

伊方発電所 3 号機
非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽 A の
配管フランジ部からの油漏れについて

令和 7 年 2 月
四国電力株式会社

1. 件 名

伊方発電所 3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽 Aの配管フランジ部からの油漏れについて

2. 事象発生の日時

令和5年7月27日 11時31分

3. 事象発生の設備

3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽 A出口配管

4. 事象発生時の運転状況

3号機 通常運転中（電気出力917MW）

5. 事象の発生状況

伊方発電所3号機は通常運転中のところ、7月27日、運転員が非常用ガスタービン発電機^{※1}（以下、「GTG」という。）の燃料油貯油槽 A^{※2}の上部に油たまりがあることを確認した。

その後、保修員による点検の結果、11時31分に燃料油貯油槽 Aの上部に設置している出口配管フランジ^{※3}部から油が漏れいしていることを確認した。

このため、当該フランジ部のガスケット^{※4}を取り替えた。

その後、漏れいがないことを確認し、20時39分に正常状態に復帰した。

本事象によるプラントへの影響および環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1、2）

※1 非常用ガスタービン発電機

外部電源喪失に加えて、非常用ディーゼル発電機の機能喪失により全交流動力電源喪失などが発生した場合において、事故に対処するために必要なポンプ等へ電力を供給するための発電機。

※2 燃料油貯油槽（GTG燃料油貯油槽）

GTGの運転に必要な燃料油（A重油：石油類）を貯蔵するための、GTG建屋横の地下に設置した貯油槽。GTGを定格負荷で7日間の連続運転が可能な容量を保有している。

※3 フランジ

円盤状の板同士の間をガスケットを挟み、ボルト・ナットで締結し配管と配管を接続する継ぎ手の一種。

※4 ガスケット

油等が漏れないようにフランジの間に挟み込むシール材の総称。

6. 事象の時系列

7月27日

- | | |
|---------|--|
| 10時30分頃 | 運転員がG T Gの燃料油貯油槽Aの上部に油たまりを確認 |
| 11時31分 | 保修員がG T G燃料油貯油槽Aの上部に設置している出口配管フランジ部からの油の漏えいを確認
フランジの増し締めを行うも漏えい停止しないことを確認 |
| 16時12分 | G T Gを待機除外 ^{※5}
(点検のための隔離開始) |
| 16時24分 | フランジ部のガスケット取り替え作業開始
(配管内の油抜き取り開始) |
| 16時51分 | 配管内の油抜き取り終了 |
| 18時00分 | フランジ部のガスケット取り替え作業終了 |
| 18時10分 | 系統復旧・油張り込み作業開始 |
| 19時42分 | 系統復旧・油張り込み作業完了 |
| 20時09分 | 燃料油移送ポンプ ^{※6} 起動 (漏えい確認のため) |
| 20時22分 | 燃料油移送ポンプ停止 |
| 20時39分 | 取り替えたガスケット部から漏えいがないことを確認し
正常状態に復帰 |

※5 待機除外

G T Gを隔離し、運転できる状態もしくは予備の状態から完全に停止した状態に移行すること。

※6 燃料油移送ポンプ

G T G燃料油貯油槽から燃料油サービスタンク^{※7}に補給するためのポンプ。

※7 燃料油サービスタンク

G T Gの運転に必要な燃料油をG T G本体に供給するタンク。

7. 調査結果

G T G燃料油貯油槽A出口配管フランジ部からの漏えいについて、以下の調査を実施した。

(1) 事象発生時の状況

G T G燃料油貯油槽Aの上部に設置している出口配管フランジ部1箇所より、10秒に1滴程度、油が漏えいしていた。

また、漏れたG T Gの燃料油(約30L)は、マンホール内に溜まっており、敷地外に流出することなく全量回収した。

(添付資料-2)

(2) 事象発生時の現地調査結果

a. 系統状態

G T G 燃料油貯油槽はAとBの2基設置しており、G T G 運転の際はどちらか一方の燃料油貯油槽を選択し、燃料油移送ポンプを使用して燃料油サービスタンクへ燃料油を供給する運用としている。

漏えいが発生した配管は、G T G 燃料油貯油槽Aから燃料油移送ポンプへ燃料油を供給する系統（A系統）の配管であり、漏えい発生時は、G T G 運転の場合、G T G 燃料油貯油槽Bから燃料油移送ポンプへ燃料油を供給する系統（B系統）構成となっていた。

また、漏えいが発生した箇所は、G T G 燃料油貯油槽Aの出口に設置されている逆止弁^{※8}と出口電動弁Aの間の配管フランジ部であり、出口電動弁Aは「閉」であったことから、逆止弁との間で燃料油が封じ込められた状態となっていた。

(添付資料－1)

※8 逆止弁

流体の流れを一方向だけに保ち、逆流を防止する働きを持つ弁。

b. 配管フランジ点検

漏えい箇所の配管フランジについて目視確認を行った結果、フランジそのものに傷などの異常は見られなかった。

(添付資料－3)

c. ガスケット点検

漏えい箇所の配管フランジ部のガスケットを取り外そうとしたが、漏えい発見時に漏えいを止めるため、締め付け管理値以上にフランジの増し締めを実施した影響で、ガスケットがフランジ面同士に貼り付き、綺麗に剥がすことができなかったことから、ガスケットの状況を詳しく調べるができなかった。

(添付資料－4)

(3) 保守状況調査

令和元年のG T G 設置以降、漏えい箇所において異常は確認されておらず、点検や修繕の実績はなく、ガスケットについてはメーカー推奨のガスケットが使用されていたことを確認した。

