

泊発電所 3号炉 重大事故等対策の有効性評価

「想定事故 1」

「想定事故 2」

令和5年2月28日
北海道電力株式会社

本資料中の[〇〇]は、当該記載の抜粋元として、
まとめ資料のページ番号を示している。

【本日の説明事項】

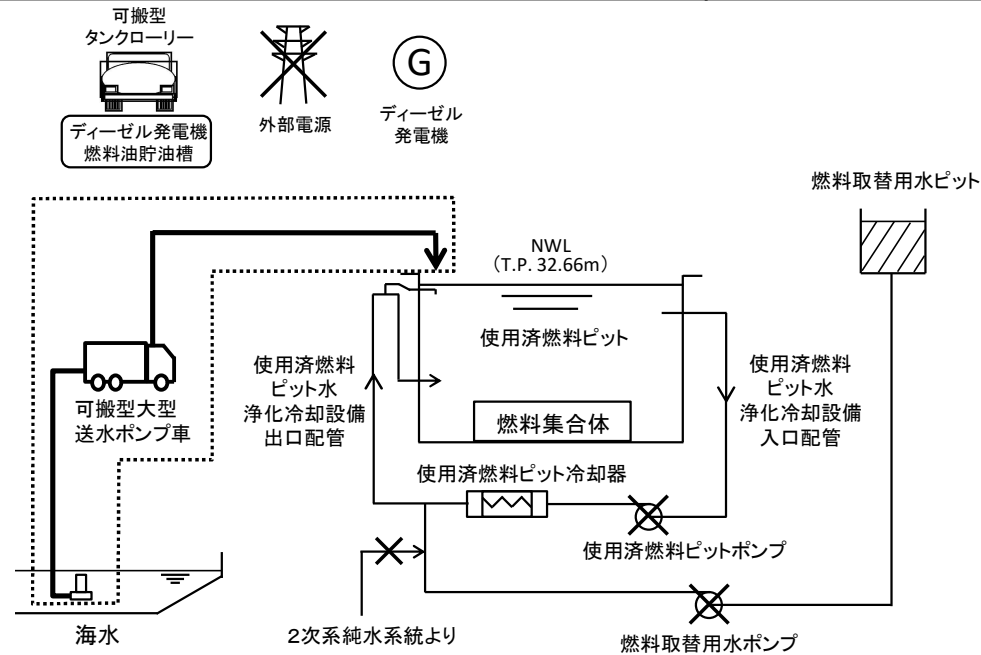
- 設置許可基準規則第三十七条（重大事故等の拡大の防止等）の要求事項に対応するために、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、想定した事故に対して、使用済燃料ピット内に貯蔵されている燃料体等の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じる設計であることを、次ページ以降に示す。
- 有効性評価を行った結果、整備した燃料損傷防止対策が想定事故 1, 2 に対して有効であることが確認できた。泊 3 号炉において整備した燃料損傷防止対策が先行PWRプラントの対策と同等であることを確認している。
- また、これまでに審査を受けたものから作業手順及び評価条件の見直しを行っていることから、その内容及び妥当性について示す。
- まとめ資料は、先行審査実績を踏まえ、記載の充実や表現の適正化を図っているが、燃料損傷防止対策や評価結果に変更は無い。

1. 想定事故 1	3
2. 想定事故 2	9
3. 作業手順及び評価条件の見直しについて	15

1. 想定事故 1

大飯3 / 4号炉
と同様

想定する事故 [7.3.1-1]	特徴 [7.3.1-1]	結論 [7.3.1-17,18]
使用済燃料ピットの冷却機能又は注水機能が喪失することにより、使用済燃料ピット内の水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故	使用済燃料ピットの冷却機能及び注水機能が喪失することを想定する。このため、使用済燃料ピット水温が徐々に上昇し、やがて沸騰して蒸発することによって使用済燃料ピット水位が緩慢に低下することから、緩和措置がとられない場合には、使用済燃料ピット水位の低下により燃料が露出し、燃料損傷に至る。	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水により、使用済燃料ピット水位を回復し維持することができることから、放射線の遮蔽が維持され、かつ、燃料損傷することはない。 その結果、以下の評価項目を満足している。 ①燃料有効長頂部が冠水していること ②放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること ③未臨界が維持されていること



