

東海第二発電所 新規制基準への適合性に係る 主な変更点について

平成30年5月11日
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

説明項目

これまでの審査会合での説明内容から基本方針を変更，追加又は明確化する事項について，報告する。また，隣接事業所敷地関連の合意文書に係る隣接事業所との協議の状況を説明する。

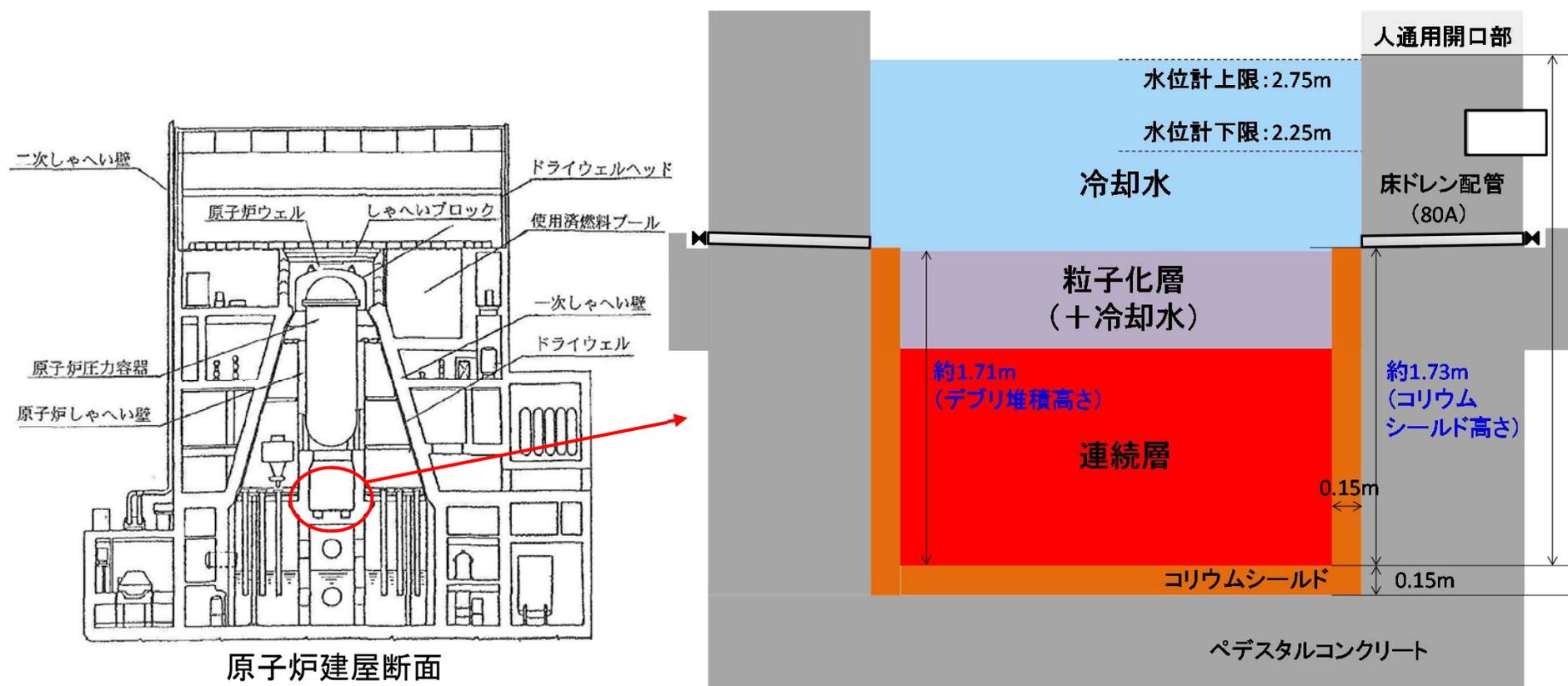
分類	No.	説明項目	関連条文	頁
有効性 評価	1	LOCA時注水機能喪失における事故条件(破断面積)設定の明確化	37条	P1
	2	原子炉冷却材の流出における評価条件の変更	37条	P2
	3	コリウムシールド高さの妥当性について	37条	--
設備・ 手順	4	原子炉スクラム時にATWSが発生した場合における手順の変更	44条、技術的能力1.1	P3
	5	現場手動操作による原子炉隔離時冷却系(RCIC)起動操作の追加	45条、技術的能力1.2	P4
	6	SRVの耐環境性向上のための取組みについて	46条、技術的能力1.3	P6
	7	格納容器圧力逃がし装置のスクラビング水の水質管理について	50条、技術的能力1.7	P8
	8	原子炉格納容器内の原子炉冷却材の漏えい率の管理の明確化について	51条、技術的能力1.8	P9
	9	電源供給手段(自主対策設備活用)の追加整備について	57条、技術的能力1.14	P10
	10	代替交流電源設備用ケーブルの布設ルートの考え方について	57条、技術的能力1.14	P12
その他	1	隣接事業所敷地の管理等の対応状況について	—	P15

