

伊方発電所第1号機  
タービン蒸気加減弁開度変動に伴う  
発電機出力の変動について

平成22年7月  
四国電力株式会社

## 1. 件名

伊方発電所第1号機

タービン蒸気加減弁開度変動に伴う発電機出力の変動について

## 2. 事象発生の日時

平成21年11月20日 0時19分

## 3. 事象発生の設備

蒸気タービン（タービン調速装置）

## 4. 事象発生時の運転状況

通常運転中（電気出力566MW）

## 5. 事象発生の状況

伊方発電所第1号機（定格電気出力566MW）は通常運転中のところ、平成21年11月20日0時19分、運転員が操作をしていない状態で、タービン蒸気加減弁（以下「加減弁」という。）第3弁、第4弁が開方向に変動し、発電機出力が最大599MWまで上昇した。

また、発電機出力の上昇に伴い、蒸気発生器熱出力にも上昇傾向が見られたため、加減弁開度を手動で調整したが、蒸気発生器熱出力は、0時23分（1662MW）から0時26分までの3分間、保安規定で定める運転上の制限（1650MW）を逸脱した。

保安規定で定める運転上の制限の逸脱から復帰後、加減弁開度を操作し、発電機出力および蒸気発生器熱出力を事象発生前の状態に戻した。

その後、加減弁の動作確認のため、発電機出力を5MW低下・復帰させ、第3弁、第4弁の動作状況に異常がないことを確認した後、状態を監視しながら運転を継続し、第27回定期検査まで問題なく運転を行った。

なお、本事象による環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1）

## 6. 事象の時系列

平成21年11月20日

0時19分	加減弁第3弁、第4弁開方向に変動を確認 発電機出力上昇を確認 発電機出力を低下させる操作を開始
0時23分	原子炉施設保安規定第28条に定める運転上の制限を満足していない状態であると判断

0時26分	原子炉施設保安規定第28条に定める運転上の制限を満足した状態への復帰を判断
0時32分	発電機出力を事象発生前の出力に調整開始
1時23分	発電機出力を事象発生前の出力に調整完了
4時31分	加減弁動作確認のため負荷降下開始
4時33分	加減弁動作確認のため負荷降下終了
4時35分	加減弁動作確認のため負荷上昇開始
4時43分	加減弁動作確認終了（負荷上昇終了）

平成22年	5月14日	1号機第27回定期検査開始
	5月17日	タービン調速装置他分解点検開始
	6月26日	タービン調速装置他組立復旧完了

## 7. 調査結果

加減弁開度変動に至った原因について、以下の調査を実施した。

### (1) 加減弁開度変動事象発生時の運転状況調査

加減弁が開方向に変動し発電機出力が上昇した時の運転データを確認した結果、同じタイミングでタービン調速装置の負荷制限器油圧が上昇していたことから、この油圧上昇により加減弁開度を制御するガバナ制御油圧も上昇して、加減弁が開方向に変動したものと推定された。

(添付資料-2, 3)

#### a. 加減弁開度の変動状況

事象発生時の加減弁(第1弁～第4弁)開度の運転データを確認した結果、第3弁は約64.8%から全開(100%)となり、第4弁は約12.5%から約64.8%まで上昇し上昇量は約52.3%であった。

なお、第1弁、第2弁については、事象発生前の全開(100%)から変動はなかった。

#### b. 負荷制限器油圧の状況

負荷制限器油圧の運転データを確認した結果、加減弁第3弁、第4弁開度上昇時に、負荷制限器油圧が約0.2921MPaから約0.3056MPaまで上昇しており、上昇量は約0.0135MPaであった。

#### c. オートストップ油圧の状況

オートストップ油圧の運転データを確認した結果、加減弁第3弁、第4弁開度上昇時に、約0.870MPaから約0.880MPaの範囲で変動がみられた。

## (2) 運転員への聞き取り結果

事象発生時、運転員は特に操作をしていない状態で加減弁が変動し、その後、数十秒で事象を判別し、負荷制限器油圧を見ながら負荷制限器の操作を行うことにより加減弁の開度調整（減方向）を実施した。

