

論点説明資料

(論点②：特重施設の在り方)

2025年8月1日
原子力エネルギー協議会
(ATENA : Atomic Energy Association)

➤ 本資料では論点②について詳細説明を実施。

○ 規制の予見性が十分でないと考える事項

【論点①】 常設設備を基本とした重大事故等対応

【論点②】 特重施設の在り方

・重大事故等対処設備（4b;格納容器破損防止）と特重施設の機能統合

【論点③】 溶融炉心冷却対策への新技術導入（ドライ型コアキャッチャの導入）

＜論点②において予見性が十分でないと考えている点＞

- 現状の解釈では、特重施設の機能を有する設備は、DB設備及びSA設備(特重施設を除く)に対して、「可能な限り、多重性又は多様性及び独立性を有し、位置的分散を図る(以下、「独立性等」) 」こと、又は、「同等以上の効果を有する措置」を要求されている。
- SRZ-1200では、DB、SA(4a)、SA(4b)の各防護レベルに求められる機能の信頼性を高め、独立性等を確保することにより、共通要因に対して同時喪失を防止した上で、SA(4b)設備と特重施設を統合する設計とするが、解釈通りの独立性等が確保できない。
- 上記を踏まえ、今回の特重施設の設計に関して規制予見性が低いと考えている事項について、本資料6ページにおいて整理。

1. 深層防護の実装（層間の分離、独立性の確保）

8

- 設計基準事象への対策として、**信頼性の強化、多重性の強化・区画分離の徹底**等、異常状態や事故の発生・拡大を防止。
- さらに、重大事故等(SA)をあらかじめ想定。その事故状態を緩和する設備を設置し、**層間の分離、独立性の確保**。
- **常設設備を基本としたSA対応**を採用するとともに、**格納容器破損防止機能を有するSA設備（特重施設以外）と特重施設の統合**を志向。

既設炉		SRZ-1200における深層防護設計方針	
第1層（異常の発生防止）	1 系列常用システム	1 系列常用システム （信頼性強化）	
第2層（異常の検知・制御）	<u>2 系列</u> 安全システム	<u>3 系列</u> 安全システム （多重性強化・区画分離徹底等）	
第3層（事故の拡大防止）	<u>2 系列</u> 安全システム	<u>3 系列</u> 安全システム （多重性強化・区画分離徹底等）	独立性強化
第4層 (SA緩和)	4a (炉心損傷防止)	可搬型設備を基本 【代替炉心注入ポンプ、大容量ポンプ等】	独立性
	4b (格納容器破損防止)	専用特重施設(常設) (離隔または建屋頑健化) 【FVS等】	独立性
大規模損壊対応、 放射線影響緩和	可搬型設備	常設設備を基本 【代替炉心注入ポンプ等】	独立性
		常設設備を基本（離隔または建屋頑健化） 【格納容器再循環ユニット＋FVS(バックアップ)等】	独立性
		可搬型設備	