また、G T G 設置時のフランジ部の締め付け管理ならびに耐圧試験においても問題がなかったことを確認した。

なお、運転員によるG T G の巡視点検は毎日実施しており、前日（7月26日）の巡視点検では異常は見られなかった。

(4) 燃料油貯油槽まわりの配管フランジ部の調査

G T G の燃料油系統において、2基ある燃料油貯油槽出口から燃料油貯油槽出口電動弁ならびに燃料油サービスタンクまでの配管のフランジ部（36箇所）の外観点検を実施した結果、異常は見られなかった。

(5) 系統構成の確認

系統の構成上、G T G 起動の際には速やかに燃料油移送ポンプを運転して燃料油サービスタンクに必要な燃料油を供給する必要があり、配管内を満たしている燃料油が燃料油貯油槽に戻らないために燃料油貯油槽の出口に逆止弁を設けていることから、逆止弁から出口電動弁（閉）までの間は封じ込め状態となっていることを確認した。

(6) 系統の切り替え状況

燃料油貯油槽から燃料油移送ポンプまでの系統は、使用側の燃料油貯油槽の油量が 1 9 4 k L 以下になった場合に、燃料油貯油槽を手動で切り替える運用としている。

至近の切り替え実績は以下のとおりであり、令和 4 年 1 2 月以降、B 系統を使用していた。

令和 4 年 7 月：A 系統から B 系統に切り替え

1 2 月：約 1 年ごとに実施する定期点検作業に伴い、一時的に B 系統から A 系統に切り替えた後、B 系統へ切り替え

(7) ガasketの調査

a. 選定に係る調査

ガasketの仕様を確認した結果、配管設計仕様に係る温度、圧力、流体種類の各設計仕様条件に対し、適切なものが選定されていることを確認した。

ガasket仕様判定

	ガasket仕様	配管設計仕様	判定
温度	- 2 0 0 ~ 4 0 0 °C	4 0 °C (最高使用温度)	良
圧力	5 . 2 M P a	0 M P a (最高使用圧力)	良
流体種類	油系流体	A 重油	良

b. 製造不良に係る調査

G T G 設置時に配管規定の試験圧力^{※9} (0 . 1 8 3 M P a) 以上の 0 . 1 9 0 M P a による耐圧試験を行い問題ないことを確認していることから、製造不良によるものではないと判断した。

※9 配管規定の試験圧力

燃料油配管内頂部レベルと燃料油移送ポンプ吸込レベルの水頭差より算出した圧力。

c. 外的要因に係る調査

漏えい箇所の配管フランジ部はマンホール内に設置されており、ガスケットの破損に至るような外力が作用した痕跡はなく、事象発生時にはボルトの緩みも確認されていないことから、外的要因によるものは無いと判断した。

d. 内的要因に係る調査

漏えい箇所の配管フランジ部は逆止弁から出口電動弁（閉）まで封じ込められた状態であったこと、また、当該配管は屋外に設置されており外気温の影響を受けやすかったことから、外気温の上昇によって燃料油温度が上昇し、配管内の圧力が上昇したことが推測される。

(8) 封じ込め時および事象発生時の外気温の調査

当該事象発生前の最後の弁操作（閉）を行った令和4年12月16日の外気温および最後の弁操作（閉）から当該事象を確認した日（7月27日11時頃）までの外気温の最高温度は表1のとおりであり、この間、外気温は少なくとも約20℃以上の温度変化があったことを確認した。

文献（消防研究所報告 通巻118号（2015年3月））では、石油類の1℃あたりの圧力の変化量は約1MPaと評価されており、約20℃上昇した結果、配管内の圧力が上昇しガスケットの仕様圧力（5.2MPa）を超える圧力に達したと考えられる。

ただし、燃料油系統のうち当該箇所は空気抜きができないため、配管内に多少の空気溜まりが存在している可能性が高く、燃料油に比べて空気は圧縮されやすいことから、実際には、約20℃の外気温の上昇に比例した圧力上昇はないと推測している。

表1 事象発生時等の外気温（発電所構内）

	外気温		外気温の変化
	最低	最高	
令和4年12月16日	6.8℃	11.0℃	<u>20.4℃</u> ～
令和5年7月27日までの最高（7月26日）		31.4℃	<u>24.6℃</u>

(9) 発電所構内における外気温の調査

a. 事象発生前日までの外気温の変化の調査

最後の弁操作（閉）（令和4年12月16日）から当該事象を確認した前日のパトロール（令和5年7月26日11時頃）までの外気温の最高温度は30.9℃であり、この間、外気温は少なくとも19.9℃以上の温度変化があった。

なお、この間、フランジ部からの燃料油の漏えいは発生していない。

b. 年間の外気温の変化の調査

令和6年1月から8月にかけて、1週間幅の外気温の変化を調査した結果、変化幅は最大で14.2℃であった。

また、過去2年間（令和4年1月から令和5年12月）においても、1週間における外気温の変化幅は最大で16.3℃であり、封じ込め時から漏えいが発生していないことを確認した外気温の温度変化19.9℃を超える外気温の変化幅は見られなかった。

（添付資料－5、6）

（10）過去の類似事象の調査

伊方発電所において、過去、類似する油の漏えい事象の発生がないことを確認した。

一方、過去、他社において、閉じられた配管系統内に充填された重油が外気温上昇に伴う配管内圧上昇により系外への漏えい事象が発生していることを確認した。なお、当時、伊方発電所に設置されていた確認対象設備については、未然防止の対応が実施できていたことを確認した。

（11）類似箇所の調査

本事象の発生を受け、改めて、伊方発電所において、液体が封じ込め状態となる箇所を調査したところ、以下のとおり対策が必要となる箇所を抽出した。

a. GTG

今回漏えいした箇所と同じ燃料油貯油槽出口のB系統ならびにGTGの燃料油系統の燃料油移送ポンプからの燃料油の戻り配管の2系統について、燃料油が封じ込め状態となる類似箇所が17箇所あることを確認した。