このとき、加減弁第3弁、第4弁の動作は、負荷制限器の操作に対してスムーズに追従しており、特に異常な動きは認められなかった。

## (3) 機器点検結果

1号機第27回定期検査において、タービン油系統の機器の点検を行った結果は以下の通りであった。

(添付資料-2, 4)

### a. タービン調速装置（負荷制限器）点検結果

負荷制限器を含むタービン調速装置の分解点検を実施した結果、各部に損傷等の異常は認められなかった。

また、負荷制限器内および負荷制限器入口オリフィス等に残留異物等は確認されなかった。

なお、負荷制限器油の空気抜き穴（直径 0.5mm）が閉塞した場合には、負荷制限器油圧が上昇することが考えられるため、工場にて検証試験を実施した結果、油圧の上昇量は約 0.0008MPa 程度であり、事象発生時の上昇量（約 0.0135MPa）に比べて極わずかであったことから、今回の事象との関連はないものと推定された。

### b. オートストップ油圧リリーフ弁点検結果

オートストップ油圧リリーフ弁の分解点検を実施した結果、異常は認められなかった。

なお、オートストップ油圧リリーフ弁の作動不良等によりオートストップ油圧が上昇した場合には、負荷制限器油圧も上昇することが考えられるため、工場にて検証試験を実施した結果、事象発生時のオートストップ油圧変動量 0.010MPa に対する負荷制限器油圧の変動量は約 0.0008MPa 程度であり、実際の上昇量（約 0.0135MPa）に比べて極わずかであったことから、オートストップ油圧の影響により負荷制限器油圧が変動したのではないと推定された。

### c. その他関連機器の点検および内部異物等確認結果

#### (a) 主油タンク

主油タンクの開放点検を実施した結果、タンク底部の一部に少量の黒色の柔らかい細かな固形物（以下「油カス」という。）の堆積が確認された。

(b) 主油タンク戻り油ストレーナ

タービン潤滑油および制御油の主油タンクへの戻り油ストレーナ（目開き約0.2mm）の開放点検を実施した結果、従来よりも比較的大量の油カスの付着が確認された。

油カスの成分を確認したところ、外気から取り込まれたと思われるカルシウム等の成分が確認されており、前回定期検査時の大規模工事に伴うコンクリートのハツリ作業等により、従来よりも微細な粉塵が多い環境であったと考えられる。この微細な粉塵がタービン軸受箱内に従来よりも多く取り込まれ、油劣化成分等との混合により粒子の大きい油カスとなって、戻り油ストレーナにて捕捉されたものと推測する。

なお、戻り油ストレーナ下流の主油タンク内で確認された油カスは、これまでの定期検査において確認された油カスと同様に少量であったことから、油カスのほとんどは戻り油ストレーナにて捕捉されていた。

(c) クノーフィルター

高圧油クノーフィルター（目開き約0.13mm）および高圧制御油圧リリーフ弁クノーフィルター（目開き約0.13mm）の分解点検を実施した結果、異常は認められず、ゴミの付着もほとんど確認されなかった。

