

本資料のうち枠囲みの内容は、
機密事項に属しますので公開
できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6 添-1-052-3 (比較表) 改0
提出年月日	2023年11月30日

先行審査プラントの記載との比較表
(VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計)

2023年11月

東京電力ホールディングス株式会社

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

差異理由表

No.	差異理由
①	設備構成の差異 （7号機と下部ドライウエルに存在する機器，床面の設備配置及びコリウムシールド構造が異なる。）
②	設計方針の差異 （溶融炉心の堆積高さの計算結果の差異による。）
③	設計方針の差異【島根との差異】 （島根2号機のコリウムシールドは，床面全体を覆う構造である。）

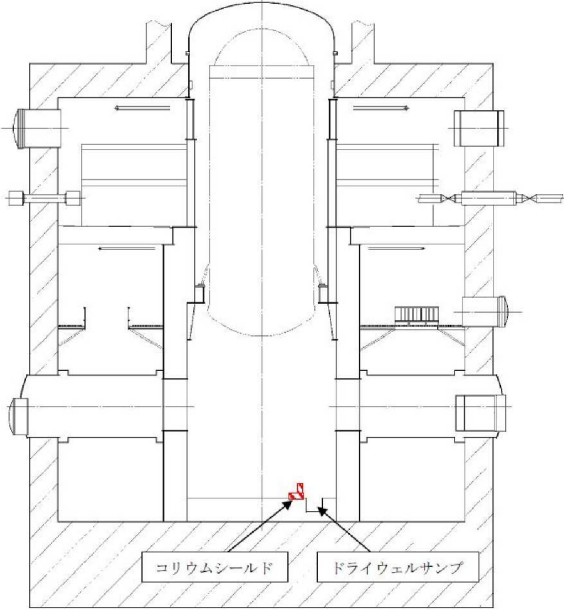

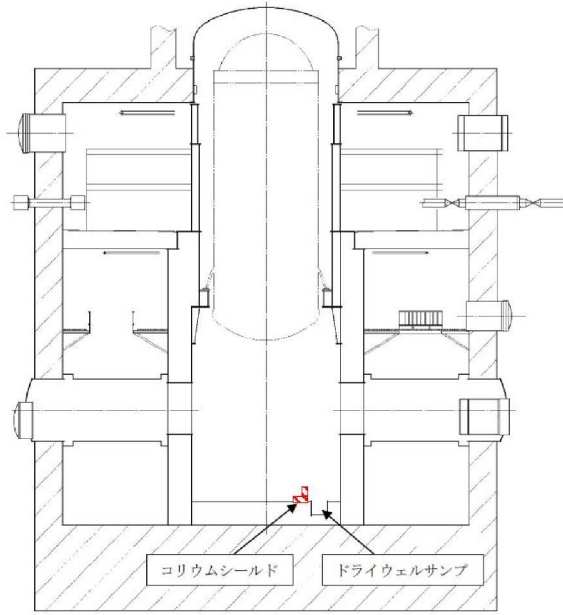

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p>1. コリウムシールドの概要及び設置目的 柏崎刈羽原子力発電所第7号機における、熔融炉心・コンクリート相互作用（以下「MCCI」という。）の影響抑制を目的に設置するコリウムシールドの概要を以下に示す。</p> <p>原子炉格納容器下部の床面には、原子炉格納容器内で発生した廃液の収集のために、図1-1及び図1-2のとおり高電導度廃液サンプ（以下「HCWサンプ」という。）と低電導度廃液サンプ（以下「LCWサンプ」という。）が設置されている。</p> <p>炉心損傷後に原子炉圧力容器底部が破損し、原子炉格納容器下部への熔融炉心の落下に至り、落下してきた熔融炉心がHCWサンプ及びLCWサンプ（以下「ドライウェルサンプ」という。）内に流入する場合、ドライウェルサンプ底面から原子炉格納容器バウンダリである鋼製ライナまでの距離が小さいことから、サンプ底面コンクリートの侵食により熔融炉心が鋼製ライナに接触し、原子炉格納容器のバウンダリ機能が損なわれるおそれがある。ドライウェルサンプへの熔融炉心の流入を抑制し、かつ格納容器下部注水系と合わせて、サンプ底面のコンクリートの侵食を抑制し、熔融炉心が原子炉格納容器バウンダリに接触することを防止するために、原子炉格納容器下部にコリウムシールドを設置する。</p> <p>図1-3に、コリウムシールドの外観を示す。また、表1-1に、コリウムシールドの仕様を示す。</p>	<p>1. コリウムシールドの概要及び設置目的 柏崎刈羽原子力発電所第6号機における、熔融炉心・コンクリート相互作用（以下「MCCI」という。）の影響抑制を目的に設置するコリウムシールドの概要を以下に示す。</p> <p>原子炉格納容器下部の床面には、原子炉格納容器内で発生した廃液の収集のために、図1-1及び図1-2のとおり高電導度廃液サンプ（以下「HCWサンプ」という。）と低電導度廃液サンプ（以下「LCWサンプ」という。）が設置されている。</p> <p>炉心損傷後に原子炉圧力容器底部が破損し、原子炉格納容器下部への熔融炉心の落下に至り、落下してきた熔融炉心がHCWサンプ及びLCWサンプ（以下「ドライウェルサンプ」という。）内に流入する場合、ドライウェルサンプ底面から原子炉格納容器バウンダリである鋼製ライナまでの距離が小さいことから、サンプ底面コンクリートの侵食により熔融炉心が鋼製ライナに接触し、原子炉格納容器のバウンダリ機能が損なわれるおそれがある。ドライウェルサンプへの熔融炉心の流入を抑制し、かつ格納容器下部注水系と合わせて、サンプ底面のコンクリートの侵食を抑制し、熔融炉心が原子炉格納容器バウンダリに接触することを防止するために、原子炉格納容器下部にコリウムシールドを設置する。</p> <p>図1-3に、コリウムシールドの外観を示す。また、表1-1に、コリウムシールドの仕様を示す。</p>	<p>・表現上の差異 （設備名称の差異）</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

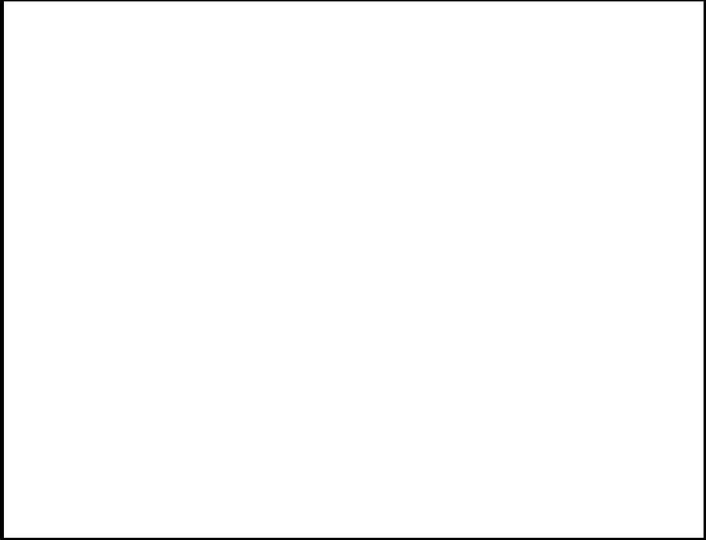

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	 <p>図1-1 原子炉格納容器の概要図</p>  <p>図1-2 <u>ドライウェルサンブの配置</u></p>	 <p>図1-1 原子炉格納容器の概要図</p>  <p>図1-2 <u>ドライウェルサンブの配置</u></p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の差異 (7号機とサンブ配置が異なる。)</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考																
	<p>表1-1 コリウムシールド仕様</p> <table border="1" data-bbox="887 384 1546 552"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耐熱材材質 (サンプ防護材, 犠牲材)</td> <td>ジルコニア (ZrO₂)</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>0.65m</td> </tr> <tr> <td>厚さ</td> <td>0.13m</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図1-3 コリウムシールド外観</p>	項目	仕様	耐熱材材質 (サンプ防護材, 犠牲材)	ジルコニア (ZrO ₂)	高さ	0.65m	厚さ	0.13m	<p>表1-1 コリウムシールド仕様</p> <table border="1" data-bbox="1576 384 2234 552"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耐熱材材質 (サンプ防護材, 犠牲材)</td> <td>ジルコニア (ZrO₂)</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>0.85m</td> </tr> <tr> <td>厚さ</td> <td>0.13m</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図1-3 コリウムシールド外観</p>	項目	仕様	耐熱材材質 (サンプ防護材, 犠牲材)	ジルコニア (ZrO ₂)	高さ	0.85m	厚さ	0.13m	<p>・差異なし</p> <p>・設備構成の差異 (7号機とコリウムシールド構造が異なる。)</p>
項目	仕様																		
耐熱材材質 (サンプ防護材, 犠牲材)	ジルコニア (ZrO ₂)																		
高さ	0.65m																		
厚さ	0.13m																		
項目	仕様																		
耐熱材材質 (サンプ防護材, 犠牲材)	ジルコニア (ZrO ₂)																		
高さ	0.85m																		
厚さ	0.13m																		

