能な信頼性の高い原子力発電」、2016年4月17-20日、カリフォルニア州サンフランシスコ、原子力発電所の進歩に関する国際会議 (ICAPP 2016) 会報

本論文は、NuScale社プラントの独立性と冗長性のある電力構成によって得られる電力の信頼性を決定するために実施された研究について論じている。プラントの60年の寿命全体にわたって99.95%のアベイラビリティを備えた専用マイクログリッドに最大100MWeを提供可能であると結論づけられた。「アイランドモード」も実施可能である。

NuScale社の
12モジュールプラント





規制当局とのコミュニケーション及び 許認可

ライセンスリスクの減少

- 設計認証申請書（DCA）は2016年末に完了
- 2017年3月にDCAが受領
- 800人を超える人員が、米国5か所のオフィスで本プロジェクトに取り組む
- 43,000時間に及ぶNRCの審査期間、119回の公式会合、NRC DCA準備審査への参加
- RAIプロセスは完全実施の段階
- NRCが審査スケジュールを公表



- 12,000以上のページ数
- 14のトピックレポート
- 200万時間を超える作業時間
- 800人超
- 50を超えるサプライヤ/パートナー
- 5億米ドル超

イノベーションに関する規制機関の承認

NRCが、安全性に関する三冠のうち「No Power」という点とデジタルI&Cプラットフォームを承認

- **NRCは、NuScale社のDigital I&Cプラットフォーム（HIPS）を承認（2017年7月）** -HIPSプラットフォームは、NuScale Power社及びRock Creek Innovations社によって共同開発された保護システムアーキテクチャである。HIPSプラットフォームは、独立性、冗長性、予測可能性と再現性、そして多様性と深層防護という基本的なI&C設計原則に基づいている。HIPSプラットフォームは、わずか4つのモジュールタイプで構成され、相互接続されることで、様々なタイプの原子炉安全システムをサポートするために複数の構成を行う。また、**インターネットサイバー攻撃に対して脆弱性を示さない** フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）技術も使用されている。
- **NRCは、Class 1Eを必要としないNuScale社のアプローチを承認（2017年12月）**。NRCはNuScale社による「静的原子力発電所電気システムの安全性分類」許可トピックレポートを承認した。これは、安全性に関連する電力に依存することなく、設計の安全に関する基盤を確立したものである。この新しい安全設計アプローチは、現在米国内のすべての原子力発電所で要求されている安全関連の原子力発電所電気システム設計の規制基準である、Class 1Eを不要とするものである。

第1号NuScale SMRプラントと そのファイナンス

業界の関心とサポート

NuScale社は好調な受注に向けて着実に前進

- NuScale社には、米国内における相当数の顧客により関心が示されている。
 - NuScale社は国内の29社から成る諮問委員会（「NuAB」）を有する。
- Western Initiative for Nuclearの成果（「Program WIN」の一部）である主な導入に向けた取り組み
 - 幅広い西海岸各州の連携
 - 2026年後半、アイダホ州において最初の導入
- NuScale社は業界の専門家によって構成される技術諮問委員会を有する。
- 複数の市場における国際的な顧客関心の強い高まり

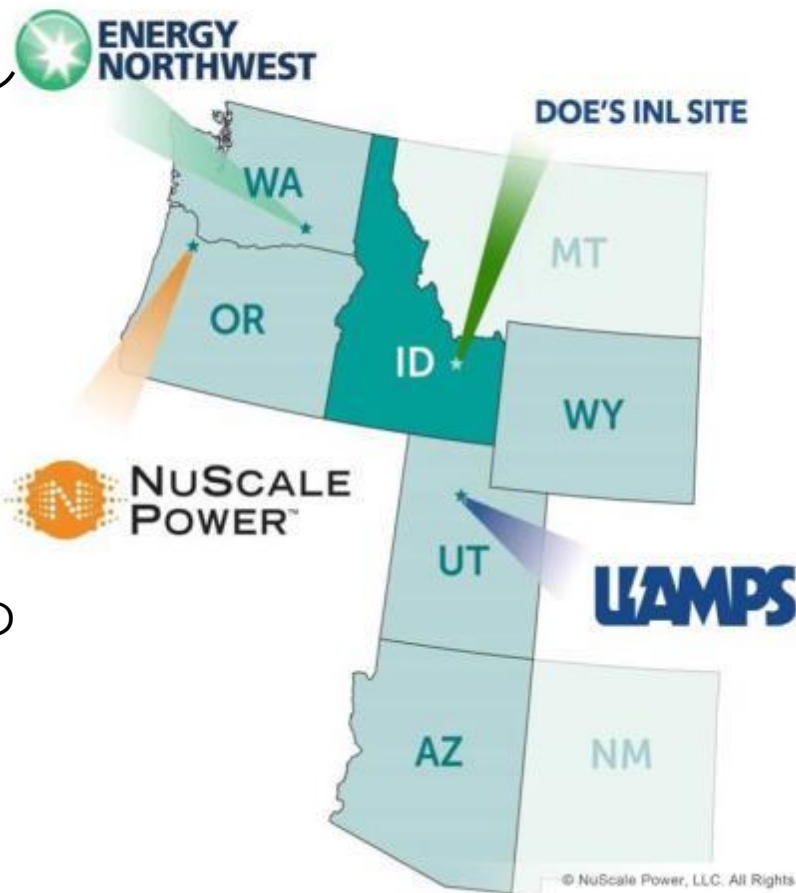
NuScale社諮問委員会（NuAB）メンバー



NuScale社第1号プロジェクト

- ユタ州共同電力公社 (UAMPS) カーボンフリー電力プロジェクト (CFPP)
 - 600 MWe (グロス)、12モジュールプラント
 - アイダホ国立研究所 (INL) 内に設置
 - UAMPSが所有者
 - Energy Northwest 社が運転
 - Fluor社・NuScale社がEPC
 - 2026年 商業運転開始
 - 電力販売契約に基づき、UAMPSの35のメンバーがCFPPの電力を購入。
 - DOEは、プロジェクト計画及び初期のライセンス支援活動向けに、1,650万米ドルの費用分担を供与

PROGRAM
WIN | Western Initiative for Nuclear



SMR導入に向けた国家基盤

日本は脱炭素化に向け、NuScale技術導入にあたり理想的な立ち位置

- 原子力プラントの許認可と規制について既存のインフラが存在。ただし、SMRに関しては新たな規制が必要。
- 国内でモジュール製造能力が存在。日本にとって新たなSMR産業の可能性。
- 商業用原子力発電の建設及び運転における豊富な専門知識。
- 日本の国立研究所及び大学における世界クラスの原子力発電試験及び研究能力。
- 社会的受容性には、原子力エネルギーへの国のコミットメントと国民の教育が必要。



6650 SW Redwood Lane, 210号
 ポートランド、オレゴン州 97224
 971.371.1592

1100 NE Circle Blvd., 200号
 コーバリス, オレゴン州 97330
 541.360.0500

11333 Woodglen Ave., 205号
 ロックビル, メリーランド州
 20852
 301.770.0472

6060 Piedmond Row Drive South, 600号
 シャーロット, ノースカロライナ州 28287
 980.349.4804

1933 Jadwin Ave., 130号
 リッチランド, ワシントン州 99354

Portland House 1F
 Bressenden Place
 ロンドン, SW1E 5BH
 英国
 +44 (0) 2079 321700

<http://www.nuscalepower.com>
 Twitter: @NuScale_Power

60年の産業にとって
 「Nu DAY」の幕開け

