

H.B.ロビンソン 2号機 炉心槽割れに係る 対応状況について

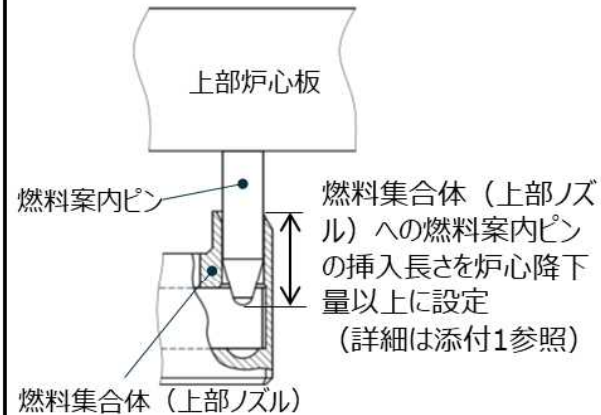
2024年1月18日
原子力エネルギー協議会

1. 炉心槽破断時の安全停止について 〔質問回答〕

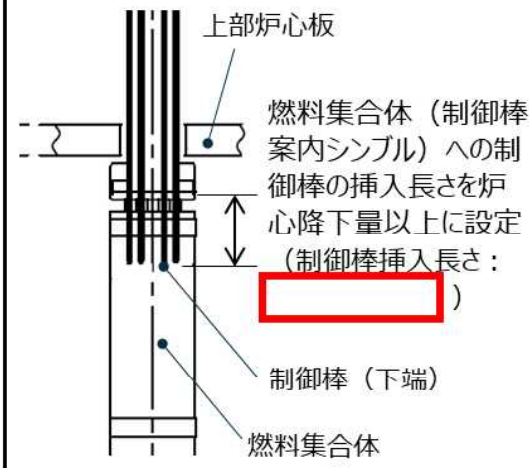
炉心槽全周破断時の制御棒挿入性の担保について

炉心槽が破断した場合に制御棒挿入性を担保するため、炉内構造物、制御棒及び燃料集合体は以下の設計上の配慮をしている。

① 燃料案内ピンの挿入長さ管理

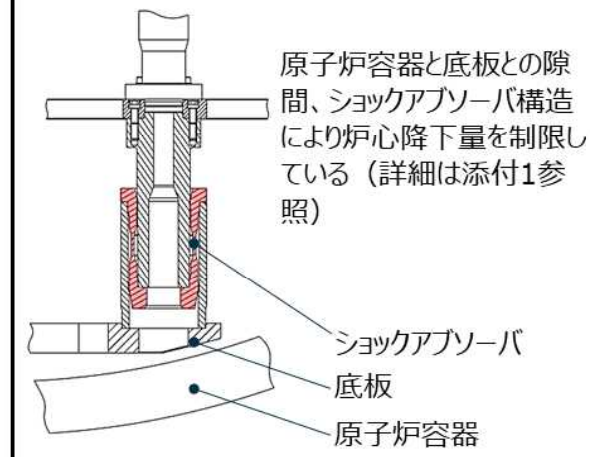


