

美浜発電所1号機の定期検査状況について (発電機出力上昇操作中の不具合による発電停止の原因と対策)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

美浜発電所1号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力 34.0万kW）は第24回定期検査最終段階として、平成21年11月12日19時10分に電気出力約5%で調整運転を開始し、19時40分に約20%出力に向けて出力上昇操作（3%/h）を行うため、蒸気加減弁（タービンへの蒸気量を制御している弁）の負荷制限器（ロードリミッタ）スイッチを1回操作^{*1}（弁は開側）したところ、発電機出力が急激な上昇傾向を示した。このため、直ちに出力降下側（弁は閉側）に操作したところ、今度は急激な低下を示したため、再度、上昇側に操作し、発電機出力は約10%で一定状態となった。その後、再び出力降下側に操作したところ、出力は徐々に低下し、同日22時頃には約6%で安定に推移した状態となった。

原因調査として、弁の制御器や回路等の点検を行ったが、異常はなかったことから詳細な点検を行うため、11月13日7時に出力降下を開始し、7時8分に発電を停止した。

なお、事象による周辺環境への放射能の影響はない。

*1：ロードリミッタスイッチを1回上昇操作すると、結果として弁の開度が開き電気出力が約0.1%上昇する程度の蒸気量を増やしている。

1 調査結果

(1) 蒸気加減弁および負荷制限器等の調査

蒸気加減弁の開度制御は、負荷制限器^{*2}の信号によって弁の開度を制御する油圧信号が変化することで制御されている。

発電停止後、負荷制限器および蒸気加減弁について、外観点検や動作試験等を行った結果、異常は認められなかった。

詳細調査として、事象発生時における負荷制限器の油圧信号を調査したところ、油圧信号の変化量が通常（約0.15kPa）より大きい値（約7kPa）

を示していたことが確認された。

このことから、負荷制限器内で一時的に異常が発生した可能性があるとして判断し、負荷制限器部分を弁の制御油圧系統から取り外し詳細に点検した。

その結果、構成部品であるピストンやカップ弁等に傷等の異常は認められなかったが、内部の制御油を回収したところ、微小な異物が確認された。分析の結果、この異物は負荷制限器を含む油圧制御機構を制御油圧系統に取り付ける際の接続面に用いるペースト状ガスケット*³の成分と一致することが確認された。

* 2 : 蒸気加減弁の開度を調整する油圧制御機構の一部。制御機構は主ガバナ、補助ガバナ、油圧ブースタおよび負荷制限器から構成される。

* 3 : 気密性を高めるために部品と部品の合わせ面に塗布しているシール材

(2) 異物混入の調査

負荷制限器を含む油圧制御機構は定期検査時に油圧系統から取り外し、油が通る開口部は布ウエス*⁴でふさぎ、合わせ面に塗布しているペースト状ガスケットはきれいに除去している。

これら作業過程から、ガスケットの微小な残片がウエスに付着するなどし、開口部に混入した可能性が否定できないと判断された。

* 4 : 機械の油の拭き取りなどに用いる布

(3) 異物混入時の動作再現試験

負荷制限器の内部には、それぞれ独立して上下に動くピストンと弁の開閉を制御する油圧を発生させているカップ弁がある。負荷制限器スイッチからの信号によりカップ弁の位置が微小に動きピストンとの隙間が変化するが、この隙間を一定に調整するようにピストンが動くことで、油圧が変化し、弁の開度が制御される。

ガスケットの微小片（異物）が上下に動くピストンの外面にはさまった場合の再現試験を行ったところ、ピストンが動く際に、異物による抵抗力が働くために、油圧と釣り合う位置が通常と変化し、油圧の変化量が通常と比べ大きくなることが確認された。

2 原因

今回の定期検査時の負荷制限器を含む油圧調整機構の取外し・取り付け作業に伴い、微小なガスケットの残片が負荷制限器内の油系に混入し、出力上昇操作時にピストン外側に噛み込んだことにより、蒸気加減弁の開度制御油圧の変化量が大きくなり、その結果、発電機出力が大きく変化したものと推定された。

なお、異物は事象発生後、ピストンから外れたものと推定された。

3 対策

今回不具合が認められた負荷制限器については、工場にて点検・調整を行った後、発電所にて油圧系統に取り付け蒸気加減弁が正常に動作することを確認した。

また、今後、定期検査時に負荷制限器を油圧系統から取り外す際には、合わせ面の開口部に専用の閉止プラグを取り付けるとともに、作業場所をクリーンエリア（異物の侵入防止エリア）に設定し、異物管理を強化することとする。

