

原子力発第04123号
平成16年8月6日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 大西 淳

伊方発電所第1, 2号機 試充電中におけるガス絶縁開閉装置の不具合
に係る報告書の提出について

平成16年6月3日に発生しました伊方発電所第1, 2号機 試充電中におけるガス絶縁開閉装置の不具合につきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第11条第2項に基づき、別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

以 上

伊方発電所第 1 , 2 号機

試充電中におけるガス絶縁開閉装置の不具合について

平成 1 6 年 8 月

四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所1, 2号機 試充電(*1)中におけるガス絶縁開閉装置の不具合について

(*1)試充電とは、設備を組立後、健全性を確認するために、初めて通電すること

2. 事象発生の日時

平成16年6月3日(木) 10時00分頃(確認)

3. 事象発生の電気工作物

ガス絶縁開閉装置

4. 事象発生時の運転状況

1号機 通常運転中

2号機 定期検査中

5. 事象発生の概要

伊方発電所1, 2号機屋内開閉所設備のガス絶縁開閉装置(以下「GIS」という)への取替工事においてGISの試充電を行っていたところ、試充電用の電源として使用していた伊方南幹線2号線の保護リレーが作動し試充電が自動停止した。

このため、現場を調査したところ、6月3日10時00分頃、GISの伊方北幹線1号線ユニットと甲乙母線連絡ユニット間の母線着脱ブロックのうち、甲母線着脱ブロック(以下「当該ブロック」という)内の絶縁ガス分析結果に異常が確認されたため、当該ブロックを分解点検した結果、母線の白相、黒相(*2)間に短絡した跡が認められたことから、当該ブロックの取替を行うとともに類似箇所の点検を行い、その後再度試充電を実施し、6月15日9時30分、異常がないことを確認した。

なお、本事象によるプラントへの影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料 - 1, 2)

(*2)白相、黒相とは、三相交流の位相の異なる電路のうちの二相を示すもので、残りの一相は赤相をいう。

6. 時系列

[6月2日]

19:41 GIS 甲乙母線試充電開始

19:43 伊方南幹線2号線保護リレー作動により試充電が自動停止

20:00頃 GIS 外観点検・絶縁ガス分析開始

[6月3日]

10:00頃 GIS 絶縁ガス分析完了

・当該ブロックの絶縁ガス分析結果に異常確認

14:00頃 当該ブロック開放点検
・当該ブロックの母線の白相、黒相間に短絡した跡を確認

〔6月4日～12日〕

当該ブロック工場送り調査、および新品と取替え
類似箇所（14箇所）開放点検（異常なし）

〔6月13日〕

18:00頃 GIS耐電圧試験（再試験）完了（異常なし）

〔6月14日〕

18:27 GIS甲乙母線試充電（再試験）完了（異常なし）

19:19 GIS充電開始

〔6月15日〕

9:30 GIS設備の充電状態に異常がないことを確認

7. 現地調査結果

GISに封入されている絶縁ガス（六フッ化硫黄）について分析した結果、当該ブロックの絶縁ガス中に、GIS内部で放電があったことを示すガス（二酸化硫黄）が検出され異常が確認された。

このため、当該ブロックの開放点検を実施した結果、以下の内容が確認された。

- ・絶縁スペーサ表面の白相、黒相間に短絡した跡が確認された。
- ・白相、黒相の導体およびシールドに放電によるものと思われる溶損が確認された。

以上のことから、GIS試充電中に当該ブロックの白相と黒相間が短絡し、試充電用の電源として使用していた伊方南幹線2号線の保護リレーが作動し試充電が自動停止したものと推定される。

8. 工場調査結果

（1）各部点検調査

当該ブロックを工場に搬送し調査した。

a. 取付部品点検調査

各相（赤相、白相、黒相）の各部品について点検を行った。

（a）コンタクト部

- ・白相、黒相のシールド、アダプタおよび絶縁スペーサ埋金部に放電による溶損が確認された。
- ・全相のシールド先端部下部に打痕と削れが認められた。
- ・コンタクト部を分解点検した結果、赤相コンタクト内部より金属性異物（長さ10mm程度の線状）が確認された。
なお、確認された異物は当該異物のみであった。

(b) 導体部

- ・白相、黒相に放電による溶損が確認された。
- ・赤相、白相の導体先端部に削れが確認され、黒相の導体先端部には圧迫痕が確認された。なお、それらの導体先端部の傷位置はシールドの傷位置と一致していた。

