

2025年3月18日

第2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の
資料3-1に対してコメント回答内容に係る内容を一部追記。

(ページ右上に **一部追記** を記載)

論点説明資料

(論点①：常設設備を基本とした重大事故等対応)

2025年10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①について詳細を説明。

○ 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①において予見性が十分でないと考えている点＞

- 現在の解釈では、事象収束のために必要な設備として、可搬型重大事故等対処設備の配備又は同等以上の効果を有する措置が要求されている。
- 信頼性等に優れた常設設備による措置が、可搬型設備を基本とした対応にて求められる措置と「同等以上の効果を有する」といえるか判断できない。

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)
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】	常設設備を基本 【代替炉心注入ポンプ等】
	4b (格納容器破損防止)	専用特重施設(常設) (隔離または建屋頑健化) 【FVS等】	常設設備を基本 (隔離または建屋頑健化) 【格納容器再循環ユニット + FVS(バックアップ)等】
大規模損壊対応、 放射線影響緩和		可搬型設備	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

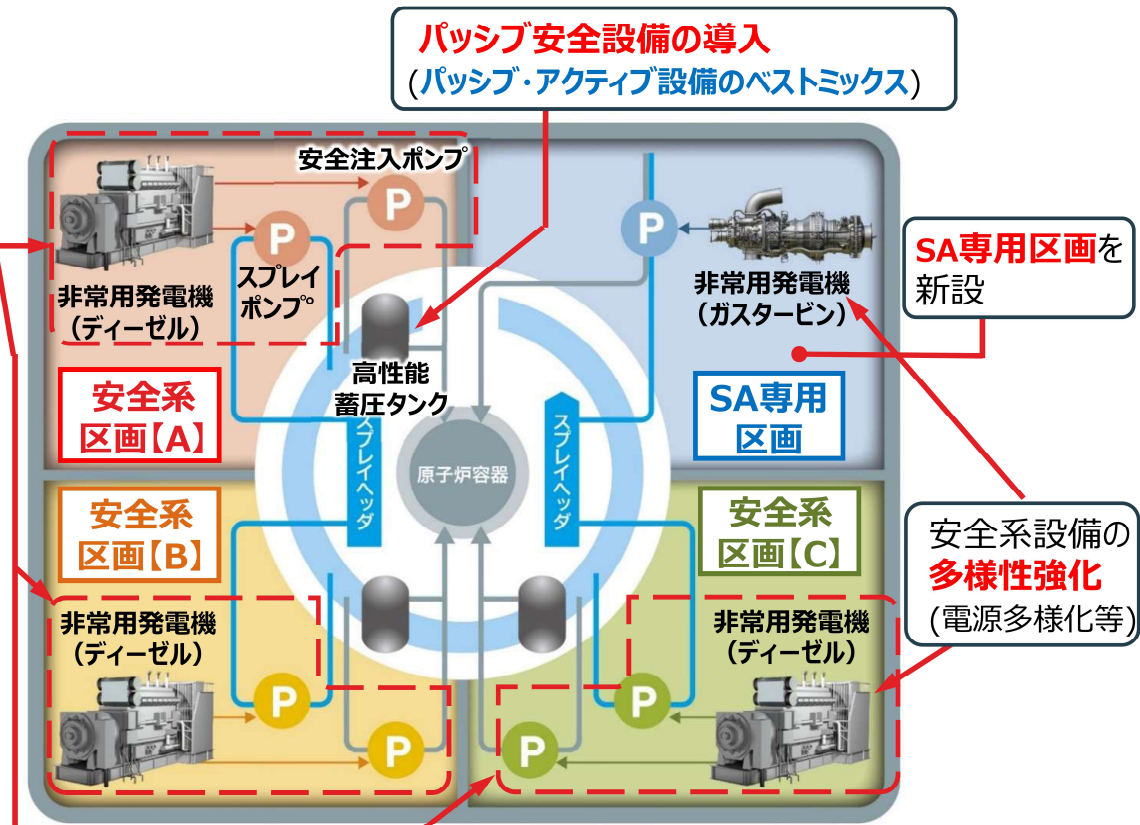
10

- 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

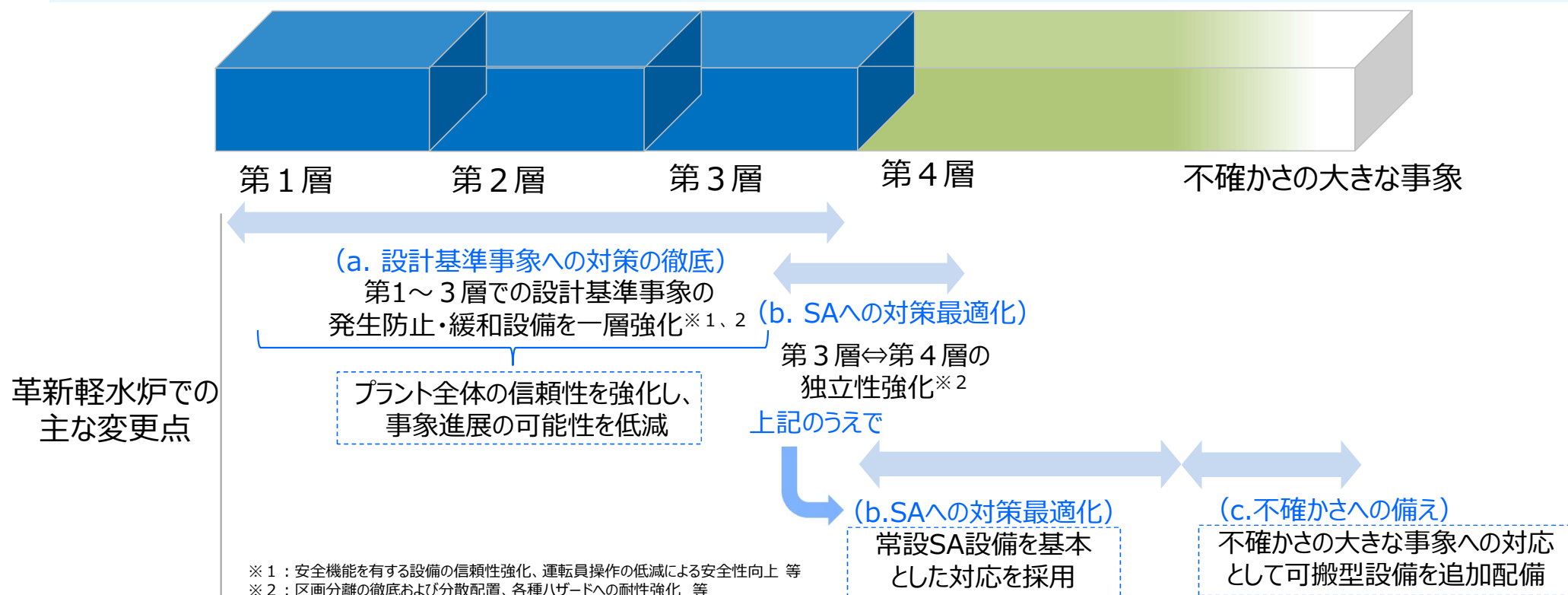
安全系設備を系列ごとに
徹底した区画分離
・ 区画A、B、Cそれぞれに
安全設備を分散配置
➡ 火災等の同一要因に
よる安全系設備全喪失
を防止



➤ 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



- 設置許可基準規則の解釈においては、当該条文を満足する設備として、「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」を設置することが求められている。
- 「以下に掲げる設備」として具体的に可搬型設備を要求している条文としては、以下の通りであり、これらの条文の設備として常設設備で対応する場合には、「これらと同等以上の効果を有する設備」であることについて整理が必要となる。

<関連する設置許可基準規則の条文※>

- ✓ 第45条 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備
- ✓ 第46条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備
- ✓ 第47条 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備
- ✓ 第48条 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備
- ✓ 第54条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備
- ✓ 第57条 電源設備

⇒いずれの条文においても可搬型設備の配備に関して要求されている。

※：各条文に関連する技術的能力審査基準の要求事項を含む

- 既設炉では、「柔軟性」に優れた可搬型設備を基本とした対応。
- SRZ-1200では、既存設備による制約はなく、設計段階から重大事故対策を考慮することが可能。
- 「柔軟性」以外の「信頼性」「必要な要員」「手順書・訓練」「対応時間」「耐環境性」「設備容量」の特性に優れる常設設備を基本とした対応を採用。なお、「耐震性」は常設または可搬型いずれを採用する場合でも、想定される地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれのない設計とする。

