

# 日本原子力学会 原子力発電部会

## 「次期軽水炉の技術要件検討」WG（BWRブランチ）

### 【第 2 回議題】

1. 次期 B W R のコンセプトと実装例
2. 次期 B W R に対応する規制や制度の考え方

# 目次

---

## 1. 次期BWRのコンセプトと実装例

1-1 深層防護実装の考え方

1-2 内的事象への対応

1-3 外的事象への対応

1-4 APC その他テロ対策

1-5 設計想定を超える事象への対応

補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

## 2. 次期BWRに対応する規制や制度の考え方

2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

2-2 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度についての考察

2-3 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度の考え方のまとめ

# 1. 次期BWRのコンセプトと実装例

---

本節では、フェーズ2で整理した重要コンセプト／技術要件項目ごとに、以下を示す。

- 重要コンセプト／技術要件項目、および基本方針（フェーズ2報告書抜粋）
- BWRコンセプト
- BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

（BWRは、直接サイクルの長所を生かした安全性向上と合理化設計を進めてきたが、ここでは、一般的なBWR構成機器に基づく固有事項を整理し、それを踏まえた次期BWRの個別方針を示す）

1F事故の対策は、新規制基準に反映され、またフェーズ2で議論された技術要件に取りこまれていると考えるが、以上により、BWR固有事項も含めて1F事故の対策がBWRの次期軽水炉コンセプトに取り込まれていることを確認いただく。

# 1. 次期BWRのコンセプトと実装例

次期軽水炉の重要コンセプト、技術要件項目（フェーズ2より）

	重要コンセプト	技術要件
1	深層防護の実装の考え方	(a) 各防護レベル及び防護レベル全体の防護性能の確保
		(b) バランスの良い深層防護の実装
		(c) SA 対策の基本方針
		(d) 不確かさへの備え
2	内的事象への対応	(a) 共通要因故障の防止と防護レベルの信頼性向上
3	外的事象への対応	(a) 共通要因故障の防止
4	APC その他テロ対策	(a) テロへの耐性の確保
		(b) 安全設計と核セキュリティの両立を考慮した設計
5	設計想定を超える事象への対応	(a) 可搬型設備等の有効活用
6	安全性向上に資する最新技術の反映	(a) 最新技術の反映に関する基本方針
7	設計における性能目標	(a) 炉心防護に関する設計目標
		(b) 人と環境への影響の防護に関する設計目標
		(c) 設計と評価のスパイラルアプローチ
8	経済性向上	(a) 効果的かつ合理的な建設工期の短縮
		(b) 設備利用率の向上
		(c) 長期運転のための設計配慮
—	政策的課題を含むその他の課題への対応	1 負荷追従性能向上の例
		2 所内単独運転性能向上の例
		3 保守性・運用性向上の例
		4 作業員の被ばく低減を考慮した設計例
		5 核燃料サイクルを考慮したMOX燃料の適用性に係る設計の例
		6 地政学的リスク等を考慮した燃料の調達安定性に係る設計の例

第2回WGの範囲

第3回WGの範囲

## 重要コンセプト、技術要件、及び基本方針

表 4.9-1 次期軽水炉の重要コンセプトと技術要件一覧

重要 コンセプト	技術要件
(1) 深層防護 の実装の 考え方	<p>(a) 各防護レベル及び防護レベル全体の防護性能の確保 防護レベル内においては、防護策に適切な多重性又は多様性を持たせ、かつ独立性を確保することなどにより防護が有効であること。防護レベル間においては、各防護レベルの防護策が広義の独立性を確保すること。</p> <p>(b) バランスの良い深層防護の実装 プラント全体としての安全性を合理的・効果的に高めるために、各防護策に適切な防護性能を持たせ、かつ、特定の防護レベルに過度に依存しないようにすること。</p> <p>(c) SA 対策の基本方針 管理・運用性及び信頼性の高い恒設設備を基本とした対応を主とすること。設計想定を超える事象に対して柔軟な対応が可能のように可搬型設備等を有効活用すること。</p> <p>(d) 不確かさへの備え 事故シナリオや物理現象の不確かさへの備えの対応として、発生防止と発生した場合の影響低減のための対応を講じることとし、発生頻度は低い但不確かさの大きい現象に対する防護策についても考慮すること。</p>
(2) 内的事象 への対応	<p>(a) 共通要因故障の防止と防護レベルの信頼性向上 深層防護の考え方に従い、合理的に達成可能な範囲でレベル間の機能的な独立性を確保し、安全機能に重大な影響を及ぼす共通要因故障を防止すること。加えて、トレン数の増加や区画分離の徹底等によりレベル内の多重性又は多様性及び独立性を強化し各深層防護レベルの信頼性を向上させること。</p>

### 4.1.3 バランスの良い深層防護の実装の考え方

防護レベル1 : 外部ハザードに対して抜本的な対策（建屋埋め込み、敷地レベルを津波基準高さ以上とする等）を実施するとしたことで、リライアビリティが増加し、防護性能として向上している（防護レベル1~4bに共通）。

防護レベル2 : DBA 設備のトレン数増加及び区画分離により多重性、独立性を強化するとしたことで、アベイラビリティ及びリライアビリティが増加し、防護性能として向上している。

防護レベル3 : DBA 設備のトレン数増加及び区画分離により多重性、独立性を強化するとしたことで、アベイラビリティ及びリライアビリティが増加し、防護性能として向上している。

防護レベル4a : 恒設設備による対応とするとしたことで管理・運用性が向上し、またAPC 等への耐性を付加するとしたことで、リライアビリティが増加し、防護性能として向上している。

防護レベル4b : レベル4b 設備と特重施設を統合し合理化を図るとともに、恒設化、APC 等への耐性の強化を図るとすることでリライアビリティが増加し、防護性能としては既設炉と同等以上となる。

防護レベル5 : 基本的には既設炉と同等。

# 1-1 深層防護実装の考え方

## 1-2 内的事象への対応

フェーズ2 報告書の再掲  
次期BWRでも変更なし

### 重要コンセプト、技術要件、及び基本方針（続き）

表 4.2-1 次期軽水炉におけるレベル間の独立性の考え方

深層防護レベル		レベル間の独立性 <sup>(注)</sup> の考え方
前段	当該	
—	レベル1	—
レベル1	レベル2	常用系と安全系を分離することで独立性を確保する。
レベル2	レベル3	レベル2及びレベル3は安全系として特に高い信頼性を要求するため、独立性は求めない。
レベル3	レベル4a	炉心損傷防止に必要な炉心注入機能は独立性を確保する。
レベル4a	レベル4b	環境への放射性物質の大規模な放出を防止するための機能は独立性を確保する。
レベル4b	レベル5	敷地外緊急対応等であり、本WGでの技術要件の対象外。

(注)：合理的に達成可能な範囲でレベル間の機能的な独立性を確保する

表 4.2-2 次期軽水炉におけるレベル内の多重性又は多様性及び独立性の考え方

深層防護レベル	レベル内の多重性又は多様性及び独立性の考え方
レベル1	通常運転状態であり、レベル1を超えたとしても直ちにプラントの安全機能に影響を及ぼすものではないため、レベル1では多重化又は多様化は要求しない。
レベル2	設計基準範囲であるレベル2及び3では信頼性への寄与が大きいため単一故障基準を適用し、多重化又は多様化し、独立性を確保する。
レベル3	さらに、次期軽水炉では、外部事象起因の共通要因による機能喪失も想定し、多重性及び独立性を強化（トレン数の増加及びトレン区画分離の徹底）し、信頼性を高める。
レベル4a	設計基準を超えるレベル4a及び4bは、単一故障基準を適用せず、本レベル内における多重化又は多様化は要求しない。
レベル4b	
レベル5	レベル5は敷地外緊急対応等であり、本WGでの技術要件の対象外。

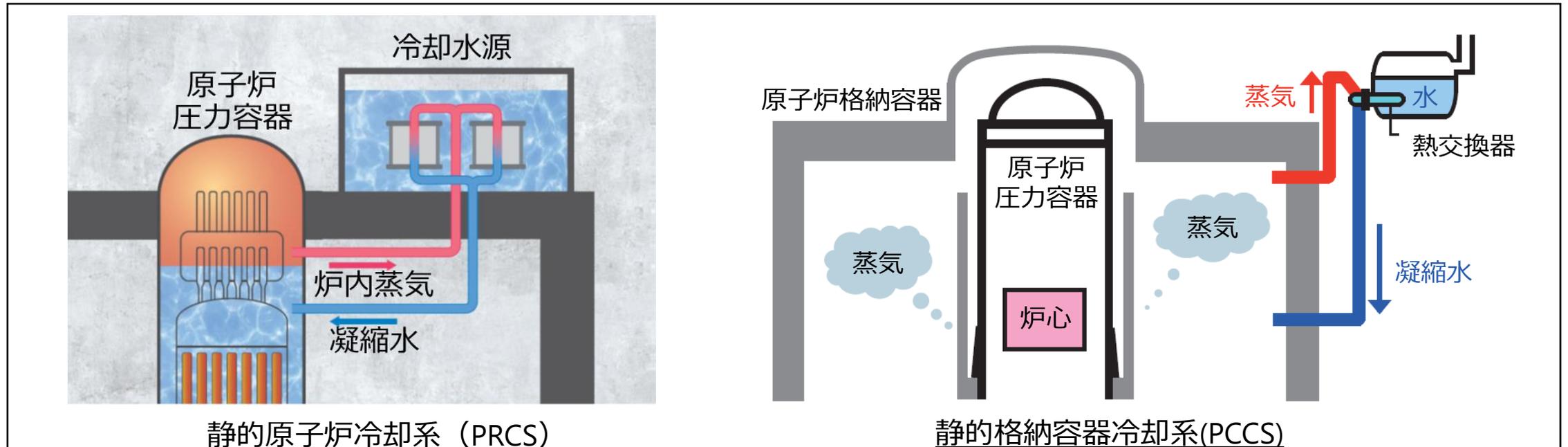
# 1-1 深層防護実装の考え方

## 1-2 内的事象への対応

フェーズ2 報告書の再掲と  
次期BWR固有事項 (青字+図)