(c) 絶縁スペーサ

- ・絶縁スペーサ表面の白相、黒相間に短絡による炭化が確認された。
- ・X線検査を実施した結果、内部欠陥等の短絡の要因となる異常は確認されなかった。

(2) 異物の調査

赤相コンタクト内部で確認された金属性異物について成分分析等を実施した結果、当該異物は導体先端部と同一成分であった。

(3) 異物による放電発生の可能性

G I S 内部に金属性異物が存在した場合、短絡に至る可能性を検討した結果、以下のことが判明した。

- ・導体先端部傷と同形状の金属性異物が存在する状態で荷電した場合、G I S 内の電界等の影響を受け、異物がG I S 内を浮遊する可能性がある。
- ・金属性異物が荷電部（コンタクト）近傍の絶縁スペーサ表面に付着した場合、放電が発生し短絡に至る可能性がある。

以上の結果から、シールドと導体先端部の接触により金属性異物が発生した。さらにG I S の荷電によりこの異物が電界等の影響を受け浮遊し、コンタクト近傍の絶縁スペーサ表面に付着し、白相と黒相の間で短絡が発生したものと推定される。

(添付資料 - 3)

9 . 現地組立状況等の調査

金属性異物がシールドと導体先端部の接触により発生したと推定したことから、現地組立状況等を調査した。

(1) 現地受入時の点検状況

聞き取り・組立記録を調査した結果、G I S 現地受入時の導体先端およびシールドの点検において、接触痕等の異常は確認されていなかった。

(2) 現地組立の状況

当該ブロックを含む伊方北幹線1号線ユニット（以下「幹線ユニット」という）と甲乙母線連絡ユニット（以下「連絡ユニット」という）の組立は、メーカ技術員の指導の元、G I S 組立では十分実績がある以下の要領で行われた。

連絡ユニットを、基礎ベースに設置完了済みの幹線ユニットの直前までチルローラ（*3）で移動後、基礎ベース上に仮置き。なお連絡ユニットは、制御盤と当該ブロックが輸送用支持部材で連結された状態。

連絡ユニットと基礎ベースの間に上下位置調整用の鉄製の薄板（以下「シム」という）を挿入し、幹線ユニット側のコンタクトと連絡ユニット側の導体の上下位置を調整。なおシムは、4本ある基礎ベースの内、中側の2本にのみ挿入。レバーブロック（*4）により連絡ユニットを基礎ベース上を滑らせながら引込み、コンタクト（6箇所）に導体（6本）を同時に挿入。なお挿入時は、母線着脱ブロック側面のハンドホールから目視および触手で状況を確認。

組立状況の聞き取り調査の結果、連絡ユニットは組立時にシールドと導体の位置ずれが大きく、他のユニットに比べ作業が難しい状態であったことが確認された。
（添付資料 - 4）

（*3）チルローラ：旋回自在な油圧自走式重量物運搬低床台車

（*4）レバーブロック：重量物の荷役・引き寄せ作業等に使用する手動操作の巻き取り器

（3）類似母線着脱ブロック内調査

連絡ユニットと同じ要領で組み立てられたユニットの母線着脱ブロック（14箇所）についても開放点検した結果、シールドと導体の有意な接触痕や金属性異物は確認されなかった。

以上のことから、現場組立方法は、規定どおりの手順で実施されていたが、当該ユニットのみシールドと導体の相対的な位置のずれが大きく、手順どおりに組み立てても当該部が接触する可能性があることが判明した。

このため、連絡ユニット接続時の導体の変位（以下「たわみ」という）量を調査した。

10．導体のたわみ量調査

現地組立と同じ以下の条件で連絡ユニットの甲・乙母線用のそれぞれの導体の自重によるたわみ量を解析した。

- ・制御盤と当該ブロックを輸送用支持部材により連結
- ・ユニットの全体荷重はシムを挿入した2本の基礎ベースで支持

その結果、連絡ユニットの形状から甲側の導体のたわみ量が大いことに加え、上記の条件により、甲側の導体のたわみ量が乙側に比べ0.65mm大きくなることが確認された。

一方、シールドと導体の隙間は3mm、組立寸法公差は最大2.5mmであり、組立寸法公差が最大値近くあった場合には、乙母線側のシールドと導体の芯を合わせると、甲母線側のシールドと導体は接触する可能性のあることが判明した。

$$\begin{aligned} & (\text{組立寸法公差 } 2.5 \text{ mm} + \text{ 甲・乙導体のたわみ量差 } 0.65 \text{ mm}) \\ & = 3.15 \text{ mm} > \text{ シールドと導体の隙間 } 3 \text{ mm} \end{aligned}$$

（添付資料 - 5）

1 1 . 推定原因

連絡ユニットの現地組立において制御盤とGISの自重により、想定以上の導体たわみが発生したため、シールドと導体がわずかに接触し、金属性異物がGIS内に発生した。

発生した金属性異物がGIS試充電により電界の影響を受け浮遊し、絶縁スペーサ沿面の高電界部に付着したことから、放電が発生し短絡に至り、送電線の保護リレーが作動し、試充電が自動停止したものと推定される。