当該類似箇所については、今回漏えいが発生した箇所と同様、外気温の影響を受けやすい屋外に設置されている。

（添付資料－1）

b. 特定重大事故等対処施設

特定重大事故等対処施設の特重配管の1系統について、水が封じ込め状態となっている類似箇所が2箇所あることを確認した。

当該類似箇所については、ポンプの定期運転後の圧力が残った状態で、封じ込め状態となることを確認した。

（12）GTG設置時の発注仕様書等の調査

GTG設置時の発注仕様書について調査した結果、液体の封じ込めに関する注意事項について記載がなかったことを確認した。

また、その後に提出された工事図書等に、液体の封じ込めに関する配慮がなかったことを確認した。

8. 推定原因

令和4年12月の冬季に出口電動弁を操作して以降、配管内に燃料油が封じ込め状態となっていた部分が生じ、夏季の外気温の上昇に伴う燃料油の熱膨張によりガスケットが耐えられなくなり一部が破損し、密封性が損なわれ漏えいに至ったものと推定した。

また、他社で発生した外気温の影響がある液体の封じ込め箇所からの漏えい事象については、既存の設備に対して検討しており、新規に設置予定の設備に対して検討されておらず、GTGの工事図書等には反映できていなかった。

9. 対策

(1) 油が漏えいした当該フランジ部について、ガスケットの取り替えを実施した。また、GTGの燃料油貯油槽出口から燃料油貯油槽出口電動弁ならびに燃料油サービスタンクまでの配管のフランジ部(36箇所)のうち、長期間封じ込めとなったフランジ部17箇所についても、念のためガスケットの取り替えを実施した。

(2) 燃料油貯油槽から燃料油移送ポンプまでの配管については、燃料油貯油槽出口逆止弁の下流側に逃し弁を設置し、封じ込め部の圧力が上昇した際に貯油槽側に圧力を逃がす配管を設ける。

なお、設備改良工事が完了するまでの間は、外気温の変動がこれまでの実績より許容できると考えられる1週間に1回の頻度で燃料油貯油槽出口電動弁を開閉し、封じ込めとなる箇所の圧力を抜く。

(添付資料-7)

(3) GTGの燃料油系統の燃料油移送ポンプの試運転時などに使用する戻り配管については、大気開放である燃料油貯油槽に繋がる弁を常時「開」として、圧力が逃げるようにした。

(添付資料-7)

(4) 他社トラブルを受けた未然防止処置については、既存の設備だけでなく、新規に設置予定の設備に対しても検討を行うよう、所内周知を行った。

また、本事象を踏まえ、「標準発注仕様書^{※10}」および「納入図審査手引き^{※11}」については、液体の封じ込めに関する注意事項を追記した。

※10 標準発注仕様書

伊方発電所の安全確保に必要な製品および役務の調達に関する発注仕様書の作成について定めたもの。

※11 納入図審査手引き

供給者(受注者)から提出される文書(図面など)の確認における留意事項を定めたもの。

- (5) 水平展開として確認した特定重大事故等対処施設の封じ込め状態となる系統については、ポンプ定期運転後に圧力を下げる手順に変更し、漏えいに至るような破損が生じないようにした。