美浜1号機は、今後、平成21年11月24日17時頃、調整運転を再開し、12月中旬に経済産業省の最終検査を受けて本格運転を再開する予定。

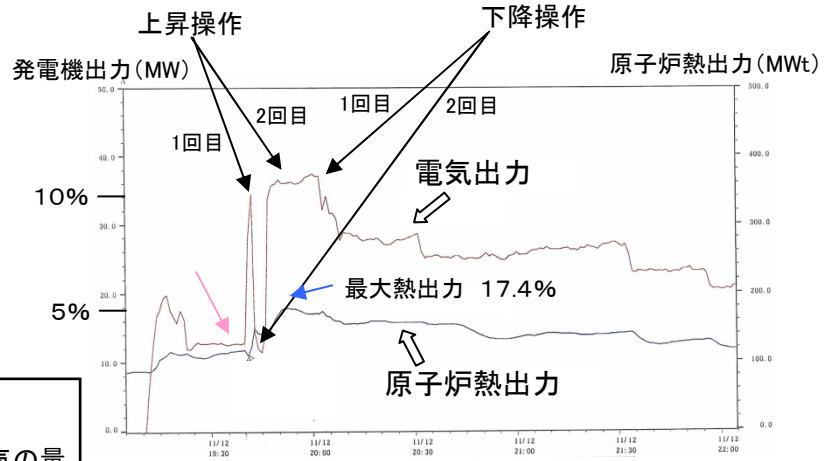
(経済産業省による I N E S の暫定評価尺度)