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

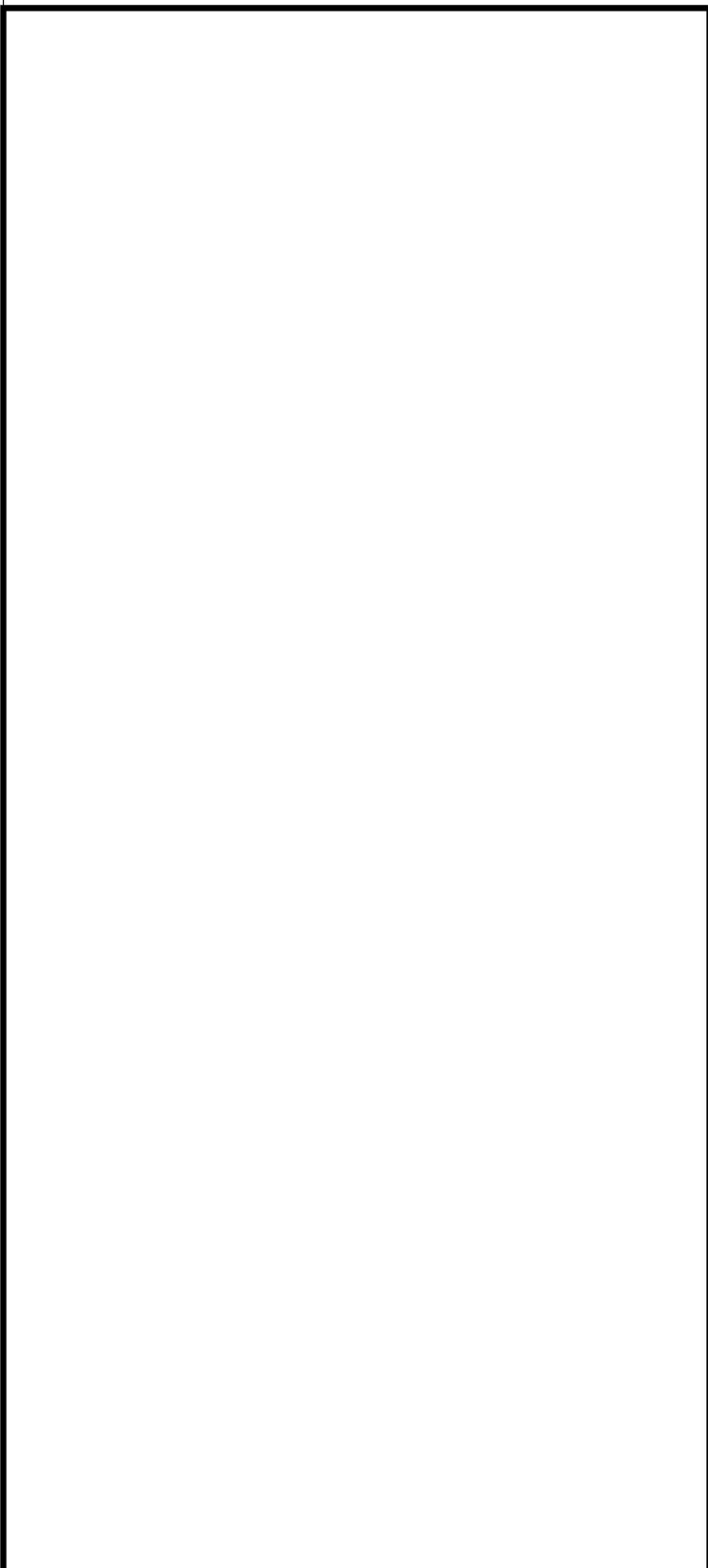
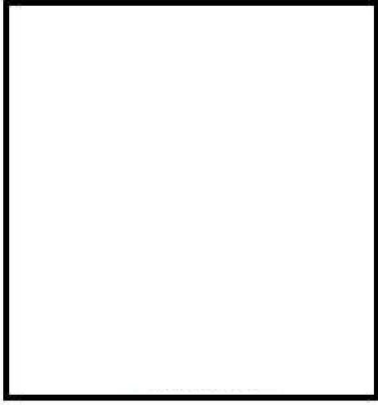