本日ご説明

3. コリウムシールド高さの妥当性について(1/7)

(1) 概要

東海第二発電所における、床面コリウムシールド上からコリウムシールド頂部までの高さ(以下「コリウムシールド高さ」という。)は1.73mであり、ペDESTAL内のデブリ堆積高さ:1.71mに対して余裕が少ない。そこで、ペDESTAL内のデブリ堆積高さに対して更なる保守性を考慮した場合の影響について、以下のとおり確認した。



ペDESTAL構造概要図

3. コリウムシールド高さの妥当性について(2/7)

(2)コリウムシールド高さ・厚さ設定の考え方

a. コリウムシールド高さ・厚さの設定にあたって考慮したデブリの考え方

①デブリ体積:40m³

- ・原子炉圧力容器(以下「RPV」という。)から落下する溶融炉心:36m³(MAAP解析結果より)
- ・RPVから落下する溶融炉心に巻き込まれてデブリとなるペDESTAL内構造物:4m³(下記表参照)

構造物		考え方
制御棒駆動機構ハウジング(9本)		MAAP解析においてRPV破損後にアブレーションにより拡がる最大口径:約0.76mの範囲に含まれる本数
制御棒駆動機構(9本)		
制御棒駆動機構ハウジングサポート		溶融炉心の落下部及びその周囲のみが溶融しデブリに加わると考えられるため、評価においては一辺1mの正方形の範囲が溶融すると想定
ターンテーブル		
その他(ケーブル, サポート, 配管等の構造物)		
格納容器下部水位等の新設設備	設計の進捗による物量増加及び保守性の確保の観点から、合計 <input type="text" value="4"/> m ³ に対し、デブリ堆積高さの評価上は4m ³ と設定	
合計		

3. コリウムシールド高さの妥当性について(3/7)

②デブリの粒子化割合:17.3%

- ・ペDESTAL(ドライウェル部)プール中に溶融炉心が落下した際の粒子化割合をRicou-Spalding相関式により算出
 - ペDESTAL(ドライウェル部)の水位:1m
 - エントレインメント係数 (MAAP推奨範囲の最確値)
 - アブレーションによる破損口径の拡がりを考慮

③ポロシティ:0.50

- ・様々な立方格子のポロシティ(単純立方格子:0.48, 体心立方格子:0.32, 面心立方格子:0.26)を包絡する0.50を保守的に採用
- ・粒子化するデブリ(粒子化層)に対して空隙の中に冷却水が入り込むことで、その分デブリ堆積高さが高くなることを想定

b. コリウムシールドの高さ・厚さ設定について

- ・コリウムシールドを設置可能な高さの上限は床ドレン配管下端であるため、コリウムシールド高さは1.73mと設定(1.73mを超えて設置する場合、床ドレン配管がコリウムシールドを貫通することとなり、当該貫通箇所はコリウムシールド内でデブリを保有できない)
- ・コリウムシールド高さの範囲内に、a. で想定したデブリ量を全て保有。粒子化層は冷却されていると想定されるため、コリウムシールドは連続層のデブリを保有できれば良いと考えるが、一定程度の保守性を見込んだ条件で粒子化層を含むデブリ全量を保有可能とする
- ・デブリ堆積高さは、ペDESTAL内構造物を多めに設定し、粒子化する範囲に対してポロシティ0.50を考慮することで、一定程度の保守性を確保
- ・デブリからコリウムシールドを介したペDESTALコンクリートへの熱影響を可能な限り抑制する観点から、コリウムシールドは可能な限り厚さを確保
- ・以上より、コリウムシールド厚さを15cmと設定(結果として、コリウムシールド高さ1.73mに対して、デブリの粒子化を考慮したデブリ堆積高さは1.71mとなる。なお、全て連続層とした場合のデブリ堆積高さは1.48m)

