

柏崎刈羽原子力発電所 1 号機
非常用ディーゼル発電機（B）の過給機軸固着について
（中間報告書）

平成 3 0 年 1 0 月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 件名

柏崎刈羽原子力発電所 1号機
非常用ディーゼル発電機（B）の過給機軸固着について

2. 事象発生の日時

平成30年9月6日 13時50分（必要な機能を有していないと判断した日時）

3. 事象発生の場所

柏崎刈羽原子力発電所 1号機
原子炉建屋地下1階非常用ディーゼル発電機（B）室（非管理区域）

4. 事象発生の発電用原子炉施設名

非常用予備発電装置 非常用ディーゼル発電設備

5. 事象の状況

(1) 事象発生時の状況

柏崎刈羽原子力発電所 1号機は第16回定期検査中のところ、平成30年8月30日 14時30分より、非常用ディーゼル発電機（B系）（以下、「当該D/G」という。）を定例試験のために起動し確認運転を実施していた際、同日 15時16分に異音が発生するとともに、発電機出力が6.6MWから0MWに低下したため、当該D/Gを手動停止した。

なお、本事象発生時は、他の非常用ディーゼル発電機2台（A系、高圧炉心スプレイ系）が動作可能であったことから、柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定第61条で要求されている運転上の制限^{*}は満足していることを確認した。

その後、当該D/Gの発電機出力が低下した原因を調査していたところ、9月6日に、当該D/Gの過給機の軸が固着していることを確認した。当該D/Gの過給機が軸固着に至った要因の詳細調査は、工場への持出しが必要であり、速やかな復旧が難しいことから、同日 13時50分に、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第134条第3号「発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していないと認められたとき」に該当するものと判断した。

なお、本事象による外部への放射能の影響はなかった。

※柏崎刈羽原子力発電所 原子炉施設保安規定 第61条（非常用ディーゼル発電機その2）抜粋	
原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電機とは、A系、B系及び高圧炉心スプレイ系の非常用ディーゼル発電機をいう。）は表で定める事項を運転上の制限とする。	
項目	運転上の制限
交流電源	非常用交流高圧電源母線に接続する非常用ディーゼル発電機を含め2台の非常用発電設備が動作可能であること

(2) 当該D/G出力低下時の時系列

【8月30日】

- 14:30 当該D/G定例試験開始
- 14:30 当該D/G起動
- 14:43 当該D/G並列
- 14:52 当該D/Gハーフロード到達
- 15:05 当該D/G定格出力6.6MW到達
- 15:16 中央制御室の主機操作員が異音を確認、同じく現場の補機操作員が異音を確認
現場の研修生が当該D/G上部に灰色のもやを確認
警報発生
「ディーゼル発電機1B異常」(中央制御室)
「動弁注油タンク油面低」(現場)
当該D/Gエリア自動火災報知盤プレアラーム作動
「光電アナログ注意・光電アナログ蓄積中/回復」(中央制御室)
当該D/G関連中央制御室パラメータ変化
「当該D/G発電機電力:6.6MW→0MW」
- 15:16 上記の異常を確認したため、主機操作員が中央制御室にて手動操作により
当該D/Gを解列、停止
- 15:16 当直長が当該D/G不待機宣言
- 15:40 当該D/G作動除外操作実施

(3) 過給機軸固着確認までの時系列

【8月30日】

- ・点検調査方法の検討開始

【9月3日】

- ・点検調査のための安全処置実施

【9月4日～5日】

- ・動弁注油タンク、クランク室、過給機ブロワ側潤滑油採取・分析

【9月5日】

- ・各カバー開放による機関内部外観目視点検実施(異常なし)
- ・燃料噴射ラック動作確認、発電機絶縁抵抗・巻線抵抗測定(異常なし)

【9月6日】

- ・継電器点検、計器点検、発電機目視点検、界磁回路絶縁抵抗・巻線抵抗測定(異常なし)
- ・機関ターニングによる動作確認(異常なし)
- ・過給機ロータハンドターニングによる動作確認(R側過給機(発電機側から見て右側の過給機)に軸固着確認。L側は異常なし)

(添付資料-1、2、3 参照)

6. 事象の原因調査

事象の状況を踏まえ、当該D/Gの出力低下に関する要因分析表を作成し、以下のとおり点検調査を実施した。

(添付資料-4 参照)

【発電機出力低下に関する要因分析に基づく調査】

(1) 潤滑油系統

a. 摺動部異常

(a) 摺動抵抗大

潤滑油系統に異常を生じ、摺動部の抵抗が大きくなると、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのためクランクケースカバー開放による内部点検（目視点検）、カムケースカバー開放による内部点検（目視点検）、潤滑油分析、ターニングによる動作確認を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

b. 回転部異常

(a) 回転部抵抗大

潤滑油系統に異常を生じ、回転部の抵抗が大きくなると、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのためクランクケースカバー開放による内部点検（目視点検）、カムケースカバー開放による内部点検（目視点検）、シリンダヘッドカバー開放による内部点検（目視点検）、潤滑油分析、ターニングによる動作確認を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

(2) 燃焼機関系統

a. 特定シリンダの着火異常

(a) 燃料噴射ポンプ異常

燃料噴射ポンプに異常がある場合、燃焼機関系統に異常を生じ、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため燃料噴射ラックの動作確認（各シリンダ）を実施したが、異常は確認されなかった。

(b) 過給機異常

過給機に異常がある場合、燃焼機関系統に異常を生じ、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため過給機ロータのハンドターニング、過給機エンドカバー開放による内部点検（目視点検）【ブロウ側、タービン側】、潤滑油分析を実施したところ、R側過給機において、以下の異常を確認した。

- ・過給機ロータのハンドターニングにて軸固着
- ・タービン側エンドカバー開放による内部点検にて軸受押さえ回り止め部に欠損
- ・潤滑油内で金属粉を確認

なお、L側過給機に異常は確認されなかった。

(3) 給排気系統

a. 特定シリンダの圧力異常

(a) 圧縮圧力低下

圧縮圧力の低下がある場合、給排気系統に異常を生じ、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのためクランクケースカバー開放による内部点検（目視点検）を実施したが、異常は確認されなかった。

(4) 制御系統

a. ガバナ異常

(a) 設定値異常

ガバナの設定値に異常がある場合、制御系統に異常を生じ、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのためロードリミット値、スピードドロープ設定値の確認を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

(b) 動作異常

ガバナの動作に異常がある場合、制御系統に異常を生じ、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため作動油内の異物確認、単体動作試験を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

(5) 冷却水系統

a. 制御系異常

(a) 温度調整弁の異常

定例試験記録より、当該D/G停止までは正常に冷却水が温度制御されており、異常は確認されていないことに加え、冷却水の制御系異常が発電機出力低下の要因となる可能性は低いが、念のため温度調整弁について、分解点検を実施する。

b. 機械系異常

(a) ポンプの異常

定例試験記録より、当該D/G停止までは正常に冷却水が温度制御されており、異常は確認されていないことに加え、冷却水の機械系異常が発電機出力低下の要

因となる可能性は低いですが、念のため冷却水ポンプの動作確認（機関ターニングと同時動作確認）を実施したが、異常は確認されなかった。

（6）発電機系統

a．監視系異常

（a）計器単品異常

中央制御室に設置している電力計に異常がある場合、誤った発電機出力を示す可能性がある。

そのため電力計の計器点検を実施したが、異常は確認されなかった。

（b）PT・CT異常、ヒューズ溶断

中央制御室に設置している電力計、過渡現象記録装置へ信号を出力する回路上で異常がある場合、誤った発電機出力を示す可能性がある。

そのためPT・CT目視点検、ヒューズ確認を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

b．発電機主回路異常

（a）受電遮断器の開放

受電遮断器の意図しない開放がある場合、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため運転員への聞き取り及び過渡現象記録装置のトレンド確認を実施したが、受電遮断器の意図しない開放はなかった。