### 次期BWRコンセプト

- 多重性・多様性・独立性
  - ・ 故障要因の徹底排除・安全性の追求
    - 安全系設備の多重性・多様性の強化
      - ✓ 高・低圧注水を3区分化した現行ABWRのECCS (DB設備)、および新規制対応で導入したSA 専用システムを踏襲しつつ、次頁のとおり強化。
    - アクティブ/パッシブの特性・得失を考慮した組合せ
      - ✓ 1F事故の教訓を踏まえ、SA設備の恒設化、及び静的設備の導入により、多重性・多様性を強化。



補足図：静的設備による炉心冷却

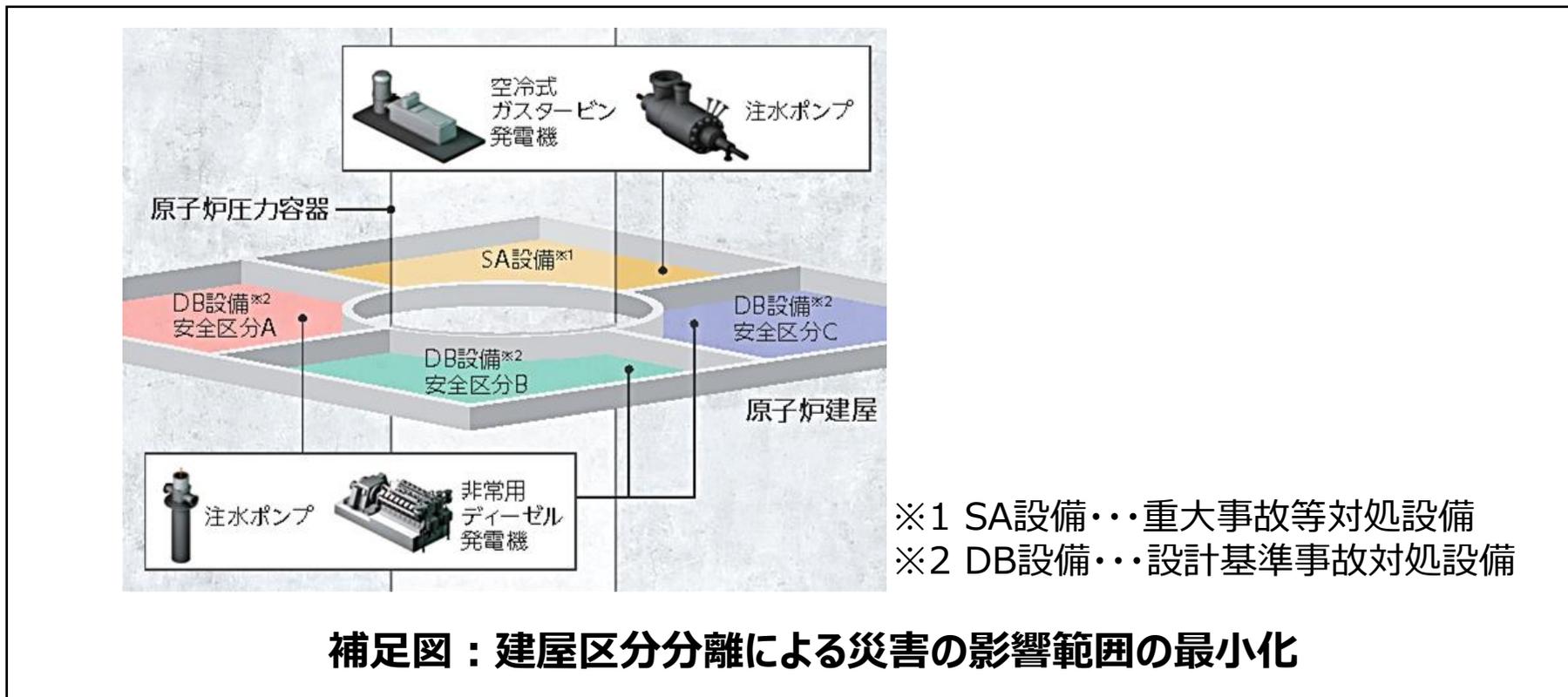
### 次期BWRコンセプト (続き)

- 多重性・多様性・独立性 (続き)

- 故障要因の徹底排除・安全性の追求 (続き)

- 火災や内部溢水に対して重要機器の同時故障要因を徹底排除する区画分離設計

- ✓ DB設備の3つの区分とSA設備の合計4区分を、耐火・止水性能を有する壁で区分ごとに分離する。これにより、火災・溢水の影響範囲を当該区分に限定し、共通要因故障をもたらす事象への対策を強化。



# 1-1 深層防護実装の考え方

## 1-2 内的事象への対応

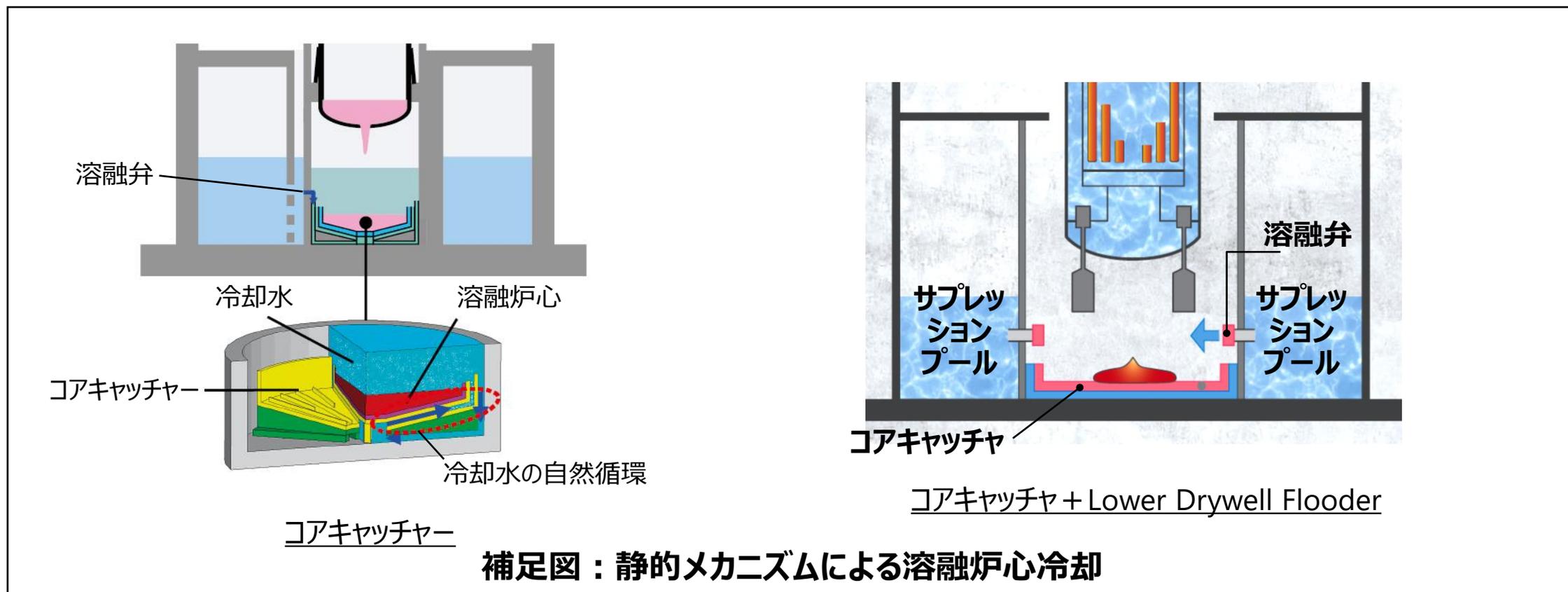
### 次期BWRコンセプト (続き)

- 多重性・多様性・独立性 (続き)

- 溶融炉心対策強化

- SA 時専用設備 (コアキャッチャ等) を設置し、万一の炉心溶融事故時にも格納容器の破損を防止

- ✓ 溶融炉心に対し、コアキャッチャによる浸食防止、静的メカニズムによる冷却により、溶融炉心に対する不確かさへの対応を強化。



# 1-1 深層防護実装の考え方

## 1-2 内的事象への対応

### 次期BWRコンセプト (続き)

- 多重性・多様性・独立性 (続き)

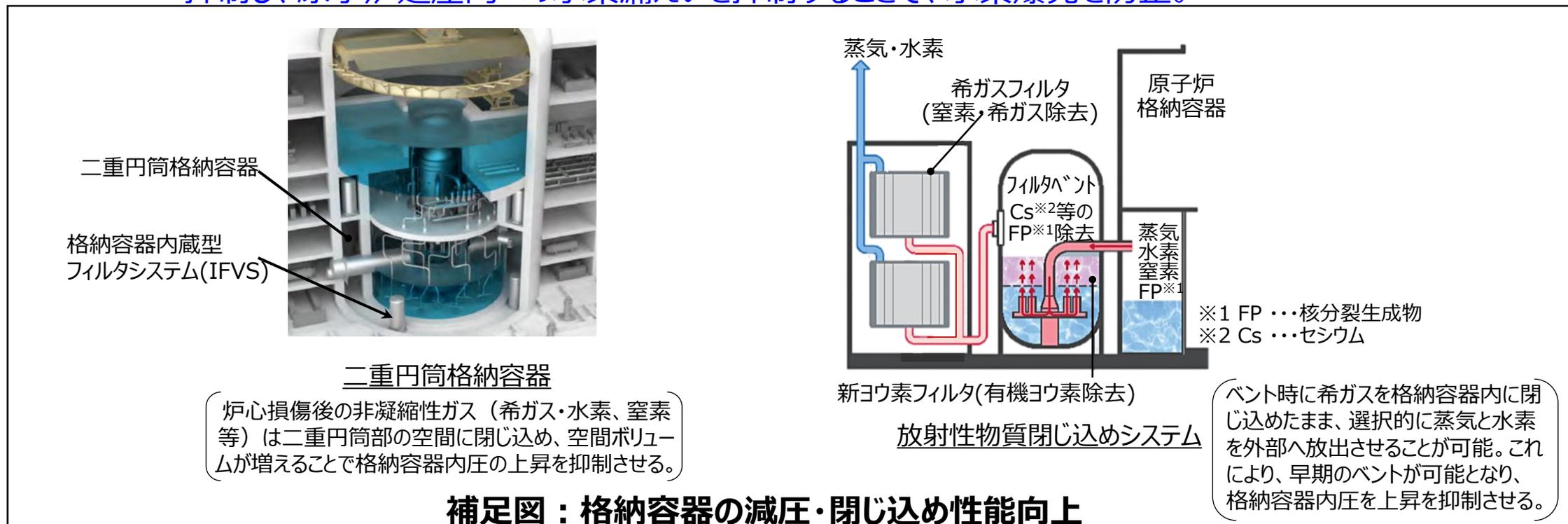
- 放射性物質放出防止

- ▶ 事故影響を発電所敷地内に限定、周辺環境への放射性物質の大量放出を防止

- ✓ フィルタ機能を強化した放射性物質閉じ込めシステムにより、放射性物質貯留機能を強化。

- 水素爆発による原子炉建屋等の損傷防止

- ✓ 既設の対応(PARでの水素処理、ブローアウトパネルによる水素排出など)に加え、格納容器内圧の上昇を抑制し、原子炉建屋内への水素漏えいを抑制することで、水素爆発を防止。