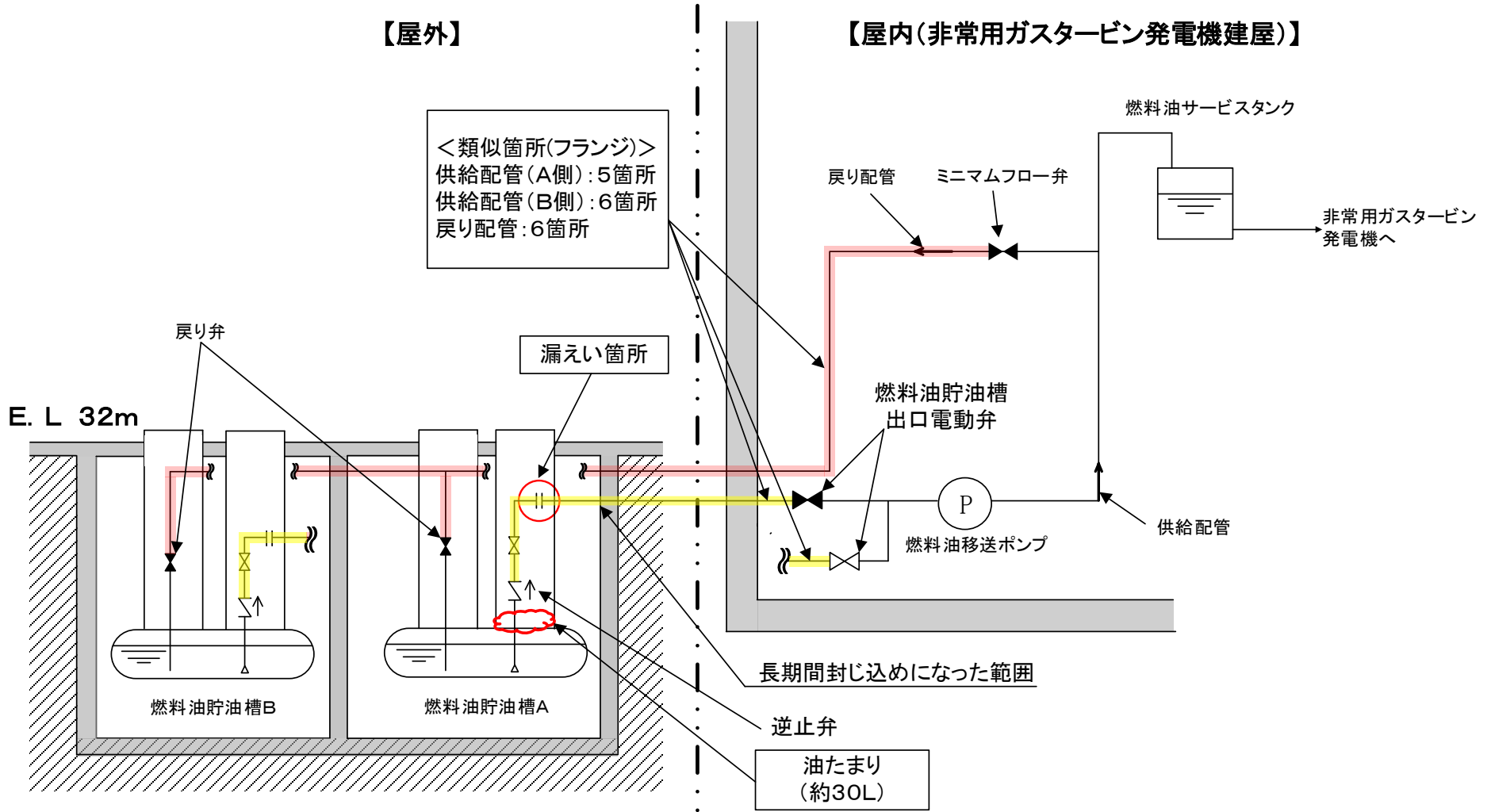
以 上

添 付 資 料

- 添付資料－1 伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油概略系統図
- 添付資料－2 伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽Aの出口配管フランジ部における不具合発生および復旧状況
- 添付資料－3 伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽A 出口配管フランジの状況
- 添付資料－4 伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽A 出口配管フランジのガスケットの状況
- 添付資料－5 伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機発電所構内外気温
- 添付資料－6 伊方発電所 年間における外気温の変化
- 添付資料－7 伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機燃料油系統設備改造および運用変更

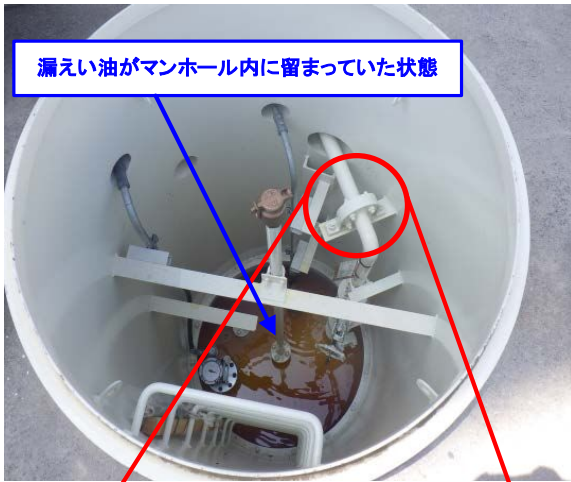
伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機 燃料油 概略系統図

10

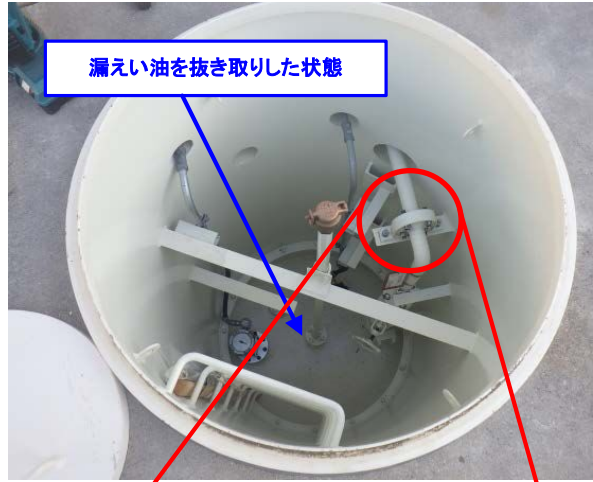


伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機
燃料油貯油槽Aの出口配管フランジ部における不具合発生および復旧状況

