

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-03-0320-5_改 2
提出年月日	2021年 4月 1日

補足-320-5 【使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する

補足説明資料】

別 紙

(1) 工認添付資料と設置許可まとめ資料との関係【核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設】

工認添付資料		設置許可まとめ資料			引用内容
VI-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	有効性評価	添付資料 1.5.3	使用済燃料プールにおける重大事故に至るおそれがある事故（想定事故1及び2）の有効性評価における共通評価条件について	遮蔽水位の評価を引用
			添付資料 4.1.2	燃料プールの水位低下と遮蔽水位に関する評価について	SPF 水位低下時間評価を引用
			添付資料 4.2.4	サイフォンブレイク孔について	サイフォンブレイク孔の健全性の説明を引用
		SA	第54条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	サイフォンブレイク孔の健全性の説明を引用

補足説明資料目次

頁

1. 使用済燃料プールサイフォンブレイク孔の設置状況..... 1-1
2. 使用済燃料プールの巡視及びサイフォンブレイク孔の健全性確認方法について..... 2-1
3. 使用済燃料プールサイフォンブレイク孔への重量物落下評価..... 3-1
4. 使用済燃料プール水位低下時の線量率と水位の計算結果について..... 4-1

1. 使用済燃料プールサイフォンブレイク孔の設置状況

使用済燃料プール冷却浄化系戻り配管及びサイフォンブレイク孔の概略図を図 1-1 及び図 1-2 に示す。また、サイフォンブレイク孔の設置場所を図 1-3 に示す。