② 制御棒の挿入長さ管理



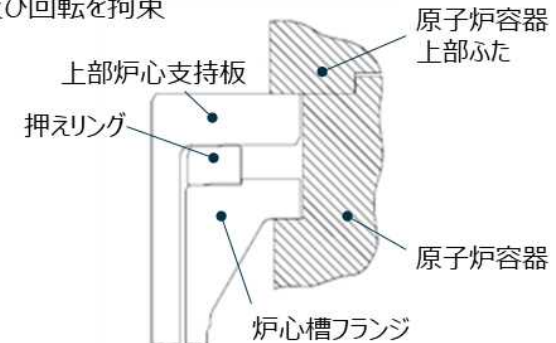
枠囲みの範囲は機密に関する事項ですので公開できません

③ 炉心降下量の制限



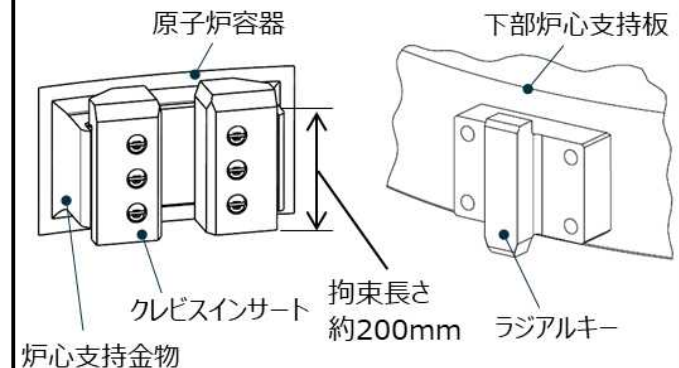
④ 上部炉心構造物・炉心槽フランジ部の変位・回転拘束

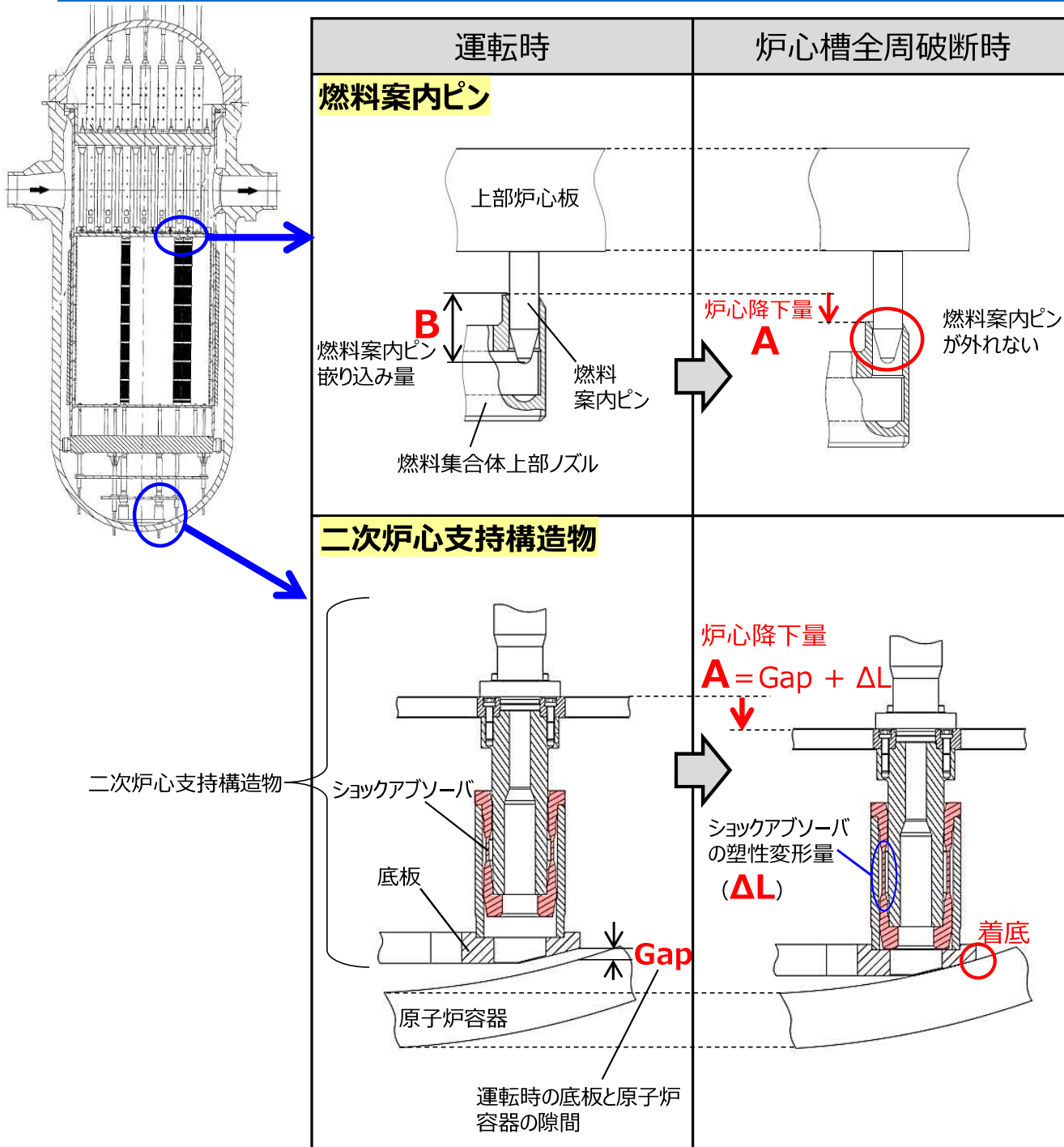
上部炉心構造物・炉心槽フランジ部は、原子炉容器上部ふた及び押えリングで挟むことにより鉛直方向、水平方向及び回転を拘束



