

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添1-066改01(比)
提出年月日	2022年4月8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)

2022年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

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)

実線 ・ ・ 設備運用又は体制等の相違 (設計方針の相違)
波線 ・ ・ 記載表現、設備名称の相違 (実質的な相違なし)
■ ・ ・ 前回提出時からの変更箇所

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p><u>VI-1-8-1-別添2 コリウムシールドの設計</u></p>	<p>・ 設備の相違 【東海第二】</p>

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		目次	
		1. <u>コリウムシールドの概要及び設置目的</u> …………… 1	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して, 対策内容が異なる
		2. <u>コリウムシールド材料の選定</u> …………… 4	
		3. <u>コリウムシールド構造</u> …………… 6	<ul style="list-style-type: none"> ・記載方針の相違 【東海第二】
		3.1 コリウムシールド設計条件…………… 6	
		3.2 コリウムシールド基本構造…………… 7	
		3.3 コリウムシールド各部寸法…………… 8	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して, 対策内容が異なる
		3.4 <u>スリット部の構造について</u> …………… 10	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して, 対策内容が異なる
			<ul style="list-style-type: none"> ・運用の相違 【東海第二】 島根 2号機は, 原子炉格納容器下部に落下する熔融炉心に対して, 冠水するのに十分余裕のある水位 (2.4m) まで事前に水張りを実施する運用としている

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・資料構成の相違 【東海第二】 島根 2号機は, 3.3 (1)耐熱材厚さについてに記載している</p> <p>・設備の相違 【東海第二】 島根 2号機の原子炉圧力容器ペDESTAL他のコンクリート部は, 強度部材としていない</p> <p>・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して, 対策内容が異なる</p> <p>4. コリウムシールドの施工について…………… 11 4.1 コリウムシールドの施工手順…………… 11 4.2 製造公差について…………… 12</p> <p>・設備の相違 【東海第二】 島根 2号機の原子炉圧力容器ペDESTAL他のコンクリート部は, 強度部材としていない</p>

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>1. <u>コリウムシールドの概要及び設置目的</u></p> <p>島根原子力発電所第2号機における，<u>溶融炉心・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。</u></p> <p><u>原子炉格納容器内には，原子炉格納容器内で発生した廃液を集水し，ポンプによって原子炉格納容器外へ移送するためにドライウエル機器ドレンサンプ及びドライウエル床ドレンサンプ（以下「ドライウエルサンプ」という。）が図1-1，図1-2のとおり配置されており，原子炉格納容器下部床とドライウエルサンプはドレン配管にて接続されている。</u></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溶融炉心の落下に至り，落下してきた溶融炉心が<u>ドライウエルサンプ内に流入する場合，ドライウエルサンプ壁面と圧力容器ペDESTAL（外側鋼板）までの距離及びドライウエ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短いことから，サンプ壁面及びサンプ底面コンクリートの侵食により溶融炉心が外側鋼板及び鋼製ライナに接触し，原子炉圧力容器の支持機能及び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。</u>ドライウエルサンプへの溶融炉心の流入を抑制し，かつ<u>ペDESTAL代替注水系他</u>と合わせて，<u>サンプ壁面及びサンプ底面のコンクリートの侵食を抑制し，溶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。</u></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>・設備の相違 【東海第二】 溶融炉心の落下に対して，対策内容が異なる</p> <p>・設備の相違 【柏崎7】</p> <p>・設備の相違 【柏崎7】 原子炉格納容器下部の設備構成や格納容器構造の相違により，想定される損傷箇所が異なる</p> <p>・設備の相違 【柏崎7】 島根2号機は，ペDESTAL代替注水系の他に格納容器代替スプレイ系（可搬型）による原子炉格納容器下部への注水が可能</p>