事象発生時



ガスケット取り替え後



外径: 104mm
内径: 76mm
厚さ: 2mm
材質: ステンレス、黒鉛

参考: ガスケット

伊方発電所 3号機 非常用ガスタービン発電機
燃料油貯油槽 A 出口配管フランジの状況

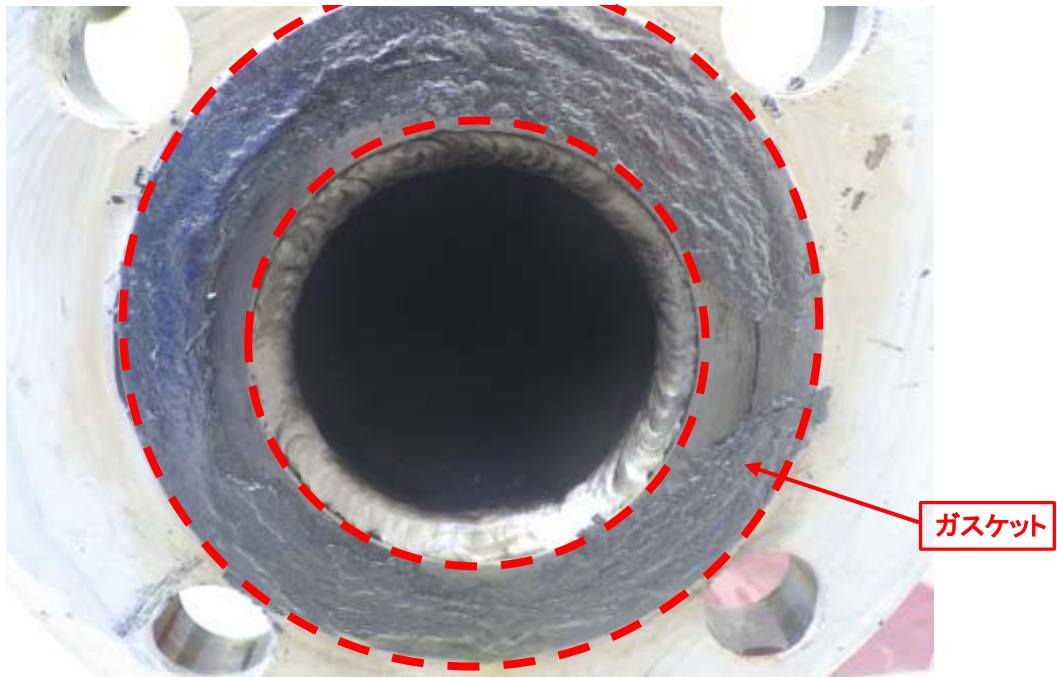


(上流側：貯油槽側フランジ)



(下流側：出口電動弁側フランジ)

伊方発電所 3号機 非常用ガスタービン発電機
燃料油貯油槽 A 出口配管フランジのガスケットの状況



(下流側：出口電動弁側フランジ)

※ フランジ切り離し時、増し締めの影響でガスケットがフランジ面同士に張り付いたため、綺麗に剥がすことができなかった。

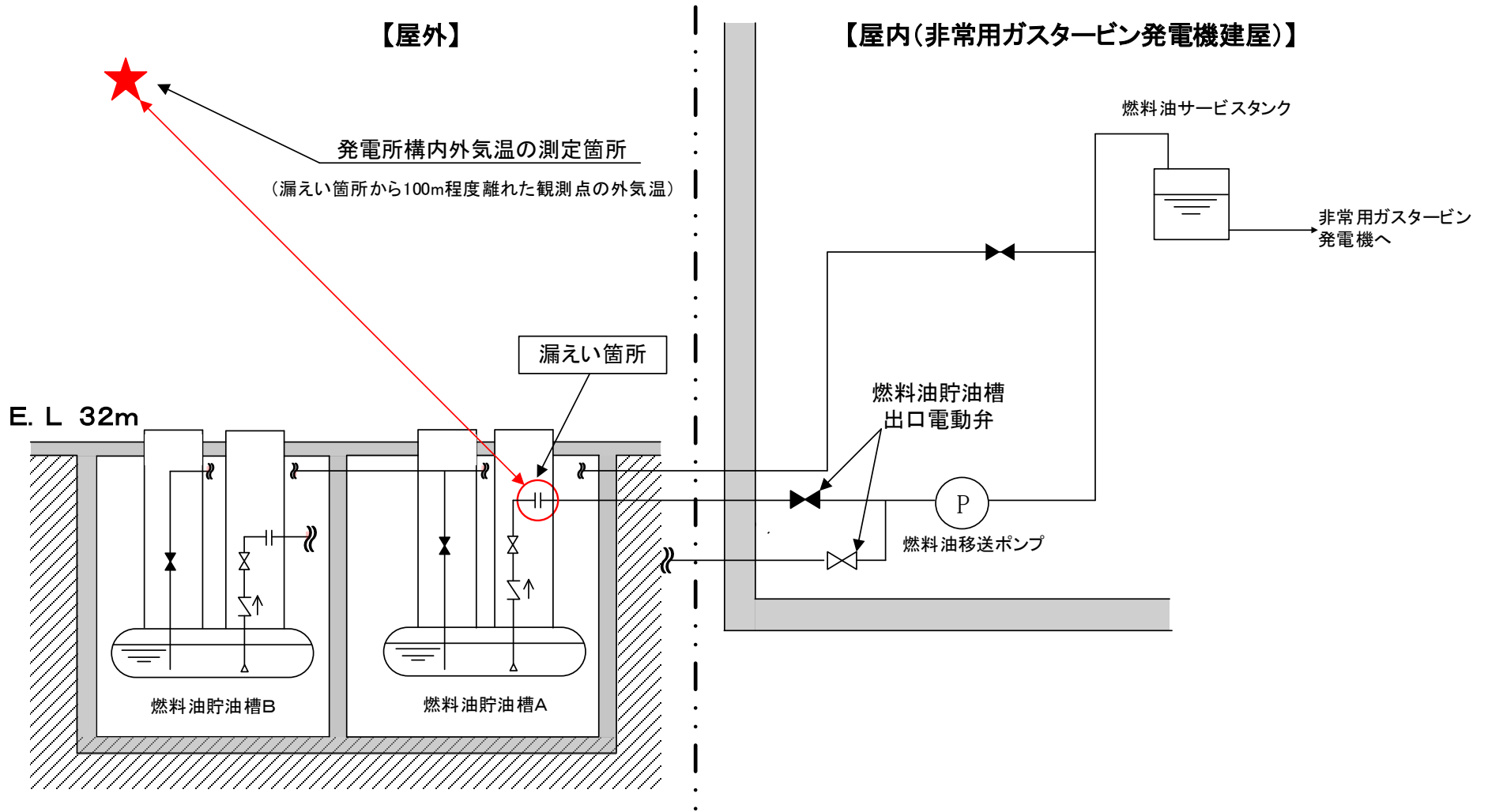
伊方発電所3号機 非常用ガスタービン発電機
発電所構内外気温

令和6年1月～8月の各種温度 (実績)

