

原子力発電部会 「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ

【第1回議題】

WGで議論する項目の抽出(新設炉に対する課題)

2018.7.23

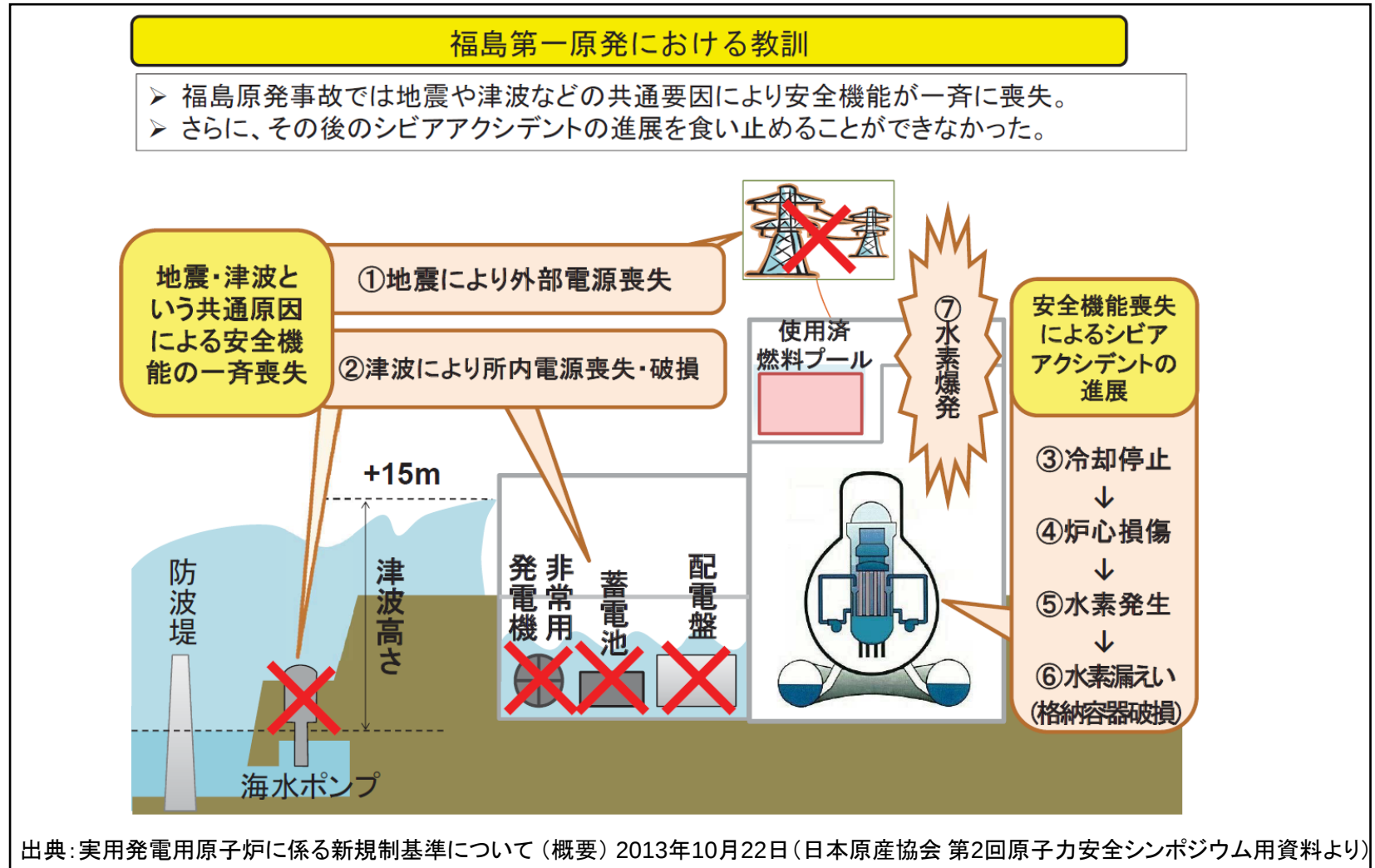
目次

1. 軽水炉に必要な機能要求
2. 既設炉における新規制基準対応(大飯3,4号機の例)
3. 既設炉の安全対策を新設炉に展開する上での議論の優先度
4. 新設炉に求められる技術要件に対する論点
5. 抽出された論点と議論内容

1. 軽水炉に必要な機能要求(1／3)

