

廃炉発官 29 第 49 号
平成 29 年 12 月 1 日

原子力規制委員会 殿

東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号
東京電力ホールディングス株式会社
代表執行役社長 小早川 智明

福島第一原子力発電所 6 号機非常用ディーゼル発電機(A)調速装置(ガバナー)
の不具合に関する発電用原子炉施設故障等報告書の提出について

東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第 18 条の規定により、廃炉発官 29 第 21 号(平成 29 年 11 月 13 日付)で報告しておりますが、本事象の原因、対策につきまして、その結果がまとまりましたので、別添の通り報告いたします。

添付資料

福島第一原子力発電所 6 号機非常用ディーゼル発電機(A)調速装置(ガバナー)
の不具合に関する発電用原子炉施設故障等報告書

1 部

以上

発電用原子炉施設故障等報告書

平成29年12月 1日

東京電力ホールディングス株式会社

件名	福島第一原子力発電所6号機 非常用ディーゼル発電機(A)調速装置(ガバナー)の不具合について
事象発生の日時	平成29年11月2日11時10分 (福島第一規則第18条第4号に該当すると判断した日時)
事象発生の場所	福島第一原子力発電所6号機
事象発生の発電用原子炉施設名	非常用予備発電設備 非常用ディーゼル発電設備 調速装置
事象の状況	<p>1. 事象発生時の状況</p> <p>平成29年10月30日15時48分、福島第一原子力発電所6号機中央操作室(以下、「中操」という。)において、1ヶ月に1回行っている定例試験のために非常用ディーゼル発電機(A)(以下、「D/G6A」という。)を起動した。</p> <p>D/G6Aの起動確認後、非常用交流高圧電源母線(以下、「6.9kV M/C6C」という。)に並列するため、周波数(回転速度)および電圧を規定値に調整し、D/G6Aと6.9kV M/C6Cとの位相を確認するために同期検定器を「入」にした。</p> <p>同期は遅れ側であったため、同日15時56分、中操操作盤にあるD/G6Aの調速装置(以下、「ガバナー」という。)*1の操作スイッチ(以下、「CS」という。)を増側(周波数(回転速度)を上昇させる側)に操作したが、周波数(回転速度)が上昇しないことを確認した。</p> <p>*1: 中操および現場操作盤に設置したガバナーのCS操作により、電気信号をガバナーモーターに入力し、出力ピストン、リンク機構等を介して、ディーゼル機関への燃料供給量を変化させて、発電機の周波数(回転速度)を調整する装置</p> <p>当直長は、CSを増側操作しても周波数(回転速度)が上昇せず、D/G6Aが6.9kV M/C6Cへ並列できないことから、同日16時06分にD/G6Aが待機除外であると判断した。</p> <p>D/G6Aの現場操作盤にもガバナーのCSが設置されていることから、現場操作盤にてCS操作を試みたが、周波数(回転速度)が上昇しないことを確認し、同日17時11分にD/G6Aを停止した。</p> <p>その後、10月31日にガバナーを駆動させるためのガバナーモーターの動作確認を行ったところ、ガバナーのCSを減側に操作した際にはガバナーモーターは動作するものの、CSを増側に操作した際にはガバナーモーターは動作しないことを確認した。</p> <p>ガバナーモーターの分解点検を行う場合、点検後にガバナーとの組み合わせ試験等を行う必要があるが、福島第一原子力発電所構内(以下、「現地」という。)には試験装置がなく、点検後の健全性確認(単体試験・各種試験等)を行うことができないため、ガバナー一式を工場へ持ち出して点検することとした。</p> <p>本事象については、D/G6Aがガバナーの不具合により待機除外となったこと、工場へ持ち出してからでないとガバナーモーターの点検ができず、現地調査の段階で消耗品の交換や機器の調整により、D/G6Aを復旧できるかは不明であることから、11月2日11時10分、福島第一規則第18条第4号「安全上重要な機器等の点検を行った場合において、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。」に該当すると判断した。</p> <p>D/G6Aは待機除外となったが、5・6号機に設置している他の非常用ディーゼル発電機3台(5号機非常用ディーゼル発電機(A)・(B)、6号機非常用ディーゼル発電機(B))は待機状態にあることから、特定原子力施設に係る実施計画Ⅲ章第2編第61条で定める運転上の制限は満足しており、5・6号機の冷温停止維持に支障はない。</p> <p>なお、本事象による、D/G6Aが接続されている6.9kV M/C6Cおよび各負荷設備、並びに周辺環境への影響はなかった。</p>

<p>事象の状況</p>	<p>2. 状況調査結果 D/G 6 Aのガバナー不具合内容を把握するため、過去の点検状況等を調査した結果、以下のことを確認した。</p> <p>(1) D/G 6 Aの点検状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ D/G 6 Aは、平成29年5月31日から10月5日にかけて本格点検を行った。 ・ 不具合が確認されたガバナーは、6月16日に工場へ持ち出した後、6月21日から7月24日にかけてガバナーの分解点検を行っており、分解点検の結果に異常はなかった。 ・ 分解点検終了後のガバナーは、8月8日に現地へ搬入し、8月9日から10日にかけてD/G 6 A本体に取り付けた。 ・ D/G 6 Aに付属する他の補機類の点検も行った上で、10月3日から5日にかけて試運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、10月5日16時58分にD/G 6 Aを待機状態とした。また、試運転時において、ガバナーに今回の様な不具合はなかった。 ・ なお、10月30日に行ったD/G 6 Aの定例試験は、本格点検後に行った初回の定例試験であり、その間にD/G 6 Aは運転していない。 <p>(2) ガバナーの使用履歴</p> <p>今回不具合が確認されたガバナーは、6号機の運用開始（昭和54年）より使用しており、その間にガバナーの交換は行っていない。また、ガバナーモーターは、製造元の変更に伴い、平成25年に交換を行っている。</p> <p>なお、D/G 6 Aのガバナーについては、使用前の健全性確認のため、工場での調整・試験が必要となることから、現地に予備品として保有していなかった。</p>
<p>事象の原因</p>	<p>1. 原因調査結果</p> <p>1-1. 現地調査結果</p> <p>D/G 6 Aのガバナーを増側に操作しても周波数（回転速度）が上昇しない原因としては、電気的および機械的な要因が考えられることから、要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。</p> <p>(1) 電気的要因</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 中操および現場操作盤CSの導通確認および電圧測定 中操および現場操作盤のCS操作時における導通確認および電圧測定を行った結果、ガバナー操作回路に異常はなかった。（平成29年10月31日に確認） b. ガバナーモーター接続用ケーブルの外観点検および導通確認 ガバナーモーター接続用ケーブル（以下、「リード線」という。）の外観点検および導通確認を行った結果、リード線や端子部に断線等の異常はなかった。（平成29年10月31日に確認） c. ガバナーモーター電源ケーブル接続部の外観点検 ガバナーモーター電源ケーブル接続部（以下、「コネクタ」という。）の外観点検を行った結果、コネクタに緩み等の異常はなかった。（平成29年10月31日に確認） d. ガバナーモーターの動作確認および巻線抵抗測定 <ol style="list-style-type: none"> (a) 中操および現場操作盤のCSを増減操作してガバナーモーターの動作確認を行った結果、CSを増操作してもガバナーモーターは動作しなかった。 なお、CSを減操作した際にはガバナーモーターは正常に動作した。（平成29年10月31日に確認） (b) コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、平成29年7月18日に行った工場試験データと比較して、増側固定子コイルの抵抗値が0Ωであったこと、増側回路の線間の抵抗値も低かったことから、ガバナーモーター内の増側回路に何らかの異常がある可能性が高い。 なお、減側固定子コイルおよび減側回路の線間の抵抗値は工場試験データと同等であり、異常はなかった。（平成29年11月1日に確認） <p>(2) 機械的要因</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 燃料制御系およびガバナーの動作確認 D/G 6 Aの定例試験において、定格回転速度における運転状態に異常はなかったため、出力軸以降のリンク機構の固着、燃料の噴射不良等、燃料制御系の動作不良が発生している可能性は低い。（平成29年10月30日に確認）

また、回転速度を下降させる際のガバナーの動作状況に異常はなかったものの、回転速度を上昇させる際のガバナーの動作状況については、ガバナーモーターが動作しなかったため確認できなかった。（平成29年10月31日に確認）

以上の調査結果から、ガバナーモーター内の増側回路に何らかの不具合があるものと推定し、11月3日にガバナー一式を工場へ持ち出して調査することとした。

1-2. 工場調査結果

「1-1. 現地調査結果」で不具合が確認されたガバナーモーターについて、11月3日にガバナー一式を工場へ持ち出し、要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。

なお、工場に持ち出したガバナーについては、新品のガバナーモーターをガバナーに組み合わせ、11月10日に工場健全性確認を行い、正常に動作することを確認した。

また、11月13日にガバナー一式を現地へ搬入し、D/G6A本体に取り付ける作業を行った後、11月14日に確認運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、11月14日16時59分にD/G6Aを待機状態とした。

(1) 工場搬入時の状態確認

工場搬入時の状態確認として、ガバナーモーターの外観点検を行った結果、ガバナーモーターに傷や破損等の異常はなかった。

また、コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、現地調査結果と同様、増側固定子コイルの抵抗値が0Ωで、増側回路の線間の抵抗値も基準値より低かった。なお、減側固定子コイルおよび減側回路の線間の抵抗値は基準値内であった。（平成29年11月6日に確認）

(2) コネクタ

a. ガバナーモーターとコネクタ間のリード線の外観点検

ガバナーモーターとコネクタの間にあるリード線の外観点検を行った結果、リード線を束ねている被覆に傷や破損はなかった。（平成29年11月6日に確認）

b. コネクタ内部のリード線の外観点検および触診

コネクタ内部に取り付けているリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。

また、コネクタ内部に取り付けているリード線のはんだ付け箇所の外観点検およびピンセットによる触診を行った結果、はんだ付け箇所の外れはなかった。

（平成29年11月7日に確認）

(3) ガバナーモーター端子台

a. 端子台内部の外観点検

ガバナーモーターの端子台内部の外観点検を行った結果、端子台内部に端子台カバーの破片（バリ）があったが、絶縁体であり抵抗値低下に影響を及ぼすものではなかった。（平成29年11月6日に確認）

b. 端子台内部のリード線の外観点検および巻線抵抗測定

端子台に取り付けている状態でリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。

なお、端子台内部を確認するために端子台カバーを取り外した際、端子台に取り付けているリード線が引っ張られる状態となったため、コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、全ての回路で抵抗値は基準値内であり、増側回路の抵抗値低下は再現しなかった。

また、端子台に取り付けているリード線のうち、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が、交差するように重なった状態で接触していたことから、端子台カバーを取り付けた状態を模擬するため、赤リード線の圧着端子（腹側）を押し付けた状態で、再度、巻線抵抗測定を行ったが、全ての回路で抵抗値は基準値内であった。

（平成29年11月6日に確認）

c. 端子台取り付け部の外観点検および触診

端子台に取り付けているリード線の圧着端子、端子台取付ナットの外観点検および触診を行った結果、リード線の圧着端子に傷や破損はなく、端子台取付ナットの緩みもなかった。

事 象 の 原 因

事象の原因

端子台に取り付けている赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差するように重なった状態で接触していたことから、リード線を外した状態で詳細に調査した結果、リード線には圧着端子を絶縁保護するために収縮チューブを被せてあるが、赤リード線では収縮チューブが圧着端子の一部に被っていない状態であった。

また、黄リード線では収縮チューブがリード線の被覆部分に被っておらず、圧着端子と被覆部分の隙間からリード線の素線部分が露出して見える状態であった。

なお、端子台内部を確認するために端子台カバーを取り外した際、青リード線と圧着端子が切れた状態となった。

（平成29年11月7日に確認）

(4) ガバナーモーター本体

a. 固定子コイルの外観点検および巻線抵抗測定

固定子コイルの外観点検を行った結果、固定子コイルに傷や破損はなかった。

また、端子台内部の各端子間（リード線を取り外した状態）でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、固定子コイルの抵抗値は基準値内であった。

（平成29年11月7日に確認）

b. 回転子コイルの外観点検および巻線抵抗測定

回転子コイルの外観点検を行った結果、回転子コイルに傷や破損はなかった。

また、端子台内部の各端子間（リード線を取り外した状態）でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、回転子コイルの抵抗値は基準値内であった。

（平成29年11月7日に確認）

c. ガバナーモーター内部の外観点検

ガバナーモーター内部の外観点検を行った結果、ガバナーモーター内部に異物の混入はなかった。（平成29年11月7日に確認）

d. ガバナーモーター内部のリード線の外観点検および触診

ガバナーモーター内部にあるリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。

また、ガバナーモーター内部に取り付けたリード線のはんだ付け箇所の外観点検およびピンセットによる触診を行った結果、はんだ付け箇所の外れはなかった。

（平成29年11月7日に確認）

e. ガバナーモーター内部のブラシおよびスプリングの外観点検

ガバナーモーター内部のブラシおよびブラシを回転子に密着させるためのスプリングについて外観点検を行った結果、ブラシ摺動面の欠損、ブラシ表面への異物の付着、スプリングの変形はなかった。（平成29年11月7日に確認）

以上の調査結果から、カバナーモーター本体に問題はなく、ガバナーモーター端子台に取り付けている赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が接触したことにより、増側回路で短絡が発生し、ガバナーモーターが動作不良となった可能性があるかと推定した。

しかしながら、端子台内部の調査段階において、増側回路の抵抗値低下は再現しなかったことから、実物と同様のリード線を製作した上で、実際の端子台に取り付けられた状態を模擬し、考えられる2つのケースで再現性試験を行うこととした。

1-3. 再現性試験結果

「1-2. 工場調査結果」で確認されたカバナーモーター端子台に取り付けられていたリード線について、リード線と圧着端子を繋ぐ際のリード線の素線や収縮チューブの長さ、圧着端子の凹み具合、端子台への圧着端子の取り付け状況等を模擬し、赤リード線と黄リード線間の抵抗測定を行った結果、以下のことを確認した。

(1) 圧着端子とリード線露出部の接触確認

赤リード線の収縮チューブが被っていない圧着端子部分と、黄リード線の収縮チューブが被っていない被覆部分を実物と同様に再現し、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）を交差させた状態で抵抗測定を行った結果、抵抗値は0.

