

敦賀発電所 1 号炉
使用済燃料の崩壊熱減少に伴う
性能維持施設の変更について
＜補足説明資料＞

2020 年 10 月 27 日
日本原子力発電株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 使用済燃料プールの水温測定結果について	2
2. 1 使用済燃料プールの状況	2
2. 2 使用済燃料プールの水温測定	2
2. 3 測定結果に対する考察	7
2. 4 結論	14
3. 使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の変更について	15
3. 1 使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の変更内容	15
3. 2 使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の見直しに係る具体的影響確認 ...	20
4. 核燃料物質の貯蔵状況及び崩壊熱の推移について	25
4. 1 敦賀発電所 1 号炉の核燃料物質の貯蔵状況について	25
4. 2 崩壊熱の推移について	26

本資料のうち、 は、営業秘密又は核物質防護上の観点から公開できません。

1. はじめに

本資料は、2020年9月4日に廃室発第39号をもって申請した敦賀発電所1号炉廃止措置計画変更認可申請書のうち「(2) 使用済燃料の崩壊熱減少に伴う性能維持施設の変更」に関する事項についての補足説明資料である。

2. 使用済燃料プール水温測定結果について

敦賀発電所原子炉施設保安規定の廃止措置管理において、施設運用上の基準として「使用済燃料貯蔵池の水温が 65℃以下であること」が要求されていることから、使用済燃料プール水の冷却を停止しても、この基準値を超えないことを確認するため、燃料プール冷却系（以下、「FPC 系」という。）の冷却機能を停止した時の使用済燃料プール水温測定を実施した。

2. 1 使用済燃料プールの状況

敦賀 1 号炉の使用済燃料プールには、現時点において、最終サイクルで取り出した使用済燃料を含む使用済燃料 314 体を貯蔵しており、その冷却期間は 9 年を超え、十分冷却が進んでいる状況である。

この状況を踏まえ、夏季における FPC 系の冷却機能停止試験を以下に示すとおり実施し、使用済燃料プール水の水温は、施設運用上の基準値である 65℃に対し十分裕度を持つことを確認した。

2. 2 使用済燃料プール水温測定

2. 2. 1 水温測定内容

試験期間、試験条件、測定項目等は、以下のとおりである。

① 試験期間

- ・ 2019 年 6 月 3 日から 2019 年 9 月 10 日

② 試験条件（概略系統は図 2-1 のとおり）

- ・ FPC 系熱交換器をバイパスし冷却機能を停止
- ・ プール水浄化のため、FPC 系の循環運転は継続
- ・ 原子炉建屋換気空調設備を全期間連続運転
- ・ 調査期間中、FPC スキマサージタンク水位維持のため、タンク水位 4～

5 m の範囲で随時補給を実施

③ 主要な測定項目

- ・ 使用済燃料プール水温
- ・ 大気温度
- ・ 原子炉建屋 5 階室温

④ 水温の測定箇所

- ・ 使用済燃料プール水温の測定箇所及び FPC 系循環水の出口は図 2 - 2 のとおりである。
- ・ プール水温の測定箇所については、FPC 系は循環運転を継続させており、プール水温は均一であると考えられることから、保安規定に定める制限値の確認計器である使用済燃料プール水温計（以下、「SFP 水温計」という。）を測定・評価に用いている。図 2 - 3 に使用済燃料プールの寸法及び SFP 水温計位置を示す。

⑤ FPC 系の循環運転及びプール水の補給について

- ・ FPC 系については常時循環運転を実施しており、使用済燃料プールから FPC スキマサージタンクへプール水をオーバーフローさせることにより、使用済燃料プールの通常水位を常時維持している。なお、FPC 系の循環運転については、浄化機能維持及び水位維持のため、FPC 系の冷却機能停止後も継続する。
- ・ プール水の蒸発により減少したプール水は FPC スキマサージタンク水位の 4~5 m の範囲で復水貯蔵タンクから随時補給を実施している。
- ・ プール水の補給については期間中 36 回、総量で約 m³であった。