また、受電遮断器の単体動作確認を実施したが、異常は確認されなかった。

（添付資料－3 参照）

（b）主回路での地絡、短絡

主回路上に地絡、短絡が発生した場合、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため発電機の絶縁抵抗測定、巻線抵抗測定を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

なお、念のため主回路を監視している警報要素に関わる継電器点検を実施したが、異常は確認されなかった。

（c）AVR異常

AVRに異常がある場合、発電機の制御不良により、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのためAVR点検を実施したが、異常は確認されなかった。

(d) 界磁回路での地絡、短絡

界磁回路上に地絡、短絡が発生した場合、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため界磁回路の絶縁抵抗測定、巻線抵抗測定を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

c. 系統異常

(a) 系統動揺

系統動揺が発生している場合、発電機系統に異常を生じ、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのため過渡現象記録装置のトレンドにて系統電圧、系統周波数を確認したが、系統動揺は確認されなかった。

d. 発電機異常

(a) 発電機の異常振動

発電機に異常振動がある場合、回転部の機械的な異常により、発電機出力低下の要因となる可能性がある。

そのためカップリング嵌合部、発電機基礎ボルト、速度検出器、ブラシホルダー及びコレクターリングの目視点検、ターニングによる動作確認、軸受部上蓋開放確認、発電機（主回路及び界磁回路）の絶縁抵抗測定、巻線抵抗測定を実施したが、いずれも異常は確認されなかった。

以上の当該D/G出力低下に関する要因分析に基づく調査結果より、燃焼機関系統の調査において、R側過給機に軸固着が確認された。その他においては、現時点において異常は確認されていない。

したがって、R側過給機軸固着が当該D/G出力低下の要因である可能性が高いことから、当該過給機軸固着の要因分析表を作成し調査を実施することとした。

【過給機軸固着に関する要因分析に基づく調査】

過給機については、軸固着を確認したR側過給機をメーカー工場に搬出して詳細点検を実施するが、搬出前にファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検を実施することとした。

なお、異常の確認されていないL側過給機についてもメーカー工場に搬出し、R側過給機と比較調査することとした。

(添付資料－5 参照)

(1) 回転体の異常

a. タービンブレードとシュラウドとの接触

(a) タービンブレード異常

タービンブレードに異常がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

なお、過給機取外し前の準備として、タービン排気管取り外し時にタービンブレードの一部を視認した際、タービンブレード1枚の折損及び1枚の変形、シャフトシュラウドの破損が確認された。

(添付資料－6－(1) ①、② 参照)

(b) レーシングワイヤ異常

レーシングワイヤに異常がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

なお、メーカ工場搬出前のファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検にて、レーシングワイヤの破損が確認された。

(添付資料－6－(1) ③ 参照)

b. タービンブレードとノズルリングとの接触

(a) ノズルリングの異常

ノズルリングに異常がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

(b) 異物飛び込みによるノズル損傷

異物飛び込みによりタービンブレード、ノズルリングに損傷がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

c. インペラとケースとの接触

(a) インペラの異常

インペラに異常がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

なお、メーカ工場搬出前のファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検にて、インデューサとケーシングの接触痕及びインペラに接触痕が確認された。

(添付資料－6－(2) ①、② 参照)

(b) 異物飛び込みによるインペラ損傷

異物飛び込みによりインペラに損傷がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

なお、メーカ工場搬出前のファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検にて、インデューサとケーシングの接触痕及びインペラに接触痕が確認された。

d. シール部品とロータ軸との接触

(a) ロータ軸偏心

ロータ軸の曲がりにより接触がある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性がある。

そのため過給機エンドカバー開放による目視点検、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

なお、タービン側エンドカバー開放による内部点検にて、軸受押さえ回り止め部に欠損が確認された。

(添付資料－6－(4) 参照)

(b) シール部品の脱落

固定ボルト等の緩みがある場合、回転体に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

(2) 軸受の異常

a. ベアリングの異常

(a) ベアリング摩耗

ベアリング摺動部に異常摩耗がある場合、軸受に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、当社研究所にて詳細点検を実施する。

なお、メーカ工場搬出前のファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検にて、R側過給機（タービン側及びブロー側）ベアリング周辺に光沢のある付着物が確認された。

(添付資料－6－(3) ①、② 参照)

(b) 潤滑油不良

潤滑油給油時の銘柄間違いによるベアリングの損傷がある場合、軸受に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性がある。

そのため銘柄を確認した結果、相違は確認されなかった。

(c) 潤滑油の劣化、油量不足

潤滑油性状の劣化、オイルポンプ故障による油量不足がある場合、軸受に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性がある。

潤滑油性状の劣化については、潤滑油分析を実施した結果、潤滑油性状に異常は確認されなかった。

オイルポンプの健全性については、メーカ工場にて詳細点検を実施する。

(d) 潤滑油への異物混入

潤滑油への異物混入によるベアリングに損傷がある場合、軸受に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカー工場にて詳細調査を実施する。

なお、潤滑油内で確認された金属粉の成分分析を実施した結果、タービン側にて亜鉛(Zn)成分と銅(Cu)成分、ブロワ側にて鉄(Fe)及びクロム(Cr)を含む成分が多く検出された。現在、両金属粉を含有する部材・部品を調査し、発生源を調査中。

(添付資料－6－(5) 参照)

b. 構成部品の緩み、異常

(a) 部品の脱落

固定ボルト等の緩み、脱落がある場合、軸受に損傷を生じ、過給機軸固着の要因となる可能性があるため、メーカー工場にて詳細点検を実施する。

過給機軸固着に関する要因分析に基づく調査において現時点で確認されている状況は以上であるが、引き続きメーカー工場等にて調査を継続する。

7. 当該D/G出力低下の推定メカニズム

これまでの調査から、R側過給機の異常が確認されているが、それ以外のディーゼル機関本体や、発電機周辺設備に不具合や異常は確認されておらず、当該D/G出力低下となるメカニズムの特定には至っていない。今後、過給機の詳細点検の進捗を踏まえ、メカニズムの検討及び特定を進める。

8. 今後の対応

これまでに実施した事象の原因調査において、当該D/GのR側過給機に異常が確認されたことから、過給機をメーカー工場等へ持ち出し、要因分析表に基づく詳細点検を実施する。詳細点検結果を踏まえ、本事象の原因及び再発防止対策を検討の上、11月末目処にて、報告書を取りまとめ報告する予定である。