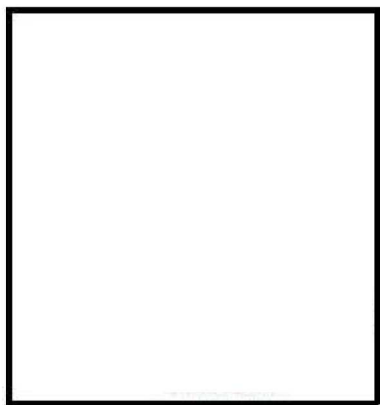


先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考																
	<p>2. コリウムシールド材料の選定 コリウムシールドの材料としては、模擬溶融炉心を用いた種々の試験結果を基に、高融点でかつ化学的安定性に優れており、溶融炉心に対して高い耐性を有していることが確認されたZrO₂を選定した。表2-1に、試験の概要を示す。</p> <p>表2-1 コリウムシールド材料の選定に係る試験の概要*</p> <table border="1" data-bbox="890 598 1546 1150"> <thead> <tr> <th>試験の種類</th> <th>概要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>溶融Zrによる耐熱材侵食試験</td> <td>試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。 模擬溶融炉心として、侵食量が大きくなる100mol%Zrをるつぼ内で2000℃～2200℃の所定温度に昇温・溶融し、 、 、ZrO₂の耐熱材試験片を上部から挿入し5分間保持した後、取り出して残存状態を確認。 侵食量は > > ZrO₂となり、ZrO₂、 、 の順に耐侵食性に優れていることを確認（図2-1）。</td> </tr> <tr> <td>模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験</td> <td>試験目的：ZrO₂耐熱材の侵食開始温度として設定している2100℃までの溶融炉心温度範囲における耐熱材の耐侵食性を確認。 るつぼ内に円柱状に加工したZrO₂耐熱材と模擬溶融炉心粒子（UO₂-ZrO₂-Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を装荷し、模擬溶融炉心を2000℃～2100℃に昇温・溶融し10分間保持した後、るつぼを切断し断面を確認。 ZrO₂耐熱材の厚さは試験前から変化せず、模擬溶融炉心によるZrO₂耐熱材の有意な侵食がないことを確認（図2-2）。</td> </tr> <tr> <td>耐熱材への模擬溶融炉心落下試験</td> <td>試験目的：耐熱材に溶融炉心が接触した際の短期的な相互作用を確認。 ZrO₂耐熱材を内張りしたコンクリートトラップに、2450℃以上に加熱した模擬溶融炉心（UO₂-ZrO₂-Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を落下させ、耐熱材の侵食状況等を確認。 模擬溶融炉心接触部から最大約1cmの範囲でZrO₂耐熱材が黒色化し、その周辺部が白色化していることが確認されたものの、顕著な耐熱材の侵食及び急激な入熱（熱衝撃）による耐熱材の割れが生じていないことを確認（図2-3）。 黒色化した部分についてX線回折分析を行った結果、耐熱材表面の組成に有意な変化がないことを確認。</td> </tr> </tbody> </table> <p>注記*：本試験は、中部電力(株)、東北電力(株)、東京電力ホールディングス(株)、北陸電力(株)、中国電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、(一財)エネルギー総合工学研究所、東芝エネルギーシステムズ(株)、日立GEニュークリア・エナジー(株)が実施した共同研究の成果の一部である。</p>	試験の種類	概要	溶融Zrによる耐熱材侵食試験	試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。 模擬溶融炉心として、侵食量が大きくなる100mol%Zrをるつぼ内で2000℃～2200℃の所定温度に昇温・溶融し、 、 、ZrO ₂ の耐熱材試験片を上部から挿入し5分間保持した後、取り出して残存状態を確認。 侵食量は > > ZrO ₂ となり、ZrO ₂ 、 、 の順に耐侵食性に優れていることを確認（図2-1）。	模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験	試験目的：ZrO ₂ 耐熱材の侵食開始温度として設定している2100℃までの溶融炉心温度範囲における耐熱材の耐侵食性を確認。 るつぼ内に円柱状に加工したZrO ₂ 耐熱材と模擬溶融炉心粒子（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を装荷し、模擬溶融炉心を2000℃～2100℃に昇温・溶融し10分間保持した後、るつぼを切断し断面を確認。 ZrO ₂ 耐熱材の厚さは試験前から変化せず、模擬溶融炉心によるZrO ₂ 耐熱材の有意な侵食がないことを確認（図2-2）。	耐熱材への模擬溶融炉心落下試験	試験目的：耐熱材に溶融炉心が接触した際の短期的な相互作用を確認。 ZrO ₂ 耐熱材を内張りしたコンクリートトラップに、2450℃以上に加熱した模擬溶融炉心（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を落下させ、耐熱材の侵食状況等を確認。 模擬溶融炉心接触部から最大約1cmの範囲でZrO ₂ 耐熱材が黒色化し、その周辺部が白色化していることが確認されたものの、顕著な耐熱材の侵食及び急激な入熱（熱衝撃）による耐熱材の割れが生じていないことを確認（図2-3）。 黒色化した部分についてX線回折分析を行った結果、耐熱材表面の組成に有意な変化がないことを確認。	<p>2. コリウムシールド材料の選定 コリウムシールドの材料としては、模擬溶融炉心を用いた種々の試験結果を基に、高融点でかつ化学的安定性に優れており、溶融炉心に対して高い耐性を有していることが確認されたZrO₂を選定した。表2-1に、試験の概要を示す。</p> <p>表2-1 コリウムシールド材料の選定に係る試験の概要*</p> <table border="1" data-bbox="1581 598 2237 1150"> <thead> <tr> <th>試験の種類</th> <th>概要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>溶融Zrによる耐熱材侵食試験</td> <td>試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。 模擬溶融炉心として、侵食量が大きくなる100mol%Zrをるつぼ内で2000℃～2200℃の所定温度に昇温・溶融し、 、 、ZrO₂の耐熱材試験片を上部から挿入し5分間保持した後、取り出して残存状態を確認。 侵食量は > > ZrO₂となり、ZrO₂、 、 の順に耐侵食性に優れていることを確認（図2-1）。</td> </tr> <tr> <td>模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験</td> <td>試験目的：ZrO₂耐熱材の侵食開始温度として設定している2100℃までの溶融炉心温度範囲における耐熱材の耐侵食性を確認。 るつぼ内に円柱状に加工したZrO₂耐熱材と模擬溶融炉心粒子（UO₂-ZrO₂-Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を装荷し、模擬溶融炉心を2000℃～2100℃に昇温・溶融し10分間保持した後、るつぼを切断し断面を確認。 ZrO₂耐熱材の厚さは試験前から変化せず、模擬溶融炉心によるZrO₂耐熱材の有意な侵食がないことを確認（図2-2）。</td> </tr> <tr> <td>耐熱材への模擬溶融炉心落下試験</td> <td>試験目的：耐熱材に溶融炉心が接触した際の短期的な相互作用を確認。 ZrO₂耐熱材を内張りしたコンクリートトラップに、2450℃以上に加熱した模擬溶融炉心（UO₂-ZrO₂-Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を落下させ、耐熱材の侵食状況等を確認。 模擬溶融炉心接触部から最大約1cmの範囲でZrO₂耐熱材が黒色化し、その周辺部が白色化していることが確認されたものの、顕著な耐熱材の侵食及び急激な入熱（熱衝撃）による耐熱材の割れが生じていないことを確認（図2-3）。 黒色化した部分についてX線回折分析を行った結果、耐熱材表面の組成に有意な変化がないことを確認。</td> </tr> </tbody> </table> <p>注記*：本試験は、中部電力(株)、東北電力(株)、東京電力ホールディングス(株)、北陸電力(株)、中国電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、(一財)エネルギー総合工学研究所、東芝エネルギーシステムズ(株)、日立GEニュークリア・エナジー(株)が実施した共同研究の成果の一部である。</p>	試験の種類	概要	溶融Zrによる耐熱材侵食試験	試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。 模擬溶融炉心として、侵食量が大きくなる100mol%Zrをるつぼ内で2000℃～2200℃の所定温度に昇温・溶融し、 、 、ZrO ₂ の耐熱材試験片を上部から挿入し5分間保持した後、取り出して残存状態を確認。 侵食量は > > ZrO ₂ となり、ZrO ₂ 、 、 の順に耐侵食性に優れていることを確認（図2-1）。	模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験	試験目的：ZrO ₂ 耐熱材の侵食開始温度として設定している2100℃までの溶融炉心温度範囲における耐熱材の耐侵食性を確認。 るつぼ内に円柱状に加工したZrO ₂ 耐熱材と模擬溶融炉心粒子（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を装荷し、模擬溶融炉心を2000℃～2100℃に昇温・溶融し10分間保持した後、るつぼを切断し断面を確認。 ZrO ₂ 耐熱材の厚さは試験前から変化せず、模擬溶融炉心によるZrO ₂ 耐熱材の有意な侵食がないことを確認（図2-2）。	耐熱材への模擬溶融炉心落下試験	試験目的：耐熱材に溶融炉心が接触した際の短期的な相互作用を確認。 ZrO ₂ 耐熱材を内張りしたコンクリートトラップに、2450℃以上に加熱した模擬溶融炉心（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を落下させ、耐熱材の侵食状況等を確認。 模擬溶融炉心接触部から最大約1cmの範囲でZrO ₂ 耐熱材が黒色化し、その周辺部が白色化していることが確認されたものの、顕著な耐熱材の侵食及び急激な入熱（熱衝撃）による耐熱材の割れが生じていないことを確認（図2-3）。 黒色化した部分についてX線回折分析を行った結果、耐熱材表面の組成に有意な変化がないことを確認。	<p>・差異なし</p>
試験の種類	概要																		
溶融Zrによる耐熱材侵食試験	試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。 模擬溶融炉心として、侵食量が大きくなる100mol%Zrをるつぼ内で2000℃～2200℃の所定温度に昇温・溶融し、 、 、ZrO ₂ の耐熱材試験片を上部から挿入し5分間保持した後、取り出して残存状態を確認。 侵食量は > > ZrO ₂ となり、ZrO ₂ 、 、 の順に耐侵食性に優れていることを確認（図2-1）。																		
模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験	試験目的：ZrO ₂ 耐熱材の侵食開始温度として設定している2100℃までの溶融炉心温度範囲における耐熱材の耐侵食性を確認。 るつぼ内に円柱状に加工したZrO ₂ 耐熱材と模擬溶融炉心粒子（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を装荷し、模擬溶融炉心を2000℃～2100℃に昇温・溶融し10分間保持した後、るつぼを切断し断面を確認。 ZrO ₂ 耐熱材の厚さは試験前から変化せず、模擬溶融炉心によるZrO ₂ 耐熱材の有意な侵食がないことを確認（図2-2）。																		
耐熱材への模擬溶融炉心落下試験	試験目的：耐熱材に溶融炉心が接触した際の短期的な相互作用を確認。 ZrO ₂ 耐熱材を内張りしたコンクリートトラップに、2450℃以上に加熱した模擬溶融炉心（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を落下させ、耐熱材の侵食状況等を確認。 模擬溶融炉心接触部から最大約1cmの範囲でZrO ₂ 耐熱材が黒色化し、その周辺部が白色化していることが確認されたものの、顕著な耐熱材の侵食及び急激な入熱（熱衝撃）による耐熱材の割れが生じていないことを確認（図2-3）。 黒色化した部分についてX線回折分析を行った結果、耐熱材表面の組成に有意な変化がないことを確認。																		
試験の種類	概要																		
溶融Zrによる耐熱材侵食試験	試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。 模擬溶融炉心として、侵食量が大きくなる100mol%Zrをるつぼ内で2000℃～2200℃の所定温度に昇温・溶融し、 、 、ZrO ₂ の耐熱材試験片を上部から挿入し5分間保持した後、取り出して残存状態を確認。 侵食量は > > ZrO ₂ となり、ZrO ₂ 、 、 の順に耐侵食性に優れていることを確認（図2-1）。																		
模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験	試験目的：ZrO ₂ 耐熱材の侵食開始温度として設定している2100℃までの溶融炉心温度範囲における耐熱材の耐侵食性を確認。 るつぼ内に円柱状に加工したZrO ₂ 耐熱材と模擬溶融炉心粒子（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を装荷し、模擬溶融炉心を2000℃～2100℃に昇温・溶融し10分間保持した後、るつぼを切断し断面を確認。 ZrO ₂ 耐熱材の厚さは試験前から変化せず、模擬溶融炉心によるZrO ₂ 耐熱材の有意な侵食がないことを確認（図2-2）。																		
耐熱材への模擬溶融炉心落下試験	試験目的：耐熱材に溶融炉心が接触した際の短期的な相互作用を確認。 ZrO ₂ 耐熱材を内張りしたコンクリートトラップに、2450℃以上に加熱した模擬溶融炉心（UO ₂ -ZrO ₂ -Zr：30mol%-30mol%-40mol%）を落下させ、耐熱材の侵食状況等を確認。 模擬溶融炉心接触部から最大約1cmの範囲でZrO ₂ 耐熱材が黒色化し、その周辺部が白色化していることが確認されたものの、顕著な耐熱材の侵食及び急激な入熱（熱衝撃）による耐熱材の割れが生じていないことを確認（図2-3）。 黒色化した部分についてX線回折分析を行った結果、耐熱材表面の組成に有意な変化がないことを確認。																		

