


先行審査プラントの記載との比較表 (V-1-3-2 燃料取扱設備, 新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことに関する説明書)

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	<p>1. 概要</p> <p>本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準規則」という。)第26条及び第69条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(以下「解釈」という。)に基づき、燃料体又は使用済燃料(以下「燃料体等」という。)が臨界に達しないことを説明するものである。</p> <p>なお、技術基準規則第26条の要求事項に変更がないため、技術基準規則第26条の要求事項に係る燃料取扱設備、新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことの説明に関しては、今回の申請において変更は行わない。</p> <p>今回は技術基準規則第69条の要求事項に基づき、使用済燃料貯蔵設備(以下「使用済燃料貯蔵プール」という。)の水位が低下した場合において、燃料体等が臨界に達しないことを説明する。</p>	<p>差異なし</p> <p>説明書名称に合わせた記載変更 設備名称の差異</p>
	<p>2. 基本方針</p> <p><u>技術基準規則第69条第1項及びその解釈に基づき</u>、残留熱除去系(燃料プール冷却モード)及び燃料プール冷却浄化系の有する使用済燃料貯蔵プールの冷却機能喪失又は残留熱除去系ポンプによる使用済燃料貯蔵プールへの補給機能喪失、又は使用済燃料貯蔵プールに接続する配管の破損等による使用済燃料貯蔵プール水の小規模な漏えいその他要因により当該使用済燃料貯蔵プールの水位が低下した場合(以下「小規模漏えい時」という。)において、<u>燃料プール代替注水系(可搬型スプレイヘッド又は常設スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへの注水)</u>による冷却及び水位確保により使用済燃料貯蔵プールの機能(燃料体等の冷却、水深の遮蔽能力)を維持するとともに、実効増倍率が最も高くなる冠水状態においても臨界を防止できる設計とする。</p> <p>このため、小規模漏えい時の<u>使用済燃料貯蔵ラック</u>の未臨界性評価の評価基準は、使用済燃料貯蔵プール水温、<u>使用済燃料貯蔵ラックの製作公差及びボロン添加率</u>、ラックセル内燃料配置それぞれについての不確定性を考慮し、最も結果が厳しくなる状態で、実効増倍率が0.95以下となる<u>よう</u>設計する。</p>	<p>文章構成の差異(条文に基づくことを文頭に記載)</p> <p>残留熱除去系ポンプを用いた補給機能について記載</p> <p>設備名称の差異</p> <p>設備構成の差異</p> <p>小規模漏えい時の未臨界性評価の評価基準について記載</p> <p>記載位置の差異</p> <p>設備名称の差異</p>

