

## 原子力安全部会セッション

## SMR 等革新炉の安全と安全規制について —今後の取組—

Safety of Advanced and Innovative Nuclear Reactors and the Preparation of Regulatory Infrastructure  
– future Initiatives –

## (3) 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)

## (3) The Concept of BWRX-300 and the Feature of its Safety Design

\*松浦 正義<sup>1</sup><sup>1</sup>日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

## 1. はじめに

安定電源でかつ CO<sub>2</sub> は発生させない原子力発電が今後の世界市場で競争力を高めるには、資本費を低減するとともに、ガスコンバインドサイクル発電（火力発電）等の他電源と同等以下の発電コストを実現し、資本リスクを低減する必要がある。このような背景のもと経済性が高い小型原子炉のニーズが高まっており、日立 GE ニュークリア・エナジー（株）（日立 GE）は、米国の GE Hitachi Nuclear Energy（GEH）社と協調し、高度な安全性を維持した上で経済性を向上した次世代小型軽水炉の日米共同開発を進めている。

## 2. 次世代小型軽水炉 BWRX-300

## 2-1. プラント基本概念

BWRX-300 の主要仕様を表 1 に、概念図を図 1 に示す。BWRX-300 は電気出力 300MW 級の小型 BWR である。BWR は、原子炉で発生した蒸気を直接タービンに送る、シンプルな直接サイクル型の原子炉である。BWRX-300 では、さらなる簡素化を追求し、原子炉一次冷却材圧力バウンダリの信頼性を高め、原子炉の主要な事故想定である LOCA（Loss of Coolant Accident: 冷却材喪失事故）の発生確率を徹底的に低減した革新的な概念を採用した。この結果、安全性を高めつつ非常用炉心冷却系ポンプ等の大型機器を削除するとともに、原子炉建屋及び原子炉格納容器を大幅に小型化し、出力あたりの原子炉建屋物量を大型原子炉の半分程度に削減できる見通しである。プラントシステムの簡素化は、機器点数削減による信頼性の向上や廃炉時の廃棄物量の低減にもつながる。原子炉系のほとんどの機器に実績のある技術を採用することで、開発リスク及び許認可リスクを最小化し、早期の市場投入を狙う。主要な開発項目は原子炉一次冷却材圧力バウンダリの高信頼化技術である。

表 1 BWRX-300 の主要仕様

項目	仕様
炉型	BWR
熱出力/電気出力	900MW/300MW
燃料	UO <sub>2</sub> (MOX可)
目標建設単価	\$2250/kW

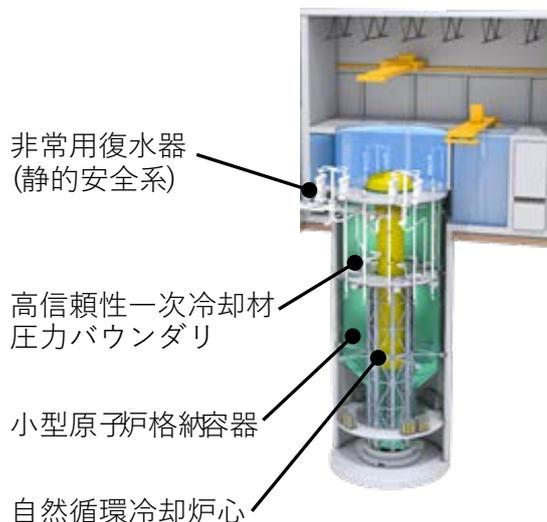


図 1 BWRX-300 の概念図

## 2-2. 安全設計の特徴

BWRX-300 の安全設計においては、IAEA の深層防護設計の考え方 (Specific Safety Requirements No. SSR-2/1 (Rev. 1), 2016) に基づいて、各 DL (Defense Level) 毎に必要な系統・機器を設置している。各 DL の対応は図 2 及び以下に示す通りであり、選定した機器・システムの有効性は図 3 に示す包括的な安全評価 Framework に沿って評価される。

- DL 1 : 異常発生防止 (反応度制御, 燃料冷却, 長期除熱等の主要な FSF (Fundamental Safety Functions))  
 DL 2 : 発生した異常の進展防止 (常用系 Safety Class 2/3 システム・機器)  
 DL 3 : DL 2/4 と独立した Safety Class 1 システムによる設計基準事故の緩和・収束 (非常用復水器 (ICS, Isolation Condenser System) による原子炉冷却と除熱)  
 DL 4a : 炉心損傷防止 (DL 3 とは独立した ICS 作動系の設置)  
 DL 4b : 炉心損傷の緩和 (静的格納容器冷却系 (PCCS) の設置等)