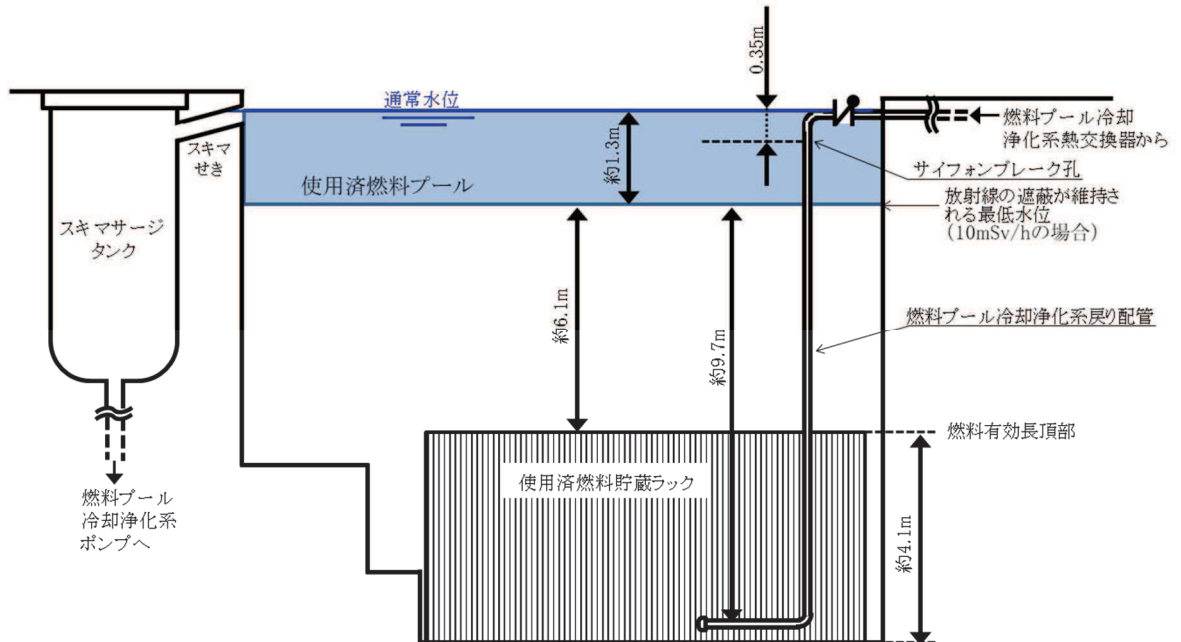


図 1-1 使用済燃料プールに接続されている配管の概略図

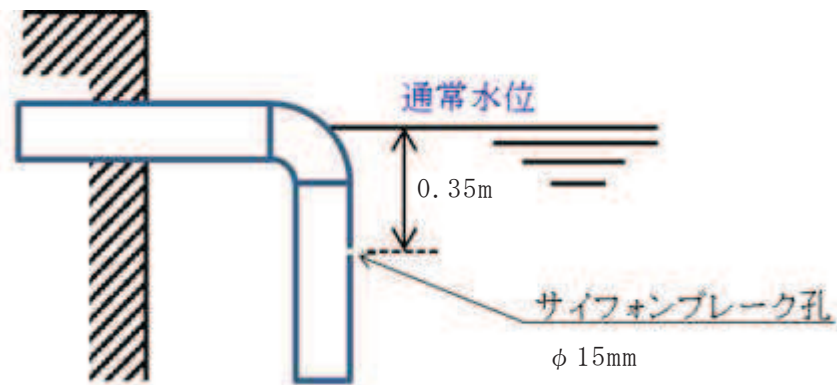


図 1-2 サイフォンブレイク孔設置概略図

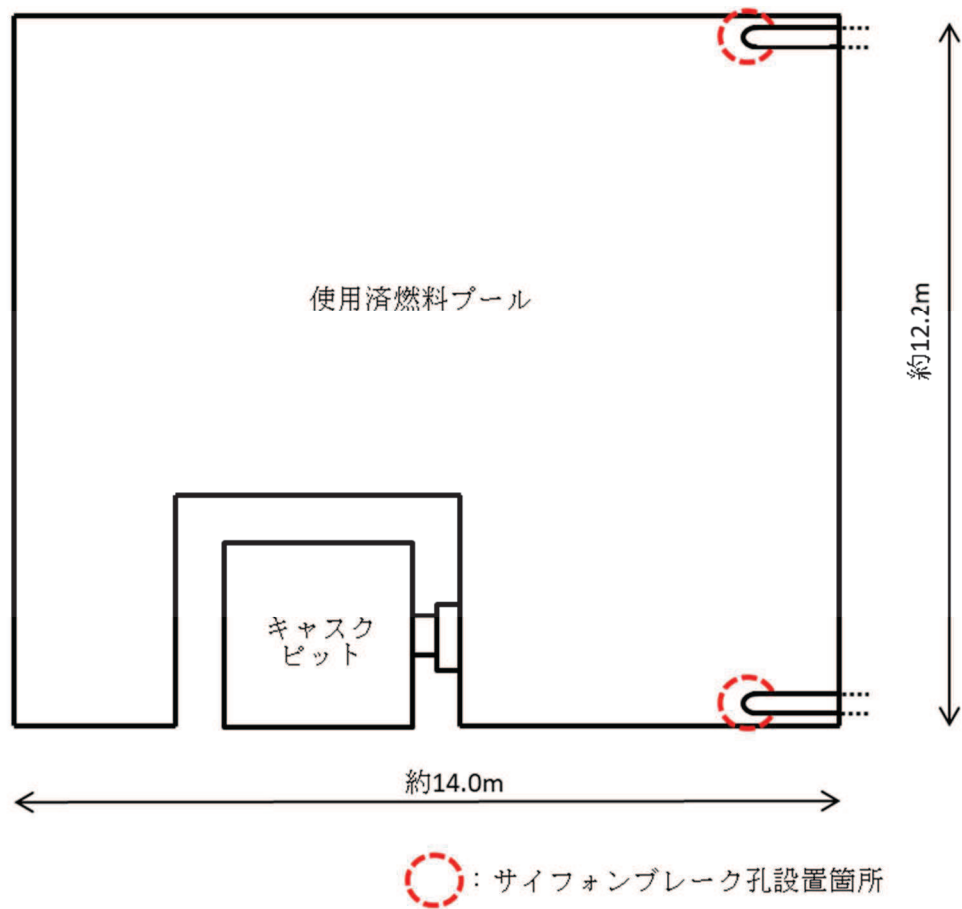


図 1-3 サイフォンブレイク孔の設置場所

サイフォンブレイク孔の仕様

配管材質：SUS304TP

配管内径：141mm

サイズ：直径 15mm

耐震性について

図 1-2 に示すとおり，使用済燃料プール冷却浄化系配管は耐震 S クラスで設計されており，その配管にサイフォンブレイク孔を設ける設計としているため耐震性に問題はない。

