

---

## SMR等革新炉の安全と安全規制について—今後の取組—

### 海外で検討が進んでいる革新炉の安全設計の特徴等について (事例紹介:BWRX-300)

2020年9月18日

日立GEニュークリア・エナジー株式会社

© Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. 2020. All rights reserved.

Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. Proprietary Information

---

## 目次

1. 日立の原子力ビジョン
2. 原子力発電を取り巻く環境と課題解決を目指した開発
3. BWRX-300の特長



BWRX300



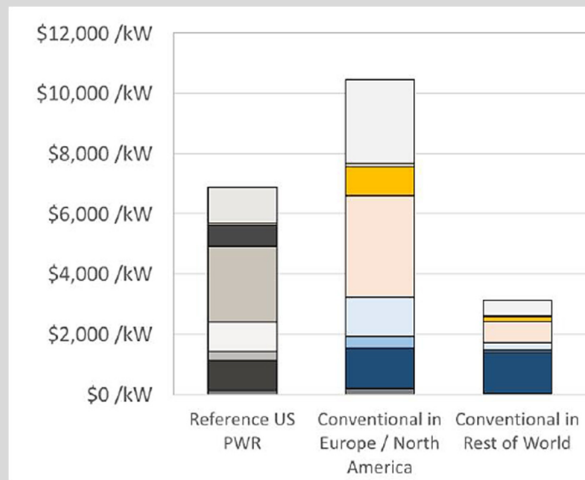
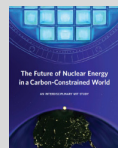
## 原子力発電の初期投資に関するコスト低減