1Ωで短絡状態となった。（平成29年11月8日に確認）

(2) 圧着端子角部の接触確認

赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）を交差させ、赤リード線の圧着端子（腹側）の角部が収縮チューブ越しに黄リード線の圧着端子（背側）に接触するよう端子台に取り付け、収縮チューブの接触部分を押し付けた状態で抵抗測定を行った結果、抵抗値は0.1Ωで短絡状態となった。

（平成29年11月9日に確認）

1-4. ガバナーモーターの交換・使用履歴調査結果

不具合が確認されたガバナーモーターの交換・使用履歴を調査した結果、以下のことを確認した。

- ・不具合が確認されたガバナーモーターは、平成24年11月29日から平成25年2月26日に行ったD/G6A本格点検の中で、平成25年1月に新品へ交換した。
- ・ガバナーモーターの交換は、メーカーよりガバナーモーター単体を納入し、工場にてガバナーモーター端子台とコネクタまでのリード線を取り付けた。この際、リード線の製作や圧着端子の取り付け、コネクタのはんだ付け等を行った。
- ・平成25年2月25日から26日にかけて、D/G6A本格点検終了時の試運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、平成25年2月26日19時39分にD/G6Aを待機状態とした。
- ・平成29年5月31日のD/G6A本格点検開始までの間、定例試験やD/G6A点検等に伴う試運転※2によりD/G6Aを約50回運転しているが、いずれも運転状態に異常はなかった。

※2：試運転の回数は、無負荷試験、100%負荷試験や電気式および機械式の過速度トリップ試験を纏めて1回としている。

以上の調査結果から、ガバナーモーターを交換してから今回の不具合が発生するまでに、D/G6Aに同様の不具合は発生していない。

また、平成29年5月31日からのD/G6A本格点検に伴い、ガバナーモーターの点検を行っているが、端子台内部は点検対象ではないことから、平成25年1月にガバナーモーターを交換してから、今回の不具合が発生するまでの間、端子台カバーを取り外して端子台内部を確認したことはなかった。

このことから、ガバナーモーターの交換直後から、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が短絡状態にあったものではなく、D/G6Aの運転等の影響により、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が短絡状態になったものと推定した。

1-5. ガバナーモーター端子台へのリード線取り付け状況調査結果

平成25年1月にガバナーモーターを新品に交換した際、工場にてガバナーモーター端子台からコネクタまでのリード線取り付けを行っていることから、当時の取り付け状況等を調査した結果、以下のことを確認した。

- ・ガバナーモーター端子台へリード線を取り付けた際の施工状況写真を確認した結果、端子台取付ナットに対して、赤リード線の圧着端子が上方向に取り付けられており、そこからリード線が屈曲した状態で下方向に配線されていた。
- ・他のリード線については、端子台取付ナットに対して、圧着端子およびリード線とも下方向に真っ直ぐ取り付けられており、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）は交差している状況であったが、実際に接触しているか写真では判別できなかった。
- ・施工状況写真では、圧着端子やリード線に被せた収縮チューブの長さ、圧着端子の凹み具合等は判別できなかった。
- ・リード線と圧着端子を繋ぐ際の製作方法や、ガバナーモーター端子台からコネクタまでのリード線を取り付ける際の施工方法等を示した、工場による社内手順等は定められていなかった。

2. 推定原因

「1. 原因調査結果」から、ガバナーモーターの増側回路が動作しなかった原因は、以下のとおりと推定した。

事象の原因

<p>事象の原因</p>	<p>①平成25年1月にガバナーモーターを新品へ交換するため、ガバナーモーター端子台に取り付けるリード線を製作した際、収縮チューブの長さが短く、赤リード線では収縮チューブが圧着端子の一部に被っていない状態、黄リード線ではリード線の被覆部分に収縮チューブが被っていない状態となった。</p> <p>②ガバナーモーター端子台にリード線を取り付ける際、端子台取付ナットに対して、赤リード線の圧着端子が上方向になるよう取り付け、そこからリード線が屈曲した状態で下方向に配線したことから、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差し、収縮チューブ越しに圧着端子同士が接触した状態となった。</p> <p>③赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が収縮チューブ越しに接触した状態で、ガバナーモーターをガバナーに組み合わせ、その後、ガバナーをD/G6A本体に取り付けた。</p> <p>④平成29年10月30日にD/G6Aの定例試験を行った際、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）の接触箇所に、以下のいずれかの事象により短絡が発生し、ガバナーモーターの増側回路が動作しなかった。</p> <p>④-1. 圧着端子とリード線露出部の接触 赤リード線の収縮チューブが被っていない圧着端子部分と、黄リード線の収縮チューブが被っていない被覆部分と圧着端子の隙間から露出した素線部分が接触し、短絡状態となった。</p> <p>④-2. 圧着端子角部の接触 赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差した状態で、収縮チューブ越しに赤リード線の圧着端子（腹側）の角部が黄リード線の圧着端子（背側）に押し付けられ、収縮チューブに微細な傷が発生したことで、圧着端子同士が直接接触し、短絡状態となった。</p>
<p>保護装置の種類及び動作状況</p>	<p>なし</p>
<p>放射能の影響</p>	<p>なし</p>
<p>被害者</p>	<p>なし</p>
<p>他に及ぼした障害</p>	<p>なし</p>
<p>復旧の日時</p>	<p>平成29年11月14日16時59分 (D/G6Aを待機状態とした日時)</p>
<p>再発防止対策</p>	<p>今回の事象については、ガバナーモーター交換時にリード線の製作方法や端子台への取付方法が定められておらず、リード線の圧着端子同士が接触して短絡状態になったと推定したことから、以下の再発防止対策を行う。</p> <p>(1) リード線の製作方法 リード線を製作する際には、圧着端子およびリード線の被覆部分を覆うよう、収縮チューブの長さを決めて被せることとし、工場の社内手順に規定する。</p> <p>(2) リード線の配線方法 ガバナーモーター端子台にリード線を取り付ける際には、圧着端子同士が接触しないよう、全ての圧着端子およびリード線を端子台に対して下方向に向けて配線することとし、工場の社内手順に規定する。</p> <p>上記の工場による社内手順が定められていることを、当社工事監理部門が確認する。 (平成29年12月末までに確認予定)</p>

福島第一原子力発電所6号機
非常用ディーゼル発電機（A）
調速装置（ガバナー）の不具合について

平成29年12月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

1. 件名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生の発電用原子炉施設	1
4. 事象発生時の状況	1
5. 状況調査結果	2
6. 原因調査結果	2
6-1. 現地調査結果	2
6-2. 工場調査結果	4
6-3. 再現性試験結果	6
6-4. ガバナーモーターの交換・使用履歴調査結果	7
6-5. ガバナーモーター端子台へのリード線取り付け状況調査結果	7
7. 推定原因	8
8. 対策	8
9. 添付資料	9

1. 件名

福島第一原子力発電所6号機
非常用ディーゼル発電機（A）調速装置（ガバナー）の不具合について

2. 事象発生の日時

平成29年11月2日11時10分
（福島第一規則第18条第4号に該当すると判断した日時）

3. 事象発生の発電用原子炉施設

非常用予備発電設備 非常用ディーゼル発電設備 調速装置

4. 事象発生時の状況

平成29年10月30日15時48分、福島第一原子力発電所6号機中央操作室（以下、「中操」という。）において、1ヶ月に1回行っている定例試験のために非常用ディーゼル発電機（A）（以下、「D/G6A」という。）を起動した。

D/G6Aの起動確認後、非常用交流高圧電源母線（以下、「6.9kV M/C6C」という。）に並列するため、周波数（回転速度）および電圧を規定値に調整し、D/G6Aと6.9kV M/C6Cとの位相を確認するために同期検定器を「入」にした。

同期は遅れ側であったため、同日15時56分、中操操作盤にあるD/G6Aの調速装置（以下、「ガバナー」という。）^{*1}の操作スイッチ（以下、「CS」という。）を増側（周波数（回転速度）を上昇させる側）に操作したが、周波数（回転速度）が上昇しないことを確認した。

※1：中操および現場操作盤に設置したガバナーのCS操作により、電気信号をガバナーモーターに入力し、出力ピストン、リンク機構等を介して、ディーゼル機関への燃料供給量を変化させて、発電機の周波数（回転速度）を調整する装置

当直長は、CSを増側操作しても周波数（回転速度）が上昇せず、D/G6Aが6.9kV M/C6Cへ並列できないことから、同日16時06分にD/G6Aが待機除外であると判断した。

D/G6Aの現場操作盤にもガバナーのCSが設置されていることから、現場操作盤にてCS操作を試みたが、周波数（回転速度）が上昇しないことを確認し、同日17時11分にD/G6Aを停止した。

その後、10月31日にガバナーを駆動させるためのガバナーモーターの動作確認を行ったところ、ガバナーのCSを減側に操作した際にはガバナーモーターは動作するものの、CSを増側に操作した際にはガバナーモーターは動作しないことを確認した。

ガバナーモーターの分解点検を行う場合、点検後にガバナーとの組み合わせ試験等を行う必要があるが、福島第一原子力発電所構内（以下、「現地」という。）には試験装置がなく、点検後の健全性確認（単体試験・各種試験等）を行うことができないため、ガバナー一式を工場へ持ち出して点検することとした。

本事象については、D/G6Aがガバナーの不具合により待機除外となったこと、工場へ持ち出してからでないとガバナーモーターの点検ができず、現地調査の段階で消耗品の交換や機器の調整により、D/G6Aを復旧できるかは不明であることから、11月2日11時10分、福島第一規則第18条第4号「安全上重要な機器等の点検を行った場合において、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。」

に該当すると判断した。

D/G6Aは待機除外となったが、5・6号機に設置している他の非常用ディーゼル発電機3台（5号機非常用ディーゼル発電機（A）・（B）、6号機非常用ディーゼル発電機（B））は待機状態にあることから、特定原子力施設に係る実施計画Ⅲ章第2編第61条で定める運転上の制限は満足しており、5・6号機の冷温停止維持に支障はない。

なお、本事象による、D/G6Aが接続されている6.9kV M/C6Cおよび各負荷設備、並びに周辺環境への影響はなかった。

（添付資料－1，2，3，4，5，6，7）

5. 状況調査結果

D/G6Aのガバナー不具合内容を把握するため、過去の点検状況等を調査した結果、以下のことを確認した。

（1）D/G6Aの点検状況

- D/G6Aは、平成29年5月31日から10月5日にかけて本格点検を行った。
- 不具合が確認されたガバナーは、6月16日に工場へ持ち出した後、6月21日から7月24日にかけてガバナーの分解点検を行っており、分解点検の結果に異常はなかった。
- 分解点検終了後のガバナーは、8月8日に現地へ搬入し、8月9日から10日にかけてD/G6A本体に取り付けた。
- D/G6Aに付属する他の補機類の点検も行った上で、10月3日から5日にかけて試運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、10月5日16時58分にD/G6Aを待機状態とした。また、試運転時において、ガバナーに今回の様な不具合はなかった。
- なお、10月30日に行ったD/G6Aの定例試験は、本格点検後に行った初回の定例試験であり、その間にD/G6Aは運転していない。

（添付資料－1）

（2）ガバナーの使用履歴

今回不具合が確認されたガバナーは、6号機の運用開始（昭和54年）より使用しており、その間にガバナーの交換は行っていない。また、ガバナーモーターは、製造元の変更に伴い、平成25年に交換を行っている。

なお、D/G6Aのガバナーについては、使用前の健全性確認のため、工場での調整・試験が必要となることから、現地に予備品として保有していなかった。

6. 原因調査結果

6-1. 現地調査結果

D/G6Aのガバナーを増側に操作しても周波数（回転速度）が上昇しない原因としては、電気的および機械的な要因が考えられることから、要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。

（添付資料－8）

(1) 電氣的要因

- a. 中操および現場操作盤CSの導通確認および電圧測定
中操および現場操作盤のCS操作時における導通確認および電圧測定を行った結果、ガバナー操作回路に異常はなかった。(平成29年10月31日に確認)

(添付資料-9)

- b. ガバナーモーター接続用ケーブルの外観点検および導通確認
ガバナーモーター接続用ケーブル(以下、「リード線」という。)の外観点検および導通確認を行った結果、リード線や端子部に断線等の異常はなかった。
(平成29年10月31日に確認)

(添付資料-9)

- c. ガバナーモーター電源ケーブル接続部の外観点検
ガバナーモーター電源ケーブル接続部(以下、「コネクタ」という。)の外観点検を行った結果、コネクタに緩み等の異常はなかった。(平成29年10月31日に確認)