注：「第1回建替原子炉の設計に関する事業者との実務レベルの技術的意見交換会」資料から抜粋

3. 安全系設備の3系列化および区画分離徹底

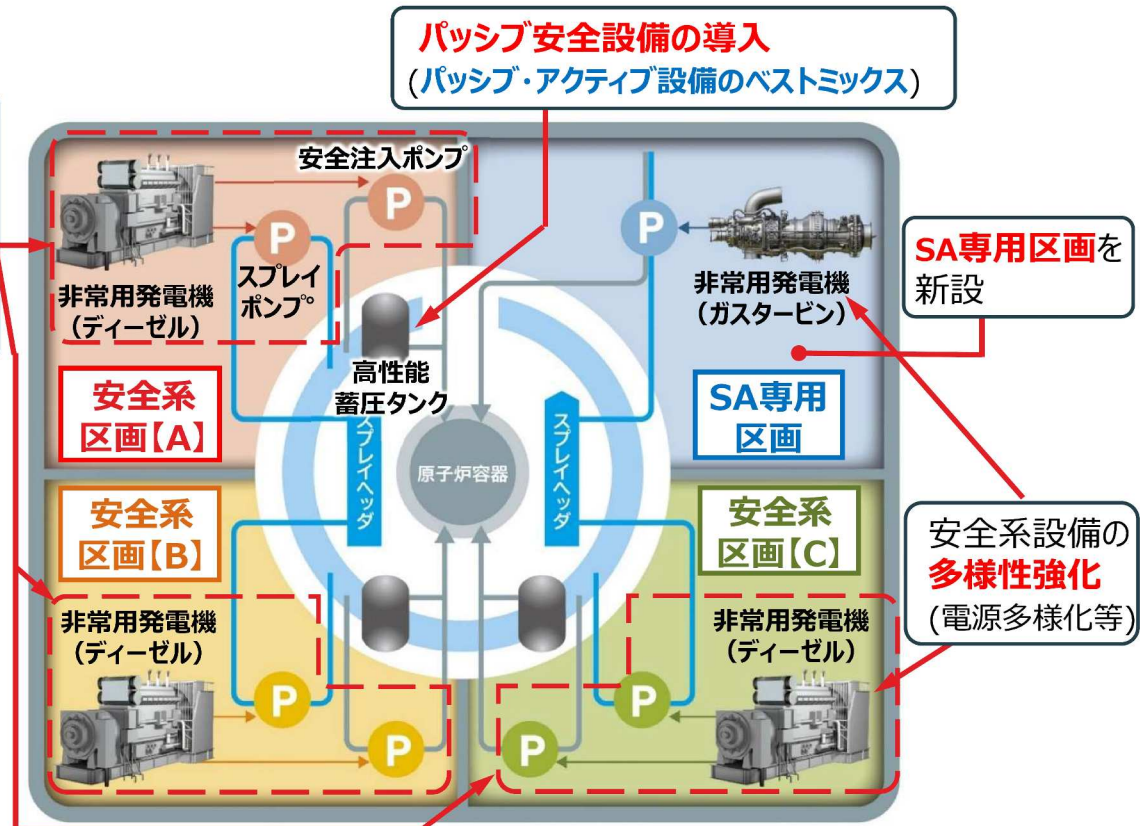
10

- **新しい安全メカニズムの採用、多重性・多様性の強化**により、安全性と信頼性を向上。
- 安全系設備やSA設備の**区画分離徹底**による**共通要因故障（火災、溢水）防止機能の強化**。

＜設備構成＞

**安全系設備(炉心冷却/
CV閉じ込め)の多重性強化**
【既設炉】 2系列
↓
【SRZ-1200】 3系列

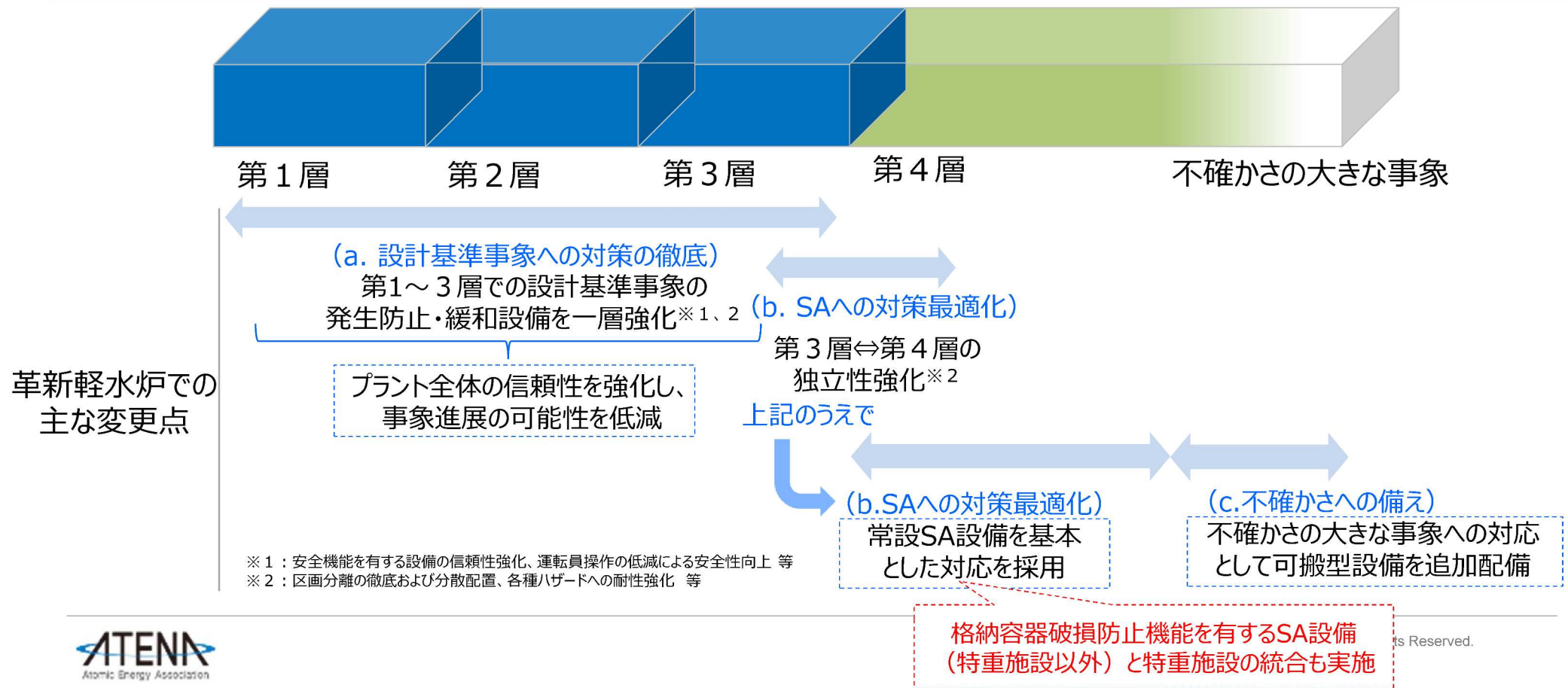
安全系設備を系列ごとに
徹底した区画分離
・区画A、B、Cそれぞれに
安全設備を**分散配置**
➡火災等の**同一要因に**
よる**安全系設備全喪失**
を**防止**