3. コリウムシールド高さの妥当性について(4/7)

(3)ペDESTAL内のデブリ堆積高さに更なる保守性を考慮した場合の影響

コリウムシールド設置高さの妥当性確認として、さらにデブリ堆積高さを高くした感度評価を実施

a. ペDESTAL内構造物の感度評価

デブリ体積: 40m³のうちペDESTAL内構造物について、追加で以下を考慮

①追加のデブリ量

- ・制御棒駆動機構ハウジング及び制御棒駆動機構については、全185本のうち9本は全て溶融を想定したが、残りの176本については、CRDハウジングとRPV下鏡板の間の溶接部からのデブリ流出を想定し(添付1)、デブリ流出の際に溶融すると考えられる部材を追加で考慮

この場合、追加のデブリ量は約1.6m³

- ・核計装管についても、核計装管とRPV下鏡板の間の溶接部からのデブリ流出が想定され、デブリ流出の際に溶融すると考えられる部材は限定されるが、保守的に全量を追加で考慮

この場合、追加のデブリ量は約0.6m³

②デブリ量追加による感度評価

- ・上記追加のデブリ量を考慮し、デブリ全量が連続層として堆積した場合を想定すると、デブリ堆積高さは1.52mとなり、コリウムシールド高さである1.73mを超えない

以上より、連続層を保有する観点から、コリウムシールド高さの妥当性を確認

3. コリウムシールド高さの妥当性について(5/7)

b. 粒子化割合の感度評価

粒子化するデブリも含めた堆積高さの評価において、以下を考慮

① エントレインメント係数

- ・デブリの粒子化割合の算出において、エントレインメント係数を□(MAAP推奨範囲の最確値)と設定。その結果、粒子化割合は22.7%
- ・連続層の中には、「a. ペDESTAL内構造物の感度評価」における追加のデブリ量を考慮
- ・この場合、デブリ堆積高さは約1.82m(連続層:約1.21m, 粒子化層:約0.60m)となり、粒子化層の一部がコリウムシールド高さを超過

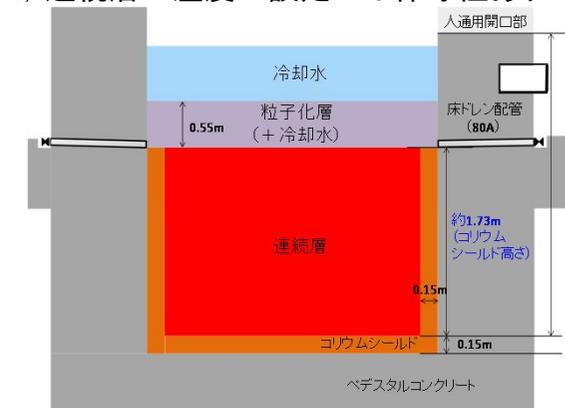
② コリウムシールドを超えた粒子化層による影響評価

➤ ペDESTAL内のコリウムシールド高さを超えた範囲の粒子化層による侵食量評価

- ・全ての粒子化層が、コリウムシールド高さを超えた範囲に堆積したことを想定(モデル図参照)
- ・事象進展の早い大破断LOCA時に原子炉注水できない場合を想定し、RPV破損後の侵食量を評価。粒子化層の崩壊熱としては、保守的に全デブリ(連続層及び粒子化層)の崩壊熱を設定
- ・粒子化層のデブリの初期温度は、保守的に連続層の温度を設定*

※ 粒子化層は、デブリ粒子の間隙に存在する冷却水による除熱が促進されること、さらに上部の冷却水によっても粒子化層の除熱が促進されることから、粒子化したデブリの温度は速やかに低下する。したがって、連続層の温度の設定には保守性あり

- ・粒子化層がコリウムシールドを超えるのは、ポロシティが大きい場合であることから、ポロシティ0.48における上面熱流束:3,300kW/m²一定を設定(Lipinski0-Dモデル(添付2)を用いたドライアウト熱流束を基に設定)
- ・この場合においても、壁面コンクリートの侵食量は約1cmであり、影響は小さいことを確認



モデル図

3. コリウムシールド高さの妥当性について(6/7)