**第5次エネルギー基本計画(日本)**  
安全性・経済性・機動性に優れた炉の追求

**Nuclear Sector Deal (UK)**  
産業界は2030年までに新設プロジェクトコストを30%低減

**EPRI (米)**  
原子力発電所の競争力水準：  
\$2000 ~ 3000/kWe

**MIT (米)**  
原子力発電所の競争力水準：  
< \$2500/kWe



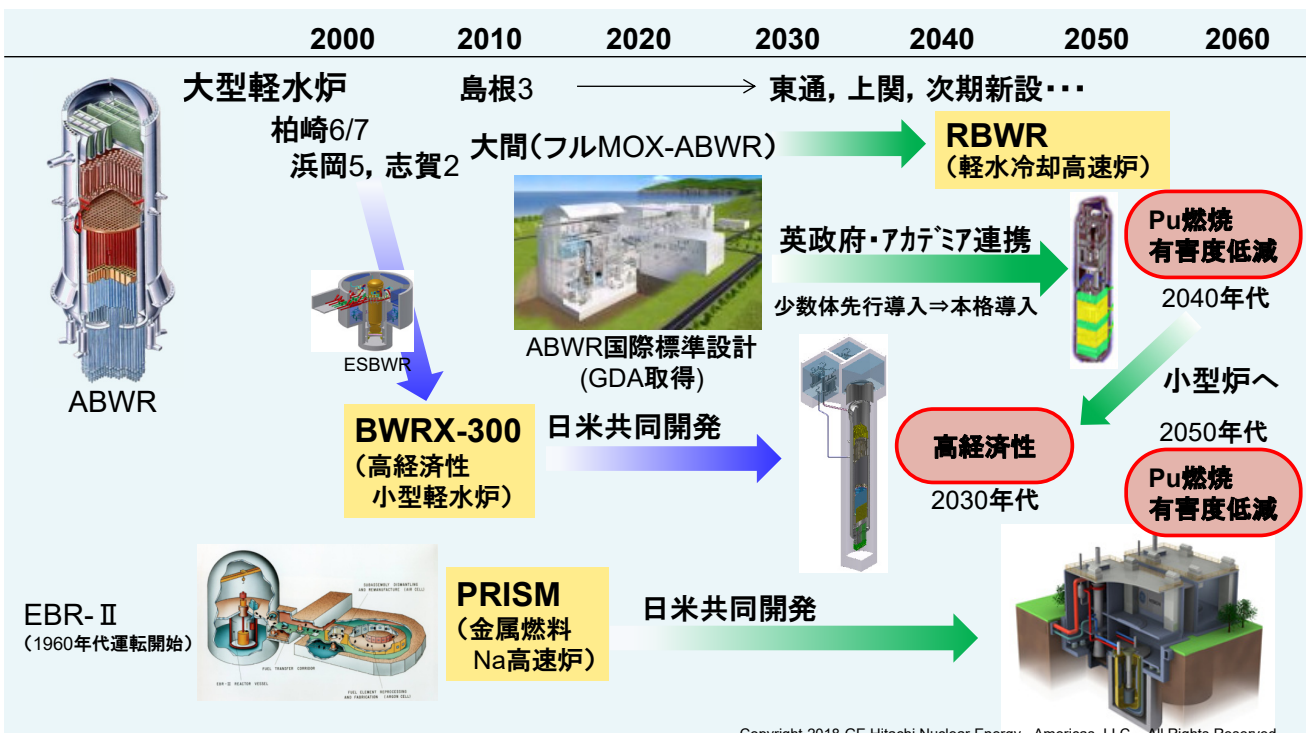
初期資本コスト(実績)の比較

Ref. Kirsty Gorgan, "The ETI Nuclear Cost Drivers Project: Summary Report", April 20, 2018.より

# 1-2 日立の原子力ビジョンと開発戦略



BWR建設経験と燃料サイクル技術を中心に、初期投資リスク低減、長期的な安定電源、放射能有害度低減を実現する新型炉をオープンイノベーションで国際共同開発



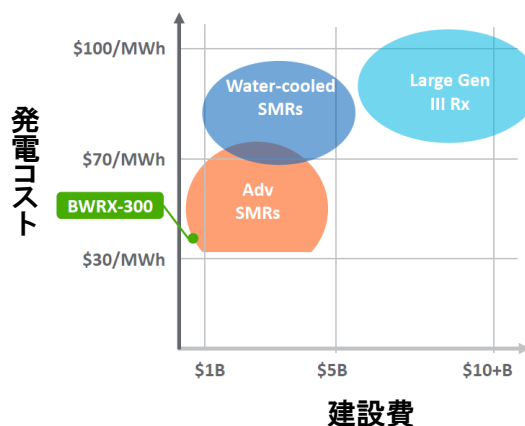
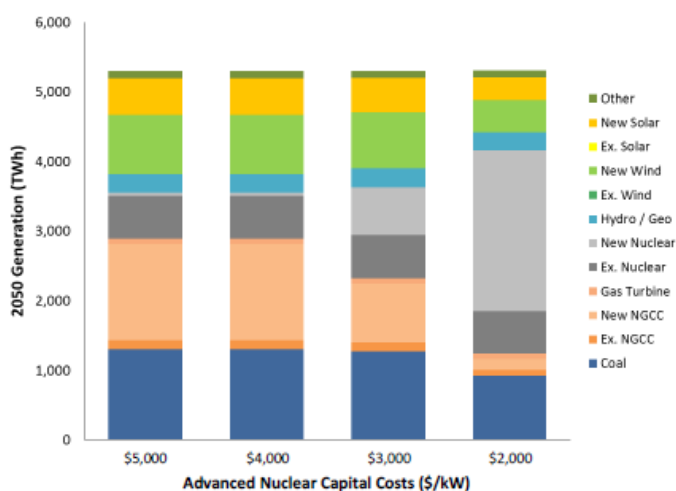
1. 日立の原子力ビジョン
2. 原子力発電を取り巻く環境と課題解決を目指した開発
3. BWRX-300の特長



