

プラント側審査における 事業者との議論例

～ 審査現場における規制側と事業者のコミュニケーション ～

令和 3 年 3 月 5 日

継続的な安全性向上に関する検討チーム 正岡秀章

事 例

1. 緊急時対策所に係る議論
2. 防潮堤に係る議論
3. 非難燃ケーブルに係る議論
4. イグナイタ（水素燃焼設備）に係る議論
5. 原子炉格納容器の放射性物質の除去能力に係る議論
6. 配管支持間隔の設定方法に係る議論

※本資料は作成者個人の見解です。

また、図表については、審査会合における事業者資料を抜粋・一部修正加筆しています。

1. 緊急時対策所に係る議論【東京電力HD柏崎刈羽6/7】

～審査途中に事業者自らが複数回設計を変更した事例～

<概要>

- 規制基準では、事故対応の的確な指揮ができるよう地震や津波の影響を受けない緊急時対策所の設置を求めている。
- 柏崎刈羽原子力発電所では、一般的に地震に強いとされる免震構造の緊急時対策所を、津波の影響を受けないよう防潮堤の内側に設置する計画としていた。
- 緊急時対策所の免震設計の妥当性や防潮堤の構造成立性について確認が必要である。
- 本議論は、審査途中に、事業者自らが何度も設計を変更した事例である。

<規制側と事業者の議論>

① H25.9.27当初申請

免震構造の緊急時対策所を計画



【事業者】解析を実施したところ、一部の基準地震動に対して免震設計の許容値を満たさないことを確認

② H26.11.13審査会合

免震構造の緊急時対策所に加え、3号機建屋内にも緊急時対策所を設置



【規制側】3号機前面にある防潮堤の構造成立性の観点から、地盤の液状化特性等のデータ及び解析による構造検討を求めた。

③ H28.10.13審査会合

液状化現象により防潮堤が機能喪失する可能性があるため、3号機建屋内緊急時対策所を高台の5号機建屋内緊急時対策所に変更



【事業者】過去の解析結果より、すべての基準地震動に対して免震設計の許容値を満たさないことを説明
【規制側】過去の説明内容と異なることから、事実関係、原因・対策等について説明を求めた。

④ H29.2.21審査会合

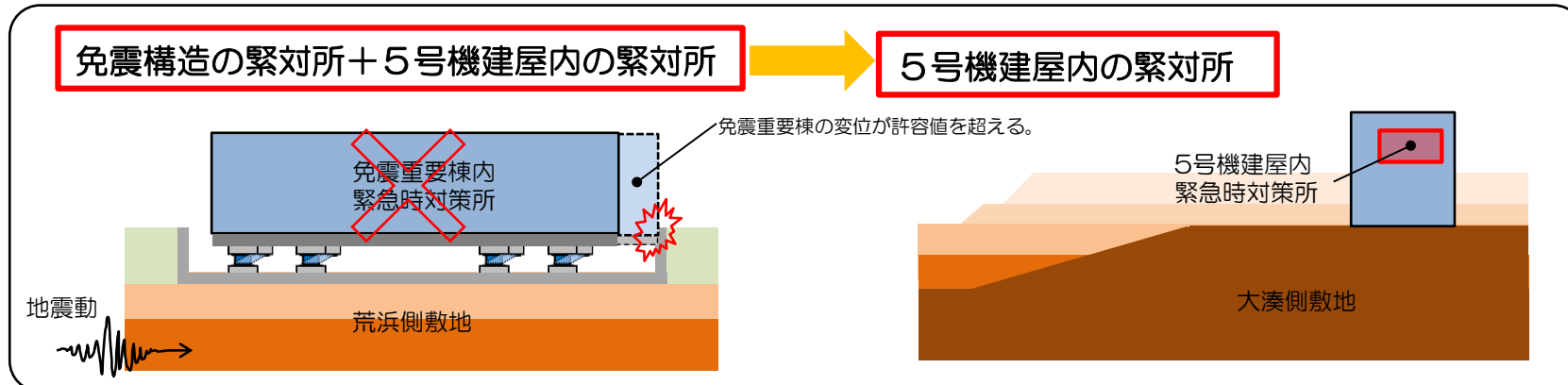
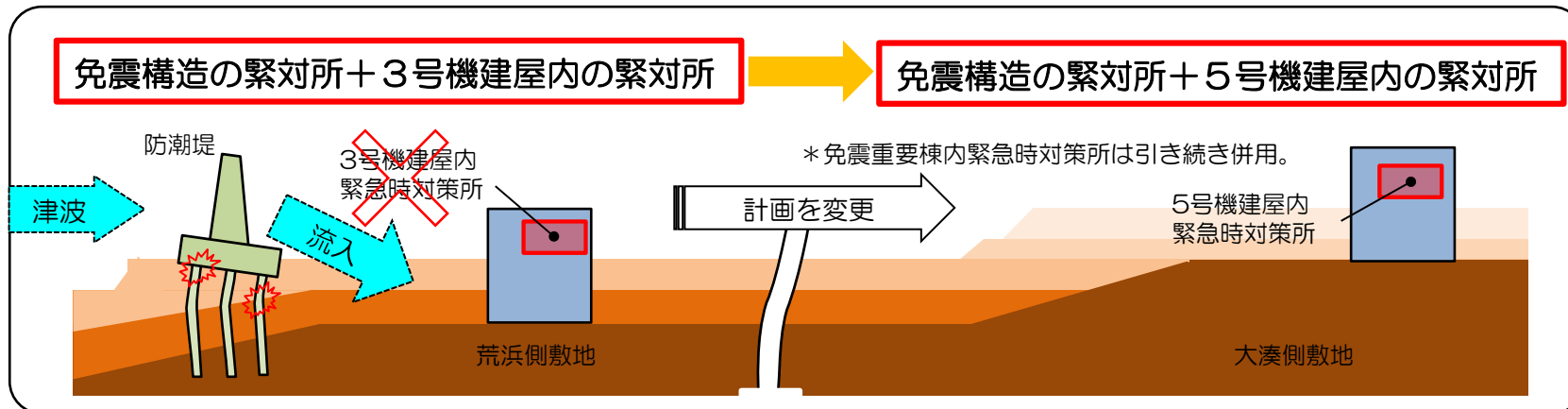
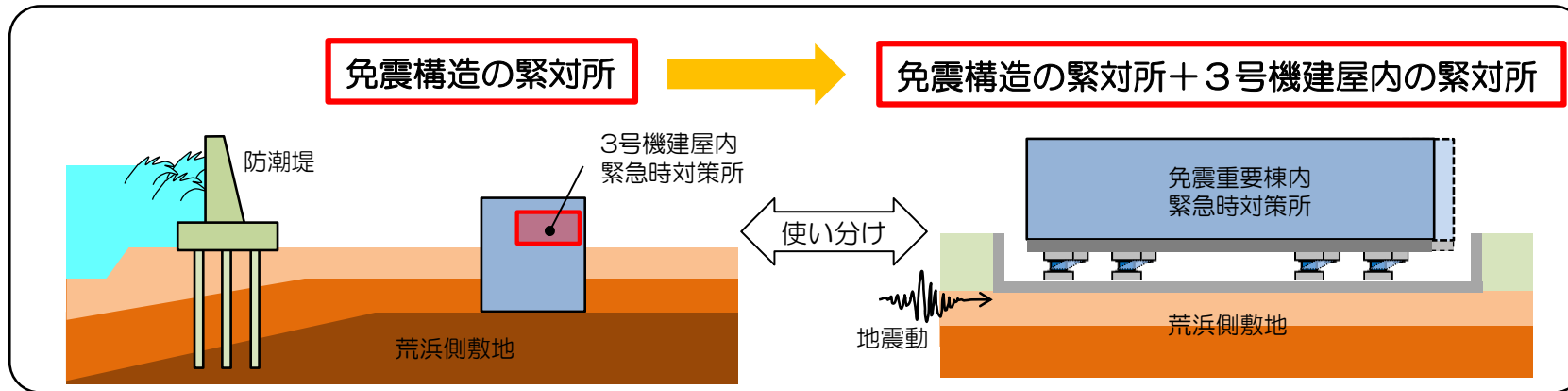
免震構造の緊急時対策所を自主設備に変更し、5号機建屋内緊急時対策所に一本化