(d) マルティプルオリフィス

マルティプルオリフィス（2台）の分解点検を実施した結果、機器に異常は認められなかったが、内部に微量の油カスの付着が確認された。

(e) エアerpilot弁

エアerpilot弁（3台）の分解点検を実施した結果、機器に異常は認められなかったが、分解時に同弁から抜き取った残油の中に油カスやスラッジが確認された。

ただし、当該弁は、負荷制限器へ給油する配管からは分岐された箇所に取り付けられているため、油カス等が負荷制限器へ流れていく可能性はない。

(f) タービン過速度トリップ装置取り付け部

タービン過速度トリップ装置取り付け部の内部点検を実施した結果、異常は認められなかった。

(g) オートストップ油圧リリーフ弁取り付け部

オートストップ油圧リリーフ弁取り付け部の内部点検を実施した結果、配管表面に微量の油カスが薄い膜状に付着しているのが確認された。

#### (4) 保守状況の調査

- a. 負荷制限器を含むタービン調速装置は、前回の第26回定期検査（平成21年3月～7月）において分解点検を実施し、異常のないことを確認していた。  
また、組み立て後の機能試験において動作状況に異常のないことを確認していた。
- b. オートストップ油圧リリーフ弁は、定期検査6回に1回の頻度で第21回定期検査時（平成15年4月～7月）に分解点検を実施し、異常のないことを確認していた。
- c. マルティプルオリフィスは第20回定期検査時（平成14年2月～5月）に分解点検を実施し、異常の無いことを確認していた。  
なお、前回の第26回定期検査までは定期的な分解点検は行っていなかったが、保全計画の見直しに伴い、第27回定期検査以降は、定期検査4回に1回の頻度で分解点検を行うように計画されていた。
- d. エアerpilot弁については今回初めて分解点検を実施した。  
なお、前回の第26回定期検査までは定期的な分解点検は行っていなかったが、保全計画の見直しに伴い、第27回定期検査以降は、定期検査4回に1回の頻度で分解点検を行うように計画されていた。
- e. タービン油については、定期検査2回に1回の頻度で全量交換を実施しており、前回の第26回定期検査時に全量新油に交換していた。
- f. タービン調速装置等の分解点検作業時には、異物管理区域を設定して異物管理を行うとともに、機器の手入れ後は、機器開口部に閉止栓またはテープの貼り付けにより異物混入を防止し、機器取り付け時には、真空掃除機による開口部内の清掃および目視確認による入念な点検を行うことにより、異物混入の防止を図っていた。
- g. タービン調速装置等組み立て完了後は、運転に先立って、タービンオイルフラッシングを行い、油システムの清浄度を向上させていた。

## 8. 推定原因

加減弁開度変動に至った負荷制限器油圧の上昇原因は、タービン油圧制御系統を循環するクノーフィルターでは捕捉できないような微細な油カス等が、オートストップ油系統のマルチプルオリフィス内などに堆積し、それが運転中に剥がれて負荷制限器へ流れることにより、カップ弁およびピストン部への噛み込みによりカップ弁からの排油量が減少し、負荷制限器油圧が上昇したものと推定される。

(添付資料—5)

## 9. 対 策

- (1) 負荷制限器へ給油するオートストップ油系統のマルチプルオリフィス等の分解点検を行い、内部付着物の点検清掃を行った。
- (2) 第27回定期検査のタービンオイルフラッシングから次回の第28回定期検査まで、試験的に静電浄油装置を使用して、主油タンク内の油を循環処理することにより、クノーフィルターでは除去できない $0.1\mu\text{m}$ 程度までの微細な油カス等の除去を行い、タービン油系統の清浄度を向上させる。

また、次回の第28回定期検査時に、マルチプルオリフィスの分解点検およびオートストップ油圧リリース弁、エアーパイロット弁、負荷制限器の取り外しによりオートストップ油系統の点検を行い、内部付着物等の確認を行う。

なお、第28回定期検査時の機器点検による付着物の確認結果等により静電浄油装置の効果を評価し、今後の静電浄油装置の使用について検討するとともに、適切な機器の点検頻度を設定する。