⋯⋯ : 設計基準事故対処設備から追加した箇所

「想定事故 1」の重大事故等対策の概略系統図 [7.3.1-22]

大飯3 / 4号炉と条件設定の考え方は同様
ただし、初期水位を通常水位 (NWL) としている点は女川2号炉と同様

表 「想定事故1」の主要評価条件 [7.3.1-20]

	項 目	主要評価条件	条件設定の考え方
初期条件	使用済燃料ピット崩壊熱	11.508MW	核分裂生成物が多く使用済燃料ピット崩壊熱が高めとなるように、原子炉の運転停止後（原子炉停止後 7.5 日 [※] ）に取り出された全炉心分の燃料と過去に取り出された燃料（1, 2号炉分含む。）を合わせて、使用済燃料ピット貯蔵容量満杯に保管した状態を設定。なお、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用も考慮したものとしている。使用済燃料ピット崩壊熱の計算に当たっては、核分裂生成物については日本原子力学会推奨値、アクチニドについてはORIGEN2を用いて算出。
	事象発生前使用済燃料ピット水温（初期水温）	40℃	使用済燃料ピット水温の実測値に基づき、標準的な温度として設定。
	事象発生前使用済燃料ピット水位（初期水位）	NWL (燃料頂部より約 7.62m)	使用済燃料ピット水位の実運用に基づき、標準的な水位として設定。
	使用済燃料ピットに隣接するピットの状態	A-使用済燃料ピット, B-使用済燃料ピット, 燃料検査ピット及び 燃料取替チャンネル接続	燃料取出直後の状態に基づき設定するが、水温 100℃まで上昇する時間の評価は、B-使用済燃料ピットのみを考慮し設定。また、水量は使用済燃料、ラック等の体積を除いて算出。
事故条件	安全機能の喪失に対する仮定	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能喪失	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能として使用済燃料ピット冷却系及び使用済燃料ピット補給水系の機能を喪失するものとして設定。
	外部電源	外部電源なし	外部電源の有無は事象進展に影響しないことから、資源の観点で厳しい外部電源なしを設定。

※ 泊3号炉の至近の定期検査における実績（約9日）を踏まえ、原子炉停止後 7.5 日を設定。原子炉停止後 7.5 日とは全制御棒全挿入からの時間を示している。通常停止操作において原子炉の出力は発電機解列以前から徐々に低下させるが、崩壊熱評価はトリップのような瞬時に出力を低下させる保守的な計算条件となっている。

大飯 3 / 4 号炉と条件設定の考え方は同様
ただし、注水操作を沸騰開始後とする点は島根 2 号炉と同様

表 「想定事故 1」の主要評価条件 [7.3.1-21]

項目	主要評価条件	条件設定の考え方
重大事故等対策に 関連する機器条件	放射線の遮蔽が 維持される最低水位	NWL-3.3m 使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値(0.15mSv/h)となる水位である燃料頂部から 4.25m (NWL-約 3.37m) より、安全側に設定。
	可搬型大型送水ポンプ車の 使用済燃料ピットへの 注水流量	47m ³ /h 崩壊熱による蒸発水量に対して燃料損傷防止が可能な流量を上回る注水流量として設定。
重大事故等対策に 関連する操作条件	可搬型大型送水ポンプ車による 使用済燃料ピットへの 注水操作	事象発生の約 6.6 時間後 可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水準備操作は、災害対策要員の移動、注水準備に必要な時間等を考慮して、事象発生 5.7 時間までに完了するが、使用済燃料ピットへの注水操作は使用済燃料ピットの水温が 100℃に到達することにより使用済燃料ピット水位が低下し始める事象発生約 6.6 時間後を設定。

「想定事故1」の評価結果 [7.3.1-26]

大飯3 / 4号炉
と評価方法は同様

（使用済燃料ピット保有水高さと遮蔽機能について）

燃料頂部より4.25m水位を有していれば、使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の燃料取扱建屋内の遮蔽設計基準値（0.15mSv/h）以下となるため、許容水位低下量は約3.37mとなるが、安全側に3.3mとして評価を行う。

