

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-139 改8
提出年月日	平成30年6月15日

V-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
3. 原子炉格納施設の設計条件	5
3.1 原子炉格納容器の設計基準事故時を考慮した構造及び機能	5
3.1.1 最高使用圧力及び最高使用温度	5
3.1.2 漏えい率に対する設計条件	8
3.1.3 最低使用温度	8
3.1.4 使用材料	8
3.1.5 耐圧試験圧力	10
3.1.6 開口部	10
3.1.7 配管貫通部	10
3.1.8 電線配線貫通部	10
3.1.9 原子炉格納容器隔離弁	11
3.1.10 原子炉格納容器体積	21
3.1.11 原子炉格納容器安全設備	21
3.1.12 許容外圧	21
3.1.13 圧力抑制効果を得るために必要な構造及び寸法	21
3.1.14 ダイヤフラム・フロアの設計差圧及び設計温度差	23
3.1.15 真空破壊装置	23
3.1.16 原子炉建屋原子炉棟	24
3.1.17 可燃性ガス濃度制御設備	24
3.1.18 放射性物質濃度制御設備	24
3.1.19 原子炉格納容器調気設備	24
3.1.20 原子炉冷却材喪失時の荷重	25
3.1.21 逃がし安全弁作動時の荷重	32
3.2 原子炉格納容器の重大事故等時における設計条件	35
3.2.1 重大事故等時の評価温度，評価圧力	35
3.2.2 重大事故等時における原子炉格納容器冷却機能	
3.2.3 重大事故等時における原子炉格納容器の過圧破損防止機能	
3.2.4 重大事故等時における原子炉格納容器下部の熔融炉心冷却機能	
3.2.5 重大事故等時における水素爆発による原子炉格納容器の破損防止機能	
3.2.6 重大事故等時における水素爆発による原子炉建屋等の損傷防止機能	
3.2.7 原子炉格納容器外面への放水設備等	

- 4. 重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価及びその他影響確認
 - 4.1 重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価……………
 - 4.1.1 評価方針……………
 - 4.1.2 評価対象部位及び評価対象部位における機能喪失要因……………
 - 4.1.3 評価方法……………
 - 4.1.4 評価結果……………
 - 4.2 その他原子炉格納容器評価温度、圧力に対する影響確認……………
 - 4.2.1 確認内容……………
 - 4.2.2 確認結果……………

別添 1 原子炉格納容器の重大事故等時の閉じ込め機能健全性について

別添 2 コリウムシールド及びペデスタル排水系の設計

別添 3 格納容器圧力逃がし装置の設計

別添 4 代替循環冷却系の設計

下線：本日説明

別添 4 代替循環冷却系の設計

1. はじめに

200 °C, 2 Pd の条件下において, 原子炉格納容器に接続される代替循環冷却系の健全性が維持できることを確認する。

2. 代替循環冷却系

代替循環冷却系は, サプレッション・チェンバを水源とし, 代替循環冷却系ポンプ, 残留熱除去系熱交換器及び残留熱除去系海水系ポンプ又は緊急用海水ポンプを使用し, 原子炉圧力容器へ注水するとともに, 原子炉格納容器内にあるスプレイヘッドよりドライウェル内に水をスプレイするものである。また, 残留熱除去系海水系ポンプ又は緊急用海水ポンプによりサプレッション・プール水を残留熱除去系熱交換器にて冷却できるものである。

主要機器の仕様を 2.1 項に, 代替循環冷却系概要図を図 1 に示す。

2.1 主要機器の仕様

(1) 代替循環冷却系ポンプ

型	式	: ターボ形
個	数	: 1 (予備1)
容	量	: 約250 m ³ /h/個
全	揚	程 : 約120 m
最	高	使用圧力 : 3.45 MPa[gage]
最	高	使用温度 : 80 °C