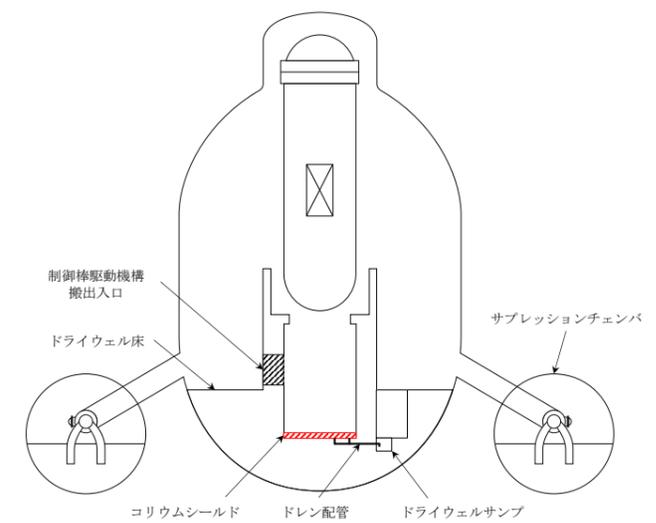


図 1-1 原子炉格納容器の概要図

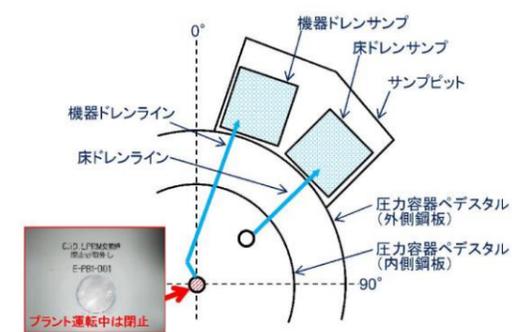


図 1-2 ドライウェルサンブの配置

・設備の相違
【柏崎 7】

・設備の相違
【柏崎 7】

表 1-1 コリウムシールド仕様

項目		仕様
耐熱材材質	シールド材	ジルコニア (ZrO ₂)
	目地材	ジルコニアを主成分としたモルタル
厚さ		0.13m 以上



図 1-3 コリウムシールド外観

・設備の相違
【柏崎 7】

・設備の相違
【柏崎 7】

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、模擬熔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、熔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。

表 2-1 コリウムシールド材料の選定に係る試験の概要*

試験の種類	概要
溶融 Zr による耐熱材 侵食試験	<p>試験目的：耐熱材の各候補材の耐侵食性を確認。</p> <p>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、<input type="text"/>, <input type="text"/>, 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。</p> <p>侵食量は <input type="text"/> > <input type="text"/> > ZrO₂ となり、ZrO₂, <input type="text"/>, <input type="text"/> の順に耐侵食性に優れていることを確認 (図 2-1)。</p>
模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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)。</p>
耐熱材への 模擬溶融炉心落下試験	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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)。</p> <p>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>