➤ 革新軽水炉の目指すべき安全設計のコンセプト

- 事故状態を緩和させ、次の状態への移行を防止する、**深層防護の考え方**を実装
- 特定の深層防護レベルの対策に過度に依存するのではなく、**バランス良く防護対策を配置**
 - a. 設計基準事象への対策の徹底
 - **トレン数の増加、分散配置、区画分離の徹底**や建屋の頑健化等による**高い堅牢性確保**
 - b. 重大事故等（APCその他テロ事象含む）への対策最適化
 - 多様性及び独立性確保により**共通要因故障を防止**した上での**最適な設備構成**
 - c. 想定事象を超えるような事故進展、対策シナリオの**不確かさへの備え**も確保

注：「第1回建替原子炉の設計に関する事業者との実務レベルの技術的意見交換会」資料から抜粋



- SRZ-1200における特重施設の設置許可基準規則およびその解釈に対する設計の考え方※¹は以下の通りであり、予見性が低いと考える項目について、規制当局と意見交換をしたい。

※1：下表の項目以外の第39条、第40条、第42条の規制要求に対しては既設炉と同様の設計を志向

規則条文	規則解釈で求められている事項等	SRZ-1200の設計の考え方(例)	規制予見性	ページ
第42条	1号	解釈1(a) APC耐性	○	7-9
		【関連】規則 第43条1項1号 特重信頼性 [] APCその他テロ事象時のCV破損防止機能の信頼性を確保する方針。	△	10-15
		解釈2 特重施設の施設群の構成	○	—
	2号	解釈3(a) i .RCPB減圧機能	○	16-19
		解釈3(a) ii .炉内の溶融炉心冷却機能	○	—
		解釈3(a) iii .CV下部に落下した溶融炉心冷却機能	▲	—
		解釈3(a) iv .CV内の冷却・減圧・放射性物質低減機能	○	—
		解釈3(a) v . CV過圧破損防止機能	△	20-24
		解釈3(a) vi .水素爆発によるCV破損防止機能	○	—
		解釈3(a) vii .サポート機能	○	—
		解釈3(b) 緊急時制御室の設置	○	25-27
		解釈3(c) DB/SA設備との独立性	▲	28-34
第39条	1項4号	解釈4 特重施設の耐震性 []とする設計も採用する方針。	△	35-37
第40条	解釈2(a) 特重施設の耐津波設計	基準津波に余裕を持った敷地高さへの設備設置を志向するが、サイト条件に依存。	○	38-39