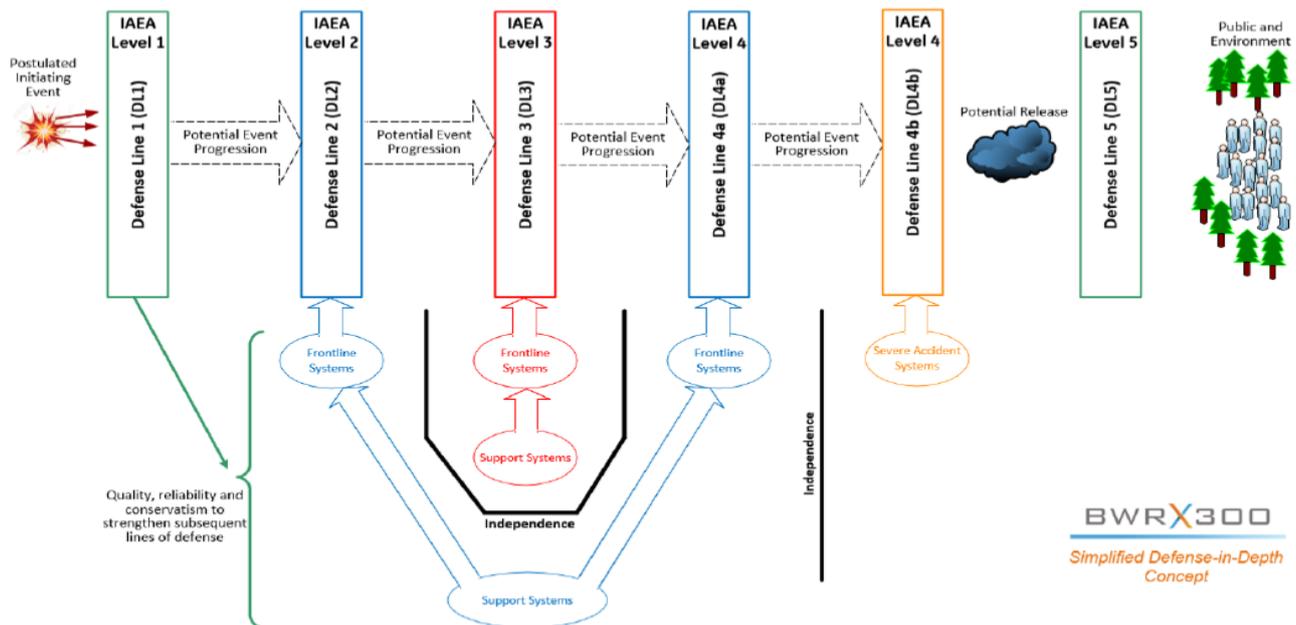


図2 IAEA Safety Levels への対応

DL 3/4 を構成する ICS (Isolation Condenser System) は ESBWR (Economic Simplified BWR) でも採用されている。米国規制局の設計認証 (Design Certification) で認可済みの、動的な機器を必要としない静的な安全系システムで、1 系統当り 33MW の除熱量を持つ。BWRX-300 では、これを 3 系統 設置することで、通常の過渡変化や ATWS (Anticipated Transient without SCRAM: スクラム失敗事象) 時の原子炉圧力上昇を抑制している。また、DL 3 としての起動制御系・弁・駆動電源と、DL 4 としての起動制御系・弁・駆動電源を独立して設置することで、万が一 DL 3 の設備として事象を緩和できなかった場合でも、DL 4 として作動することで炉心冷却と原子炉の過圧防護を可能としている。ICS を介して崩壊熱が伝達される ICS プールは、事象発生後 7 日間、水補給が不要である。

PCCS は、格納容器に蓄積した崩壊熱を、格納容器内に設置したヒートパイプを通じて格納容器上部の水プールに放出する設備であり、ICS と同じく動的な機器を必要としない静的なシステムである。

今後、安全性や社会的受容性の観点での新たなメリットも検討する予定である。一例として、出力規模を抑えることで炉内の放射性物質の量そのものを減少させつつ、静的安全系採用による電源不要な長期冷却などの特長を生かして、EPZ (Emergency Planning Zone: 緊急時計画区域) 縮小についても検討する計画である。

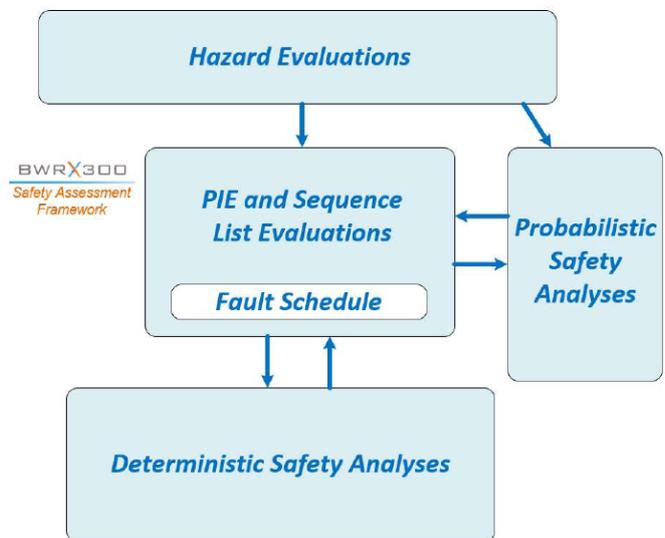


図3 安全評価の枠組み

### 2-3. 今後の予定

今後、2020年を目標に概念設計を完了させる。その後は米国での先行安全審査、実証試験、サイト選定を進め、2030年頃に北米での初号機運転を目指す。また並行して、国内、欧米諸国のプロジェクトに参画し、BWRX-300の市場開拓を進めていく。

なお、本予稿は日本原子力学会 2020年春の年会からの転載である。

---

\* Masayoshi Matsuura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.