1 2 . 対策

(1) 短絡箇所である幹線ユニットおよび連絡ユニット間の当該ブロックについては、新品 (1 号機で使用予定であった同仕様ユニット [伊方南幹線 1 号線用]) に取り替えた。

(2) 連絡ユニットと同じ要領で組み立てられたユニットの母線着脱ブロック (1 4 箇所) を開放点検し、シールドと導体の有意な接触痕や異物がないことを確認した。

また、異物確認等を行った上で導体がシールドに接触しないように、組立方法をユニット一体から、導体 1 本ずつ組み立てる方法に変更して実施した後、再度、耐電圧試験と試充電を実施し、異常のないことを確認した。

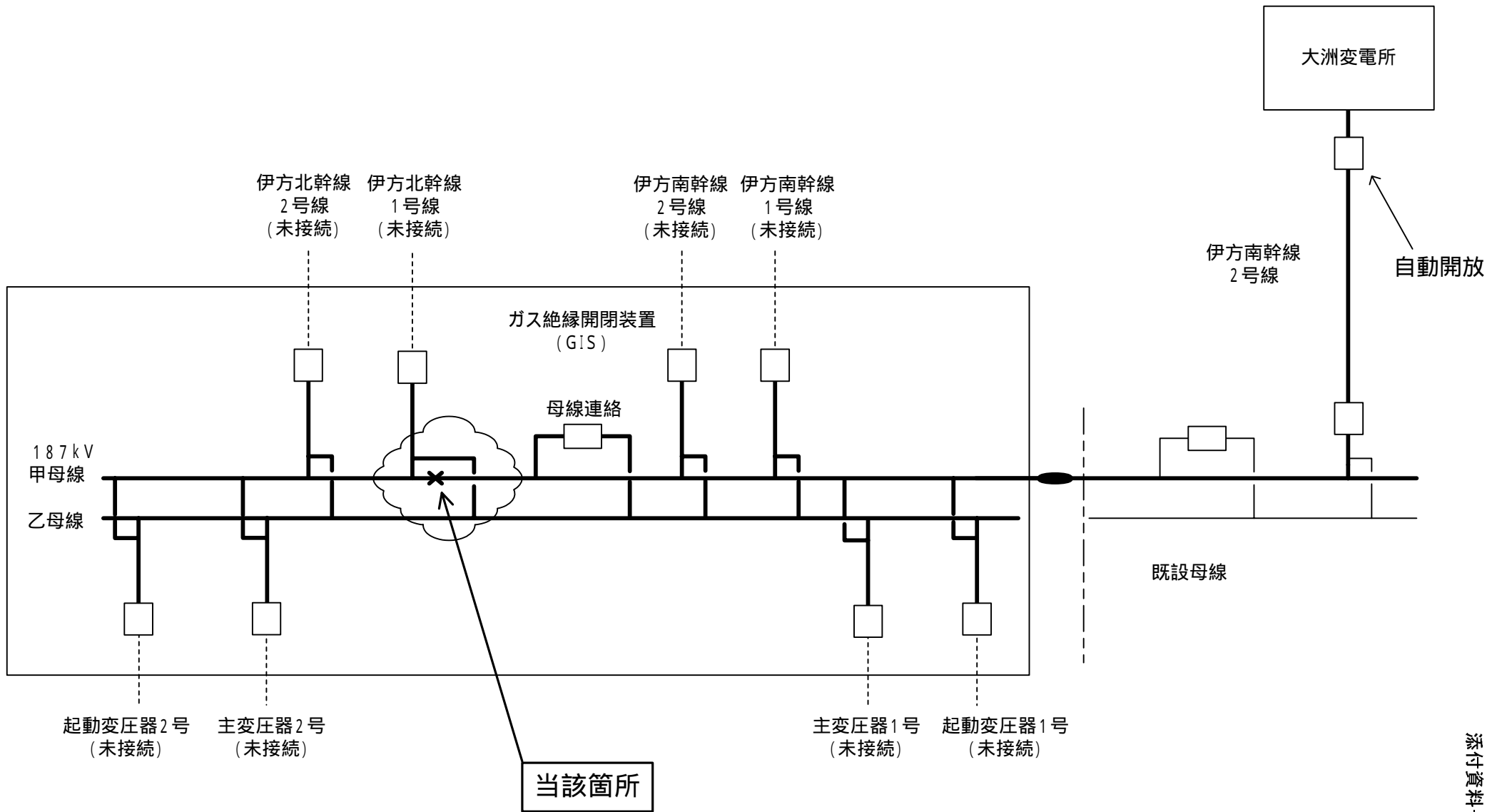
なお、念のため、耐電圧試験と試充電時、微少放電の確認および音波による内部異物の確認によるGISの内部診断を実施し、異常のないことを確認した。