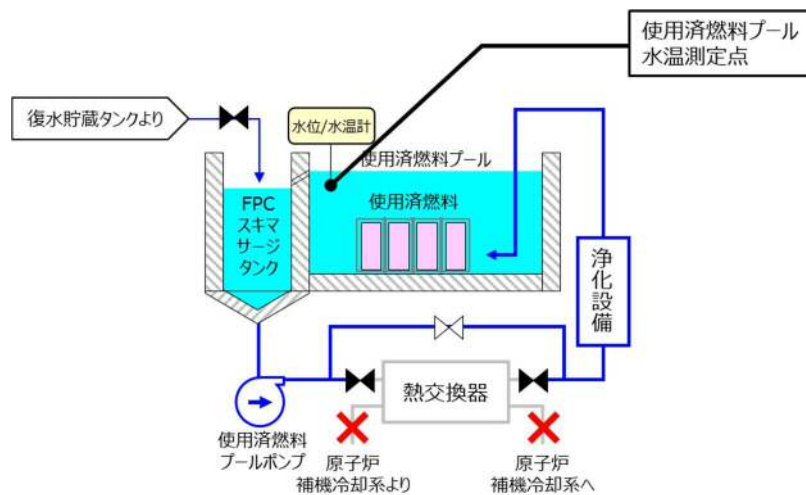


図 2 - 1 試験時の概略系統と水温測定箇所

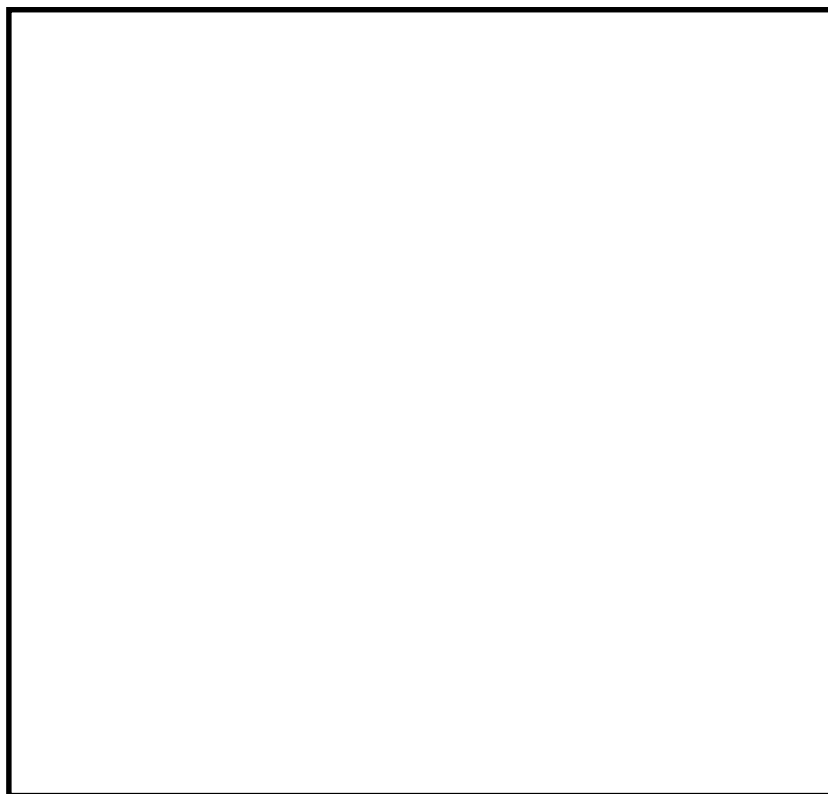


図 2 - 2 使用済燃料プール水温の測定箇所及び FPC 系循環水の出口

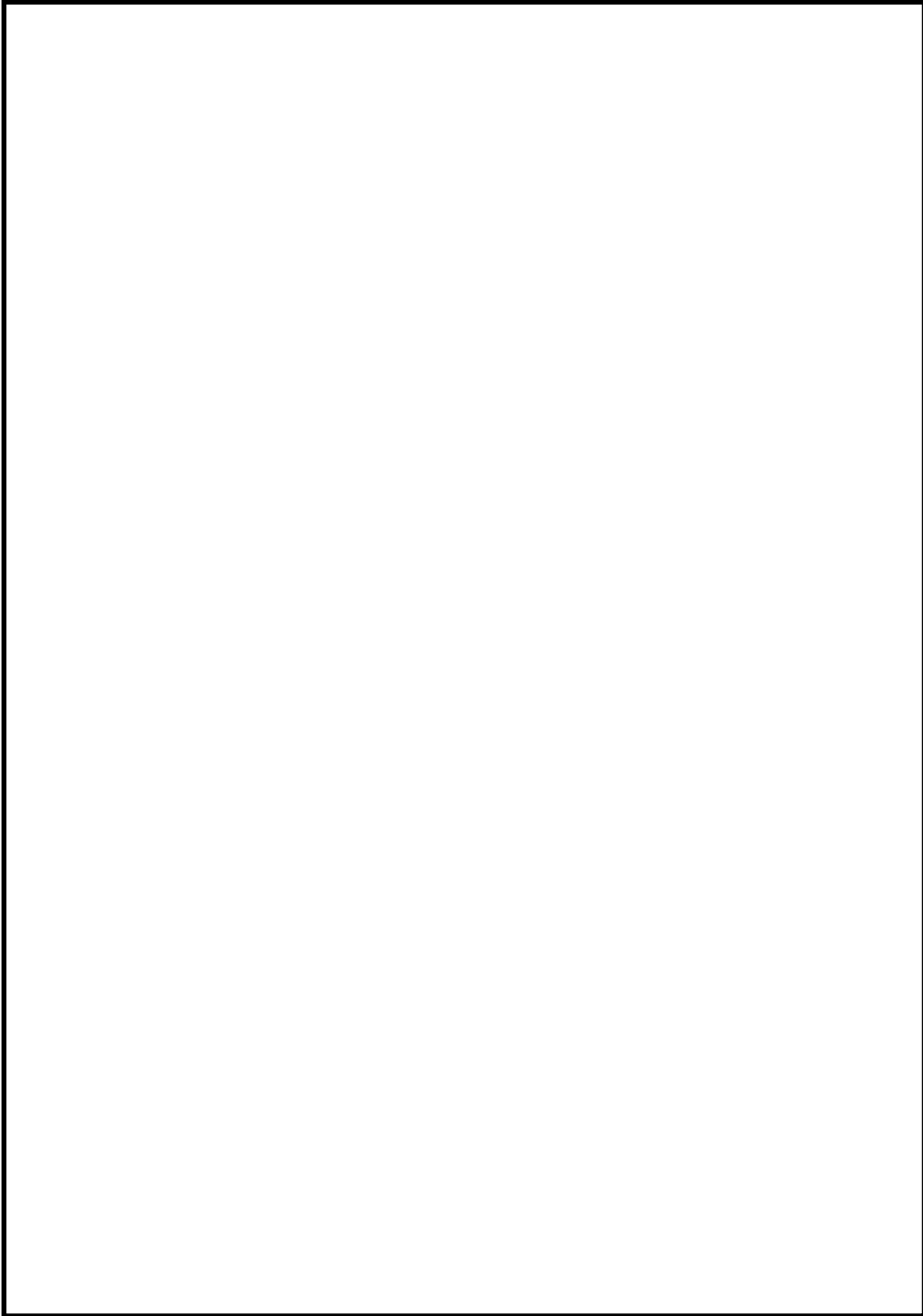


図 2 - 3 使用済燃料プールの寸法及び SFP 水温計位置

2. 2. 2 水温，室温及び気温の測定結果

試験時の使用済燃料プール水温，室温及び気温の測定結果は，図2-4のとおりであり，以下の結果が確認された。なお，各測定点における測定データを参考資料に示す。

- ・ 気温が高くなる夏季においても，水温は50℃未満で推移した。
- ・ 水温は，FPC系の冷却機能を停止して暫くは継続的に上昇したが，40℃を過ぎて以降の上昇は緩やかとなり平衡状態となっており，それ以降の水温は気温の変化に応じて変化している。試験期間中の最高水温は8月18日から8月23日の間に記録された46.7℃である。
- ・ FPC系の冷却機能を停止した状態であっても，自然冷却により施設運用上の基準である65℃以下に対し，20℃程度の余裕を有する。

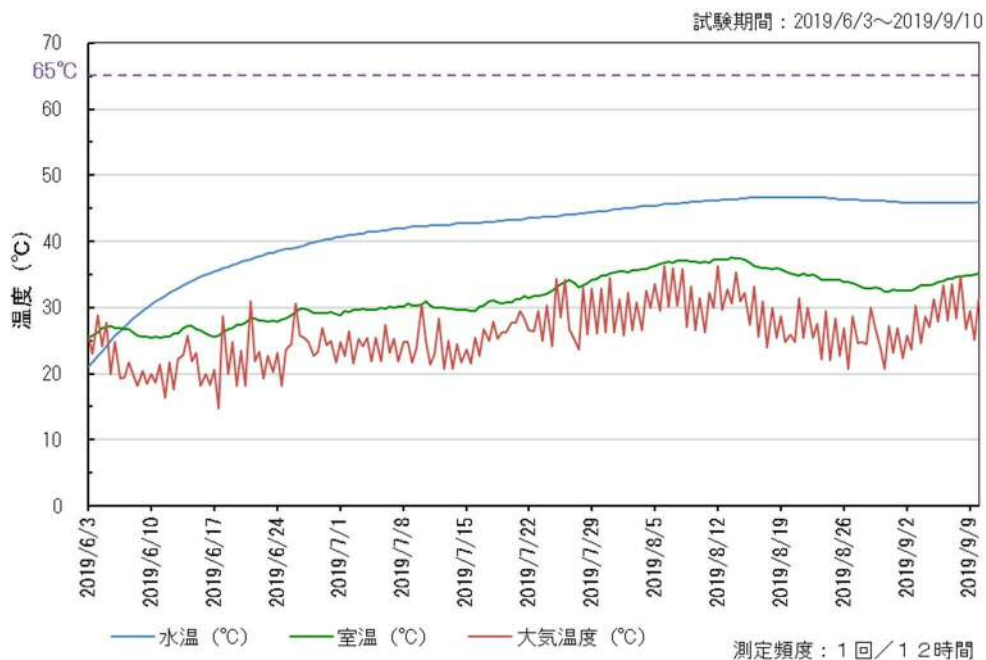


図2-4 試験時の使用済燃料プール水温，室温及び気温の測定結果

2. 3 測定結果に対する考察

前項の測定結果を踏まえ、測定結果に対する考察として、以下の確認を行った。

- ・ 気温と水温の連動性の確認
- ・ 最高水温が記録された時期の妥当性確認
- ・ 環境条件の変化に対する概略評価
- ・ 補給水の水温への影響評価
- ・ 使用済燃料プール水温の測定位置の妥当性