✓ 福島第一原発事故の教訓

- 共通要因により安全機能が一斉に喪失
- シビアアクシデントの進展を食い止めることができなかった



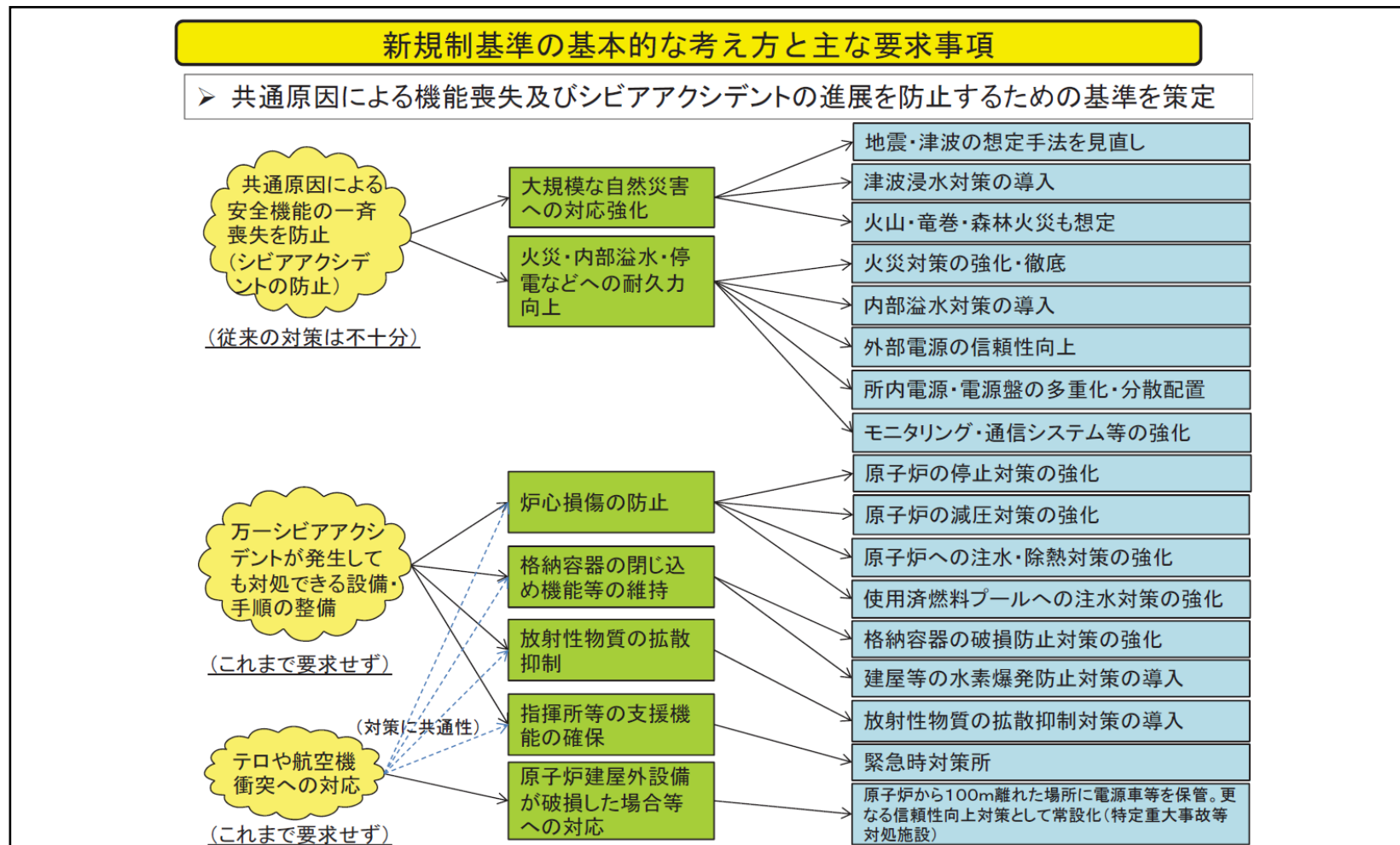
1. 軽水炉に必要な機能要求(2/3)