配管強度について

サイフォンブレイク孔の穴径（直径 15mm）は，PPC-3422 により規定される「穴径 64mm 以下であり，かつ，管の内径の 4 分の 1（約 35mm）以下」であることから，配管強度に問題はない。

2. 使用済燃料プールの巡視及びサイフォンブレイク孔の健全性確認方法について

2.1 使用済燃料プールの巡視について

使用済燃料プールは、運転員により、1回／日の巡視をすることとなっており、サイフォンブレイク孔を閉塞させる可能性がある浮遊物等が無いことを確認することができる。このような巡視で浮遊物等を発見及び除去することにより、異物による閉塞を防止することが可能である。

2.2 サイフォンブレイク孔の健全性確認方法について

サイフォンブレイク孔については、定期的なパトロール（1回／週）を実施し、目視により穴の閉塞がないことを確認する。

3. 使用済燃料プールサイフォンブレイク孔への重量物落下評価

使用済燃料プール上部より落下等により使用済燃料プールサイフォンブレイク孔の健全性に影響を与える可能性のある設備として以下の設備等があるものの、使用済燃料プールへ落下することなく、サイフォンブレイク孔への影響はないことを確認している。

サイフォンブレイク孔への落下物干渉を考慮する必要がある周辺設備として、原子炉建屋原子炉棟の鉄筋コンクリート造の壁及び鉄骨造の屋根トラス、原子炉建屋クレーン、燃料交換機等の重量物があるが、これらは基準地震動 S_s に対する耐震評価にて使用済燃料プール内に落下しないことを確認しているため、サイフォンブレイク孔の落下物干渉による変形は考えられない。

よって、落下物としてサイフォンブレイク孔に干渉すると考えられる設備は軽量物であり、仮に燃料プール冷却浄化系配管に変形が生じたとしても、本配管は剛性の高いステンレス鋼であり、完全閉塞に至る変形は考えにくいことから、サイフォン除去機能は確保される。

4. 使用済燃料プール水位低下時の線量率と水位の計算結果について

(1) 使用済燃料プールの概略図について

使用済燃料プールの概略図を図 4-1 に示す。

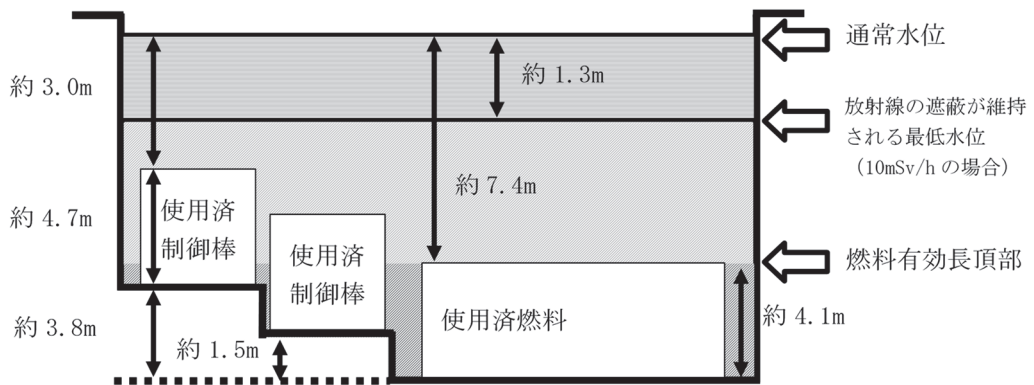
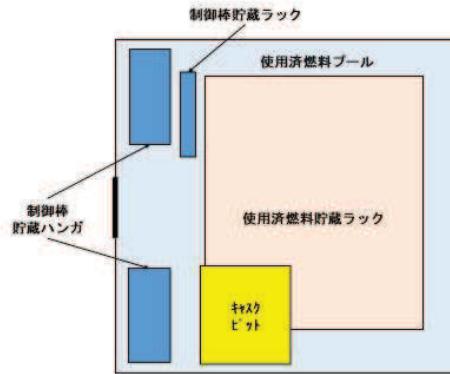
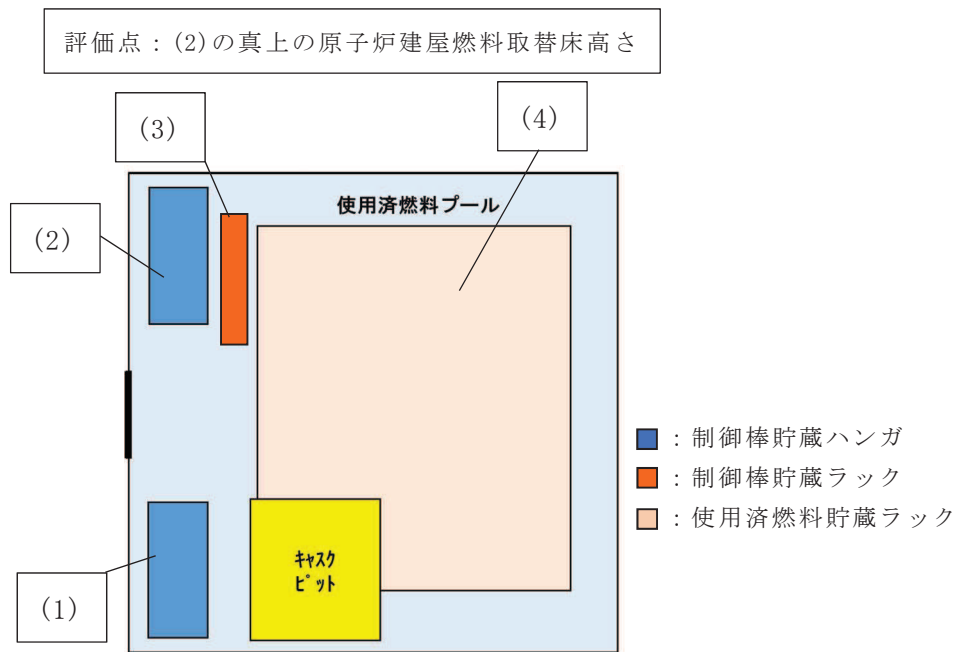