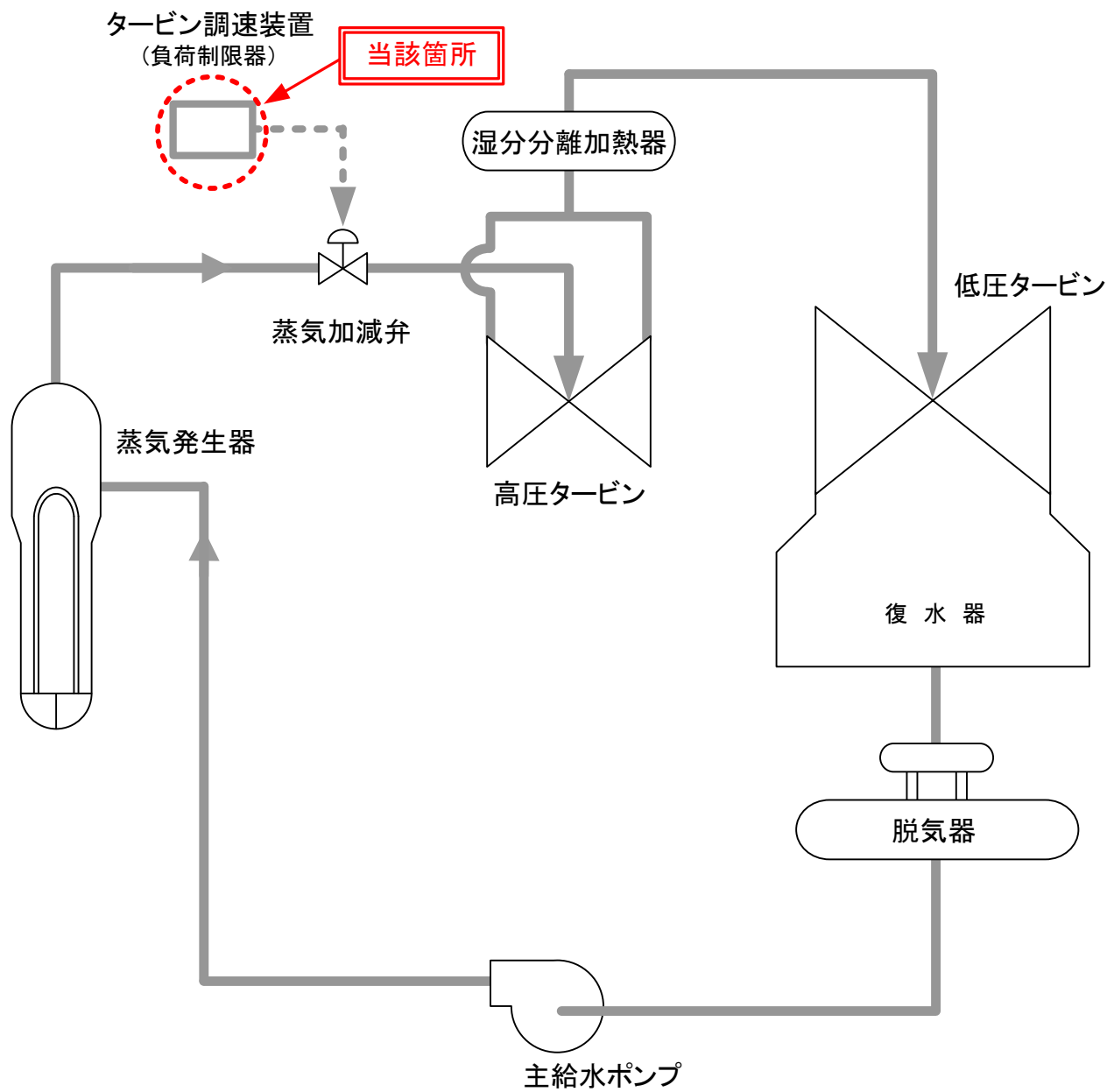
以 上

## 添 付 資 料

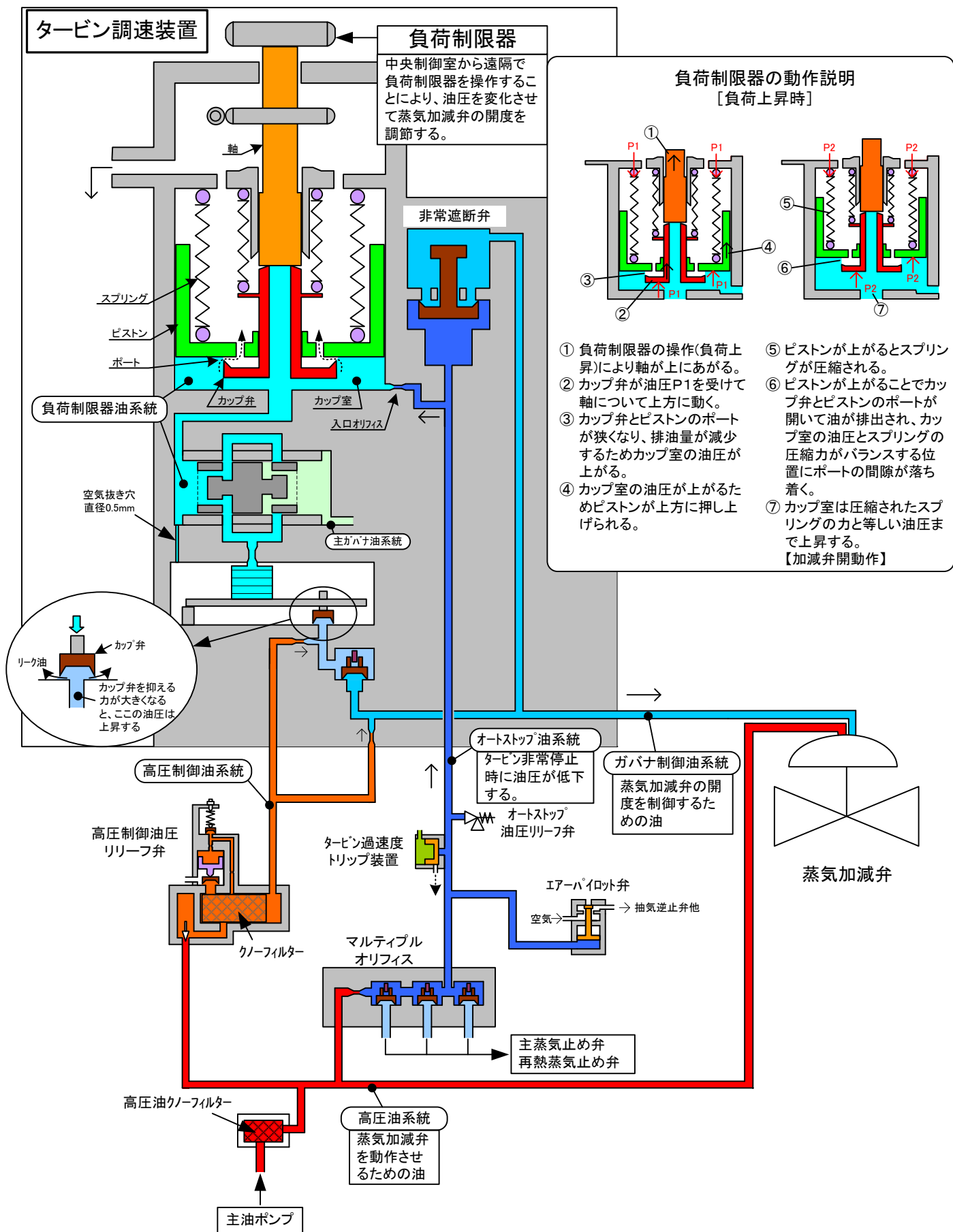
- 添付資料－ 1      伊方 1 号機    2 次系系統概略図
- 添付資料－ 2      伊方 1 号機    タービン油圧制御系統概略図
- 添付資料－ 3      伊方 1 号機    蒸気加減弁開度変動時の状況
- 添付資料－ 4      伊方 1 号機    タービン油系統異物確認結果
- 添付資料－ 5      異物混入による負荷制限器油圧上昇の推定メカニズム