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。

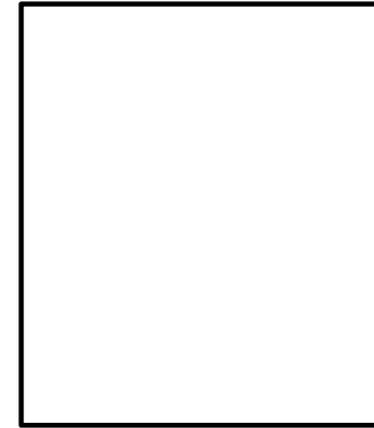


図 2-1 溶融Zrによる耐熱材侵食試験後の断面写真

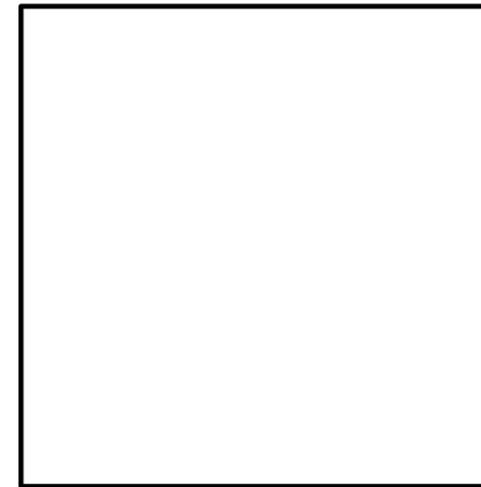


図 2-2 模擬溶融炉心による耐熱材侵食試験後の断面写真

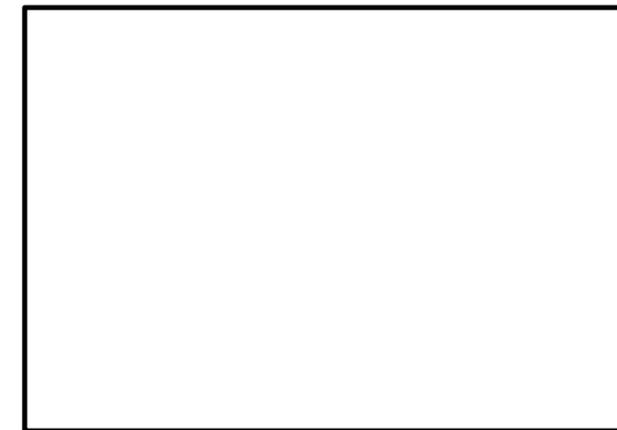


図 2-3 耐熱材への模擬溶融炉心落下試験後の断面写真

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>3. <u>コリウムシールド構造</u></p> <p>コリウムシールドは、MCCIの影響抑制を目的として<u>厚さ0.13m 以上のものを設置し、熔融炉心のドライウェルサンプへの流入を防ぐため、原子炉格納容器下部床面全体を覆う構造とする。</u></p> <p>また、コリウムシールドについては、<u>ドライウェル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熔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。</u>以下に、<u>これらコリウムシールドの設計の考え方を示す。</u></p> <p>3.1 <u>コリウムシールド設計条件</u></p> <p>(1) <u>想定する事故シナリオ</u></p> <p>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> <ul style="list-style-type: none"> ・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3年9月15日付け「原規発第2109152号」をもって許可を受けた「島根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 3.2.5 熔融炉心・コンクリート相互作用」におけるMCCIシナリオと同様） 	<p>・設備の相違 【東海第二、柏崎7】 島根2号機は、落下した熔融炉心の原子炉格納容器下部壁面への影響について、侵食評価により構造上問題ないことを確認していることから、コリウムシールドはドライウェルサンプへの流入防止の観点より、原子炉格納容器下部床面全体を覆う構造としている。このため、コリウムシールドの厚さについてのみ記載している</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】</p>

「設置変更許可申請書 添付書類十 3.2.5 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、ファンネル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。

表 3-1 溶融炉心組成内訳

Table content is missing from the image

(2) コリウムシールド設計要求事項

- ・崩壊熱レベル : 事故後約 5.4 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 5 時間相当とする。(ジルコニウム-水反応熱も考慮)
- ・床面積 : 原子炉格納容器下部床面全体を覆うものとして、 m²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 3.2.5 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

・設備の相違
【柏崎 7】

・解析結果の相違
【柏崎 7】

・設計方針の相違
【柏崎 7】

ドライウェルサンプの構造が異なることから、対策するコリウムシールドの形状が異なる

・設備の相違
【柏崎 7】

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>が破損し、熔融炉心が原子炉格納容器下部に落下した直後の温度、\square°Cとする。</p> <p>・ 熔融炉心除熱量 : 「設置変更許可申請書 添付書類十 3.2.5 熔融炉心・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 \square kW/m² とする。</p> <p>・ 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、MCCIの観点から保守性を持たせた高さ 1m とする。</p> <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熔融炉心のドライウェルサンプへの流入を抑制するため、<u>原子炉格納容器下部床面全体を覆う構造とする。</u>なお、コリウムシールドの下部には、スリットを設置する。<u>スリット部の断面の概略を図 3-3 に示す。</u></p> <div data-bbox="1762 1388 2504 1755" style="border: 1px solid black; height: 175px; width: 250px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;"><u>図 3-1 コリウムシールド外形</u></p>	<p>・ 解析結果の相違 【柏崎 7】</p> <p>・ 評価方針の相違 【柏崎 7】</p> <p>・ 評価方針の相違 【柏崎 7】</p> <p>島根 2号機は、コリウムシールドの設計条件として、保守性を考慮し、初期の水張り高さを 1m としている</p> <p>・ 記載方針の相違 【東海第二】</p> <p>・ 設計方針の相違 【柏崎 7】</p> <p>ドライウェルサンプの構造が異なることから、対策するコリウムシールドの形状が異なる</p> <p>・ 設備の相違 【柏崎 7】</p>