BWRX300

## 2-1 高経済性小型軽水炉 (BWRX-300) の開発

- 新市場の開拓に向け、BWRの特性を生かした高経済性小型炉 BWRX-300を日立GEとGE日立ニュークリア・エナジーで共同開発

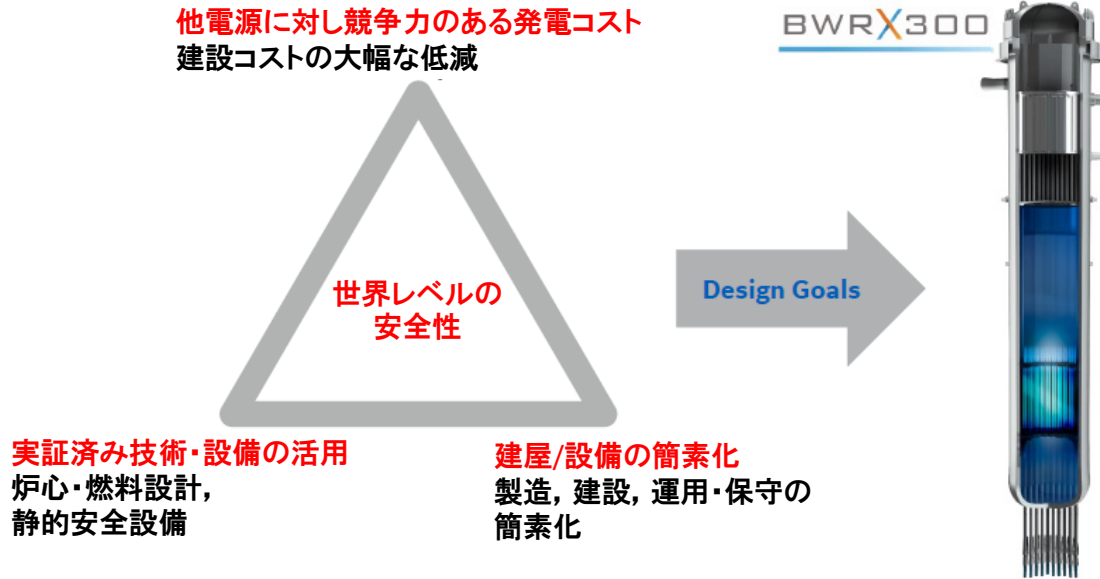


### 資本コストによる2050年エネルギーミックスの評価(米国)

Figure 3-2  
Sensitivity of the electric generation mix in 2050 to the assumed capital cost of advanced nuclear with reference policies and gas prices

Ref. EPRI, "Exploring the Role of Advanced Nuclear in Future Energy Markets Economic Drivers, Barriers, and Impacts in the United States", April 20, 2018.