【凡例】

○：既設炉同様の設計等であり、規則等に適合すると考えている事項

▲：「同等以上の効果を有する」と考えているが確認が必要な事項

△：「十分な保安水準の確保が達成できる」と考えているが確認が必要な事項

枠囲みの範囲は特定重大事故等対処施設に関する秘密情報を含んでいるため、公開できません。

設置許可基準規則の解釈

第42条 1(a) APC耐性

規制要求（特重施設）

（特定重大事故等対処施設）

第四十二条 工場等には、次に掲げるところにより、特定重大事故等対処施設を設けなければならない。

一 原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対してその重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。

<解釈>

1 第1号に規定する「原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対してその重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること」とは、以下に掲げる設備又はこれらと同等以上の効果を有する設備とする。

(a) 原子炉建屋及び特定重大事故等対処施設が同時に破損することを防ぐために必要な離隔距離（例えば 100m 以上）を確保すること、又は故意による大型航空機の衝突に対して頑健な建屋に収納すること。

2 特定重大事故等対処施設は、第38条第1項第4号、第39条第1項第4号及び第40条並びに第42条各号のそれぞれの要求事項を満たす施設群から成るが、少なくとも第38条第1項第4号、第39条第1項第4号及び第40条の要求事項を満たす施設は一の施設でなければならない。

SRZ-1200の基本方針

➤ 特重建屋に設置する特重施設は、故意による大型航空機の衝突に対して、既設プラントと同様に

必要な離隔距離を確保又は頑健な建屋に収納する

➤ 原子炉建屋(R/B)内に設置する特重施設に対しては、R/BのAPC耐性を強化するとともに、

する

➤

- R/B内の特重施設は、溢水影響にも配慮した上で、
。
- のAPC耐性を強化し、
とする（APC耐性を強化するR/Bの範囲については、
のサイト条件も考慮して衝突箇所を選定し、設定する方針）。
- 一部、開口部等からのAPC影響（燃料火災等）に対して、区画分離等の対策により、
し、特重施設の必要な機能を損傷しない設計とする。

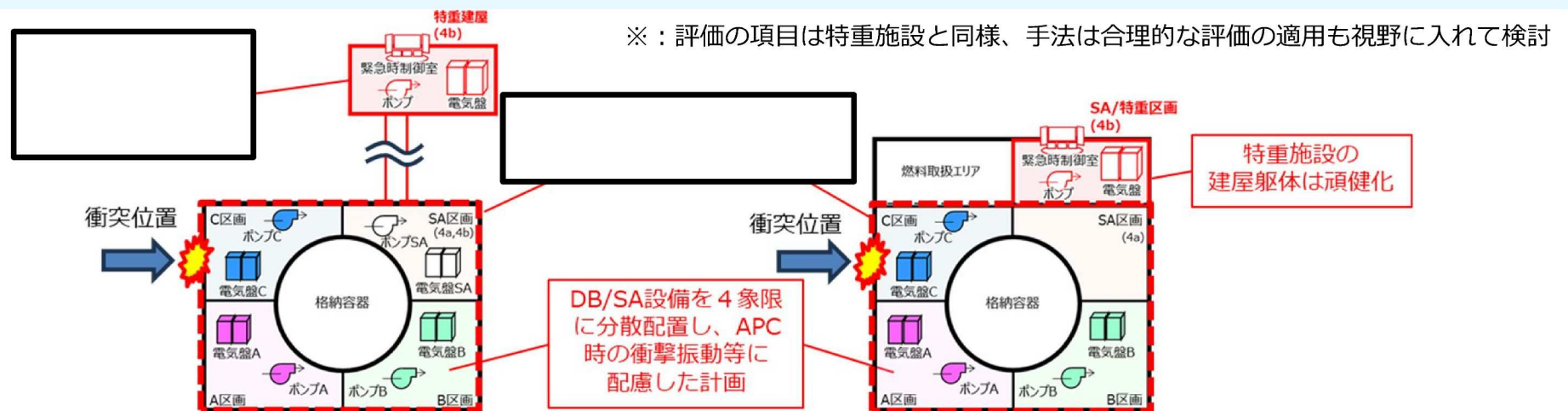
SRZ-1200における特重施設のAPC評価の基本方針

		特重 建屋	特重 トレンチ	R/B内 特重施設	SRZ-1200の APC評価の基本方針
構造 評価	局部的損傷				
	全体的損傷				
機能 評価	物理的 損傷	局部的 損傷			
		全体的 損傷			
	衝撃破損				
	火災、溢水				