	既設炉における基準適合のための設計	SRZ-1200に導入予定の新設計(例)
第45条	現場での人力による専用工具を用いた補助給水ポンプの弁操作を行う。	補助給水ポンプの弁操作をMCRから操作可能とする電源設備を、常設設備としてN台※2設置。(現場での人力操作も可能)
第46条	加圧器逃がし弁作動用の可搬型バッテリー、可搬式空気圧縮機、窒素ポンペを、それぞれN+a台※2配備。	加圧器逃がし弁を作動可能とする電源設備、窒素ポンペを、SA(4a)の常設設備としてN台※2設置。 SA(4b)/特重の独立した1次系減圧設備を設置。
第47条※1	可搬式代替低圧注水ポンプ、駆動用の電源車(可搬式代替低圧注水ポンプ用)、海水を水源とするための送水車を、それぞれ2N+a台※2配備。(常設設備である恒設代替低圧注水ポンプ等と組み合わせて使用)	SA(4a)の代替炉心注入ポンプ、駆動用の電源設備、レベル4a別置海水ポンプを、それぞれ常設設備としてN台※2設置。SA(4b)/特重の注水設備、駆動用の電源設備、海水を水源とするポンプを、それぞれ常設設備としてN台※2設置。
第48条	PWRでは常設設備での対応。	既設と同様に常設設備での対応。
第54条	送水車を2N+a台※2、スプレイヘッドをN+a台※2配備。	使用済燃料ピットへの海水補給可能なSA(4a)のレベル4a別置海水ポンプ、スプレイヘッドを、常設設備としてN台※2設置。
第57条※1	可搬型代替電源設備として、電源車を配備。可搬型直流電源設備として、電源車、可搬式整流器を配備。電源車は2N+a台※2、可搬式整流器はN+a台※2を配備。 (常設設備である空冷式非常用発電装置、蓄電池(安全防護系用)等と組み合わせて使用)	発電機、蓄電池を、SA(4a)とSA(4b)/特重それぞれに対し、常設設備としてN台※2設置。

※1：SA対応として常設設備、可搬型設備のいずれも要求されている条文では、可搬型設備の機能も兼用した常設設備N台※2のみ設置する方針。

※2：N台:必要容量(／基)を満足する設備の台数、a台:故障時及び保守点検による待機除外時のバックアップの台数

(可搬型設備は一般産業品を想定されていたことから代替電源設備及び注水設備については信頼性の観点より2N+a台の配備を要求)