➤ 【事業者】なぜ免震構造の緊急時対策所の耐震解析を実施せずに申請したのか？（免震構造は一般的に耐震性が高いため？社内での情報共有・品質管理体制は？）

➤ 【規制側】基準解釈に記載した「免震機能等により、緊急時対策所の機能を喪失しないように」という文言が誤解を与えた可能性はないか？（免震構造が前提と捉えられた可能性はないか？）

1. 緊急時対策所に係る議論【東京電力HD柏崎刈羽6/7】

～審査途中に事業者自らが複数回設計を変更した事例～



2. 防潮堤に係る議論【日本原子力発電東海第二】

～追加説明要求に対し、事業者が設計変更で回答した事例～

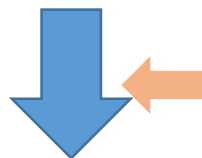
<概要>

- 規制基準では、津波襲来時でも原子炉の安全を確保できるよう原子力発電所の敷地に津波が遡上しないことを求めている。
- 東海第二発電所は、太平洋側に面しており、想定される津波高さが高く、敷地に遡上する可能性があることから、敷地前面に防潮堤を設置する計画としていた。
- 防潮堤には、津波襲来時に津波による大きな荷重が作用するため、それに耐えられるよう頑丈な構造にする必要がある。
- 本議論は、審査を踏まえ、防潮堤の構造が変更された事例である。

<規制側と事業者の議論>

① H26.5.20当初申請

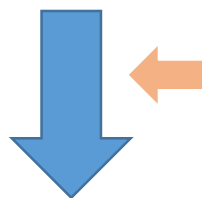
セメント固化の盛土構造の防潮堤（盛土防潮堤）を計画



【規制側】津波は地震後に襲来することから、地震による構造変化を踏まえた防潮堤の構造成立性について説明することを求めた。

② H29.4.13審査会合

耐震裕度向上の観点から、鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造（摩擦杭形式）に変更。津波荷重に耐えるため杭と地面との摩擦力に期待。



【規制側】地盤の一部に液状化の可能性を否定できないことから、液状化した場合でも摩擦杭が必要な摩擦力を有すること&地盤データが限られていることを踏まえ物性値の不確かさを考慮した構造成立性について説明を求めた。

③ H29.7.13審査会合

液状化現象による摩擦力の低減可能性等を踏まえ、杭を直接岩盤まで到達させる鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造（岩着杭形式）に変更。これにより、液状化を仮定しても十分な支持力を有する構造とした。