⑤ 下部炉心構造物の回転拘束（ラジアルキーによる垂直降下）

下部炉心構造物（炉心槽下部）の下端は、ラジアルキーとクレビスインサートが凹凸形状で取り合うことで、下部炉心構造物の回転を拘束（炉心槽下部が垂直に降下）





◆万一の炉心槽全周破断時

・炉心槽破断により下部炉心構造物が落下すると、二次炉心支持構造物の下端が原子炉容器下部鏡に着底し、炉心降下量が制限される。
 ・ショックアブソーバが塑性変形することで炉心落下時のエネルギーを吸収する構造である。

・炉心降下量 (A) よりも燃料案内ピンの嵌り込み量 (B) が大きいため、燃料案内ピンが外れることは無く、**燃料集合体への制御棒挿入機能は維持される。**

	2ループ	3ループ	4ループ
B			
A			
GAP			

枠囲みの範囲は機密に関する事項ですので公開できません

[補足] ショックアブソーバの設計

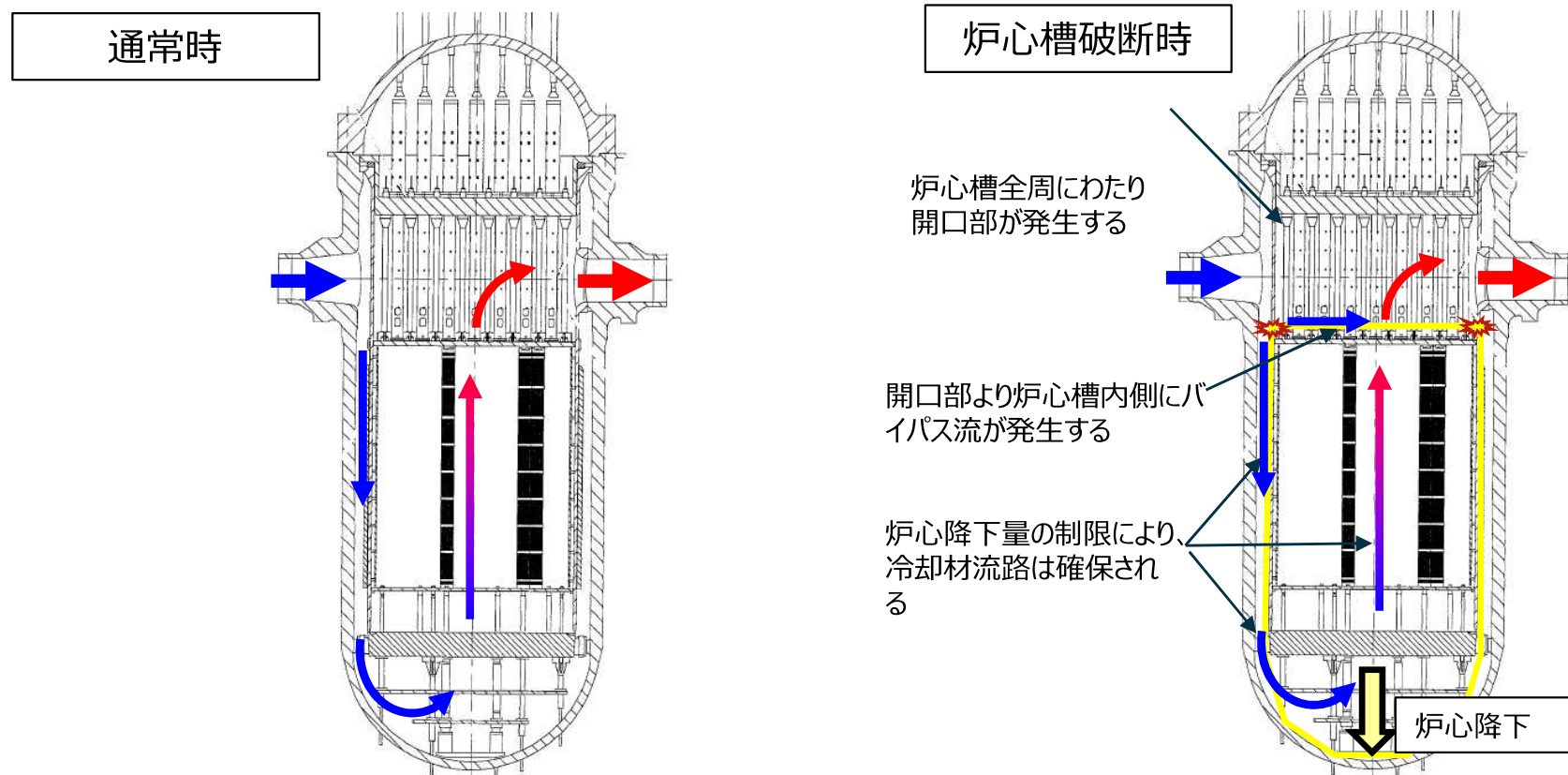
炉心降下量は以下の式で表される。

$$A = \text{Gap} + \Delta L$$

(Gap : 運転時の底板と原子炉容器の隙間)
 (ΔL : ショックアブソーバの塑性変形量)