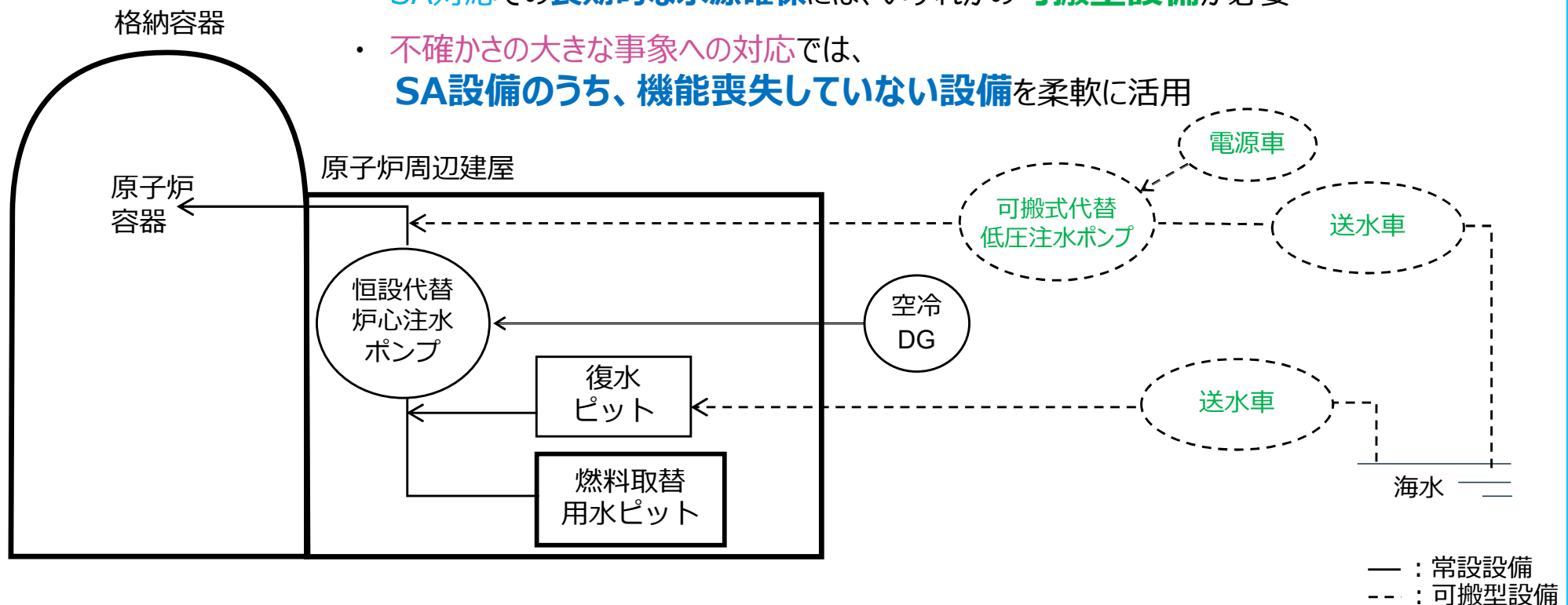
- 既設炉は、柔軟性等の特性を持つ**可搬型設備を基本としてSA事象を収束する**設計。
(時間的余裕のない場合(初期対応)は常設設備で対応)
- 新規規制基準を踏まえ想定される重大事故等を上回るような不確かさが大きな事象(以下、「不確かさが大きな事象」という。)への対応では、SA設備(基本は可搬型)のうち、機能喪失していない設備を柔軟に活用。