### 次期BWRコンセプト (続き)

- 管理・運用性・柔軟性
  - ・ 管理運用性を考慮した恒設設備を基本とした対応
  - ・ シナリオの不確かさへの備えの観点から柔軟性が高い可搬型設備等を適切に組み合わせ

補足表：恒設化の例

	既設	次期軽水炉
最終ヒートシンクへ熱を 輸送するための設備	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 可搬型設備 (熱交換器ユニット+大容 量送水ポンプ)</li><li>・ フィルタベント (恒設)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 静的原子炉冷却系(PRCS) (恒設)</li><li>・ 静的格納容器冷却系(PCCS) (恒設)</li><li>・ 放射性物質閉じ込めシステム(蒸気は放 出) (恒設)</li></ul>

\* 可搬型設備は、「1-5 想定を超える事象における可搬型設備の活用の例」にて具体的に説明

# 1-1 深層防護実装の考え方

## 1-2 内的事象への対応

フェーズ2 報告書の再掲と  
次期BWR固有事項（青字）

### 次期BWRコンセプト（続き）

- バランスの良い深層防護の実装

防護レベル	次期軽水炉の特徴 (フェーズ2 本文より)	既設ABWR	次期BWR
1	外部ハザードに対して抜本的な対策（建屋埋め込み、敷地レベルを津波基準高さ以上とする等）を実施するとしたことで、リライアビリティが増加し、防護性能として向上している（防護レベル1~4b に共通）。	常用システム	常用システム (外部ハザードへの抜本的な対策で防護性能向上 防護レベル1~4b に共通)
2	DBA 設備のトレン数増加及び区画分離により多重性、独立性を強化するとしたことで、アベイラビリティ及びリライアビリティが増加し、防護性能として向上している。	高・低圧注水の3区分システム	高・低圧注水の3区分システム (区画分離の徹底等で防護性能向上)
3		高・低圧注水の3区分システム	高・低圧注水の3区分システム (区画分離の徹底等で防護性能向上)
4a	恒設設備による対応とするとしたことで管理・運用性が向上し、またAPC 等への耐性を付加するとしたことで、リライアビリティが増加し、防護性能として向上している。	SA設備	SA設備（PRCS*、低圧代替注水等） (恒設設備を基本、APC等への耐性付加で防護性能向上)
4b	レベル4b 設備と特重施設を統合し合理化を図るとともに、恒設化、APC 等への耐性の強化を図ることによりリライアビリティが増加し、防護性能としては既設炉と同等以上となる。	特重施設	SA設備（PCCS*、代替循環冷却、フィルタシステム*、コアキャッチャー*、LDF*等） (恒設設備を基本、APC等への耐性強化で防護性能を向上し、特重機能を有する)

\*：静的設備

# 1-1 深層防護実装の考え方

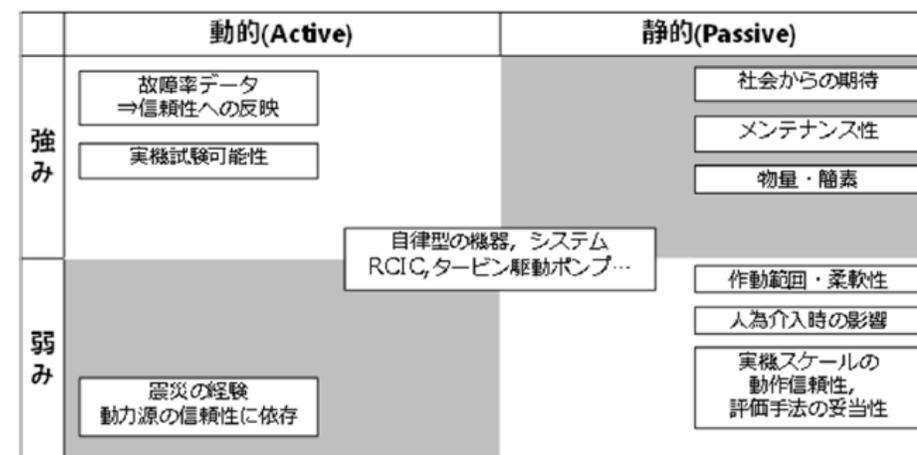
## 1-2 内的事象への対応

フェーズ2 報告書の再掲  
次期BWRでも変更なし

### 次期BWRコンセプト（続き）

#### ● 次期軽水炉でのパッシブ/アクティブ組み合わせの考え方

- ▶ 左図のように、アクティブ機器とパッシブ機器は互いに強み、弱みともに表裏一体の概念であるため、両者を適切に組み合わせたシステムを構築し、互いのウィークポイントを補うことにより信頼性を向上させることが望ましい。
- ▶ また、炉心の崩壊熱自体を駆動力とするタービン駆動給水ポンプ等は、IAEA の分類では静的機器と分類できるが、動的機器概念の特徴も持つ設備であり、いわば自律型機器と位置付けられるため、このような設備の組み合わせ方も重要である。
- ▶ 組み合わせ方法については、「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会の報告書では、以下のような考え方があげられている。
  - ① 深層防護の各レベル別にアクティブ機器とパッシブ機器の役割を位置付ける考え方。
  - ② アクティブ機器のみで構成された安全系とパッシブ機器で構成された安全系それぞれが独立に深層防護の各段階に対応できる機能を備えるように設計する考え方。
  - ③ 事象・事故発生からの時間経過別に、パッシブ機器とアクティブ機器の役割を位置付ける考え方。
- ▶ 上記に加え、実設計においては、外部事象、特に地震に対する考慮が重要である。一般にパッシブ系の冷却システムは、その特性上、大容量の水源を建屋の高所に設置することが多く、建屋躯体の耐震性への影響、地震による溢水等の影響を考慮する必要がある。このように建屋を含めたプラント全体で最適な組み合わせの検討をおこなうことが望ましい。



(参考) 原子力学会「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会  
平成29年3月

### 次期BWRコンセプト（続き）

- 次期軽水炉でのパッシブ/アクティブ組み合わせの考え方（続き）
  - 原子炉隔離時冷却については、アクティブ、パッシブ、自律型の3種類の機器が考えられる。それぞれの特徴について、下表に示す。

原子炉隔離時冷却におけるパッシブ/アクティブ機器の例

	アクティブ	パッシブ	自律型
機器	高圧炉心注水ポンプ (HPCF) ※1	静的原子炉冷却設備 (PRCS) ※2	原子炉隔離時冷却ポンプ (RCIC) ※1
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い駆動力により裕度を確保（配置の自由度）</li> <li>・試験可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源等の駆動源がなくても稼働可能</li> <li>・ヒューマンエラー低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い駆動力により裕度を確保（配置の自由度）</li> <li>・電源がなくても稼働可能</li> <li>・試験可能</li> </ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源（駆動源）が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高所設置による設計への影響</li> <li>・駆動力が小さく、設計裕度小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・蒸気（駆動源）が必要</li> </ul>

※1 DB設備・・・設計基準事故対処設備

※2 SA設備・・・重大事故等対処設備

- パッシブ/アクティブの組み合わせについては、単一のシステムだけで評価するのではなく、深層防護全体で評価し、適切な組み合わせを考えることが重要である。
- BWRでは原子炉隔離時冷却機器として、アクティブ(HPCF) + 自律型(RCIC) + パッシブ(PRCS)を選択している。

## 1-3 外的事象への対応

### 重要コンセプト、技術要件、及び基本方針（フェーズ2報告書抜粋）

表 4.9-1 次期軽水炉の重要コンセプトと技術要件一覧

重要 コンセプト	技術要件
(3) 外的事象 への対応	<p>(a) 共通要因故障の防止            外的事象の種類及びそれらの設計基準は、最新知見等を考慮の上、設計裕度を設けた上で、適切に設定すること。また、建屋の頑健化、敷地計画の適正化等により外的事象に対する高い堅牢性を持たせ、分散配置や区画分離の徹底等の効果的かつ合理的な対策を講じ、頑健化と深層防護の考え方に従い共通要因故障を防止すること。なお、対策を講じる際には自然現象の属性を考慮すること。</p>

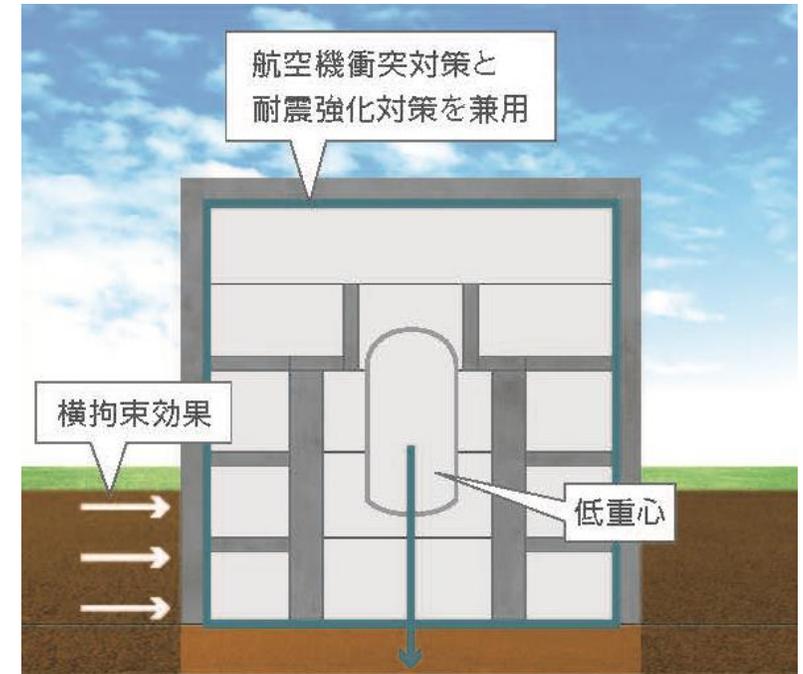
## 1-3 外的事象への対応

### 次期BWRコンセプト

#### ● 外部ハザードへの耐性

地震や津波などの自然の脅威、航空機の衝突による物理衝撃の影響、内部火災、溢水などの災害に対応できる設計

- 国内の厳しい地震条件にも耐えうる耐震設計  
(強固な岩盤に建屋を埋込む、横拘束効果を活用、低重心設計、機器の高耐震設計等)
- 津波影響を受けないドライサイト設計の採用等  
(津波到達高さよりも高いランドレベル、地上1階層の建屋水密化等)
- その他外部ハザード (台風や火山等) に対する耐性強化  
(建屋の頑健化や火山灰浸入防止対策等)