- 実証済み技術/設備を最大限に活用し、世界レベルの安全性と高い経済性を実現



2-3 BWRX-300の開発コンセプト

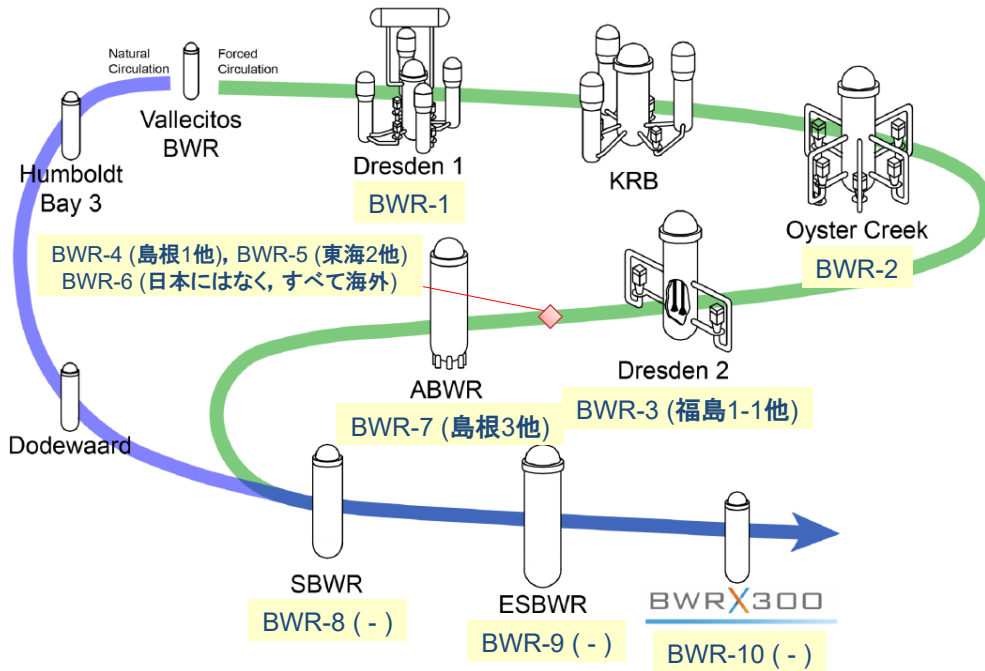
- シンプルなBWRを更に簡素化し、他電源に対して競争力のある小型軽水炉を開発

- 第10世代BWR
- 300MWe級SMR (Small Module Reactor)
- “Design to Cost”の概念
  - 一次冷却材圧力バウンダリの高信頼性化によるLOCAの排除(炉廻り安全設備の簡素化)
  - 建屋面積の縮小と、先進建設工法の採用による建設コストの大幅な低減
- 世界標準の安全性, 実証済み技術の採用, 充実した燃料及び機器供給網



高い安全性と経済性の両立を目指した設計

➤ BWRX-300(第10世代BWR)は、シンプルなBWRを更に簡素化し、安全性、信頼性、経済性を追及



© Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. 2020. All rights reserved.

Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. Proprietary Information

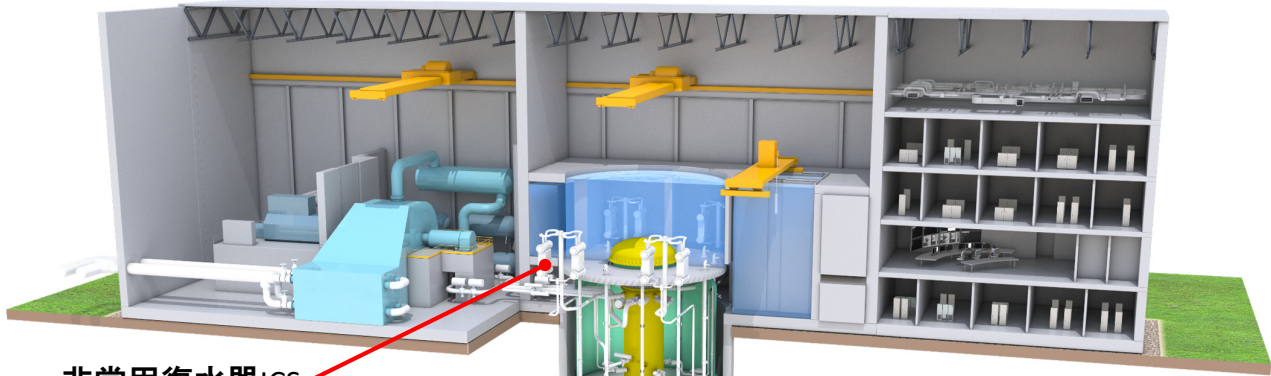
## 目次

1. 日立の原子カビジョン
2. 原子力発電を取り巻く環境と課題解決を目指した開発
3. BWRX-300の特長



**BWRX300**

- ✓ 電気出力300MW級小型炉 (Gen III+ SMR)
- ✓ 革新的安全技術と実証済み技術の融合で優れた炉概念を実現



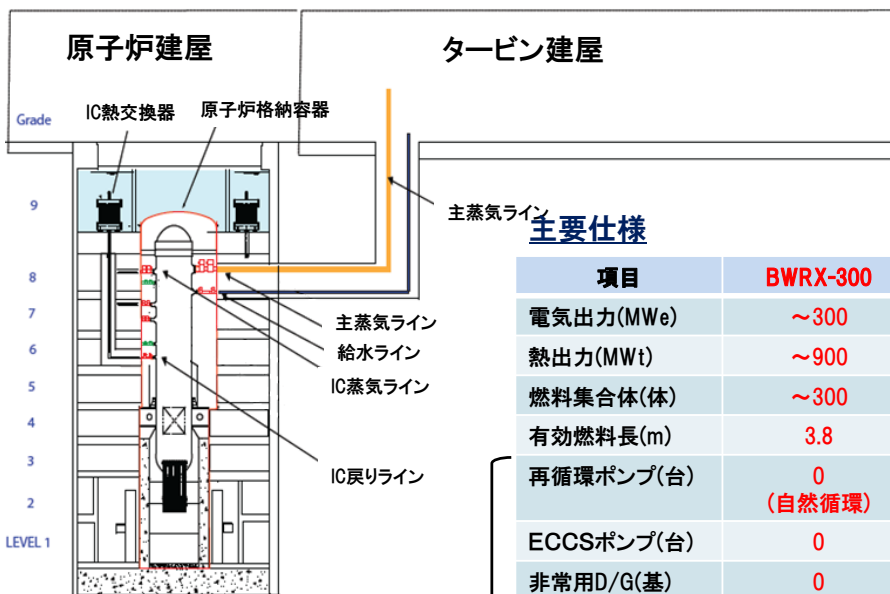
非常用復水器ICS  
(Isolation Condenser System)