基準1	基準2	基準3	評価レベル
—	—	0—	0—

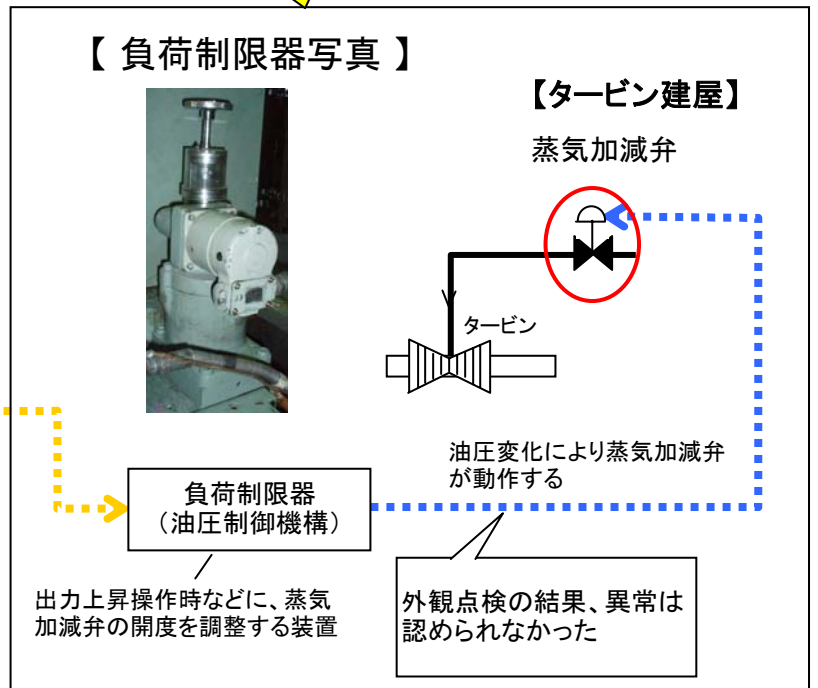
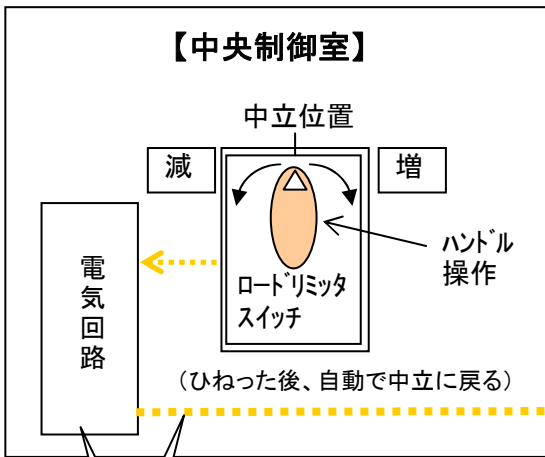
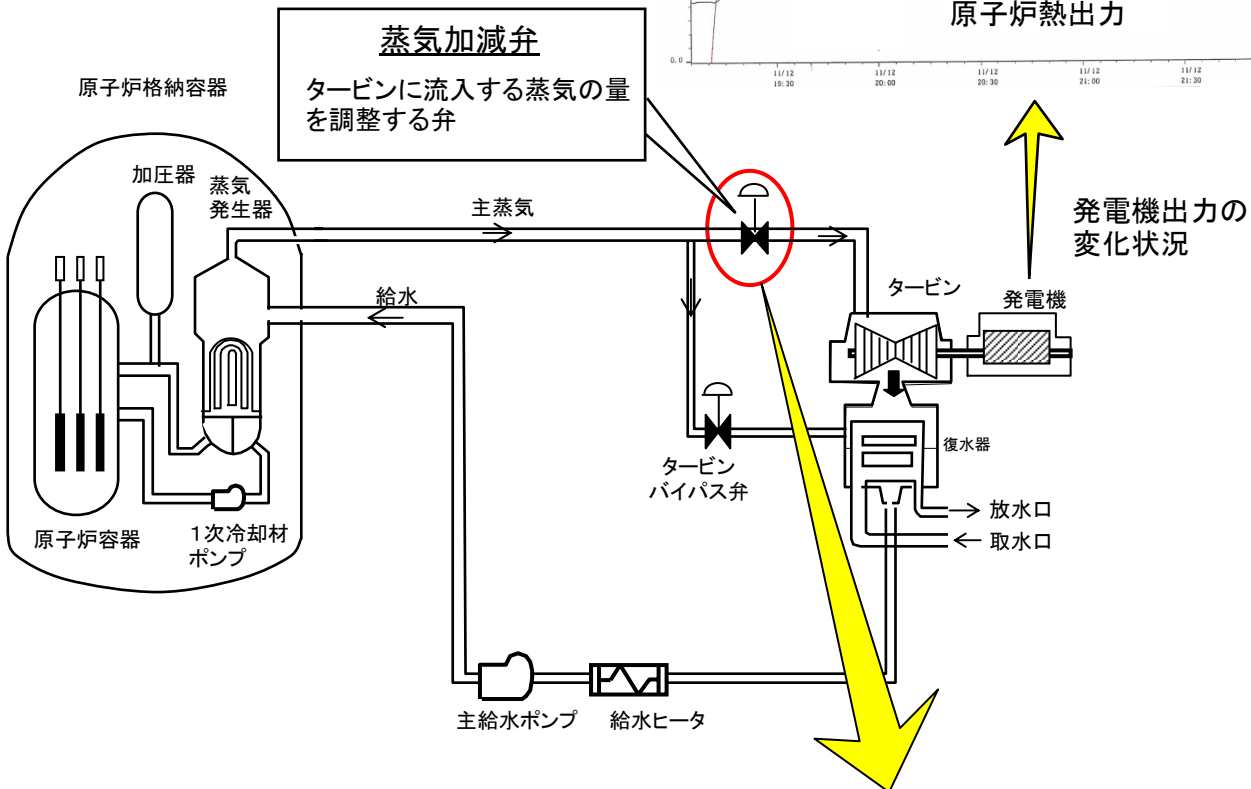
I N E S : 国際原子力事象評価尺度

問い合わせ先(担当:神戸) 内線2354・直通0776(20)0314
--

美浜発電所1号機の定期検査状況について
 (発電機出力上昇操作中の不具合による発電停止の原因と対策)