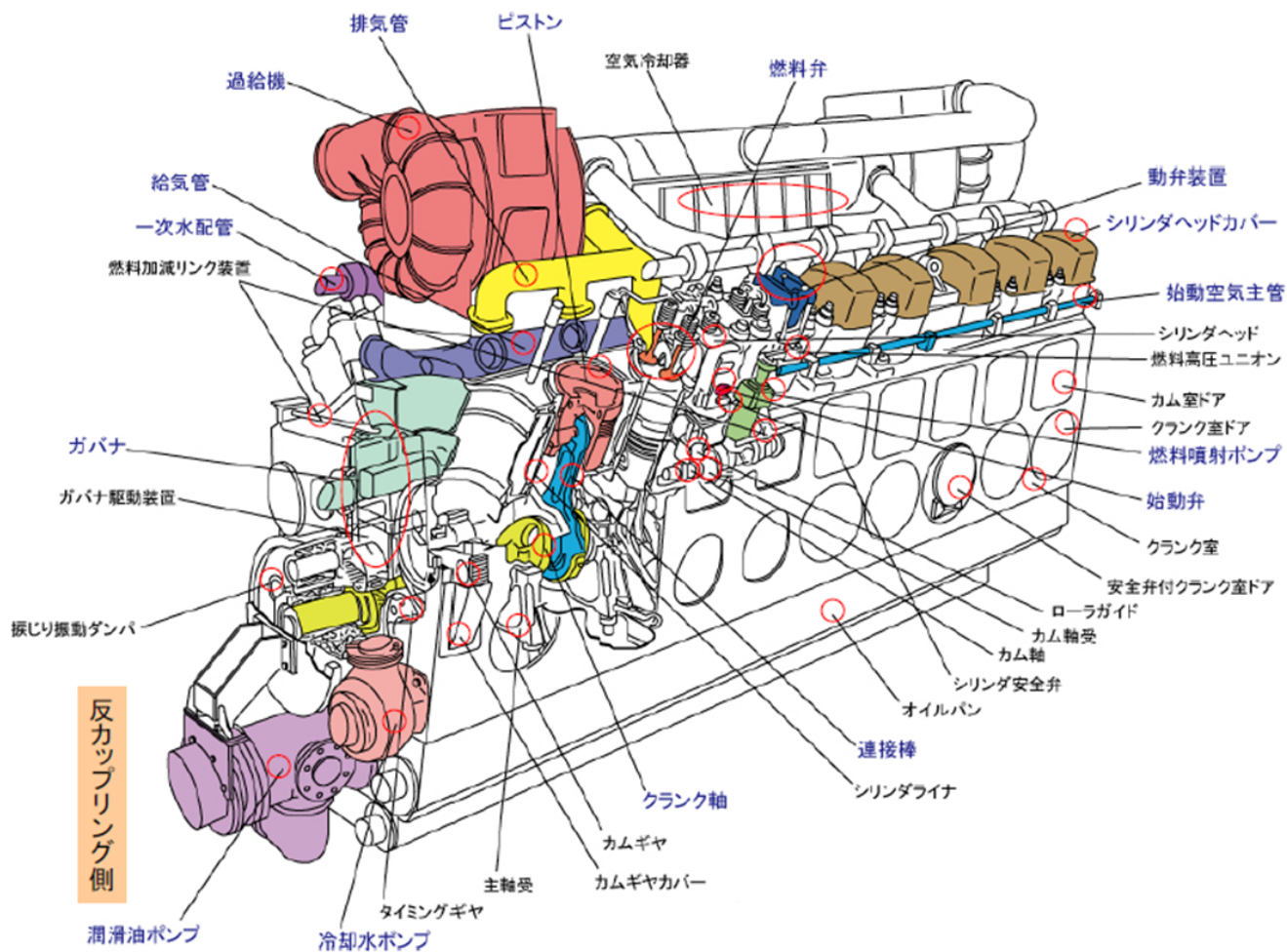
なお、現時点における水平展開については、異常が確認されている過給機と同設備を有する当社内の非常用ディーゼル発電機を対象として、定例試験において異常のないことを確認する。

(添付資料－7 参照)

以 上

添付資料

- 添付資料－1 構造図及び仕様（発電機、ディーゼル機関、調速装置、励磁装置）
- 添付資料－2 構造図及び仕様（過給機）
- 添付資料－3 非常用ディーゼル発電機（B）出力トレンド
- 添付資料－4 要因分析表（発電機出力低下）
- 添付資料－5 要因分析表（過給機R側軸固着）
- 添付資料－6 点検結果
- 添付資料－7 調査スケジュール



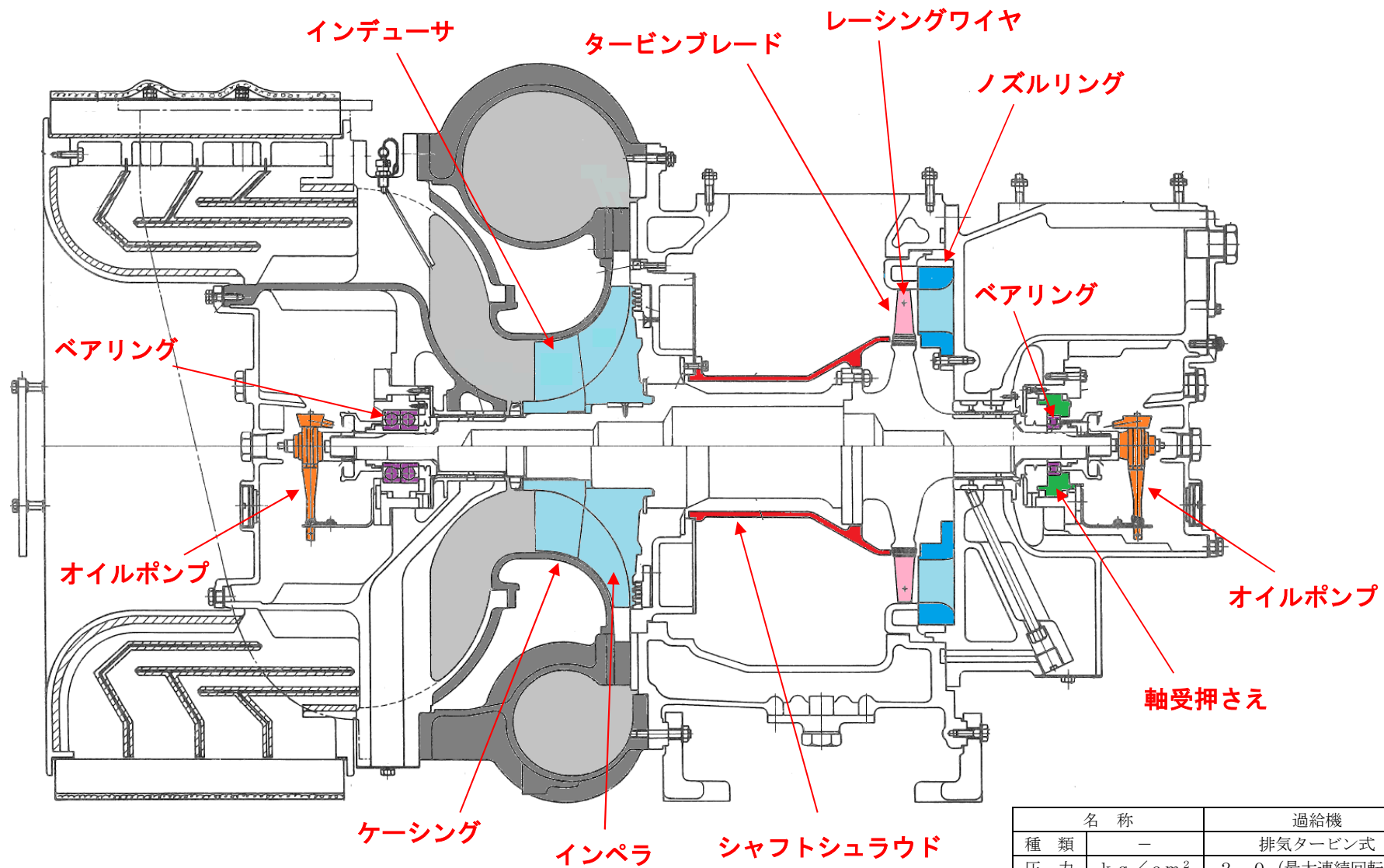
構造図及び仕様

名称		発電機
種類	—	横軸回転界磁三相交流同期発電機
容量	kVA/個	8250
力率	%	80
電圧	V	6900
相	—	3
周波数	Hz	50
回転数	rpm	500
結線法	—	星形
冷却法	—	空気冷却
個数	—	1