✓ 福島第一原発事故の再発防止に必要な機能要求

- 共通要因による安全機能喪失の防止
- シビアアクシデントの進展防止



具体的な要求事項を整理

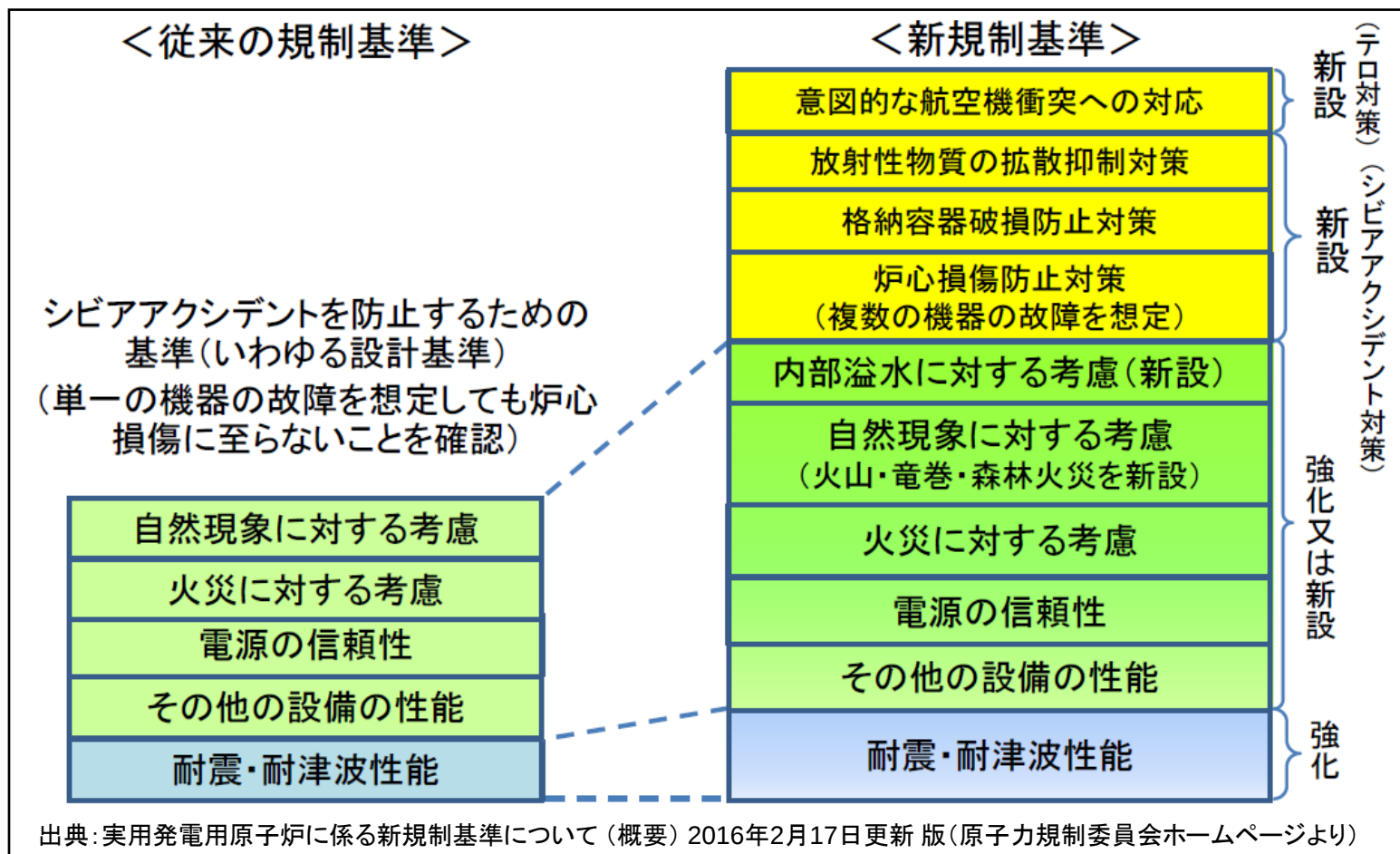


出典: 実用発電用原子炉に係る新規規制基準について (概要) 2013年10月22日 (日本原産協会 第2回原子力安全シンポジウム用資料より)