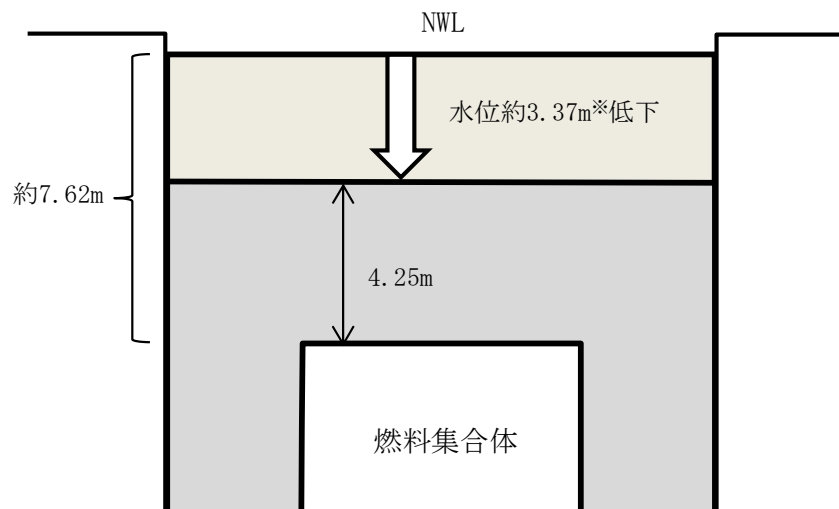


図 使用済燃料ピット水位概略図

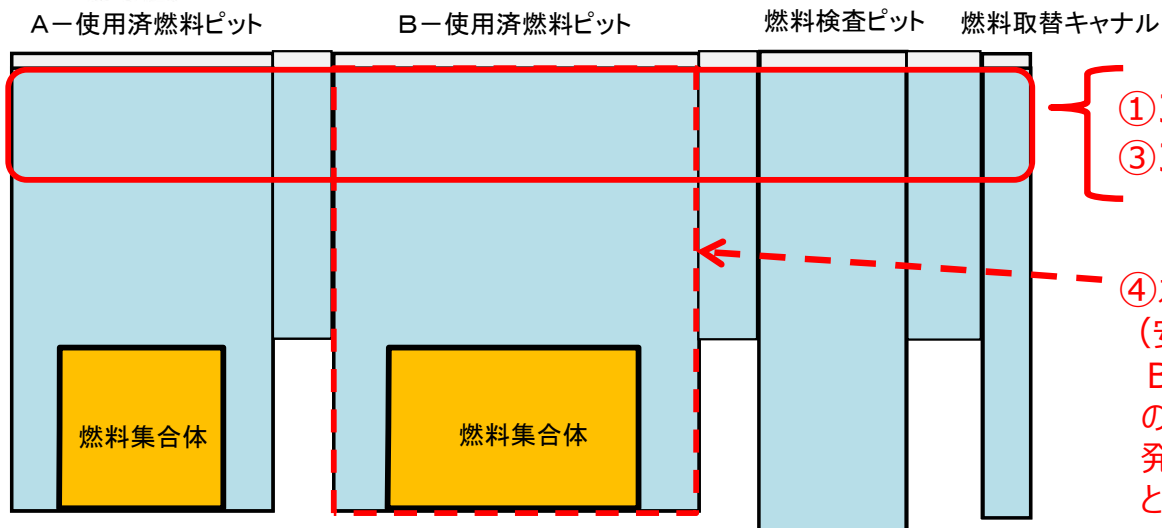
※使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値（0.15mSv/h）以下となるための許容水位低下量は約3.37mであり、評価に使用する水位低下量を保守的に3.3mとした。

(評価結果 : SFP水の許容水位到達時間) [7.3.1-26]

大飯3 / 4号炉
と評価方法は同様

		評価結果
① 3.3m [*] 分の評価水量 (m ³)		
	A-使用済燃料ピット	約210m ³
	B-使用済燃料ピット	約310m ³
	A, B-使用済燃料ピット間	約5m ³
	燃料取替チャンネル	約45m ³
	燃料検査ピット	約60m ³
	合計	約630m ³
② 崩壊熱による保有水蒸発水量		約19.16m ³ /h
③ 3.3m水位低下時間 (①/②)		約32.8時間
④ 水温100℃までの時間		約6.6時間
合計 (③+④)		約1.6日 (約39.4時間)

※使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) 以下となるための許容水位低下量は約3.37mであり、評価に使用する水位低下量を保守的に3.3mとした。