名称		ディーゼル機関
種類	—	4サイクルたて形18気筒ディーゼル機関
出力	PS/個	9450
回転数	rpm	500
個数	—	1

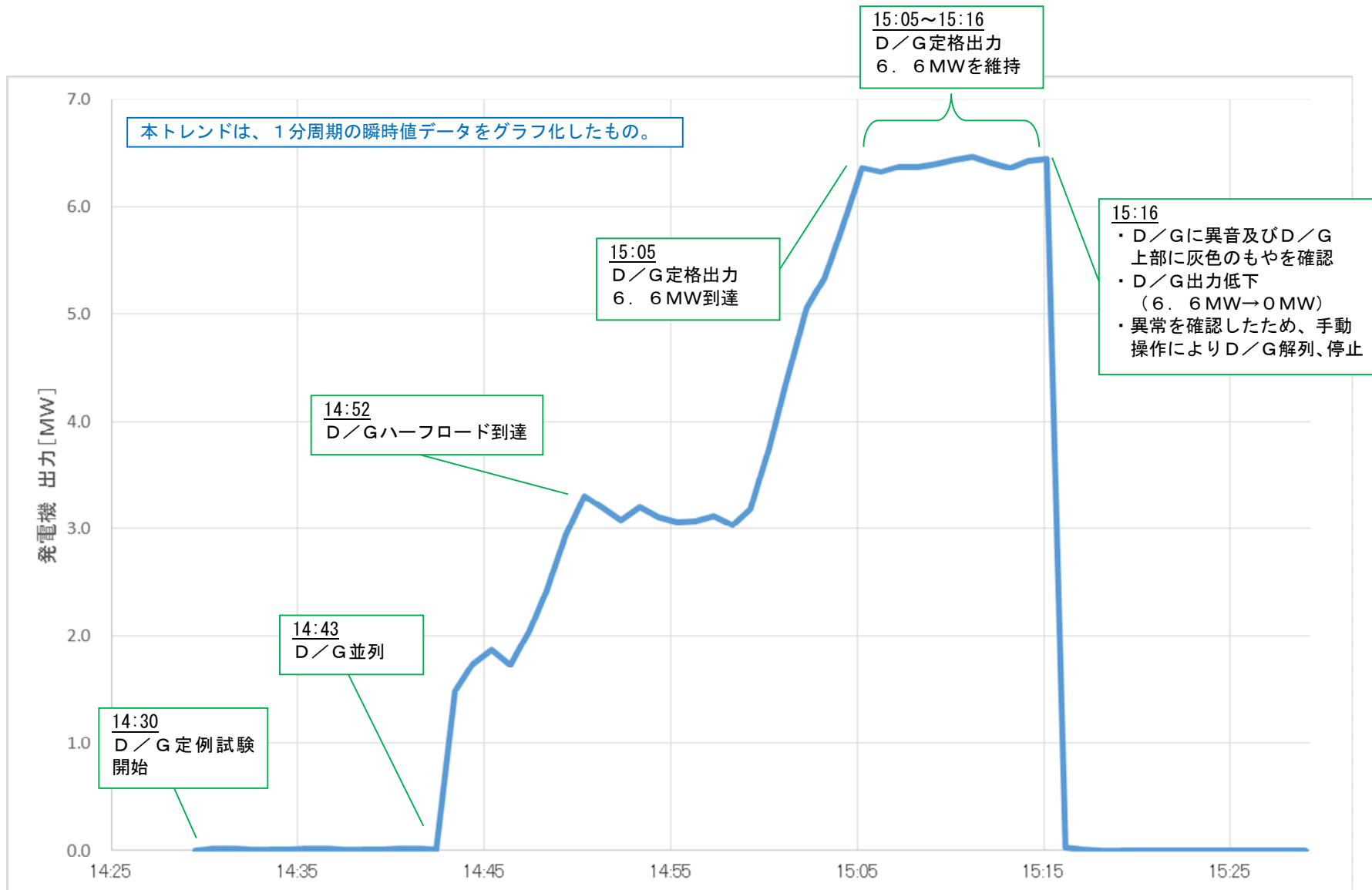
名称	调速装置
種類	油圧式

名称		励磁装置
種類	—	静止形自励式
容量	kW/個	45.1
電圧	V	110
個数	—	1



名称		過給機
種類	—	排気タービン式
圧力	kg/cm ²	2.0 (最大連続回転時)
回転数	rpm	17000 (最大連続回転数)
個数	—	2

構造図及び仕様



非常用ディーゼル発電機 (B) 出力トレンド

要因分析表(発電機出力低下)