図 4-1 使用済燃料プール概略図

(2) 評価点の設定について

使用済燃料プール水位が通常水位付近の場合に支配的な線源は使用済燃料プール上段の制御棒貯蔵ハンガであり、北側及び南側の 2 箇所ある制御棒貯蔵ハンガのうち、より貯蔵本数の多い南側の制御棒貯蔵ハンガである。事故時に作業する箇所として、制御棒貯蔵ハンガ付近の原子炉建屋燃料取替床が考えられるため、線量率評価における評価点は、図 4-2 に示すとおり、保守的に制御棒貯蔵ハンガ（南側）の真上の原子炉建屋燃料取替床高さ（線源との最短距離）としている。

線量率計算モデルの評価点は、図 4-3 に示すとおり線源との最短距離と等しい距離で各線源の真上に置いている。使用済燃料、制御棒貯蔵ラック及び北側の制御棒貯蔵ハンガを線源とした場合の計算モデルは、線源の真上に評価点を設定することで、使用済燃料プール水により遮蔽される厚さが短くなるため、保守的な評価結果となる。



- (1) 制御棒貯蔵ハンガ（北側）から線量評価点までの最短距離は約 9.4m
- (2) 制御棒貯蔵ハンガ（南側）から線量評価点までの最短距離は約 3.3m
- (3) 制御棒貯蔵ラックから線量評価点までの最短距離は約 6.1m
- (4) 使用済燃料貯蔵ラックから線量評価点までの最短距離は約 11.4m