(3) 今後、1号機の定期検査で実施する作業については、GISユニットの設置は終了しているため、今回開放点検した母線着脱ブロック以外の3箇所を開放し、導体先端部およびシールドに接触がないことおよびGIS内部に異物がないことを確認するとともに、導体がシールドに接触しないよう変更した方法で組み立てる。

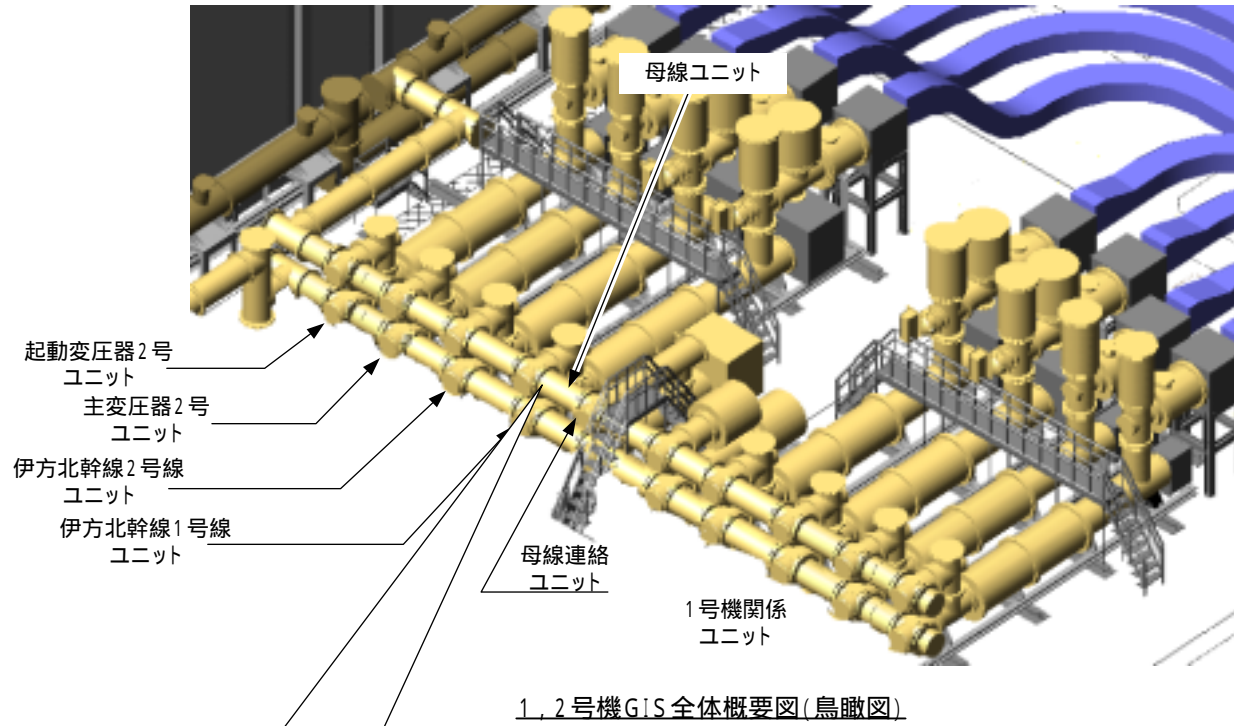
また、当該事象発生部位である当該ブロックは工場修理を実施し、伊方南幹線 1 号線用として、1号機定期検査時に同様の変更した方法で組み立てる。