(2) 残留熱除去系熱交換器

型	式	: 縦型Uチューブ式
個	数	: 2
最	高	使用圧力 : 3.45 MPa[gage]
最	高	使用温度 : 249 °C
伝	熱	容量 : 約19.4×10 ³ kW (1基当たり)
		(原子炉停止時冷却モード)

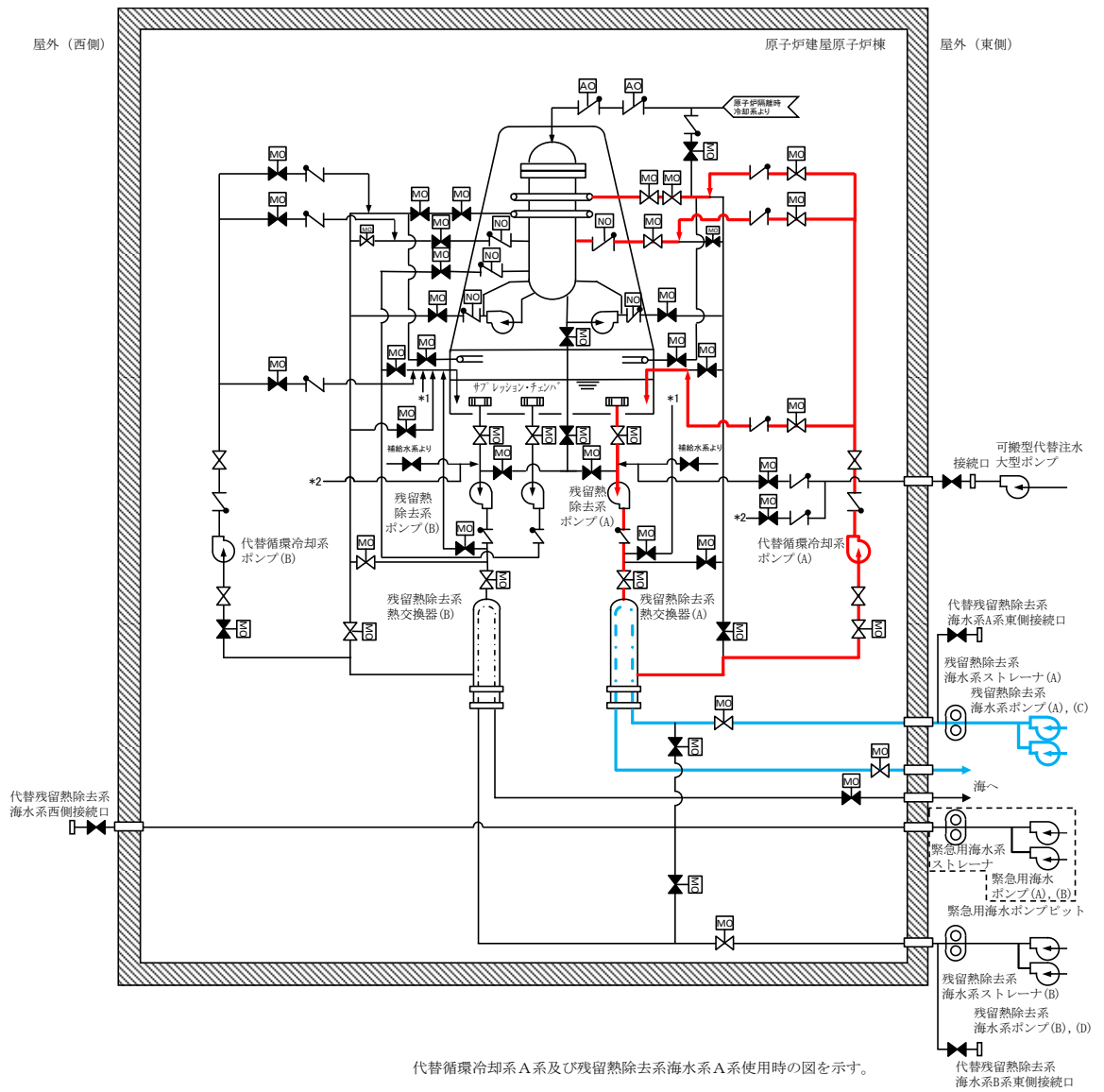


図1 代替循環冷却系 概要図

2.2 代替循環冷却系の健全性

代替循環冷却系の健全性について、「代替循環冷却系ポンプの健全性」，「残留熱除去系ポンプの健全性」，「シール材の健全性」の観点から評価する。なお，残留熱除去系熱交換器については，最高使用温度が 249 °C で設計されているため，健全性に問題はない。