① 3.3m分の評価水量 約630m³
 ③ 3.3m水位低下時間 約32.8時間
 ④ 水温100℃までの時間 約6.6時間
 (安全側にA-使用済燃料ピット及びB-使用済燃料ピットの相互の保有水の混合は考慮せず、B-使用済燃料ピットに発熱量の高い燃料を選択的に貯蔵した状態として評価)

図 使用済燃料ピット断面図

「想定事故1」の評価結果 [7.3.1-8,添7.3.1.2-5]

大飯3 / 4号炉
と評価結果は同様

（評価結果まとめ）

①燃料有効長頂部が冠水していること 及び ②放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること

使用済燃料ピット崩壊熱による蒸発水量（約19.16m³/h）を上回る容量の可搬型大型送水ポンプ車（47m³/h）を整備しており、使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達（約1.6日）するまでに注水を開始（5.7時間）できることから、燃料有効長頂部は冠水している。また、放射線の遮蔽が維持される水位を確保できる。

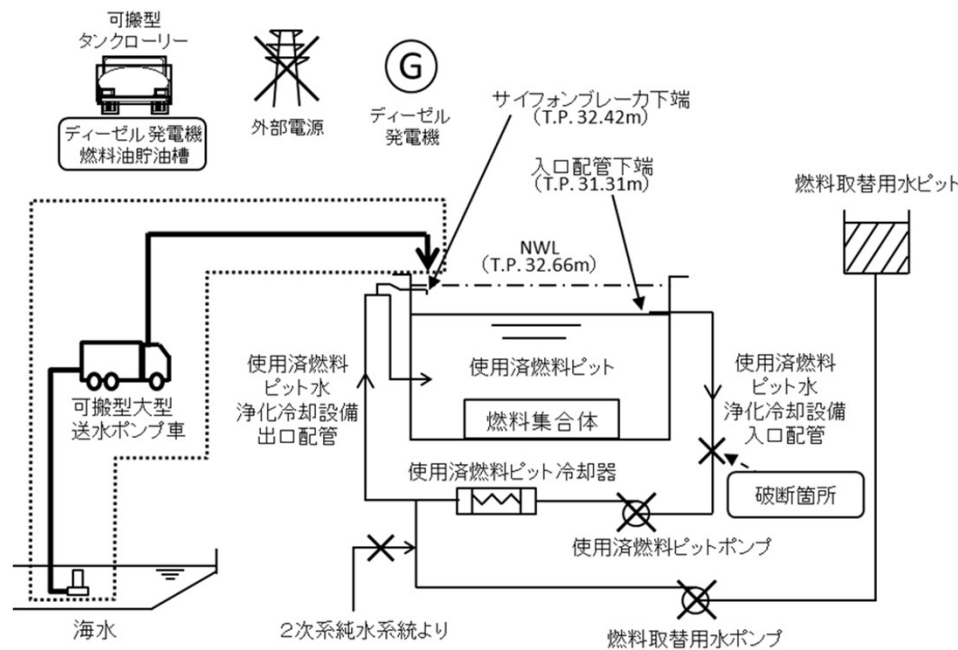
③未臨界が維持されていること

使用済燃料ピットは、通常ほう酸水で満たされているが、純水で満たされた状態で、最も反応度の高い新燃料を設備容量分収容した場合を想定しても実効増倍率は約0.970であり、評価基準（不確定性を含めて0.98以下）を満足するため、未臨界性を確保できる設計としている。

2. 想定事故 2

大飯3 / 4号炉
と同様

想定する事故 [7.3.2-1]	特徴 [7.3.2-1]	結論 [7.3.2-15,16]
サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故	使用済燃料ピットの冷却系の配管破断によるサイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な漏えいが発生するとともに、使用済燃料ピット注水機能が喪失することを想定する。このため、使用済燃料ピット水位が低下することから、緩和措置がとられない場合には、燃料は露出し、燃料損傷に至る。	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水により、使用済燃料ピット水位を回復し維持することができることから、放射線の遮蔽が維持され、かつ、燃料損傷することはない。 その結果、以下の評価項目を満足している。 ①燃料有効長頂部が冠水していること ②放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること ③未臨界が維持されていること



⋯⋯ : 設計基準事故対処設備から追加した箇所

「想定事故 2」の重大事故等対策の概略系統図 [7.3.2-20]

「想定事故2」の主要評価条件 [7.3.2-18]