- d. ガバナーモーターの動作確認および巻線抵抗測定
(a) 中操および現場操作盤のCSを増減操作してガバナーモーターの動作確認を行った結果、CSを増操作してもガバナーモーターは動作しなかった。
なお、CSを減操作した際にはガバナーモーターは正常に動作した。
(平成29年10月31日に確認)

- (b) コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、平成29年7月18日に行った工場試験データと比較して、増側固定子コイルの抵抗値が0Ωであったこと、増側回路の線間の抵抗値も低かったことから、ガバナーモーター内の増側回路に何らかの異常がある可能性が高い。
なお、減側固定子コイルおよび減側回路の線間の抵抗値は工場試験データと同等であり、異常はなかった。
(平成29年11月1日に確認)

(添付資料-10)

(2) 機械的要因

- a. 燃料制御系およびガバナーの動作確認
D/G6Aの定例試験において、定格回転速度における運転状態に異常はなかったため、出力軸以降のリンク機構の固着、燃料の噴射不良等、燃料制御系の動作不良が発生している可能性は低い。(平成29年10月30日に確認)

また、回転速度を下降させる際のガバナーの動作状況に異常はなかったものの、回転速度を上昇させる際のガバナーの動作状況については、ガバナーモーターが動作しなかったため確認できなかった。(平成29年10月31日に確認)

以上の調査結果から、ガバナーモーター内の増側回路に何らかの不具合があるものと推定し、11月3日にガバナー一式を工場へ持ち出して調査することとした。

6-2. 工場調査結果

「6-1. 現地調査結果」で不具合が確認されたガバナーモーターについて、11月3日にガバナー一式を工場へ持ち出し、要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。

なお、工場に持ち出したガバナーについては、新品のガバナーモーターをガバナーに組み合わせ、11月10日に工場で健全性確認を行い、正常に動作することを確認した。

また、11月13日にガバナー一式を現地へ搬入し、D/G6A本体に取り付ける作業を行った後、11月14日に確認運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、11月14日16時59分にD/G6Aを待機状態とした。

(添付資料-11, 12)

(1) 工場搬入時の状態確認

工場搬入時の状態確認として、ガバナーモーターの外観点検を行った結果、ガバナーモーターに傷や破損等の異常はなかった。

また、コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、現地調査結果と同様、増側固定子コイルの抵抗値が0Ωで、増側回路の線間の抵抗値も基準値より低かった。なお、減側固定子コイルおよび減側回路の線間の抵抗値は基準値内であった。

(平成29年11月6日に確認)

(添付資料-13)

(2) コネクタ

a. ガバナーモーターとコネクタ間のリード線の外観点検

ガバナーモーターとコネクタの間にあるリード線の外観点検を行った結果、リード線を束ねている被覆に傷や破損はなかった。(平成29年11月6日に確認)

b. コネクタ内部のリード線の外観点検および触診

コネクタ内部に取り付けているリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。

また、コネクタ内部に取り付けているリード線のはんだ付け箇所の外観点検およびピンセットによる触診を行った結果、はんだ付け箇所の外れはなかった。

(平成29年11月7日に確認)

(3) ガバナーモーター端子台

a. 端子台内部の外観点検

ガバナーモーターの端子台内部の外観点検を行った結果、端子台内部に端子台カバーの破片(バリ)があったが、絶縁体であり抵抗値低下に影響を及ぼすものではなかった。

(平成29年11月6日に確認)

(添付資料-14)

b. 端子台内部のリード線の外観点検および巻線抵抗測定

端子台に取り付けている状態でリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。

なお、端子台内部を確認するために端子台カバーを取り外した際、端子台に取り付けているリード線が引っ張られる状態となったため、コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、全ての回路で抵抗値は基準値内であり、増側回路の抵抗値低下は再現しなかった。

また、端子台に取り付けているリード線のうち、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が、交差するように重なった状態で接触していたことから、端子台カバーを取り付けた状態を模擬するため、赤リード線の圧着端子（腹側）を押し付けた状態で、再度、巻線抵抗測定を行ったが、全ての回路で抵抗値は基準値内であった。

（平成29年11月6日に確認）

（添付資料－14，15）

c. 端子台取り付け部の外観点検および触診

端子台に取り付けているリード線の圧着端子、端子台取付ナットの外観点検および触診を行った結果、リード線の圧着端子に傷や破損はなく、端子台取付ナットの緩みもなかった。

端子台に取り付けている赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差するように重なった状態で接触していたことから、リード線を外した状態で詳細に調査した結果、リード線には圧着端子を絶縁保護するために収縮チューブを被せてあるが、赤リード線では収縮チューブが圧着端子の一部に被っていない状態であった。

また、黄リード線では収縮チューブがリード線の被覆部分に被っておらず、圧着端子と被覆部分の間隙からリード線の素線部分が露出して見える状態であった。

なお、端子台内部を確認するために端子台カバーを取り外した際、青リード線と圧着端子が切れた状態となった。

（平成29年11月7日に確認）

（添付資料－14）

(4) ガバナーモーター本体

a. 固定子コイルの外観点検および巻線抵抗測定

固定子コイルの外観点検を行った結果、固定子コイルに傷や破損はなかった。

また、端子台内部の各端子間（リード線を取り外した状態）でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、固定子コイルの抵抗値は基準値内であった。

（平成29年11月7日に確認）

（添付資料－15）

b. 回転子コイルの外観点検および巻線抵抗測定

回転子コイルの外観点検を行った結果、回転子コイルに傷や破損はなかった。

また、端子台内部の各端子間（リード線を取り外した状態）でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、回転子コイルの抵抗値は基準値内であった。

（平成29年11月7日に確認）

（添付資料－15）

c. ガバナーモーター内部の外観点検

ガバナーモーター内部の外観点検を行った結果、ガバナーモーター内部に異物の混入はなかった。（平成29年11月7日に確認）

d. ガバナーモーター内部のリード線の外観点検および触診

ガバナーモーター内部にあるリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。

また、ガバナーモーター内部に取り付けたリード線のはんだ付け箇所の外観点検およびピンセットによる触診を行った結果、はんだ付け箇所の外れはなかった。

（平成29年11月7日に確認）

e. ガバナーモーター内部のブラシおよびスプリングの外観点検

ガバナーモーター内部のブラシおよびブラシを回転子に密着させるためのスプリングについて外観点検を行った結果、ブラシ摺動面の欠損、ブラシ表面への異物の付着、スプリングの変形はなかった。（平成29年11月7日に確認）

以上の調査結果から、ガバナーモーター本体に問題はなく、ガバナーモーター端子台に取り付けている赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が接触したことにより、増側回路で短絡が発生し、ガバナーモーターが動作不良となった可能性があると推定した。

しかしながら、端子台内部の調査段階において、増側回路の抵抗値低下は再現しなかったことから、実物と同様のリード線を製作した上で、実際の端子台に取り付けられた状態を模擬し、考えられる2つのケースで再現性試験を行うこととした。

6-3. 再現性試験結果

「6-2. 工場調査結果」で確認されたガバナーモーター端子台に取り付けられていたリード線について、リード線と圧着端子を繋ぐ際のリード線の素線や収縮チューブの長さ、圧着端子の凹み具合、端子台への圧着端子の取り付け状況等を模擬し、赤リード線と黄リード線間の抵抗測定を行った結果、以下のことを確認した。

（添付資料-11, 16）

(1) 圧着端子とリード線露出部の接触確認

赤リード線の収縮チューブが被っていない圧着端子部分と、黄リード線の収縮チューブが被っていない被覆部分を実物と同様に再現し、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）を交差させた状態で抵抗測定を行った結果、抵抗値は0.1Ωで短絡状態となった。（平成29年11月8日に確認）

(2) 圧着端子角部の接触確認

赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）を交差させ、赤リード線の圧着端子（腹側）の角部が収縮チューブ越しに黄リード線の圧着端子（背側）に接触するよう端子台に取り付け、収縮チューブの接触部分を押し付けた状態で抵抗測定を行った結果、抵抗値は0.1Ωで短絡状態となった。（平成29年11月9日に確認）

6-4. ガバナーモーターの交換・使用履歴調査結果

不具合が確認されたガバナーモーターの交換・使用履歴を調査した結果、以下のことを確認した。

- ・不具合が確認されたガバナーモーターは、平成24年11月29日から平成25年2月26日に行ったD/G6A本格点検の中で、平成25年1月に新品へ交換した。
- ・ガバナーモーターの交換は、メーカーよりガバナーモーター単体を納入し、工場にてガバナーモーター端子台とコネクタまでのリード線を取り付けた。この際、リード線の製作や圧着端子の取り付け、コネクタのはんだ付け等を行った。
- ・平成25年2月25日から26日にかけて、D/G6A本格点検終了時の試運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、平成25年2月26日19時39分にD/G6Aを待機状態とした。
- ・平成29年5月31日のD/G6A本格点検開始までの間、定例試験やD/G6A点検等に伴う試運転^{※2}によりD/G6Aを約50回運転しているが、いずれも運転状態に異常はなかった。

※2：試運転の回数は、無負荷試験、100%負荷試験や電気式および機械式の過速度トリップ試験を纏めて1回としている。

以上の調査結果から、ガバナーモーターを交換してから今回の不具合が発生するまでに、D/G6Aに同様の不具合は発生していない。

また、平成29年5月31日からのD/G6A本格点検に伴い、ガバナーモーターの点検を行っているが、端子台内部は点検対象ではないことから、平成25年1月にガバナーモーターを交換してから、今回の不具合が発生するまでの間、端子台カバーを取り外して端子台内部を確認したことはなかった。

このことから、ガバナーモーターの交換直後から、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が短絡状態にあったものではなく、D/G6Aの運転等の影響により、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が短絡状態になったものと推定した。

6-5. ガバナーモーター端子台へのリード線取り付け状況調査結果

平成25年1月にガバナーモーターを新品に交換した際、工場にてガバナーモーター端子台からコネクタまでのリード線取り付けを行っていることから、当時の取り付け状況等を調査した結果、以下のことを確認した。

- ・ガバナーモーター端子台へリード線を取り付けた際の施工状況写真を確認した結果、端子台取付ナットに対して、赤リード線の圧着端子が上方方向に取り付けられており、そこからリード線が屈曲した状態で下方方向に配線されていた。
- ・他のリード線については、端子台取付ナットに対して、圧着端子およびリード線とも下方方向に真っ直ぐ取り付けられており、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）は交差している状況であったが、実際に接触しているか写真では判別できなかった。
- ・施工状況写真では、圧着端子やリード線に被せた収縮チューブの長さ、圧着端子の凹み具合等は判別できなかった。

- ・リード線と圧着端子を繋ぐ際の製作方法や、ガバナーモーター端子台からコネクタまでのリード線を取り付ける際の施工方法等を示した、工場による社内手順等は定められていなかった。

(添付資料－17)

7. 推定原因

「6. 原因調査結果」から、ガバナーモーターの増側回路が動作しなかった原因は、以下のとおりと推定した。

- ①平成25年1月にガバナーモーターを新品へ交換するため、ガバナーモーター端子台に取り付けるリード線を製作した際、収縮チューブの長さが短く、赤リード線では収縮チューブが圧着端子の一部に被っていない状態、黄リード線ではリード線の被覆部分に収縮チューブが被っていない状態となった。
- ②ガバナーモーター端子台にリード線を取り付ける際、端子台取付ナットに対して、赤リード線の圧着端子が上方向になるよう取り付け、そこからリード線が屈曲した状態で下方向に配線したことから、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差し、収縮チューブ越しに圧着端子同士が接触した状態となった。
- ③赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が収縮チューブ越しに接触した状態で、ガバナーモーターをガバナーに組み合わせ、その後、ガバナーをD/G6A本体に取り付けた。
- ④平成29年10月30日にD/G6Aの定例試験を行った際、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）の接触箇所に、以下のいずれかの事象により短絡が発生し、ガバナーモーターの増側回路が動作しなかった。

④－1. 圧着端子とリード線露出部の接触

赤リード線の収縮チューブが被っていない圧着端子部分と、黄リード線の収縮チューブが被っていない被覆部分と圧着端子の隙間から露出した素線部分が接触し、短絡状態となった。

④－2. 圧着端子角部の接触

赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差した状態で、収縮チューブ越しに赤リード線の圧着端子（腹側）の角部が黄リード線の圧着端子（背側）に押し付けられ、収縮チューブに微細な傷が発生したことで、圧着端子同士が直接接触し、短絡状態となった。

(添付資料－18)

8. 対策

今回の事象については、ガバナーモーター交換時にリード線の製作方法や端子台への取付方法が定められておらず、リード線の圧着端子同士が接触して短絡状態になったと推定したことから、以下の再発防止対策を行う。

(1) リード線の製作方法

リード線を製作する際には、圧着端子およびリード線の被覆部分を覆うよう、収縮チューブの長さを決めて被せることとし、工場の社内手順に規定する。

(2) リード線の配線方法

ガバナーモーター端子台にリード線を取り付ける際には、圧着端子同士が接触しないよう、全ての圧着端子およびリード線を端子台に対して下方向に向けて配線することとし、工場の社内手順に規定する。

上記の工場による社内手順が定められていることを、当社工事監理部門が確認する。

(平成29年12月末までに確認予定)

(添付資料-19)