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	 <p>図2-1 熔融Zrによる耐熱材侵食試験後の断面写真</p>  <p>図2-2 模擬熔融炉心による耐熱材侵食試験後の断面写真</p>  <p>図2-3 耐熱材への模擬熔融炉心落下試験後の断面写真</p>	 <p>図2-1 熔融Zrによる耐熱材侵食試験後の断面写真</p>  <p>図2-2 模擬熔融炉心による耐熱材侵食試験後の断面写真</p>  <p>図2-3 耐熱材への模擬熔融炉心落下試験後の断面写真</p>	<p>・差異なし</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表 (VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計)

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p>3. コリウムシールド構造 コリウムシールドは、MCC I の影響抑制の目的で設置するが、原子炉格納容器下部の設備配置上、設置高さに制限があり、これを考慮した上で、原子炉圧力容器から落下する溶融炉心を全量保持でき、かつ、MCC I の影響も抑制できるよう、その厚さ、高さを設定する必要がある。これを踏まえ、コリウムシールドは、高さ <u>0.65m</u>、厚さ 0.13m とすることとした。また、コリウムシールドについては、HCW サンプの漏えい検出機能を維持するため、スリットを設けることからスリット部が溶融炉心のドライウェルサンプへの流入経路とならないよう考慮する。以下に、これらコリウムシールドの設計の考え方を示す。</p> <p>3.1 コリウムシールド設計条件 (1) 想定する事故シナリオ コリウムシールドを設計するための前提条件となる事故シナリオは以下のとおりである。</p> <p>・高圧・低圧注水機能喪失及び重大事故等対処設備による原子炉注水失敗を想定 (令和元年6月19日付け「原規規発第1906194号」をもって許可を受けた「柏崎刈羽原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書(以下「設置変更許可申請書」という。) 添付書類十 7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」におけるMCC I シナリオと同様)</p> <p>「設置変更許可申請書 添付書類十 7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」でのMAAP解析結果及びシュラウド下部の構造から、溶融した炉心は直下の炉心支持板を損傷し、下部プレナムに落下、それに伴い原子炉圧力容器下部鏡板の中央部(炉底部)における熱的な損傷が大きくなり、原子炉圧力容器が破損、溶融炉心が原子炉圧力容器外に流出(落下)すると想定される。原子炉圧力容器から落下した溶融炉心はそのほとんどが垂直に落下し原子炉格納容器下部に到達。その後、原子炉格納容器下部床面を水平方向に拡散し、ドライウェルサンプへ流入すると想定される。溶融炉心の総量は約 t と想定される。</p>	<p>3. コリウムシールド構造 コリウムシールドは、MCC I の影響抑制の目的で設置するが、原子炉格納容器下部の設備配置上、設置高さに制限があり、これを考慮した上で、原子炉圧力容器から落下する溶融炉心を全量保持でき、かつ、MCC I の影響も抑制できるよう、その厚さ、高さを設定する必要がある。これを踏まえ、コリウムシールドは、高さ <u>0.85m</u>、厚さ 0.13m とすることとした。また、コリウムシールドについては、HCW サンプの漏えい検出機能を維持するため、スリットを設けることからスリット部が溶融炉心のドライウェルサンプへの流入経路とならないよう考慮する。以下に、これらコリウムシールドの設計の考え方を示す。</p> <p>3.1 コリウムシールド設計条件 (1) 想定する事故シナリオ コリウムシールドを設計するための前提条件となる事故シナリオは以下のとおりである。</p> <p>・高圧・低圧注水機能喪失及び重大事故等対処設備による原子炉注水失敗を想定 (令和元年6月19日付け「原規規発第1906194号」をもって許可を受けた「柏崎刈羽原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書(以下「設置変更許可申請書」という。) 添付書類十 7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」におけるMCC I シナリオと同様)</p> <p>「設置変更許可申請書 添付書類十 7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」でのMAAP解析結果及びシュラウド下部の構造から、溶融した炉心は直下の炉心支持板を損傷し、下部プレナムに落下、それに伴い原子炉圧力容器下部鏡板の中央部(炉底部)における熱的な損傷が大きくなり、原子炉圧力容器が破損、溶融炉心が原子炉圧力容器外に流出(落下)すると想定される。原子炉圧力容器から落下した溶融炉心はそのほとんどが垂直に落下し原子炉格納容器下部に到達。その後、原子炉格納容器下部床面を水平方向に拡散し、ドライウェルサンプへ流入すると想定される。溶融炉心の総量は約 t と想定される。</p>	<p>・設計方針の差異 (溶融炉心の堆積高さの計算結果の差異による。)</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p style="text-align: center;">表3-1 溶融炉心組成内訳</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div> <p>(2) コリウムシールド設計要求事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・崩壊熱レベル：事故後約7時間後に原子炉圧力容器が破損することを考慮し、事故後6時間相当とする。（ジルコニウム-水反応熱も考慮） ・床面積：コリウムシールド設置による床面積減少分を考慮し、<u>74m²</u>とする。 ・溶融炉心質量：原子炉圧力容器内の主要設備（表3-1に記載）の溶融を考慮し、約 tとする。 ・溶融炉心初期温度：「設置変更許可申請書 添付書類十7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」でのMAAP解析における、原子炉圧力容器が破損し、溶融炉心が原子炉格納容器下部に落下した直後の温度、 °Cとする。 ・溶融炉心除熱量：「設置変更許可申請書 添付書類十7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」にて用いている値（800kW/m²）よりも保守的な kW/m²とする。 ・初期水張条件：原子炉圧力容器破損前から原子炉格納容器下部に注水を行うことを考慮し、高さ2mとする。 <p>3.2 コリウムシールド基本構造</p> <p>コリウムシールドの外形及び基本構造を図3-1及び図3-2に示す。コリウムシールドは溶融炉心のドライウェルサンプへの流入を抑制するため、ドライウェルサンプを囲うように設置する。また、耐熱材を鋼製の補強フレーム（支持材）にて支持する構造とする。ここで、支持材を耐熱材の溶融炉心接触面と反対側（ドライウェルサンプ側）に配置することにより、支持材と溶融炉心が接触しない構造とする。</p>	<p style="text-align: center;">表3-1 溶融炉心組成内訳</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div> <p>(2) コリウムシールド設計要求事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・崩壊熱レベル：事故後約7時間後に原子炉圧力容器が破損することを考慮し、事故後6時間相当とする。（ジルコニウム-水反応熱も考慮） ・床面積：コリウムシールド設置による床面積減少分を考慮し、<u>60m²</u>とする。 ・溶融炉心質量：原子炉圧力容器内の主要設備（表3-1に記載）の溶融を考慮し、約 tとする。 ・溶融炉心初期温度：「設置変更許可申請書 添付書類十7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」でのMAAP解析における、原子炉圧力容器が破損し、溶融炉心が原子炉格納容器下部に落下した直後の温度、 °Cとする。 ・溶融炉心除熱量：「設置変更許可申請書 添付書類十7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」にて用いている値（800kW/m²）よりも保守的な kW/m²とする。 ・初期水張条件：原子炉圧力容器破損前から原子炉格納容器下部に注水を行うことを考慮し、高さ2mとする。 <p>3.2 コリウムシールド基本構造</p> <p>コリウムシールドの外形及び基本構造を図3-1及び図3-2に示す。コリウムシールドは溶融炉心のドライウェルサンプへの流入を抑制するため、ドライウェルサンプを囲うように設置する。また、耐熱材を鋼製の補強フレーム（支持材）にて支持する構造とする。ここで、支持材を耐熱材の溶融炉心接触面と反対側（ドライウェルサンプ側）に配置することにより、支持材と溶融炉心が接触しない構造とする。</p>	<p>・設備構成の差異 （7号機と下部ドライウェル床面の設備配置が異なる。）</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	 <p style="text-align: center;"><u>図3-1 コリウムシールド外形</u></p>  <p style="text-align: center;"><u>図3-2 コリウムシールド基本構造</u></p>	 <p style="text-align: center;"><u>図3-1 コリウムシールド外形</u></p>  <p style="text-align: center;"><u>図3-2 コリウムシールド基本構造</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の差異 (7号機と下部ドライウエル床面の設備配置が異なる。) ・設計方針の差異 (7号機とコリウムシールド構造が異なる。) ・記載の充実化 (6号機は、先行プラント審査実績を反映し、スリット部断面の図を追加している。)