以 上

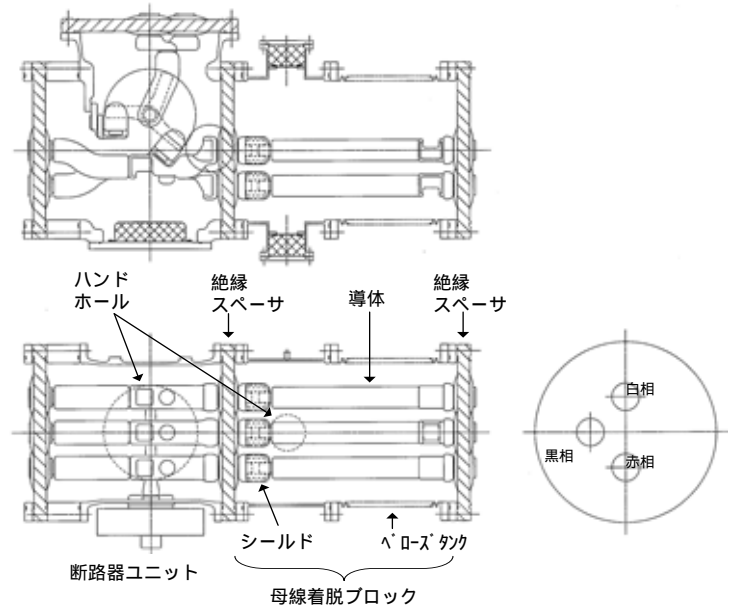
伊方1, 2号機GIS 試充電系統図



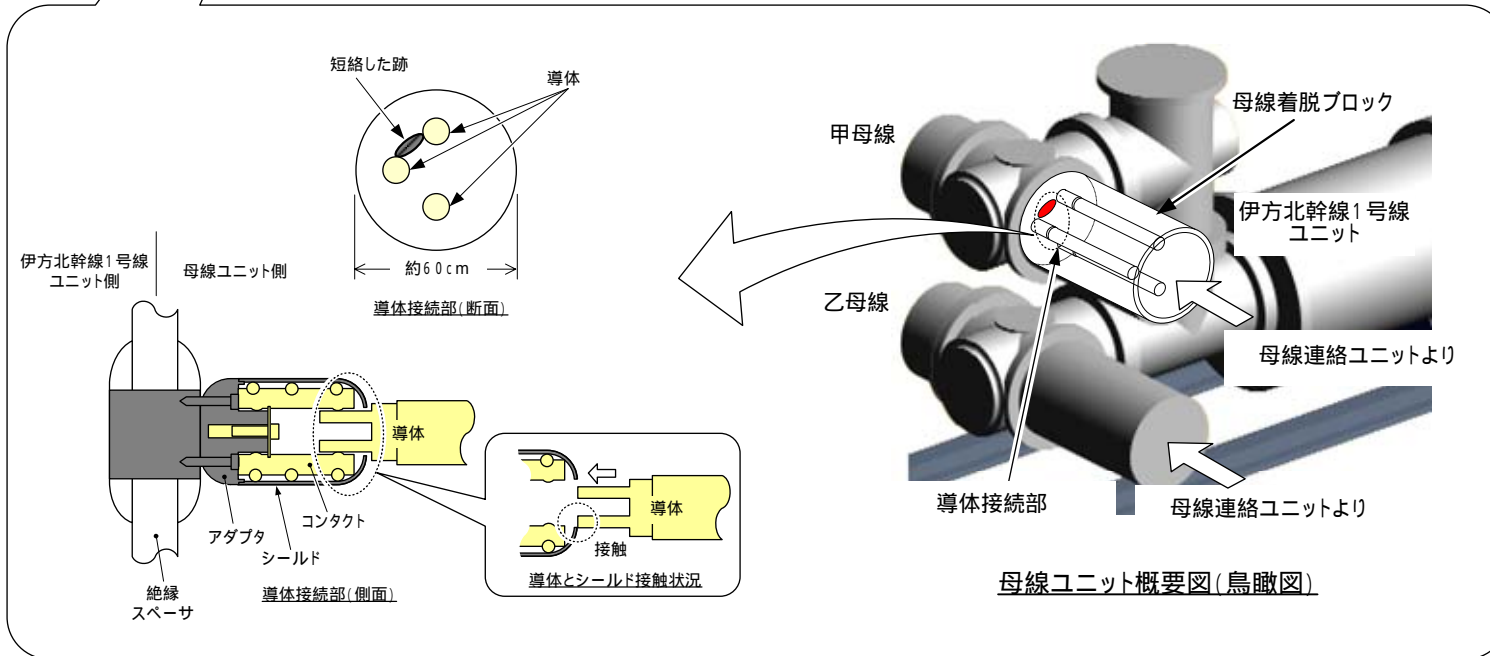
伊方1, 2号機GIS不具合状況図



1, 2号機GIS全体概要図(鳥瞰図)



母線ユニット構造図



母線ユニット概要図(鳥瞰図)