9. 添付資料

- 添付資料-1 時系列
- 添付資料-2 事象発生場所
- 添付資料-3 D/G6A概略図
- 添付資料-4 ガバナー構成図
- 添付資料-5 D/G6A単線結線図
- 添付資料-6 特定原子力施設に係る実施計画Ⅲ章第2編第61条の要求事項
- 添付資料-7 モニタリングポスト(MP)における空気中の放射線量の測定結果
(10月28日~11月3日)
- 添付資料-8 D/G6Aガバナー不具合に関する要因分析表(現地調査)
- 添付資料-9 ガバナー操作回路およびリード線の導通確認範囲
- 添付資料-10 ガバナーモーター巻線抵抗測定結果(現地調査)
- 添付資料-11 D/G6Aガバナー不具合に関する要因分析表(工場調査)
- 添付資料-12 ガバナーモーター工場調査範囲
- 添付資料-13 ガバナーモーター巻線抵抗測定結果(工場搬入時)
- 添付資料-14 ガバナーモーター端子台の外観点検結果
- 添付資料-15 ガバナーモーター巻線抵抗測定結果(工場調査時)
- 添付資料-16 ガバナーモーター端子台の再現性試験結果
- 添付資料-17 ガバナーモーター交換時の施工状況写真
- 添付資料-18 事象発生メカニズム
- 添付資料-19 対策実施状況

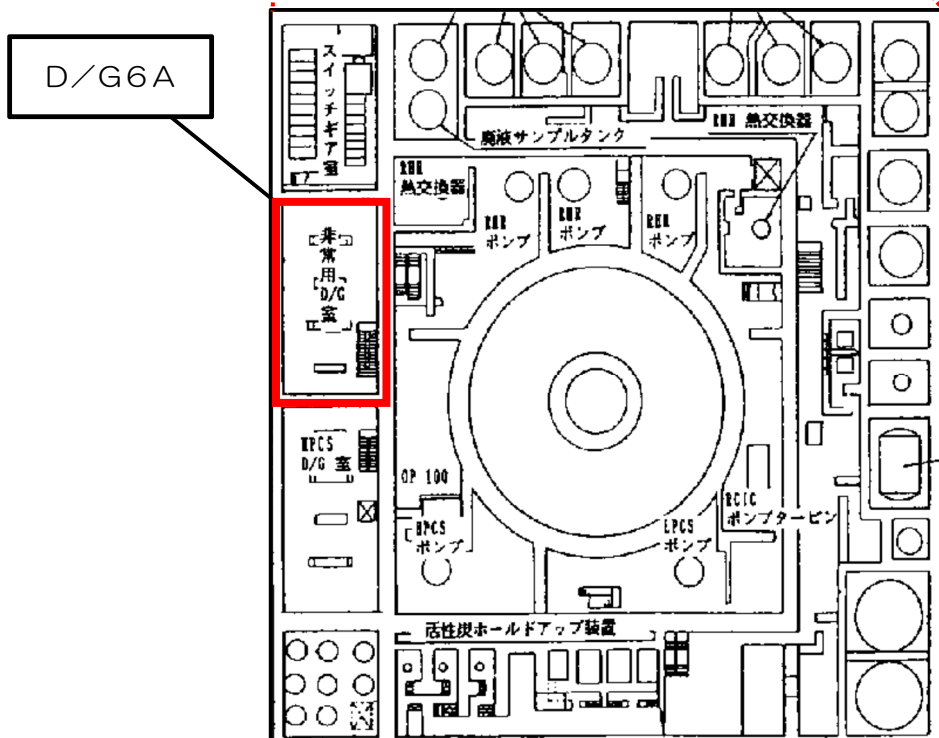
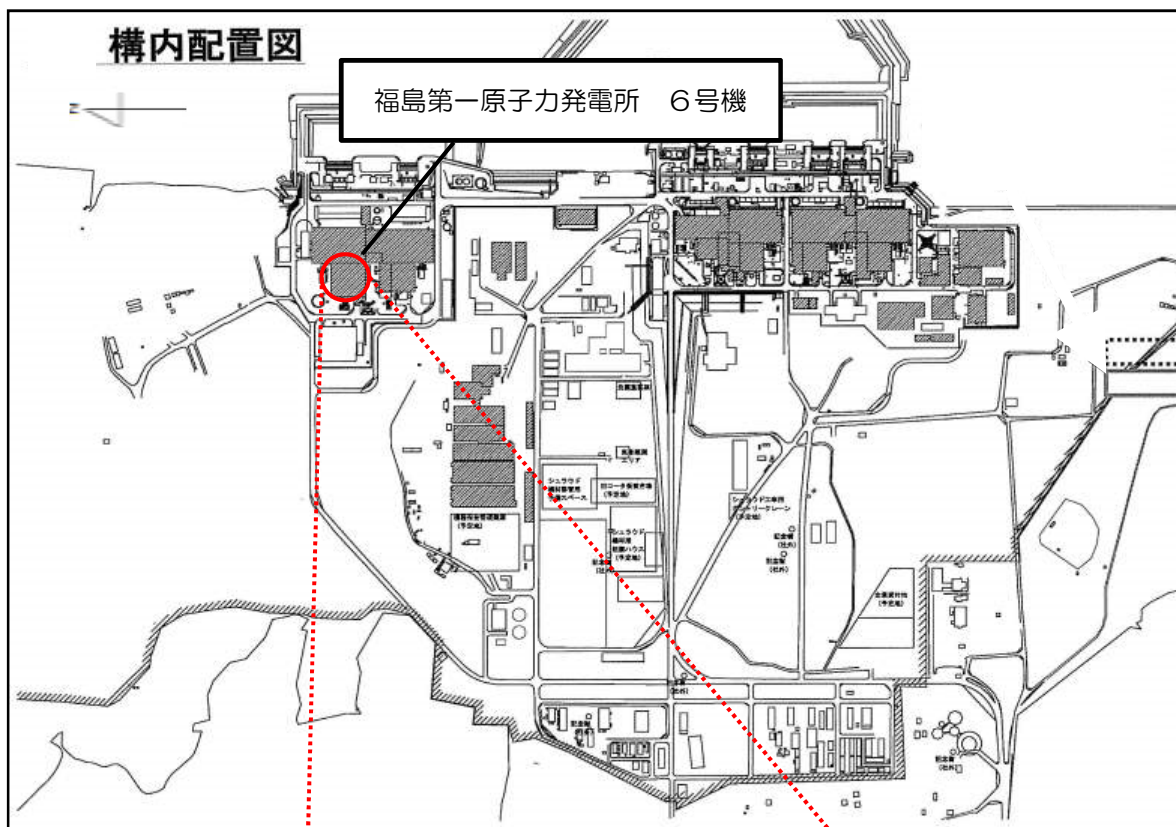
以上

時系列

平成29年

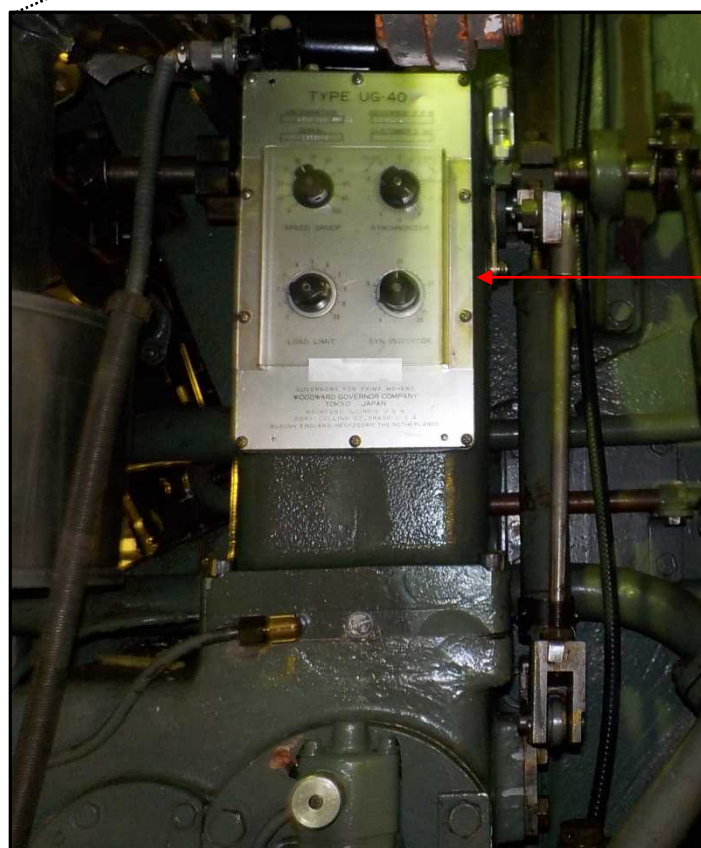
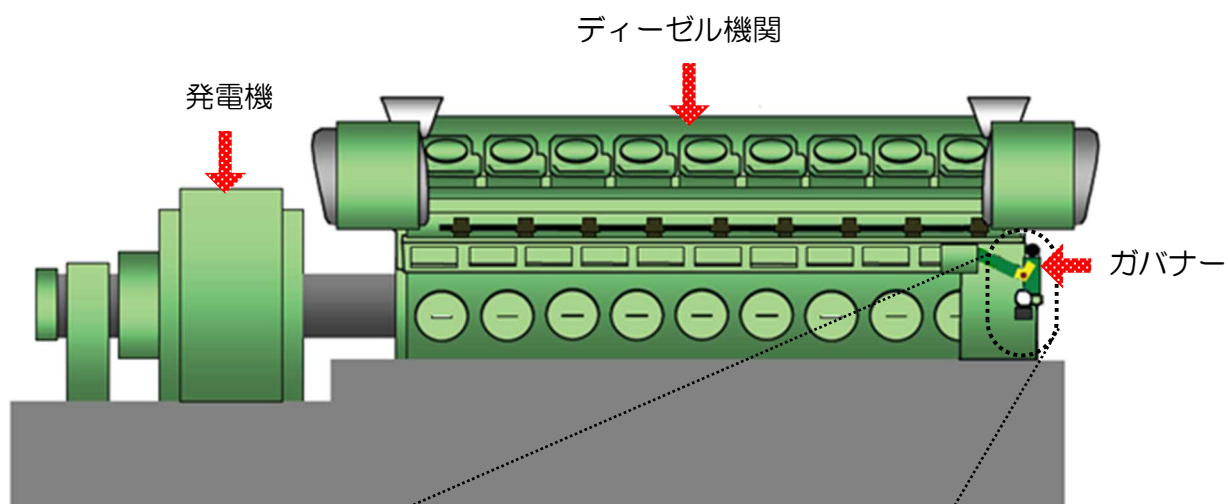
- 5月31日 D/G6A本格点検開始
- 6月12日 ガバナー取り外し
- ～13日
- 6月16日 ガバナー工場持ち出し
- 6月21日 ガバナー分解点検開始
- 7月18日 ガバナーモーター巻線抵抗測定
- 7月24日 ガバナー分解点検終了
- 8月 8日 ガバナー現地搬入
- 8月 9日 ガバナー取り付け
- ～10日
- 10月 3日 D/G6A無負荷試運転実施
- 10月 4日 D/G6A100%負荷試運転および電気式過速度トリップ試験実施
- 10月 5日 D/G6A機械式過速度トリップ試験実施
- D/G6A本格点検終了
- 16:58 D/G6A待機状態
- 10月30日
- 15:48 定例試験のためにD/G6Aを起動
- 15:55 D/G6A定格回転数到達後、6.9kV M/C6Cに並列するため
周波数（回転速度）および電圧を規定値に調整（減操作）
- 15:56 同期検定器「入」操作後、遅れ側調整
ガバナー増側操作：周波数（回転速度）変化せず
- 15:58 同期検定器「切」
ガバナー増側操作：周波数（回転速度）変化せず
- 16:00 ガバナー減側操作：周波数（回転速度）下降確認
- 16:06 D/G6A待機除外（6.9kV M/C6Cに並列できないため）
- 17:01 現場操作盤CSにてガバナー増側操作：周波数（回転速度）変化なし
- 17:05 現場操作盤CSにてガバナー減側操作：周波数（回転速度）下降確認
- 17:11 D/G6A停止
- 17:18 D/G6A中操および現場操作盤CS「引き保持」
- 17:19 D/G6A燃料ハンドル「停止位置」
- 10月31日 現地調査実施（外観点検、導通確認、動作確認、巻線抵抗測定等）
- ～11月 1日
- 11月 2日
- 11:10 D/G6Aが福島第一規則第18条第4号「安全上重要な機器等の点検を行った場合において、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。」に該当すると判断