【関連】設置許可基準規則 第43条1項1号
特重信頼性

- DB/SA設備のAPC耐性強化は、APC時に特重施設での対応に加え、他の選択肢を可能な範囲に残すことで安全性を高めるものであるため、設計確認の位置づけとして評価する方針。

- ✓ 前述の通り、とすることで、構造評価の観点でAPC耐性を強化
- ✓ DB（A,B,Cの3トレン）及びSA設備は、可能な限り、R/B内の4象限に分散配置し、トレン間を区画分離することでAPC時の衝撃振動や燃料火災の影響を軽減※



特重建屋がの場合のイメージ

特重建屋をR/Bと一体化する場合のイメージ

- 設置許可基準規則第43条では、SA設備に対し「重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮するもの」が求められている。既設炉では、**審査での議論等を踏まえ** []
[] **により、信頼性を確保している。**
- 一方、**SRZ-1200ではSA(4b)設備と特重施設を統合し、** []
[] **とするが、下記方針により、概ね既設炉同等の信頼性確保が可能と考える。**

<第43条 重大事故等対処設備(抜粋)>

重大事故等対処設備に対して「想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮するものであること」が要求されている。

【SRZ-1200での特重施設の信頼性確保の方針】

- SRZ-1200では**第1層から第4a層の強化により炉心損傷等の可能性を低減。**
- SRZ-1200では既設炉とは異なり、**DB・SA(4a)設備の区画分離を徹底し、独立性を強化**することに加え、**原子炉建屋のAPC耐性を強化**することで、**DBまたはSA(4a)設備のいずれかを使用できる可能性を高め、前段の第3層、第4層の設備を用いたAPCその他テロ事象時への対応により、事象収束が可能な設計とする方針。**
- [] **、すなわち信頼性確保が可能と考える。**

特重施設の信頼性確保手段が既設炉の対応から変更となるものの、十分な保安水準の確保が達成できると事業者としては考えているが、規制の予見性の観点で本設計についても議論が必要と考えている。

- 既設炉では DB・SA設備の同時損傷を想定し、**特重施設を原子炉建屋から離隔もしくは頑健化。**
- その上で、 を取ること**で信頼性を確保。**

※1：サイト条件等を考慮し、離隔距離または頑健性（物理障壁）によりAPC・その他テロに対する耐性を確保

- SRZ-1200では、APCその他テロ事象時の**格納容器破損防止機能の信頼性を確保**。
 - ✓ APCその他テロ事象時にDBまたはSA(4a)設備のいずれかを使用できる可能性を高めた設計。
 - ✓ としても、既設炉と同等の信頼性を確保。

※1：サイト条件等を考慮し、離隔距離または頑健性（物理障壁）によりAPC・その他テロに対する耐性を確保

枠囲みの範囲は特定重大事故等対処施設に関する秘密情報を含んでいるため、公開できません。

- 前頁の通り、SRZ-1200ではAPCその他テロ事象時にDBまたはSA(4a)設備のいずれかを使用できる可能性を高めた設計。



信頼性を高めた設計と考えている。

設置許可基準規則の解釈

第42条 3(a) i .RCPB減圧機能

- SA(4b)/特重用は[]を追設することで、深層防護レベル間の独立性/多様性の強化を図る。
- これにより、加圧器逃がし弁開に失敗した場合でも、[]による減圧を試みることができ、RCPB減圧機能の信頼性を向上させている。

<RCPB減圧設備の構成比較>

想定事象	既設プラント	操作場所	SRZ-1200(例)	操作場所
重大事故に至る おそれのある事象 (SA(4a))	・窒素ポンベ（可搬式） ・加圧器逃がし弁（空気作動）	MCR/ 現場	・重大事故 制御用窒素ポンベ（常設） ・加圧器逃がし弁（空気作動） ・CV外：独立空気供給配管	MCR/ 現場
重大事故（SA(4b)）				
特重事象 (APCその他テロ事象)				

➤ 既設プラントとSRZ-1200のRCPB減圧設備の信頼性を評価し、想定事象における失敗確率を比較

✓ 重大事故に至るおそれのある事象（SA(4a)）

- SRZ-1200はDB設備の強化等により当該機能が必要となる重大事故に至るおそれのある事象の頻度を低減
- 加圧器逃がし弁および[]に期待できるSRZ-1200の方が失敗確率は小さい