【既設炉(炉心注水の例)】

不確かさが大きな事象への対応

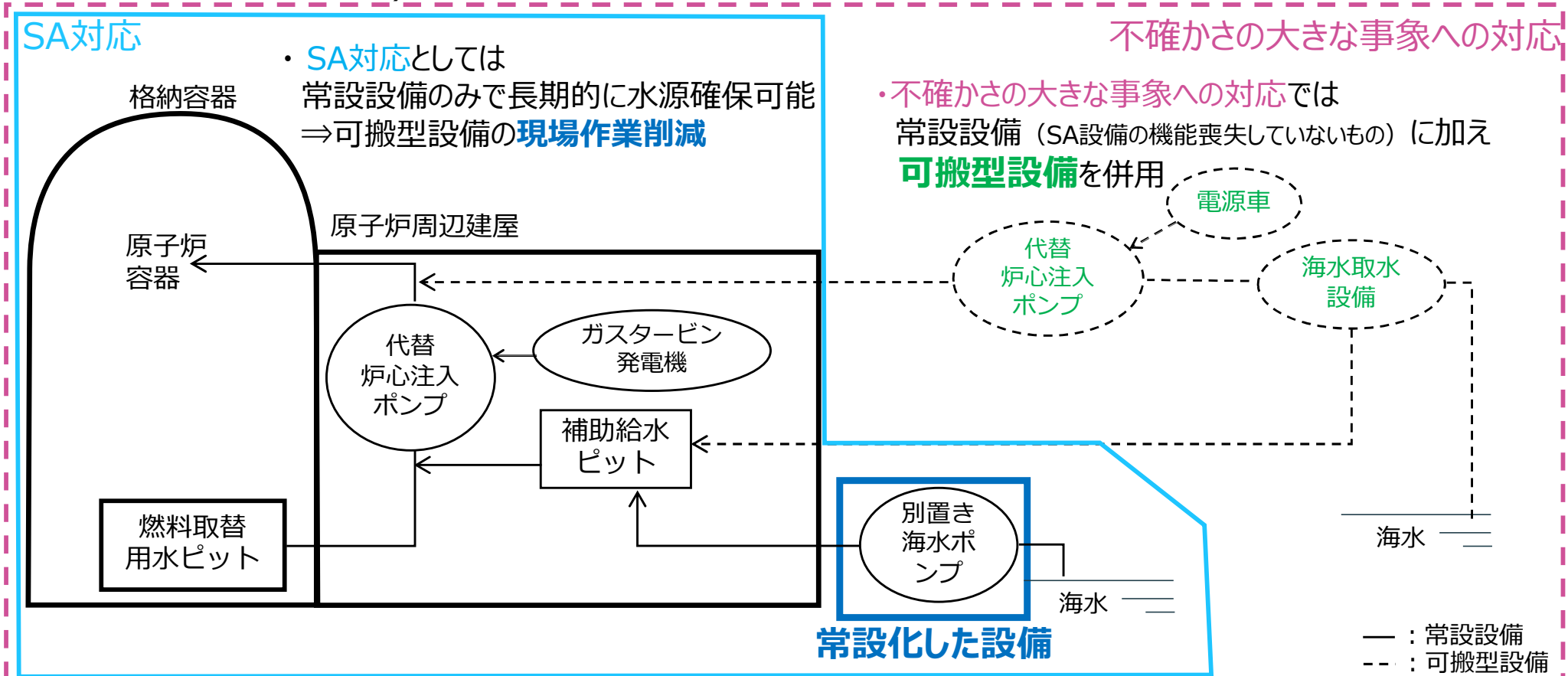
SA対応

- SA対応での**長期的な水源確保**には、いずれかの**可搬型設備**が必要
- **不確かさが大きな事象への対応**では、
SA設備のうち、機能喪失していない設備を柔軟に活用



- SRZ-1200は、**常設設備を基本としてSA事象を収束**する設計。
⇒ **現場作業の削減**により、**人的過誤の低減**、**対応時間の短縮等**が可能。
- 不確かさの大きな事象への対応では、**常設設備で使用可能なものに加え、「柔軟性」に優れた可搬型設備を併用**。

【SRZ-1200（炉心注水の例）】



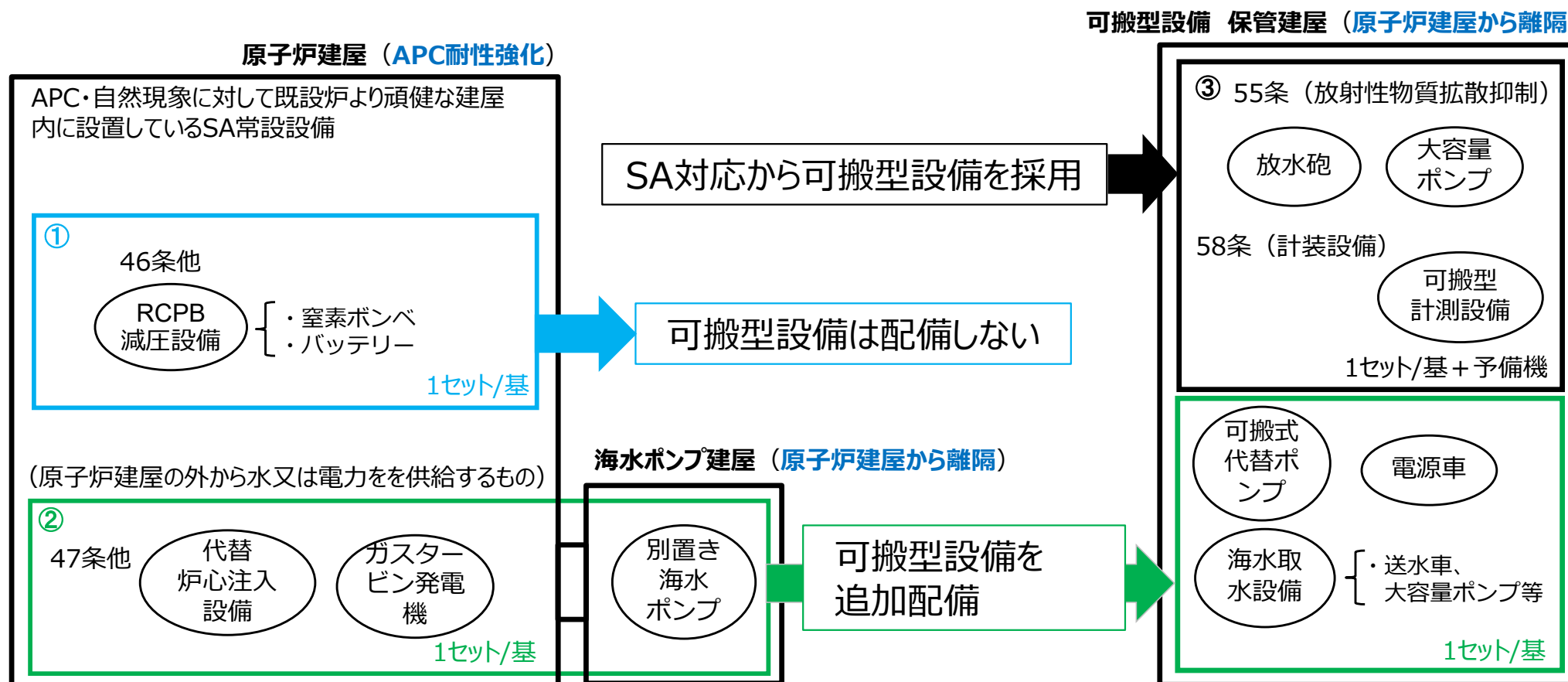
- SRZ-1200は、重大事故等発生時、常設設備を基本とした対応により事象収束を可能とする設計。
- プラント全体の信頼性を強化したうえで、不確かさの大きな事象に対し、**追加配備する可搬型設備の柔軟性を踏まえた対応を組み合わせ**、冗長性の確保により、**更なる信頼性向上を期待**。