図 4-2 各線源と評価点の平面位置関係

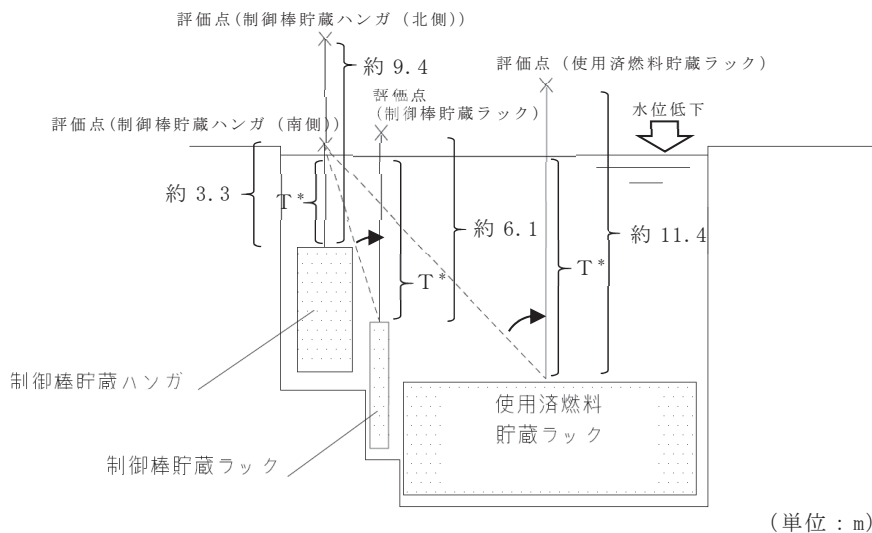


図 4-3 線量率評価モデルの評価点の立面概要図

注記*：パラメータ T は、線源から使用済燃料プール水により遮蔽される長さ (m) を示す。使用済燃料を例とすると水面から評価点までの距離は $11.4 - T$ m となり、水位低下時の線量率は、パラメータ T を変数として評価する。

(3) 使用済燃料の線量率計算モデルにおける密度について

使用済燃料の線量率計算モデルは、水平方向の長さは全てのラック長さ、高さ方向の長さは使用済燃料の有効長としており、使用済燃料プール内の使用済燃料貯蔵ラックに使用済燃料が全て埋まっている状態としている。使用済燃料の線量率計算モデルにおける密度は、使用済燃料及び水の体積比から算出している。ここで、使用済燃料以外の構造材は保守的に密度の小さい水（構造材に比べて遮蔽効果が小さい）を設定している。

(4) 使用済制御棒の線源強度評価に用いる放射化断面積について

ORIGEN2コード*に入力する放射化断面積は、BWRUを適用する（²³⁵U-enriched UO₂ 27,500MWd/mt）。

注記*：A.G.Croff, "A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code", ORNL/TM-7175, Oak Ridge National Laboratory, (1980)