建物と機器の強じん化

# 1-3 外的事象への対応

## ● 主な自然ハザードに関する属性を考慮した対応方針（例）

自然ハザード	属性を考慮した対応方針（例）
地震	地震力に対して同じ設備でも応答や耐力にばらつきがあり、一律に損傷することはなくランダム性が存在することが考えられる。基準地震動を適切に設定し設計裕度を確保する。（耐力の特性）
	前震、本震、余震のように複数回発生することを前提に設計用の基準地震動を適切に設定する。（再来性）
	積雪のような継続性のある自然現象は重畳事象とし、耐震評価においては地震力との組み合わせ荷重を検討する。（重畳事象）
	地震から直接的な影響で発生する可能性がある津波、火災や溢水等を随件事象として対応策を検討する。（随件事象）
	発電所のみならず当該地域も含めて影響を受けていることを前提とし、発電所内で対策がクローズすることを前提とする。（被害の影響範囲の相違）
津波	津波警報等により、到来予想が可能であり、時間的余裕を考慮することができる。時間的余裕により事前の停止等運用上の対応が可能である。（時間余裕）
	突然クリフエッジを迎える事象であることから、浸水・被水するか否かで機能喪失の有無が変わる。適切な設計津波高さを設定し、ドライサイト化や水密化等の多様な対策で原則浸水しないように設計する。（耐力の特性）
	津波の繰り返し来襲による影響を考慮し、津波防護設備等に対する荷重を検討する。（再来性）
	余震や漂流物による荷重を重畳事象とし、津波防護施設に対する荷重を検討する。（重畳事象）
	発電所のみならず当該地域も含めて影響を受けていることを前提とし、発電所内で対策がクローズすることを前提とする。（被害の影響範囲の相違）
竜巻	竜巻注意情報等の気象データから、ある程度到来予想が可能であり、時間的余裕を考慮することができる。時間的余裕により事前の停止、車両や資機材の整理・退避等運用上の対応が可能である。（時間余裕）
	ハザード評価時におけるデータ数が少なく、残存リスクを支配する低頻度領域ハザードが確率分布の外挿部分（テール）に依拠する度合いが高い。その領域のハザードの信頼性が低くなるため、発生し得ない規模を低頻度事象として評価してしまう可能性がある。（低頻度領域の扱い）
	安全施設は原則建屋内に設置し、設計竜巻荷重に対し構造安全性を維持、安全機能を損なわないように設計する。
	竜巻によって発生する可能性がある火災や溢水等を随件事象として対応策を検討する。（随件事象）
	影響エリアが限定される。進行方向に指向性がある。建屋内の安全施設は区画分離の上、分散配置を考える。（被害の影響範囲の相違）

## 1-4 APC その他テロ対策

### 重要コンセプト、技術要件、及び基本方針（フェーズ2報告書抜粋）

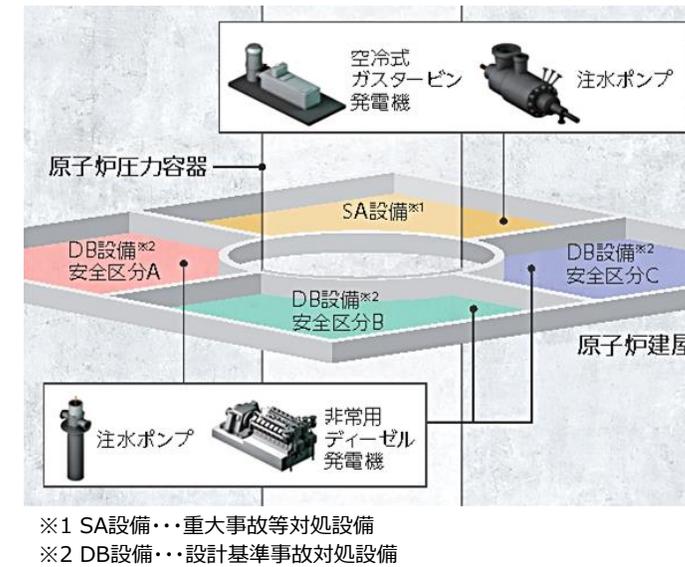
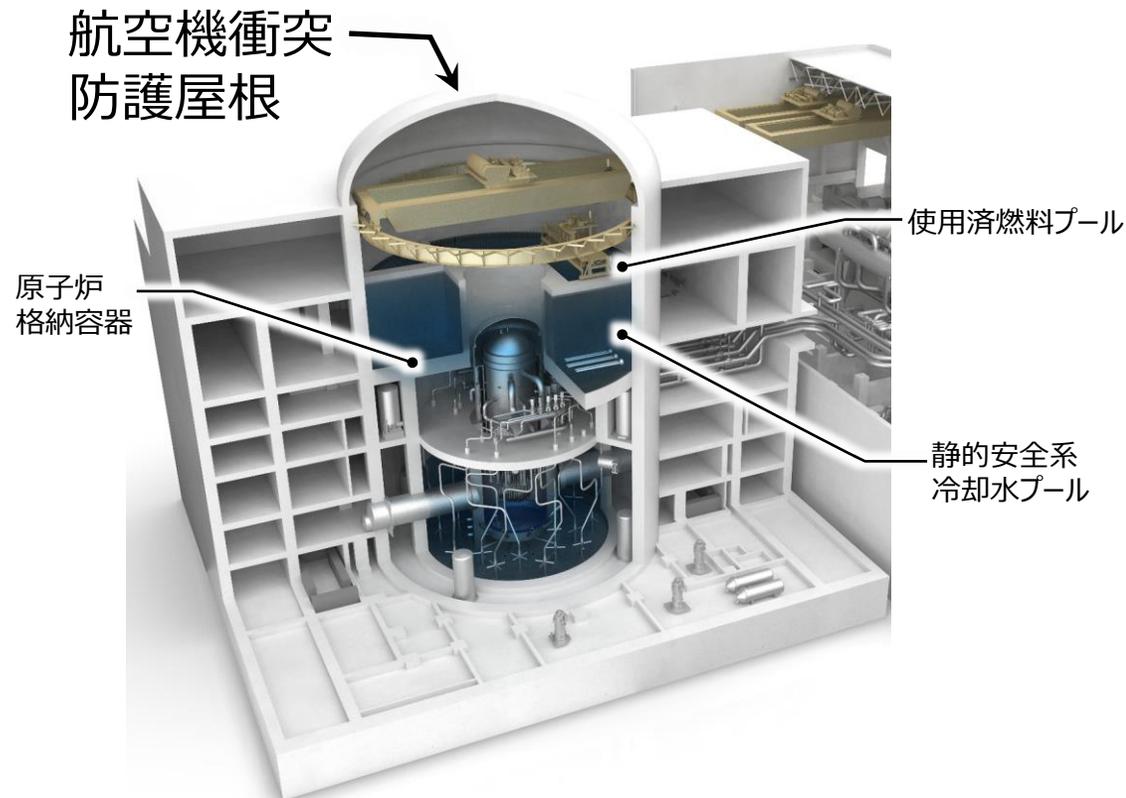
表 4.9-1 次期軽水炉の重要コンセプトと技術要件一覧

重要 コンセプト	技術要件
(4) APC その他テロ対策	<p>(a) テロへの耐性の確保 建屋の頑健化や区画分離の徹底、機器・設備のレイアウトの適正化、多層かつ多様なサイバー攻撃対策等により、APC による衝撃力・振動等からの防護、機器の同時損傷防止、侵入防止等のテロへの耐性を確保すること。</p> <p>(b) 安全設計と核セキュリティの両立を考慮した設計 設計段階において安全対策の設計プロセスにて核セキュリティ施策の設計をフロントローディングし、両立を考慮したプラント設計を構築すること。</p>

# 1-4 APC その他テロ対策

## 次期BWRコンセプト

- APC等への耐性
  - 航空機衝突に対しても重要機器に直接影響を与えない格納容器/原子炉建屋の頑健化、区画分離の徹底、分散配置など)