系統概要図



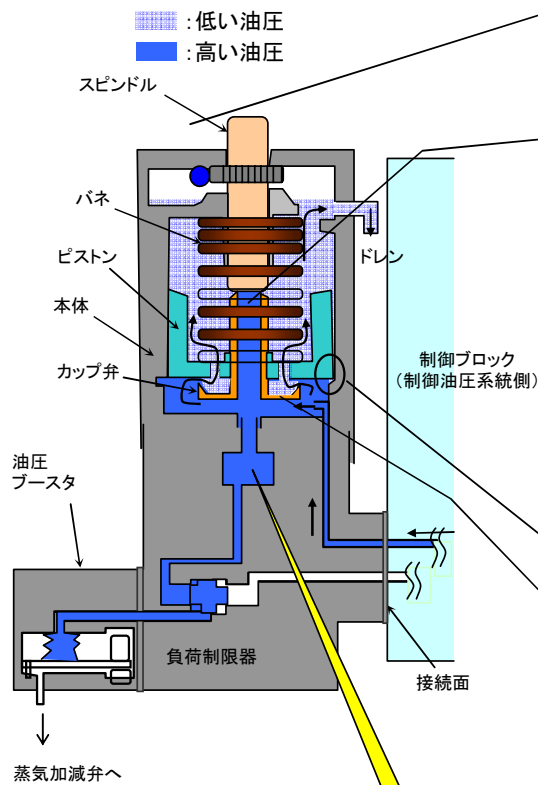
点検の結果、異常は認められなかった

【凡例】

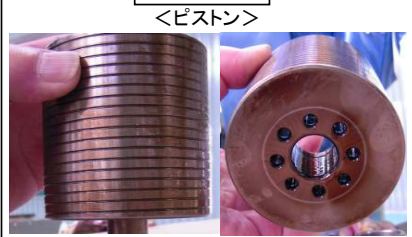
←..... 電気信号

←..... 油圧系統

負荷制限器の詳細点検結果



ピストン等



<ピストン>
<負荷制限器本体内部面>
(ピストンとの摺動面)



表面と溝に軽微な摺動痕は認められたが、損傷等の異常は認められなかった。

スピンドル



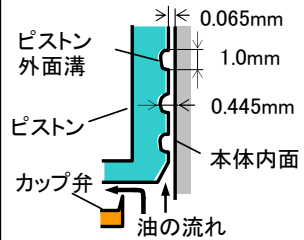
摺動部に損傷や、カップ弁との接触部に異常は認められなかった。

カップ弁



異物の噛み込みや、欠損は認められなかった。

ピストンと本体内部の隙間



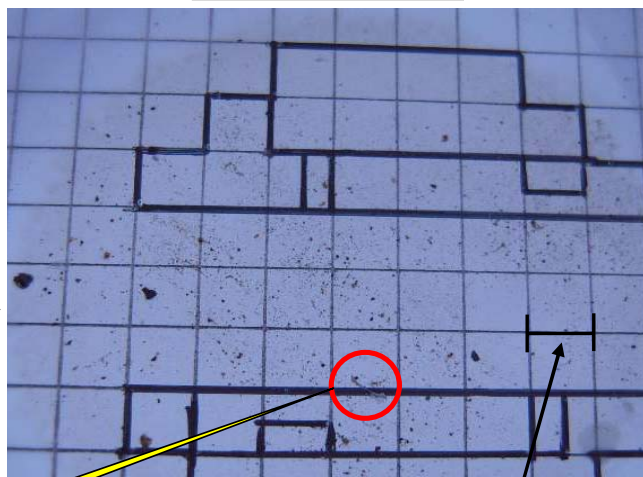
制御油サンプリング結果

回収した油の様子



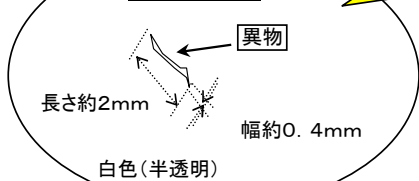
異物が確認された。

異物の拡大写真



1目盛り 約3.0mm

制御油の中にあつた異物のスケッチ



異物は、弾力があり、細長い形状(長さ約2mm、幅約0.4mm)であつた。
成分分析の結果、制御機構取り付け合わせ面に塗布しているペースト状ガスケットと同一成分であつた。

異物混入経路の推定

取り付け合わせ面の写真(油が通る穴以外に、ペースト状ガスケットを塗布)

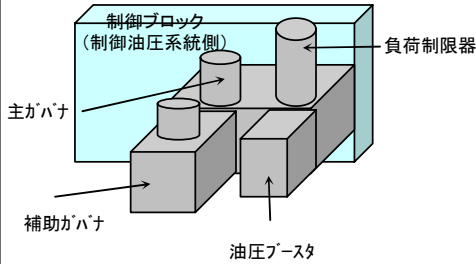
異物の混入
(負荷制限器
行き油入口)