✓ 重大事故（SA(4b)）

- SRZ-1200の失敗確率は既設プラントと同程度なものの、SRZ-1200はDB設備の強化等により当該機能が必要となる重大事故の発生頻度を低減することにより、プラント全体の信頼性を確保
- なお、[]の減圧手段失敗確率を低減する策（[]の多重化や加圧器逃がし弁の活用等）も考えられるが、RCPBの拡大等安全性を低下させる可能性も考慮し、上記方針を採用

想定事象		既設プラント	SRZ-1200(例)
重大事故に至るおそれのある事象 (SA(4a))	発生頻度 (①) ※2	10 ⁻⁶ 程度	10 ⁻⁷ 程度
	減圧手段※3	加圧器逃がし弁（制御用空気、電源）	加圧器逃がし弁（制御用空気、電源） または []
	減圧手段失敗確率 (②)	10 ⁻² 程度	10 ⁻³ 程度
	減圧手段失敗頻度 (=①×②) ※4	10 ⁻⁷ 程度	10 ⁻⁹ 程度
重大事故 (SA(4b)) ※1	発生頻度※5 (③)	10 ⁻⁶ 程度	10 ⁻⁷ 程度
	減圧手段※3	加圧器逃がし弁（窒素ポンプ）	[]
	減圧手段失敗確率 (④)	10 ⁻³ 程度	10 ⁻³ 程度
	減圧手段失敗頻度 (=③×④) ※4	10 ⁻⁸ 程度	10 ⁻⁹ 程度

※1：発生頻度を設定できない特重事象は評価対象外とした

※2：起因事象発生時に補助給水系機能が喪失して、フィードアンドブリードに期待する事故シナリオの発生頻度

※3：（ ）内は減圧手段の駆動源を示す。SA(4a)時は炉心冷却向けの継続的な開放に制御用空気、SA(4b)時は重大事故後の一時的な開放に窒素ポンプを想定。

※4：程度×程度のため繰り上がりを想定し、大き目に1桁切り上げ

※5：炉心損傷後に減圧手段を必要とする事故シナリオの発生頻度（炉心損傷頻度）

- SRZ-1200では、ドライ型コアキャッチャ導入に伴い、既設プラントからCV内構造が変わるため、RV破損時におけるDCH回避のための1次冷却材圧力のクライテリアが見直しとなる見込み。
- そのため、SRZ-1200ではSA(4b)/特重として設置する[]の必要容量を増加。
なお、加圧器逃がし弁はDB・SA(4a)時に必要な容量を確保。

		既設プラント				SRZ-1200(例)			
		DB	SA(4a/4b)		特重	DB	SA(4a)	SA(4b)/特重	
容量設定根拠		① SGTR時 1,2次系均圧 1次冷却材圧力： 主蒸気逃がし弁開 設定圧力	② F&B時 炉心冷却 PCT：1200℃ 被覆管酸化量： 15%	RV破損時 DCH回避 1次冷却材圧力： 2.0MPa[gage]		①と同じ	②と同じ		
1次系 減圧手段	設備	加圧器逃がし弁				加圧器逃がし弁			
	容量	95t/h×2個 (計190t/h)				95t/h×3個 (計285t/h)			

- SRZ-1200は区画分離を強化した設計を志向し、各加圧器逃がし弁へ制御用空気を供給するラインは独立した設計。
- 特重事象を想定した場合、以下の状況となる。
 - ・DB設備の機能が1系統使用可能：加圧器逃がし弁は1弁のみ使用可能
 - ・SA(4a)設備の機能が使用可能：加圧器逃がし弁3弁が使用可能

⇒加圧器逃がし弁の容量を大きくすることで、RV破損時DCH回避のための容量を確保する設計も考えられるが、前述の通り、RCPBの拡大等安全性を低下させる可能性や、減圧手段失敗頻度の低減の状況を踏まえ、上記のRCPB減圧設備の設計を志向。