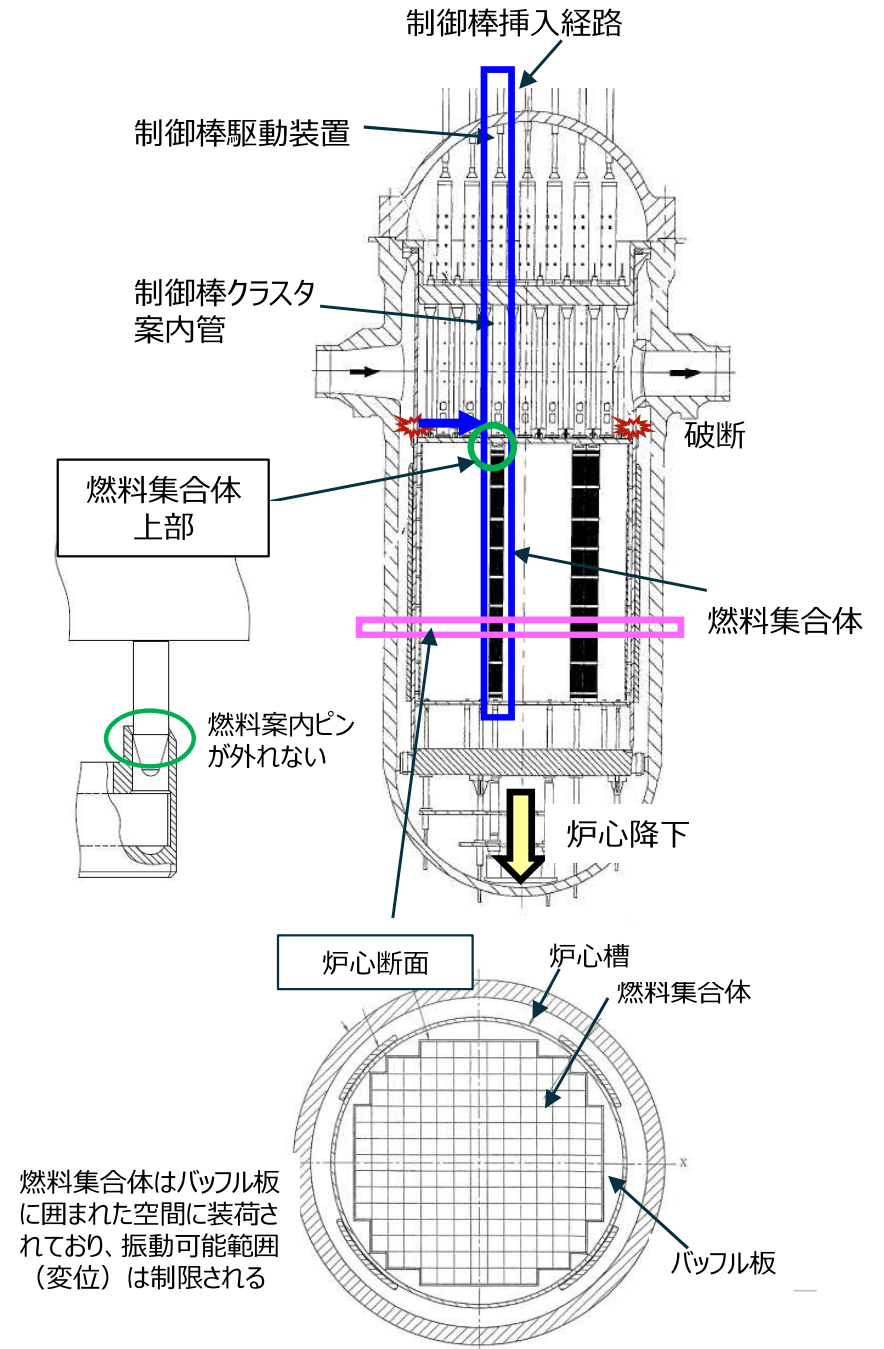
炉心槽全周破断時の安全停止について①

- 炉心槽溶接部の全周破断と地震が同時に発生すると、炉心槽の破断部から炉心槽内側にバイパス流が発生するとともに、炉内構造物や燃料集合体等は地震により加振される。
- 設計上の配慮により炉心槽破断時の炉心降下量を制限しており、バイパス流や地震による振動を考慮しても制御棒は挿入される（添付2）。また、この炉心降下量の制限により冷却材流路は確保されるため、蒸気発生器を介した炉心の冷却は可能であり、炉心は安全に停止する。



炉心槽全周破断時の安全停止について②（地震時）

- 制御棒の挿入経路は、制御棒駆動装置、制御棒クラスタ案内管及び燃料集合体である。
- 制御棒駆動装置及び制御棒クラスタ案内管の支持状態は炉心槽破断前後で変わらないため、地震時の変位は変わらない。
- 炉心槽破断により炉心は降下するが、燃料案内ピンから燃料集合体は抜けず、燃料集合体の上下端は燃料案内ピンとかん合した状態である。また、燃料集合体は炉心槽内側のバッフル板で囲まれた空間にあり、地震時には限られた空間で振動するため、変位は制限される。
- 炉心降下の状態でも制御棒先端は燃料集合体に挿入されており、また、地震により加振された場合でも制御棒の挿入経路の変位は制限されるため、制御棒は燃料集合体に挿入される。
- 通常運転時において、炉心槽出口ノズルの近傍にある制御棒クラスタ案内管は、出口ノズルへ向かう1次冷却材が作用する厳しい横流れ環境で、制御棒挿入性に問題ないことを確認している。炉心槽破断に伴いバイパス流（炉心槽外面から内側に向かう流れ）が発生するが、その分、主流の割合は低下するため、横流れが有意に厳しくなることはなく、制御棒の挿入性に問題はないと考えられる。