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
 : 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	<p>また、技術基準規則第69条第2項及びその解釈に基づき、使用済燃料貯蔵プールからの大量の水の漏えいその他要因により使用済燃料貯蔵プールの水位が異常に低下した場合（以下「大規模漏えい時」という。）において、燃料プール代替注水系（可搬型スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへのスプレイ）にて、使用済燃料貯蔵ラック及び燃料体等を冷却し、臨界にならないように配慮した使用済燃料貯蔵ラック形状において、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止できる設計とする。</p> <p>このため、大規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価の評価基準は、使用済燃料貯蔵プール水温、使用済燃料貯蔵ラックの製作公差及びボロン添加率、ラックセル内燃料配置それぞれについての不確定性を考慮し、最も結果が厳しくなる状態で、いかなる一様な水密度であっても実効増倍率が0.95以下となる設計とする。</p> <p>なお、上記の使用済燃料貯蔵プールの大規模漏えい時には、燃料プール代替注水系（可搬型スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへのスプレイ）の他、同等の機能を持つ燃料プール代替注水系（常設スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへのスプレイ）も使用する。</p>	<p>文章構成の差異（条文に基づくことを文頭に記載） 設備名称の差異 設備構成の差異</p> <p>大規模漏えい時の未臨界性評価の評価基準について記載 記載位置の差異 設備名称の差異</p> <p>設備名称の差異 設備構成の差異</p> <p>記載位置の差異（小規模漏えい、大規模漏えい時の未臨界性評価の評価基準について分けて記載）</p>
	<p>3. 小規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価</p> <p>(1) 評価の基本方針</p> <p>使用済燃料貯蔵プールで小規模漏えいが発生した場合、燃料プール代替注水系（可搬型スプレイヘッド又は常設スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへの注水）により放射線の遮蔽が維持される水位を確保でき、あわせて燃料有効長頂部の冠水状態を維持できる。また、使用済燃料貯蔵プールに貯蔵される燃料体等の冷却が可能である。</p> <p>なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保できることについては、添付書類V-1-3-5「使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する説明書」にて説明し、燃料体等の冷却が可能であることについては、添付書類V-1-3-4「使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書」にて説明する。</p>	<p>資料構成の差異（小規模漏えい、大規模漏えい時の評価の基本方針について3.(1)、4.(1)に分けて記載） 設備名称の差異 設備構成の差異</p> <p>記載位置の差異</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
：前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考						
	<p><u>燃料プール代替注水系（可搬型スプレイヘッド又は常設スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへの注水）</u>により燃料体等を冷却及び放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、使用済燃料貯蔵プールの機能（燃料体等の冷却、水深の遮蔽能力）が維持される。</p> <p>放射線の遮蔽が維持される水位が確保された状態で、<u>使用済燃料貯蔵プール</u>の水の温度が上昇し沸騰状態となり水密度が低下した場合、燃料体等は水密度の<u>減少</u>とともに、減速された中性子が燃料領域で核分裂反応に寄与する割合が低下する設計としているため、使用済燃料貯蔵ラック全体の実効増倍率は、水密度が高い冠水時に比べて低下する。このため、小規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価は、実効増倍率が最も高くなる冠水状態で臨界を防止できることを確認する。</p> <p><u>(2) 計算方法</u></p> <p><u>使用済燃料貯蔵ラックについて、冠水状態で臨界を防止できることを確認している平成14年8月1日付け平成14・06・17原第4号にて認可された工事計画の「核燃料物質が臨界に達しないことを説明する書類」における計算方法と同様とする。</u></p> <p><u>(3) 計算結果</u></p> <p><u>未臨界性評価結果を表3-1に示す。使用済燃料貯蔵プール水温、使用済燃料貯蔵ラックの製作公差及びボロン添加率、ラックセル内燃料配置それぞれについて最も結果が厳しくなる状態においても、実効増倍率は冠水状態で0.93となり、実効増倍率の評価基準0.95以下を満足している。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>表3-1 小規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価結果</u></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>評価結果</th> <th>評価基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実効増倍率</td> <td>0.93</td> <td>≤0.95</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>4. 大規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価</u></p> <p><u>(1) 評価の基本方針</u></p> <p>使用済燃料貯蔵プールで大規模漏えいが発生した場合、<u>燃料プール代替注水系（可搬型スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへのスプレイ）</u>により、使用済燃料貯蔵プール内の燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、できる限り環境への放射性物質の放出を低減するため、使用済燃料貯蔵プール内燃料体等に<u>直接</u>スプレイを実施し、<u>使用済燃料貯蔵ラック及び燃料体等を冷却する</u>。なお、使用済燃料貯蔵プール内燃料体等に<u>直接</u>スプレイを実施し、<u>使用済燃料貯蔵ラック及び燃料体等を冷却することについては</u>、添付書類V-1-3-4「<u>使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書</u>」にて説明する。</p>		評価結果	評価基準	実効増倍率	0.93	≤0.95	<p>設備構成の差異 設備名称の差異</p> <p>設備名称の差異 計算体系に合わせた記載に変更</p> <p>既工事計画書の計算結果を引用</p> <p>資料構成の差異（小規模漏えい、大規模漏えい時の評価の基本方針について3.(1)、4.(1)に分けて記載） 設備名称の差異 設備構成の差異 スプレイ設備のスプレイ範囲の差異 記載位置の差異</p>
	評価結果	評価基準						
実効増倍率	0.93	≤0.95						