※：標準プラントの基本設計においてDCH発生そのものを防止する十分に保守的な設定として仮定したクライテリア

枠囲みの範囲は特定重大事故等対処施設に関する秘密情報を含んでいるため、公開できません。

設置許可基準規則の解釈 第42条 3(a) v .CV過圧破損防止機能

- SRZ-1200では**環境への放射性物質放出を最小化するため、特重施設として「CV再循環ユニットによる気相部冷却」を採用。加えて、自主対策設備として特重事象時にも使用可能なFVSを設置。**
- R2.3.12規制委員会方針（FVS設置に関する考え方）に対するSRZ-1200での適合性は、以下の通りであり、**規制の求める保安水準を達成していると判断**している。

R2.3.12規制委員会方針（2.(1)基本的な要求事項の整理）	SRZ-1200での適合性
① SA 原子炉格納容器の容積が小さいBWRの場合、格納容器過圧破損防止対策として次の2つの設備の設置が必須である。 - 格納容器バウナリを維持しながら圧力及び温度を低減させる設備 - 圧力を大気中に逃がすための即応性及び高い信頼性を有する設備として、準静的な設備であるフィルタベント	✓ 左記要求事項はBWRへの要求と認識。 ✓ PWRは原子炉格納容器(CV)容積が大きく、CV破損までの余裕が比較的大きい特徴を踏まえ、CV過圧破損防止対策として「CVバウナリを維持しながら圧力及び温度を低減させる設備」を設置。 ✓ 「準静的な設備であるフィルタベント(FVS)」はSA設備として設置せずとも規制の求める保安水準を達成していると判断。
② 特重 特重施設は、更なる安全性向上のためのバックアップ対策と位置づけられ、設置許可基準規則解釈においてもSA施設に対し可能な限り多重性又は多様性及び独立性等を有することを要求していることから、格納容器過圧破損防止対策として、①のSA設備に加えて新たな設備の設置（第3の設備）が求められる。従って、SA設備に対して多重性又は多様性及び独立性等が確保された、新たな設備の設置が行われない場合には、本要求事項を満足しないものと考えられる。	✓ DB、SA(4a)、SA(4b)の各防護レベルに求められる機能の信頼性を高め、独立性等を確保することにより、共通要因に対して同時に機能が喪失することを防止した上で、SA(4b)と特重施設を統合する設計を志向。 ✓ これにより、SA設備(4a)とは独立性等が確保されたSA(4b)/特重施設となるが、上記PWRの特徴や、層間分離の採用による信頼性向上を踏まえると、SA(4b)に対して独立性等が確保された新たな設備を設置せずとも、「同等以上の効果を有する措置」であると判断。
③ 特重 特重施設による格納容器過圧破損防止対策としては、APCその他テロリズムによる重大事故等への対処における事象進展の不確実性等に鑑み、即応性及び高い信頼性を有する設備が必要である。また、当該設備はAPC等に対して機能を維持するため頑健性を有する必要がある。これらの観点を踏まえれば、準静的な設備であるフィルタベントをAPC耐性を有する形で設置することが求められる。従って、APC時に少なくとも1系統のフィルタベントの機能が維持されない場合には、本要求事項を満足しないものと考えられる。この際のAPC耐性の確保について、単体ではAPC耐性を有さないフィルタベントを複数、位置的分散を考慮して配置することにより、APC時にもいずれか1系統が機能を維持するとの方法は、 （案の1）：認められる。（案の2）：認められない。 ⇒規制委員会において、「案の1：認められる」とされた。	【即応性の観点】 ✓ 再循環ユニットによる気相部冷却について、構成設備（水源・電源等）の常設化により現場対応を不要としており、上記の通り、CVの容積が大きくCV破損までの余裕が比較的大きいPWRの特徴を踏まえると、十分な即応性をもって対処が可能。 ✓ 【信頼性の観点】 ✓ 再循環ユニットによる気相部冷却とFVSの過圧破損防止の失敗確率は同程度であり、FVSと同等の高い信頼性有り。 【準静的な設備としての観点】 ✓ 再循環ユニット自身は静的な設備であることを踏まえると、「APC耐性を有する再循環ユニットによる気相部冷却」はFVSと同等の保安水準を達成できるものと判断。

- 再循環ユニットによるCV冷却は構成設備の常設化により、減圧開始タイミング・CV圧力挙動の観点から、フィルタベントと異なる特徴はあるものの、十分な即応性をもった対応が可能と判断。