- ① 外気温の最高温度を記録した日以前の7日間の外気温の最低温度
- ② 外気温の最低温度を記録した日以降の7日間の外気温の最高温度

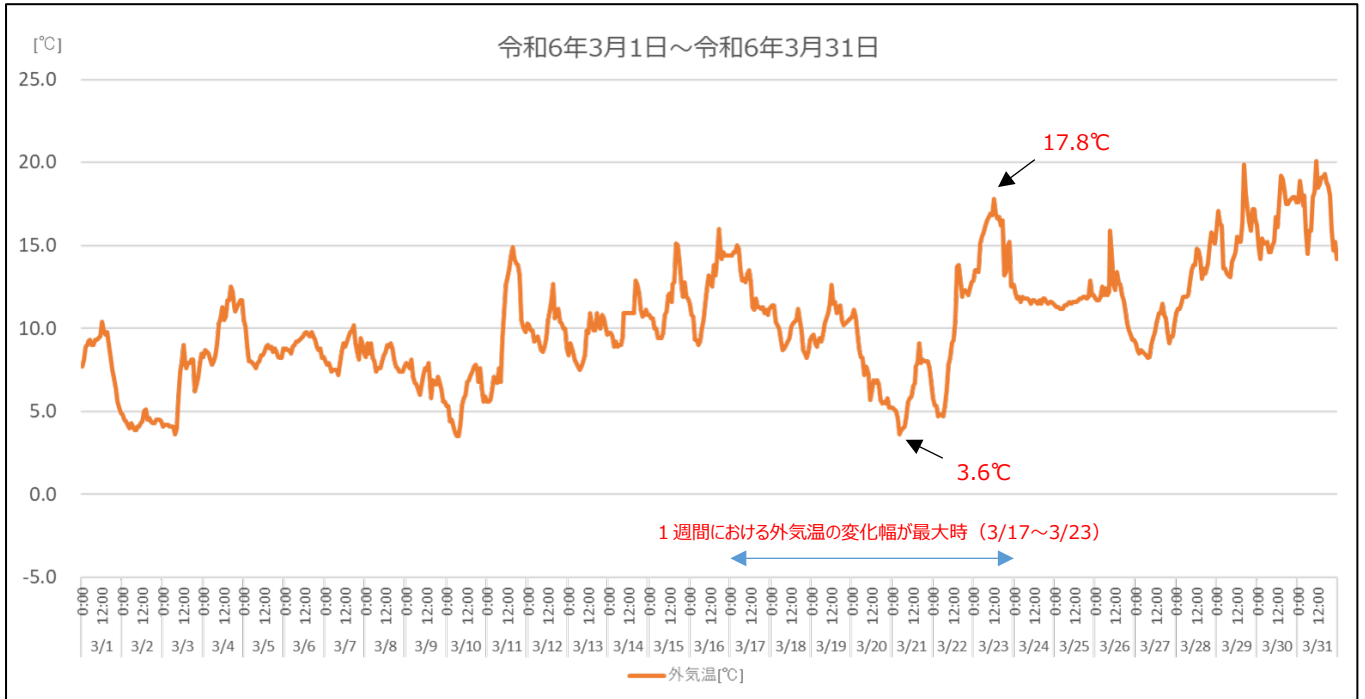
		外気温の変化幅	
①	1/12～ 1/18	13.6℃ (3.5℃→ <u>17.1℃</u>)	
	2/9～ 2/15	11.7℃ (6.6℃→ <u>18.3℃</u>)	
	3/17～ 3/23	14.2℃ (3.6℃→ <u>17.8℃</u>)	
	4/13～ 4/19	9.5℃ (12.2℃→ <u>21.7℃</u>)	
	5/20～ 5/26	10.6℃ (13.9℃→ <u>24.5℃</u>)	
	6/10～ 6/16	10.7℃ (17.9℃→ <u>28.6℃</u>)	
	7/22～ 7/28	6.9℃ (25.4℃→ <u>32.3℃</u>)	
	7/30～ 8/5	7.7℃ (25.9℃→ <u>33.6℃</u>)	
	②	1/24～ 1/30	10.6℃ (<u>-1.1℃</u> →9.5℃)
		2/28～ 3/5	8.2℃ (<u>4.3℃</u> →12.5℃)
3/10～ 3/16		12.5℃ (<u>3.5℃</u> →16.0℃)	
4/10～ 4/16		13.6℃ (<u>7.9℃</u> →21.5℃)	
5/9～ 5/15		11.7℃ (<u>11.3℃</u> →23.0℃)	
6/1～ 6/7		9.1℃ (<u>15.9℃</u> →25.0℃)	
7/12～ 7/18		8.3℃ (<u>20.5℃</u> →28.8℃)	
8/12～ 8/18		8.3℃ (<u>23.7℃</u> →32.0℃)	

発電所構内外気温の測定箇所



伊方発電所 3号機 非常用ガスタービン発電機
発電所構内外気温

1週間における外気温の変化幅が最大時のグラフ (3/17～3/23)