➤ 【事業者】なぜ最初から頑丈な防潮堤「岩着杭形式」を計画しなかったのか？（基準要求レベルの誤認？先行プラントにおける議論の勉強不足？）

➤ 【事業者】データの拡充等により説明しきる方法は否定されないが、なぜ諦めたのか？（データ拡充等に時間がかかる？説明を聞いて貰えないと思った？）

2. 防潮堤に係る議論【日本原子力発電東海第二】

～追加説明要求に対し、事業者が設計変更で回答した事例～

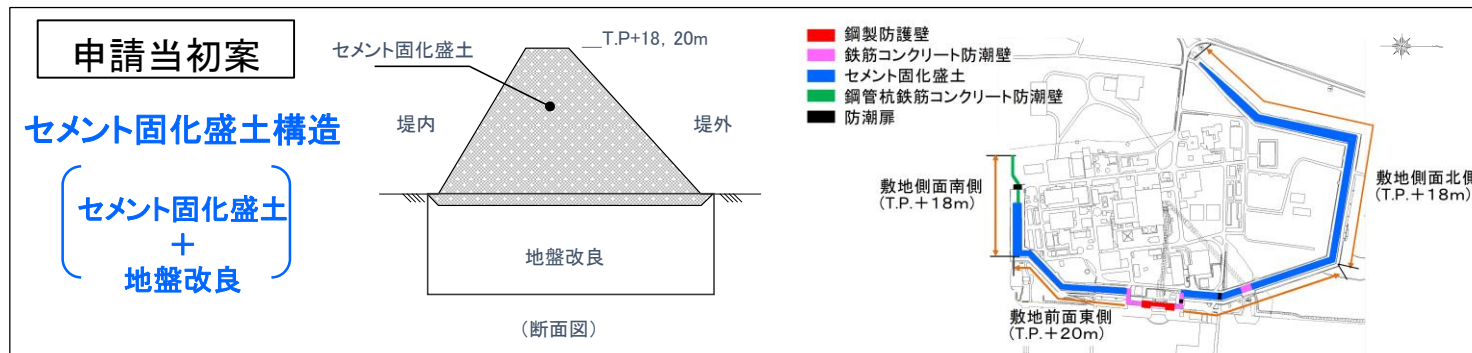


図1. 申請当時（H26.5.20）のセメント固化盛土構造

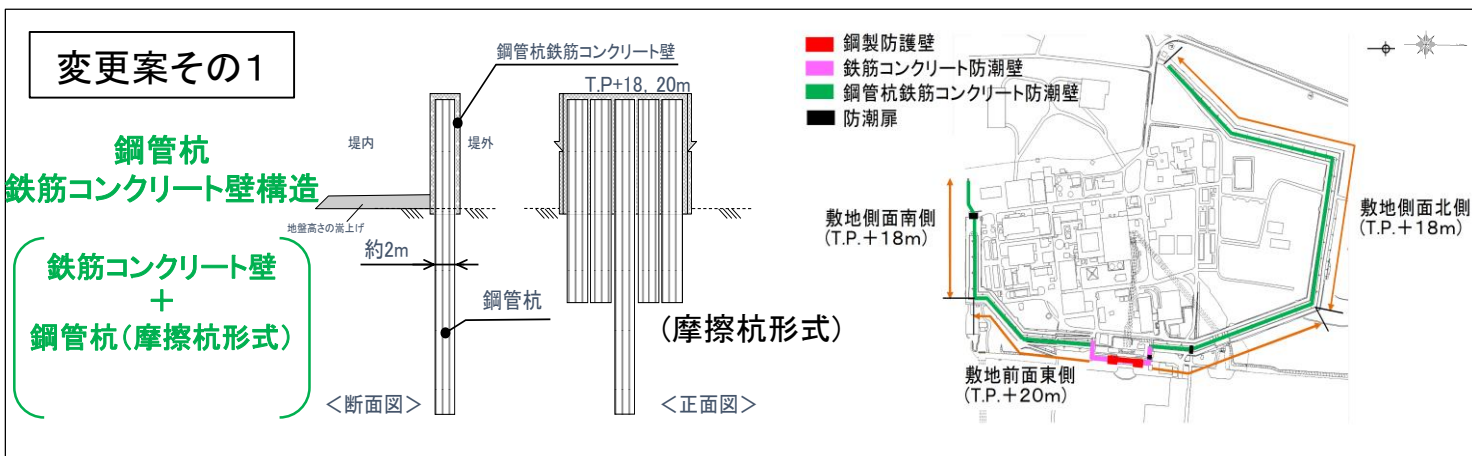


図2. 鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造（摩擦杭形式）

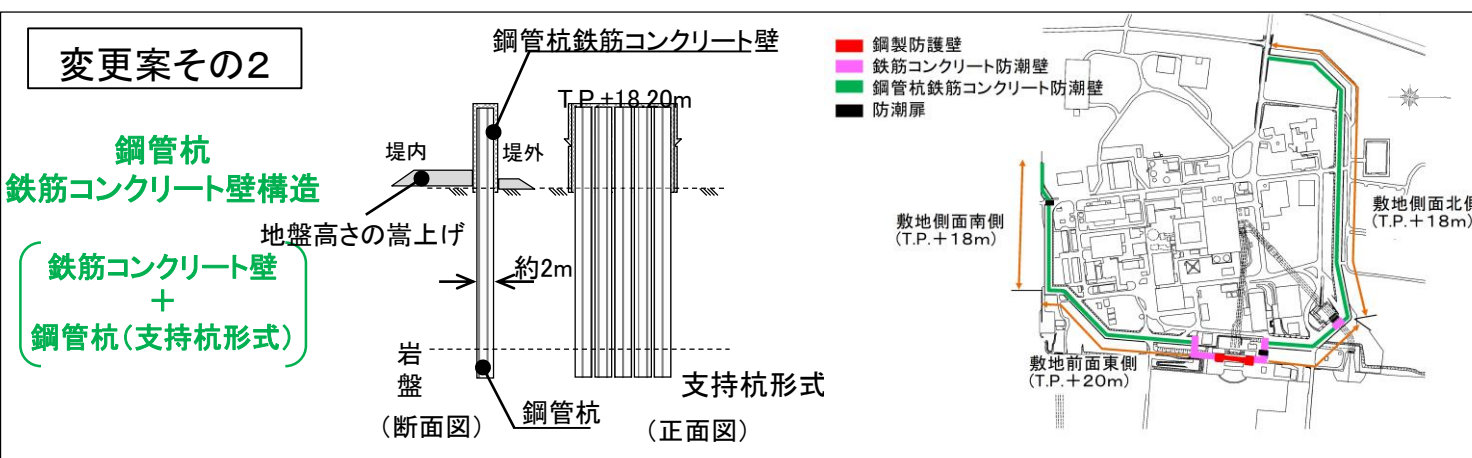


図3. 鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造（岩着支持杭形式）

H29.4.13審査会合にて構造変更

H29.7.13審査会合にて構造変更
※構造等の変更に伴い、地下水位上昇の懸念から防潮堤ルートを見直し

3. 非難燃ケーブルに係る議論【関西電力高浜1 / 2等】

～追加説明要求に対し、事業者が設計変更で回答した事例～

<概要>

- 規制基準では、火災発生防止の観点から、ケーブル類は原則難燃ケーブルを使用することを求めている。
- 高浜発電所1 / 2号機等では、建設当初に敷設した膨大なケーブル類は非難燃ケーブルを使用していることから、防火塗料を上から塗布する計画としていた。