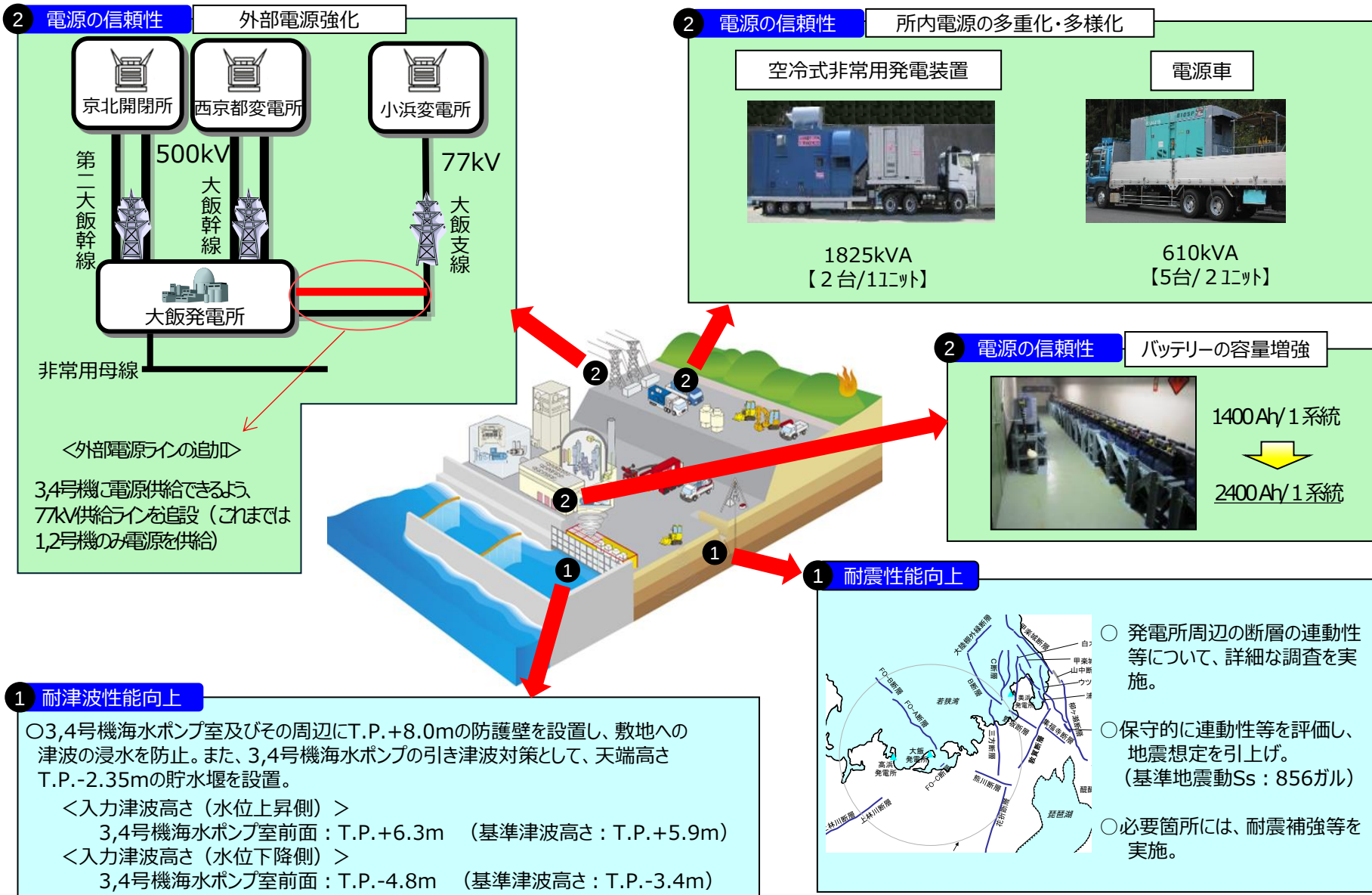
1. 軽水炉に必要な機能要求(3／3)

- ✓ 福島第一原発事故を再発させないために必要な機能要求は、従来の規制基準に新設／強化される形で、新規制基準に取り込まれた

- 共通要因による安全機能喪失の防止 → 強化又は新設
- シビアアクシデントの進展防止 → 新設



2. 既設炉における新規規制基準対応(大飯3,4号機の例) (1/3)

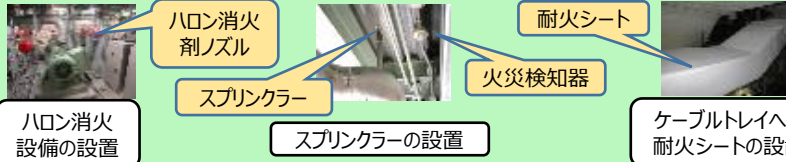


2. 既設炉における新規規制基準対応(大飯3,4号機の例) (2/3) 関西電力 power with heart

3 火災に対する考慮

○火災の影響軽減の各防護対策を追加実施

- ・ケーブル等に耐火シートを巻き付け
- ・異なる種類の火災検知器やハロン消火設備に加え、スプリンクラー等を追加設置



4 自然現象に対する考慮

森林火災対策

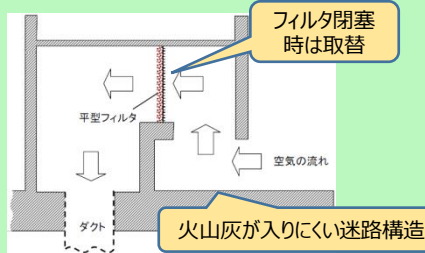
- 森林火災の延焼を防ぐため、発電所施設周辺の樹木を伐採し、幅18mの防火帯を確保。