大飯3 / 4号炉と
条件設定の考え方は同様

項目	主要評価条件	条件設定の考え方	
初期条件	使用済燃料ピット崩壊熱	11.508MW	核分裂生成物が多く使用済燃料ピット崩壊熱が高めとなるように、原子炉の運転停止後（原子炉停止後 7.5 日 [※] ）に取り出された全炉心分の燃料と過去に取り出された燃料（1, 2号炉分含む。）を合わせて、使用済燃料ピット貯蔵容量満杯に保管した状態を設定。なお、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用も考慮したものとしている。使用済燃料ピット崩壊熱の計算に当たっては、核分裂生成物については日本原子力学会推奨値、アクチニドについてはORIGEN2を用いて算出。
	事象発生前使用済燃料ピット水温（初期水温）	40℃	使用済燃料ピット水温の実測値に基づき、標準的な温度として設定。
	使用済燃料ピットに隣接するピットの状態	A-使用済燃料ピット, B-使用済燃料ピット, 燃料検査ピット及び 燃料取替チャンネル接続	燃料取出直後の状態に基づき設定するが、水温が100℃まで上昇する時間の評価は、B-使用済燃料ピットのみを考慮し設定。また、水量は使用済燃料、ラック等の体積を除いて算出。
事故条件	冷却系配管の破断によって想定される初期水位	NWL-1.35m (燃料頂部より約 6.27m)	冷却系配管破断時に使用済燃料ピットの水位が最も低くなる可能性のある使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管の破断による流出を想定。評価においては、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管に設置されているサイフォンブレーカの効果を考慮。
	安全機能の喪失に対する仮定	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能喪失	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能として使用済燃料ピット冷却系及び使用済燃料ピット補給水系の機能を喪失するものとして設定。
	外部電源	外部電源なし	外部電源の有無は事象進展に影響しないことから、資源の観点で厳しい外部電源なしを設定。

※ 泊3号炉の至近の定期検査における実績（約9日）を踏まえ、原子炉停止後7.5日を設定。原子炉停止後7.5日とは全制御棒全挿入からの時間を示している。通常停止操作において原子炉の出力は発電機解列以前から徐々に低下させるが、崩壊熱評価はトリップのような瞬時に出力を低下させる保守的な計算条件となっている。

大飯3 / 4号炉と条件設定の考え方は同様
ただし、注水操作を沸騰開始後とする点は島根2号炉と同様

「想定事故2」の主要評価条件 [7.3.2-19]

項目	主要評価条件	条件設定の考え方	
重大事故等対策に 関連する機器条件	放射線の遮蔽が維持される最低水位	冷却系配管の破断によって想定される初期水位-2.0m	使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) となる水位である燃料頂部から4.25m (NWL-約3.37m) と、冷却系配管の破断によって想定される初期水位である燃料頂部から約6.27m (NWL-1.35m) の差約2.02mより、安全側に設定。
	可搬型大型送水ポンプ車の使用済燃料ピットへの注水流量	47m ³ /h	崩壊熱による蒸発水量に対して燃料損傷防止が可能な流量を上回る注水流量として設定。
重大事故等対策に 関連する操作条件	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作	事象発生の約5.8時間後	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水準備操作は、災害対策要員の移動、注水準備に必要な時間等を考慮して、事象発生5.7時間までに完了するが、使用済燃料ピットへの注水操作は使用済燃料ピットの水温が100℃に到達することにより使用済燃料ピット水位が低下し始める事象発生約5.8時間後を設定。

「想定事故2」の評価結果 [7.3.2-24]

大飯3 / 4号炉
と評価方法は同様

(使用済燃料ピット保有水高さと遮蔽機能について)

使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管にはサイフォンブレーカを設置しているため、使用済燃料ピット水位がサイフォンブレーカ下端まで低下すれば出口配管に生じるサイフォン効果は解除される。

そのため、使用済燃料ピット冷却系配管に破断が生じた場合、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管高さに水位が到達すれば冷却材の流出は停止する。漏えい停止後の水位と使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽基準値 (0.15mSv/h) に相当する水位との差は約2.02mとなるため、2.0mとして評価を行う。