負荷制限器側

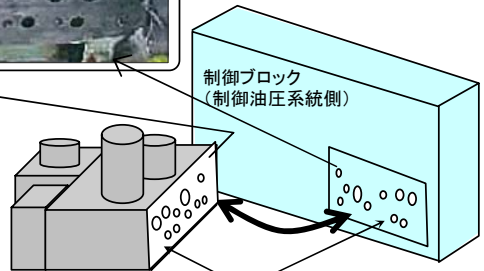
制御ブロック(制御油圧系統側)



負荷制限器取り付け状態



定期検査時に取り外し・取り付け



合わせ面手入れ(毎定期検査)

油が通る開口部を布ウエスで塞ぐ

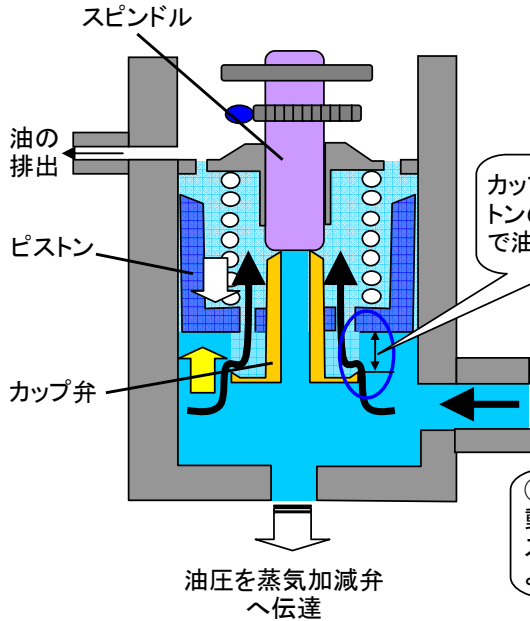
古いペースト状ガスケット除去

合わせ面手入れ

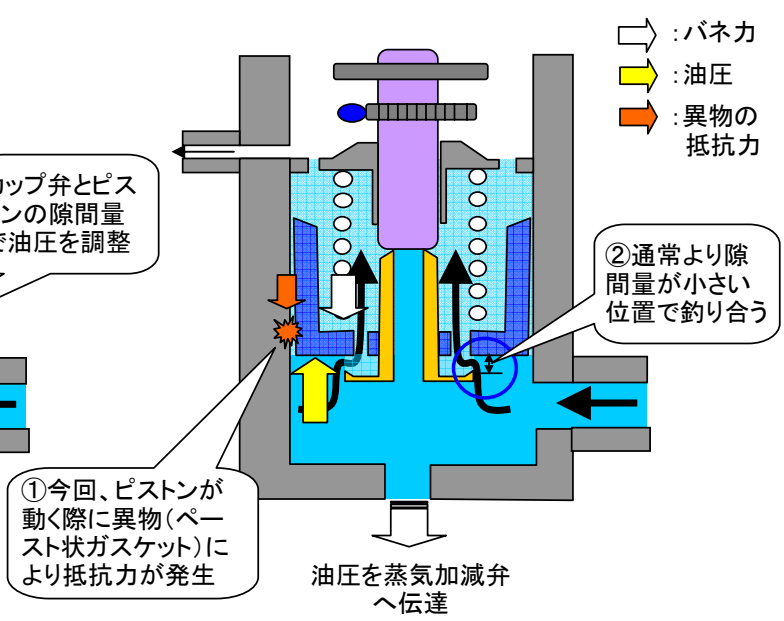
布ウエス取り外し

負荷制限器の動作不良の原因

通常(開動作の例)



今回(開動作の例)



原因

今回の定期検査時の負荷制限器の取り外し・取り付け作業に伴い、微小なガスケットの残片が負荷制限器内の油系に混入し、出力操作時にピストン外側に噛み込んだことにより、蒸気加減弁の開度制御油圧の変化量が大きくなり、その結果、発電機出力が大きく変化したものと推定された。なお、異物は事象発生後、ピストンから外れたものと推定された。

対策

- 今回不具合が認められた負荷制限器については、工場にて点検・調整を行った後、発電所にて油系統に取り付け、蒸気加減弁が正常に動作することを確認した。
- 今後、定期検査時に負荷制限器を油圧系統から取り外す際には、合わせ面の開口部に専用の閉止プラグを取り付けるとともに、作業場所をクリーンエリア(異物の侵入防止エリア)に設定し、異物管理を強化することとする。