- 難燃ケーブルと同等の難燃性を示すには、施工性も含めた防火塗料の均一性や実証試験による確認が必要である。
- 本議論は、審査を踏まえ、非難燃ケーブルの難燃性の確保方法が変更された事例である。

<規制側と事業者の議論>

① H27.3.17当初申請

非難燃ケーブルに防火塗料を塗布することを計画



【規制側】施工性及び維持管理の観点から、防火塗料の均一性や耐久性、悪影響などについて説明を求めた。

② H27.6.16審査会合

施工性等の観点で信頼性が高い、ケーブルトレイに防火シートを巻き付ける方式（複合体）に一本化。耐延焼試験の追加実施を計画



【規制側】規制基準では、原則難燃ケーブルを使用することを求めているため、ケーブルを取り替えず複合体とする範囲及びその考え方について説明を求めた。

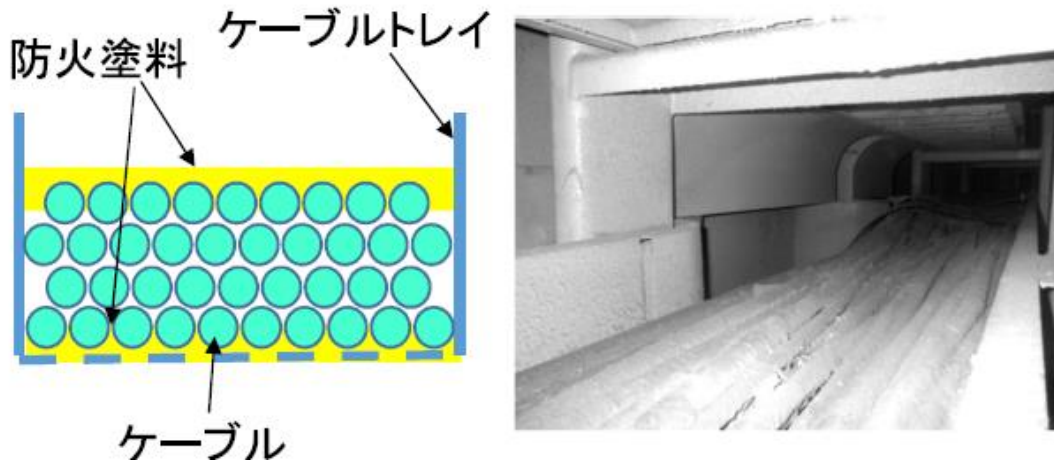
③ H27.11.5 / 12.8審査会合

非難燃ケーブルは、原則難燃ケーブルに取り替える。ただし、安全上のリスクも考慮し、難燃ケーブルへの取り替えが困難な箇所について複合体とする。

➤ 【規制側】防火塗料や複合体の妥当性確認と並行して、より早い段階で事業者から「原則難燃ケーブルに取り替える」を引き出せなかったか？個別対策の妥当性の前に大枠の設計方針から議論できなかったか？

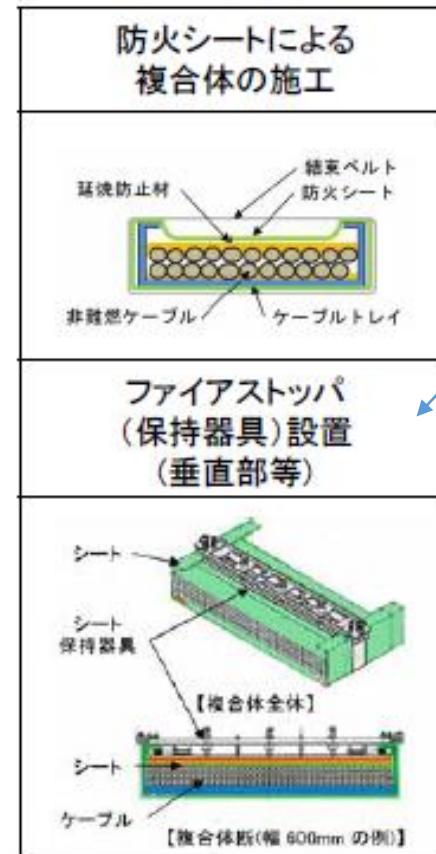
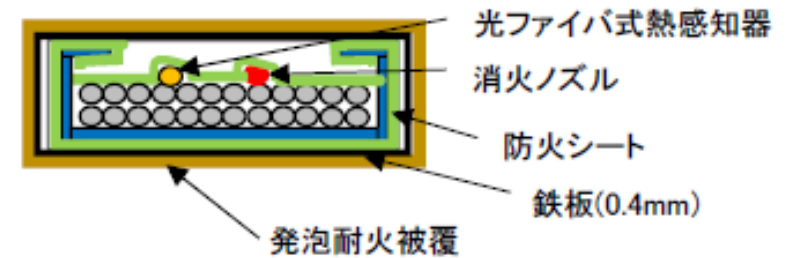
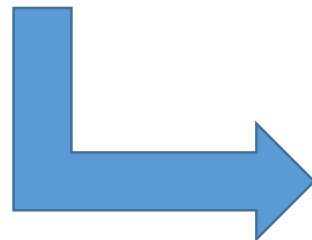
3. 非難燃ケーブルに係る議論【関西電力高浜1 / 2等】