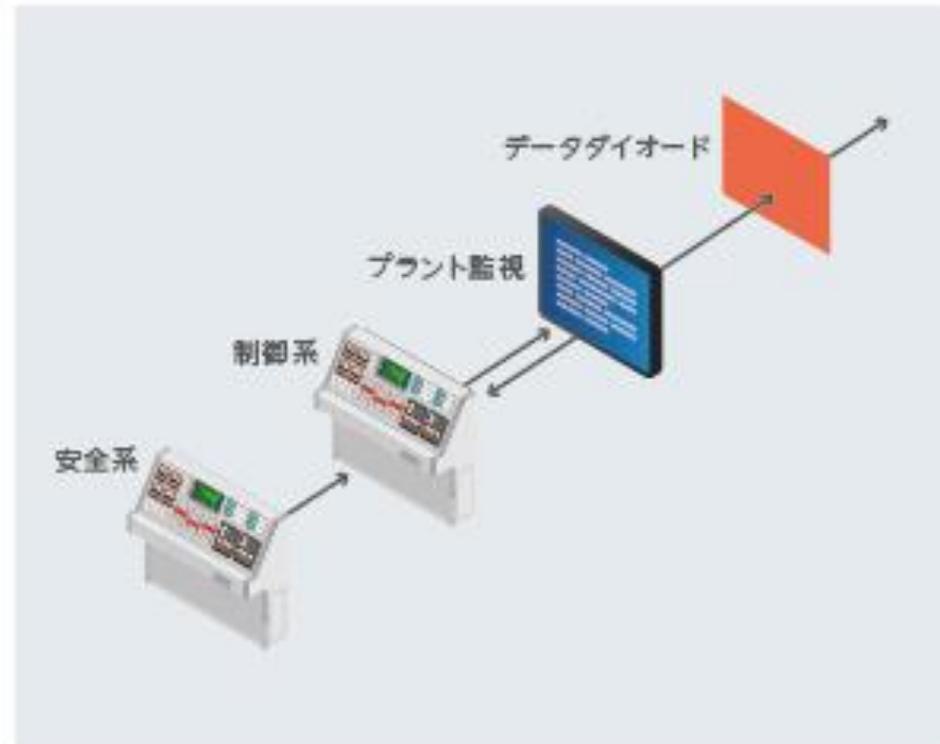


建屋区分分離による災害の影響範囲の最小化

## 1-4 APC その他テロ対策

### 次期BWRコンセプト

- 最先端技術を適用したサイバーセキュリティ
  - 外部からの通信を遮断する一方向伝送装置、物的セキュリティなど、多層かつ多様な手法で外部からの攻撃および内部脅威も含めたサイバー攻撃から防御すること
  - 発電所の監視制御システムから外部へのデータ伝送は一方向伝送装置により必要なデータ伝送を確保しつつ防護を図る



## 1-5 設計想定を超える事象への対応

### 重要コンセプト、技術要件、及び基本方針（フェーズ2報告書抜粋）

表 4.9-1 次期軽水炉の重要コンセプトと技術要件一覧

重要 コンセプト	技術要件
(5) 設計想定 を超える 事象への 対応	<p>(a) 可搬型設備等の有効活用</p> <p>外的事象や事故シナリオの不確かさ等、設計想定を超える事象があり得ることを考慮し、防護レベル 4a、4b の各種機能（恒設設備で構築）に対して、より前段で事象進展を緩和し、その効果として時間的な裕度を確保するために、大規模損壊への対処として配備される可搬型設備に加え常用設備等を効果的かつ合理的に有効活用できるように、仕様及び接続方式等を共通化すること。</p>

## 1-5 設計想定を超える事象への対応

### (1) 可搬型設備の有効活用のための考慮事項（仕様共通化等）

- 可搬型設備は恒設設備に対し多様性があり、移動して使用できることから分散配備の自由度も高く、対応の柔軟性を有することから、そのメリットを最大限引き出し対処の高度化や運用性の向上に繋げる。そのため以下の設備面や運用面を含めた対応を考慮する。

#### 【設備面の例】

- 可搬型設備の容量、揚程等を防護レベル4a・4bの緩和機能にも使用可能にすること等の設備仕様の共通化
- 恒設の配管への接続用座や仮設タイラインの設置（建屋外面での接続部）
- 複数の接続口（異なる高さ、配置への設置を含む）の設置や接続が容易な共通の接続方式の採用

#### 【運用面の例】

- 常用設備の活用、モータ等の予備品を活用した設備復旧
- シビアアクシデントマネジメント（SAM）の活用を含めた手順書の整備及び教育・訓練の実施

# 1-5 設計想定を超える事象への対応

## (2) 可搬型設備の有効活用の具体例 (BWRの例) (1/2)

- 次期軽水炉では、設計想定を超える事象 (大規模損壊を含む) への対応として既設炉と同様に可搬型設備を配備する (表1-5-1参照)。
- BWRにおける基本的な配備の考え方は以下の通り。
  - 注水による炉心又は格納容器冷却、フィルターベントによる除熱によるフィードアンドブリードを成立させるために必要な可搬設備 (注水機能、燃料補給機能)
  - 不確かさの大きい事象に対する対応では、使用可能な恒設設備と可搬設備の組み合わせによる対応となることから、恒設のサポート機能として使用する可搬設備 (電源供給機能、補給水機能、燃料補給機能)
  - プラント状態把握において恒設設備の代替になり得る機能 (計測機能)
- これら可搬型設備の有効活用例を以頁に示す。

表1-5-1 可搬型設備 (例)

可搬型設備 (例)	配備の考え方
大容量ポンプ送水車	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原子炉への注水、格納容器スプレイ及び下部ペDESTALへの注水、使用済燃料プールへのスプレイ又は注水に使用</li> <li>● 設計想定を超える事象が起きた際に、恒設設備と同時にその機能が失われないよう分散配置により位置的分散を確保</li> <li>● 任意の場所での使用を可能とするため、接続口は複数設置するとともに、格納容器外部から手動で操作可能とする</li> </ul>
電源車	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 可搬型代替交流電源設備として使用</li> <li>● 非常用交流電源母線が喪失した場合における恒設注水ポンプへの電源供給を可能とする</li> <li>● 電源車を直流充電器を経由し直流母線へ接続することで計装設備、逃し安全弁等へ電力を供給できる設計とする</li> <li>● 設計想定を超える事象が起きた際に、可搬型燃料補給機能が同時に喪失しないよう分散配置</li> </ul>
可搬型計測器	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 可搬型計測器は、原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の温度、圧力、水位及び流量 (注水量) 等の計測用として使用する。</li> <li>● 設計想定を超える事象が起きた際に、可搬型計測器が同時に喪失しないよう分散配置</li> <li>● 可搬型計測器の計装ケーブルの接続は、ボルト・ネジ接続とし、接続規格を統一することにより、一般的に使用される工具を用いて確実に接続できる設計とし、付属の操作スイッチにより設置場所で操作が可能な設計とする</li> </ul>
タンクローリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ポンプや発電設備への燃料補給に使用</li> <li>● 設計想定を超える事象が起きた際に、可搬型燃料補給機能が喪失しないよう分散配置</li> </ul>

## 1-5 設計想定を超える事象への対応

### (2) 可搬型設備の有効活用の具体例 (BWRの例) (2/2)

#### a. 大容量ポンプ送水車

- 以下、防護レベル4a・4bの各種機能に活用することが考えられる。
  - ▶ 低圧注水機能 (炉心損傷前) (水源：代替淡水源、海水)
  - ▶ 原子炉への低圧注水機能 (炉心損傷後) (水源：代替淡水源、海水)
  - ▶ 格納容器へのスプレイ機能 (水源：代替淡水源、海水)
  - ▶ 下部ペDESTALへの注水 (残存溶融炉心冷却) 機能 (水源：代替淡水源、海水)
  - ▶ 使用済燃料プール水位回復又はスプレイ (水源：代替淡水源、海水)
  - ▶ 静的安全系の補給水機能 (水源：淡水)

#### b. 電源車

- 任意の電源として幅広く活用することが考えられる。
  - ▶ 可搬型代替交流電源設備として使用
  - ▶ 非常用交流電源母線が喪失した場合における恒設注水ポンプへの電源供給を可能とする
  - ▶ 電源車を直流充電器を経由し直流母線へ接続することで計装設備、逃し安全弁等へ電力を供給できる

#### c. 可搬型計測器

- 任意の場所で幅広く活用することができる。
  - ▶ 原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の温度、圧力、水位及び流量 (注水量) 等の計測用として使用

#### D. タンクローリー

- 大容量ポンプ送水車への燃料補給だけでなく、電源車、ガスタービン発電機への燃料補給に活用可能である。

以上、防護レベル4a・4bの機能に大容量ポンプ等の可搬型設備が活用可能であることが確認でき、可搬型設備は設計上想定するシナリオの不確かさへの備えとして有効である。(参考) 表1-5-2「可搬型設備の活用：安全機能に対する整理」

# 1-5 設計想定を超える事象への対応

表1-5-2 可搬型設備の活用：安全機能に対する整理（注入・給水機能）

安全機能	緩和機能	対応（恒設設備）	可搬型設備の活用
原子炉停止	反応度制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急停止機能（R P S・アキュムレーター等）</li> <li>ATWS 緩和設備（代替制御棒挿入機能、再循環ポンプ停止機能、ほう酸水注入等）</li> </ul>	<p>—</p> <p>（BWRは、緊急停止機能（自動又は手動スクラム）、ATWS緩和設備による恒設による対応が基本。）</p>
炉心冷却	初期炉心注水 冠水維持	<p>【隔離事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>静的原子炉冷却系による冷却</li> <li>低圧代替注水設備（恒設） + 逃し安全弁による注水及び冠水維持</li> </ul> <p>【非隔離事象（LOCA等）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低圧代替注水設備（恒設） + 逃し安全弁による注水及び冠水維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大容量ポンプ送水車による水源への補給、原子炉への注水</li> <li>電源車による、低圧代替注水設備（恒設）、計装、逃し安全弁への電源供給</li> <li>タンクローリーによる大容量ポンプ送水車、電源車への燃料補給</li> <li>可搬型計測器による代替計測手段の確保</li> </ul>
閉じ込め	格納容器冷却・除熱	<p>【隔離事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>代替循環冷却（恒設）又はフィルターベント（低圧代替注水設備（恒設）によるフィードアンドブリード時）</li> <li>（静的原子炉冷却系による冷却時は、格納容器側の除熱は不要）</li> </ul> <p>【非隔離事象（LOCA等）】</p> <p>以下の設備の組み合わせ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>代替格納容器スプレイ</li> <li>静的格納容器冷却（PCCS）</li> <li>フィルターベント</li> <li>代替循環冷却</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大容量ポンプ送水車による水源への補給</li> <li>電源車による、計装への電源供給</li> <li>可搬型計測器による代替計測手段の確保</li> </ul>
	損傷炉心冷却/ 下部ペDESTAL注水	<p>【損傷炉心冷却】</p> <p>（炉心冷却の非隔離事象（LOCA等）に同じ）</p> <p>【下部ペDESTAL冷却】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>溶融弁又は静的下部注水設備による溶融炉心冷却</li> <li>下部ペDESTAL注水ポンプ（恒設）による溶融炉心冷却</li> <li>PCCSの凝縮水による溶融炉心冠水維持</li> </ul>	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大容量ポンプ送水車による水源への補給、下部ペDESTAL注水</li> <li>電源車による、下部ペDESTAL注水ポンプ（恒設）、計装への電源供給</li> <li>タンクローリーによる大容量ポンプ送水車、電源車への燃料補給</li> <li>可搬型計測器による代替計測手段の確保</li> </ul>