即応性に関するポイント	既設プラント		SRZ-1200(例)	
	CV再循環ユニット【SA(4a/4b)】	フィルタベント（既設炉）【特重】	CV再循環ユニット（SRZ）【SA(4b)/特重】	フィルタベント【自主対策設備】
減圧開始タイミング	 現場対応が必要であり、減圧開始までに時間を要する。			 既設炉と同様
CV圧力挙動	 上記の通り、現場対応に時間を要するが、作動後はCV圧力低下が可能。			 既設炉と同様

即応性：  >  > 

➤ CV再循環ユニットによる気相部冷却とFVSによるCV過圧破損防止失敗確率に係る考察は以下の通り。

✓ 必要設備の相違

□ 気相部冷却：

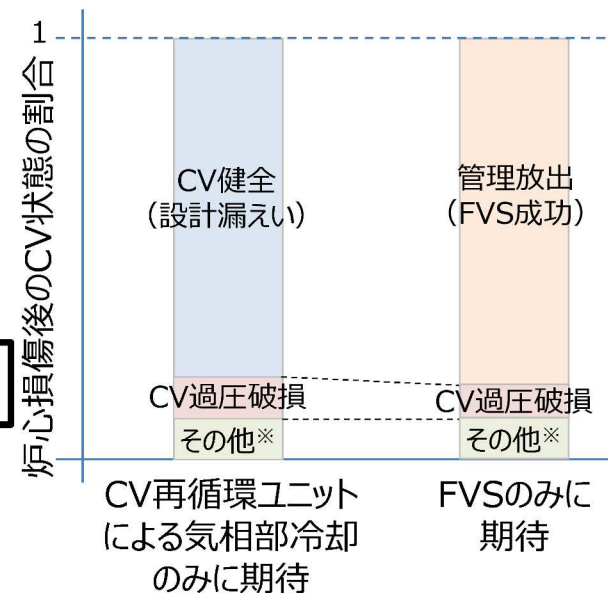
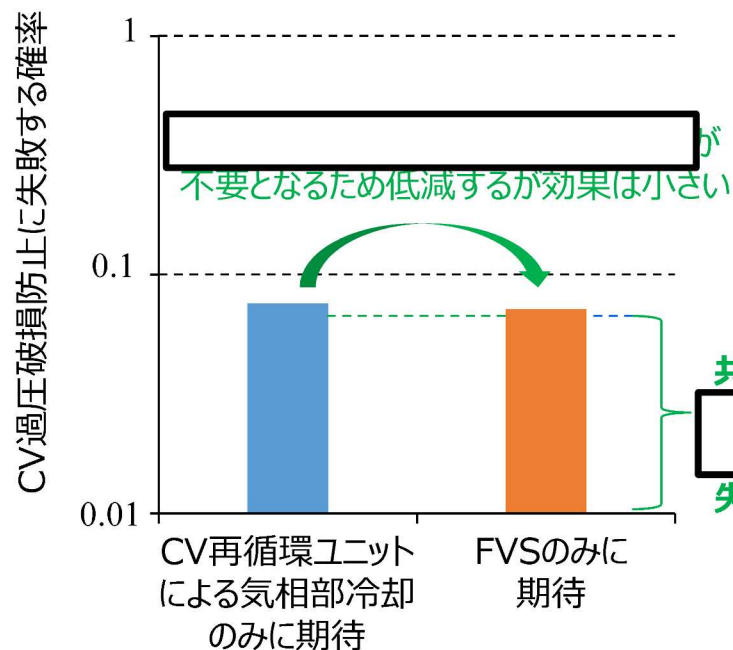
□ フィルタバント：

✓ CV過圧破損防止失敗確率への影響の考察

□ CV再循環ユニットによる気相部冷却からFVSに変更した場合、

ため、CV過圧破損防止に失敗する確率は低減

□ 一方で、CV再循環ユニットによる気相部冷却、FVSのいずれにおいても必要なの失敗が支配的であり、低減効果は小さい



- CV過圧破損の割合は若干低減
- 一方で、FVS成功による管理放出に比べ、気相部冷却成功により放射性物質の閉じ込めが可能

※: CV過圧破損以外のCV機能喪失の状態 (CV隔離失敗、SGTRによるCVバイパス等)

CV過圧破損、CV健全、管理放出割合等のイメージ図

SRZ-1200の気相部冷却、FVSに関連する系統構成 (例)