～追加説明要求に対し、事業者が設計変更で回答した事例～



延焼防止機能：熱の遮断及び酸素供給を阻害することにより、非難燃ケーブルの燃焼を抑制する。
 施工方法：吹付式塗装機又は刷毛により、ケーブル群の表面に防火塗料を塗布する。

図1. 申請当時（H27.3.17）の非難燃ケーブルへの防火塗料塗布



水平トレイ施工例

複合体内部の酸素量を抑制し、延焼を抑制



ファイアストップパの施工例

図2. 複合体の構造図（東海第二の例）

4. イグナイタ（水素燃焼設備）に係る議論【九州電力川内1 / 2】

～追加説明要求に対し、事業者が自主設備の規制対象設備化で回答した事例～

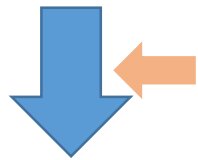
<概要>

- 規制基準では、重大事故時に水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するために水素濃度制御設備の設置を求めている。
- 川内原子力発電所1 / 2号機では、水素濃度制御設備として、規制対象設備（SA設備）として静的触媒式水素再結合装置（PAR）を、自主設備としてイグナイタを設置する計画としていた。
- 水素爆発による原子炉施設への影響が大きいこと&水素分子は小さく挙動に一定の不確実性もあることなどから、水素爆発防止対策の確実性について確認が必要である。
- 本議論は、審査を踏まえ、自主的設備が規制対象設備（SA設備）に変更された事例である。

<規制側と事業者の議論>

① H25.7.8当初申請

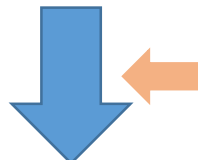
水素濃度制御設備として、電源等が不要で信頼性が高い静的触媒式水素再結合装置（PAR）を設置することを計画



【規制側】水素発生量や挙動の不確実性、爆発時の影響等の観点から、更なる安全性向上策として、より確実な水素爆発防止対策や状態監視について説明を求めた。

② H26.3.11 審査会合

SA時の水素爆発防止対策の更なる安全性向上のため、自主設備であるイグナイタをSA設備化するとともに、動作状況確認（水素燃焼状況含む）のため温度計（熱電対）の設置を計画



【規制側】イグナイタの設置箇所の検討に関し、原子炉格納容器内の水素成層化も考慮するよう求めた。

③ H26.3.25 審査会合

仮に、原子炉格納容器ドーム部頂部付近に滞留もしくは成層化した場合でも確実に処理できるよう、格納容器ドーム部頂部付近に2台（予備1台）追加設置

➤ 【規制側】基準上、必ずしも必須か不確定なまま、追加設備の設置を求めた根拠は？（より安全を目指すのは当然だが、規制要求の範囲、自主の範囲を意識していたか？）

➤ 【事業者】なぜ、規制側の求めに応じて、SA設備化したのか？（単なる位置づけの問題だから？規制側の求めに応じた方が審査が進むと思ったため？）

4. イグナイタ（水素燃焼設備）に係る議論【九州電力川内1/2】

～追加説明要求に対し、事業者が自主設備の規制対象設備化で回答した事例～



図1. 静的触媒式水素再結合装置（PAR）及びイグナイタの構造

イグナイタ設置場所	水素放出等の想定			設置 台数
	放出	隣接部又は 通過経路	想定事項	
加圧器逃がしタンク近傍	○		加圧器逃がしタンクラプチャーディスクからの水素放出	1台
ループ基礎室及びループ基礎 室外周部		○	加圧器逃がしタンク近傍からの水素の 流入	3台
加圧器室	○		加圧器室内の破断口からの水素放出	1台
加圧器室外上部		○	加圧器室からの水素の流入 上部ドーム部への万一の水素蓄積	1台
各ループ室	○		RCS配管の破断口からの水素放出	3台
ICISシンプル配管室入口 扉近傍	○	○	ICISシンプル配管室入口扉からの 水素放出 加圧器逃がしタンク近傍からの水素の 流入	1台
ICISシンプル配管のCV 一般部からICISシンプル 配管室への床貫通近傍	○		ICISコンジット床面貫通部からの 水素放出	1台
格納容器ドーム部の頂部付近	仮にこれらイグナイタにより処理できず、格納容器 ドーム部に流入し頂部に滞留もしくは成層化した 水素			※2台