(5) 使用済制御棒の冠水時及び露出時の線量率計算モデルについて

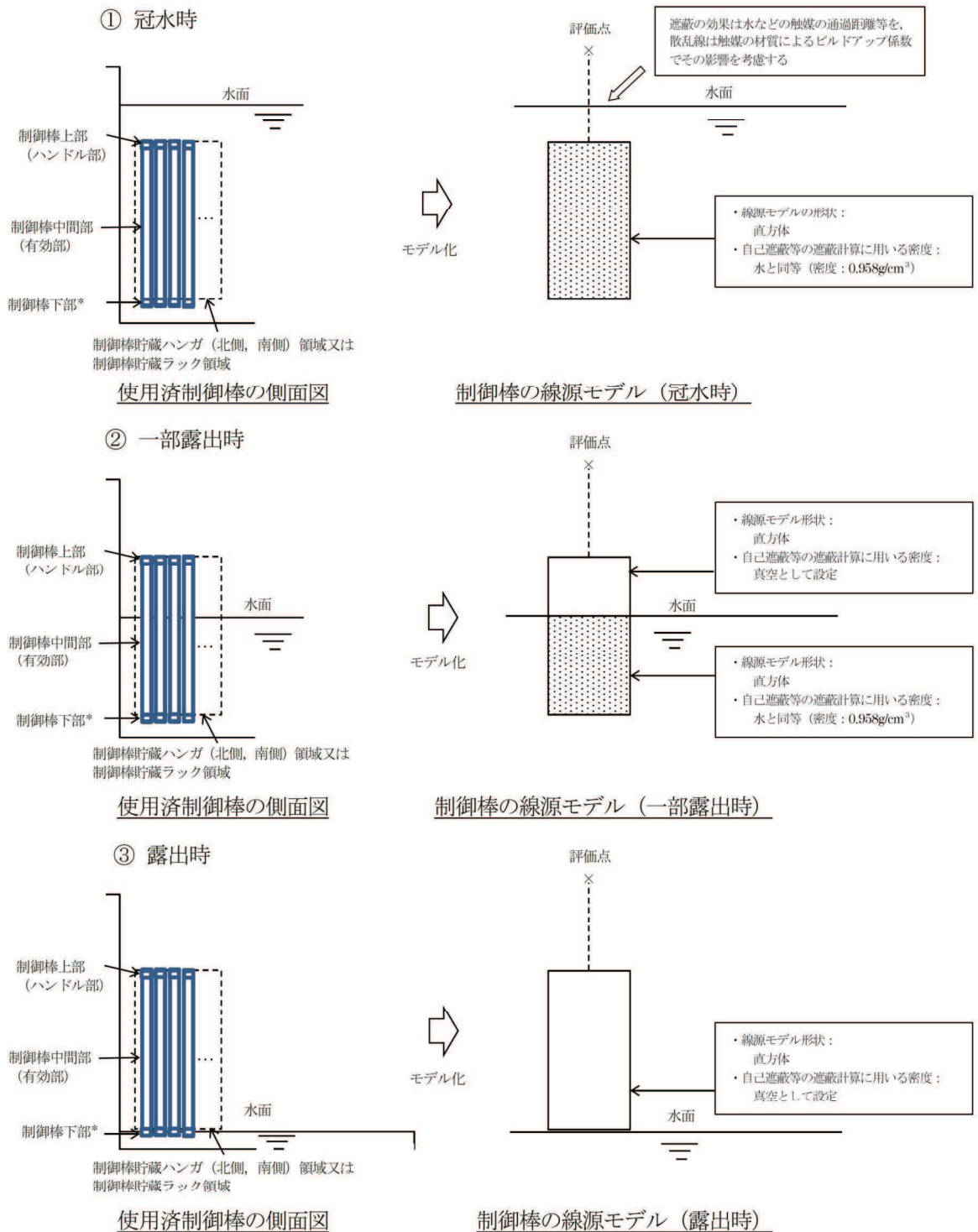
使用済制御棒は制御棒貯蔵ハンガにハンドル部を通して格納又は制御棒貯蔵ラック内へ格納されている。評価では、これらの制御棒貯蔵ハンガ（北側，南側）及び制御棒貯蔵ラックの構造材を含めた使用済制御棒格納箇所を直方体の線源としてモデル化している（図 4-4）。

遮蔽計算をする際、線源材にも密度を設定することで自己遮蔽等の計算を行う。本評価では使用済制御棒が①冠水時，②一部露出時，③露出時のそれぞれの状態において、線源材の密度は周囲の環境と同じとしている。すなわち、プール水に浸されている場合は、線源材の密度は水とし、気中に露出している場合は、保守的に真空として計算している。

①冠水時において、使用済制御棒は水より密度の大きいステンレスやB4C(又はHf)等で構成されていること、線源以外にも制御棒貯蔵ハンガ，制御棒貯蔵ラックのような構造材があることから保守的なモデルとなっている。

②一部露出時，③露出時の状態においては露出部分の線源材の密度を前述のとおり真空とし、使用済制御棒本体，構造体等の遮蔽性能を考慮していないことから、更に保守的な設定となっている。

評価結果において、水位低下により使用済制御棒の露出が開始した際の現場の線量率に対して、完全に露出した後の現場の線量率が高い値となっているのは、評価で上記に示すとおり露出部分の線源材の密度を真空としていることにより、制御棒本体，構造体等の遮蔽性能を考慮しない保守的な評価としているためである（図 4-5）。また、図 4-6 に、使用済燃料及び使用済制御棒それぞれの線量率と水位の関係を示す。