押えリングの応力緩和の影響

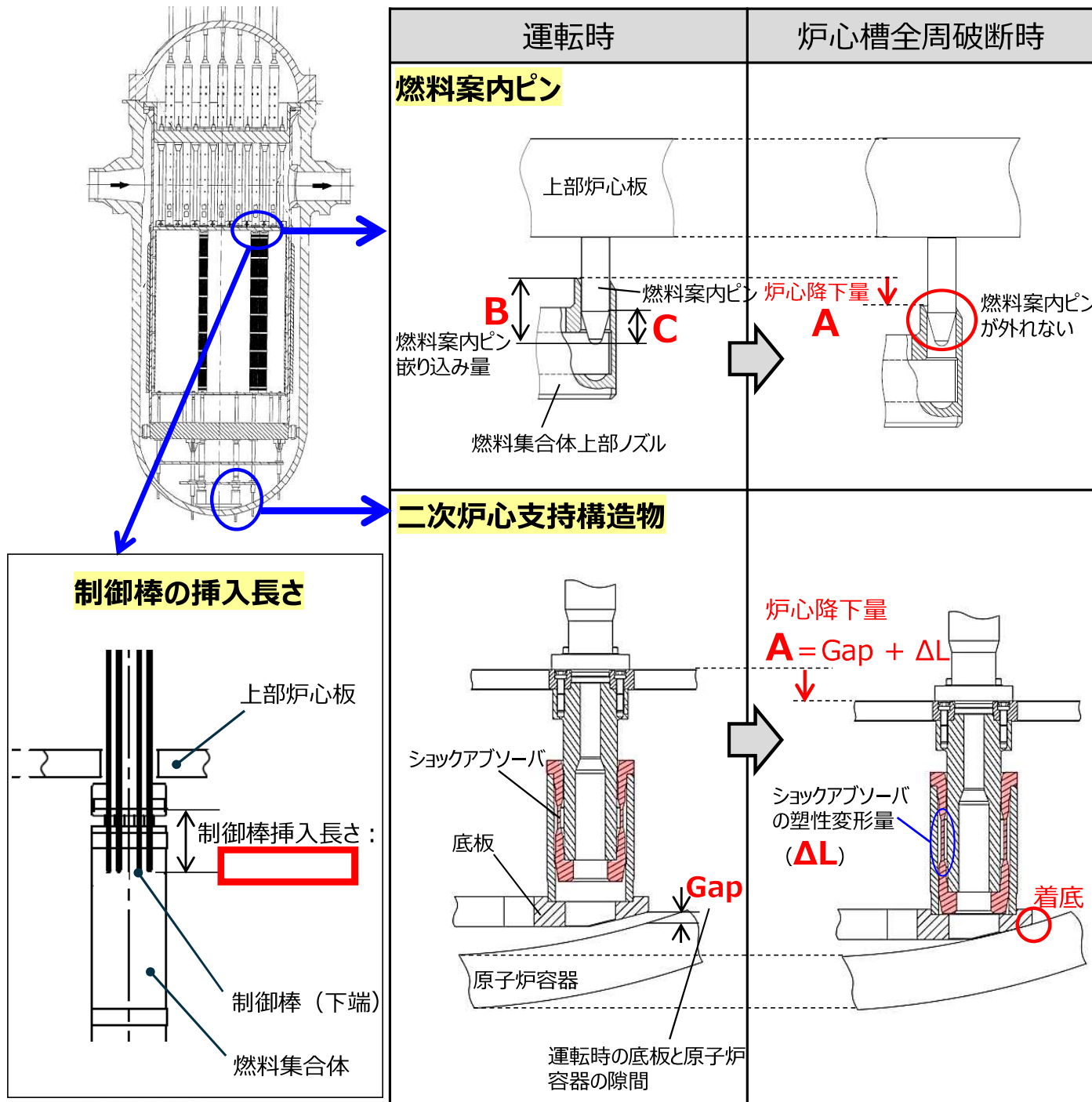
【押えリングの応力緩和による影響について】

- 仮に押えリングが応力緩和（リラクゼーション）した場合、炉心槽上端の支持条件が変化するため、炉心槽の振動挙動が変化する可能性があるが、国内プラントについては、応力緩和によって押えリングが機能を喪失する可能性がないことを高経年化技術評価のとおり確認済みであり、炉心槽の振動挙動が有意に変化することは無い。

＜押えリングの応力緩和に関する高経年化技術評価：高浜2号機の例＞

部 位	経年変化事象	健全性評価	現 状 保 全	総 合 評 価	高経年化への対応
押えリング	応力緩和	<p>リラクゼーション試験で得られたデータを基に、押えリングのリラクゼーション解析を実施した結果、炉内構造物の保持性を喪失する可能性はなく、健全性評価上問題ないと考える。</p> <p>なお、運転開始後20年経過した国内他プラントでの計測結果に基づき評価した結果、十分な保持力を有していることを確認している。</p>	<p>定期的に下部炉内構造物を取り出して、水中テレビカメラによる目視検査を実施し、有意な変形がないことを確認している。</p>	<p>健全性評価結果から判断して、現時点の知見においては、押えリングの応力緩和は問題となる可能性はないと考え、今後、現状保全の適正化が可能と考える。</p>	<p>押えリングの応力緩和に対しては、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。</p>

<参考> 炉心槽全周破断時の制御棒機能維持



・炉心槽破断により下部炉心構造物が落下すると、二次炉心支持構造物の下端が原子炉容器下部鏡に着底し、炉心降下量が制限される。



・加えて、制御棒挿入長さ()は、炉心降下量よりも十分長いことから、万一の炉心槽破断時においても、制御棒挿入機能は維持される。

	2ループ	3ループ	4ループ
B			
(C)			
A (注1)			
GAP			
(注1)			

枠囲みの範囲は機密に関する事項ですので公開できません

2. 至近の供用期間中検査のVT-3ビデオ画像 見直し結果

至近の供用期間中検査のVT-3ビデオ画像見直し結果

プラント	対象：LCI内面			対象：LCI外面		