(1) 代替循環冷却系ポンプの健全性

0.62 MPa[gage] (2 Pd) においては，サブプレッション・チェンバのプール水の温度は 0.62 MPa[gage] (2 Pd) における飽和温度 167 °C となる。サブプレッション・チェンバのプール水は残留熱除去系ポンプを經由し，残留熱除去系海水系ポンプ又は緊急用海水ポンプからの海水を用いて残留熱除去系熱交換器にて冷却後，代替循環冷却系ポンプにて原子炉圧力容器及びドライウエルに注水を行う。ここでは，残留熱除去系熱交換器において冷却したサブプレッション・プール水の温度が，代替循環冷却系ポンプの最高使用温度 80 °C を超えないことを確認する。評価条件は以下のとおり。

緊急用海水ポンプ流量	: 600 m ³ /h
代替循環冷却系ポンプ流量	: 250 m ³ /h
海水温度	: 32 °C
サブプレッション・チェンバのプール水温度	: 167 °C

上記の条件で残留熱除去系熱交換器出口温度を評価した結果，出口温度は約 70 °C と評価され，代替循環冷却系ポンプの最高使用温度 80 °C を下回る。なお，代替循環冷却系ポンプの運転に伴うポンプ入熱による影響及びサブプレッション・プール水中の核分裂生成物による発熱による影響については，代替循環冷却系ポンプの入口側に残留熱熱交換器が設置されており，代替循環冷却系ポンプの運転によって，残留熱除去系熱交換器により冷却された水に入れ替わることから影響はないものとする。

以上より，2 Pd の条件下においても，代替循環冷却系ポンプの健全性については問題ない。

(2) 残留熱除去系ポンプの健全性

代替循環冷却系については，残留熱除去系ポンプ（最高使用圧力：3.51 MPa，最高使用温度：182 °C）を流路として使用する。

系統概要図（図1）に示すとおり，代替循環冷却系は代替循環冷却系ポンプでサブプレッション・チェンバの水を循環させる系統構成となっており，残留熱除去系が機能喪失している前提で使用する設備であるため，残留熱除去系ポンプは，停止している状態でポンプ内を系統水が流れることとなる。残留熱除去系ポンプの軸封部はメカニカルシールで構成されており，

ポンプ吐出側から分岐して送水される冷却水（フラッシング水）により温度上昇を抑える設計としている（図2）。

ポンプ停止時に系統水が流れる状態においては、通常どおりメカニカルシールに冷却水（フラッシング水）が送水されないことが考えられるため、その際のシール機能への影響について確認した。

残留熱除去系ポンプのメカニカルシールは、スプリングによって摺動部を押さえつける形でシールする構造となっている（図3）。代替循環冷却系運転時には残留熱除去系ポンプが停止している状態であるため、通常のポンプ運転時のように冷却水（フラッシング水）が封水ラインを通じてメカニカルシール部に通水されないことが想定されるが、上述のとおり、冷却水（フラッシング水）はメカニカルシールの摺動による温度上昇を抑えるためのものであり、ポンプが停止している状態では冷却の必要がなく、特にメカニカルシールの機能に影響はない。

なお、軸封部及び封水ラインにおいては、代替循環冷却系ポンプ運転時には残留熱除去系ポンプが停止していることから、ポンプの吐出圧力に相当する圧力がかかることはなく、格納容器圧力である0.62 MPa[gage](2 Pd)であるため、軸封部への影響はないと考える。