# 補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

## (1) 深層防護実装の考え方、内的事象への対応

### ● 原子炉再循環系および非常用炉心冷却系の改良

#### ✓ BWR固有事項：

ABWRでは、インターナルポンプの採用により、炉心より下方位置の大口徑配管である再循環ループ配管を削除し、RPVに接続される各配管の破断を想定したとしても、常に冠水維持を達成することが可能となった。この結果、設計基準事故時の燃料被覆管の最高温度が大幅に減少し（約600℃）、事故時の燃料破損のリスクを低減している。

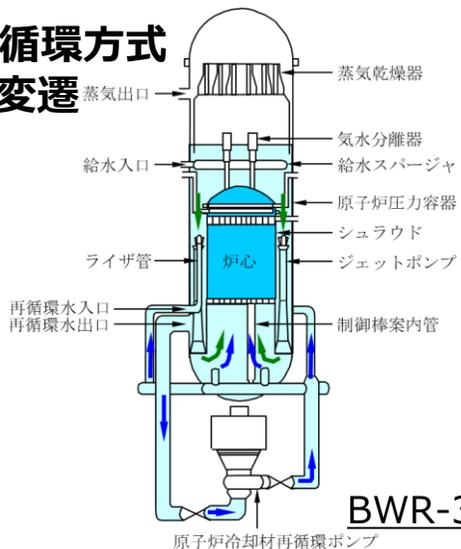
非常用炉心冷却系の構成は、区分数や各区分での容量を様々な事故シナリオから評価し、合理的で最適な系統構成(ネットワーク)及び容量を決定する。ABWRでは単一故障基準に加え、格納容器内のECCS配管もLOCA対象となることを踏まえ、ECCSを3区分で構成している。

以上により深層防護レベル3の高い信頼性を実現している。

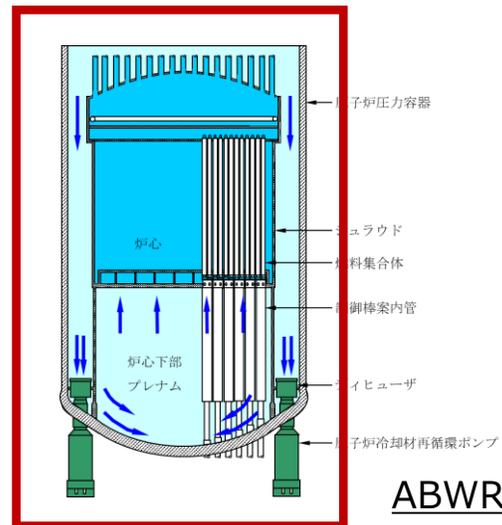
#### ✓ 次期BWRの方針：

現行のECCS3区分を踏襲しつつ、外部ハザードへの抜本的な対策や重要機器の同時故障要因を徹底排除する区画分離設計により、ECCSの防護性能を向上させる。

### 再循環方式の変遷



BWR-3,4,5



ABWR

### ECCSの変遷

	BWR-2	BWR-3	BWR-4	BWR-5	ABWR
非常用炉心冷却系	HPCI (ディーゼル駆動) CS   CS ADS	HPCI (蒸気タービン駆動) CS   CS ADS	HPCI (蒸気タービン駆動) CS   CS LPCI   LPCI ADS	HPCS LPCS   LPCI LPCI   LPCI ADS	RCIC LPFL HPCF   HPCF LPFL   LPFL ADS
高圧待機系	IC (2系統)	IC (2系統)	RCIC (1系統)	RCIC (1系統)	

ADS:自動減圧系, CS:炉心スプレイ系, HPCI・HPFL:高圧炉心注水系, LPCI・LPFL:低圧炉心注水系, HPCS:高圧炉心スプレイ系, IC:隔離時冷却復水器, RCIC:原子炉隔離時冷却系

## 補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

### (1) 深層防護実装の考え方、内的事象への対応（続き）

- S/P（サプレッションプール）を介した除熱

- ✓ BWR固有事項：

事故時のBWRの基本対応は、炉心注水により発生した蒸気をS/Pにて凝縮して、炉心の崩壊熱をS/Pに移送し、熱交換により最終ヒートシンクである海へ崩壊熱を移送する。既設BWRの重大事故時において、ヒートシンク喪失後に格納容器が過温・過圧に至るまでの時間は、格納容器の容量が小さいことにより短い。また、重大事故時のS/Pの除熱は、可搬型設備等により海へ接続し実施する。

- ✓ 次期BWRの方針：

1F事故の経験を踏まえ、設計基準を超える事象(ヒートシンク喪失、SBO)に対する崩壊熱除去の強化として以下を導入する。

静的原子炉冷却設備により、格納容器を介さずに崩壊熱を大気へ移送する。

静的格納容器冷却設備や、放射性物質除去性能を高めたベントにより、格納容器より崩壊熱を大気へ移送する。

構造が単純で、電源設備を必要としない静的設備により、共通要因故障への対策を強化し、事象初期の要員の負荷を軽減する。また、十分な水源容量を確保することにより、要員対応の時間余裕を確保する。

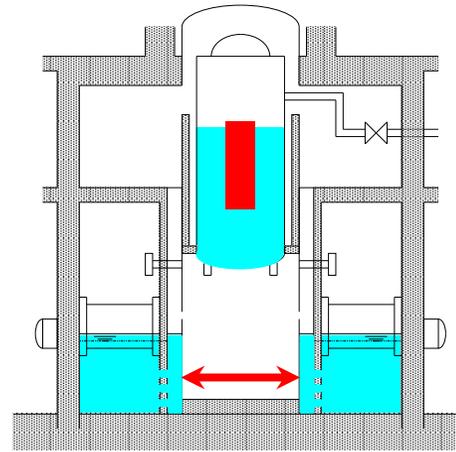
以上により、深層防護レベル4aおよび4bの防護性能を向上させる。

# 補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

## (1) 深層防護実装の考え方、内的事象への対応（続き）

### ● 下部ドライウエル

- ✓ BWR固有事項：  
BWRは広い下部ドライウエルを持つ。



ABWR

ペDESTル直径10.6m

- ✓ 次期BWRの方針：

大きなデブリ拡がり面積を持つ下部ドライウエルでは冷却水への熱流束（崩壊熱／デブリ伝熱面積）は小さく、さらにコアキャッチャを設置することで、格納容器下部コンクリートへの熱の移行を抑制する。これにより深層防護レベル4bの防護性能を向上させる。

# 補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

## (1) 深層防護実装の考え方、内的事象への対応（続き）

### ● 水素対策

#### ✓ BWR固有事項：

BWRは運転中、小型の格納容器内を窒素ガスで置換（イナート）する。水の放射線分解によって発生する水素と酸素のうち、格納容器内の酸素濃度を低く（3.5 vol%以下）保持し、設計基準事故に至る場合でも可燃性ガス濃度制御系等により酸素濃度を低く（5 vol%以下）抑えている。重大事故が発生した場合、ジルコニウム－水反応によって格納容器内の水素濃度は13 vol%を上回ることがあるが、酸素濃度が可燃領域（5 vol%以下）に至らない評価により、水素と酸素が激しく燃焼する（爆轟する）可能性は低いとしている。

1F事故における水素爆発は、格納容器から漏えいした水素によるものである。

既設炉においては、原子炉建屋上部にPARを設置し、加えて、水素濃度が想定以上に上昇した場合の格納容器ベントの基準を明確化する等の措置を講じている。

#### ✓ 次期BWRの方針：

フィルタ機能強化を活用したより早期のベント、または二重円筒格納容器により内圧上昇を抑制することにより、格納容器内圧を上昇させず原子炉建屋内への水素漏えいを抑制する。これにより、深層防護レベル4bの防護性能向上させる。

## 補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

### (1) 深層防護実装の考え方、内的事象への対応（続き）

#### ● 使用済燃料プールの位置

##### ✓ BWR固有事項：

BWRにおいて、使用済燃料プールは原子炉建屋の上部に設置されており※、地震によって溢水源となる可能性があるが、評価により問題ないことを確認済みである。さらに、既設炉では1F事故を踏まえ、水位計の追設および複数の注水手段の確保によりリスクを低減している。なお、1F事故では、水素爆発により燃料プール内の燃料上部にがれきが堆積したため、燃料取り出しの前にがれき撤去が必要となった。

##### ✓ 次期BWRの方針：

引き続き、原子炉建屋上部にABWRと同等の使用済み燃料プールを設置するが、1F事故を踏まえて確保するとして複数の注水手段のうち、恒設の範囲を拡大する。さらに原子炉建屋の航空機衝突に対する強化により、使用済燃料プールの健全性が損なわれるリスクを低減する（19頁図参照）。

以上により深層防護レベル4a,4bの防護性能を向上させ、発生頻度は低い但不確かさが大きい事象への備えを強化する。

※BWR-6 MARK III型は、原子炉建屋とは別に使用済み燃料建屋があり、使用済み燃料はドライウェル上部プールと資料済燃料プールを連結して設けられた燃料移送シュートにより移送される構成だが、移送前の保管場所として原子炉建屋内にドライウェル上部プールが必要となっている。