GIS取付部品点検状況【赤相】

コンタクト全体



異常は認められなかった。

シールド

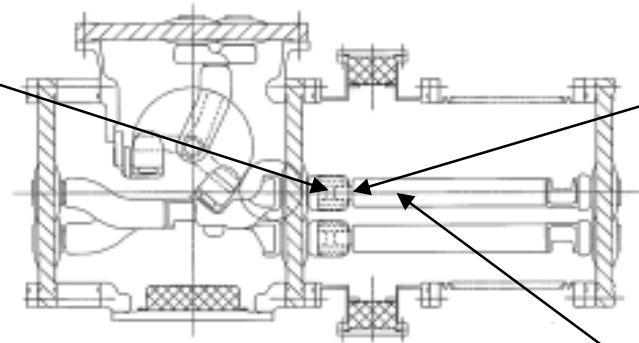


異常は認められなかった。
シールド先端部下部に打痕と削れあり。

シールド拡大



シールド先端部下部に打痕と削れあり。

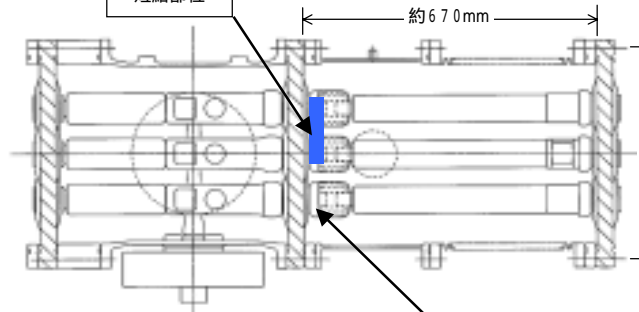


導体挿入部

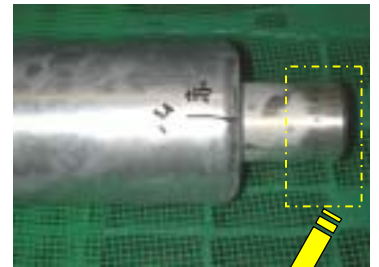
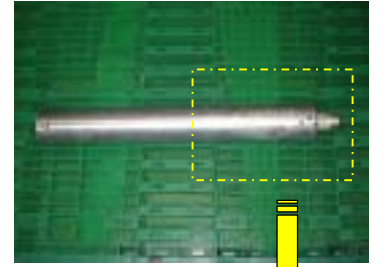


異常は認められなかった。

短絡部位



導体

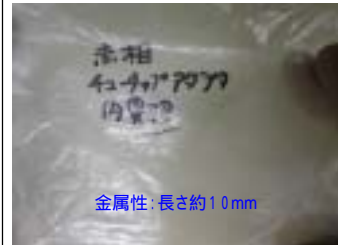


導体先端部に傷を確認した。

コンタクト内部



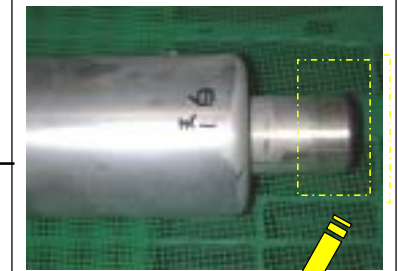
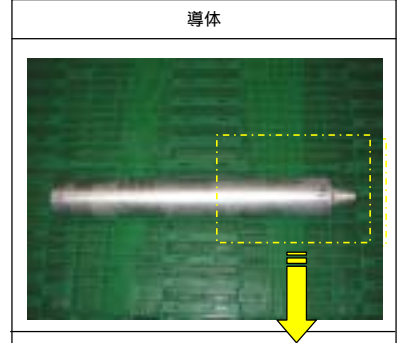
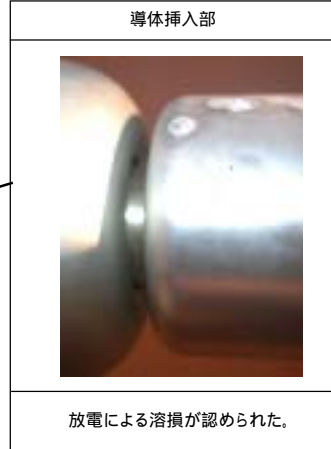
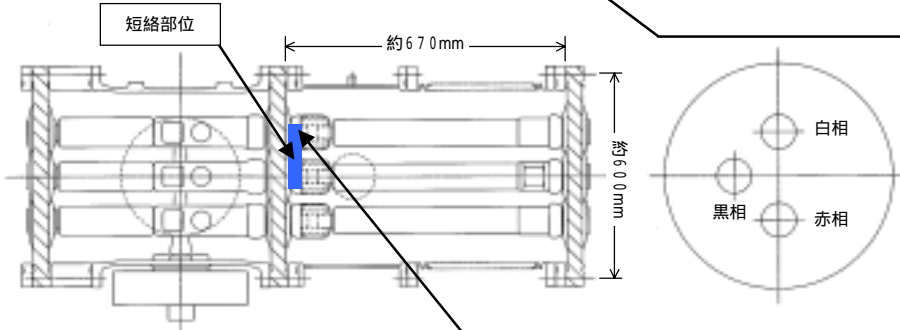
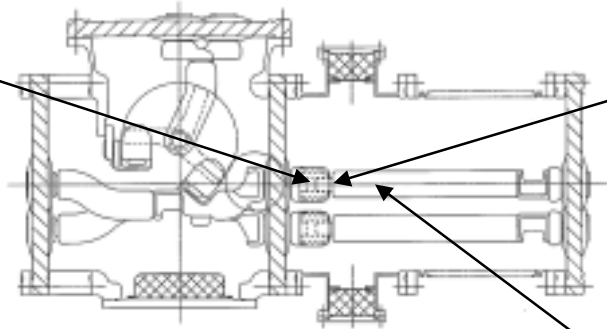
金属異物