※：1台予備

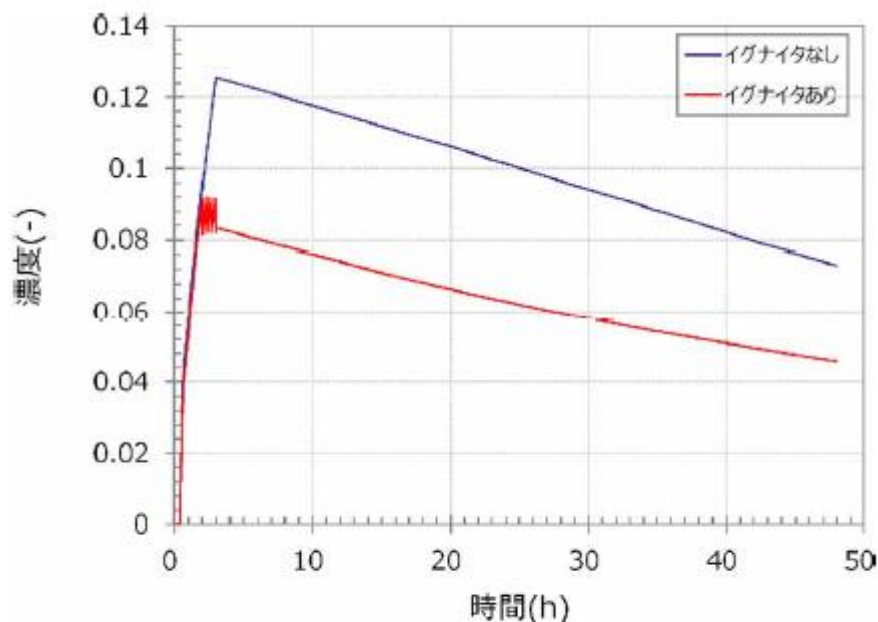


図2. 格納容器内の全体平均水素濃度（ドライ条件）の推移例（GOTHIC） ※全炉心内のジルコニウム量の100%が水と反応した場合の例

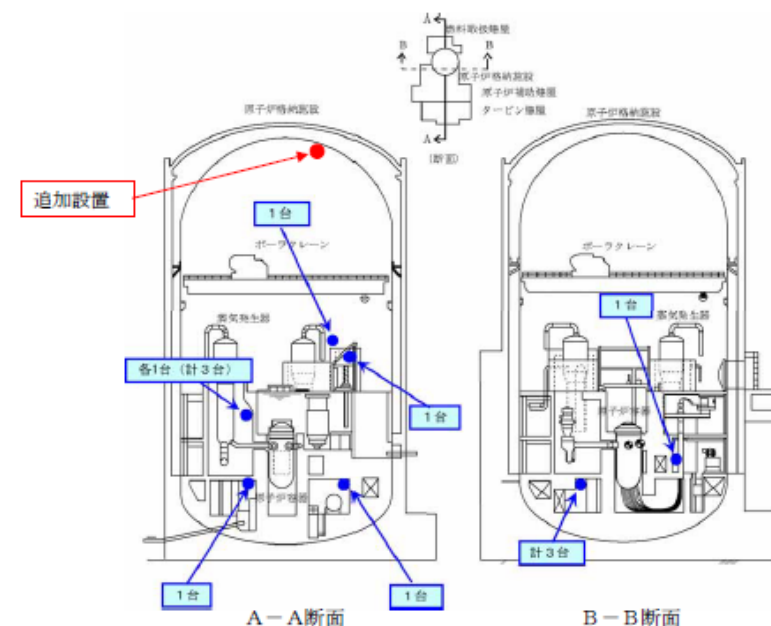


図3. イグナイタの設置箇所

5. 原子炉格納容器の放射性物質の除去能力に係る議論【女川2等】

～追加説明要求に対し、事業者が不合理な保守性で回答した事例～

<概要>

- 規制基準では、重大事故が発生した場合でも、原子炉格納容器の破損を防止し、放射性物質の総放出量は環境への影響をできるだけ小さくとどめるものであること（Cs-137の放出量が100TBqを下回ることを求めている。
- OBWR事業者は、原子炉格納容器から放射性物質が漏えいする際の除染係数DFを450（≒99.777%の除去効率）として評価していた。
- 除染係数は、直接的に環境への放射性物質の放出量に寄与する数字であるため、その値の根拠について確認が必要である。
- 本議論は、審査を踏まえ、DF値を不合理な保守的な値としたため、再度指摘し、現実的な値に変更された事例である。

<規制側と事業者の議論>

① H25.9.27当初申請

重大事故時の環境条件を模擬した実測値を基に除染係数DFを450と設定



【規制側】重大事故時の環境条件を模擬した実験では、漏えい箇所が特定できていないことなどから、保守的な除染係数とするよう求めた。

② H29.2.21審査会合【東京電力柏崎刈羽6/7】

実験の実測値の不確かさなども考慮し、除染係数DFを1に変更。つまり、そのまま漏えいするとして評価を実施



【規制側】重大事故時の対応判断を適切に行う観点から、放射性物質の放出量や作業員の被ばくによる実効線量を適切に評価するため、より現実的な除染係数を設定するよう求めた。