したがって、代替循環冷却系運転時において軸封部からの系統水の著しい漏えいはないと考えており、残留熱除去系ポンプの最高使用温度以下で通水されることから健全性については問題ない。

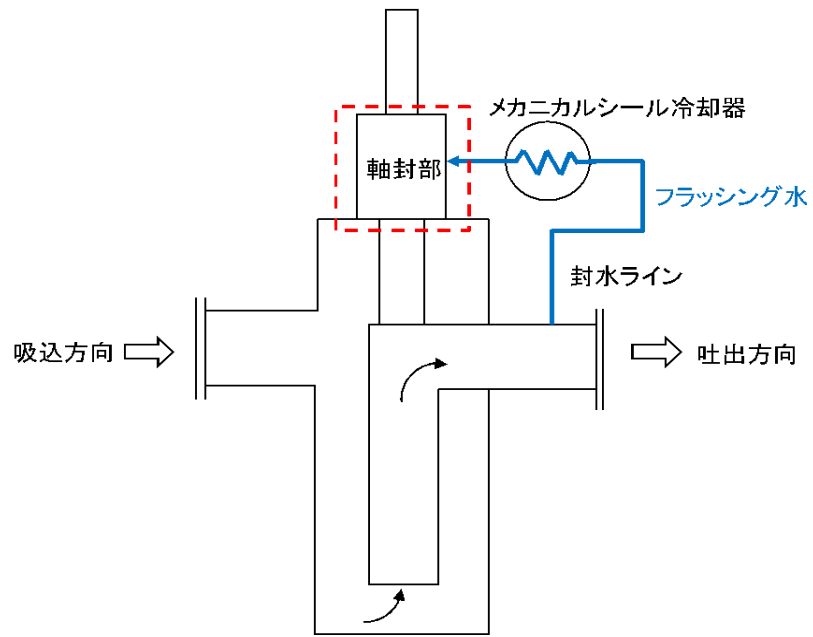


図 2 残留熱除去系ポンプ 概要図

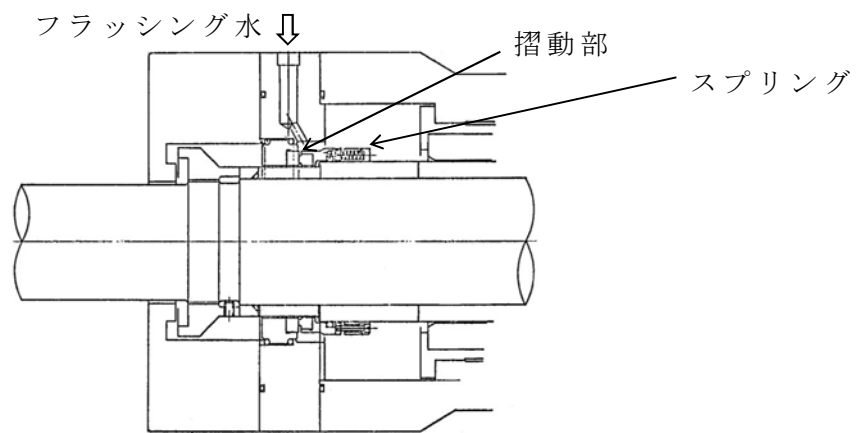


図 3 残留熱除去系ポンプメカニカルシール 構造図

(3) シール材の健全性について

代替循環冷却系を使用する場合に、系統内の弁、配管及びポンプのバウンダリに使用されているシール材について高温環境による影響、放射線影響及び化学種による影響によって材料が劣化し漏えいが生じる可能性がある。これらの影響について下記のとおり評価を行った。

① 高温環境及び放射線による影響

代替循環冷却系は、重大事故時に炉心損傷した状況で系統を使用することとなる。このため、高温環境下であること及び系統内を高放射線の流体が流れることから、高温及び放射線による劣化が懸念される。