【既設炉とSRZ-1200の比較（炉心注水の例）】

		SA設備（初期対応）		SA設備（事象収束対応）		追加設備 （更なる信頼性向上）	
既設炉 （例）	水源	常 設 設 備	燃料取替用水ピット	可 搬 型 設 備	海水 （送水車で仮設水槽に取水）	（なし）	
	ポンプ		恒設代替低圧注水ポンプ		可搬型 代替低圧注水ポンプ		
	電源		空冷DG		電源車		
SRZ- 1200	水源	常 設 設 備	格納容器内燃料取替用水ピット＋海水 （別置海水ポンプで海水を補助給水ピットへ追加注水）			可 搬 型 設 備	海水 （海水取水設備で取水）
	ポンプ		常設代替炉心注入ポンプ				可搬型 代替炉心注入ポンプ
	電源		ガスタービン発電機				電源車

- SRZ-1200では、不確かさの大きな事象への対応として、**可搬型設備を基本N台(1セット/基・機能兼用) 配備。**
 - ✓ ただし、SA常設設備を**頑健な建屋内に設置**している場合は**可搬型は不要**。(①)
 - ✓ **原子炉建屋の外から水又は電力を供給するもの**は可搬型を必ず確保。(②)

※ 設計段階から重大事故対策を考慮しても、原子炉施設の損壊部位などの想定が難しく、柔軟に使用するのが効果的なもの（設置許可基準規則第55条他）は既設炉同様、SA対応から可搬型を採用。(③)



- 前述の通り、SRZ-1200では深層防護の1～3層での設計基準事象の発生防止・緩和設備の一層強化を図るとともに、4層のSA設備については常設設備を基本とすることを検討している。
- SRZ-1200ではSA設備が常設設備となった設備については、常設SA設備としての基準に適合する必要がある。
- 常設SA設備を配備した上で、不確かさの大きな事象に備え、追加配備する可搬型設備については、既設炉における可搬型SA設備の要求事項がそのまま適用されるものではないと考えている。
- SRZ-1200において**常設SA設備と追加配備する可搬型設備が、既設炉の不確かさの大きな事象への対応と比較してどのような特性があるか**について、設置許可基準規則第四十三条における可搬型設備への要求事項に照らし、以下の事項に着目して整理を実施。
 - ＜着目する事項＞
 - A. 設備容量 B. 常設設備への接続口の考慮 C. 事故時の設置場所
 - D. 保管場所 E. 機能の共通要因故障への配慮
- なお、SRZ-1200において不確かさの大きな事象に備え、追加配備する可搬型設備については、常設SA設備を規制要求設備として備えることから、SA設備としての登録は実施しないものの、機能維持のために必要な保全を適切に実施する方針である。