具体的な内容についてそれぞれ次項以降に示す。

2. 3. 1 気温と水温の連動性の確認

水温上昇が緩やかとなった、7月1日以降の使用済燃料プール水温の測定結果から、気温の変動に対して5日程度の遅れを有し、使用済燃料プール水温が連動していることが以下のとおり確認できる。この確認結果をグラフに追記したものを図2-5に示す。

- ・ 7月1日から7月15日頃までは平均気温は落ち着いており、水温も7月8日以降ほぼ平衡状態となっている。
- ・ 7月15日～8月10日付近では、平均気温は上昇傾向にあり、水温もこれに追隨して上昇している。
- ・ 8月12日に試験期間中において2番目に高い気温である36.2℃を記録（試験期間中の最高気温は8月6日に記録した36.3℃）して以降、気温は低下傾向にあり、水温についても8月18日に最高水温である46.7℃を記録して以降は一旦平衡に達した後、気温同様に低下している。

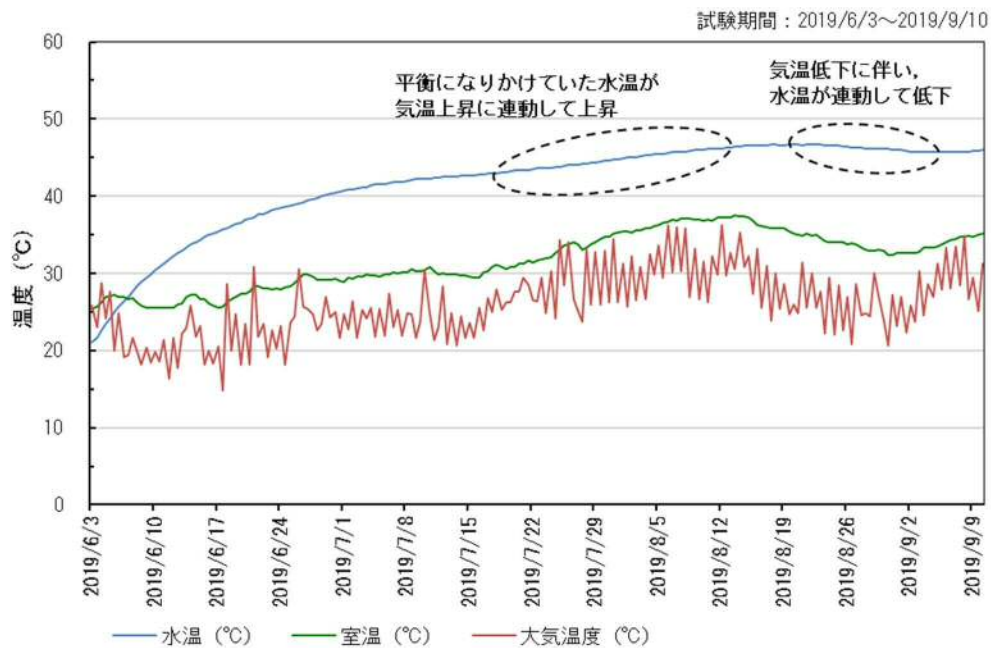


図 2 - 5 使用済燃料プール 気温変化と水温変化の関係

2. 3. 2 最高水温が記録された時期の妥当性確認

今回の試験において、最高水温は8月18日から8月23日の間に記録されている。

7月1日から9月1日までの1週間ごとの平均気温は表2-1のとおりであり、平均気温は8月中旬が高いことから、8月中旬に最高水温が示されることが妥当と考えており、実際の試験結果とも矛盾しないものであった。

表 2 - 1 2019 年 7 月・8 月の週間平均気温

期間	平均気温 (°C)
7 月 1 日～7 月 7 日	24.1
7 月 8 日～7 月 14 日	24.0
7 月 15 日～7 月 21 日	25.5
7 月 22 日～7 月 28 日	28.3
7 月 29 日～8 月 4 日	29.3
8 月 5 日～8 月 11 日	31.3
8 月 12 日～8 月 18 日	30.6
8 月 19 日～8 月 25 日	26.5
8 月 26 日～9 月 1 日	25.1

2. 3. 3 環境条件の変化に対する概略評価

環境条件が変わっても、使用済燃料プール水が 65°C を超えない状況であることを確認するため、気温の観点から概略評価を行った。

水温が 65°C に達するときの室温について、以下の前提条件をもとに、蒸発熱量の計算式を用いて評価する。環境条件評価の概念図は、図 2 - 6 のとおり。

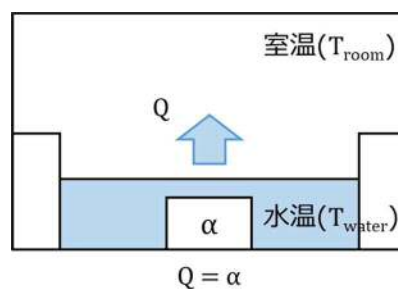


図 2 - 6 環境条件評価の概念図

(前提条件)

- ・使用済燃料プール水面から奪われる熱量は、蒸発熱量のみを考慮 (プール

壁面は断熱)

・崩壊熱量 (α) と蒸発熱量 (Q) が釣り合っているとする。

($\alpha = Q$, α の評価時点は冷却停止試験開始時)

(評価式)

$$Q = E \cdot A_s \cdot 0.2778 \cdot r$$

$$E = (0.061V + 0.125)(P_w - \varepsilon \cdot P_r)$$

Q : 水面からの蒸発による伝熱量[W]

E : 蒸発質量流束[kg/(m²・hr)]

r : 水の表面温度における潜熱[kJ/kg]

A_s : 使用済燃料プール水面の面積[m²]

V : 水面上の風速[m/s]

ε : 建屋内の湿度[-]

P_w : 水面近傍の飽和水蒸気圧@水面温度[kPa]

P_r : 建屋内の飽和蒸気圧@室温[kPa]

(出典:空気調和・衛生工学便覧 第14版 4 給排水衛生設備編 p.488)

上記の式を飽和蒸気圧 (P_r) について整理する。

$$P_r = \frac{1}{\varepsilon} \left(P_w - \frac{Q}{(0.061V + 0.125) \cdot A_s \cdot 0.2778 \cdot r} \right)$$

この式に、水温が 65°C のときの飽和水蒸気圧 (P_w) と飽和蒸気圧曲線より、飽和蒸気圧 (P_r) に対応する室温を求めると、約 65°C となる。

(計算の入力条件は、別紙 1 参照)

気温と室温の温度差は、平均して 6°C 程度であり、水温が 65°C になるためには、気温が約 60°C を超えるような状況となるが、この状況は現実的に起こりにくいものと判断する。

2. 3. 4 補給水の水温への影響評価

使用済燃料プールへの補給水による水温への影響について、比熱を用いた計算により以下のとおり評価する。補給水影響評価の概念図については、図 2-7 のとおり。

なお、補給水については、図 2-1 に示すとおり、復水貯蔵タンクから使用済燃料プールに直接補給されるのではなく FPC スキマサージタンクに補給され、使用済燃料プールのオーバーフロー水とともに、FPC 系を通った後に使用済燃料プールに補給されることとなるが、評価においては直接使用済燃料プールに補給されるものとして評価した。