## 補足： BWR固有事項とそれを踏まえた次期BWRの個別方針

### (2) 外的事象への対応、APC その他テロ対策

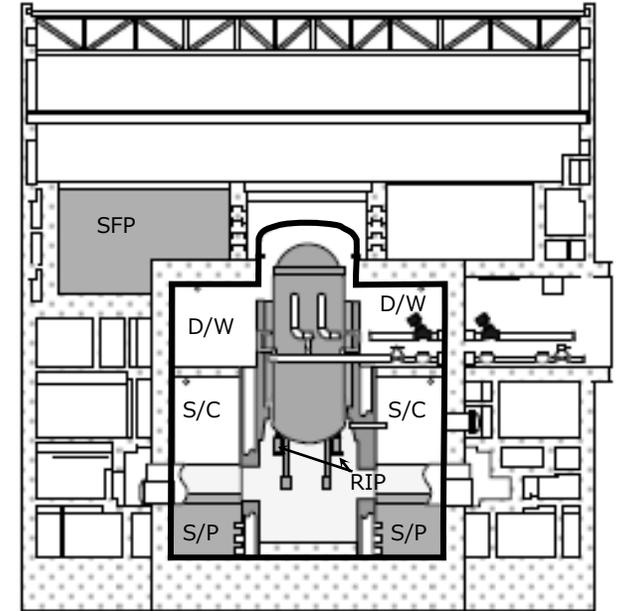
#### ● 原子炉建屋の小型化

##### ✓ BWR固有事項：

BWRの格納容器は、国内導入時からドライウェル（D/W）とサブプレッションチェンバ（S/C）を有する圧力抑制型が採用されており、LOCA時に格納容器内に放出される蒸気を凝縮することにより、静的に圧力上昇の抑制が可能となっている。格納容器のサイジングはこの特徴を生かした小型化を志向し、格納容器圧力・温度を基準として実施されていた。ABWRは、インターナルポンプ(RIP)等採用により、一層の格納容器の小型化と低重心化を実現している。

##### ✓ 次期BWRの方針：

- 多重性・独立性等の強化のため建屋の頑健化・区分分離を導入するが、その際、小型格納容器のメリットを活用し、コストを抑制しつつ、広い頑健化範囲（含 原子炉建屋）で、深層防護レベル1～4bの防護性能を向上させる。
- 格納容器を内包する原子炉建屋がコンパクトであることを活用し、コストを抑制しつつ、耐震性向上のために建屋埋込みを実施する。

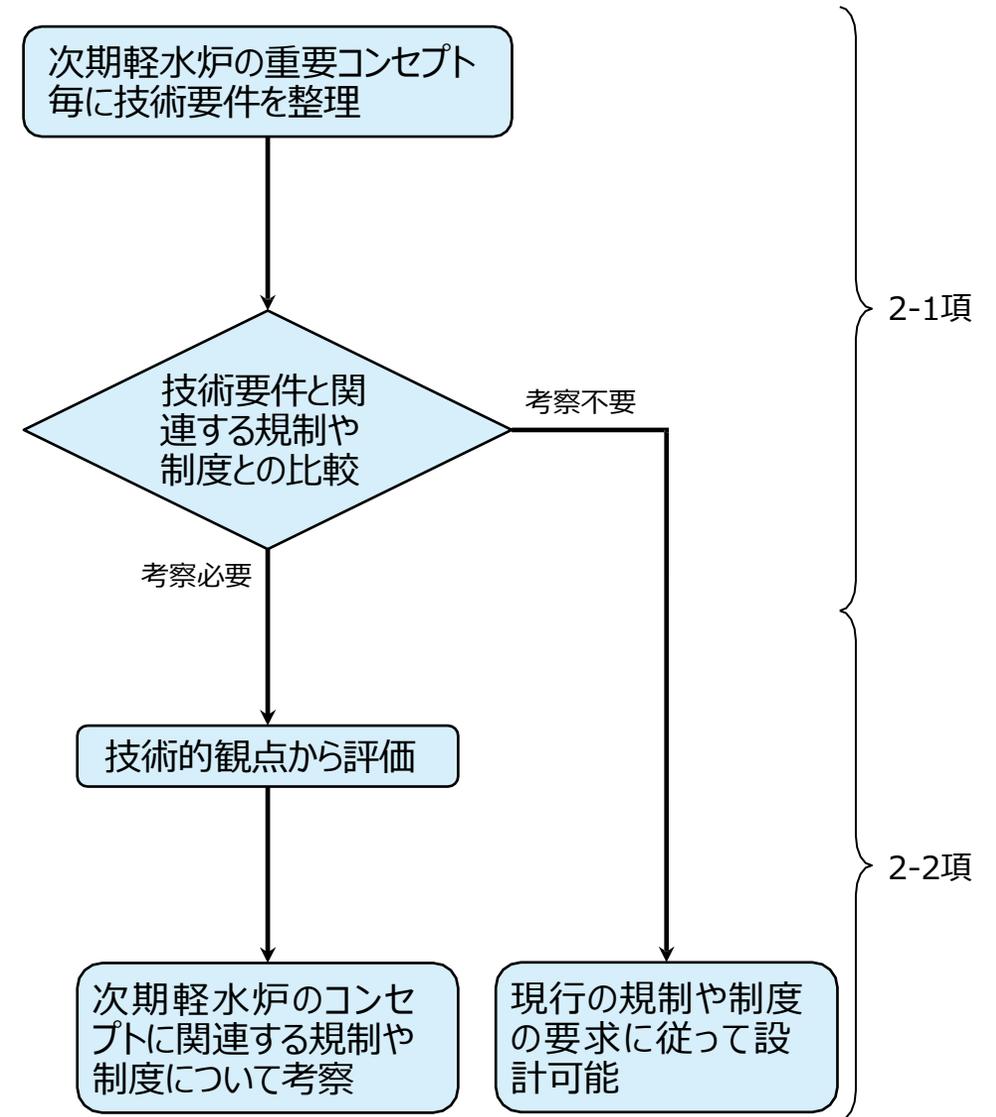


ABWR RCCV  
(鉄筋コンクリート製格納容器)

## 2. 次期BWRに対応する規制や制度の考え方

- 次期軽水炉の重要コンセプト毎に技術要件を整理し、次期軽水炉の技術要件と関連する現行の規制や制度を比較し、考察の可否を判断。
- 考察が必要とした項目に対し、関連する規制や制度の背景や根拠、海外事例等との比較も含め技術的観点より考察。

ここでの規制や制度とは、次期軽水炉の設計を進める上で技術的に準拠する規制や基準、関連するガイド類、および、実機を建設する際の適性評価のために準拠する規制や指針類等をいう。



規制や制度の考え方の考察のプロセス

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

- 次期軽水炉の重要コンセプトとして抽出した項目は以下の通り。それぞれの項目に対し、次期軽水炉の技術要件を整理し、関連する規制や制度を調査し、技術要件と比較検討した上で考察の要否を判断する。なお、次期軽水炉の重要コンセプトに係る主な技術要件は添付に示す。

- 1 深層防護の実装の考え方
- 2 内的事象への対応
- 3 外的事象への対応
- 4 APCその他テロ対策
- 5 設計想定を超える事象への対応

6 安全性向上に資する最新技術の反映

BWRブランチ#3WGでupdate

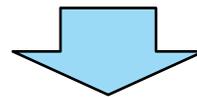
7 設計における性能目標

8 経済性向上（発電コスト：建設工期短縮、設備利用率、長期運転）

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (1) 深層防護の実装の考え方(1/4)

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>(a) 各防護レベル及び防護レベル全体の防護性能の確保 防護レベル内においては適切に、防護策に多重性又は多様性を持たせ、かつ独立性を確保すること。防護レベル間においては、各防護レベルの防護策が広義の独立性を確保すること</p>	<p>区画分離の徹底を図ること等により独立性を強化し、同時に全ての防護機能が喪失することを回避する設計としている。 上記については、基本的には現行基準と同じ考え方で更に安全性を高めているものであり、現行基準に適合できる設計方針である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則(*1)</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈(*2)</li> </ul>



次期軽水炉の技術要件は、基本的には現行基準と同じ考え方で更に安全性を高めていることから、特に考察が必要となる部分はない

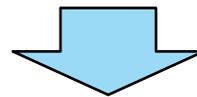
(\*1): 実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

(\*2): 実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (1) 深層防護の実装の考え方(2/4)

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>(b) バランスの良い深層防護の実装 プラント全体としての安全性を合理的・効果的に高めるために、各防護策に適切な防護性能を持たせ、かつ、特定の防護レベルに過度に依存しないようにすること</p>	<p>左記技術要件に従って、共通要因故障の主な原因である外的事象への耐性を高めつつ、同一機能（CV破損防止機能）を有する設備を統合すること（4b設備・特重施設）としている。これに対して、現行基準では、既設炉へのAPCその他テロ対策の追加を想定して、4b設備とは独立した特重施設の設置をシステム・機器構成レベルで具体的に要求されている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈</li> </ul>

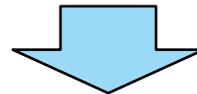


次期軽水炉は特定の防護レベルに過度に依存しない設計を志向しているため、  
**考察が必要**

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (1) 深層防護の実装の考え方(3/4)

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>(c) SA対策の基本方針 管理・運用性及び信頼性の高い恒設設備を基本とした対応を主とすること。 設計想定を超える事象に対して柔軟な対応が可能ないように可搬型設備等を有効活用すること</p>	<p>左記技術要件に従って、恒設設備と可搬型設備等を適切に組み合わせることとしている。 これに対して、現行基準では、既設炉へのSA対策の追加を想定した可搬型設備を主体とした要求(*1)となっている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈</li> </ul>



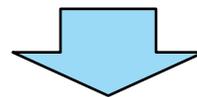
次期軽水炉は恒設設備を主としたSA対策を志向しているため、  
**考察が必要**

(\*1): 可搬型設備をプラント1基当たり2セット以上持つことに加え、発電所としてバックアップ設備を確保するよう要求されている。  
(設置許可基準規則の解釈 第43条第5項)

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (1) 深層防護の実装の考え方(4/4)

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>(d) 不確かさへの備え 事故シナリオや物理現象の不確かさへの備えの対応として、発生防止と発生した場合の影響低減のための対応を講じることとし、発生頻度は低い但不確かさの大きい現象に対する防護策についても考慮すること</p>	<p>不確かさへの備えとして、熔融炉心冷却対策については、ウェットキャビティ方式以外にもIVR方式やドライキャビティ方式などの選択肢があり、プラント特性・構造に応じて冷却方式を選択している。 これに対して、現行基準は既設炉で採用しているウェットキャビティ方式を想定したと考えられる要求となっているため、選択肢拡充の点で考察が必要と考えられる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈</li> </ul>