伊方発電所 年間における外気温の変化

令和4年5月ならびに令和5年12月の外気温の変化

外気温の変化幅の調査結果は以下のとおりであり、7.（9）a. で記載した外気温の変化幅19.9℃を超えないことを確認した。

- ① 外気温の最高温度を記録した日以前の7日間の外気温の最低温度
- ② 外気温の最低温度を記録した日以降の7日間の外気温の最高温度

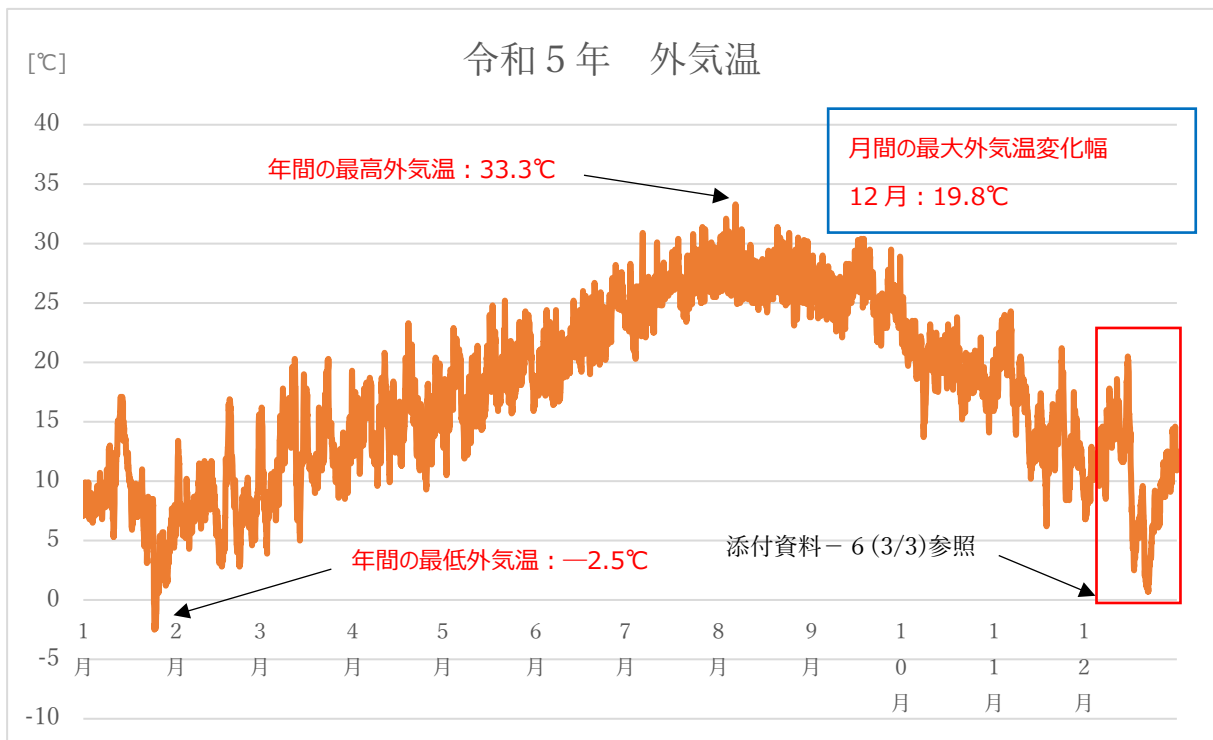
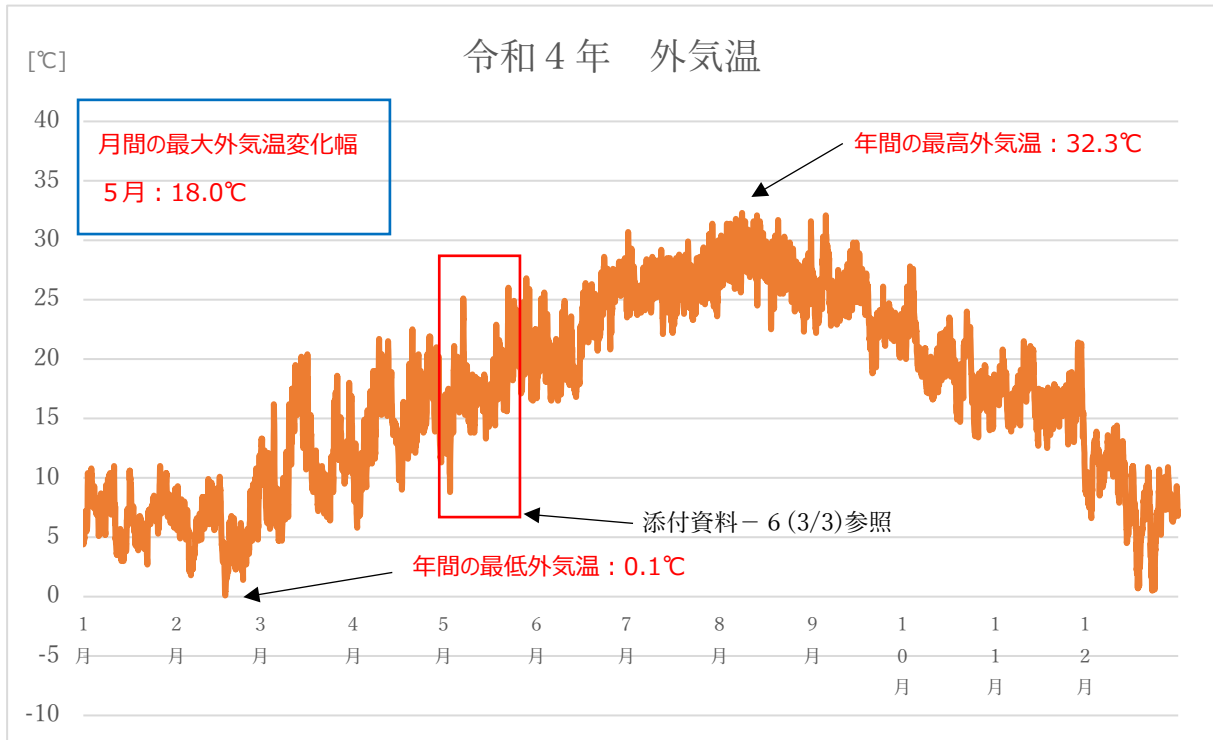
令和4年5月

		外気温の変化	外気温の 変化幅
①	5/22～5/28	15.6℃→ <u>26.8℃</u>	11.2℃
②	5/3～5/9	<u>8.8℃</u> →25.1℃	16.3℃