③ H31.4.23審査会合【東北電力女川2等】

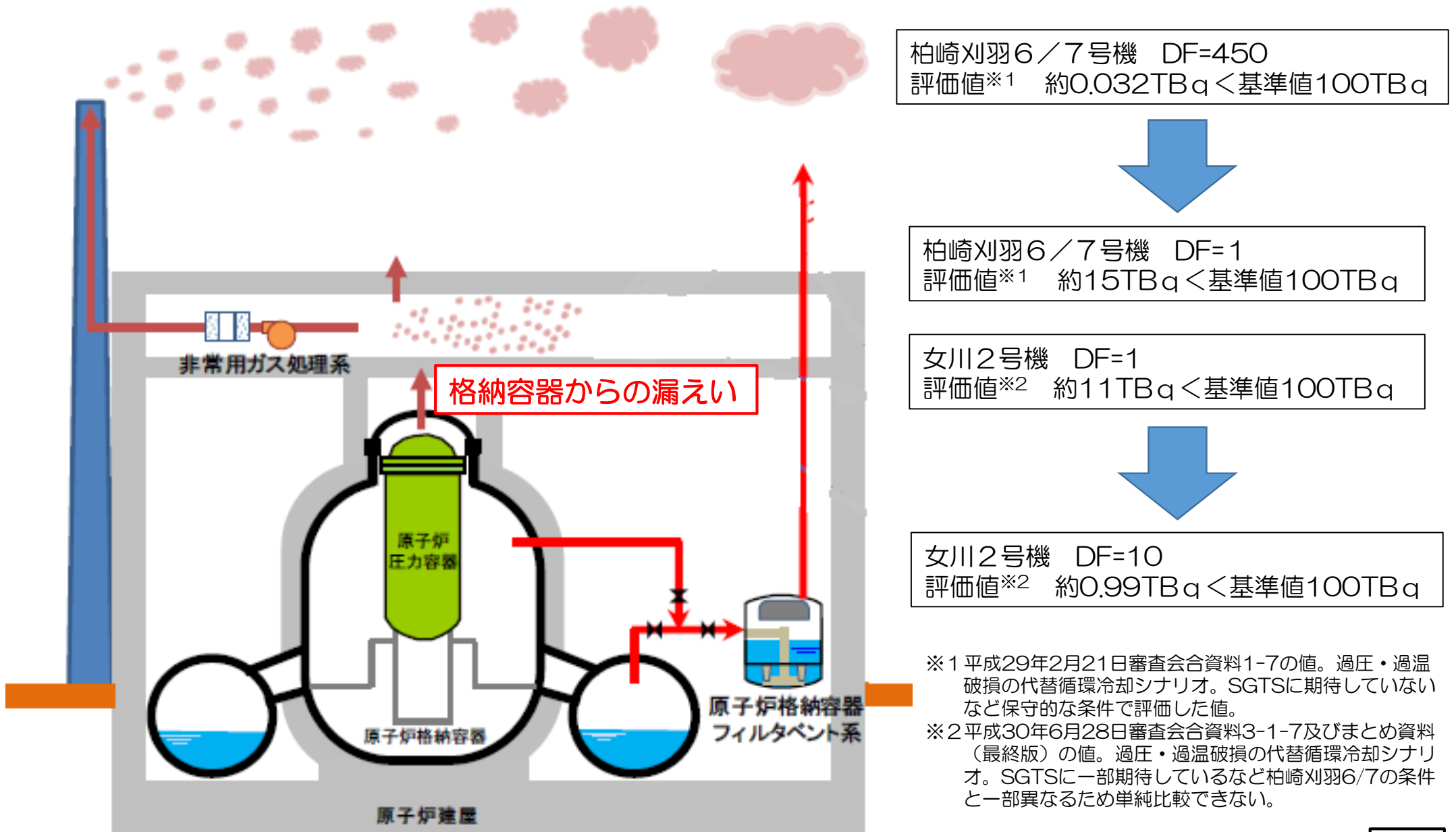
重大事故時の環境条件を模擬した過去の実験等を体系的に整理し、保守性を担保しつつ、より現実的な値として除染係数DFを10に変更

➤ 【規制側】言い方として適切だったか？誤解を受けるような強い言い方はしていなかったか？

➤ 【事業者】450⇒1という大きな変更にも関わらず、なぜ、すぐに引き下げたのか？より現実的な値を説明しなかったのか？（DF=1でも基準を満たすため？説明しても受け入れて貰えないと思った？）

5. 原子炉格納容器の放射性物質の除去能力に係る議論【女川2等】

～追加説明要求に対し、事業者が不合理な保守性で回答した事例～



柏崎刈羽6/7号機 DF=450
評価値^{※1} 約0.032TBq < 基準値100TBq



柏崎刈羽6/7号機 DF=1
評価値^{※1} 約15TBq < 基準値100TBq

女川2号機 DF=1
評価値^{※2} 約11TBq < 基準値100TBq



女川2号機 DF=10
評価値^{※2} 約0.99TBq < 基準値100TBq

※1 平成29年2月21日審査会合資料1-7の値。過圧・過温破損の代替循環冷却シナリオ。SGTSに期待していないなど保守的な条件で評価した値。

※2 平成30年6月28日審査会合資料3-1-7及びまとめ資料（最終版）の値。過圧・過温破損の代替循環冷却シナリオ。SGTSに一部期待しているなど柏崎刈羽6/7の条件と一部異なるため単純比較できない。

図. 原子炉格納容器の放射性物質の除去能力に変更に伴う評価結果への影響

6. 配管支持間隔の設定方法に係る議論【九州電力川内1 / 2等】

～追加説明要求に対し、事業者から適切な説明がなされ提案を受け入れた事例～

<概要>

- 配管の耐震設計（定ピッチスパン法）では、配管と建屋が著しく共振しないよう、従前、水平方向の建屋の最大応答を避けて、配管支持間隔の制限値（最大値）を設定し、それより短く支持するよう施工していた。
- 新規基準では、動的な地震力として、従来の水平方向に加え鉛直方向の策定も求めていることから、鉛直方向の建屋の最大応答も避けて配管支持間隔の制限値を設定すべきか確認する必要がある。
- 本議論は、事業者から技術的に必要十分な説明がなされたため、事業者の提案を受け入れた事例である。

<規制側と事業者の議論>

① 川内1号機特重施設の当初申請

鉛直方向の地震力は水平方向に比べ小さいことから、水平方向の建屋の最大応答のみ考慮し、配管支持間隔の制限値を設定



【規制側】鉛直方向の建屋と配管との共振が生じた場合の応力の増幅の影響について説明を求めた。

② 川内1号機特重施設の補正

鉛直方向の建屋の最大応答も考慮し、配管支持間隔の制限値を設定

③ 関西電力等から意見提出

現在の耐震設計手法を踏まえれば、水平・鉛直方向のうち最大の建屋応答を短周期側に避けるよう、配管支持間隔の制限値を設定すれば技術上問題ない旨の意見を提出



【規制側】事業者の配管支持間隔の制限値を設定する際の手法（加速度の算出方法や配管形状の考慮方法等）を詳細に確認した結果、事業者提案は妥当であると判断

④ 以後の各種申請

水平・鉛直方向のうち建屋の最大応答のみ考慮し配管支持間隔の制限値を設定

➤ 【事業者】川内1号機も、耐震設計手法は同じにも関わらず、なぜ、鉛直方向も考慮したのか？（規制側に強く言われたから？説明しても受け入れられないと思った？）

➤ 【規制側】先行していた本体施設では議論せず、特重施設で議論したのはなぜ？もう少し前に指摘できなかったか？（事実確認を深めていった結果、明らかになった事項ではあるが、より前段階で論点として提示できなかったか？）