- いずれの「着目する事項」の観点に対し、**SRZ-1200**と既設炉の不確かさの大きな事象への対応を比較しても**遜色ない対応または安全性が高まる対応方針**となっていると評価する。

着目する事項	既設炉における対応状況	SRZ-1200における対応方針
A.設備容量	原子炉補助建屋の外から水又は電力を供給する電源設備及び注水設備は、1基当たり2セット以上に加え、バックアップを確保。	- 電源設備及び注水設備については、原子炉補助建屋等に常設SA設備を設置。 - 加えて、不確かさの大きな事象に備え、可搬型設備を追加配備する方針であり、1基当たり常設SA設備1セットと可搬型設備1セットの計2セット以上確保。
B.常設設備への接続口の考慮	- 容易かつ確実に接続でき、規格の統一も考慮。 - 原子炉補助建屋の外から水又は電力を供給する電源設備及び注水設備と常設設備との接続口は複数箇所設置。	- 容易かつ確実に接続でき、規格の統一も考慮する方針。 常設SA設備については速やかに電源供給、注水可能なよう系統接続されている状況。 - 追加配備する可搬型設備1セットに対して複数の接続口を設置する方針。
C.事故時の設置場所	- 放射線量を踏まえて選定するが、放射線量が高くなるおそれがある場合は、追加の遮蔽の設置により、当該設備の設置及び常設設備と接続できる設計。 - 複数のアクセスルートを確保するとともに、早期に使用可能なルートを確認する措置を講じる。	- 追加配備する可搬型設備については、設置場所の放射線量を踏まえ、適切な防護措置を講じる方針。 常設SA設備については、中央制御室から遠隔で操作可能であり、被ばく等の影響が小さくなる設計とする方針。 - 複数のアクセスルートを確認するとともに、早期に使用可能なルートを確認する措置を講じる方針。
D.保管場所	自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響並びにDB設備及びSA設備の配置その他の条件を考慮した上で、常設SA設備と異なる保管場所に保管。	左記条件等を考慮した上で、常設SA設備と異なる場所に追加配備する可搬型設備を保管する方針。
E.機能の共通要因故障への配慮	可能な限り多様性、独立性及び位置的分散を考慮した設計。	追加配備する可搬型設備は、DB設備及び常設SA設備と可能な限り多様性、独立性及び位置的分散を考慮した設計とする方針。

※：詳細は「詳細説明資料 添付6 SRZ-1200における可搬型設備の設計方針について」を参照

- 既設炉は、建設時に重大事故を想定していない既存設備であることを考慮し、可搬型設備※で柔軟に重大事故に対応している。
- 一方、SRZ-1200は、DBを含めてプラント全体の信頼性を強化し、事象進展の可能性を低減する。設計段階から重大事故を想定した区画分離の強化や柔軟な配置による工夫をDB含めた常設設備に取り入れる。
- これにより、常設設備を基本とした重大事故対応を可能とするとともに、手順書の簡素化による人的過誤低減、操作性向上による事象の早期収束、作業の短時間化、被ばく低減及び十分な容量確保を図る。
- なお残る不確かさの大きな事象への対応として、設計段階にて考慮した想定を超える事象に対し、可搬型設備※¹による柔軟性のある対応を組み合わせる。
- 上記により、常設設備による重大事故対応については、設置許可基準規則および技術的能力審査基準※²の解釈に記載の措置を施した既設炉と同等以上の効果を有するものとなる。加えて、不確かさなどに対する信頼性を更に向上させることができる。

※ 1 : 『実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について』において、「可搬型設備の場合は、例えば想定していた配管が使えなくなった場合でも、他の配管への接続を試みることができるなど柔軟性があり、接続に要する時間は接続手法の改善で短縮が見込める上、作業環境も接続場所の分散などによって選択肢を広げる等の対策が可能となる。」と記載されている。

※ 2 : 設置許可基準規則側で「同等以上の効果を有する措置」である予見性を高められれば、技術的能力審査基準の解釈の要求事項に対しても、設置許可基準規則に基づいて整備される設備の手順等を整備することで、「同等以上の効果を有する措置」であることを説明可能と考える。