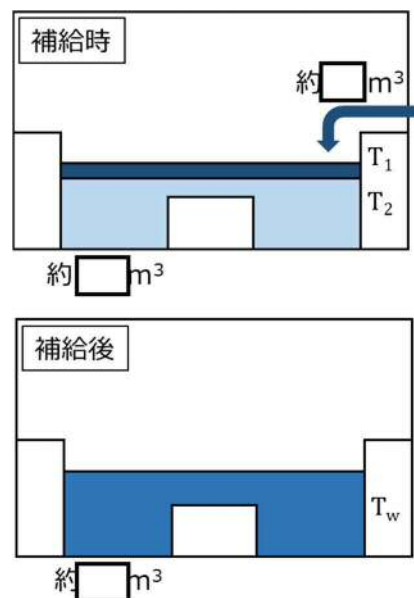


図 2-7 補給水影響評価の概念図

(評価式)

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Q : 熱量[kJ]

m : 質量[kg]

C_p : 比熱[kJ/(kg・K)]

ΔT : 温度差[K]

補給水を注水した後の、使用済燃料プール水温を T_w とすると、補給水及びプール水それぞれの熱量変化は以下のとおりとなる。

$$Q_1 = m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_w - T_1)$$

$$Q_2 = m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_2 - T_w)$$

T₁ : 補給水の水温[K]

T₂ : 補給前の使用済燃料プール水温[K]

T_w : 熱平衡に達した時の使用済燃料プール水温[K]

1 : 補給水を指す添字

2 : プール水を指す添字

熱量の保存により両者は等しくなるので、 $Q_1 = Q_2$ 即ち、

$$m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_w - T_1) = m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_2 - T_w)$$

使用済燃料プール水温への影響は、8月31日時点の水温測定データに基づき計算すれば、

$$T_2 - T_w = \Delta T \cong 0.07$$

である。(計算の入力条件は、別紙2参照)

以上より、水の補給により、水温は約 0.07 (°C/回) 程度低下することを示しており、実績から補給頻度はおよそ 2 日に 1 回程度であることから、今回の冷却機能停止試験にて確認された 20°C の裕度に対する影響は小さいものと判断する。

2. 3. 5 使用済燃料プール水温の測定位置の妥当性

使用済燃料プール中におけるプール水の循環モデルを図 2-8 に示す。使用済燃料の崩壊熱により加熱されたプール水は、放熱しながら上部へ移動した後、水面付近で壁面へと移動し、その後プール下部へ移動するため、プール中では上部の温度が高くなると考えられる。

保安規定の施設運用上のプール水温の基準は建屋コンクリート躯体の健全性維持のための基準であり、図 2-3 に示すように、評価に用いた SFP 水温計はプール壁面近傍の水面付近の水温を測定していることから、評価上保守的な位置で水温を測定しているものと考えられる。

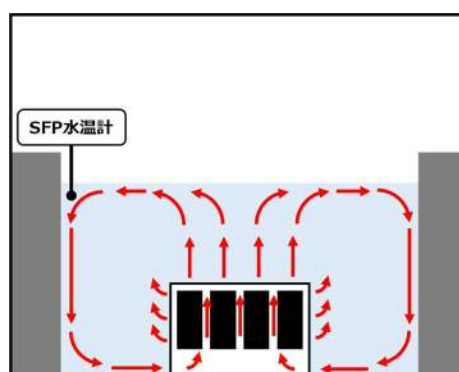


図 2-8 使用済燃料プール中におけるプール水の循環モデル

2. 4 結論

2. 2 及び 2. 3 の結果より，敦賀 1 号炉の使用済燃料プール水の冷却を停止しても，夏季において使用済燃料プールの水温は約 47℃未満で推移し，施設運用上の基準値である 65℃に対して，十分な余裕を持つ状況であることが確認された。この結果から，敦賀 1 号炉の使用済燃料プール水の冷却は不要であるものと判断する。

3. 使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の変更について

敦賀発電所 1 号炉の使用済燃料貯蔵設備に貯蔵している使用済燃料の崩壊熱が初回申請時からさらに減少し、FPC 系による冷却が不要となったことを受け、使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の見直しの考え方について整理する。

3. 1 使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の変更内容

「発電用原子炉施設及び試験研究用等原子炉施設の廃止措置計画の審査基準（以下「審査基準」という。）」における使用済燃料の冷却に係る要求事項としては、「2）核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の維持管理」、「5）解体中に必要なその他の施設の維持管理」の要求があり、それぞれの要求事項及び変更認可前後での要求機能と具体的な性能維持施設の整理は以下のとおり。

（1）核燃料物質貯蔵施設の維持管理

審査基準では、核燃料物質の貯蔵施設について、所要の性能を満足するよう当該核燃料物質貯蔵設備を維持管理することが必要とされている。

核燃料物質貯蔵施設の所要の性能とは、設置許可本文「二（ロ）核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力」に示す機能を満足することであり、具体的には「臨界防止機能」、「冷却・浄化機能」、「使用済燃料プール水補給機能」、「水位の監視機能」、「漏えいの監視機能」及び「放射線遮蔽機能」である。

廃止措置では、新燃料及び使用済燃料を当該炉から搬出するまで貯蔵する必要があるため、廃止措置計画認可時点ではこれらの機能を有する設備を維持することとしていた。

その後、使用済燃料の崩壊熱の減少により自然放熱での冷却が可能とな

ったため、使用済燃料貯蔵設備の「冷却・浄化機能」を「浄化機能」のみへ変更する。

変更認可前後における維持機能及び性能維持施設は次のとおりである。

【変更前】

維持機能	性能維持施設	
臨界防止機能	新燃料貯蔵設備	
	使用済燃料貯蔵設備 (2号炉原子炉建屋内)	1号炉使用済燃料ラック
冷却・浄化機能 使用済燃料プール水補給機能 水位の監視機能 漏えいの監視機能 放射線遮蔽機能	使用済燃料貯蔵設備 (1号炉原子炉建物内)	使用済燃料プール 水位警報装置 漏水検知装置 燃料プール冷却系
使用済燃料プール水補給機能	復水貯蔵タンク	

【変更後】

維持機能	性能維持施設	
臨界防止機能	新燃料貯蔵設備	
	使用済燃料貯蔵設備 (2号炉原子炉建屋内)	1号炉使用済燃料ラック
浄化機能 使用済燃料プール水補給機能 水位の監視機能 漏えいの監視機能 放射線遮蔽機能	使用済燃料貯蔵設備 (1号炉原子炉建物内)	使用済燃料プール 水位警報装置 漏水検知装置 燃料プール冷却系
使用済燃料プール水補給機能	復水貯蔵タンク	

(2) 解体中に必要なその他の施設の維持管理

① 非常用電源設備

審査基準では、商用電源が喪失した際、解体中の原子炉施設の安全確保上必要な場合には、適切な容量の電源設備を確保し、これを適切に維持管理することが必要とされている。

このため、廃止措置計画認可時点では使用済燃料を使用済燃料貯蔵設備に貯蔵している間は、使用済燃料の冷却が必要であり、商用電源を喪失した際においても冷却を行う必要があったため、商用電源を喪失した際に使用済燃料貯蔵設備の冷却のために必要な「電源供給機能」を有する設備を維持管理することとしていた。