注記*: 制御棒下部は、中性子の照射量が小さく、
線量への影響が小さいため、線源として見
込んでいない。

図 4-4 冠水時及び露出時の線量率計算モデル

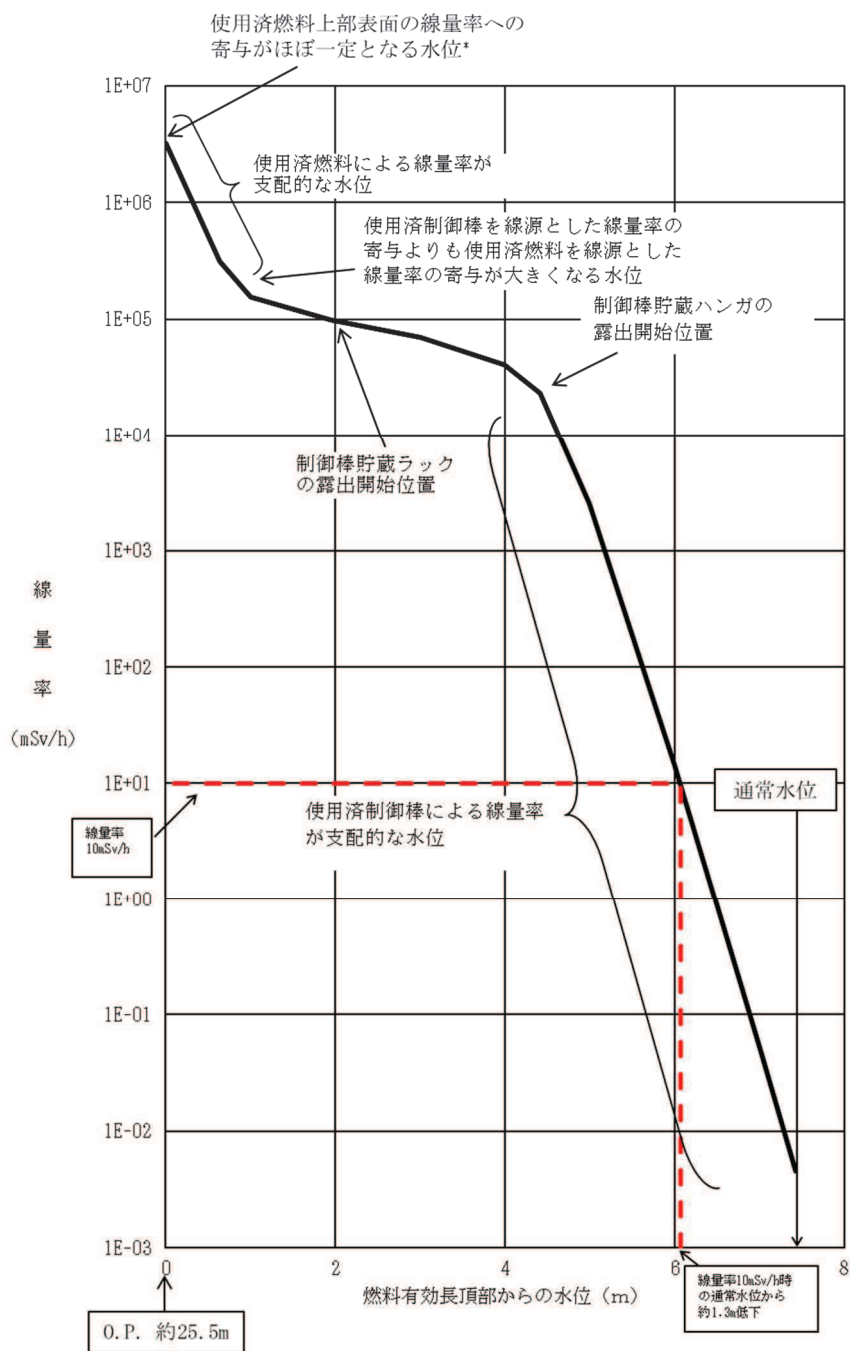


図 4-5 使用済燃料プールの線量率と水位の関係

注記* : 線量率に寄与する線源は、使用済燃料上部の表面になり、水位がある程度以上のときは評価点直下の使用済燃料上部表面の中心部しか寄与しないが、水位が低下してくると使用済燃料上部表面の周囲も寄与するようになる。水位が TAF に近づくと、使用済燃料の上部表面の全面が線量率に寄与し、それ以上水位が低下しても寄与する使用済燃料上部表面の面積は余り変わらないため、線量率変化が緩やかになる。