青字：柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
：前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	<p>大規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価は、燃料プール代替注水系（可搬型スプレイヘッドを使用した使用済燃料貯蔵プールへのスプレイ）にて、使用済燃料貯蔵ラック及び燃料体等を冷却し、臨界にならないよう配慮した使用済燃料貯蔵ラック形状において、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止できることを確認するため、使用済燃料貯蔵プール全体の水密度を一様に0.0～1.0g/cm³まで変化させた条件で実効増倍率の計算を行う。</p> <p>実効増倍率の計算には、3次元モンテカルロ解析コードKENO-Vaを内蔵したSCALEシステムを使用し、その解析フローを図4-1に示す。なお、評価に用いる解析コードSCALEシステムの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙1「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。</p>	<p>計算体系に合わせた記載に変更 設備構成の差異 設備名称の差異</p> <p>小規模漏えい時の未臨界性評価は既工事計画書の計算結果を引用</p> <p>図書構成の差異</p>
	<p>(2) 計算方法</p> <p>評価の計算条件は以下のとおりであり、詳細を表4-1に示す。また、使用済燃料貯蔵ラックの体系と寸法（解析使用値）を図4-2、計算体系を図4-3に示す。</p> <p>a. 柏崎刈羽原子力発電所第7号機の使用済燃料貯蔵プールでは、ボロン添加ステンレス鋼（以下「B-SUS」という。）製の使用済燃料貯蔵ラックに燃料を貯蔵する。使用済燃料貯蔵ラックには、通常は限られた体数の新燃料と照射された燃料を貯蔵するが、臨界設計では、新燃料及びいかなる燃焼度の照射された燃料を貯蔵しても十分安全側の評価を得るよう、炉心装荷時の無限増倍率が1.30となる燃料（平均濃縮度 ）を用いて評価する（添付参照）。</p>	<p>資料構成の差異（計算体系、計算条件を計算方法の中に箇条書きでまとめて記載）</p> <p>資料構成の差異</p> <p>記載位置の差異（5ページのb.に記載） 計算体系の差異</p> <p>対象プラントの差異 設備名称の差異 計算体系に合わせた記載に変更</p> <p>2. 基本方針の中で同様の記載をしているため記載を省略 以降のページで各項目について最も結果が厳しくなる状態で評価している旨を記載</p>

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
 : 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考						
	<p>b. 計算体系は、水平方向は無限配列、垂直方向は無限長とし、体系からの中性子漏えいを無視する</p> <p>c. 使用済燃料貯蔵ラックの材料である B-SUS のボロン添加率は、製造公差を考慮した下限値の とする。</p> <p>d. 使用済燃料貯蔵プール内の水は、水密度を一様に 0.0~1.0g/cm³ まで変化させた条件とする。</p> <p>e. 使用済燃料貯蔵プール水温は、最も結果が厳しくなる条件とする。</p> <p>また、以下の計算条件は、公称値に正負の製作公差を未臨界性評価上最も厳しくなる側に不確定性として考慮する。なお、ラックセル内での燃料配置については、ラックセル内で燃料が偏心すると、中性子の強吸収体である B-SUS に接近することにより、燃料領域の中性子が減少するため、実効増倍率が最も高くなるラックセル中央配置とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラックピッチ ・ラック板厚 ・ラック内のり <p style="text-align: center;">表 4-1 大規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価の計算条件 記載省略</p> <p>(3) 計算結果 未臨界性評価結果を表 4-2 に示す。図 4-4 のとおり、冠水状態から水密度の減少に伴い実効増倍率は単調に減少する。実効増倍率は統計誤差 3σ (0.001) を加えても最大で 0.939 となり、実効増倍率の評価基準 0.95 以下を満足している。</p> <p style="text-align: center;">表 4-2 大規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価結果</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>評価結果</th> <th>評価基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実効増倍率</td> <td style="text-align: center;">0.94</td> <td style="text-align: center;">≤0.95</td> </tr> </tbody> </table>		評価結果	評価基準	実効増倍率	0.94	≤0.95	<p>資料構成の差異（計算体系、計算条件を計算方法の中に箇条書きでまとめて記載） 記載位置の差異（4 ページの a. に記載）</p> <p>記載位置の差異 計算体系の差異</p> <p>記載位置の差異 計算体系の差異</p> <p>記載位置の差異</p> <p>表現上の差異</p> <p>表 4-1 については 8 ページに記載するため、ここでは記載を省略</p> <p>評価結果の傾向を記載</p> <p>評価結果をまとめた表を記載</p>
	評価結果	評価基準						
実効増倍率	0.94	≤0.95						