4 自然現象に対する考慮

火山対策

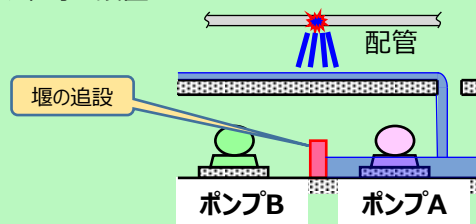
外気取入口へのフィルタ設置



5 内部溢水に対する考慮

○溢水の影響軽減の各防護対策を追加実施。

- ・壁、水密扉、堰等の設置



6 その他の設備の性能

アクセスルート確保

○がれき撤去用重機を配備

※多種配備により瓦礫撤去機能強化



4 自然現象に対する考慮

竜巻対策

○飛来物から機器を守るために竜巻対策設備※を設置

※：過去の日本最大竜巻（92m/秒）を上回る、風速100m/秒の竜巻が発生した場合に、鋼製材が飛来すると想定。



2. 既設炉における新規規制基準対応(大飯3,4号機の例) (3/3)

7 炉心損傷防止対策 (使用済燃料プール内燃料損傷防止)

恒設代替低圧注水ポンプ



150m³/h
【1台/1ユニット】

可搬型代替低圧注水ポンプ



150m³/h
【4台/2ユニット+予備1台】

使用済燃料冷却手段

送水車



300m³/h
【5台/2ユニット】

海水取水手段の多様化

大容量ポンプ



1800m³/h (3台)
【2台/2ユニット+予備1台】

海水ポンプモータ予備



【1台/1ユニット】

8 格納容器破損防止対策

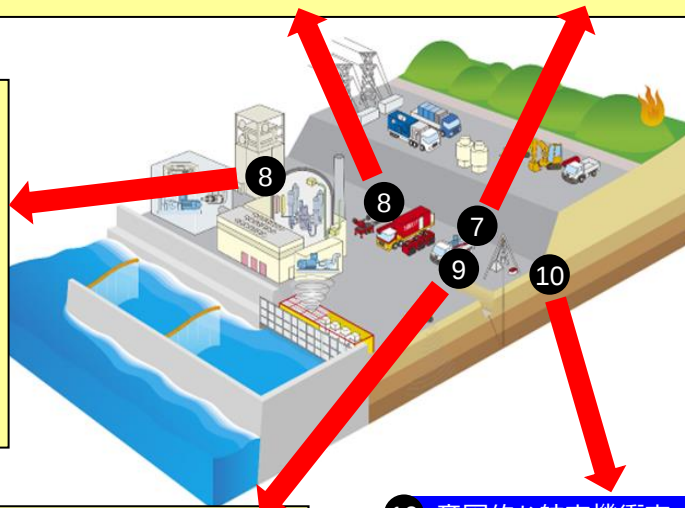
水素爆発防止対策



静的触媒式水素再
結合装置 (PAR)
【5台/ユニット】

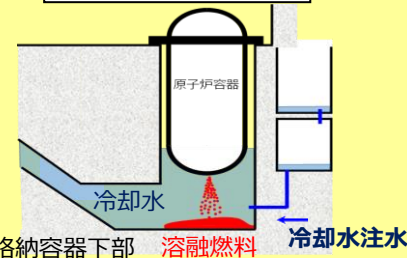


原子炉格納容器水素
燃焼装置 (イグナイタ)
【14台/ユニット】



8 格納容器破損防止対策

溶融炉心冷却対策



9 放射性物質の拡散抑制対策



○放水砲
(大気拡散抑制)
【3台/2ユニット】



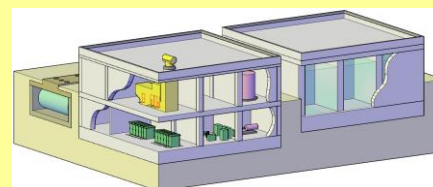
○大容量ポンプ
(放水砲専用)
【2台/2ユニット】



○シルトフェンス
(海洋拡散抑制)

10 意図的な航空機衝突への対応

特定重大事故等対処施設の設置



頑健な建屋
又は
必要な離隔距離
(例えば100m以上)

3. 既設炉の安全対策を新設炉に展開する上での議論の優先度(1/2)