確認事象	故障モード	要因	懸念事項	調査内容	調査結果	判定	備考
異音	潤滑油系統異常	摺動部異常	・ピストン、ライナー抵抗大 ・クランク軸、軸受の抵抗大 ・歯車への異物混入 ・ローラガイドの抵抗大 ・給排気弁の抵抗大	・クランクケースカバー開放による内部点検(目視点検)【9月4日】 ・カムケースカバー開放による内部点検(目視点検)【9月4日】 ・潤滑油分析【9月18日】 ・ターニングによる動作確認【9月6日】	・クランクケースカバー開放による内部点検【異常なし】 ・カムケースカバー開放による内部点検【異常なし】 ・潤滑油分析【潤滑油性状異常なし】 ・ターニングによる動作確認【異常なし】	△	
		回転部異常	・クランク軸、軸受の抵抗大 ・主軸受の抵抗大 ・カム軸受の抵抗大 ・揺動軸の抵抗大	・クランクケースカバー開放による内部点検(目視点検)【9月4日】 ・カムケースカバー開放による内部点検(目視点検)【9月4日】 ・シリンダヘッドカバー開放による内部点検(目視点検)【9月4日】 ・潤滑油分析【9月18日】 ・ターニングによる動作確認【9月6日】	・クランクケースカバー開放による内部点検【異常なし】 ・カムケースカバー開放による内部点検【異常なし】 ・シリンダヘッドカバー開放による内部点検【異常なし】 ・潤滑油分析【潤滑油性状異常なし】 ・ターニングによる動作確認【異常なし】	△	
発電機出力低下	燃焼機関系統異常	燃料噴射ポンプの異常	・プランジャのスティック ・吐出弁のスティック ・燃料噴射ラックのスティック	・燃料噴射ラックの動作確認(各シリンダ)【9月5日】	・燃料噴射ラックの動作確認【異常なし】	△	
		特定シリンダの着火異常	過給機の異常 ・軸受の異常 ・回転体の異常	・過給機エンドカバー開放による内部点検(目視点検)【プロウ側:9月4.5日】 ・過給機エンドカバー開放による内部点検(目視点検)【タービン側:9月7日】 ・過給機ロータのハンドターニング【9月6日】 ・潤滑油分析【プロウ側:9月18日】【タービン側:9月27日】 ・潤滑油内で確認された金属粉の成分分析【9月27日】	・プロウ側エンドカバー開放による内部点検【異常なし】 ・タービン側エンドカバー開放による内部点検にて軸受押さえ回り止め部に欠損を確認 ・過給機ロータのハンドターニング【R側軸固着確認】【L側異常なし】 ・潤滑油分析【プロウ側、タービン側:潤滑油性状異常なし】 ・分析結果に基づく部品調査中	○	
給排気系統異常	特定シリンダの圧力異常	圧縮圧力低下	・ピストンリング気密不良	・クランクケースカバー開放による内部点検(目視点検)【9月4日】	・クランクケースカバー開放による内部点検【異常なし】	△	
制御系統異常	ガバナ異常	設定値異常	・ロードリミット・スピードドループ誤設定により、ガバナ制御が正常に行われない。	・ロードリミット値、スピードドループ設定値の確認【8月30日(写真記録9月19日)】	・定例試験時にロードリミット値及びスピードドループ設定値に異常が無いことを確認している。 ・D/Gの手動停止までは、ガバナの作動状況に異常は確認されていない。	△	
		ガバナ動作異常	・ガバナ内作動油に異物があった場合、異物噛み込みにより、ガバナ制御が正常に行われない。 ・ガバナ内部に異常があった場合、ガバナ制御が正常に行われない。	・作動油内の異物確認【9月28日】 ・単体動作確認【9月28日】	・D/Gの手動停止までは、ガバナの作動状況に異常は確認されていない。 ・ガバナの異常で出力が低下した際は、450rpm以下にて「ガバナ設定値異常」ANNが発報する。 ・中央制御室CSによるインテグレーション操作、連続操作にて動作確認を実施したが、何れも追従性に異常は確認されなかった。 ・ガバナ作動油について#200メッシュにて濾したが、ガバナ動作を阻害するような異物は確認されなかった。	△	
冷却水系統異常	制御系異常	温度調整弁の異常	・温度調整弁のエLEMENT不良により、冷却水の温度制御が正常に行われない。	・温度調整弁の分解点検	・定例試験記録よりD/G停止までは、正常に温度制御されており、異常は確認されていない。 ・D/G停止後に温度上昇が確認されたが、D/G停止後は冷却水の循環運転が行われないことによるものであり問題ない。	△	
	機械系異常	ポンプの異常	・ポンプ故障により、冷却水の循環が正常に行われない。	・冷却水ポンプ動作確認	・定例試験記録よりD/G停止までは、正常に温度制御されており、異常は確認されていない。 ・D/G停止後に温度上昇が確認されたが、D/G停止後は冷却水の循環運転が行われないことによるものであり問題ない。	△	
発電機系統異常	監視系異常	計器単品異常	・中央制御室電力計の異常	・計器点検【9月6日】	・計器点検【異常なし】	×	
		PT・CT異常 ヒューズ溶断	・中央制御室電力計、過渡現象記録装置へ信号を出力する回路上での異常	・PT・CT目視点検【9月5日】 ・ヒューズ確認【9月5日】	・PT・CT目視点検【異常なし】 ・ヒューズ確認【異常なし】	×	
	発電機主回路異常	受電遮断器の開放	・受電遮断器の意図しない開放	・過渡現象記録装置のトレンド(受電遮断器動作)確認【9月7日】 ・受電遮断器単体動作確認【9月7日】	・過渡現象記録装置のトレンド(受電遮断器動作)確認【異常なし】 ・受電遮断器単体動作確認【異常なし】	×	
		主回路での地絡・短絡	・主回路上の地絡 ・主回路上の短絡 ・主回路を監視している警報要素に関わる継電器異常	・発電機の絶縁抵抗測定【9月5日】 ・発電機の巻線抵抗測定【9月5日】 ・警報要素に関わる継電器点検【9月5日～6日】	・発電機の絶縁抵抗測定【異常なし】 ・発電機の巻線抵抗測定【異常なし】 ・警報要素に関わる継電器点検【異常なし】	×	
		AVR異常	・AVR異常による発電機の制御不良	・AVR点検【9月13日～10月1日】	・AVR点検【異常なし】	×	
界磁回路での地絡・短絡	・界磁回路上の地絡 ・界磁回路上の短絡	・界磁回路の絶縁抵抗測定【9月6日】 ・界磁回路の巻線抵抗測定【9月6日】	・界磁回路の絶縁抵抗測定【異常なし】 ・界磁回路の巻線抵抗測定【異常なし】	×			
系統異常	系統動揺	・系統動揺による発電機出力低下	・過渡現象記録装置のトレンド(系統電圧)確認【9月7日】 ・過渡現象記録装置のトレンド(系統周波数)確認【9月7日】	・過渡現象記録装置のトレンド(系統電圧)確認【異常なし】 ・過渡現象記録装置のトレンド(系統周波数)確認【異常なし】	×		
発電機異常	発電機の異常振動	カップリング嵌合部のゆるみ		・カップリング嵌合部目視点検【9月6日】	・カップリング嵌合部目視点検【異常なし】	×	
		軸のセンターリング不良		・ターニングによる動作確認【9月6日】	・ターニングによる動作確認【異常なし】	×	
		発電機の基礎ボルトゆるみ		・発電機基礎ボルト目視点検【9月6日】	・発電機基礎ボルト目視点検【異常なし】	×	
		軸受部の異常(摩耗・損傷)		・潤滑油分析(潤滑油系統異常で実施) ・軸受部上蓋開放確認【9月18日～28日】	・軸受部上蓋開放確認【異常なし】	×	
		発電機エアギャップの異常による回転子と固定子の接触 歯車と速度検出器の接触 ブラシホルダーとコレクタリングの接触		・発電機の絶縁抵抗測定【9月5日】 ・発電機の巻線抵抗測定【9月5日】 ・界磁回路の絶縁抵抗測定【9月6日】 ・速度検出器目視点検【9月6日】 ・ブラシホルダー、コレクタリング目視点検【9月6日】	・発電機の絶縁抵抗測定【異常なし】 ・発電機の巻線抵抗測定【異常なし】 ・界磁回路の絶縁抵抗測定【異常なし】 ・速度検出器目視点検【異常なし】 ・ブラシホルダー、コレクタリング目視点検【異常なし】	×	

○: 要因の可能性あり、△: 要因の可能性は否定できない、×: 要因の可能性はないと考えられる
注: 本要因分析は、現時点における調査結果に基づき作成しているものである。今後の調査結果によっては、調査の内容に変更が生じる可能性がある。

要因分析表(過給機R側軸固着)