その後、使用済燃料の崩壊熱の減少により自然放熱での冷却が可能となったことから、商用電源喪失時にディーゼル発電機による電源供給機能は不要となる。

変更認可前後における維持機能及び性能維持施設は次のとおりである。

【変更前】

維持機能	性能維持施設
電源供給機能	ディーゼル発電機 蓄電池

【変更後】

維持機能	性能維持施設
電源供給機能	蓄電池

② その他の安全確保上必要な設備

審査基準では、その他の安全確保上必要な設備（照明設備，補機冷却設備等）の維持が必要とされている。

廃止措置計画認可時点では，廃止措置の安全確保上，使用済燃料を冷却する必要があるため，使用済燃料貯蔵設備の冷却に必要な「補機冷却機能」を有する設備を維持することとしていた。

その後，使用済燃料の崩壊熱の減少により自然放熱での冷却が可能となったことから，本要求事項に基づく原子炉補機冷却系の維持は不要となる。

変更認可前後における維持機能及び維持対象設備は次のとおりである。

【変更前】

維持機能	性能維持施設	
補機冷却機能	原子炉補機冷却系	熱交換器 補機冷却水ポンプ 補機冷却用海水ポンプ

【変更後】

維持機能	性能維持施設	
該当なし	該当なし	

以上の整理に基づき，変更後における使用済燃料冷却に係る性能維持施設範囲は，図 3-1 のとおりである。

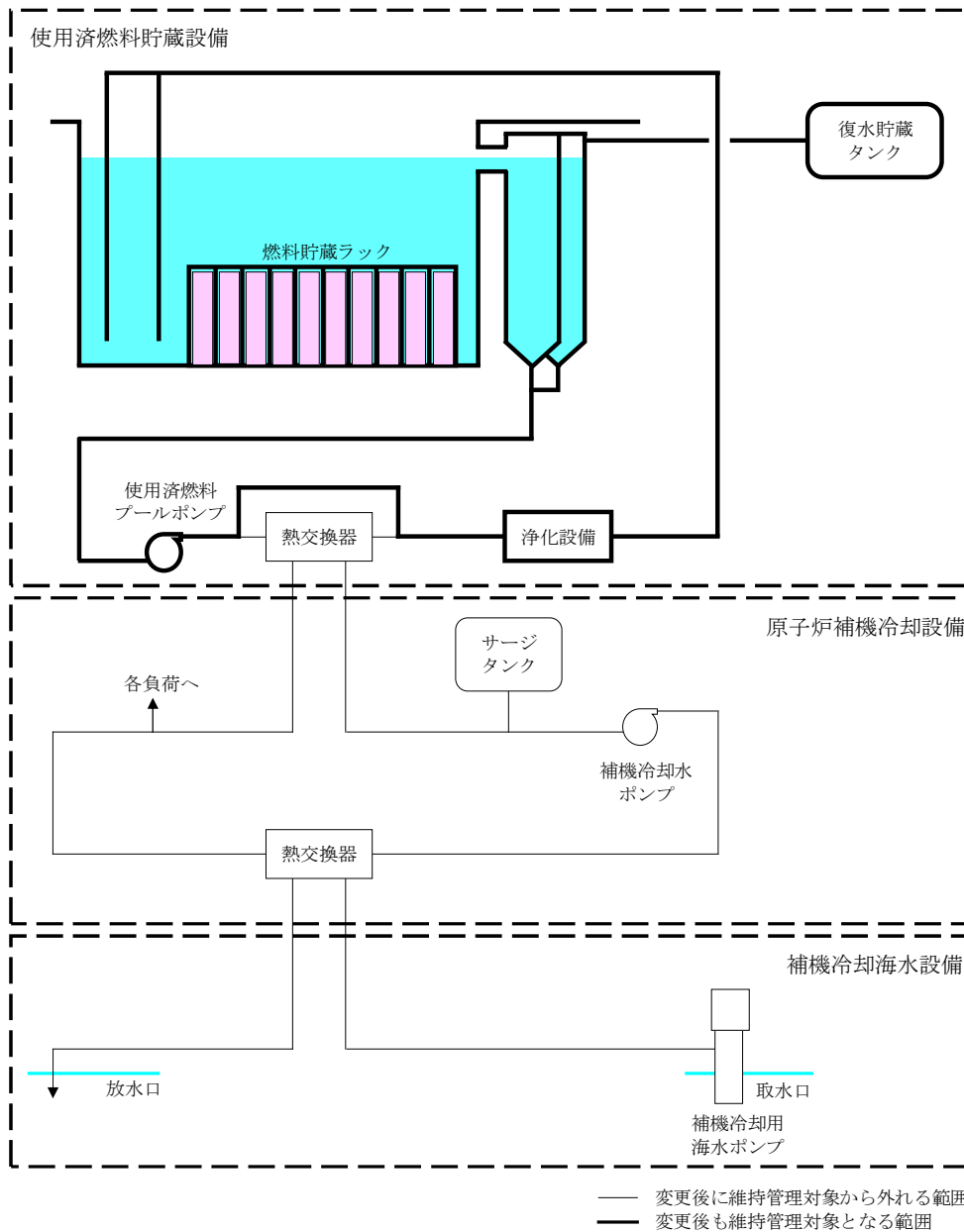


図 3 - 1 変更後における使用済燃料冷却に係る性能維持施設範囲

3. 2 使用済燃料の冷却に係る性能維持施設の見直しに係る具体的影響確認

原子炉補機冷却設備，補機冷却海水設備，及びディーゼル発電機を性能維持施設から除外することについて，それぞれの具体的な冷却先及び負荷先に対し影響がないことを確認する。

なお，ここでは原子炉補機冷却設備及び補機冷却海水設備を「補機冷却設備」，ディーゼル発電機を「DG」という。

3. 2. 1 補機冷却設備による冷却水供給の要否について

補機冷却設備による性能維持施設への冷却水の供給先について，性能維持施設としての補機冷却設備の必要性を表3-1に示す。

使用済燃料が自然放熱による冷却が可能となった以降は，補機冷却設備による冷却は不要であることを確認した。このため，補機冷却設備については，廃止措置計画の性能維持施設から除外する。

3. 2. 2 DGによる電源供給の要否について

電源が必要な性能維持施設について，DGによる電源供給の要否を表3-2に示す。また，これらの設備について蓄電池からの電源供給先となっているかについても表3-2に示す。加えて，蓄電池からの電源供給先となっている性能維持施設等の直流電源母線の負荷を表3-3に示す。

使用済燃料が自然放熱による冷却が可能となった以降は，いずれの設備についても交流電源で作動するものについては電源供給が必須なものではなく，直流電源で作動するものは蓄電池による電源供給が可能であるため，DGによる電源供給は必須でないことを確認した。このため，DGについては，廃止措置計画の性能維持施設から除外する。

表 3 - 1 性能維持施設としての補機冷却設備の必要性

補機冷却設備	冷却水供給先	補機冷却設備による冷却水供給の要否		説明
		変更前	変更後	
原子炉補機冷却設備 〔・熱交換器 ・補機冷却水ポンプ〕	使用済燃料貯蔵設備 (燃料プール冷却系)	○	×	使用済燃料が自然放熱による冷却が可能になれば，原子炉補機冷却設備による冷却水の供給は不要となる。
補機冷却海水設備 (補機冷却用海水ポンプ)	原子炉補機冷却設備 〔・熱交換器 ・補機冷却水ポンプ〕	○	×	使用済燃料が自然放熱による冷却が可能になれば，原子炉補機冷却設備による冷却水の供給は不要となるため，原子炉補機冷却設備への海水供給は不要となる。