事象発生場所



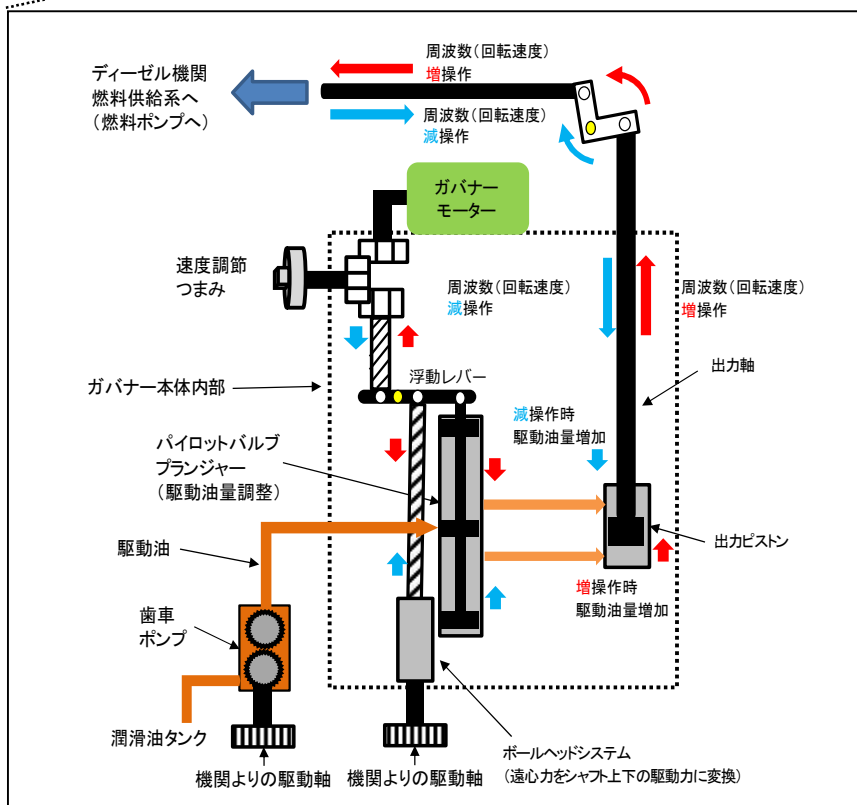
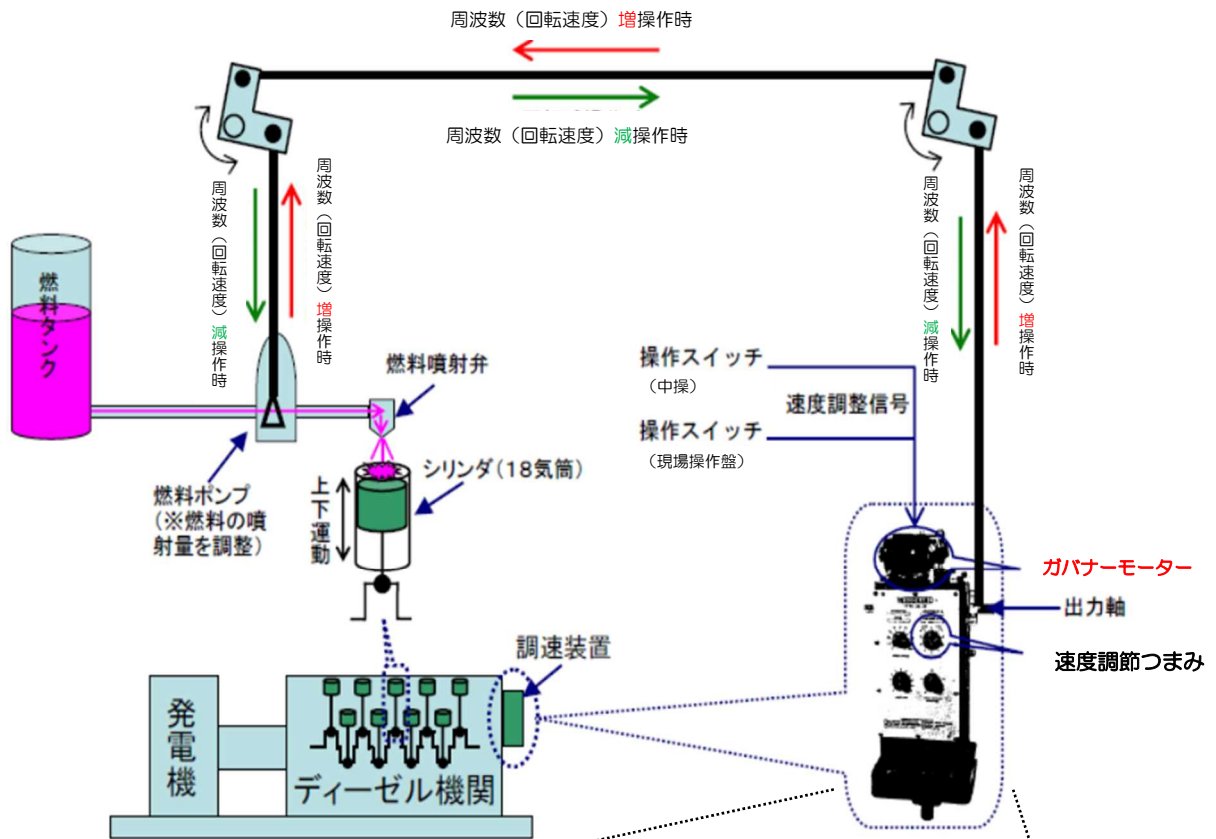
6号機 複合建屋 地下1階

D/G6A概略図

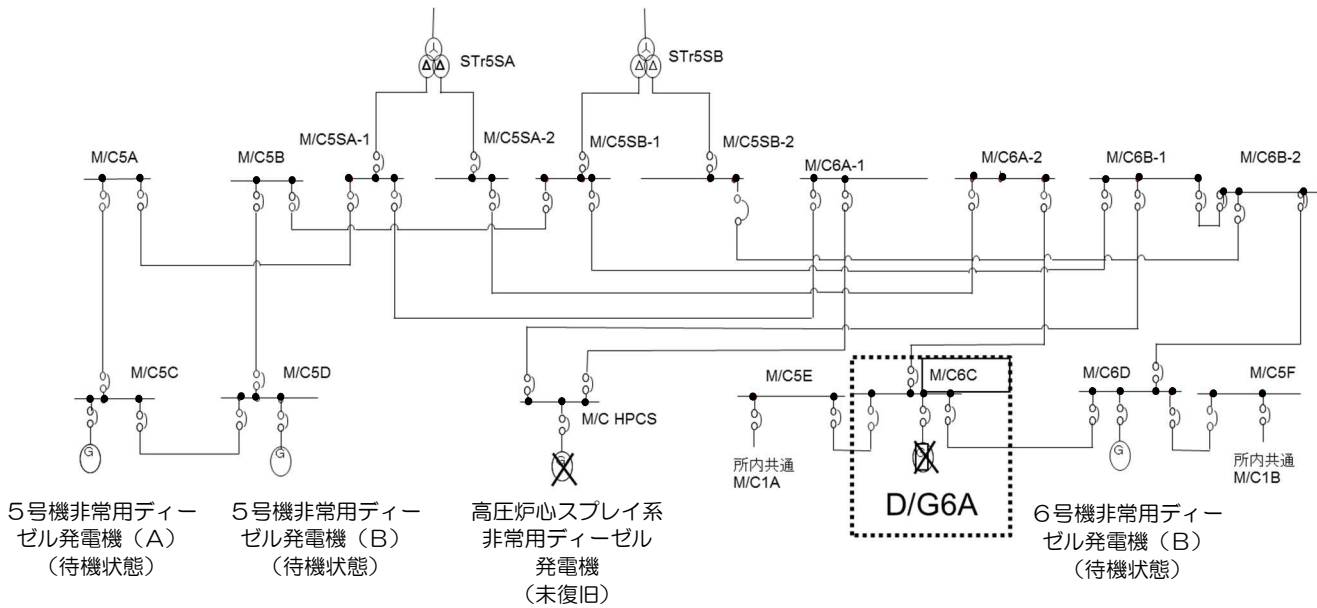


ガバナー

ガバナー構成図



D/G6A単線結線図



<他の非常用ディーゼル発電機の至近の定例試験実績>

- 5号機非常用ディーゼル発電機 (A)：平成29年10月23日 (結果：合格)
- 5号機非常用ディーゼル発電機 (B)：平成29年10月10日 (結果：合格)
平成29年11月 6日 (結果：合格)
- 6号機非常用ディーゼル発電機 (B)：平成29年10月16日 (結果：合格)
平成29年11月13日 (結果：合格)

<p><6. 9kV M/C6Cの主な負荷></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ RESIDUAL HEAT REMOVAL SEA WATER PUMP 6A ■ RESIDUAL HEAT REMOVAL PUMP 6A ■ RESIDUAL HEAT REMOVAL SEA WATER PUMP 6C ■ AUXILIARY SEA WATER PUMP 6C ■ AUXILIARY SEA WATER PUMP 6A ■ REACT BLDG COOLING WATER PUMP 6A ■ REACT BLDG COOLING WATER PUMP 6C ■ TURB BLDG COOLING WATER PUMP 6A ■ FUEL POOL COOLING PUMP G41-CO01A 		<p>非常時の使用済燃料 プール冷却に使用</p> <p>常用の使用済燃料 プール冷却および 各設備の冷却に使用</p>
---	--	--

<6号機の負荷容量について>

6号機として予想される最大使用負荷容量については、常用の負荷に加えて残留熱除去系の1系列であるが約4,300kVAであり、現在、待機状態のD/G1台(6,875kVA)で十分補える負荷容量である。

特定原子力施設に係る実施計画Ⅲ章第2編第61条の要求事項

第61条

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^{※1※2}は表61-1で定める事項を運転上の制限とする。

2. 非常用ディーゼル発電機が前項に定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。

(1) 当直長は、原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、第66条で要求される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が運転可能であることを次の事項により確認する。

①非常用ディーゼル発電機を待機状態から始動し、無負荷運転時の電圧が6,900±345V及び周波数が50±1Hzであること並びに引き続き非常用交流高圧電源母線に並列できることを1ヶ月に1回確認する。

②表61-1で要求されるディーゼル発電機のデイトンクレベルが表61-2に定める値を満足していることを1ヶ月に1回確認する。ただし、非常用ディーゼル発電機が運転中及び運転終了後2日間を除く。

3. 当直長は、非常用ディーゼル発電機が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表61-3の措置を講じる。

※1：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（6号炉）の非常用ディーゼル発電機をいう。

※2：当直長は、非常用ディーゼル発電機を待機除外にする場合には、1／2／3／4号炉の当直長に通知する。

表61-1

項目	運転上の制限
交流電源	第66条で要求される当該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 ^{※3} が動作可能であること

※3：非常用発電設備とは、非常用ディーゼル発電機及び必要な電力供給が可能な非常用発電機をいう。なお、非常用発電機は、複数の号炉で共用することができる。

表61-2

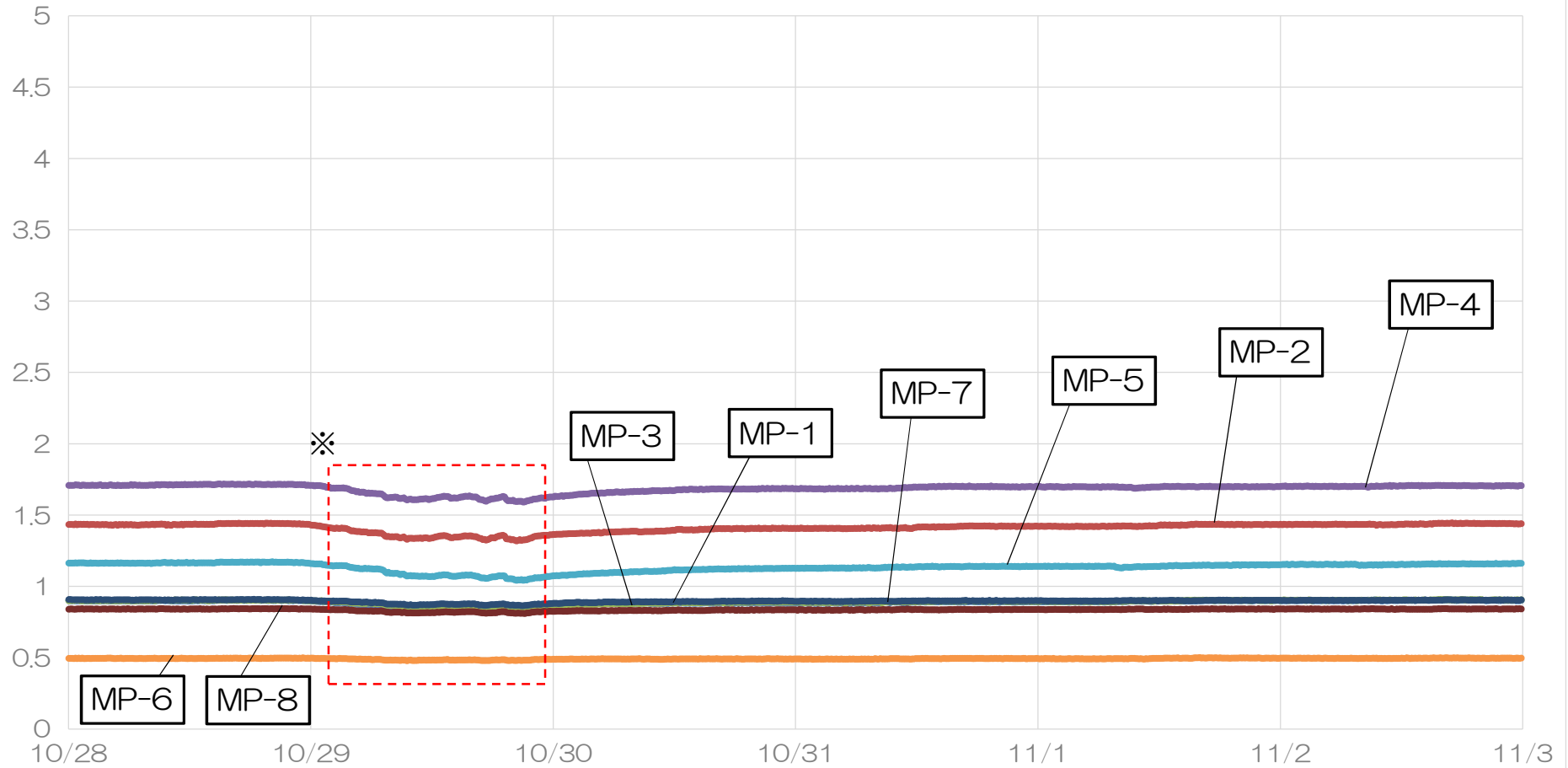
項目	5号炉 A系	5号炉 B系	6号炉 A系	6号炉 B系	6号炉 HPCS
非常用ディーゼル 発電機デイトンク レベル	3,430mm 以上	3,430mm 以上	2,829mm 以上	2,299mm 以上	1,598mm 以上