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。


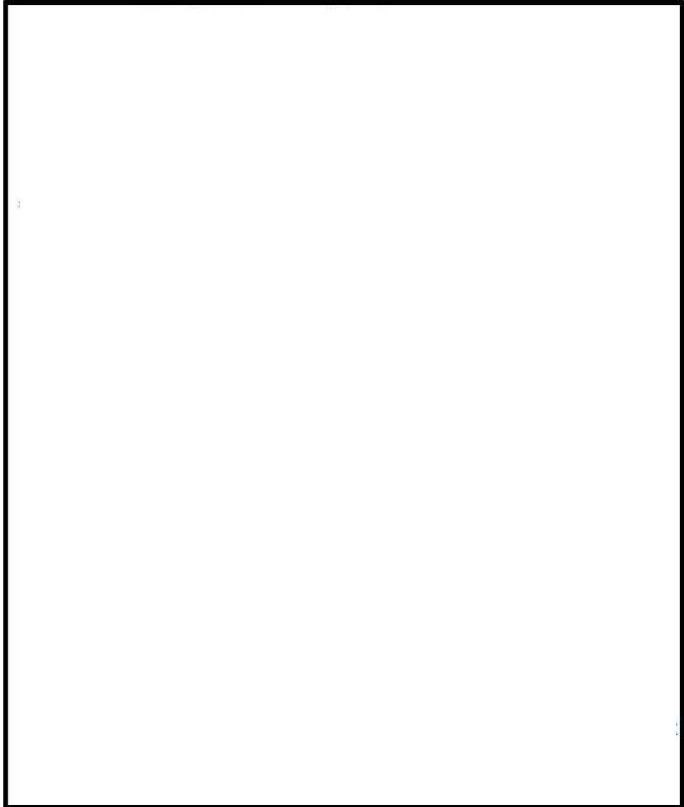

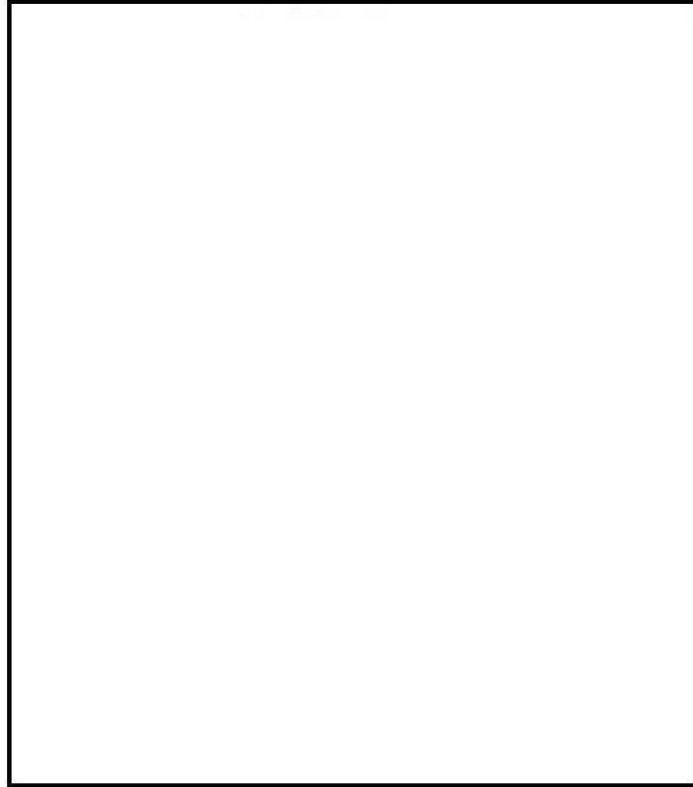
先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p>3.3 コリウムシールド各部寸法 (1) 堰の高さについて 原子炉格納容器下部に落下する熔融炉心の総量は約 \square tと想定しており、以下の条件設定において落下した熔融炉心がコリウムシールドを乗り越えてドライウェルサンプに流入することがないように、堰の高さを決定する。熔融炉心の組成は表3-1のとおりであるが、原子炉压力容器の下部には制御棒駆動機構等の既設設備が存在しており、熔融炉心が原子炉压力容器から流出した際には、既設設備の一部が熔融し、熔融炉心の総量が増加する可能性がある。熔融炉心の堆積高さの算出式を以下に示す。</p> $H_d = \frac{\frac{m_d}{\rho_d} + \frac{m_m}{\rho_{sus}} + V_s}{A_{pd}}$ <p>ここで、H_d: 熔融炉心堆積高さ[m]、m_d: 熔融炉心総量[kg]、ρ_d: 熔融炉心密度[kg/m³]、m_m: 原子炉压力容器の下部に存在する機器重量[kg]、ρ_{sus}: SUS密度[kg/m³]、A_{pd}: コリウムシールド及びコリウムシールドに囲われる部分の面積を除いた原子炉本体の基礎床面積[m²]、V_s: 熔融炉心に埋没する耐熱材容積[m³]とする。</p> <p>上記の式に各値を代入した結果を表3-2に示す。ただし、$m_d = \square$ kg、$\rho_d = \square$ kg/m³、$m_m = \square$ kg、$\rho_{sus} = \square$ kg/m³、$A_{pd} = \square$ m²、$V_s = \square$ m³とする。</p> <p>表3-2より、制御棒駆動機構等、原子炉格納容器の下部に存在する主要設備が熔融した場合の、熔融炉心の堆積高さは、<u>0.65m</u>となる。</p> <p>なお、熔融炉心の粘性が非常に小さく、落下経路に存在する原子炉压力容器下部の既設設備に長時間接触する可能性は低いと考えられること、また、原子炉格納容器下部には原子炉压力容器破損前に水張りがされており、かつ継続的に注水されていることにより、落下した熔融炉心は冷却され、原子炉格納容器の下部に存在する主要設備が全て熔融する可能性は低いと考えられることから、コリウムシールドの堰の高さを<u>0.65m</u>とする。</p>	<p>3.3 コリウムシールド各部寸法 (1) 堰の高さについて 原子炉格納容器下部に落下する熔融炉心の総量は約 \square tと想定しており、以下の条件設定において落下した熔融炉心がコリウムシールドを乗り越えてドライウェルサンプに流入することがないように、堰の高さを決定する。熔融炉心の組成は表3-1のとおりであるが、原子炉压力容器の下部には制御棒駆動機構等の既設設備が存在しており、熔融炉心が原子炉压力容器から流出した際には、既設設備の一部が熔融し、熔融炉心の総量が増加する可能性がある。熔融炉心の堆積高さの算出式を以下に示す。</p> $H_d = \frac{\frac{m_d}{\rho_d} + \frac{m_m}{\rho_{sus}} + V_s}{A_{pd}}$ <p>ここで、H_d: 熔融炉心堆積高さ[m]、m_d: 熔融炉心総量[kg]、ρ_d: 熔融炉心密度[kg/m³]、m_m: 原子炉压力容器の下部に存在する機器重量[kg]、ρ_{sus}: SUS密度[kg/m³]、A_{pd}: コリウムシールド及びコリウムシールドに囲われる部分の面積を除いた原子炉本体の基礎床面積[m²]、V_s: 熔融炉心に埋没する耐熱材容積[m³]とする。</p> <p>上記の式に各値を代入した結果を表3-2に示す。ただし、$m_d = \square$ kg、$\rho_d = \square$ kg/m³、$m_m = \square$ kg、$\rho_{sus} = \square$ kg/m³、$A_{pd} = \square$ m²、$V_s = \square$ m³とする。</p> <p>表3-2より、制御棒駆動機構等、原子炉格納容器の下部に存在する主要設備が熔融した場合の、熔融炉心の堆積高さは、<u>0.84m</u>となる。</p> <p>なお、熔融炉心の粘性が非常に小さく、落下経路に存在する原子炉压力容器下部の既設設備に長時間接触する可能性は低いと考えられること、また、原子炉格納容器下部には原子炉压力容器破損前に水張りがされており、かつ継続的に注水されていることにより、落下した熔融炉心は冷却され、原子炉格納容器の下部に存在する主要設備が全て熔融する可能性は低いと考えられることから、コリウムシールドの堰の高さを<u>0.85m</u>とする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 設計方針の差異 (島根2号機のコリウムシールドは、床面全体を覆う構造であり、高さについて記載していない。) 設備構成の差異 (7号機と下部ドライウェルに存在する機器、床面の設備配置及びコリウムシールド構造が異なる。) 計算結果の差異 設計方針の差異 (熔融炉心の堆積高さの計算結果の差異による。)