表 3-2 DGによる電源供給の要否 (1/2)

電源が必要な性能維持施設				維持機能	DGによる電源供給先	蓄電池による電源供給先	DGによる電源供給要否		説明
施設区分	設備等の区分	設備(建屋)名称					変更前	変更後	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質取扱設備	燃料取扱装置(1号炉原子炉建物内)		燃料取扱機能 臨界防止機能	○	×	×	×	停電時は燃料取扱作業が行われないこと、また、燃料取扱作業中に停電が発生した場合、燃料体を保持する設計となっている。
		原子炉建物クレーン(1号炉原子炉建物内)		燃料落下防止機能	×	×	×	×	—
	核燃料物質貯蔵設備	使用済燃料貯蔵設備(1号炉原子炉建物内)	水位警報装置	水位の監視機能	○	×	×	×	停電時は、保安規定で定める自主設備として設置している水位計や現地による水位確認を行うため、停電時の電源供給は必須ではない。なお、保安規定で定める自主設備の水位計については、蓄電池からの電源供給が可能である。
			漏水検知装置	漏えいの監視機能	○	×	×	×	停電時は、上記の水位計や現地での漏えい確認を行うため、停電時の電源供給は必須ではない。
			燃料プール冷却系	冷却・浄化機能	○	×	○	×	冷却機能は、使用済燃料の冷却が不要になれば維持する必要はない。 浄化機能は、不純物の持ち込みがなければ急激な水質悪化はなく、時間的裕度があるため、停電時の浄化は必須ではない。
放射性廃棄物の廃棄施設	液体廃棄物の廃棄設備	機器ドレン系	ろ過装置	放射性廃棄物処理機能	×	×	×	×	—
		床ドレン系	蒸発濃縮装置		×	×	×	×	—
		再生廃液系	蒸発濃縮装置		×	×	×	×	—
	固体廃棄物の廃棄設備	アスファルト固化装置		放射性廃棄物処理機能	×	×	×	×	—
放射線管理施設	屋内管理用の主要な設備	放射線監視装置	固定エリア・モニタ	放射線監視機能	○	×	×	×	固定エリア・モニタは、管理区域内の線量の変動・人が駐在・作業等の立入のあるエリアに設置しており、停電時は作業を中断するとともに、必要に応じてサーベイメータ等による監視を行う。
			半固定放射線検出器		○	×	×	×	半固定放射線検出器は、管理区域内から作業員が退出する際の体表面汚染を測定するために設置しており、停電時はサーベイメータにより測定可能である。

表 3-2 DGによる電源供給の要否 (2/2)

電源が必要な性能維持施設			維持機能	DGによる 電源供給先	蓄電池に よる電源 供給先	DGによる 電源供給要否		説明	
施設区分	設備等の区分	設備(建屋)名称				変更前	変更後		
放射線管理施設	屋外管理用の 主要な設備	排気筒モニタ	放射線監視機能 管理放出機能	○	○	×	×	施設内の揮発性放射性物質(希ガス・よう素)については、使用済燃料が破損しない限り施設内に発生源はなく、停電時は管理区域内作業を停止するとともに、換気系が停止しダンプが閉止するため、放射性物質は管理区域外へ放出されない。また、蓄電池による電源供給も可能であり、更にモニタリングポストにより周辺環境への影響を監視することで、DGによる電源供給ができなくとも監視可能である。	
		補機冷却海水系モニタ		○	○	×	×		停電時は海水ポンプが停止し、排水が行われない。
		排水のサンプリング・モニタ設備		○	×	×	×		停電時は海水ポンプが停止し、排水が行われない。
原子炉格納施設	主要な附属設備	原子炉建物通常 用換気系	換気機能	×	×	×	×	—	
				送風機	×	×	×	×	—
その他主要設備	換気系	タービン建物換 気系	換気機能	×	×	×	×	—	
				排風機	×	×	×	×	—
		サービス建物換 気系		送風機	×	×	×	×	—
				排風機	×	×	×	×	—
		廃棄物処理建物 換気系		送風機	×	×	×	×	—
				排風機	×	×	×	×	—
	照明設備	非常用照明	照明機能	○	○	×	×	停電時は、蓄電池による電源供給を行う。	

表 3 - 3 直流電源母線の負荷

○蓄電池の電源容量：2,000AH

直流電源母線の接続先		電源負荷量 (A)
核燃料物質貯蔵設備	使用済燃料貯蔵設備の水位・水温計※	20
放射線管理施設	排気筒モニタ	220
	補機冷却海水系モニタ	
照明設備	非常用照明	200
負荷合計		440

※ 保安規定で定める自主設備の負荷量を記載

4. 核燃料物質の貯蔵状況及び崩壊熱の推移について

敦賀発電所 1 号炉の核燃料物質の貯蔵状況，及び敦賀発電所 1 号炉の使用済燃料プールに貯蔵している使用済燃料の崩壊熱の推移について説明する。

4. 1 敦賀発電所 1 号炉の核燃料物質の貯蔵状況について

4. 1. 1 使用済燃料の貯蔵状況

表 4-1 に示すとおり，現時点において，敦賀発電所 1 号炉の使用済燃料プールには使用済燃料が 314 体，敦賀発電所 2 号炉の使用済燃料ピット（敦賀発電所 1 号炉専用ラック）には 442 体の使用済燃料が貯蔵されている。

表 4-1 敦賀発電所 1 号炉の使用済燃料の貯蔵状況

貯蔵場所	貯蔵量 (2020.9.4 時点)
敦賀発電所 1 号炉 使用済燃料プール	314 体
敦賀発電所 2 号炉 使用済燃料ピット	442 体
合計	756 体

なお，核燃料物質の管理について，敦賀発電所 1 号炉廃止措置計画認可申請書には下記のとおり，1 号炉原子炉建物から 2 号炉原子炉建屋への運搬のみが記載されており，今後，使用済燃料が敦賀発電所 1 号炉に新たに搬入される計画はない。

六 核燃料物質の管理及び譲渡し

2 核燃料物質の管理

使用済燃料は、搬出までの期間、1号炉原子炉建物内又は2号炉原子炉建屋内の使用済燃料貯蔵設備で貯蔵する。なお、1号炉原子炉建物内に貯蔵している使用済燃料は、原子炉本体等解体準備期間中に、1号炉原子炉建物から、使用済燃料輸送容器に収納し、2号炉原子炉建屋に運搬し、使用済燃料貯蔵設備で貯蔵する。2号炉の使用済燃料貯蔵設備に運搬した使用済燃料は、2号炉にて管理を行う。また、全ての使用済燃料を2号炉の使用済燃料貯蔵設備に運搬した場合、2号炉の核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設は、共用施設として取り扱わず、1号炉の全ての使用済燃料は廃止措置対象施設から搬出されたものとする。