表 61－3

条 件	要求される措置	完了時間
A.運転上の制限を満足していないと判断した場合	A1.運転上の制限を満足させる措置を開始する。 及び A2.炉心変更を中止する。 及び A3.原子炉建屋内で照射された燃料に係る作業を中止する。 及び A4.有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について、原子炉冷却材圧カバウンダリを構成する隔離弁の開操作を禁止する。	速やかに 速やかに 速やかに 速やかに

モニタリングポスト（MP）における空气中的放射線量の測定結果（10月28日～11月3日）

$\mu\text{Sv/h}$



※：10月29日の降雨により一時的にモニタリングポストの指示値が減少

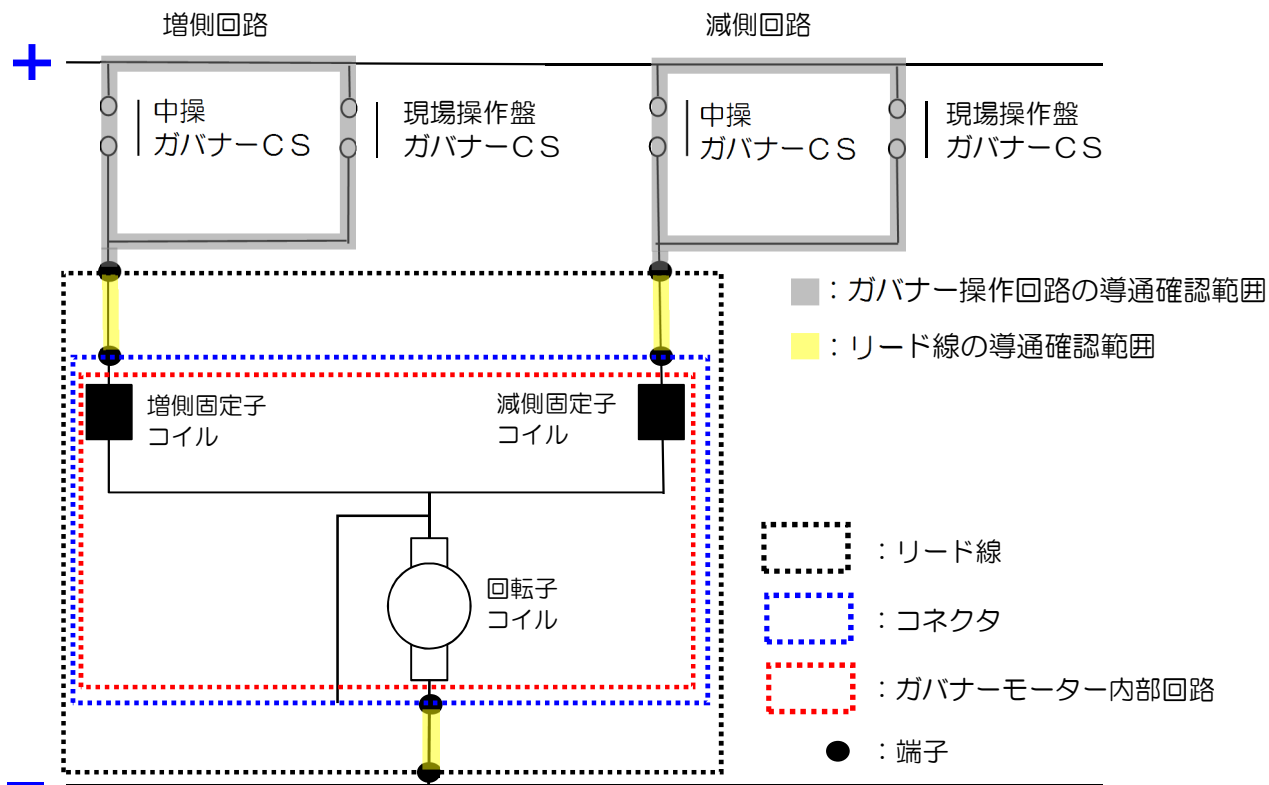
D/G6Aガバナー不具合に関する要因分析表（現地調査）

事象	大分類	中分類	推定原因	確認方法	確認結果	評価	備考
ガバナー増操作不可	電氣的要因	CS (操作スイッチ)	中操および現場操作盤CSの接点不良	導通確認、電圧測定	中操および現場操作盤のCS操作時における導通確認および電圧測定を行った結果、ガバナー操作回路に異常はなかった。 (平成29年10月31日に確認)	○	添付資料-9
		リード線	リード線の不良・断線	外観点検、導通確認	リード線の外観点検および導通確認を行った結果、リード線や端子部に断線等の異常はなかった。 (平成29年10月31日に確認)	○	添付資料-9
		ガバナーモーター	コネクタの不良	外観点検	コネクタの外観点検を行った結果、コネクタに緩み等の異常はなかった。 (平成29年10月31日に確認)	○	-
			ガバナーモーターの不良	動作確認	中操および現場操作盤のCSを増減操作してガバナーモーターの動作確認を行った結果、CSを増操作してもガバナーモーターは動作しなかった。 なお、CSを減操作した際にはガバナーモーターは正常に動作した。 (平成29年10月31日に確認)	×	-
		巻線抵抗測定	コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、平成29年7月18日に行った工場試験データと比較して、増側固定子コイルの抵抗値が0Ωであったこと、増側回路の線間の抵抗値も低かったことから、ガバナーモーター内の増側回路に何らかの異常がある可能性が高い。 なお、減側固定子コイルおよび減側回路の線間の抵抗値は工場試験データと同等であり、異常はなかった。 (平成29年11月1日に確認)	×	添付資料-10		
	機動的要因	燃料制御系およびガバナー	<ul style="list-style-type: none"> 燃料制御系の動作不良（リンク機構の固着、燃料の噴射不良等） ガバナーの動作不良 	動作確認	<ul style="list-style-type: none"> D/G6Aの定例試験において、定格回転速度における運転状態に異常はなかったため、出力軸以降のリンク機構の固着、燃料の噴射不良等、燃料制御系の動作不良が発生している可能性は低い。 (平成29年10月30日に確認) 回転速度を下降させる際のガバナーの動作状況に異常はなかったものの、回転速度を上昇させる際のガバナーの動作状況については、ガバナーモーターが動作しなかったため確認できなかった。 (平成29年10月31日に確認) 	調査中※	-

○：異常なし ×：原因の可能性あり

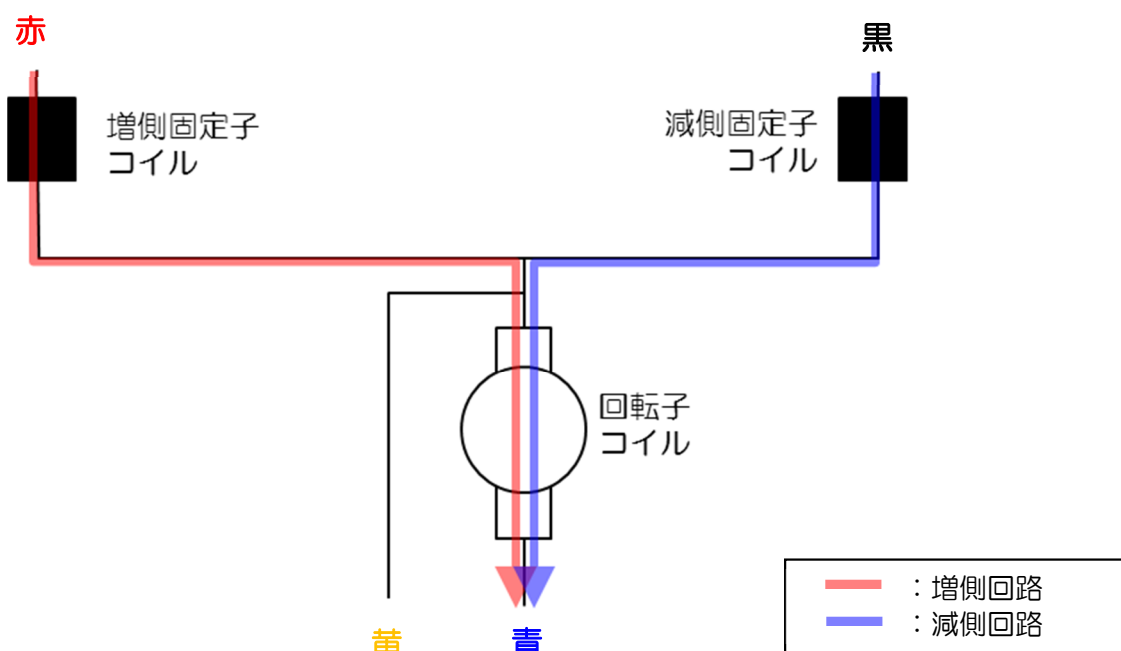
※：工場調査を終えてガバナー一式を現地へ搬入し、D/G6A本体に取り付けた後、11月14日に確認運転を行い、運転状態に異常がないことを確認したことから、燃料制御系およびガバナーに異常はないと判断した。

ガバナー操作回路およびリード線の導通確認範囲



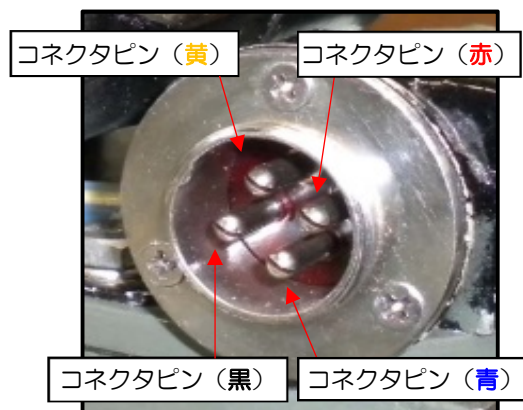
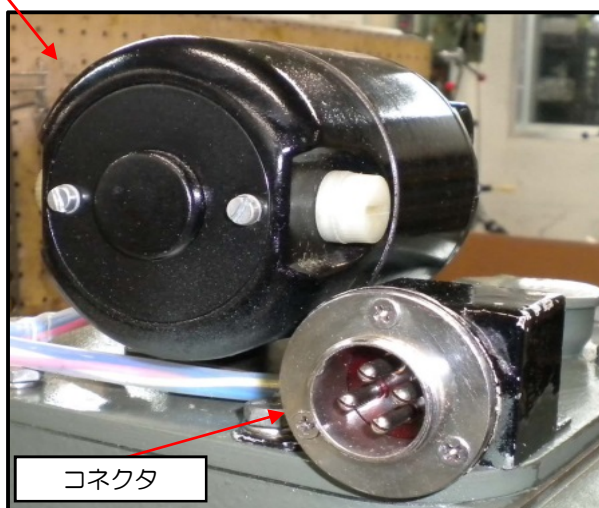
ガバナーモーター巻線抵抗測定結果（現地調査）

＜ガバナーモーター内部回路概略図＞



＜ガバナーモーターおよびコネクタ＞

ガバナーモーター



【測定結果】

コネクタの各ピン間の抵抗値を測定

- | | | |
|----------|-------------------------|--------------|
| ①青-黒（減側） | 測定値：572Ω*（基準値：490～555Ω） | 工場試験データ：536Ω |
| ②青-赤（増側） | 測定値：183Ω*（基準値：490～555Ω） | 工場試験データ：534Ω |
| ③黒-赤 | 測定値：389Ω*（基準値：660～750Ω） | 工場試験データ：748Ω |
| ④黒-黄 | 測定値：389Ω*（基準値：330～375Ω） | 工場試験データ：371Ω |
| ⑤赤-黄 | 測定値：0Ω*（基準値：330～375Ω） | 工場試験データ：370Ω |