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
: 前回提出時からの変更箇所

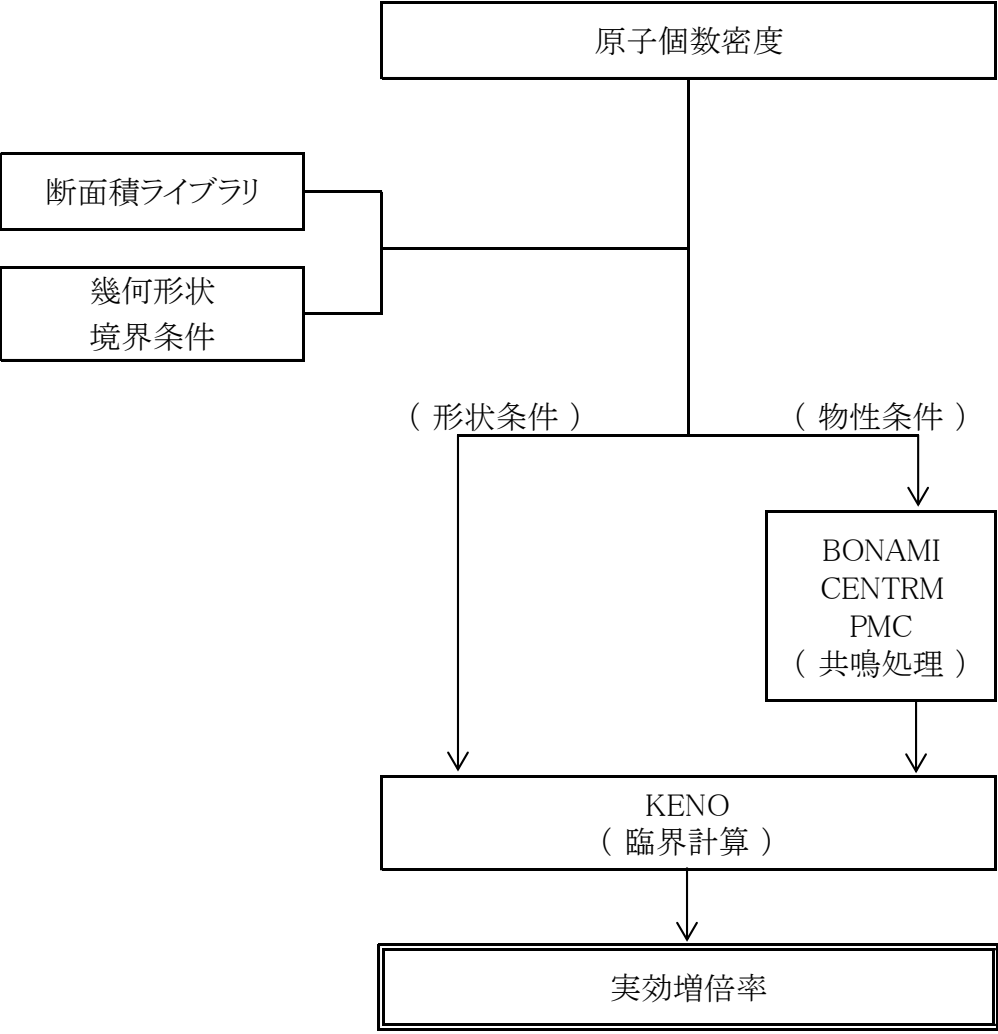

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	 <pre> graph TD A[原子個数密度] --- B(()) C[断面積ライブラリ] --- B D[幾何形状境界条件] --- B B -- "(形状条件)" --> E[KENO (臨界計算)] B -- "(物性条件)" --> F[BONAMI CENTRM PMC (共鳴処理)] F --> E E --> G[実効増倍率] </pre>	


図4-1 解析フロー

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
 黄色: 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	<div data-bbox="1347 260 2095 968" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1507 978 1964 1010" data-label="Caption"> <p>図4-2 使用済燃料貯蔵ラック寸法図</p> </div> <div data-bbox="1199 1062 2279 1776" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1484 1787 1994 1818" data-label="Caption"> <p>図4-3 使用済燃料貯蔵ラックの計算体系</p> </div>	<p data-bbox="2516 197 2588 228">備考</p> <p data-bbox="2288 978 2555 1010">図番号、図名称の差異</p> <p data-bbox="2288 1115 2819 1503">鉛直方向の計算体系の差異 (上下に水領域を設けた有限長の体系としているか、燃料集合体領域上下端部を鏡面反射境界とすることで無限長の体系としているかの差異。それぞれの計算体系を比較すると、上下の水領域の有無による水領域での中性子の減速及び吸収の考慮の有無、有限、無限の違いによる、中性子の体系外への漏れの考慮の有無の違いがある。)</p> <p data-bbox="2288 1787 2555 1818">図番号、図名称の差異</p>

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
 : 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考																							
	<p data-bbox="1282 306 2196 338">表4-1 大規模漏えい時の使用済燃料貯蔵ラックの未臨界性評価の計算条件</p> <table border="1" data-bbox="1240 342 2231 989"> <thead> <tr> <th data-bbox="1240 342 1605 390">項目</th> <th data-bbox="1605 342 2231 390">仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1240 390 1605 438">燃料種類</td> <td data-bbox="1605 390 2231 438">9×9燃料 (A型)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 438 1605 487">U²³⁵濃縮度</td> <td data-bbox="1605 438 2231 487">[]*1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 487 1605 535">ペレット密度</td> <td data-bbox="1605 487 2231 535">理論密度の97%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 535 1605 583">ペレット直径</td> <td data-bbox="1605 535 2231 583">0.96cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 