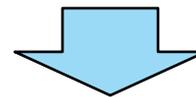


次期軽水炉はプラント特性に応じた熔融炉心冷却方式を選択することとしているため、  
**考察が必要**

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (2) 内的事象への対応

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>a. DBA対応の基本方針 単一故障を想定しても安全機能を達成できるよう、トレン数の増加や区画分離の徹底等により、多重性又は多様性及び独立性を確保すること。</p> <p>b. DEC対応の基本方針 恒設設備で構成し、炉心損傷防止に必要な炉心注入機能（レベル4a）とCV破損防止に必要な機能（レベル4b）は独立性を確保すること。</p>	<p>多重性等については、強化を図る設計としている。</p> <p>上記については、基本的には現行基準と同じ考え方で更に安全性を高めているものであり、現行基準に適合できる設計方針である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 第12条（安全施設）</li> <li>➢ 第37条（重大事故等の拡大の防止等）</li> <li>➢ 第43条（重大事故等対処設備）</li> </ul> </li> </ul>

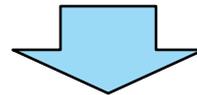


次期軽水炉の技術要件は、基本的には現行基準と同じ考え方で更に安全性を高めていることから、特に考察が必要となる部分はない

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (3) 外的事象への対応

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>a. ハザードに対する耐性の確保 自然現象の属性を考慮し、外的事象の種類及びそれらの設計基準は、最新知見等を考慮の上、設計裕度を設けて適切に設定して耐性を確保すること。</p> <p>b. 共通要因故障の防止 分散配置や区画分離の徹底、建屋の頑健化、敷地計画の適正化等により、外的事象に対する高い堅牢性を持たせ、各防護策の多様性及び独立性を確保すること。</p>	<p>サイト条件等を踏まえて、最新知見等を考慮の上、設計余裕を加味し設計基準ハザードを適切に設定する。</p> <p>上記については、基本的には現行基準と同じ考え方で更に安全性を高めているものであり、現行基準に適合できる設計方針である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈</li> <li>• 建築基準法</li> <li>• 実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準</li> <li>• その他、外的事象に関する審査ガイドライン等</li> </ul>

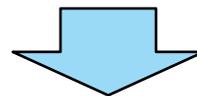


次期軽水炉の技術要件は、基本的には現行基準と同じ考え方で更に安全性を高めていることから、特に考察が必要となる部分はない

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (4) APCその他テロ対策

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>a. テロへの耐性確保 建屋の頑健化や区画分離の徹底、機器・設備のレイアウト適正化、多層かつ多様なサイバー攻撃対策等により、APCによる衝撃力・振動からの防護、機器の同時損傷防止、侵入防止等のテロへの耐性を確保すること。</p> <p>b. 核セキュリティとセイフティの両立を考慮した設計 設計段階において安全対策の設計プロセスにて核セキュリティ施策の設計をフロントローディングし、両立を考慮したプラント設計を構築すること。</p>	<p>既設炉の設計方針より強化することから、現行基準においても満足できると考えるものの、詳細は機微情報に当たるため、比較は困難である。</p> <p>但し、特重施設と SA設備の取り扱いについては、(1)(b)で言及の通りである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈</li> <li>• 実用発電用原子炉に係る航空機衝突影響評価に関する審査ガイド</li> </ul>

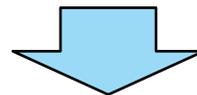


本技術要件については、規制の詳細が機微情報に当たることから、  
考察の要否の対象としない

## 2-1 重要コンセプトと関連する規制や制度の整理

### (5) 設計想定を超える事象への対応

次期軽水炉の技術要件	技術要件と規制や制度との比較	関連する規制や制度
<p>(a) 可搬型設備等の有効活用 外的事象や事故シナリオの不確かさ等、設計想定を超える事象があり得ることを考慮し、防護レベル4a、4bの各種機能（恒設設備で構築）に対して、事象進展の緩和や時間的な裕度を確保するために、大規模損壊への対処として配備される可搬型設備に加え常用設備等を効果的かつ合理的に有効活用できるように、仕様及び接続方式等を共通化すること。</p>	<p>大規模損壊への対応として現行基準に明確に規定されており、次期軽水炉においても既設炉と同様にそれに準拠した可搬型設備を配備することとしている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設置許可基準規則</li> <li>• 設置許可基準規則の解釈             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 第55条（工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備）</li> </ul> </li> </ul>



次期軽水炉の技術要件は、基本的には現行基準と同じ考え方であることから、特に考察が必要となる部分はない

## 2-2 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度についての考察

フェーズ2報告書の再掲と  
次期BWRへ見直し（青字）

- 前項で抽出した、考察が必要と考えられる項目は以下の通り。
  - 1 恒設主体のSA設備
  - 2 特重施設とレベル4b設備の取扱い
  - 3 溶融炉心冷却対策の選択肢
  - 4 安全性向上に資する最新技術の反映 [BWRブランチ#3WGでupdate](#)
- これらについて、[BWRの設計特徴から](#)項目ごとに検討を実施し、技術的観点より考察を行い、[追加項目の有無をWG活動を通して確認してゆく。](#)

## 2-2 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度についての考察

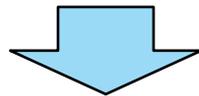
フェーズ2報告書の再掲  
次期BWRでも変更なし

### (1) 恒設主体のSA設備について

関連する規制基準	次期軽水炉の方針と影響評価
<p>設置許可基準規則では重大事故等対策として柔軟性を重視して可搬型設備による対策を基本としている。(*1)</p> <p>設置許可基準規則の条文では性能規定的な記載となっているが、解釈では可搬型設備に対する仕様規定的な記載(*2)となっている。</p>	<p>次期軽水炉では設計段階から柔軟な対応ができることから恒設設備を主としたSA対策を基本として管理・運用性を高めて安全性を向上させるコンセプトである。</p> <p>設置許可基準規則(解釈)では既設炉へのSA対策の追加配備として可搬型設備を主とした記載となっているが、恒設主体の構成については、「同等以上の効果を有する措置」として整理できると考えられる。</p>

(\*1): 実用発電用原子炉に係る新規規制基準の考え方について, P164

(\*2): 「同等以上の効果を有する措置」が認められているものの、解釈全体としては可搬型設備を主とした記載になっている。



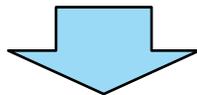
可搬型SA設備より管理・運用面において有利な恒設SA設備の導入において、設置許可基準規則の解釈に、恒設主体の構成も適合できることが明確に解釈できるような要求事項を整理することが望まれる。

## 2-2 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度についての考察

フェーズ2報告書の再掲  
次期BWRでも変更なし

### (2) 特重施設とレベル4b設備の取扱い

関連する規制基準	次期軽水炉の方針と影響評価
<p>設置許可基準規則第42条の本文ではCV 破損防止機能を持った特重施設の設置が要求され、解釈では可能な限りDBA/SA設備とは位置的分散を図ることが要求されている。</p>	<p>次期軽水炉では、建屋頑健化、区画分離の徹底によりDBA/SA設備の防護性能と信頼性を向上した上で同一機能を持つSA設備（CV破損防止）と特重施設を統合した設備構成としている。さらに、DBA/SA設備の独立性の強化により、同時に全ての炉心損傷防止機能を喪失することを回避する設計としていることから、炉心損傷防止機能についても既設炉よりも向上しておりプラント全体としての安全性を合理的に高めている。</p> <p>設置許可基準規則(解釈)では、防護レベル4bのSA設備に加え、特重施設が設置されることとなる。設計段階から対応が可能な新設炉においては、バランスの良い深層防護の実装の観点で、合理的な選択も可能である。</p>

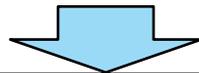


APCその他テロ対応を含め、特定の防護レベルに過度に依存しない、バランスの良い設計について、要求事項を整理することが望まれる。

## 2-2 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度についての考察

### (3) 溶融炉心冷却対策の選択肢

関連する規制基準	次期軽水炉の方針と影響評価
<p>設置許可基準規則では第51条本文にて原子炉格納容器(CV)下部に落下した炉心を冷却するための設備の設置及び、同解釈にてCV下部への注水設備について要求されている。</p> <p>これらの要求は既設炉で採用されているウェットキャビティ方式による溶融炉心冷却を前提としていると考えられる。</p>	<p>次期軽水炉ではプラント特性等に応じた溶融炉心冷却方式を選択することとしている。</p> <p>IVR方式については、RV内に溶融炉心を保持することでMCCIや水蒸気爆発を回避する設計であるが、本文にあるRVが破損することを前提としたCV下部での炉心冷却の要求への対応については整理が必要と考えられる。</p> <p>ドライキャビティ方式ではCV下部に落下した炉心を冷却するための注水設備を有しており、規制要求は満足していると考えられるが、既設炉の冷却方式と異なるため、要求事項の整理が必要になる可能性がある。</p>



IVR方式については、既設の軽水炉を対象とした設置許可基準規則では想定されておらず、本方式に対する性能要求から整理することが望まれる。

ドライキャビティ方式については、設置許可基準規則には抵触しないと考えられるが、既設炉の冷却方式とは異なるため、本方式に対する要求事項を整理することが望まれる。

→ 次期BWRでは、RPV下部に設置するコアキャッチャーでPCV下部に落下する溶融炉心を受け止め、S/P水を注水することで冷却する対策であり、現行の設置許可基準規則に準拠している。

## 2-3 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度の考え方のまとめ

- 次期BWRの重要コンセプトに関連する規制や制度について、技術的観点より考察が必要な項目を抽出した上で考察を実施。
  - 「深層防護の実装の考え方」については、以下に示す要求事項が整理されることが望まれる。
    - (1) 恒設主体のSA設備：  
恒設主体の構成も適合できることが明確に解釈できるような要求事項
    - (2) 特重施設とレベル4b設備の取扱い：  
特定の防護レベルに過度に依存しない、バランスの良い設計を志向した要求事項
    - (3) 溶融炉心冷却対策の選択肢：  
次期BWRは現行の設置許可基準規則に準拠するので、新たな整理は不要
  - これらにより設計段階から柔軟な対応が可能な次期軽水炉のより安全でより合理的なポテンシャルが最大限発揮できる。
- 「安全性向上に資する最新技術の反映」については、現行の制度を積極的に活用することにより、新技術を導入しやすい環境整備が期待される。また、新設炉の設計及び工事の審査等に関する規制や制度のプロセスについて全体を通して再確認することが望まれる。
  - これらにより、新設炉である次期軽水炉の審査や設計・建設の円滑なプロジェクト推進が期待できる。

BWRランチ#3WGで再確認予定