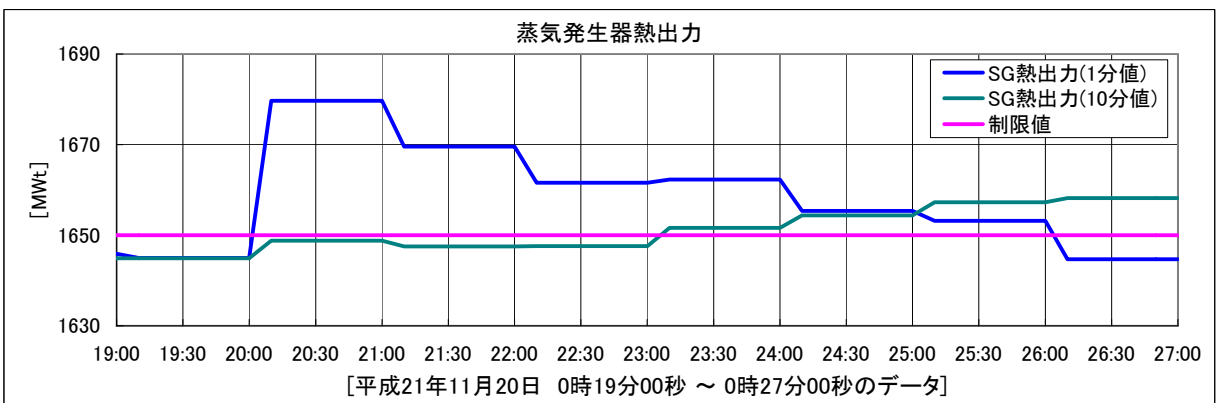
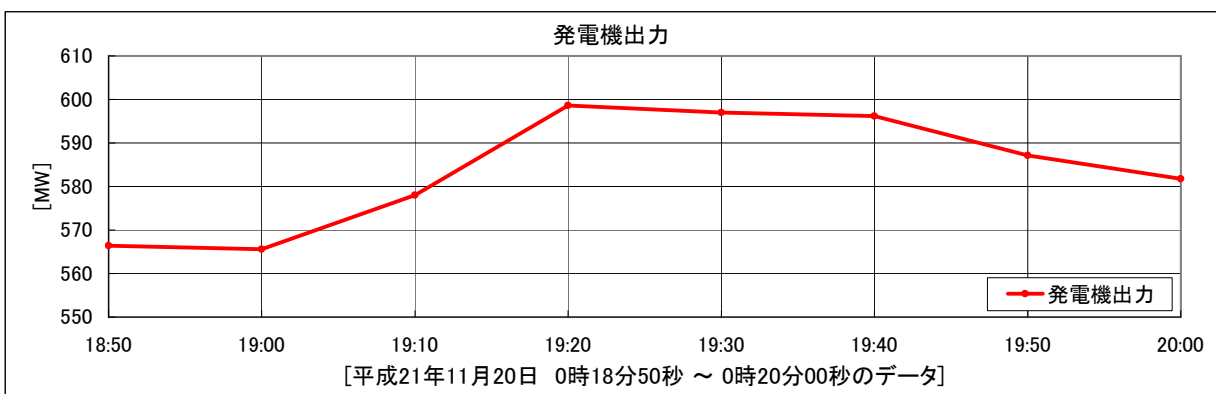
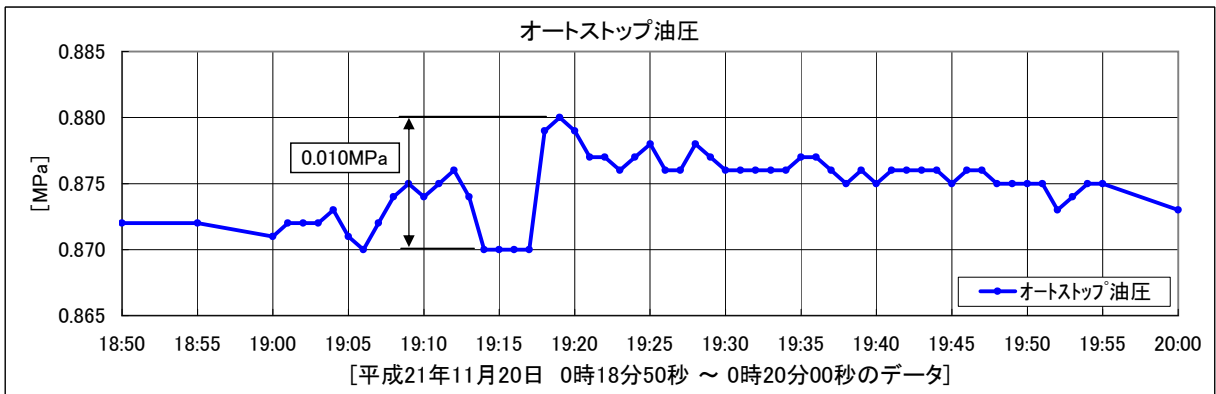