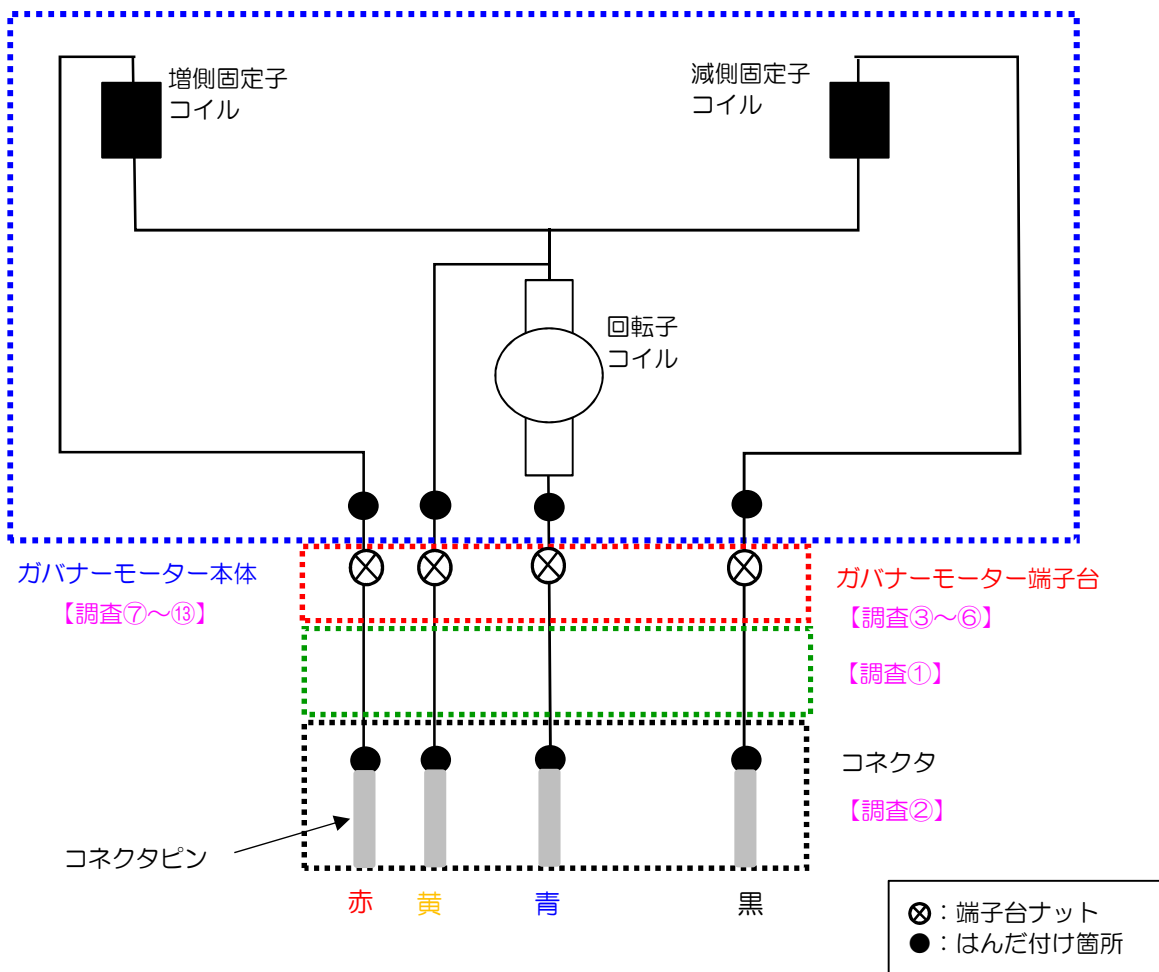
※測定値については、20℃換算していないため参考値とする

D/G6Aガバナー不具合に関する要因分析表（工場調査）

事象	中分類	小分類	推定原因	確認方法	確認結果	評価	備考
ガバナーモーター 内部回路の不具合	コネクタ	リード線	ガバナーモーターとコネクタ間のリード線不良	外観点検【調査①】	ガバナーモーターとコネクタの間にあるリード線の外観点検を行った結果、リード線を束ねている被覆に傷や破損はなかった。（平成29年11月6日に確認）	○	-
			コネクタ内部のリード線不良	外観点検、触診【調査②】	<ul style="list-style-type: none"> コネクタ内部に取り付けているリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。 コネクタ内部に取り付けているリード線のはんだ付け箇所の外観点検およびピンセットによる触診を行った結果、はんだ付け箇所の外れはなかった。（平成29年11月7日に確認） 	○	-
	ガバナーモーター 端子台	端子台内部	端子台内部の抵抗値低下	外観点検【調査③】	ガバナーモーターの端子台内部の外観点検を行った結果、端子台内部に端子台カバーの破片（バリ）があったが、絶縁体であり抵抗値低下に影響を及ぼすものではなかった。（平成29年11月6日に確認）	○	添付資料-14
			端子台内部のリード線不良	<ul style="list-style-type: none"> 外観点検【調査④】 巻線抵抗測定【調査⑤】 	<ul style="list-style-type: none"> 端子台に取り付けている状態でのリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。 端子台内部を確認するために端子台カバーを取り外した際、端子台に取り付けているリード線が引っ張られる状態となったため、コネクタの各ピン間でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、全ての回路で抵抗値は基準値内であり、増幅回路の抵抗値低下は再現しなかった。 端子台に取り付けているリード線のうち、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が、交差するように重なった状態で接触していたことから、端子台カバーを取り付けた状態を模擬するため、赤リード線の圧着端子（腹側）を押し付けた状態で、再度、巻線抵抗測定を行ったが、全ての回路で抵抗値は基準値内であった。（平成29年11月6日に確認） 	○	添付資料-14 添付資料-15
		端子台取り付け部	端子台取り付け部の取り付け不良	外観点検、触診【調査⑥】	<ul style="list-style-type: none"> 端子台に取り付けているリード線の圧着端子、端子台取付ナットの外観点検および触診を行った結果、リード線の圧着端子に傷や破損はなく、端子台取付ナットの緩みもなかった。 端子台に取り付けている赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差するように重なった状態で接触していたことから、リード線を外した状態で詳細に調査した結果、リード線には圧着端子を絶縁保護するために収縮チューブを被せてあるが、赤リード線では収縮チューブが圧着端子の一部に被っていない状態であった。 黄リード線では収縮チューブがリード線の被覆部分に被っておらず、圧着端子と被覆部分の隙間からリード線の素線部分が露出して見える状態であった。 端子台内部を確認するために端子台カバーを取り外した際、青リード線と圧着端子が切れた状態となった。（平成29年11月7日に確認） 	×	添付資料-14
			再現性試験 <ul style="list-style-type: none"> 圧着端子とリード線露出部の接触確認 圧着端子角部の接触確認 	<ul style="list-style-type: none"> 赤リード線の収縮チューブが被っていない圧着端子部分と、黄リード線の収縮チューブが被っていない被覆部分を実物と同様に再現し、赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）を交差させた状態で抵抗測定を行った結果、抵抗値は0.1Ωで短絡状態となった。（平成29年11月8日に確認） 赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）を交差させ、赤リード線の圧着端子（腹側）の角部が収縮チューブ越しに黄リード線の圧着端子（背側）に接触するよう端子台に取り付け、収縮チューブの接触部分を押し付けた状態で抵抗測定を行った結果、抵抗値は0.1Ωで短絡状態となった。（平成29年11月9日に確認） 	×	添付資料-16	
	ガバナーモーター 本体	固定子コイル	固定子コイルの巻線間短絡による抵抗値低下	<ul style="list-style-type: none"> 外観点検【調査⑦】 巻線抵抗測定【調査⑧】 	<ul style="list-style-type: none"> 固定子コイルの外観点検を行った結果、固定子コイルに傷や破損はなかった。 端子台内部の各端子間（リード線を取り外した状態）でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、固定子コイルの抵抗値は基準値内であった。（平成29年11月7日に確認） 	○	添付資料-15
			回転子コイル	<ul style="list-style-type: none"> 外観点検【調査⑨】 巻線抵抗測定【調査⑩】 	<ul style="list-style-type: none"> 回転子コイルの外観点検を行った結果、回転子コイルに傷や破損はなかった。 端子台内部の各端子間（リード線を取り外した状態）でガバナーモーター内の巻線抵抗測定を行った結果、回転子コイルの抵抗値は基準値内であった。（平成29年11月7日に確認） 	○	添付資料-15
		ガバナーモーター 内部	ガバナーモーター内部への異物混入	外観点検【調査⑪】	ガバナーモーター内部の外観点検を行った結果、ガバナーモーター内部に異物の混入はなかった。（平成29年11月7日に確認）	○	-
			ガバナーモーター内部のリード線不良	外観点検、触診【調査⑫】	<ul style="list-style-type: none"> ガバナーモーター内部にあるリード線の外観点検を行った結果、リード線に傷や破損はなかった。 ガバナーモーター内部に取り付けたリード線のはんだ付け箇所の外観点検およびピンセットによる触診を行った結果、はんだ付け箇所の外れはなかった。（平成29年11月7日に確認） 	○	-
			ガバナーモーター内部のブラシおよびスプリングの不良	外観点検【調査⑬】	ガバナーモーター内部のブラシおよびブラシを回転子に密着させるためのスプリングについて外観点検を行った結果、ブラシ摺動面の欠損、ブラシ表面への異物の付着、スプリングの変形はなかった。（平成29年11月7日に確認）	○	-

○：異常なし ×：原因の可能性あり

ガバナーマーター工場調査範囲



ガバナーマーター内部結線図

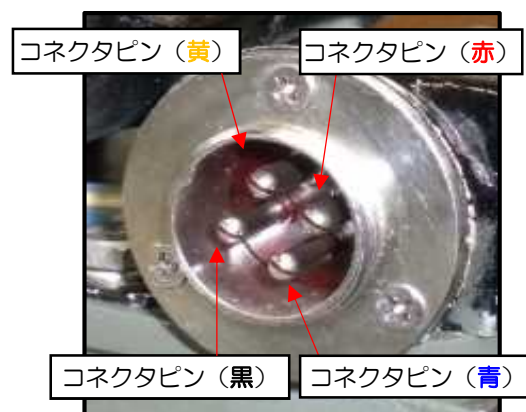
ガバナーモーター巻線抵抗測定結果（工場搬入時）

＜ガバナーモーターおよびコネクタ＞

ガバナーモーター



コネクタ



【測定結果】

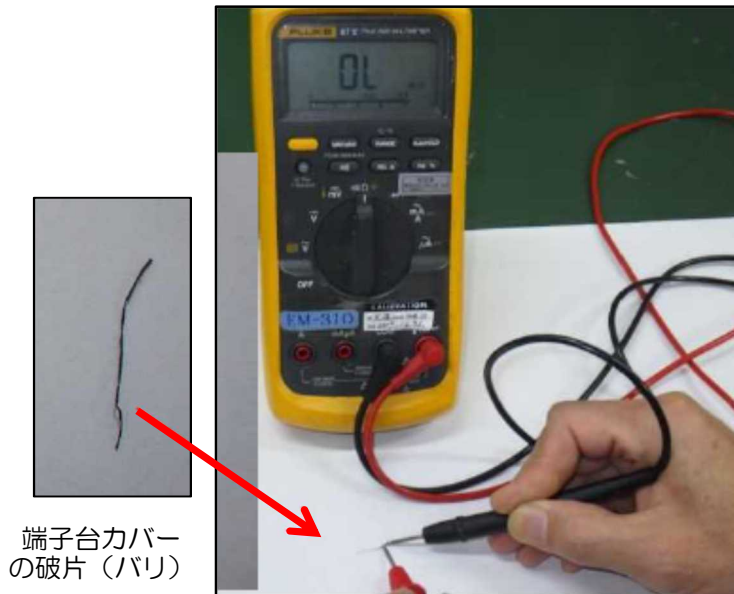
コネクタの各ピン間の抵抗値を測定（添付資料-12参照）

- ①青-黒（減側）測定値：536Ω（536Ω） 基準値：490～555Ω
- ②青-赤（増側）測定値：174Ω（174Ω） 基準値：490～555Ω
- ③黒-赤 測定値：370Ω（370Ω） 基準値：660～750Ω
- ④黒-黄 測定値：368Ω（368Ω） 基準値：330～375Ω
- ⑤赤-黄 測定値： 0Ω（ 0Ω） 基準値：330～375Ω

（ ）内は20℃換算値

ガバナーマーター端子台の外観点検結果

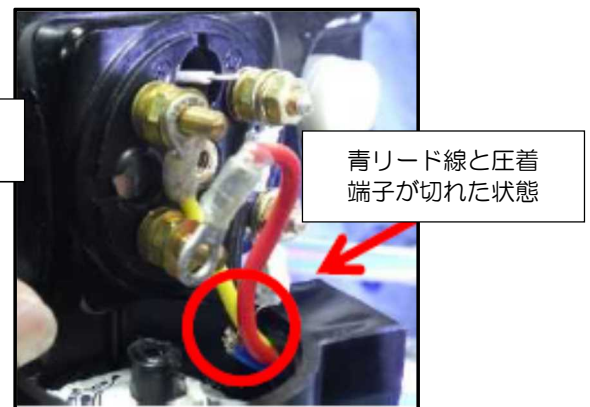
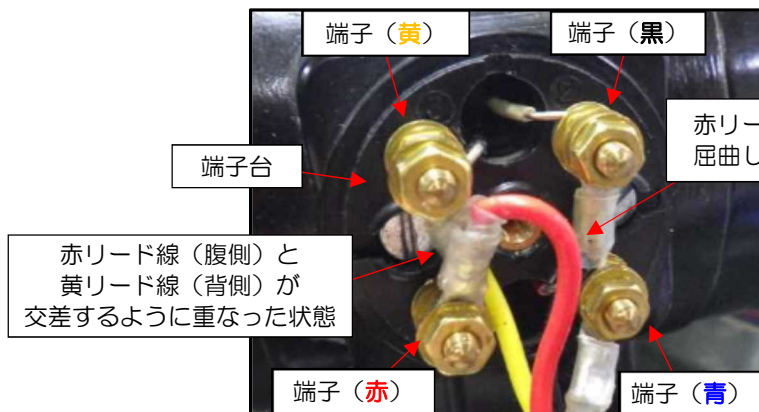
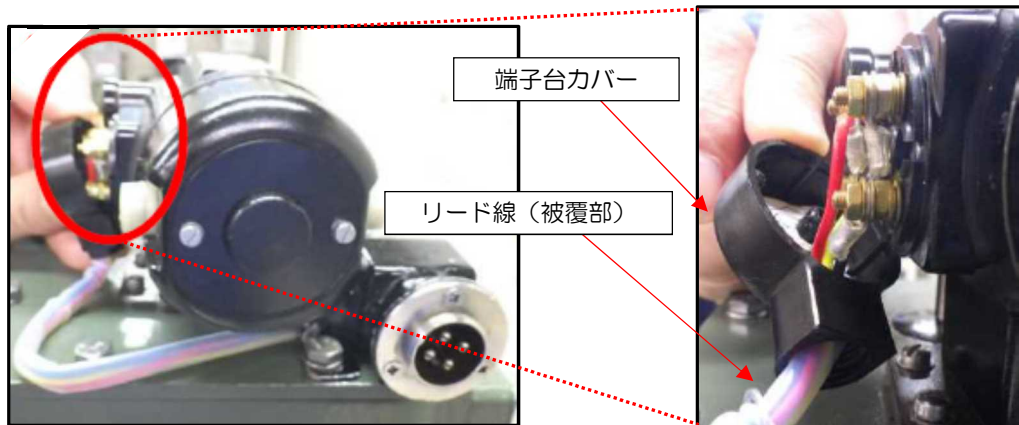
＜端子台カバーの破片＞