- 一次冷却材圧力バウンダリを高信頼化し、冷却材喪失事故(LOCA)の発生確率を徹底的に低減
- 設計基準事故からLOCAを排除し、静的安全系であるICSのみで事象を収束
- 地下設置型の配置を採用することで、外部ハザード、テロに対する安全性とセキュリティを向上

© Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. 2020. All rights reserved.

Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. Proprietary Information 10

3-2 BWRX-300のプラント主要仕様



略号  
D/G :ディーゼル発電機  
GDCS:重力落下式注水系  
IC :非常用復水器  
PCCS:静的格納容器冷却系

LOCA排除+静的安全系で  
経済性と安全性を両立

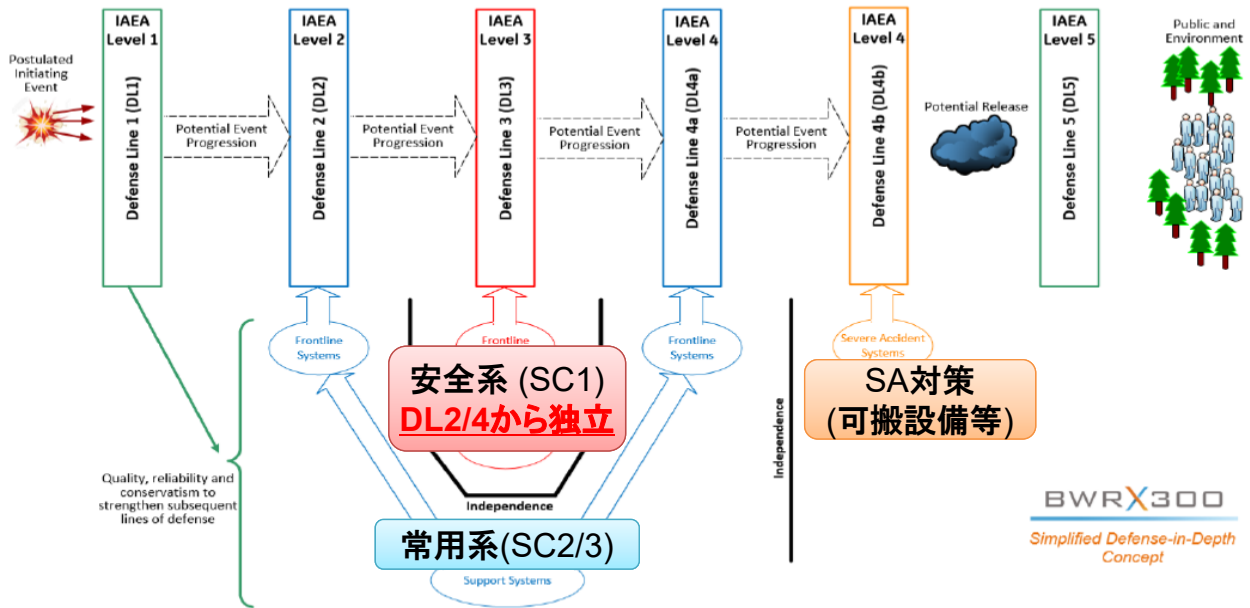
- ・電源喪失耐性向上
- ・ポンプ削除

項目	BWRX-300	ESBWR	ABWR
電気出力(MWe)	~300	1600	1350
熱出力(MWt)	~900	4500	3926
燃料集合体(体)	~300	1132	872
有効燃料長(m)	3.8	3.0	3.7
再循環ポンプ(台)	0 (自然循環)	0 (自然循環)	10
ECCSポンプ(台)	0	0	6
非常用D/G(基)	0	0	3
静的除熱系(基)	IC×3	IC×4 PCCS×6	0
静的注水系(基)	0	GDCS×4	0
残留熱除去系	2系統 (停止用)	2系統 (停止用)	3系統

© Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. 2020. All rights reserved.