4. 1. 2 新燃料の貯蔵状況

2015年12月時点において、新燃料は敦賀発電所1号炉の使用済燃料プールに36体貯蔵されていたが、2018年11月に加工事業者への搬出が完了している。

4. 2 崩壊熱の推移について

前項で示した使用済燃料の貯蔵状況を踏まえた敦賀発電所1号炉の使用済燃料の崩壊熱推移を図4-1に示す。

初回申請時（2015年12月時点）の崩壊熱は83kWであったが、その後は時間経過に伴い崩壊熱は低下している。

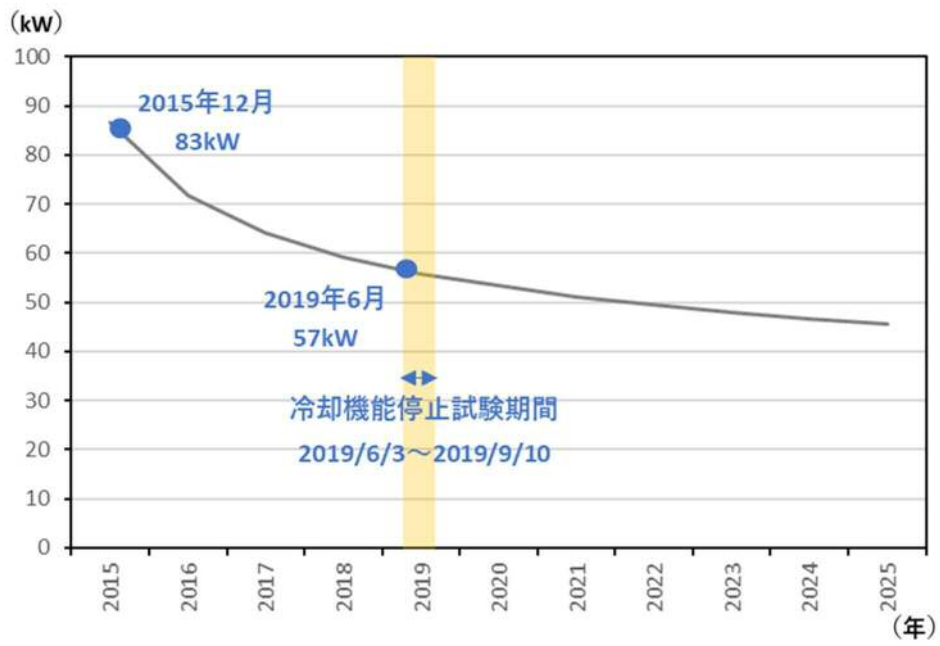


図4-1 敦賀発電所1号炉の使用済燃料の崩壊熱推移

以上

水温変化計算の入力値

$$\cdot Q = E \cdot A_s \cdot 0.2778 \cdot r$$

$$\cdot E = (0.061V + 0.125)(P_w - \varepsilon \cdot P_r)$$

(出典：空気調和・衛生工学便覧 第14版 4 給排水衛生設備編 p.488)

	説 明	単 位	入 力 値
Q	水面からの蒸発による伝熱量 (冷却停止試験開始時の崩壊熱)	W	5.7×10^4
A _s	使用済燃料プール水面積	m ²	
r	評価水温 (65℃) における水の潜熱	kJ/kg	2345.4
V	水面上の風速	m/s	0
ε	湿度 (試験期間中の原子炉建屋5階の平均値)	-	0.656
P _w	評価水温 (65℃) における水面近傍の飽和蒸気圧	kPa	25.041

水温変化計算の入力値

(補給水の水温への影響評価 (2019年8月31日時点))

$$\cdot Q_1 = m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_w - T_1)$$

	説 明	単 位	入 力 値
C _{p1}	補給水の比熱	kJ/(kg・K)	4.18
T ₁	補給水の水温	°C	29.9

$$\cdot Q_2 = m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_2 - T_w)$$

	説 明	単 位	入 力 値
C _{p2}	使用済燃料プール水の比熱	kJ/(kg・K)	4.18
T ₂	補給前の使用済燃料プール水温	°C	46.0

$$\cdot m_1 = \rho_1 \cdot V_1$$

	説 明	単 位	入 力 値
ρ ₁	補給水密度 (30°C)	kg/m ³	995.6
V ₁	使用済燃料プールへの1回あたり補給水量	m ³	<input type="text"/>

$$\cdot m_2 = \rho_2 \cdot V_2$$

	説 明	単 位	入 力 値
ρ ₂	使用済燃料プール水密度 (46°C)	kg/m ³	989.8
V ₂	補給前の使用済燃料プール水量	m ³	<input type="text"/>

測定日時	プール水温	室温	大気温度
	(°C)	(°C)	(°C)
06/03 12:00	21.1	25.4	25.8
06/04 00:00	21.7	25.7	23.0
06/04 12:00	22.6	26.2	28.8
06/05 00:00	23.4	26.9	24.1
06/05 12:00	24.2	27.1	27.7
06/06 00:00	25.0	27.2	20.0
06/06 12:00	25.7	26.9	24.8
06/07 00:00	26.4	26.9	19.2
06/07 12:00	27.0	26.7	19.4
06/08 00:00	27.7	26.8	21.7
06/08 12:00	28.3	26.3	20.0
06/09 00:00	28.9	25.8	18.1
06/09 12:00	29.4	25.6	20.4
06/10 00:00	29.9	25.6	18.5
06/10 12:00	30.4	25.5	19.9
06/11 00:00	30.9	25.6	18.6
06/11 12:00	31.3	25.5	21.3
06/12 00:00	31.8	25.6	16.4
06/12 12:00	32.2	25.6	21.7
06/13 00:00	32.6	26.0	17.7
06/13 12:00	32.9	26.1	22.2
06/14 00:00	33.3	26.9	22.9
06/14 12:00	33.7	27.2	25.8
06/15 00:00	34.0	27.2	21.8
06/15 12:00	34.3	26.7	23.2
06/16 00:00	34.7	26.6	18.1
06/16 12:00	35.0	26.1	20.0
06/17 00:00	35.2	25.8	18.3
06/17 12:00	35.5	25.6	20.6
06/18 00:00	35.7	25.7	14.8
06/18 12:00	35.9	26.2	28.6
06/19 00:00	36.1	26.7	20.0
06/19 12:00	36.4	26.9	24.7
06/20 00:00	36.6	27.3	18.2
06/20 12:00	36.9	27.4	23.5
06/21 00:00	37.1	27.7	18.2
06/21 12:00	37.3	28.3	30.9
06/22 00:00	37.6	28.3	21.8
06/22 12:00	37.7	28.1	23.4
06/23 00:00	37.9	28.0	19.2