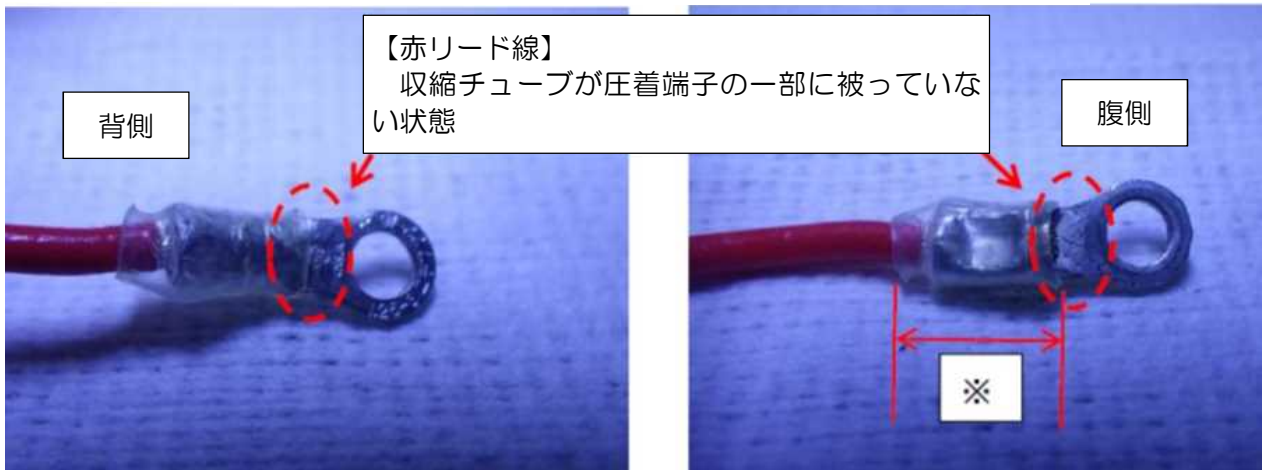
端子台カバーの破片 (バリ)

絶縁抵抗測定結果：OL (無限大)

＜端子台カバーおよびリード線＞

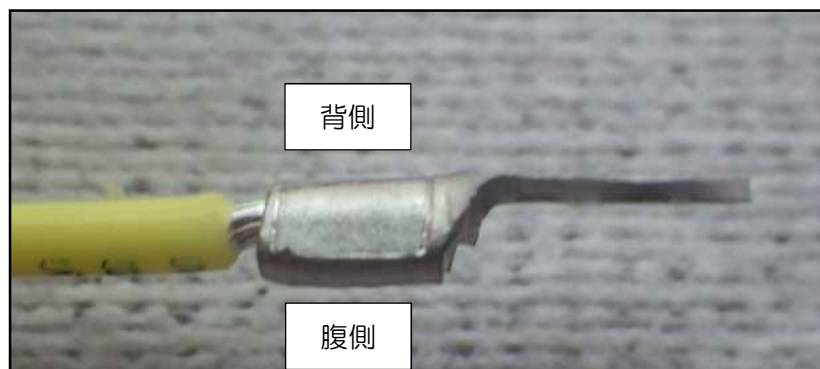


＜各リード線の収縮チューブの施工状態＞



※：収縮チューブが被っている範囲

＜圧着端子の背側と腹側＞



ガバナーモーター巻線抵抗測定結果（工場調査時）

＜リード線を取り付けた状態＞

【測定結果】

端子台内部の各端子間の抵抗値を測定（添付資料－12参照）

- | | | |
|----------|------------------|--------------|
| ①青－黒（減側） | 工場測定値：536Ω（536Ω） | 基準値：490～555Ω |
| ②青－赤（増側） | 工場測定値：535Ω（535Ω） | 基準値：490～555Ω |
| ③黒－赤 | 工場測定値：738Ω（738Ω） | 基準値：660～750Ω |
| ④黒－黄 | 工場測定値：369Ω（369Ω） | 基準値：330～375Ω |
| ⑤赤－黄 | 工場測定値：368Ω（368Ω） | 基準値：330～375Ω |
- （ ）内は20℃換算値

なお、黄リード線の圧着端子（背側）に赤リード線の圧着端子（腹側）を押し付けた状態で再測定した結果、上記と同様の抵抗値であった。

＜リード線を取り外した状態＞

【測定結果】

端子台内部の各端子間の抵抗値を測定（添付資料－12参照）

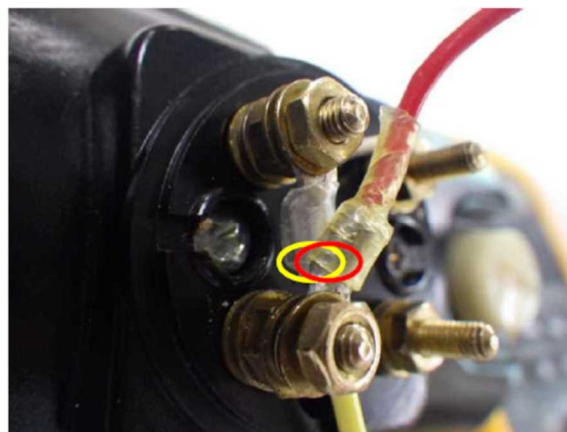
- | | | |
|----------|------------------|--------------|
| ①青－黒（減側） | 工場測定値：536Ω（538Ω） | 基準値：490～555Ω |
| ②青－赤（増側） | 工場測定値：535Ω（537Ω） | 基準値：490～555Ω |
| ③黒－赤 | 工場測定値：738Ω（741Ω） | 基準値：660～750Ω |
| ④黒－黄 | 工場測定値：368Ω（369Ω） | 基準値：330～375Ω |
| ⑤赤－黄 | 工場測定値：367Ω（368Ω） | 基準値：330～375Ω |
- （ ）内は20℃換算値

ガバナーモーター端子台の再現性試験結果

＜圧着端子とリード線露出部の接触確認＞



抵抗測定結果：0.1Ω

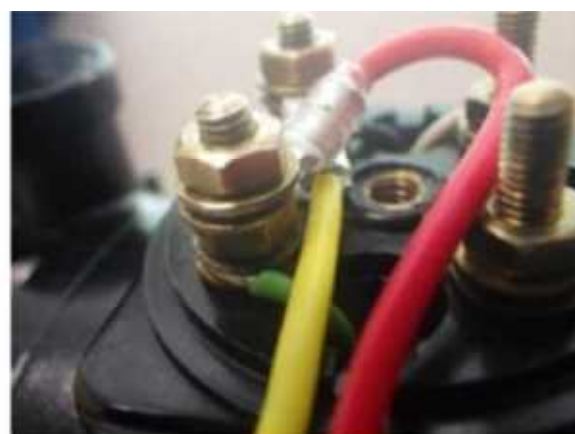


左図拡大

＜圧着端子角部の接触確認＞



抵抗測定結果：0.1Ω



取り付け状況 左図拡大（正面）



取り付け状況 左図拡大（側面）

ガバナーモーター交換時の施工状況写真

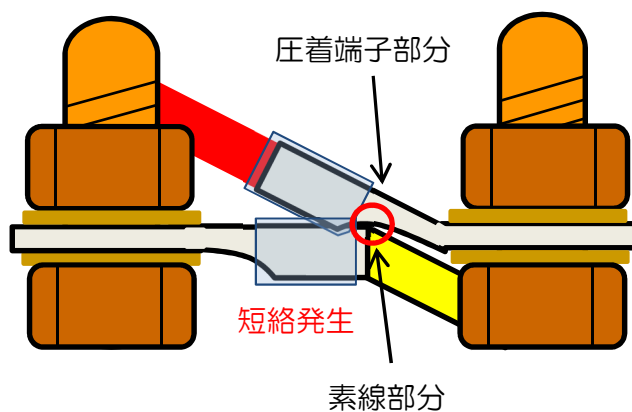
<D/G6A ガバナーモーター>
(平成25年1月に新品へ交換)



事象発生メカニズム

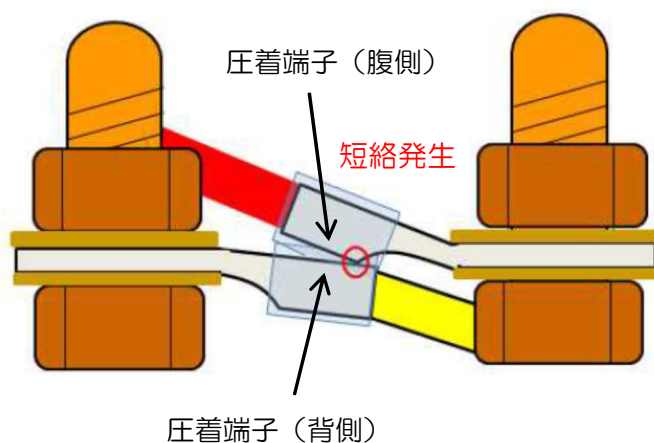
＜圧着端子とリード線露出部の接触＞

赤リード線の収縮チューブが被っていない圧着端子部分と、黄リード線の収縮チューブが被っていない被覆部分と圧着端子の隙間から露出した素線部分が接触し、短絡状態となった。



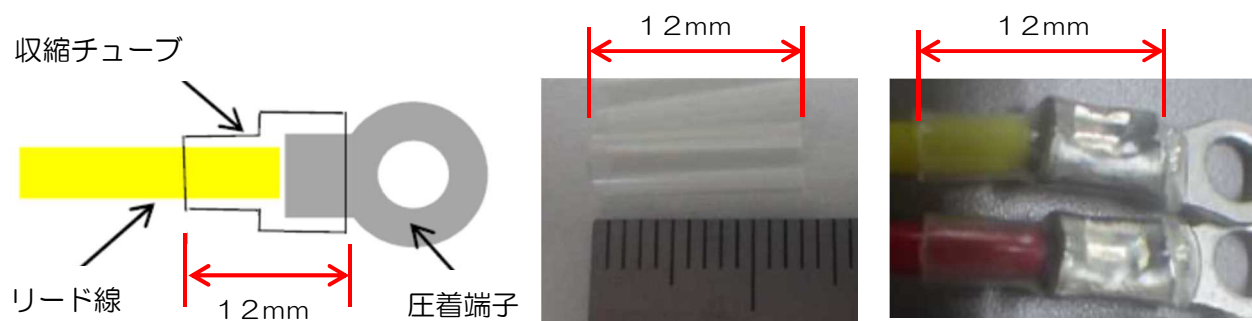
＜圧着端子角部の接触＞

赤リード線の圧着端子（腹側）と黄リード線の圧着端子（背側）が交差した状態で、収縮チューブ越しに赤リード線の圧着端子（腹側）の角部が黄リード線の圧着端子（背側）に押し付けられ、収縮チューブに微細な傷が発生したことで、圧着端子同士が直接接触し、短絡状態となった。

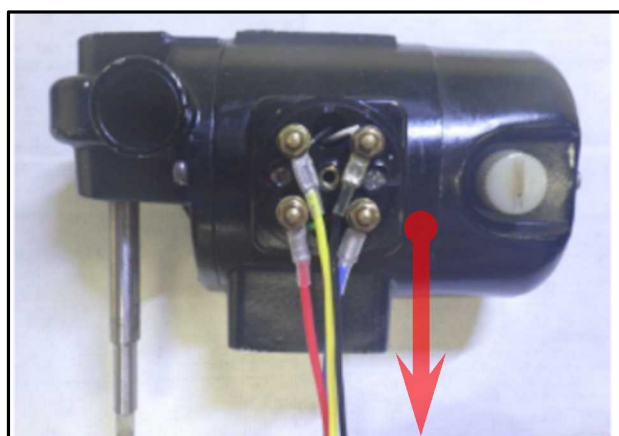


対策実施状況

<リード線の製作方法>



<リード線の配線方法>



下方方向に向けて配線