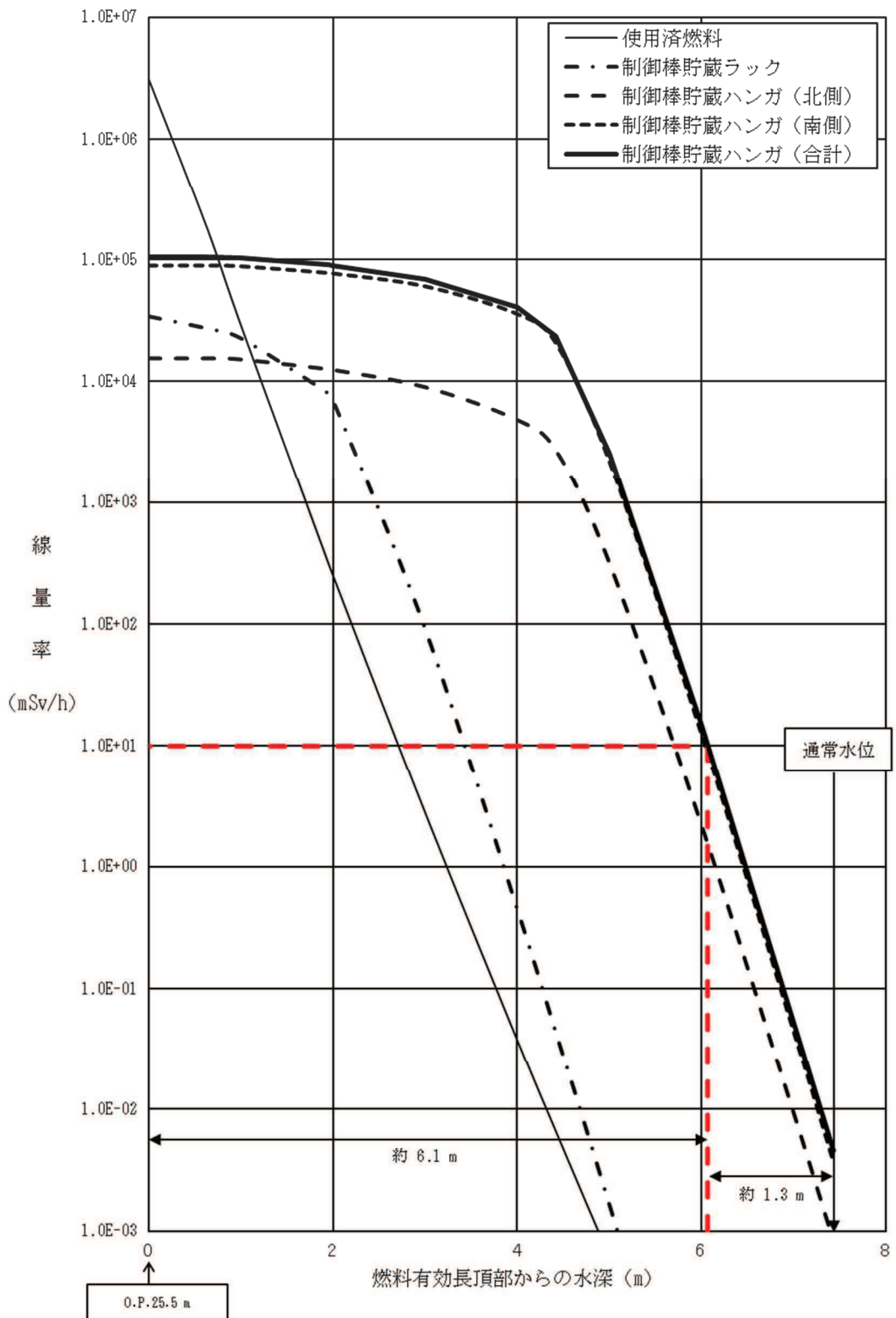


図 4-6 使用済燃料及び使用済制御棒の線量率と水位の関係

(6) 使用済燃料及び使用済制御棒以外で使用済燃料プール内に保管されているものによる影響について

使用済燃料プール内には、線源として選定した使用済燃料及び使用済制御棒の他にLPRM等使用済炉内計装品、使用済チャンネルボックス、バグフィルタ等が保管されているが、いずれも使用済燃料と比較して表面における線量率は十分に低い。炉内計装品及びバグフィルタ等はプール底部等に保管されており水による遮蔽効果も見込め、使用済チャンネルボックスは、使用済燃料貯蔵ラックに保管されているが、プール水位低下による線量率上昇の評価上は、保守的に使用済燃料が全ての使用済燃料貯蔵ラックに保管されていると想定していることから、評価結果に影響を与えない。