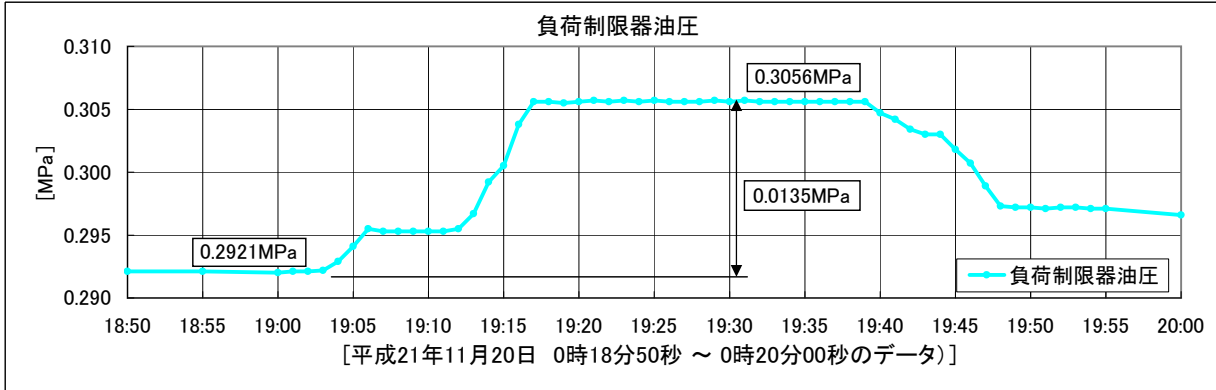
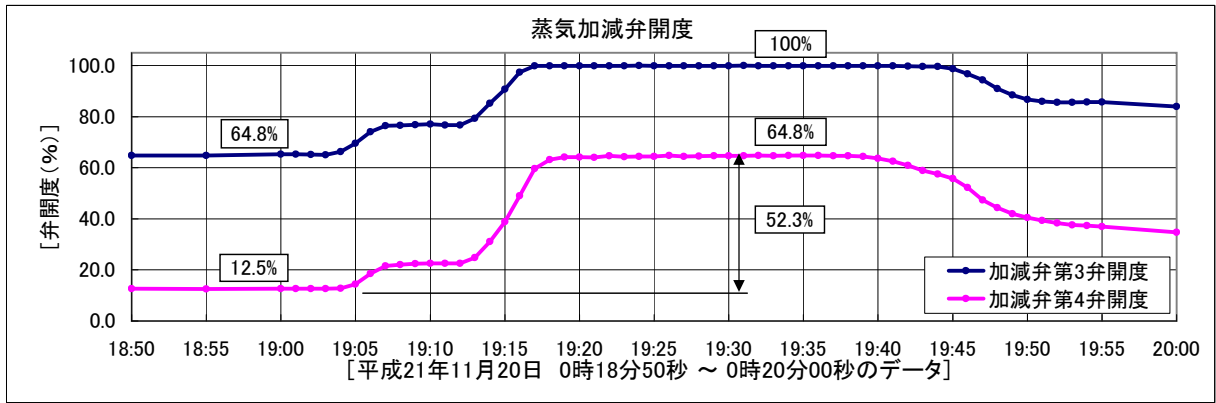
# 伊方1号機 2次系系統概略図