- 新規制基準で新設／強化された規制要求に対し、新設炉では設計段階から考慮することで、より安全に機能要求の達成が可能であり、次期軽水炉に展開する上での議論の優先度が高い規制要求を抽出

	新規制基準で新設／強化された規制要求	既設炉の安全対策	新設炉への展開	議論の優先度
①	耐震・耐津波性能	◆ 発電所周辺の詳細な調査に基づく基準地震動の引き上げや、基準津波高さの評価を踏まえた対策(耐震補強、海水ポンプ室及びその周辺に防潮堤や止水壁を設置)を実施	新設炉でも既設炉の安全対策と同様な考え方で、設定した地震動に対する耐震性や津波高さに対する対策を設計段階から織り込むことで安全性の強化並びに合理的な対策(建屋壁の増厚、建屋の埋込効果、敷地のドライサイト化)を実現可能であり、議論の優先度は低い	—
②	電源の信頼性	◆ 外部電源ラインの追加(大飯3,4号機の例) ◆ 可搬型設備での対応を基本とし、所内電源の多重化・多様化(空冷式非常用発電装置の配備、電源車の配備)	新設炉として設計段階から対処設備の系統構成・配置の工夫など柔軟に対応可能であり、機能要求への対応方法に対し、最適化の余地(多様性を有した恒設設備の位置的分散配置)があり、優先度は高い	○
③	火災に対する考慮	◆ 火災影響軽減対策設備(耐火シート、火災検知器／自動消火設備)の追加	新設炉でも既設炉の安全対策と同様な考え方で、内部火災対策を設計段階から織り込むことで安全性の強化並びに合理的な対策(トレン間の区画分離を徹底した配置計画)を実現可能であり、議論の優先度は低い	—
④	自然現象に対する考慮	発電所周辺の詳細な調査に基づく火山灰到達の可能性、竜巻(風荷重、飛来物)、森林火災の影響評価・対策として、以下を実施 ◆ 火山対策: 外気取込口へのフィルタ設置 ◆ 竜巻対策: 防護ネットや鋼板で防護 ◆ 森林火災対策: 施設周辺に防火帯を確保	新設炉でも既設炉の安全対策と同様な考え方で、設定した火山、竜巻、森林火災に対する対策を設計段階から織り込むことで、安全性の強化並びに合理的な対策(堅牢な建屋、防火帯等)を実現可能であり、議論の優先度は低い	—
⑤	内部溢水に対する考慮	◆ 溢水源からの溢水による影響(没水、被水、蒸気)を評価し、対策(壁、水密扉、堰等の設置)を実施	新設炉でも既設炉の安全対策と同様な考え方で、内部溢水対策を設計段階から織り込むことで安全性の強化並びに合理的な対策(高エネルギー配管のルーティングエリアの限定や配管等の耐震性強化により、実質的に溢水の考慮を不要とする計画、またトレン間の区画分離を徹底した配置計画)が実現可能であることから、議論の優先度は低い	—

3. 既設炉の安全対策を新設炉に展開する上での議論の優先度(2/2)

	新規制基準で新設／強化された規制要求	既設炉の安全対策	新設炉への展開	議論の優先度
⑥	その他の設備の性能	◆ アクセスルートの確保対策として、がれき撤去用重機(ブルドーザー)を配備 ◆ 緊急時対策所の耐性強化、通信の信頼性・耐久力の向上、計測系の信頼性・耐久力の向上	アクセスルートの確保対策については、新設炉／既設炉に関わらず、設備設計の選択肢は多くなく、議論の優先度は低い また、緊急時対策所の耐性強化等については設計段階から既設炉の安全対策と同様な考え方を織り込むことで安全性の強化並びに合理的な対策が可能であり、議論の優先度は低い	—
⑦	炉心損傷防止対策 (使用済燃料プール(SFP)内燃料損傷防止対策)	◆ 可搬型設備での対応を基本とし、炉心冷却手段、SFP内燃料冷却手段、最終ヒートシンクを多様化	新設炉として設計段階から対処設備の系統構成・配置の工夫など柔軟に対応可能であり、機能要求への対応方法に対し、最適化の余地(多様性を有した恒設設備の位置的分散配置)があり、優先度は高い	○
⑧	格納容器破損防止対策	◆ 可搬型設備での対応を基本とし、格納容器冷却・減圧・放射性物質低減手段および過圧破損防止手段の多様化 ◆ 溶融炉心を冷却する格納容器下部注水設備(ポンプ車、ホース等)の配備 ◆ 水素爆発防止対策設備の配備	新設炉として設計段階から対処設備の系統構成・配置、原子炉容器下部の構造の工夫など柔軟に対応可能であり、機能要求への対応方法に対し、最適化の余地(多様性を有した恒設設備の位置的分散配置)があり、優先度は高い	○
⑨	放射性物質の拡散抑制対策	可搬型設備での対応を基本として以下を配備 ◆ 放水砲 ◆ 放水砲用大容量ポンプ ◆ シルトフェンス	新設炉でも既設炉の安全対策と同様な考え方で、放射性物質の拡散抑制対策については、想定を大きく超える事象への対応となるため、新設炉／既設炉に関わらず、可搬型での対応が基本となるため、議論の優先度は低い	※
⑩	意図的な航空機衝突への対応	◆ 設計基準事故対処設備、重大事故等対処設備とは独立した特重設備を、本館から独立して配置	新設炉として設計段階から建屋頑健化、分散配置・区画分離の徹底など柔軟に対応可能であり、機能要求への対応方法に対し、最適化の余地(頑健な建屋への収容、分散配置)があり、優先度は高い	○