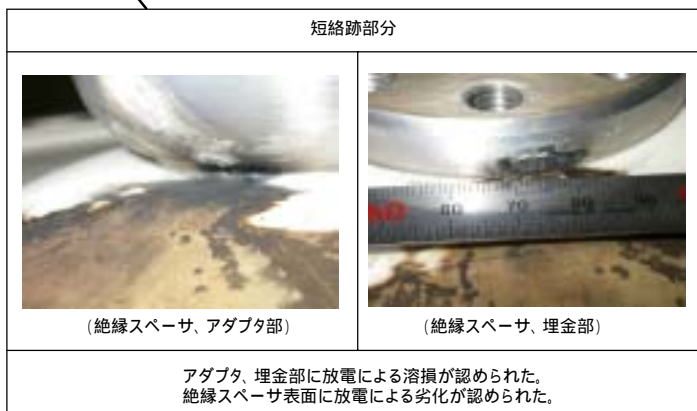
金属性:長さ約10mm

線状の異物が認められた。

GIS取付部品点検状況【白相】



導体先端部に傷を確認した。



GIS取付部品点検状況【黒相】

コンタクト全体



シールドに放電による溶損が認められた。

シールド

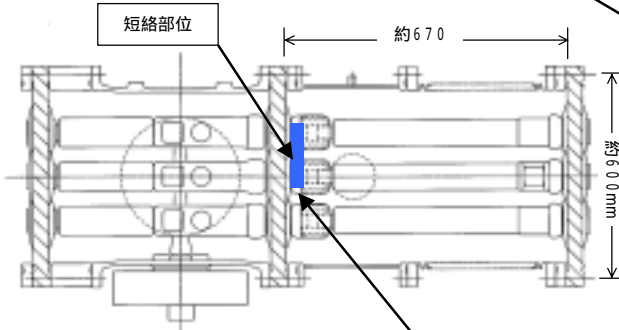
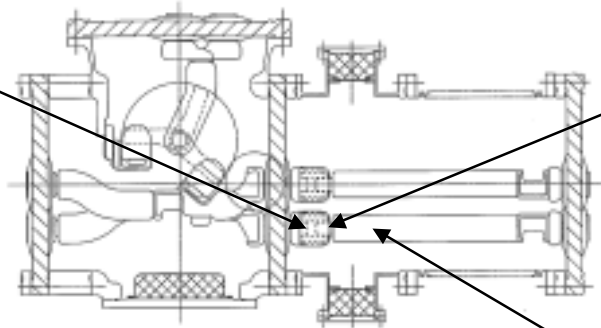


溶損している反対側は異常なし。
シールド先端部下部に打痕と削れあり。

シールド拡大



シールド先端部下部に打痕と削れあり。

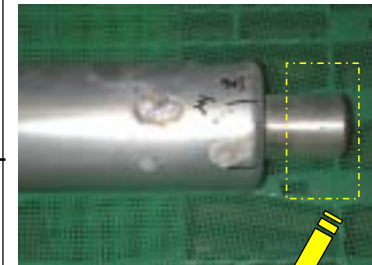
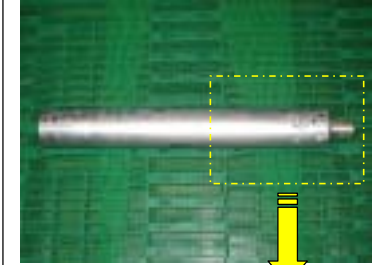