583 1605 632">被覆管外径</td> <td data-bbox="1605 583 2231 632">1.12cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 632 1605 680">被覆管厚さ</td> <td data-bbox="1605 632 2231 680">0.71mm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 680 1605 728">使用済燃料貯蔵プール水</td> <td data-bbox="1605 680 2231 728">水密度 0.0~1.0g/cm³</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1240 728 1605 777" rowspan="5">使用済燃料貯蔵ラック</td> <td data-bbox="1605 728 2231 777">ラックタイプ 角管型</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1605 777 2231 825">ラックピッチ []</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1605 825 2231 873">材料 ボロン添加ステンレス鋼</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1605 873 2231 921">ボロン添加率 []*2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1605 921 2231 970">ラック板厚 []</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1605 970 2231 989">ラック内のり []</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1258 999 2237 1031">注記*1 : 未臨界性評価用燃料集合体 (k_∞=1.30, 未燃焼組成, ガドリニアなし)</p> <p data-bbox="1314 1041 2175 1073">*2 : ボロン添加率の解析使用値は, 製造公差を考慮した下限値とする。</p>	項目	仕様	燃料種類	9×9燃料 (A型)	U ²³⁵ 濃縮度	[]*1	ペレット密度	理論密度の97%	ペレット直径	0.96cm	被覆管外径	1.12cm	被覆管厚さ	0.71mm	使用済燃料貯蔵プール水	水密度 0.0~1.0g/cm ³	使用済燃料貯蔵ラック	ラックタイプ 角管型	ラックピッチ []	材料 ボロン添加ステンレス鋼	ボロン 添加率 []*2	ラック板厚 []	ラック内のり []	<p data-bbox="2288 306 2807 380">記載位置の差異 (4. (2)計算方法 (5 ページ)に記載)</p> <p data-bbox="2288 394 2718 426">計算体系の差異 (鉛直方向は無限長)</p> <p data-bbox="2288 441 2599 472">ラックタイプの名称の差異</p>
項目	仕様																								
燃料種類	9×9燃料 (A型)																								
U ²³⁵ 濃縮度	[]*1																								
ペレット密度	理論密度の97%																								
ペレット直径	0.96cm																								
被覆管外径	1.12cm																								
被覆管厚さ	0.71mm																								
使用済燃料貯蔵プール水	水密度 0.0~1.0g/cm ³																								
使用済燃料貯蔵ラック	ラックタイプ 角管型																								
	ラックピッチ []																								
	材料 ボロン添加ステンレス鋼																								
	ボロン 添加率 []*2																								
	ラック板厚 []																								
ラック内のり []																									