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p data-bbox="943 331 1439 359"><u>表3-2 溶解する構造物の量に対する溶解炉心堆積高さ（単位：m）</u></p>  <p data-bbox="1012 1423 1368 1451"><u>図3-3 原子炉圧力容器の下部に存在する機器</u></p> 	<p data-bbox="1656 331 2151 359"><u>表3-2 溶解する構造物の量に対する溶解炉心堆積高さ（単位：m）</u></p>  <p data-bbox="1724 1423 2080 1451"><u>図3-3 原子炉圧力容器の下部に存在する機器</u></p> 	<p data-bbox="2267 327 2769 453">・設備構成の差異 （7号機と下部ドライウエルに存在する機器、床面の設備配置及びコリウムシールド構造が異なる。）</p> <p data-bbox="2267 1413 2769 1503">・設備構成の差異 （7号機と下部ドライウエルに存在する機器が異なる。）</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

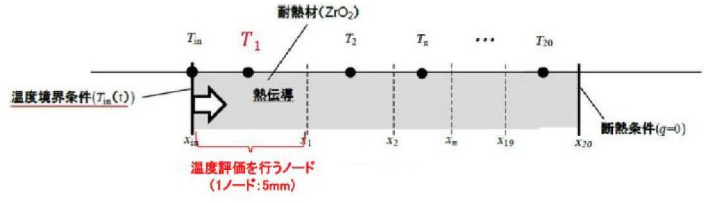


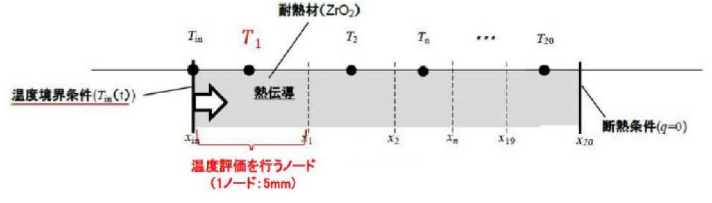

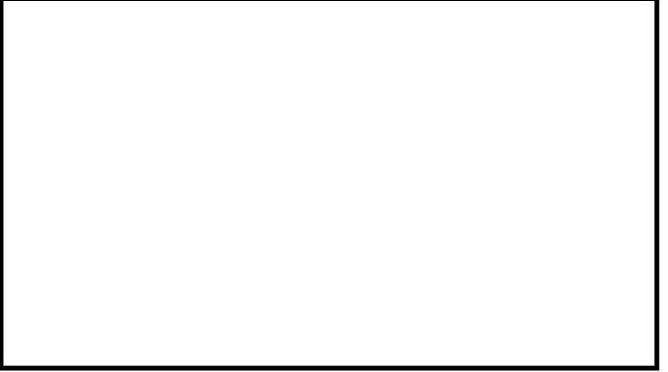
先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p>(2) 耐熱材厚さについて</p> <p>図3-2に示すとおり耐熱材は溶融炉心との接触に伴う熱衝撃対策として二層構造（サンプル防護材：厚さ <input type="text"/> m + 犠牲材：厚さ <input type="text"/> m）とし、ZrO₂製の耐熱モルタルにて互いを接着する。サンプル防護材の厚さについては、図3-3に示す耐熱材厚さ方向の熱伝導評価により、溶融炉心と接触する部分の温度時間変化を求め、最高温度が耐熱材材質であるZrO₂の融点を超えない厚さとする。</p> <p>ZrO₂融点については、ZrO₂単体では2677℃であるが、共晶反応及び酸化還元反応・合金化反応により融点が下がることを考慮し、2100℃とした。</p> <p>一般にUO₂-ZrO₂の共晶温度は約2500℃であることが知られており、UO₂-ZrO₂の共晶温度を考慮しても十分に低い融点を設定している。また、耐熱材の熱伝導評価においては保守的に、図3-4に示すとおり溶融炉心と接触する耐熱材表面の温度として、溶融炉心初期温度を上回る <input type="text"/> °Cを初期条件として与えている。加えて、溶融炉心の水への除熱量を、「設置変更許可申請書 添付書類 十 7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」にて用いている値（800kW/m²）よりも小さい <input type="text"/> kW/m²とすることで、溶融炉心が高温である時間が長くなり、より侵食量が増える評価条件としている。解析コード「MAAP」を使用し、溶融炉心の温度変化を求める。本評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。</p> <p>なお、図3-5に示す評価結果から耐熱材の侵食量は <input type="text"/> m以下であるが、コリウムシールド設計においては耐熱材の厚さに十分な余裕を見込み、サンプル防護材の厚さは <input type="text"/> mとする。</p>	<p>(2) 耐熱材厚さについて</p> <p>図3-2に示すとおり耐熱材は溶融炉心との接触に伴う熱衝撃対策として二層構造（サンプル防護材：厚さ <input type="text"/> m + 犠牲材：厚さ <input type="text"/> m）とし、ZrO₂製の耐熱モルタルにて互いを接着する。サンプル防護材の厚さについては、図3-4に示す耐熱材厚さ方向の熱伝導評価により、溶融炉心と接触する部分の温度時間変化を求め、最高温度が耐熱材材質であるZrO₂の融点を超えない厚さとする。</p> <p>ZrO₂融点については、ZrO₂単体では2677℃であるが、共晶反応及び酸化還元反応・合金化反応により融点が下がることを考慮し、2100℃とした。</p> <p>一般にUO₂-ZrO₂の共晶温度は約2500℃であることが知られており、UO₂-ZrO₂の共晶温度を考慮しても十分に低い融点を設定している。また、耐熱材の熱伝導評価においては保守的に、図3-5に示すとおり溶融炉心と接触する耐熱材表面の温度として、溶融炉心初期温度を上回る <input type="text"/> °Cを初期条件として与えている。加えて、溶融炉心の水への除熱量を、「設置変更許可申請書 添付書類 十 7.2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用」にて用いている値（800kW/m²）よりも小さい <input type="text"/> kW/m²とすることで、溶融炉心が高温である時間が長くなり、より侵食量が増える評価条件としている。解析コード「MAAP」を使用し、溶融炉心の温度変化を求める。本評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。</p> <p>なお、図3-6に示す評価結果から耐熱材の侵食量は <input type="text"/> m以下であるが、コリウムシールド設計においては耐熱材の厚さに十分な余裕を見込み、サンプル防護材の厚さは <input type="text"/> mとする。</p>	<p>・差異なし</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	 <p>図3-4 耐熱材の熱伝導解析モデル</p>  <p>図3-5 溶融炉心温度変化（温度境界条件 $T_n(t)$） ※破線：コリウムシールド設計用MAAP解析結果， 実線：解析結果を包絡する評価用温度を表す</p>  <p>図3-6 溶融炉心と接触するノードの温度変化</p> <p>犠牲材については、あくまでも熱衝撃を吸収するためのもの（熱衝撃による割れを許容するもの）であることから、耐熱材製造上の最小厚さ <input type="text"/> mとする。</p>	 <p>図3-4 耐熱材の熱伝導解析モデル</p>  <p>図3-5 溶融炉心温度変化（温度境界条件 $T_n(t)$） 注：破線：コリウムシールド設計用MAAP解析結果， 実線：解析結果を包絡する評価用温度を表す</p>  <p>図3-6 溶融炉心と接触するノードの温度変化</p> <p>犠牲材については、あくまでも熱衝撃を吸収するためのもの（熱衝撃による割れを許容するもの）であることから、耐熱材製造上の最小厚さ <input type="text"/> mとする。</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> 解析結果の差異 解析結果の差異