- 粒子化するデブリが床ドレン・機器ドレン配管内に流入した場合の影響評価
 - ・粒子化するデブリは、デブリ粒子の間隙に存在する冷却水による除熱が促進されること、さらに上部の冷却水によっても粒子化層の除熱が促進されることから、粒子化したデブリの温度は速やかに低下する。したがって、RPV破損時の配管内デブリの崩壊熱と冷却水への除熱量を比較評価し、配管内デブリのヒートアップの有無について評価
 - ・事象進展の早い大破断LOCA時に原子炉注水できない場合を想定
 - ・配管内デブリの崩壊熱としては、最も口径の大きい配管内全域に粒子化デブリが詰まった状態を想定して算出
 - ・粒子化層がコリウムシールドを超えるのは、ポロシティが大きい場合であることから、ポロシティ0.48における上面熱流束: $3,300\text{kW/m}^2$ 一定を設定(Lipinski0-Dモデルを用いたドライアウト熱流束を基に設定)
 - ・計算の結果、上面への冷却水への除熱量は配管内デブリの崩壊熱の約7倍であり(添付2参照)、配管内デブリは十分冷却されることを確認
- 粒子化したデブリの床ドレン・機器ドレン配管と側壁コンクリート間への流入の有無について
 - ・東海第二発電所の建設時は、ペDESTALの鋼製型枠を製作し、その中に床ドレン・機器ドレン配管を設置した上で、コンクリートを充てんしている。
 - ・したがって、床ドレン・機器ドレン配管と側壁コンクリート間の隙間はなく、粒子化したデブリが流入することはない

(4)まとめ

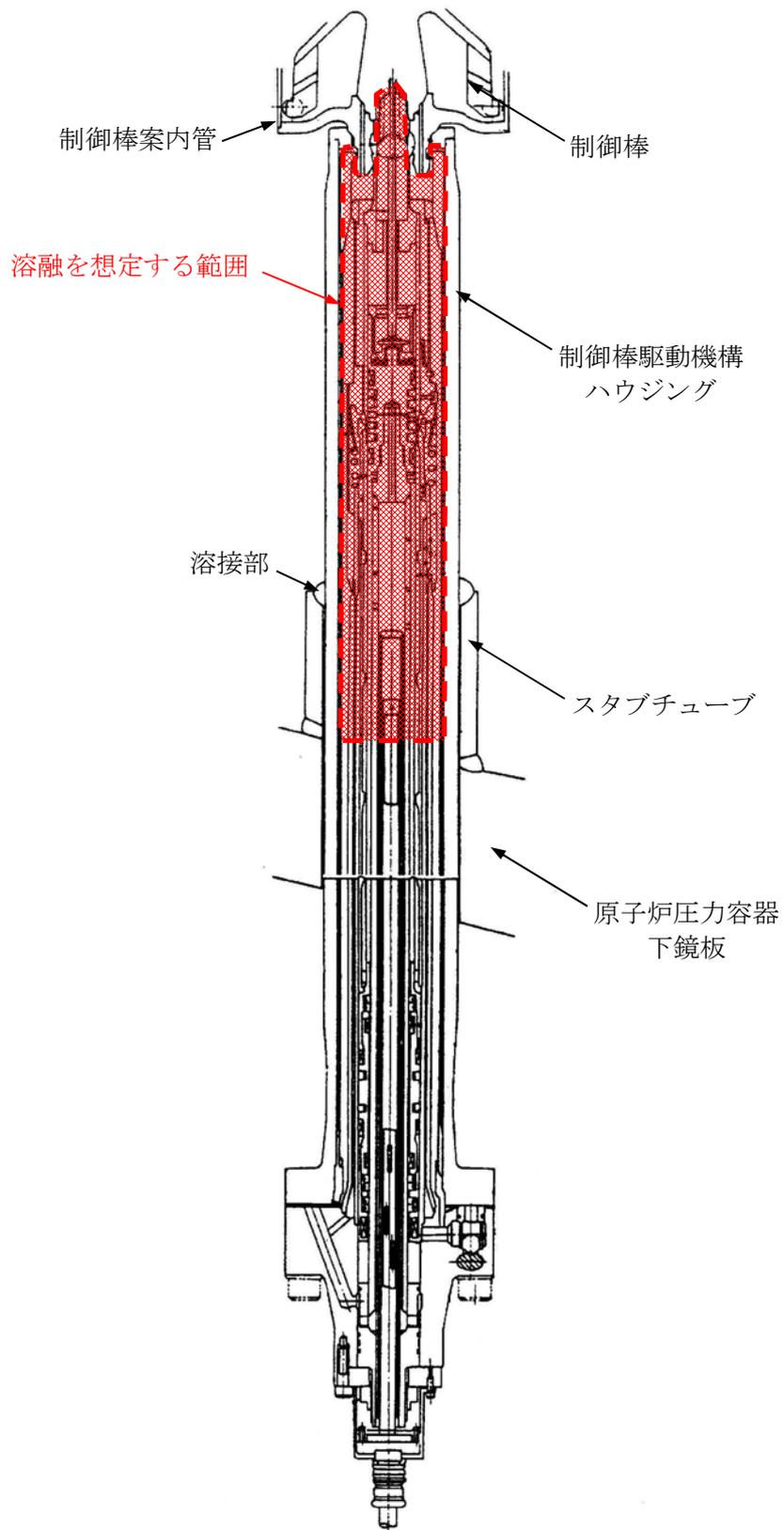
- ・一定程度の保守性を確保したデブリ量を全て保有するためのコリウムシールド高さ/厚さとして、それぞれ1.73m/15cmを設定
- ・追加のデブリ量を考慮した場合でも、連続層をコリウムシールド内に十分保有可能。
- ・ペDESTAL内のデブリ堆積高さに更なる保守性を考慮し、粒子化したデブリがコリウムシールド高さを超えた場合においても、壁面コンクリートに及ぼす影響は小さく、配管内デブリは十分冷却されるため、ペDESTAL構造健全性等への影響はない