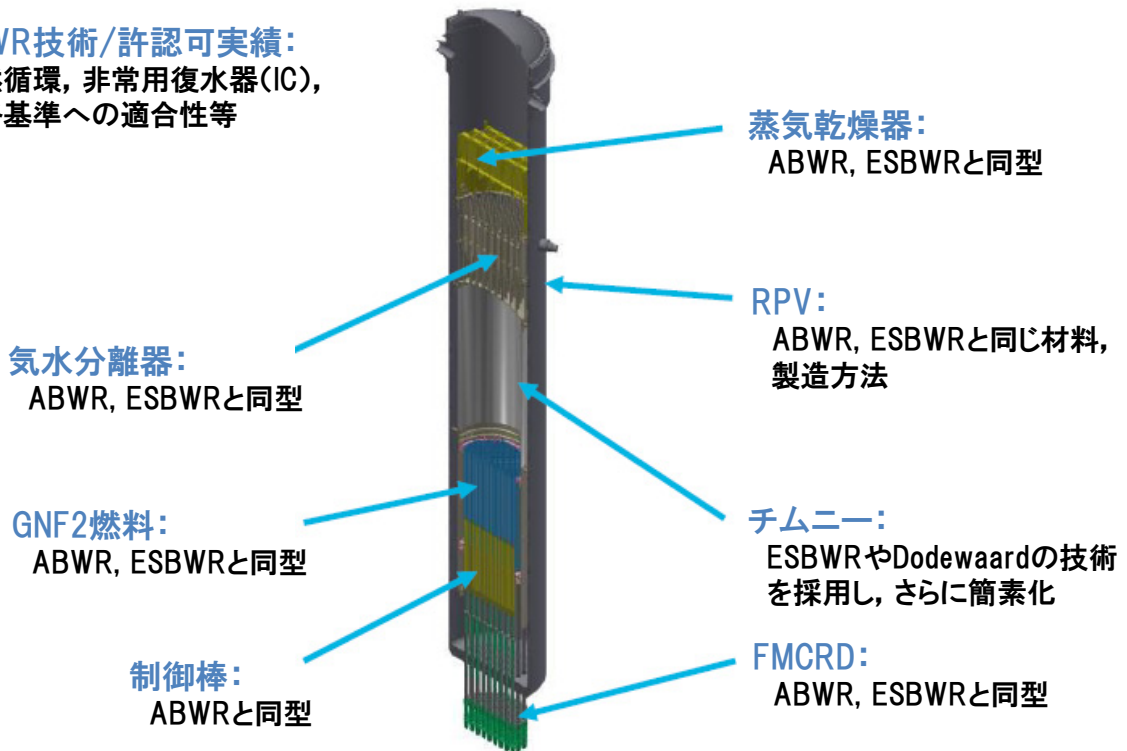
Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. Proprietary Information 11