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<div data-bbox="1872 218 2392 585" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1902 611 2353 646" data-label="Caption"> <p>図 3-2 コリウムシールド基本構造</p> </div> <div data-bbox="1748 716 2519 898" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1929 921 2326 959" data-label="Caption"> <p>図 3-3 スリット部断面概略図</p> </div> <div data-bbox="1733 1012 2139 1052" data-label="Section-Header"> <p>3.3 コリウムシールド各部寸法</p> </div>	<p>設備の相違 【柏崎 7】</p> <p>設備の相違 【柏崎 7】</p> <p>・設備の相違 【東海第二, 柏崎 7】 島根 2号機のコリウムシールドは, 原子炉格納容器下部床面全体を覆う構造であることから, 厚さについてのみ記載している</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>(1) 耐熱材厚さについて</p> <p>図 3-2 に示すとおり耐熱材は熔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 \squarem + 犠牲材: 厚さ \squarem) とし, ZrO_2 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, 熔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 ZrO_2 の融点を超えない厚さとする。</p> <p>ZrO_2 融点については, ZrO_2 単体では $2677^{\circ}C$ 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, $2100^{\circ}C$ とした。</p> <p>一般に UO_2-ZrO_2 の共晶温度は約 $2500^{\circ}C$ であることが知られており, UO_2-ZrO_2 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 に示すとおり熔融炉心と接触する耐熱材表面の温度として, 熔融炉心初期温度を上回る $\square^{\circ}C$ を初期条件として与えている。加えて, 熔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 3.2.5 熔融炉心・コンクリート相互作用」にて用いている値 ($800kW/m^2$) よりも小さい $\square kW/m^2$ とすることで, 熔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, 熔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, VI-5 「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 \squarem 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 \squarem とする。</p>	<p>・設計方針の相違 【東海第二】 コリウムシールドの設計方針が異なる</p> <p>・解析結果の相違 【柏崎 7】</p> <p>・評価方針の相違 【柏崎 7】</p> <p>・解析結果の相違 【柏崎 7】</p>