導体挿入部



放電による溶損が認められた。

導体



導体先端部に傷を確認した。

短絡跡部分



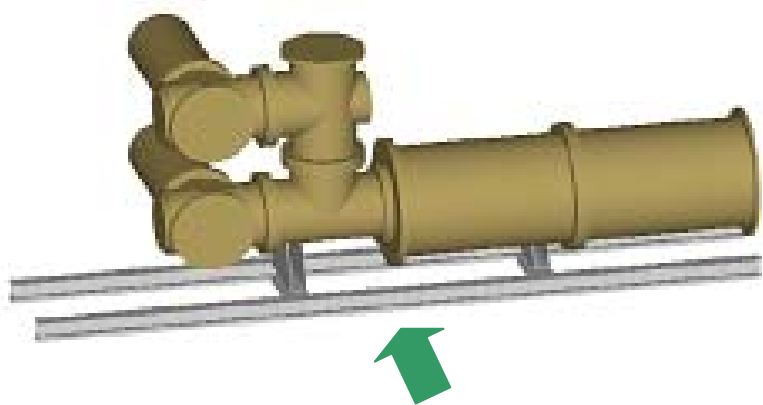
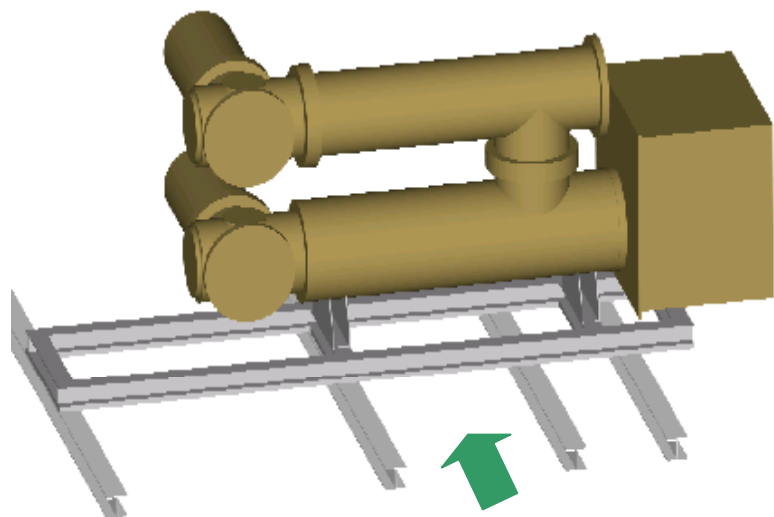
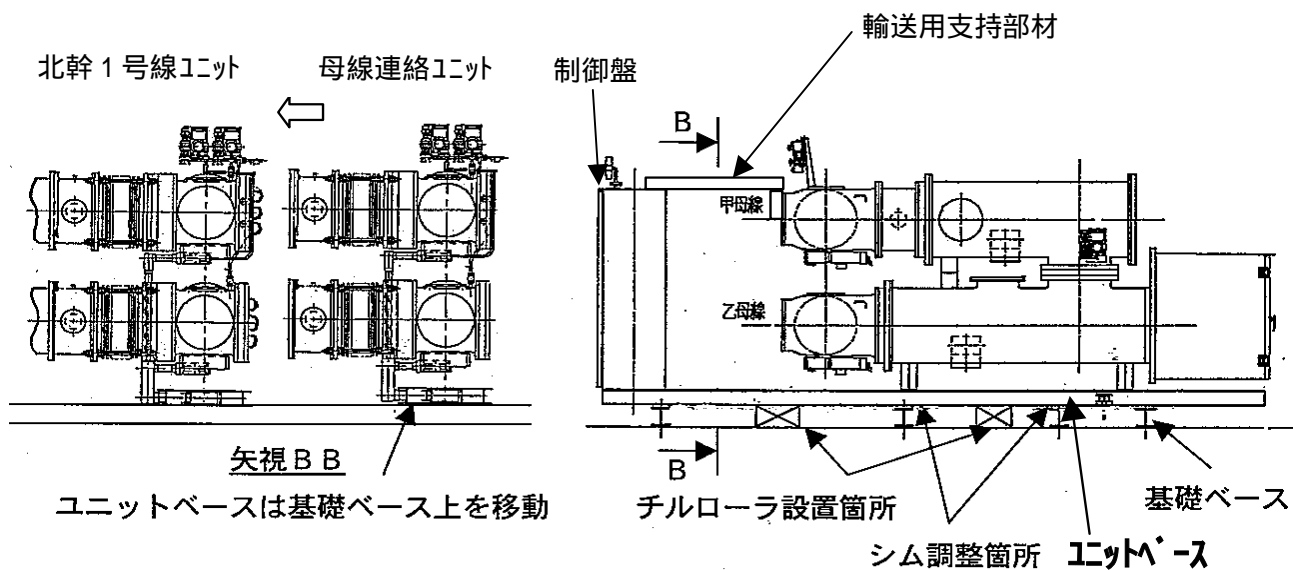
(絶縁スペーサ、アダプタ部)



(絶縁スペーサ、埋金部)

アダプタ、埋金部に放電による溶損が認められた。
絶縁スペーサ表面に放電による劣化が認められた。

GIS 組立概要図



シールドと導体が接触をおこす推定メカニズム