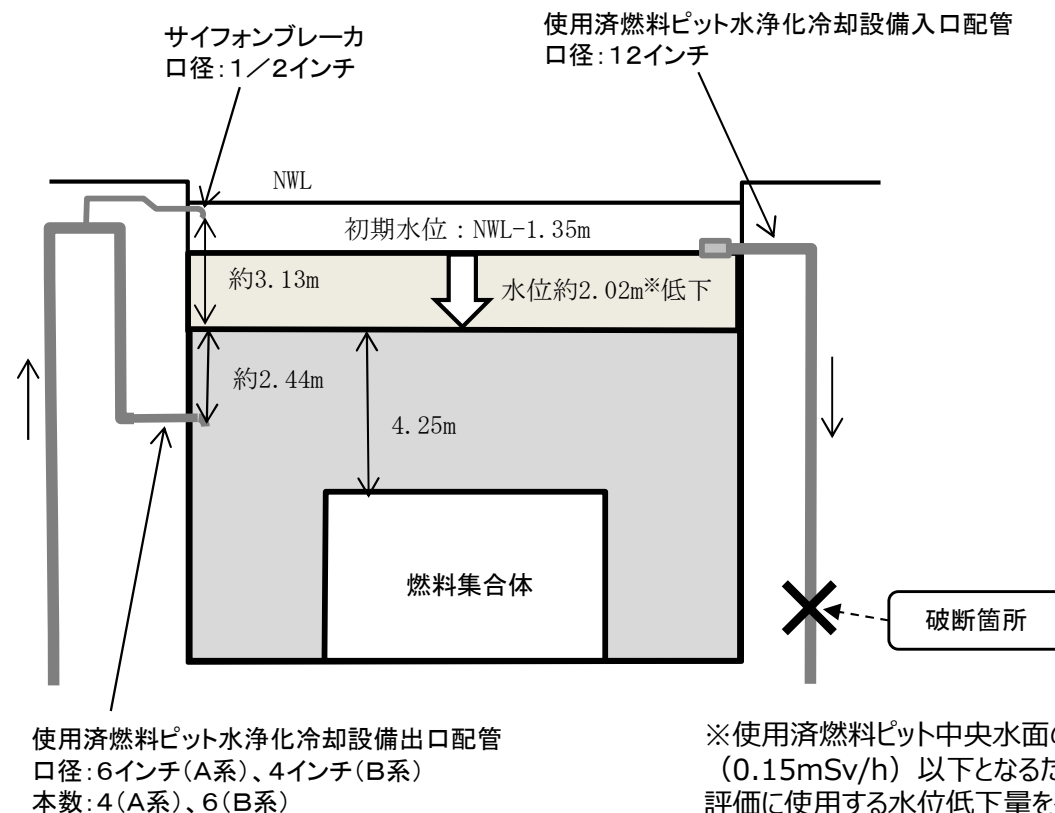


図 使用済燃料ピット水位概略図

大飯3 / 4号炉
と評価方法は同様

(評価結果： SFP水の許容水位到達時間) [7.3.2-24]

		評価結果
① 2.0m*分の評価水量 (m ³)		
	A-使用済燃料ピット	約120m ³
	B-使用済燃料ピット	約180m ³
	A, B-使用済燃料ピット間	約3m ³
	燃料取替チャンネル	約23m ³
	燃料検査ピット	約36m ³
	合計	約362m ³
② 崩壊熱による保有水蒸発水量		約19.16m ³ /h
③ 2.0m水位低下時間 (①/②)		約18.8時間
④ 水温100℃までの時間		約5.8時間
合計 (③+④)		約1.0日 (約24.6時間)

※使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) 以下となるための許容水位低下量は約2.02mであり、評価に使用する水位低下量を保守的に2.0mとした。