	I S I 実績年月	VT-3動画見直し		I S I 実績年月	VT-3動画見直し	
		実施日	結果		実施日	結果
泊1号機	第16回（2010年1月）	2023/12/7	✓	第15回（2008年8月）	2023/12/7	✓
泊2号機	第16回（2011年9月）	2023/12/7	✓	第15回（2010年5月）	2023/12/7	✓
泊3号機	第1回（2011年1月）	2023/12/7	✓	未実施		
敦賀2号機	第17回（2010年4月）	2023/12/15	✓	第16回（2007年9月）	2023/12/15	✓
美浜3号機（CIR後）	第26回（2021年11月）	2023/12/20	✓	第26回（2021年11月）	2023/12/20	✓
高浜1号機	第27回（2023年2月）	2023/9/7(*1)	✓	第27回（2023年2月）	2023/9/7(*1)	✓
		2023/12/20	✓		2023/12/20	✓
高浜2号機	第27回（2011年12月）	2023/12/25	✓	第27回（2011年12月）	2023/12/25	✓
高浜3号機	第26回（2023年12月）	2023/12/25	✓	第24回（2020年8月）	2023/11/30	✓
高浜4号機	第24回（2022年9月）	2023/12/25	✓	第24回（2022年7月）	2023/12/25	✓
大飯3号機	第19回（2022年9月）	2023/12/20	✓	第15回（2011年4月）	2023/12/20	✓
大飯4号機	第17回（2020年11月）	2023/12/20	✓	第18回（2022年4月）	2023/12/20	✓
伊方3号機	第11回（2008年9月）	2023/12/14	✓	第13回（2011年5月）	2023/12/14	✓
	第13回（2011年5月）					
川内1号機	第25回（2020年6月）	2023/9/27	✓	第25回（2020年6月）	2023/9/27	✓
川内2号機	第25回（2022年3月）	2023/9/27	✓	第25回（2022年3月）	2023/9/27	✓
玄海3号機	第16回（2022年7月）	2023/10/31	✓	第16回（2022年6月）	2023/10/31	✓
玄海4号機	第15回（2022年10月）	2023/10/31	✓	第15回（2022年10月）	2023/10/31	✓