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
 : 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	<div data-bbox="1210 264 2169 1276" style="border: 1px solid black; height: 482px; width: 323px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1525 1293 1952 1325" style="text-align: center;">図 4-4 実効増倍率と水密度の関係</p>	<p data-bbox="2288 306 2475 338">計算結果の差異</p>

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
: 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所	柏崎刈羽原子力発電所第7号機	備考
	<p style="text-align: right;">添付</p> <p style="text-align: center;">未臨界性評価の燃料条件</p> <p>9×9燃料（A型）や高燃焼度8×8燃料等、<u>燃料集合体の炉心装荷時における無限増倍率は、濃縮度やガドリニアの添加量に応じて軸方向を分割し、2次元の無限体系にて燃焼を進めて計算している。いずれの燃料集合体もガドリニア添加量の少ない燃料上部において無限増倍率が最大となり、燃焼履歴や燃料の製造公差を考慮しても1.30を超えることはない。中でも濃縮度の高い9×9燃料（A型）の無限増倍率が高くなることから、9×9燃料（A型）を未臨界性評価用燃料集合体（以下「モデルバンドル」という。）の想定に用いる。</u></p> <p><u>モデルバンドルは、無限増倍率が最大となるガドリニアの燃焼が進んだ状態を想定し、未燃焼組成で無限増倍率が1.30となるように濃縮度分布を設定する。この濃縮度分布をウラン燃料設計の基本的な考え方（燃料集合体の内側と外側での中性子スペクトルの違いを考慮し、濃縮度を外側に向かって低く、コーナー部は低濃縮度にする）に基づいて、9×9燃料（A型）の濃縮度分布を参考に設定するとモデルバンドルの平均濃縮度は</u><u>となる。</u></p> <p><u>モデルバンドルの保守性については、運転期間中の無限増倍率を安全側に包絡するように無限増倍率を1.30に設定していることに加え、いずれの燃料集合体においても燃焼が進み燃焼末期に近づくにつれて無限増倍率は低下するため、使用済燃料として貯蔵される状態においては、より大きな保守性をもつといえる。モデルバンドルとして9×9燃料（A型）を用いたが、いずれの燃料集合体を用いてもこの大きな保守性に包絡される。したがって、未臨界性評価に用いるモデルバンドルは保守的である。</u></p>	<p>原子炉での使用燃料タイプの差異 濃縮度の高い9×9燃料（A型）の無限増倍率が高くなる旨を記載</p> <p>未燃焼組成で無限増倍率が1.30となるように濃縮度分布を設定している旨を記載。</p> <p>モデルバンドルの無限増倍率1.30は運転中の無限増倍率を安全側に包絡するように設定している旨を記載。</p>

青字: 柏崎刈羽原子力発電所第7号機と東海第二発電所との差異
: 前回提出時からの変更箇所