確認事象	故障モード	要因	懸念事項	点検内容	点検結果	判定	備考	
過給機 ロータのハンドターニング 【R側軸固着確認】	回転体の異常	タービンブレードと シュラウドとの接触	タービンブレード異常	タービンブレードの異常によるタービンブレード損傷	・ファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検【9月19日】 ・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】	・タービンブレードの1枚の折損および1枚の変形を確認 ・シャフトシュラウドの破損を確認 (過給機取外し前の準備として、タービン排気管取り外し時に確 認された)	○	
		タービンブレードと シュラウドとの接触	レーシングワイヤ異常	レーシングワイヤ切断若しくはタービンブレードの損傷によりレーシングワイヤが損傷。 これに伴いシュラウドリングと接触	・ファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検【9月19日】 ・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】	・レーシングワイヤの破損を確認	○	
		タービンブレードと ノズルリングとの接触	ノズルリングの異常	ノズルリングの異常による損傷で損傷部品がタービンブレードに飛び込みアンバランス発 生	・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】		△	
		タービンブレードと ノズルリングとの接触	異物飛び込みによる ノズル損傷	異物飛び込みによりノズルリング、タービンブレードが損傷し接触する。または、異物が噛み こんだ状態。	・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】		△	
	インペラとケース との接触	インペラの異常	インペラの異常による損傷によりアンバランス発生	・ファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検【9月18日】 ・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】	・インデューサとケーシングの接触痕を確認 ・インペラに接触痕を確認	○		
	インペラとケース との接触	異物飛び込みによる インペラ損傷	異物飛び込みによりインペラが損傷	・ファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検【9月18日】 ・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】	・インデューサとケーシングの接触痕を確認 ・インペラに接触痕を確認	○		
	シール部品とロータ軸 との接触	ロータ軸偏心	ロータ軸の曲がりにより接触	・過給機エンドカバー開放による内部点検(目視点検)【プロワ側:9月 4.5日タービン側:9月7日】 ・過給機ロータのハンドターニング【9月6日】 ・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】	・プロワ側エンドカバー開放による内部点検【異常なし】 ・過給機ロータのハンドターニング【R側軸固着確認】 ・タービン側エンドカバー開放による内部点検にて軸受押さえ回り 止め部に欠損を確認	△		
	シール部品とロータ軸 との接触	シール部品の脱落	固定ボルト等の回り止め座金の折り曲げ忘れによるボルトの緩み (他の要因にも該当)	・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】		△		
	軸受の異常	ベアリングの異常	ベアリング摩耗	ベアリング玉の異常摩耗	・ファイバースコープ等による確認可能範囲の目視点検【9月19日】 ・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】 ・当社研究所にてベアリングの詳細調査【10月19日～11月16日】	・タービン側およびプロワ側ベアリング周辺に光沢のある付着物 を確認	△	
			潤滑油不良	潤滑油給油時の銘柄間違いによるベアリング損傷	・潤滑油銘柄、工事報告書にて確認【9月19日】	・潤滑油銘柄【相違なし】	×	
潤滑油の劣化、油量不足			潤滑油性状の劣化、オイルポンプ故障による油量不足によりベアリング損傷	・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】 ・潤滑油分析【プロワ側:9月18日】【タービン側:9月27日】	・潤滑油分析【プロワ側、タービン側:潤滑油性状異常なし】	△		
潤滑油への異物混入			潤滑油への異物混入によるベアリング損傷	・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】 ・潤滑油分析【プロワ側:9月18日】【タービン側:9月27日】 ・潤滑油内で確認された金属粉の成分分析【9月27日】	・潤滑油分析【プロワ側、タービン側:潤滑油性状異常なし】 ・金属粉の分析結果に基づく部品調査中	△		
構成部品の緩み、異常		部品の脱落	座金折り曲げ忘れによる、固定ボルト等の緩み	・メーカー工場搬出にて目視点検【10月12日搬出予定、15日～19日分解 予定】		△		