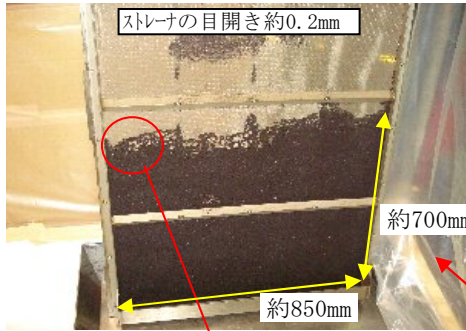
# 伊方1号機 タービン油圧制御系統概略図



### 伊方1号機 蒸気加減弁開度変動時の状況



# 伊方1号機 タービン油系統異物確認結果



(主油タンク底面  
上部より撮影)



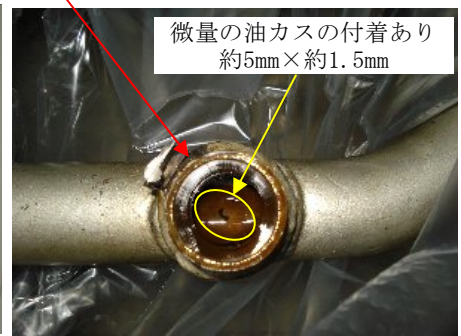
主油タンク底部



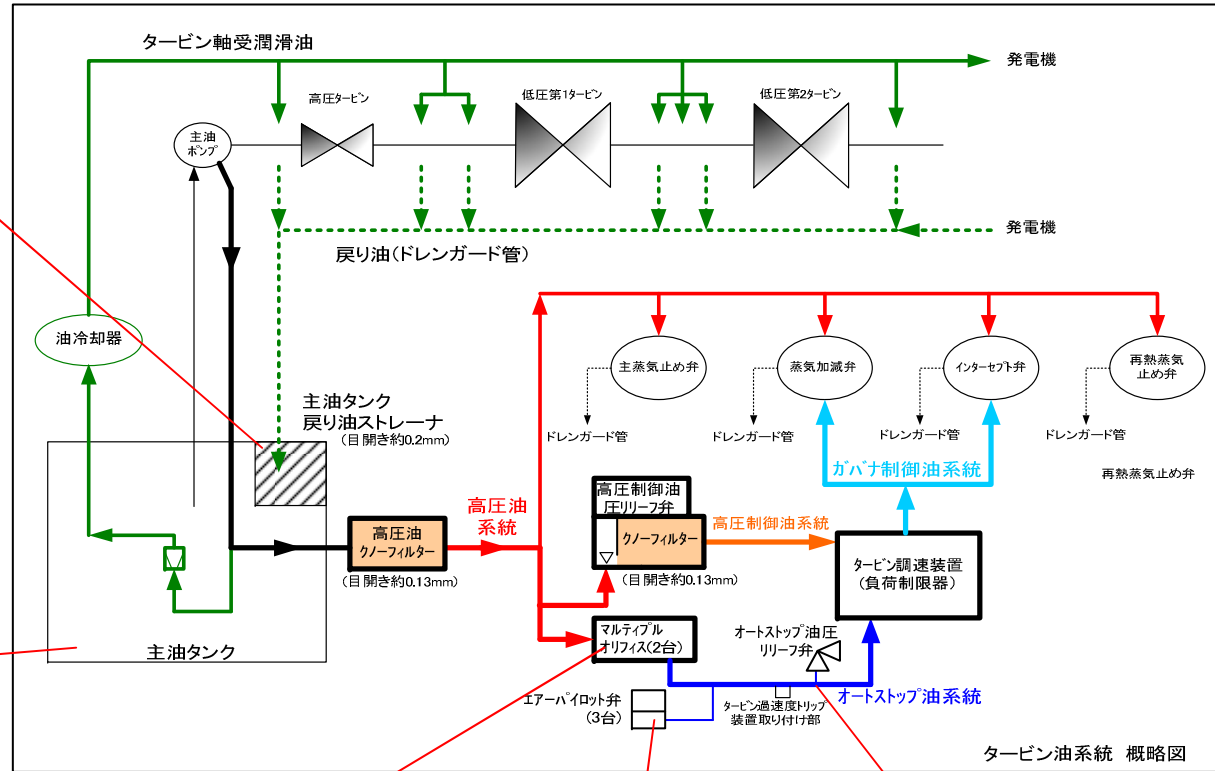
微量の油カスの付着あり  
(内径約25mmの内部を  
ファイバースコープで確認)



残油から回収された油カス等



微量の油カスの付着あり  
約5mm×約1.5mm



タービン油系統 概略図

異物混入による負荷制限器油圧上昇の推定メカニズム