制御棒駆動機構ハウジング部から流出するデブリ重量について
(ペDESTAL内のデブリ堆積高さに更なる保守性を考慮した場合の影響)

ペDESTAL内のデブリ堆積高さに更なる保守性を考慮した場合の影響として、制御棒駆動機構のうち、スクラム時にRPV内に内在し、MAAP解析に含まれない構造物の重量を考慮する。

具体的には、第 1 図に示す範囲がデブリに取り込まれることを想定し、制御棒駆動機構 1 体当たり 70kg とする。また、対象の制御棒駆動機構は、全 185 本のうち、全溶融を想定する 9 本を除いた残りの 176 本とする。以上より、合計で 12,320kg の追加的なデブリ流出を考慮する。

なお、RPV内の制御棒、制御棒案内管、制御棒駆動機構ハウジングについてはMAAP解析においてモデル化されている。



第1図 制御棒駆動機構概要図

床ドレン配管内に粒子状デブリが流入した場合の影響評価

1. はじめに

デブリ堆積高さの影響評価として、粒子状デブリが床ドレン配管に到達した場合を想定し、配管内に粒子状デブリが流入した場合の影響評価を実施する。

2. 評価条件

(1) 床ドレン配管条件

- ・ 外径：89.1mm (3B×7.6t)
- ・ 内径：73.9mm (3B×7.6t)
- ・ 長さ： (ペDESTAL壁面から遮断弁までの長さ)
- ・ 配管開口面積： $4.29 \times 10^{-3} \text{m}^2$
- ・ 配管内体積： $6.3 \times 10^{-3} \text{m}^3$

(2) デブリ条件

- ・ 評価シーケンス：大破断 LOCA+注水機能喪失
(RPV 破損時の崩壊熱を高め評価する設定)
- ・ RPV 破損時の崩壊熱：22.4MW (MAAP 結果に基づく)
- ・ デブリ重量：291ton
- ・ 配管内に流入するデブリ粒子重量：25.515kg
(ポロシティ 0.5, デブリ密度 を仮定)
- ・ 配管内デブリの崩壊熱

$$22.4\text{MW} \times 25.515 \div (291 \times 10^3) = 1.97 \times 10^{-3} \text{MW}$$

$$= 1.97 \text{kW}$$

3. 除熱量評価

Lipinski-0D モデルにおけるポロシティ 0.48 での熱流束 $3,300 \text{kW/m}^2$ を設定し、除熱量を計算すると、

$$\begin{aligned} \text{配管開口部からの除熱量} &= \text{配管口面積} \times \text{除熱量} \\ &= 4.29 \times 10^{-3} \times 3,300 \\ &= 14.517 \text{ kW} \end{aligned}$$

となり、配管内デブリの崩壊熱 1.97kW を上回ることから、配管内デブリ粒子の崩壊熱は除去可能である。