○: 要因の可能性あり, △: 要因の可能性は否定できない, × 要因の可能性はないと考えられる

注: 本要因分析は、現時点における調査結果に基づき作成しているものである。今後の調査結果によっては、調査の内容に変更が生じる可能性がある。

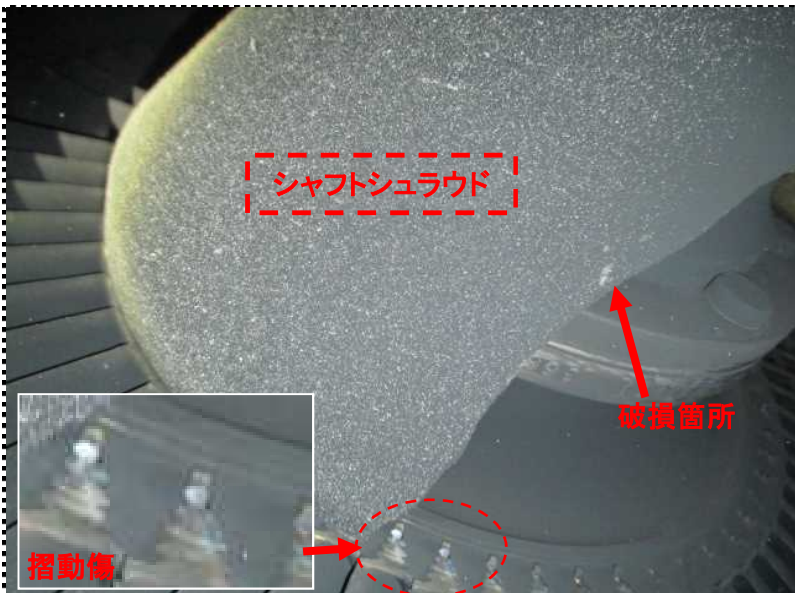


①
撮影日 平成30年9月28日

対象物 過給機(R側)タービン翼

点検結果 異常あり

コメント
タービンブレード1枚の折損及び1枚の変形を確認

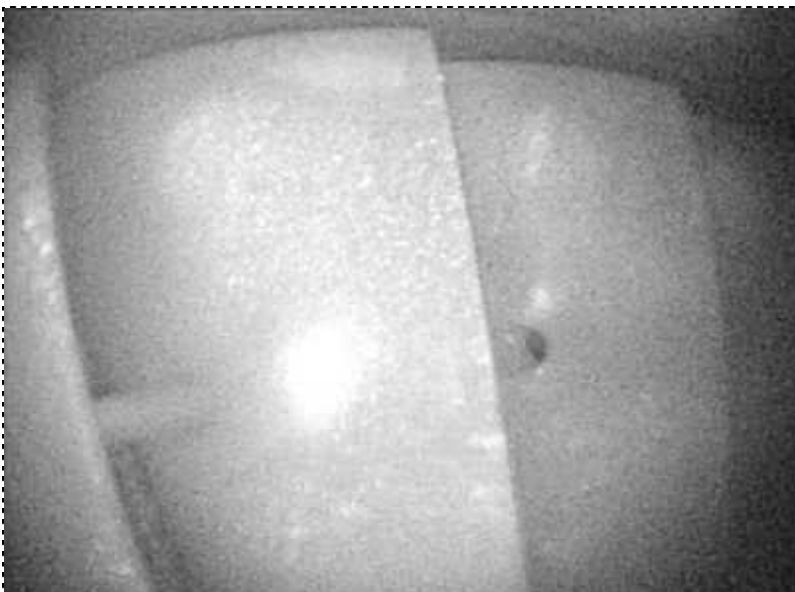


②
撮影日 平成30年9月28日

対象物 過給機(R側)シャフトシュラウド

点検結果 異常あり

コメント
シャフトシュラウドの破損とタービンブレード埋め込み部に摺動傷を確認



③
撮影日 平成30年9月19日

対象物 過給機(R側)タービン側

点検結果 異常あり

コメント
タービンブレードのレーシングワイヤの破損が確認された。

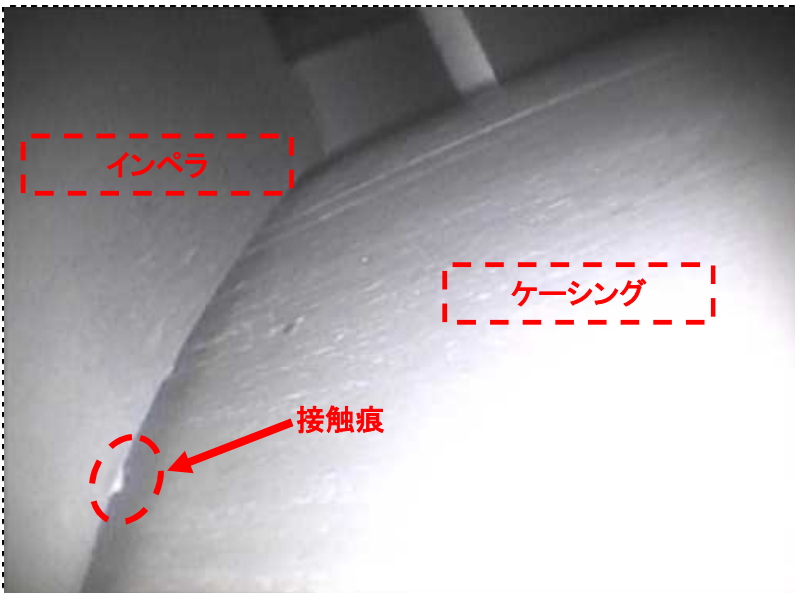


①
撮影日 平成30年9月18日

対象物 過給機(R側)ブロワ側

点検結果 異常あり

コメント
インデューサ23枚の内、10枚に接触痕が確認された。

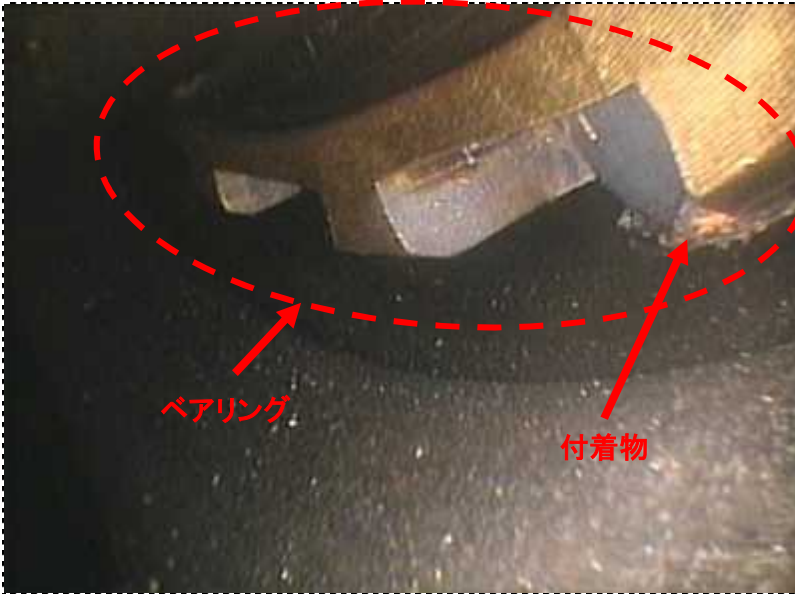


②
撮影日 平成30年9月19日

対象物 過給機(R側)ブロワ側

点検結果 異常あり

コメント
インペラに接触痕が確認された。



①
撮影日 平成30年9月7日

対象物 過給機(R側)タービン側

点検結果 異常あり

コメント
ベアリングに光沢のある付着物が確認され
た。

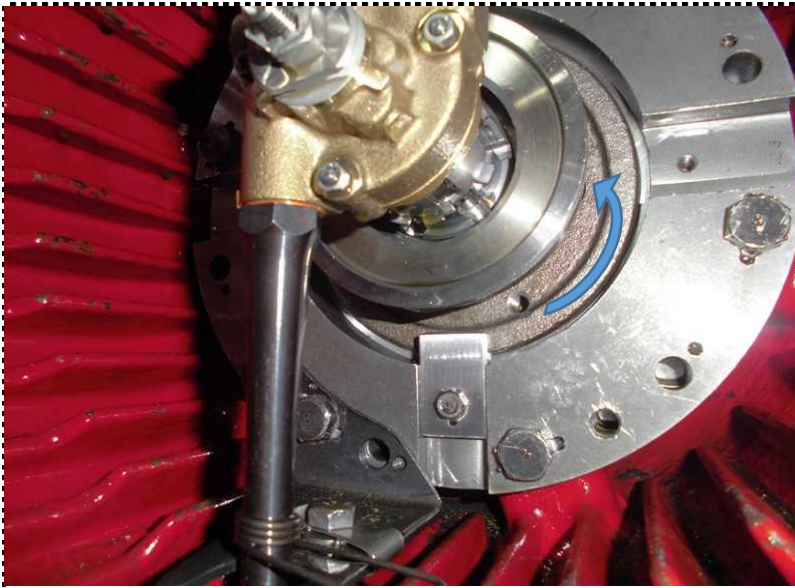
②
撮影日 平成30年9月7日

対象物 過給機(R側)ブロワ側

点検結果 異常あり

コメント
ベアリングに光沢のある付着物が確認され
た。





撮影日 平成30年9月7日

対象物 過給機タービン側(R側)

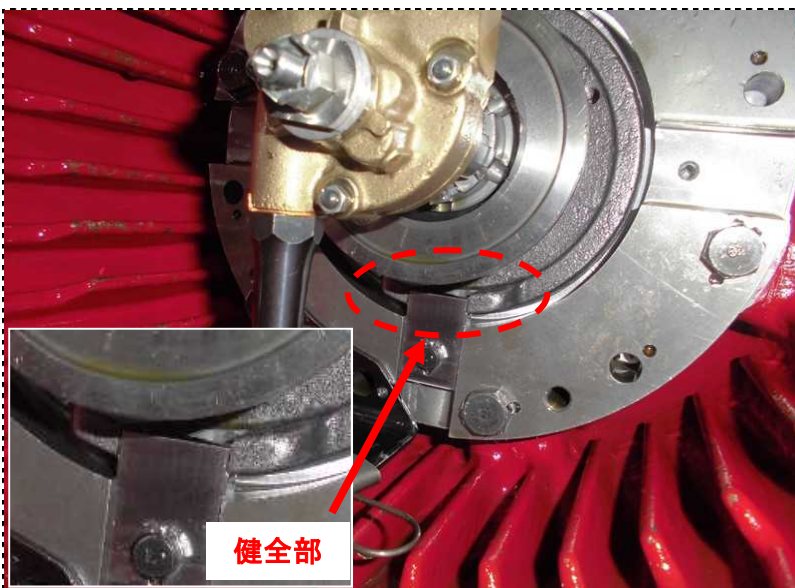
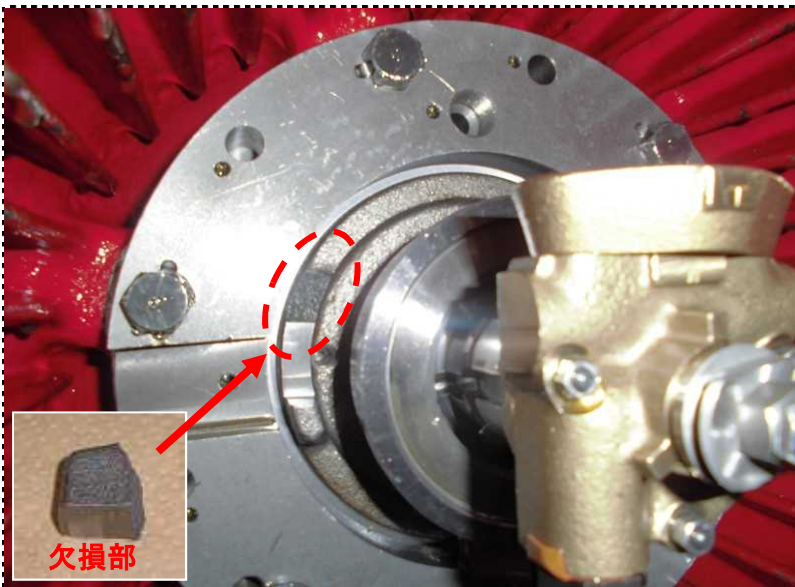
点検結果 異常あり