測定日時	プール水温	室温	大気温度
	(°C)	(°C)	(°C)
06/23 12:00	38.2	27.9	22.6
06/24 00:00	38.3	28.0	20.3
06/24 12:00	38.5	27.9	23.2
06/25 00:00	38.7	28.2	18.1
06/25 12:00	38.8	28.3	23.6
06/26 00:00	38.9	28.8	24.5
06/26 12:00	39.0	29.3	30.6
06/27 00:00	39.2	29.8	25.7
06/27 12:00	39.4	29.8	25.4
06/28 00:00	39.6	29.6	24.7
06/28 12:00	39.8	29.2	22.6
06/29 00:00	40.0	29.1	23.4
06/29 12:00	40.1	29.1	26.9
06/30 00:00	40.3	29.1	24.3
06/30 12:00	40.4	29.3	25.0
07/01 00:00	40.6	29.0	21.7
07/01 12:00	40.7	28.9	24.7
07/02 00:00	40.8	29.4	22.7
07/02 12:00	40.9	29.3	26.4
07/03 00:00	41.0	29.6	21.6
07/03 12:00	41.1	29.6	25.3
07/04 00:00	41.2	29.8	24.2
07/04 12:00	41.4	29.7	25.5
07/05 00:00	41.5	29.7	21.8
07/05 12:00	41.5	29.6	25.4
07/06 00:00	41.6	29.9	21.9
07/06 12:00	41.7	29.8	27.4
07/07 00:00	41.8	30.2	23.1
07/07 12:00	41.9	30.0	25.3
07/08 00:00	41.9	30.2	21.9
07/08 12:00	42.0	30.2	24.8
07/09 00:00	42.1	30.6	24.7
07/09 12:00	42.2	30.3	21.7
07/10 00:00	42.2	30.3	23.8
07/10 12:00	42.2	30.4	30.4
07/11 00:00	42.3	30.9	24.7
07/11 12:00	42.4	30.3	21.4
07/12 00:00	42.4	29.9	23.0
07/12 12:00	42.5	30.0	28.3
07/13 00:00	42.5	29.9	20.8

測定日時	プール水温	室温	大気温度
	(°C)	(°C)	(°C)
07/13 12:00	42.5	29.8	24.9
07/14 00:00	42.6	29.8	20.7
07/14 12:00	42.7	29.7	24.5
07/15 00:00	42.7	29.7	21.7
07/15 12:00	42.7	29.6	23.6
07/16 00:00	42.7	29.5	21.6
07/16 12:00	42.8	29.5	25.5
07/17 00:00	42.8	30.1	22.6
07/17 12:00	42.9	30.3	26.8
07/18 00:00	43.0	30.9	25.0
07/18 12:00	43.0	31.1	27.9
07/19 00:00	43.1	30.8	25.2
07/19 12:00	43.1	30.6	26.2
07/20 00:00	43.2	30.8	26.2
07/20 12:00	43.3	30.8	27.7
07/21 00:00	43.3	31.2	27.7
07/21 12:00	43.3	31.3	29.4
07/22 00:00	43.4	31.7	28.4
07/22 12:00	43.5	31.4	26.5
07/23 00:00	43.6	31.7	26.4
07/23 12:00	43.6	31.8	29.5
07/24 00:00	43.7	31.9	24.9
07/24 12:00	43.7	32.1	30.3
07/25 00:00	43.8	32.6	24.1
07/25 12:00	43.8	33.1	34.3
07/26 00:00	43.9	33.6	28.5
07/26 12:00	44.0	33.8	34.1
07/27 00:00	44.1	34.1	26.7
07/27 12:00	44.1	33.7	25.1
07/28 00:00	44.2	33.1	23.7
07/28 12:00	44.2	33.3	33.1
07/29 00:00	44.3	33.7	25.9
07/29 12:00	44.4	34.1	32.8
07/30 00:00	44.5	34.4	26.0
07/30 12:00	44.6	34.8	32.9
07/31 00:00	44.6	34.8	26.2
07/31 12:00	44.7	35.2	34.5
08/01 00:00	44.8	35.3	26.2
08/01 12:00	44.9	35.4	31.2
08/02 00:00	45.0	35.4	25.7

測定日時	プール水温	室温	大気温度
	(°C)	(°C)	(°C)
08/02 12:00	45.0	35.3	32.2
08/03 00:00	45.1	35.6	26.5
08/03 12:00	45.2	35.6	30.8
08/04 00:00	45.3	35.8	26.6
08/04 12:00	45.3	35.8	32.5
08/05 00:00	45.4	36.1	29.9
08/05 12:00	45.4	36.3	33.6
08/06 00:00	45.5	36.6	29.5
08/06 12:00	45.6	36.7	36.3
08/07 00:00	45.7	36.9	30.1
08/07 12:00	45.7	36.8	36.0
08/08 00:00	45.7	37.1	30.3
08/08 12:00	45.8	37.1	35.8
08/09 00:00	45.9	37.1	27.0
08/09 12:00	46.0	37.0	33.2
08/10 00:00	46.0	36.9	26.6
08/10 12:00	46.0	36.8	31.5
08/11 00:00	46.1	36.9	26.2
08/11 12:00	46.2	36.8	32.2
08/12 00:00	46.2	37.2	29.9
08/12 12:00	46.2	37.2	36.2
08/13 00:00	46.3	37.3	29.7
08/13 12:00	46.3	37.2	32.7
08/14 00:00	46.4	37.5	30.6
08/14 12:00	46.4	37.4	35.3
08/15 00:00	46.5	37.4	30.9
08/15 12:00	46.5	37.2	32.2
08/16 00:00	46.6	36.8	27.3
08/16 12:00	46.6	36.3	33.2
08/17 00:00	46.6	36.1	25.6
08/17 12:00	46.6	36.0	31.0
08/18 00:00	46.7	35.9	23.9
08/18 12:00	46.7	35.8	30.0
08/19 00:00	46.6	35.9	25.4
08/19 12:00	46.6	35.8	28.6
08/20 00:00	46.7	35.5	24.7
08/20 12:00	46.7	35.2	25.9
08/21 00:00	46.7	35.0	24.8
08/21 12:00	46.6	34.9	31.4
08/22 00:00	46.7	35.1	25.5

測定日時	プール水温	室温	大気温度
	(°C)	(°C)	(°C)
08/22 12:00	46.7	34.9	30.0
08/23 00:00	46.7	35.0	25.5
08/23 12:00	46.7	34.6	27.6
08/24 00:00	46.6	34.2	22.2
08/24 12:00	46.6	34.1	29.4
08/25 00:00	46.5	34.1	22.0
08/25 12:00	46.5	34.1	28.4
08/26 00:00	46.4	34.1	22.6
08/26 12:00	46.4	33.8	26.9
08/27 00:00	46.3	33.9	20.8
08/27 12:00	46.3	33.7	28.6
08/28 00:00	46.3	33.4	24.6
08/28 12:00	46.2	33.1	24.8
08/29 00:00	46.2	32.9	24.4
08/29 12:00	46.1	32.9	30.0
08/30 00:00	46.1	33.1	27.1
08/30 12:00	46.1	32.9	23.9
08/31 00:00	46.1	32.4	20.7
08/31 12:00	46.0	32.4	27.2
09/01 00:00	46.0	32.7	23.2
09/01 12:00	46.0	32.6	26.9
09/02 00:00	45.9	32.6	22.3
09/02 12:00	45.8	32.6	25.8
09/03 00:00	45.8	32.6	23.7
09/03 12:00	45.8	32.8	30.3
09/04 00:00	45.8	33.3	24.6
09/04 12:00	45.8	33.4	28.6
09/05 00:00	45.8	33.4	27.0
09/05 12:00	45.8	33.5	31.3
09/06 00:00	45.8	33.8	27.9
09/06 12:00	45.8	34.0	33.3
09/07 00:00	45.8	34.3	28.0
09/07 12:00	45.8	34.4	33.5
09/08 00:00	45.8	34.7	28.4
09/08 12:00	45.8	34.7	34.9
09/09 00:00	45.8	34.9	26.7
09/09 12:00	45.9	34.8	29.5
09/10 00:00	45.9	35.0	25.1
09/10 12:00	46.0	35.1	31.3