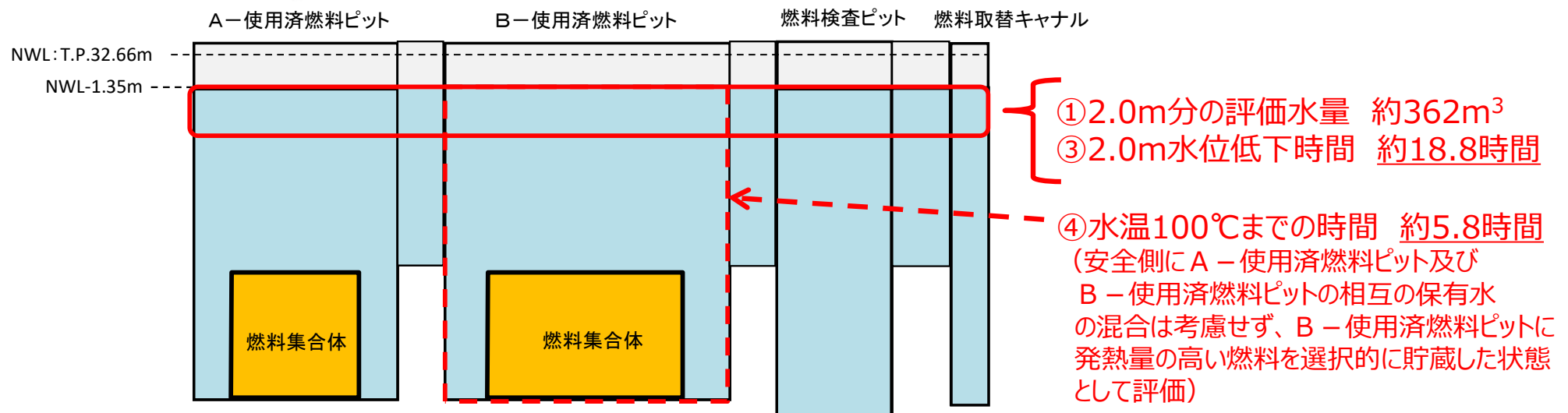


図 使用済燃料ピット断面図

「想定事故2」の評価結果 [7.3.2-8,9,添7.3.1.2-8]

大飯3 / 4号炉
と評価結果は同様

（評価結果まとめ）

①燃料有効長頂部が冠水していること 及び ②放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること

使用済燃料ピット崩壊熱による蒸発水量（約19.16m³/h）を上回る容量の可搬型大型送水ポンプ車（47m³/h）を整備しており、使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達（約1.0日）するまでに注水を開始（5.7時間）できることから、燃料有効長頂部は冠水している。また、放射線の遮蔽が維持される水位を確保できる。

③未臨界が維持されていること

使用済燃料ピットは、通常ほう酸水で満たされているが、純水で満たされた状態で、最も反応度の高い新燃料を設備容量分収容した場合を想定しても実効増倍率は約0.970であり、評価基準（不確定性を含めて0.98以下）を満足するため、未臨界性を確保できる設計としている。

3. 作業手順及び評価条件の見直しについて (1 / 3)

15

これまでの評価

- 燃料取扱棟内に設置されているSA設備は高温及び高湿度の環境での使用にも耐えられる設計であるものの、従前の手順では注水開始がA-使用済燃料ピット沸騰開始後となっていた

作業性向上の観点

- 作業性向上の観点から、可能な限り蒸気環境下での作業を避けるため、SFP沸騰開始前（蒸気発生前）にSFP注水準備が完了可能な運用を検討した

有効性評価ベースでの検討

- 作業手順の見直し（要員数の変更など）
- 評価条件の見直し（実運用との整合を考慮）

評価条件の妥当性

- 実運用では、原子炉に近いB-使用済燃料ピットに取り出し直後の崩壊熱の高い燃料が貯蔵されるため、実運用に即した評価条件を採用した

有効性評価に見直し後の手順及びB-使用済燃料ピットの沸騰開始時間の評価を反映

3. 作業手順及び評価条件の見直しについて (2 / 3)

大飯3 / 4号炉と
条件設定の考え方は同様

- 見直し前は、100℃到達までの時間が短いA-使用済燃料ピットの沸騰開始時間を採用し評価を実施
- 見直し後は、実運用に即した評価条件として、原子炉に近いB-使用済燃料ピットに取り出し直後の崩壊熱の高い燃料が貯蔵された状態での評価を実施

事象	沸騰開始時間※		NWL-3.3m到達時間	
	見直し前	見直し後	見直し前	見直し後
想定事故 1	約4.9時間	約6.6時間	約1.5日	約1.6日
想定事故 2	約4.2時間	約5.8時間	約0.9日	約1.0日

※沸騰までに要する時間の評価については、安全側にA-使用済燃料ピット及びB-使用済燃料ピットの相互の保有水の混合は考慮せず、見直し後はB-使用済燃料ピットに発熱量の高い燃料を選択的に貯蔵した状態として評価