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考																																								
	<p>3.4 スリット部の構造について HCWサンプの前に設置するコリウムシールドについては、HCWサンプの漏えい検出機能を維持するため、コリウムシールド下部（床面との間）にスリットを設置する。スリット寸法については、溶融炉心のサンプへの有意な流入経路とならないことを確認する。</p> <p>(1) スリット内の溶融炉心凝固評価について 溶融炉心のスリット内凝固評価は実溶融炉心を用いた試験による確認が困難であることから、複数の評価モデルで凝固評価を実施し、各々の結果を包絡するようにスリット長さを決定する。なお、凝固評価においては、事前注水成功によりスリット内に水が存在すると考えられるものの、スリット部が非常に狭隘であることから、水は存在しないものとして評価を行った。</p> <p>凝固評価に用いたモデルを表3-3に、各モデルでの凝固評価結果を表3-4に示す。モデルの違いにより溶融炉心の凝固評価結果に多少の差異があるものの、最大でも0.3mあれば溶融炉心はスリット内で凝固することから、溶融炉心の凝固距離に余裕を見込んで、スリット長さを 0.3m とする。</p> <p style="text-align: center;">表3-3 溶融炉心凝固評価モデル比較</p> <table border="1" data-bbox="884 1213 1552 1444"> <thead> <tr> <th>評価モデル</th> <th>概要</th> <th>適用実績</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>US-ABWR DCDモデル</td> <td>平行平板間で溶融炉心が凝固し流路が閉塞することを想定したモデル</td> <td>・米国NRCに認可されたモデル ・US-ABWRは本モデルに基づき標準設計認証を取得</td> </tr> <tr> <td>Epsteinモデル</td> <td>円管内での溶融炉心の流動距離を評価するモデル</td> <td>・MAAPのRPV下部プレナムにおける核計装管等の貫通部配管での溶融炉心凝固評価に用いられている。 ・EPR Iによって行われた模擬溶融炉心の凝固試験結果と、本モデルの評価結果とが、おおよそ一致していることが確認されている。</td> </tr> <tr> <td>Flemingsモデル</td> <td>流路周長全体を伝熱面とし、壁面への伝熱を評価するモデル</td> <td>・铸造分野で使用されている。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表3-4 スリット内溶融炉心凝固評価結果</p> <table border="1" data-bbox="937 1522 1460 1623"> <thead> <tr> <th>評価モデル</th> <th>流動距離（凝固するまでの距離）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>US-ABWR DCDモデル</td> <td>0.22m</td> </tr> <tr> <td>Epsteinモデル</td> <td>0.21m</td> </tr> <tr> <td>Flemingsモデル</td> <td>0.30m</td> </tr> </tbody> </table>	評価モデル	概要	適用実績	US-ABWR DCDモデル	平行平板間で溶融炉心が凝固し流路が閉塞することを想定したモデル	・米国NRCに認可されたモデル ・US-ABWRは本モデルに基づき標準設計認証を取得	Epsteinモデル	円管内での溶融炉心の流動距離を評価するモデル	・MAAPのRPV下部プレナムにおける核計装管等の貫通部配管での溶融炉心凝固評価に用いられている。 ・EPR Iによって行われた模擬溶融炉心の凝固試験結果と、本モデルの評価結果とが、おおよそ一致していることが確認されている。	Flemingsモデル	流路周長全体を伝熱面とし、壁面への伝熱を評価するモデル	・铸造分野で使用されている。	評価モデル	流動距離（凝固するまでの距離）	US-ABWR DCDモデル	0.22m	Epsteinモデル	0.21m	Flemingsモデル	0.30m	<p>3.4 スリット部の構造について HCWサンプの前に設置するコリウムシールドについては、HCWサンプの漏えい検出機能を維持するため、コリウムシールド下部（床面との間）にスリットを設置する。スリット寸法については、溶融炉心のサンプへの有意な流入経路とならないことを確認する。</p> <p>(1) スリット内の溶融炉心凝固評価について 溶融炉心のスリット内凝固評価は実溶融炉心を用いた試験による確認が困難であることから、複数の評価モデルで凝固評価を実施し、各々の結果を包絡するようにスリット長さを決定する。なお、凝固評価においては、事前注水成功によりスリット内に水が存在すると考えられるものの、スリット部が非常に狭隘であることから、水は存在しないものとして評価を行った。</p> <p>凝固評価に用いたモデルを表3-3に、各モデルでの凝固評価結果を表3-4に示す。モデルの違いにより溶融炉心の凝固評価結果に多少の差異があるものの、最大でも0.3mあれば溶融炉心はスリット内で凝固することから、溶融炉心の凝固距離に余裕を見込んで、スリット長さを 0.3m とする。</p> <p style="text-align: center;">表3-3 溶融炉心凝固評価モデル比較</p> <table border="1" data-bbox="1576 1213 2243 1444"> <thead> <tr> <th>評価モデル</th> <th>概要</th> <th>適用実績</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>US-ABWR DCDモデル</td> <td>平行平板間で溶融炉心が凝固し流路が閉塞することを想定したモデル</td> <td>・米国NRCに認可されたモデル ・US-ABWRは本モデルに基づき標準設計認証を取得</td> </tr> <tr> <td>Epsteinモデル</td> <td>円管内での溶融炉心の流動距離を評価するモデル</td> <td>・MAAPのRPV下部プレナムにおける核計装管等の貫通部配管での溶融炉心凝固評価に用いられている。 ・EPR Iによって行われた模擬溶融炉心の凝固試験結果と、本モデルの評価結果とが、おおよそ一致していることが確認されている。</td> </tr> <tr> <td>Flemingsモデル</td> <td>流路周長全体を伝熱面とし、壁面への伝熱を評価するモデル</td> <td>・铸造分野で使用されている。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表3-4 スリット内溶融炉心凝固評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1641 1522 2163 1623"> <thead> <tr> <th>評価モデル</th> <th>流動距離（凝固するまでの距離）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>US-ABWR DCDモデル</td> <td>0.24m</td> </tr> <tr> <td>Epsteinモデル</td> <td>0.21m</td> </tr> <tr> <td>Flemingsモデル</td> <td>0.30m</td> </tr> </tbody> </table>	評価モデル	概要	適用実績	US-ABWR DCDモデル	平行平板間で溶融炉心が凝固し流路が閉塞することを想定したモデル	・米国NRCに認可されたモデル ・US-ABWRは本モデルに基づき標準設計認証を取得	Epsteinモデル	円管内での溶融炉心の流動距離を評価するモデル	・MAAPのRPV下部プレナムにおける核計装管等の貫通部配管での溶融炉心凝固評価に用いられている。 ・EPR Iによって行われた模擬溶融炉心の凝固試験結果と、本モデルの評価結果とが、おおよそ一致していることが確認されている。	Flemingsモデル	流路周長全体を伝熱面とし、壁面への伝熱を評価するモデル	・铸造分野で使用されている。	評価モデル	流動距離（凝固するまでの距離）	US-ABWR DCDモデル	0.24m	Epsteinモデル	0.21m	Flemingsモデル	0.30m	<p>・設計方針の差異 （7号機とコリウムシールド構造（耐熱材の張り出し部長さ）が異なる。）</p> <p>・計算結果の差異</p>
評価モデル	概要	適用実績																																									
US-ABWR DCDモデル	平行平板間で溶融炉心が凝固し流路が閉塞することを想定したモデル	・米国NRCに認可されたモデル ・US-ABWRは本モデルに基づき標準設計認証を取得																																									
Epsteinモデル	円管内での溶融炉心の流動距離を評価するモデル	・MAAPのRPV下部プレナムにおける核計装管等の貫通部配管での溶融炉心凝固評価に用いられている。 ・EPR Iによって行われた模擬溶融炉心の凝固試験結果と、本モデルの評価結果とが、おおよそ一致していることが確認されている。																																									
Flemingsモデル	流路周長全体を伝熱面とし、壁面への伝熱を評価するモデル	・铸造分野で使用されている。																																									
評価モデル	流動距離（凝固するまでの距離）																																										
US-ABWR DCDモデル	0.22m																																										
Epsteinモデル	0.21m																																										
Flemingsモデル	0.30m																																										
評価モデル	概要	適用実績																																									
US-ABWR DCDモデル	平行平板間で溶融炉心が凝固し流路が閉塞することを想定したモデル	・米国NRCに認可されたモデル ・US-ABWRは本モデルに基づき標準設計認証を取得																																									
Epsteinモデル	円管内での溶融炉心の流動距離を評価するモデル	・MAAPのRPV下部プレナムにおける核計装管等の貫通部配管での溶融炉心凝固評価に用いられている。 ・EPR Iによって行われた模擬溶融炉心の凝固試験結果と、本モデルの評価結果とが、おおよそ一致していることが確認されている。																																									
Flemingsモデル	流路周長全体を伝熱面とし、壁面への伝熱を評価するモデル	・铸造分野で使用されている。																																									
評価モデル	流動距離（凝固するまでの距離）																																										
US-ABWR DCDモデル	0.24m																																										
Epsteinモデル	0.21m																																										
Flemingsモデル	0.30m																																										

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考
	<p>4. コリウムシールドの施工について 4.1 コリウムシールドの施工手順 図4-1に施工手順の概念図を示す。</p> <div data-bbox="893 457 1546 1381" style="border: 1px solid black; height: 440px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;"><u>図4-1 コリウムシールドの施工手順概念図</u></p>	<p>4. コリウムシールドの施工について 4.1 コリウムシールドの施工手順 図4-1に施工手順の概念図を示す。</p> <div data-bbox="1581 457 2234 1360" style="border: 1px solid black; height: 430px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;"><u>図4-1 コリウムシールドの施工手順概念図</u></p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の差異 (7号機とコリウムシールド構造が異なる。)</p>