- Defense in Depth Concept (based on IAEA SSR-2/1) に従い、合理的な Safety Classを設定



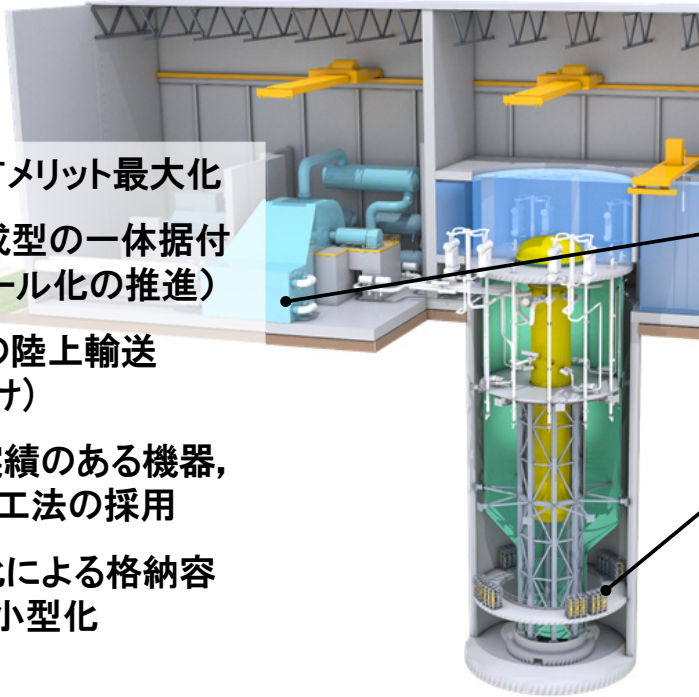
### 3-4 原子炉周りの実証済み技術

**ESBWR技術/許認可実績:**  
自然循環, 非常用復水器(IC),  
規格基準への適合性等



➤ ABWR建設で培ったモジュール設計技術を小型炉設計に活用し、建設費・工期の大幅な低減を目指す

- 小型炉特有メリット最大化
  - 工場完成型の一体据付 (モジュール化の推進)
  - 小型炉の陸上輸送 (内陸向け)
- 他産業で実績のある機器、製造技術、工法の採用
- 設備合理化による格納容器/建屋の小型化



工場完成型の一体据付への取り組み例

ABWRの高圧ドレンポンプ配管・弁室モジュール



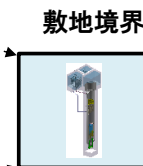
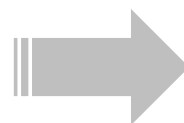
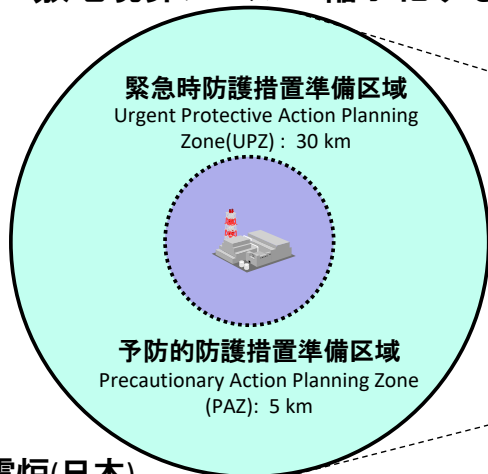
ABWRの水圧制御ユニット室モジュール



小型炉の特性を活かしモジュール化をさらに推進

3-6 社会的受容性向上 (EPZ縮小) の課題

- 米TVA\*1・DOE\*2, IAEA\*3は、小型炉特有の特性からEPZの縮小を分析中
  - 炉内の核燃料が少なく、事故時放射性物質放出量が少ない
  - 先進的小型炉の安全特性(例:電源喪失時7日間の炉心冷却維持)による緊急時計画の設定
- 国際的なアプローチ, プラント安全性を基に、緊急時防護措置準備区域の敷地境界レベルへ縮小化することを目指す



先進的小型炉に適した緊急時計画範囲 (例:米国のdose-based, consequence oriented methodology)

発電炉(日本)

\*1. "Clinch River Nuclear Site Early Site Permit Application", TVA (2017追記), NRCが申請受理済み  
 \*2. "The Pathway to SMR Commercialization", DOE SMR Workshop Final Report (2016)  
 \*3. "Report from Working Group on Emergency Planning Zone", IAEA SMR Regulator's Forum (2018)



- 高経済性小型軽水炉BWRX-300の開発により, 高い安全性と経済性, 立地の自由度向上という社会的要求を実現
- 日立GEと米国姉妹会社であるGE日立とで協調し, オープンイノベーションを活用した日米連携で開発
- BWRX-300のターゲットは, 世界レベルの安全性と最も経済的な軽水炉の実現であり, BWRの特長であるシンプルな構成を更に簡素化することで, これを達成する