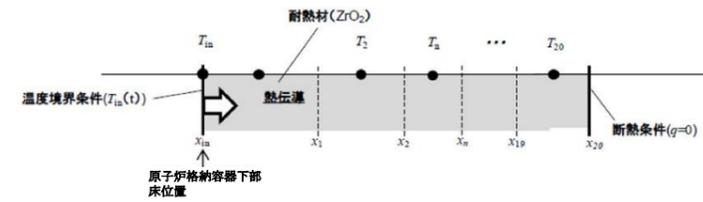


図 3-4 耐熱材の熱伝導解析モデル

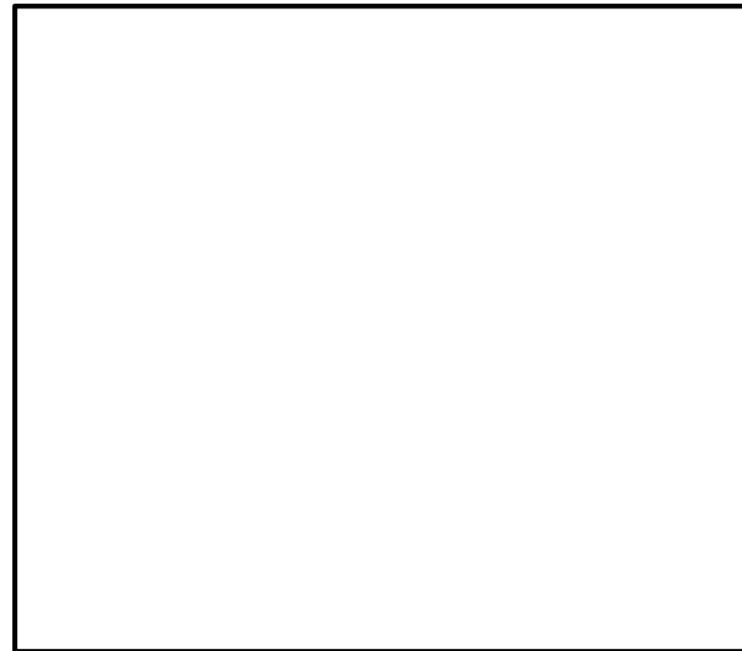


図 3-5 熔融炉心温度変化 (温度境界条件 $T_{in}(t)$)
 実線: コリウムシールド設計用 MAA P 解析結果
 破線: 解析結果を包絡する評価用温度を表す

・解析結果の相違
 【柏崎 7】

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<div data-bbox="1792 212 2475 594" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="1852 611 2415 642" data-label="Caption"> <p>図 3-6 溶融炉心と接触するノードの温度変化</p> </div> <div data-bbox="1748 751 2516 873" data-label="Text"> <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> </div>	<div data-bbox="2546 615 2754 688" data-label="Text"> <p>・解析結果の相違 【柏崎 7】</p> </div> <div data-bbox="2546 932 2822 1140" data-label="Text"> <p>・資料構成の相違 【東海第二】 島根 2号機は、3.3 (1)耐熱材厚さについて に記載している</p> </div>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			・型式の相違 【東海第二】

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<ul style="list-style-type: none"> ・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して、対策内容が異なる

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して、対策内容が異なる</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>3.4 スリット部の構造について</p> <p><u>原子炉格納容器下部床面に設置するコリウムシールドについては、ドライウェルサンプの漏えい検出機能を維持するため、コリウムシールド上部（床面）から床ドレンファンネルの間にスリットを設置する（図 3-1 参照）。スリット寸法については、スリット内の溶融炉心が構造物への伝熱によりドレン配管に流入する前に凝固し、水路を閉塞することを確認する。</u></p> <p>(1) <u>スリット内の溶融炉心凝固評価について</u></p> <p>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、水による冷却を考慮しない保守的な評価となるよう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、<u>高さ \squaremm のスリットであれば溶融炉心の流動距離は最大でも約 1.3m 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 \squarem 以上とする。</u></p>	<p>・記載方針の相違 【東海第二】</p> <p>・設備の相違 【柏崎 7】</p> <p>・設備の相違 【東海第二】 島根 2号機はコリウムシールド内に設けているスリットの凝固評価を実施している</p> <p>・評価結果の相違 【柏崎 7】 対策設備の相違により、溶融炉心の凝固距離及び必要となるスリット長さが異なる</p>

表 3-3 溶融炉心凝固評価モデル比較

評価モデル	概要	適用実績
US-ABWR DCD モデル	平行平板間の溶融炉心が凝固し流路が平衡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配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	・鋳造分野で使用されている。

表 3-4 スリット内溶融炉心凝固評価結果

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. 25m
Epstein モデル	1. 3m
Flemings モデル	0. 55m

・評価結果の相違
【柏崎 7】

・評価方針の相違
【東海第二】
島根 2号機のスリット長さは、表 3-3 及び表 3-4 に記載しているモデルの評価結果を基に設定している

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・記載方針の相違 【東海第二】</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・運用の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2号機は, 原子炉格納容器下部に落下する溶融炉心に対して, 冠水するのに十分余裕のある水位 (2. 4m) まで事前に水張りを実施する運用としている</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<ul style="list-style-type: none"> ・資料構成の相違 【東海第二】 島根 2号機は, 3.3 (1)耐熱材厚さについて に記載している