- 現在の解釈では、事象収束のために必要な設備として、可搬型重大事故等対処設備の配備又は同等以上の効果を有する措置が要求されている。
- 信頼性等に優れた常設設備による措置が、可搬型設備を基本とした対応にて求められる措置と「同等以上の効果を有する」と考えているが、被規制者である事業者の主張だけでは、規制の予見性向上にはつながらない。
- 本説明を受けて、規制者である原子力規制庁として、規制基準の解釈に対して懸念される事項等についてご意見いただき、その内容について双方の見解を踏まえ、議論させていただきたい。

【47条：原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備（例）】

設置許可基準規則	解釈	SRZ-1200の適合方針
（原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備） 第四十七条 発電用原子炉施設には、原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な設備を設けなければならない。	第47条（原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備） 1 第47条に規定する「炉心の著しい損傷」を「防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。 （1）重大事故防止設備 a) 可搬型重大事故防止設備を配備すること。 b) 炉心の著しい損傷に至るまでの時間的余裕のない場合に対応するため、常設重大事故防止設備を設置すること。 c) 上記a) 及びb) の重大事故防止設備は、設計基準事故対処設備に対して、多様性及び独立性を有し、位置的分散を図ること。	原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な設備を設ける設計とする。 第47条に規定する「炉心の著しい損傷」を「防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な設備」は以下に掲げる措置を有する設計とする。 常設重大事故防止設備を設置する。 炉心の著しい損傷に至るまでの時間的余裕のない場合および長期冷却に対応可能。 （代替炉心注入ポンプによる炉心注水） 常設重大事故防止設備は、設計基準事故対処設備に対して、多様性及び独立性を有し、位置的分散を図る設計とする。

【1.4：原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等（例）】

技術的能力審査基準	解釈	SRZ-1200の適合方針
1. 4 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等 発電用原子炉設置者において、原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な手順等が適切に整備されているか、又は整備される方針が適切に示されていること。	1「炉心の著しい損傷」を「防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な手順等」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための手順等をいう。 （1）原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時の冷却 a）可搬型重大事故防止設備の運搬、接続及び操作に関する手順等を整備すること。	原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な手順等を適切に整備するか、又は整備される方針を適切に示す。 「炉心の著しい損傷」を「防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な手順等」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための手順等を整備する。 既設炉では可搬型重大事故防止設備が役割を担っていた、長期冷却も可能な、常設重大事故防止設備の接続及び操作に関する手順等を整備する。これは、炉心の著しい損傷に至るまでの時間的余裕のない場合にも対応可能。（代替炉心注入ポンプによる炉心注水）

- 海外基準を調査した結果、重大事故等として想定する事象に対して常設設備を用いることは否定されていない。
- なお、重大事故等を超えた不確かさの大きな事象への対応としての可搬型設備の設置要求や活用を認めているものもあるが、重大事故等対策として可搬型設備の設置を要求するものではない。

基準文書	分類	調査結果
10CFR50.155	米国規制	設計想定外の外部事象や大規模損壊時に炉心冷却機能、格納機能及び SFP 冷却機能の維持を求められており、これを受けた RG1.126 及び NEI12-06 において可搬型設備を活用を認めているが、可搬型に限定する設置要求ではないことから本規制に適合しているといえる。
SSR-2/1	IAEA 安全基準	CV からの熱除去、電源、SFP 冷却に対して可搬設備を使用できるようにする機能が要求されている。革新軽水炉では恒設設備を主とするが、事故シナリオの不確かさへの対応のため可搬設備も設置しこれらの機能は確保する（計画）ことから、本規制に適合しているといえる。
TECDOC-1791	IAEA 技術文書	設計で考慮する全ての状態は恒設設備で対応し、可搬設備はあくまで補助的手段との考え方であり、革新軽水炉の考え方と同等。
IAEA SSG-68	IAEA 安全基準	設計基準外の外的事象時に可搬設備に期待する場合の可搬設備の信頼性や実用性に関する要求があるが、可搬設備を要求するものではなく、革新軽水炉の方針を否定するものではない。
Regulatory Guides on nuclear safety (YVL B.1)	フィンランド 規制	DEC C（稀な外部事象。炉心損傷防止の範囲）にて、可搬設備を使用する場合は事故後 8 時間以降との条件あり。可搬設備の設置を求めているものではなく、革新軽水炉の方針を否定するものではない。