※本項目は単独の議論の優先度は低いが、深層防護の観点から、⑦炉心損傷防止対策、⑧格納容器破損防止対策と合わせた議論が必要であり、優先度高として抽出する

4. 新設炉に求められる技術要件に対する論点(1/2)

- 次期軽水炉への展開に際し、新設炉として設計段階から柔軟に対応可能であり、議論の優先度の高い機能要求を、より安全で、より合理的に達成するための論点を整理

	議論対象	安全対策	既設炉での対応状況	新設炉の取りうる選択肢	論点
②	電源の信頼性	外部電源強化	独立した異なる2以上の変電所等に2回線以上の送電線により接続し受電設備の号機間の融通を実施	基本的に既設炉と同様の対応を志向	—
		所内交流電源強化	多重性のある恒設非常用電源に加え、多様性のある恒設発電機+可搬型発電機を追加	設計拡張事象に対してヒューマンエラー低減等を目的に多様性を有した恒設設備を基本とした対応を主としつつ、フレキシビリティが高い可搬型設備を適切に組み合わせる対応が考えられる	論点① シビアアクシデント(SA)対策の機能要求と深層防護の実装のあり方
		所内直流電源強化	恒設バッテリーの容量増に加え、多様性のある可搬型直流電源+第3系統目の恒設直流電源を追加		
⑦	炉心損傷防止対策 (使用済燃料プール(SFP)内燃料損傷防止対策)	原子炉停止失敗時の対策	化学体積制御系もしくは非常用炉心冷却系によるほう酸注入機能設備を整備	緊急ほう酸注入系によるほう酸注入機能設備を整備	—
		原子炉冷却機能喪失時の対策(高圧時)	全交流電源喪失かつ恒設直流電源喪失を想定し、タービン動補助給水ポンプによる冷却が出来るように可搬式バッテリーを用いた現場操作を行う。	設計拡張事象に対してヒューマンエラー低減等を目的に多様性を有した恒設設備を基本とした対応を主としつつ、フレキシビリティが高い可搬型設備を適切に組み合わせる対応が考えられる	論点①
		原子炉減圧機能喪失時の対策	駆動源として主蒸気逃し弁、加圧器逃し弁に可搬型設備(窒素ポンプ)を配備		
		原子炉冷却機能喪失時の対策(低圧時)	冷却設備として恒設設備を配備。ただし、規制基準要求があり可搬型設備を配備。		
		SFP内燃料冷却機能喪失時の対策	SFP保有水維持のため可搬型設備での対応を基本とし、可搬型ホース及び送水車を配備		
		最終ヒートシンク喪失時の対策	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための可搬型大容量ポンプを配備		

4. 新設炉に求められる技術要件に対する論点(2/2)