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2号機の原子炉 圧力容器ペDESTAL他 のコンクリート部は、強 度部材としていない</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・設備の相違 【東海第二】 熔融炉心の落下に対して、対策内容が異なる</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>4. <u>コリウムシールドの施工について</u></p> <p>4.1 コリウムシールドの施工手順</p> <p>図 4-1 に施工手順の概念図を示す。</p> <div data-bbox="1754 659 2507 1717" style="border: 1px solid black; height: 500px; margin: 10px 0;"></div> <p>図 4-1 コリウムシールドの施工手順概念図</p>	<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二, 柏崎 7】</p>

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>4.2 製造公差について</p> <p>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>	

表 4-1 コリウムシールド各部位の製造公差

項目	主要寸法(mm)*	許容公差	根拠	備考
コリウムシールド	基本厚さ		製造能力, 製造実績を考慮したメーカー許容値	ライニングプレート厚さ \square mm を含む
スリット	鋼材厚さ		製造能力, 製造実績を考慮したメーカー許容値	
	幅		製造能力, 製造実績を考慮したメーカー許容値	
	高さ		製造能力, 製造実績を考慮したメーカー許容値	

注記*: 公称値を記載

表 4-2 製造公差と各種評価への影響 (1/3)

項目	コリウムシールド基本厚さ
公称値 (製造公差)	\square mm (\square mm 以上)
熔融炉心堆積高さ・冠水維持評価	コリウムシールドが厚くなると, 熔融炉心の堆積高さが増加するが, 水面高さも同様に増加するため, 有意な影響はない。
熔融炉心による侵食量評価	コリウムシールドが厚くなると, 熔融炉心による侵食量に対する裕度が増加するため, 影響なし。
熔融炉心による熱影響評価	コリウムシールドが厚くなると, 熔融炉心からコンクリートへの熱伝達が緩和され裕度が増加するため, 影響なし。
熔融炉心の凝固停止評価	コリウムシールド等の原子炉格納容器下部の構造物は考慮せず, 原子炉格納容器下部に堆積した熔融炉心が直接スリットに流入するモデルとしているため, 影響なし。

表 4-2 製造公差と各種評価への影響 (2/3)

項目	スリット鋼材厚さ
公称値 (製造公差)	\square mm (最も薄い部分) (\square mm, \square mm)
熔融炉心堆積高さ・冠水維持評価	影響なし。
熔融炉心による侵食量評価	影響なし。
熔融炉心による熱影響評価	単位体積当たりの熱容量はコンクリートよりもスリット鋼材 (SUS) の方が大きいため、スリット鋼材が厚くなると熱影響 (温度上昇) は小さくなり、裕度が増加する。 スリットが薄くなる場合、熱影響は大きくなるが、有意な影響はない。
熔融炉心の凝固停止評価	影響なし。

表 4-2 製造公差と各種評価への影響 (3/3)

項目	スリット幅	スリット高さ
公称値 (製造公差)	\square mm (\square mm, \square mm)	\square mm (\square mm, \square mm)
熔融炉心堆積高さ・冠水維持評価	影響なし。	
熔融炉心による侵食量評価	影響なし。	
熔融炉心による熱影響評価	スリットの高さや幅が大きくなると、スリット内の熔融炉心の量 (発熱量) が増加するが、評価モデルは2次元軸対象であり床スラブ内の水平面全面にスリットが存在するモデルとなっているため、この保守性に包絡される。 スリットの高さや幅が小さくなると、スリット内の熔融炉心の量が減少するため、裕度が増加する。	
熔融炉心の凝固停止評価	スリット厚さが \square mm, スリット幅が \square mm 大きくなった場合、スリット内の単位長さ当たりの熔融炉心の量は約 1.2 倍となる。これにより、熔融炉心が冷却され凝固停止するまでの距離が 1.4 倍となったとしても*, その距離は約 1.8m であり、スリット長さの範囲内に留まる。	

注記* : スリット厚さ及び幅が増加すると熔融炉心からスリットへの除熱面積も増加するため、実際には凝固停止距離は 1.4 倍より小さくなる。

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2号機の原子炉 圧力容器ペデスタル他 のコンクリート部は、強 度部材としていない</p>

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018.10.12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020.9.25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考