6. 配管支持間隔の設定方法に係る議論【九州電力川内1 / 2等】

～追加説明要求に対し、事業者から適切な説明がなされ提案を受け入れた事例～

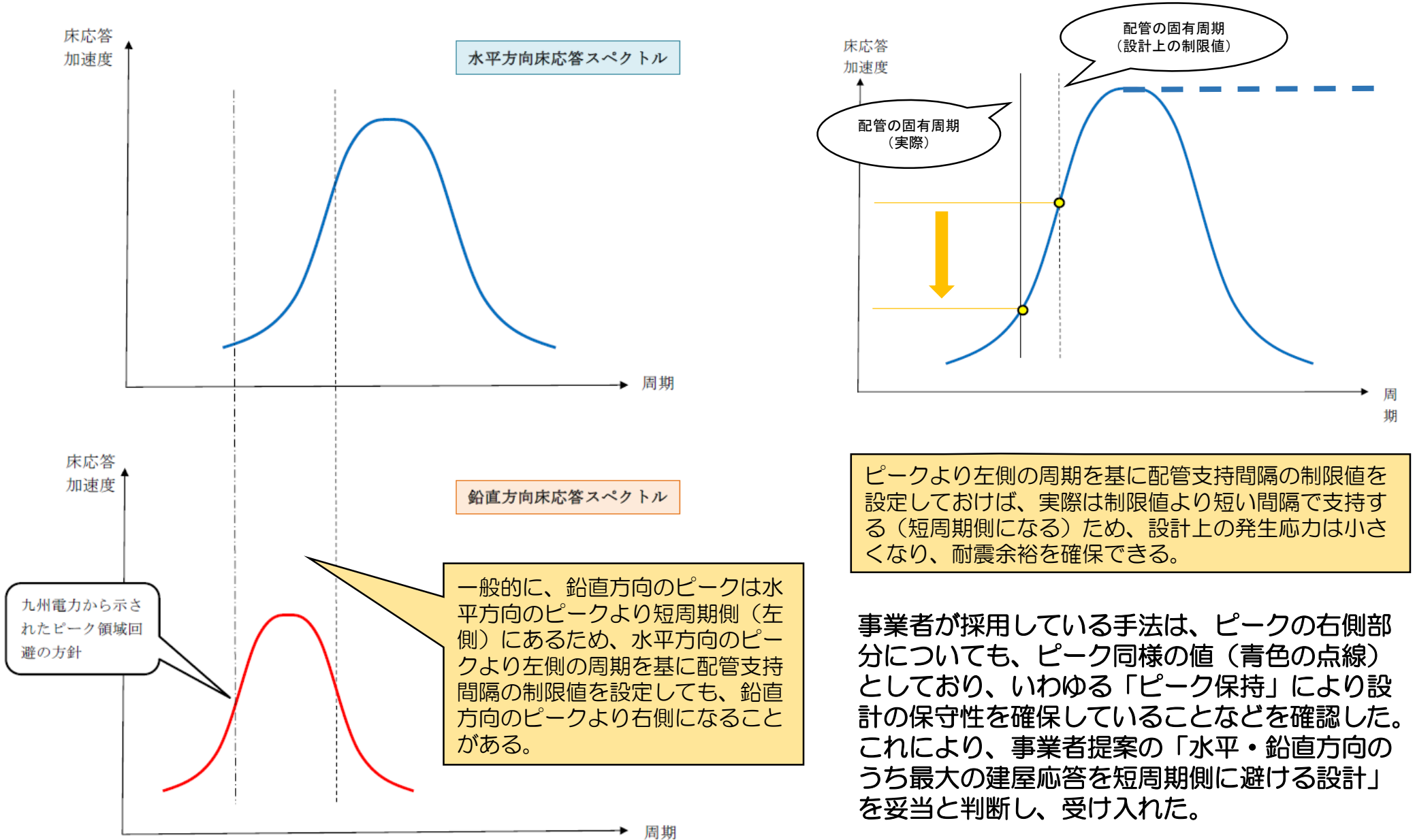


図. 共振に対する考慮（イメージ）【H30.9.12原子力規制委員会資料2を抜粋・一部加筆】

【まとめ】事例を踏まえ、検討の余地がある事項

<規制側>

1. 求めていることを正しく事業者には伝えられているか？
⇒フワッとした指摘、逆に個別の強い指摘をし、事業者が過剰に反応したり、方向性が違う検討をしていることはないか？
2. 事業者の説明を理解しようとする努力はしているか？
⇒対策の小出しなどの審査経験により信頼関係がないために、本来やる必要がない根拠資料の更に元データまで求めているか？
⇒絶大な「許認可権限」を有しているため、強く言えば、事業者が最後は折れると思っていないか？技術的に対等な議論が出来ているか？
⇒処分時の説明の容易性などの観点から許認可実績がある手法を好み、新技術の導入に消極的な反応はしていないか？

<事業者側>

1. 自信を持って申請しているか？
⇒規制側に指摘されれば追加対策をすれば良いと思っていないか？規制基準を理解し、根拠等含め、自らが基準適合性を十分に考え、審査に臨んでいるか？
2. 自らの主張を審査の場で言っているか？
⇒規制要求の確認を含め自らの技術的な意見を言い、議論しようとしているか？