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考																																																																				
	<p>4.2 製造公差について コリウムシールドの製造公差を表4-1に示す。また、製造公差による各種評価への影響を表4-2に示す。各部位の製造公差を考慮した場合でも、各種評価結果への有意な影響はない。</p> <p style="text-align: center;">表4-1 コリウムシールド各部位の製造公差</p> <table border="1" data-bbox="884 552 1552 789"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>主要寸法* [mm]</th> <th>許容公差 [mm]</th> <th>根拠</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">コリウムシールド</td> <td>高さ</td> <td></td> <td>製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値</td> <td>カバープレート厚さ□mmを含む</td> </tr> <tr> <td>サンブ防護材厚さ</td> <td></td> <td>製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値</td> <td></td> </tr> <tr> <td>犠牲材厚さ</td> <td></td> <td>製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>注記*：公称値を記載。</p> <p style="text-align: center;">表4-2 製造公差による各種評価への影響</p> <table border="1" data-bbox="884 1003 1552 1346"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コリウムシールド高さ</th> <th>サンブ防護材厚さ</th> <th>犠牲材厚さ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>公称値 (製造公差)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>溶融炉心堆積高さ評価</td> <td>コリウムシールドが高くなると、溶融炉心堆積高さ評価結果に対する裕度は大きくなる。</td> <td>コリウムシールドが厚くなると、溶融炉心の堆積面積が小さくなるが、保守的に□mm厚くなった場合でも、その変化率は0.03%以下であり、溶融炉心堆積高さへの影響は小さい。</td> <td>コリウムシールドが薄くなると、溶融炉心の堆積面積が大きくなるため、溶融炉心堆積高さは小さくなり、裕度は増加する。</td> </tr> <tr> <td>耐熱材の侵食量評価</td> <td>影響なし</td> <td>サンブ防護材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.03%以下であり、有意な影響はない。</td> <td>犠牲材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.02%以下であり、有意な影響はない。</td> </tr> </tbody> </table>	項目	主要寸法* [mm]	許容公差 [mm]	根拠	備考	コリウムシールド	高さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値	カバープレート厚さ□mmを含む	サンブ防護材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値		犠牲材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値		項目	コリウムシールド高さ	サンブ防護材厚さ	犠牲材厚さ	公称値 (製造公差)				溶融炉心堆積高さ評価	コリウムシールドが高くなると、溶融炉心堆積高さ評価結果に対する裕度は大きくなる。	コリウムシールドが厚くなると、溶融炉心の堆積面積が小さくなるが、保守的に□mm厚くなった場合でも、その変化率は0.03%以下であり、溶融炉心堆積高さへの影響は小さい。	コリウムシールドが薄くなると、溶融炉心の堆積面積が大きくなるため、溶融炉心堆積高さは小さくなり、裕度は増加する。	耐熱材の侵食量評価	影響なし	サンブ防護材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.03%以下であり、有意な影響はない。	犠牲材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.02%以下であり、有意な影響はない。	<p>4.2 製造公差について コリウムシールドの製造公差を表4-1に示す。また、製造公差による各種評価への影響を表4-2に示す。各部位の製造公差を考慮した場合でも、各種評価結果への有意な影響はない。</p> <p style="text-align: center;">表4-1 コリウムシールド各部位の製造公差</p> <table border="1" data-bbox="1576 552 2243 789"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>主要寸法* [mm]</th> <th>許容公差 [mm]</th> <th>根拠</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">コリウムシールド</td> <td>高さ</td> <td></td> <td>製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値</td> <td>カバープレート厚さ□mmを含む</td> </tr> <tr> <td>サンブ防護材厚さ</td> <td></td> <td>製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値</td> <td></td> </tr> <tr> <td>犠牲材厚さ</td> <td></td> <td>製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>注記*：公称値を記載。</p> <p style="text-align: center;">表4-2 製造公差による各種評価への影響</p> <table border="1" data-bbox="1576 1003 2243 1346"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コリウムシールド高さ</th> <th>サンブ防護材厚さ</th> <th>犠牲材厚さ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>公称値 (製造公差)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>溶融炉心堆積高さ評価</td> <td>コリウムシールドが高くなると、溶融炉心堆積高さ評価結果に対する裕度は大きくなる。</td> <td>コリウムシールドが厚くなると、溶融炉心の堆積面積が小さくなるが、保守的に□mm厚くなった場合でも、その変化率は0.06%以下であり、溶融炉心堆積高さへの影響は小さい。</td> <td>コリウムシールドが薄くなると、溶融炉心の堆積面積が大きくなるため、溶融炉心堆積高さは小さくなり、裕度は増加する。</td> </tr> <tr> <td>耐熱材の侵食量評価</td> <td>影響なし</td> <td>サンブ防護材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.06%以下であり、有意な影響はない。</td> <td>犠牲材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.03%以下であり、有意な影響はない。</td> </tr> </tbody> </table>	項目	主要寸法* [mm]	許容公差 [mm]	根拠	備考	コリウムシールド	高さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値	カバープレート厚さ□mmを含む	サンブ防護材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値		犠牲材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値		項目	コリウムシールド高さ	サンブ防護材厚さ	犠牲材厚さ	公称値 (製造公差)				溶融炉心堆積高さ評価	コリウムシールドが高くなると、溶融炉心堆積高さ評価結果に対する裕度は大きくなる。	コリウムシールドが厚くなると、溶融炉心の堆積面積が小さくなるが、保守的に□mm厚くなった場合でも、その変化率は0.06%以下であり、溶融炉心堆積高さへの影響は小さい。	コリウムシールドが薄くなると、溶融炉心の堆積面積が大きくなるため、溶融炉心堆積高さは小さくなり、裕度は増加する。	耐熱材の侵食量評価	影響なし	サンブ防護材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.06%以下であり、有意な影響はない。	犠牲材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.03%以下であり、有意な影響はない。	<p>・設計方針の差異 (溶融炉心の堆積高さの計算結果の差異による。)</p> <p>・設計方針の差異 (溶融炉心の堆積高さの計算結果の差異による。)</p> <p>・記載方針の差異 (6号機は、スリット部寸法について、堆積高さ及び侵食量に影響を与えないため、記載不要とした。)</p>
項目	主要寸法* [mm]	許容公差 [mm]	根拠	備考																																																																			
コリウムシールド	高さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値	カバープレート厚さ□mmを含む																																																																			
	サンブ防護材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値																																																																				
	犠牲材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値																																																																				
項目	コリウムシールド高さ	サンブ防護材厚さ	犠牲材厚さ																																																																				
公称値 (製造公差)																																																																							
溶融炉心堆積高さ評価	コリウムシールドが高くなると、溶融炉心堆積高さ評価結果に対する裕度は大きくなる。	コリウムシールドが厚くなると、溶融炉心の堆積面積が小さくなるが、保守的に□mm厚くなった場合でも、その変化率は0.03%以下であり、溶融炉心堆積高さへの影響は小さい。	コリウムシールドが薄くなると、溶融炉心の堆積面積が大きくなるため、溶融炉心堆積高さは小さくなり、裕度は増加する。																																																																				
耐熱材の侵食量評価	影響なし	サンブ防護材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.03%以下であり、有意な影響はない。	犠牲材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.02%以下であり、有意な影響はない。																																																																				
項目	主要寸法* [mm]	許容公差 [mm]	根拠	備考																																																																			
コリウムシールド	高さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値	カバープレート厚さ□mmを含む																																																																			
	サンブ防護材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値																																																																				
	犠牲材厚さ		製造能力、製造実績を考慮したメーカー許容値																																																																				
項目	コリウムシールド高さ	サンブ防護材厚さ	犠牲材厚さ																																																																				
公称値 (製造公差)																																																																							
溶融炉心堆積高さ評価	コリウムシールドが高くなると、溶融炉心堆積高さ評価結果に対する裕度は大きくなる。	コリウムシールドが厚くなると、溶融炉心の堆積面積が小さくなるが、保守的に□mm厚くなった場合でも、その変化率は0.06%以下であり、溶融炉心堆積高さへの影響は小さい。	コリウムシールドが薄くなると、溶融炉心の堆積面積が大きくなるため、溶融炉心堆積高さは小さくなり、裕度は増加する。																																																																				
耐熱材の侵食量評価	影響なし	サンブ防護材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.06%以下であり、有意な影響はない。	犠牲材厚さが厚くなると、溶融炉心と上面プール水との接触面積が減少するが、□mm厚くなった場合でも面積減少率は0.03%以下であり、有意な影響はない。																																																																				

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
 赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

先行審査プラントの記載との比較表（VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計）

島根原子力発電所 第2号機	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機	柏崎刈羽原子力発電所 第6号機	備考

青字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と柏崎刈羽原子力発電所第7号機との差異
赤字：柏崎刈羽原子力発電所第6号機と島根原子力発電所第2号機との差異

本資料のうち枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。