上記に示す部材のうち、配管フランジガスケット及び弁グランドシールには膨張黒鉛材料若しくはステンレス等の金属材料が用いられている。これらは、耐熱性があること及び無機材料であり高放射線下においても劣化の影響はないか極めて小さい。このため、これらについては評価温度である200℃以上の耐熱性を有することに加え、放射線による影響についても、耐放射線性能が確認されたシール材を用いることから、シール性能が維持される。

残留熱除去系ポンプのバウンダリを構成する部材（メカニカルシール、ケーシングシール等）のシール材には、エチレンプロピレンゴム（EPDM）やフッ素ゴムが用いられており、高温環境下での使用による影響及び放射線による影響を受けて劣化することが考えられるため、200℃の環境下において7日間の高耐熱性を有し、耐放射線性に優れた改良EPDM製シール材への取り替えを今後行うことにより、耐熱性及び耐放射線性を確保する。

また、代替循環冷却系ポンプのバウンダリを構成する部材（ケーシングシール等）のシール材についても同様に、耐熱性及び耐放射線性に優れた材料を適用する。

② 化学種による化学的影響

炉心損傷時に発生する核分裂生成物の中で化学的な影響を及ぼす可能性がある物質として、アルカリ金属であるセシウム及びハロゲン元素であるよう素が存在する。このうち、アルカリ金属のセシウムについては、水中でセシウムイオンとして存在しアルカリ環境の形成に寄与するが、膨張黒鉛ガスケットや金属ガスケットはアルカリ環境において劣化の影響はなく、また、EPDMについても耐アルカリ性を有する材料であることから、セシウムによるシール機能への化学的影響はないものとする。

一方、ハロゲン元素のよう素については、無機材料である膨張黒鉛ガスケットや金属ガスケットでは影響がないが、有機材料であるEPDMでは影響を生じる可能性がある。設備での使用を考慮している改

良E P D Mについては、電力共同研究により、よう素による影響の確認を行っており、炉心損傷時に想定されるよう素濃度（約450 mg/m³）よりも高濃度のよう素環境下（約1,000 mg/m³）においても、圧縮永久ひずみ等のシール材としての性状に大きな変化がないことを確認している。また、ガスケットメーカーにおいて、よう素に対するE P D M材の耐性として、表1に示すとおり、5段階評価（ランク1が最も耐性がある）のうち、ランク2に位置づけられており、よう素に対する耐性があるものとする。

このように、よう素に対する性能が確認された材料を用いることにより、漏えい等の影響が生じることはないものとする。

表1 E P D Mの特性

薬品	耐性ランク
ヨウ素	2

<耐性ランクの凡例>

- 1：動的部分にも使用可能で体積変化率は10 %以内。
- 2：動的部分にも条件により使用可能，体積変化率は20 %以内。
- 3：静的部分には使用可能，体積変化率は30 %以内。
- 4：静的部分には条件により使用可能，体積変化率は100 %以内。
- 5：使用できない，体積変化率は100 %以上。

出典：日本バルカー工業(株)発行「バルカーハンドブック」より抜粋

格納容器圧力逃がし装置を使用する際、サプレッション・チェンバのプール水の酸性化を防止すること及びサプレッション・チェンバのプール水中の核分裂生成物由来のよう素を捕捉することにより、よう素の放出量の低減を図るため、サプレッション・プール水pH制御装置を自主的な取組みとして設ける計画である。サプレッション・プール水pH制御装置の使用により、アルカリ薬液である水酸化ナトリウムを格納容器へ注入することとなるため、アルカリ薬液によるシール性への影響が懸念されるが、耐アルカリ性を有する改良E P D Mを使用することにより、格納容器バウンダリのシール機能には影響はない。

3. まとめ

代替循環冷却系ポンプの最高使用温度は 80 °C であるが、残留熱除去系熱交換器によりサプレッション・プール水は代替循環冷却系ポンプの最高使用温度を超えない。また、ガスケットやシール材については、黒鉛系ガスケット等を用いており、200 °C、2 Pd の条件下であっても健全性は維持可能である。