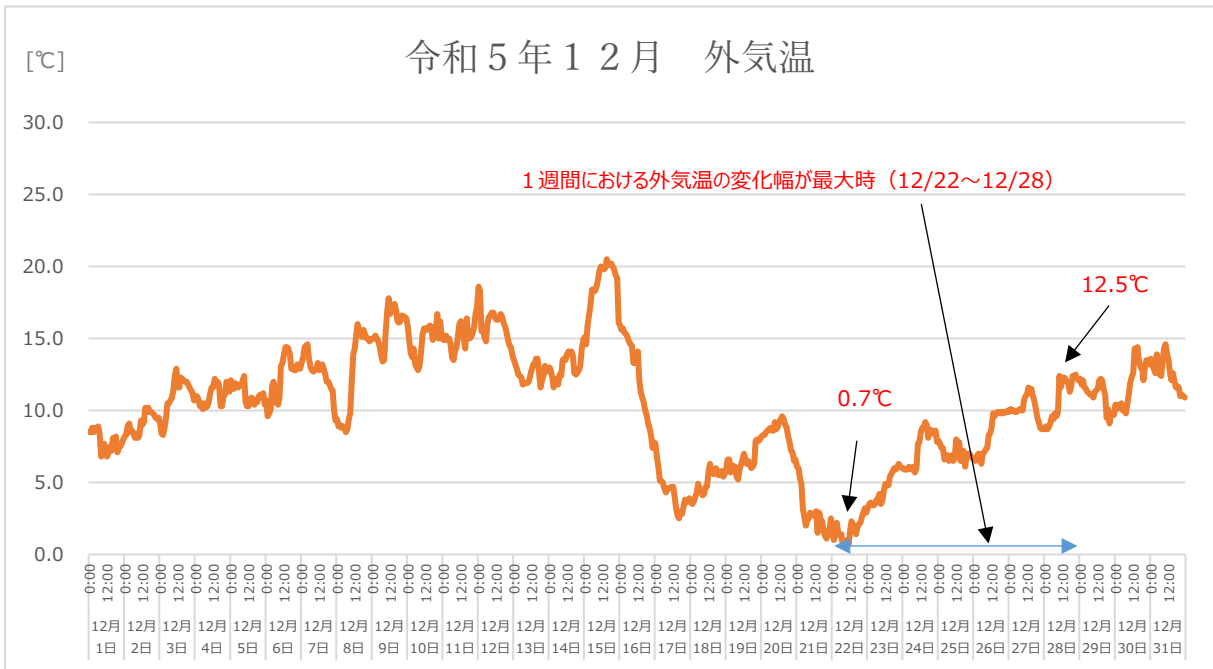
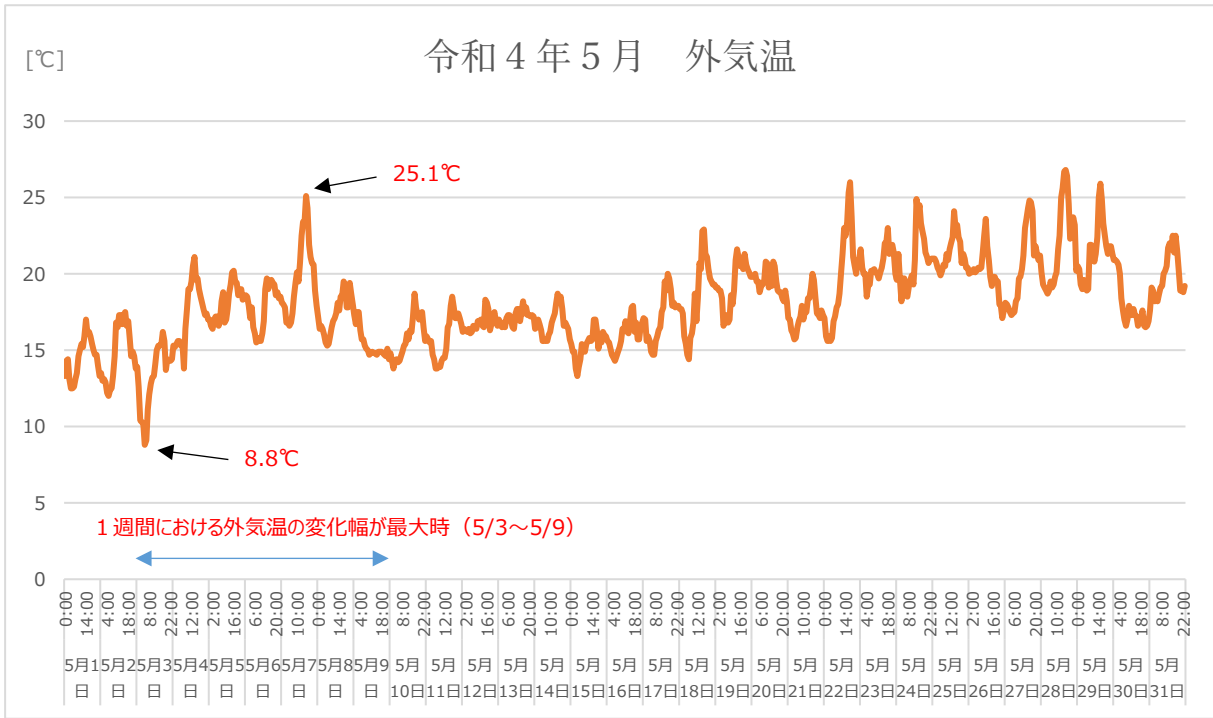
令和5年12月

		外気温の変化	外気温の 変化幅
①	12/9～12/14	11.6℃→ <u>20.5℃</u>	8.9℃
②	12/22～12/28	<u>0.7℃</u> →12.5℃	11.8

伊方発電所 年間における外気温の変化（1／2）



伊方発電所 年間における外気温の変化（2／2）



伊方発電所 3号機 非常用ガスタービン発電機
燃料油系統 設備改造および運用変更