	議論対象	安全対策	既設炉での対応状況	新設炉の取りうる選択肢	論点
⑧	格納容器破損防止対策	格納容器内冷却・減圧・放射性物質低減対策	可搬型注入ポンプや恒設電動注入ポンプによる格納容器スプレイ	設計拡張事象に対してヒューマンエラー低減等を目的に多様性を有した恒設設備を基本とした対応を主としつつ、フレキシビリティが高い可搬型を適切に組み合わせる対応が考えられる	論点①
		格納容器過圧破損防止対策	可搬型大容量ポンプによる再循環ユニットへの海水供給		
		水素爆発防止対策	静的触媒式水素再結合装置(PAR)及び水素燃焼装置(イグナイタ)の設置	基本的に既設炉と同様の対応を志向	—
		熔融炉心冷却対策	ウェットキャビティ方式	水蒸気爆発の可能性排除を考慮し、欧州の新設炉で適用されているドライ型の熔融炉心対策設備の適用も選択肢として考えられる	論点③ 国内での熔融炉心対策の新技術(ドライ型)の適用性
⑨	放射性物質の拡散抑制対策	放射性物質の放出抑制対策	可搬型設備での対応を基本とし、放水砲、放水砲用大容量ポンプ、シルトフェンスを配備	ヒューマンエラー低減等を目的に多様性を有した恒設設備による対応も可能であるが、事象想定が困難な大規模放出等への対応としては可搬型設備を基本とした対応が考えられる(既設炉と同様)	論点①※
⑩	意図的な航空機衝突(APC)への対応	APCも含むテロ対策	設計基準事故対処設備、重大事故等対処設備とは独立な特重設備を、本館から独立して配置	APCを含むテロ対策を設計段階から織り込み、プラント全体としての深層防護の実装の最適化を図る	論点② 新設炉における特定重大事故等対処施設の機能要求並びに深層防護の実装のあり方

※本項目単独では既設と同様であり、論点は少ないが、深層防護の観点から、⑦炉心損傷防止対策、⑧格納容器破損防止対策と合わせて論点として整理した

5. 抽出された論点と議論内容

- 新規規制基準で新設/強化された規制要求に対して、新設炉として設計段階から柔軟に対応可能な項目として抽出された論点について、議論する内容を以下の通り整理

	抽出された論点	議論案	議論の内容	調査専門委員会※の議論との関連性
1	シビアアクシデント(SA)対策の機能要求と深層防護の実装のあり方	恒設及び可搬型SA設備の取扱い	新規規制基準では、SA対策として一部の安全機能に可搬型設備の設置が要求されている。 次期軽水炉では、共通要因故障によってSAに至る可能性が想定される外部事象に対して多様性を有し、且つ設備信頼性が高く現場操作が不要で事故後早期の対応が可能な恒設設備による合理的な設計が可能であり、恒設設備を中心とした対応を検討している。 一方で、可搬型設備は、フレキシビリティが高いという恒設設備とは異なる利点を有しており、想定外の事象への対応には有効であると考えられる。 そこで、SAに対応する安全機能を整理し、深層防護の実装の観点で各深層防護レベル間の設備構成を最適化することを踏まえ、恒設／可搬設備のあり方を議論する。	関連する技術要件は「深層防護の実装」 例えば、4.2.4 (3)「各防護レベルの独立性の考慮」の議論として以下の視点が示されている。 ✓ 設計基準を超える外部事象時の放射性物質の放出防止と同時に行う事象進展を遅らせる対策 ✓ 広義の独立性を確保するために恒設設備と同時に可搬型設備を配備
2	新設炉における特定重大事故等対処施設の機能要求と深層防護の実装あり方	特重設備の取扱い	新規規制基準では、特重事象(APC、テロ等)時に格納容器を防護するための施設として特重施設の設置が要求されているが、この特重施設は同じ安全機能を有する設計基準(DB)／SA設備とは独立性を有した設備の設置が要求されている。 次期軽水炉では、DB／SA設備に対し設計段階から特重事象も考慮した設備対応を実施することが可能である。 そこで、深層防護の実装の観点から新規規制基準で要求される安全機能を整理し、物理障壁を考慮した次期軽水炉での特重施設のあり方を議論する。	関連する技術要件は「深層防護の実装」と「(外部事象の作用の為の)物理障壁」 例えば、4.4.7「物理障壁間の関係、全体設計の視点」にて、極大事故時の公衆への影響が少なくなるような損傷制御設計、敷地全体の最適設計を目指した物理障壁の最適化といった視点が示されている。
3	国内での熔融炉心冷却対策の新技术(ドライ型)の適用性	熔融炉心冷却	新規規制基準では、熔融炉心冷却につき格納容器下部注水設備を整備することが要求されており、速やかな冷却が可能なウェットキャビティ方式による熔融炉心冷却を前提としているような記載となっている。一方、欧州の新設炉では水蒸気爆発のリスクを排除可能なドライ型コアキャッチャーが導入されている。 そこで、深層防護の実装の観点で新技术(ドライ型コアキャッチャー)の適用も選択肢として、熔融炉心冷却方式の適用性について議論する。	関連する技術要件は「深層防護の実装」

※調査専門委員会:「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会