- 結果欄の「✓」は、供用期間中検査(VT-3)の録画映像で確認できる範囲で、「溶接線付近に亀裂がありえる」という意識づけ（本事象の周知教育）を行った上でビデオを見直した結果、溶接線付近に変形、破損および機器表面における異常は認められなかったことを示す。
- (*1)2023年9月はロビンソン事象のあった周溶接部のみ。2023年12月は残りの溶接部を確認。

3. 炉心槽割れ事象対応に係るスケジュール（案）

炉心槽割れ事象対応に係るスケジュール（案）

	2022年度	2023年度				2024年度				2025年度				2026年度				2027年度～
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	
		▼11 HBロビンソン2OE ▼12 当該炉定検終了 ▼2 米国産業界検討チーム発足 ▼5 米国暫定ガイド制定				▽5 米国暫定ガイド発効												
1. 炉心槽溶接線の詳細検査（MVT-1、UT）装置の製作等																		
PWR電力共同委託による、検査装置の製作、モックアップ実証、要員トレーニングの実施																		
2. 炉心槽健全性評価手法、非破壊検査判定基準の整備																		
＜ベースケース＞																		
PWR電力共同委託による炉心槽健全性評価手法、非破壊検査判定基準の検討																		
JANSI炉内構造物点検評価ガイドライン「炉心槽」作成																		
JSME維持規格																		
<div style="position: absolute; top: 10px; right: 10px; background-color: #008080; color: white; padding: 5px; border: 1px solid white;"> 原則として、BWRシュラウドと同様、維持規格制定・エンドースを目指す。 </div> <div style="position: absolute; top: 40px; left: 60%; background-color: #e0e0e0; padding: 2px;"> ガイドライン制定 ▼#83検討会(制定の考え方) ▼#84検討会(制定案) ▼#85検討会(発行承認) </div> <div style="position: absolute; top: 55px; left: 70%; background-color: #e0e0e0; padding: 2px;"> 規格制定 </div> <div style="position: absolute; top: 60px; left: 65%; font-size: small;"> 評価作業会→維持規格分科会→ 原子力専門委→規格委 </div> <div style="position: absolute; top: 60px; right: 10%; background-color: #ffcc00; padding: 2px;"> NRA技術評価 </div>																		
＜早期詳細検査ニーズ発生ケース＞																		
産業界にて健全性評価手法、非破壊検査基準を至急文書化、NRAへ暫定基準として提案、協議																		
炉心槽上部周溶接線の詳細検査（内面MVT-1、外面MVT-1（炉心槽吊り出し定検時））、傷検出時はUT実施																		
<div style="position: absolute; top: 10px; right: 10%; background-color: #008080; color: white; padding: 5px; border: 1px solid white;"> 早期詳細点検ニーズ発生の場合、委託成果を早期に文書化し、NRAへ暫定基準として提案、協議→検査 </div> <div style="position: absolute; top: 20px; left: 65%; background-color: #ffcc00; padding: 2px;"> 暫定基準協議 </div> <div style="position: absolute; top: 40px; right: 10%; background-color: #000080; color: white; padding: 5px; border: 1px solid white;"> 詳細検査 </div>																		

- 炉心槽健全性評価手法の素案が作成できた段階、ガイドラインが制定できた段階等、節目ごとに進捗状況を報告する。
- また、米国原因調査等の情報を継続的に収集し、適宜、共有する。