コメント

軸受押さえ回り止め部に欠損確認
 (欠損部は油溜め部より回収)
 及び軸受押さえが反時計廻りに270°回転していることを確認(ロータ回転方向と逆方向)
 油貯め内部に金属粉を確認

平成30年9月6日

ハンドターニングの結果、軸固着を確認



撮影日 平成30年9月7日

対象物 過給機タービン側(L側)

点検結果 異常なし(目視点検)

コメント

軸受および回転体の動きを阻害する異物
 および摺動傷は確認されなかった。

平成30年9月6日

異常なし

ハンドターニングの結果、ロータがスムーズに回転することを確認した。

金属粉 成分分析結果

1. 分析対象サンプル

- a. 1号機 D/G (B) 系 過給機 (R) 金属粉 タービン
- b. 1号機 D/G (B) 系 過給機 (R) 金属粉 ブロワ

2. 測定日

- ・2018年9月27日

3. 分析方法

- ・SEM観察によるEDS

4. 分析結果（定量結果）

- a. 1号機 D/G (B) 系 過給機 (R) 金属粉 タービン
 - Cu : 54.7%
 - Zn : 30.5%
 - O : 2.5%
 - (Cは、バックグラウンドとして検出されているため記載せず)
- b. 1号機 D/G (B) 系 過給機 (R) 金属粉 ブロワ
 - Fe : 89.7%
 - Cr : 1.5%
 - (Cは、バックグラウンドとして検出されているため記載せず)

5. 定量結果から想定される設備・機器

- a. ベアリング保持器
- b. 不明（成分から該当する設備なし）

K1 金属粉タービン(R側)
カーボンテープ上で観察

依頼番号	測定者	
化学-9-31(2)	確認者	
H30.9.27		

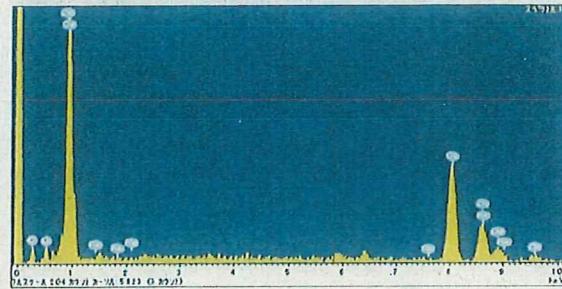


【前処理方法】
対象試料は予めエタノールに浸漬・洗浄した。試料をアルミステージに張り付けたカーボンテープ上に接着し、SEM/EDX測定を実施した。

表面観察結果

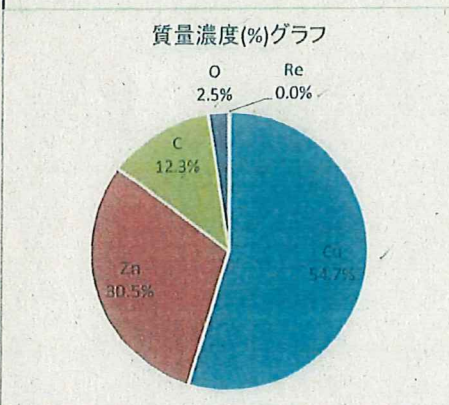


元素分析結果(スペクトル)



□ 分析箇所

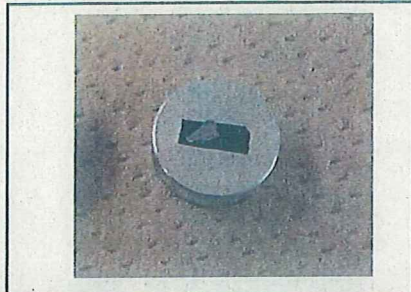
元素分析結果(定量)



元素	概算濃度	強度補正	質量濃度 [%]	質量濃度 o [%]	原子数濃度 [%]
Cu	12.26	0.9505	54.75	3.52	34.36
Zn	6.84	0.9519	30.49	4.03	18.59
C	0.91	0.3166	12.27	2.2	40.73
O	0.52	0.8676	2.54	0.77	6.33
Re	-0.01	0.4915	-0.05	0.93	-0.01
トータル			100		

K1 金属粉ブロワ(R側)
カーボンテープ上で観察

依頼番号	測定者	
化学-9-31(1)	確認者	
H30.9.27		

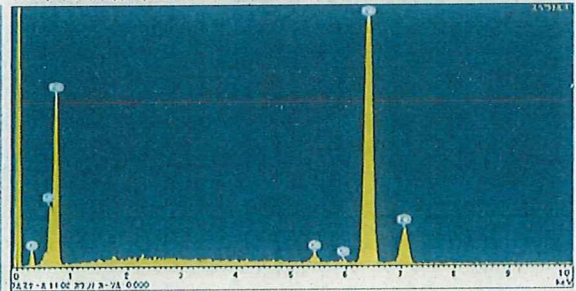


【前処理方法】
対象試料は予めエタノールに浸漬・洗浄した。試料をアルミステージに張り付けたカーボンテープ上に接着し、SEM/EDX測定を実施した。

表面観察結果

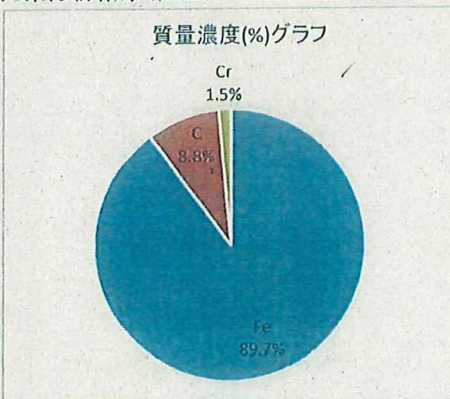


元素分析結果(スペクトル)



□ 分析箇所

元素分析結果(定量)



元素	概算濃度	強度補正	質量濃度 [%]	質量濃度 σ [%]	原子数濃度 [%]
Fe	108.24	0.9728	89.73	0.77	67.89
C	4.83	0.4433	8.79	0.77	30.91
Cr	2.26	1.2326	1.48	0.13	1.2
トータル			100		

「柏崎刈羽原子力発電所1号機 非常用ディーゼル発電機(B)の過給機軸固着について」 調査スケジュール

区分	観点	2018年				
		8月	9月	10月	11月	12月
全体工程		8/30 事象発生	9/6 法令報告	9/12 10日報提出	10/3 原因調査状況報告	下旬 報告書提出
調査	潤滑油系統点検		機関内部点検、潤滑油分析			
	給排気系統点検		ピストンリング気密確認			
	制御系系統点検			ガバナ作動油確認、動作確認		
	冷却水系統点検		冷却水ポンプ動作確認		温度調整弁分解点検	
	発電機系統点検		監視系、発電機主回路、発電機機械系点検			
	燃焼機関係系統点検		燃料ラック動作確認、潤滑油分析			
	過給機点検		過給機点検 損傷部の詳細調査	過給機付属機器取外	過給機取外、タービン翼点検 過給機工場点検	ベアリング詳細調査 過給機軸固着の要因検討
原因と再発防止対策・水平展開検討		発生メカニズムの特定・追加点検項目検討			再発防止対策・水平展開検討	
報告書とりまとめ			原因調査状況報告とりまとめ			報告書とりまとめ

※本工程については、現状の見込みを表しており、進捗により適宜見直しを行う。