

伊方発電所第3号機
海水ポンプDの潤滑水流量の指示低下について

平成24年3月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 海水ポンプDの潤滑水流量の指示低下について

2. 事象発生の日時

平成23年 9月27日 16時22分

平成23年10月22日 14時54分

3. 事象発生の設備

屋外海水ピット

4. 事象発生時の運転状況

定期検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機は、定期検査中のところ、9月27日16時22分、海水ポンプ3Dの軸受潤滑水流量の低下を示す信号が発信した。

軸受潤滑水流量計の点検を実施したところ、流量検出器の内部に汚れが付着していたため、検出器の清掃を実施し、清掃後、軸受潤滑水流量計の指示が問題ないことを確認し、状態を監視した結果、異常が認められないことから、9月30日14時50分、通常状態に復旧した。

また、10月22日14時54分に海水ポンプ3Dの軸受潤滑水流量の低下を示す信号が再度発信した。

軸受潤滑水流量計の点検を実施したところ、当該流量計の検出部に電位差がみられたため、清掃を行い、電位差に問題がないことを確認したが、その後、電位差に上昇傾向がみられたことから、当該流量計を予備品に取替えた。その後、状態を監視した結果、異常が認められないことから、11月1日10時50分、通常状態に復旧した。

いずれの場合も、復旧までの間、予備の海水ポンプ3Cによって、発電所に必要な海水流量は確保されており、本事象によるプラントへの影響および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

9月27日

- 16時22分 「海水ポンプ潤滑水流量低」信号発信
「海水ポンプ潤滑水流量異常低」信号発信
「原子炉制御系計器ラック入出力故障」信号発信

16時28分 海水ポンプ3C起動

16時29分 海水ポンプ3D停止

19時52分 調査・検出器清掃開始

22時23分 調査・検出器清掃終了

9月28日 海水ポンプ3D起動

海水ポンプ3C停止

9月30日 初期運転状態で異常のないことを確認し、通常状態に復旧

10月22日

- 14時54分 「海水ポンプ潤滑水流量低」信号発信
「海水ポンプ潤滑水流量異常低」信号発信
「原子炉制御系計器ラック入出力故障」信号発信

15時02分 海水ポンプ3C起動

15時04分 海水ポンプ3D停止

18時17分 調査・検出器清掃開始

23時52分 流量計（変換器）を予備品と取替

10月23日

0時55分 調査・検出器清掃終了

10月31日 当該流量計（検出器・ケーブル・変換器）を予備品と取替

11月 1日 海水ポンプ3D起動

海水ポンプ3C停止

初期運転状態で異常のないことを確認し、通常状態に復旧

7. 調査結果

(1) 現地調査（9月27日）

a. 事象発生時の状況確認

(a) 信号発信時に中央制御室にて流量指示を確認したところ、「*0m³/h」を示していた。また、インタロックが働き、海水ポンプ軸受潤滑水非常用補給弁3D(以下、バックアップ電動弁という。)が自動で開いていた。

(b) 現場にて流量計を確認したところ、指示は「-0.5m³/h」および「-10.0%」を指示し、変換器表面のアラーム表示灯が点滅していた。

(c) 信号復帰後に当該流量計の自己診断履歴を確認すると、至近の故障履歴は「検出器信号の異常」であった。

(d) 当該流量計は、自己診断により故障検知した場合、指示を強制的に-10%とする設定となっていた。

(e) 以下の点検を実施した結果、検出器電極間電位差が清掃実施の目安値を超えていたが、他に異常は見られなかった。

- ・ 検出器電極間電位差測定
530.8mV (目安値 500mV 以下)
参考：27.4mV(健全なモータ冷却水流量計)
- ・ タッピング
異常なし
- ・ 変換器キャリブレーション (設定パラメータ確認含む)
異常なし
- ・ 絶縁抵抗測定
異常なし

以上より、信号発信の原因は、何らかの原因により検出器の電極間電位差が大きくなったため、流量計の自己診断機能が働き、流量計の故障を検知したものと考えられる。

また、当該流量計は故障時に、0 m³/h 以下に振り切るように設定されていたため、流量指示は0 m³/h 以下となり、バックアップ電動弁が正常に開き、海水ポンプ3 Dには必要な潤滑水は問題なく供給されていた。

b. 電極清掃結果

電極間電位差の増加の主な原因は、電極の汚れと考えられたことから、電極の清掃を実施した。

(a) 検出器電極外観点検

検出器内面および電極部に汚れが付着していることを確認した。

(添付資料-2)

(b) 検出器電極の清掃

検出器電極の清掃を実施し、以下の点検を行った結果、良好となった。

- ・ 検出器電極間電位差測定 (清掃後)
62.6mV (目安値 500mV 以下)
- ・ 絶縁抵抗測定 (清掃後)
異常なし

清掃により電極間電位差が改善されたことから、電極の汚れが原因であったと推定した。

(2) 現地調査 (10月24日)

a. 事象発生時の状況確認

(a) ~ (d) 状況は9月27日と同じであった。

(e) 以下の点検を実施した結果、検出器電極間電位差が清掃実施の目安値を超えていたが、他に異常は見られなかった。

- ・ 検出器電極間電位差測定
577.3mV (目安値 500mV 以下)
参考：81.2mV(健全なモータ冷却水流量計)

- ・タッピング
異常なし
- ・変換器キャリブレーション（設定パラメータ確認含む）
異常なし
- ・絶縁抵抗測定
異常なし

b. 電極清掃・変換器取替結果

電極間電位差が清掃の目安値を超えていたことから、電極の清掃を実施した。

(a) 検出器電極外観点検

検出器内面および電極部に汚れが付着していることを確認した。

(b) 検出器電極の清掃

検出器電極の清掃を実施し、以下の点検を行った結果、良好となった。

- ・検出器電極間電位差測定（清掃後）
149.0mV（目安値 500mV 以下）

(c) 変換器（予備品）取替

短期間で再発したことから、汚れ以外の要因も否定できないため、変換器を予備品に取り替えた。

- ・検出器電極間電位差測定（変換器取替後）
120.1mV（目安値 500mV 以下）

(3) メーカーによる詳細調査

取り替えを行った電磁流量計（検出器・変換器・信号ケーブル）をメーカー工場に送付し、詳細調査を実施した。

a. 外観目視調査

(a) 検出器

電極およびライニングにわずかではあるが付着物が認められた。

(b) 変換器

異常は見られなかった。

(c) 信号ケーブル

検出器側 SA シールド線にテーピング処理不良が確認された。

(添付資料－3)

b. 動作確認

(a) 流量ゼロ（満水）状態での連続運転調査（水道水、海水）

検出器、変換器、信号ケーブルをタッピングおよび加熱試験（約80℃）を実施したが、出力および電極電位に異常は見られず、事象は再現しなかった。

(b) 実流状態での連続運転調査 (水道水)

実流量の変動 ($0\text{m}^3/\text{h}$ (0%) $\sim 5\text{m}^3/\text{h}$ (100%)) 試験を実施したが、出力および電極電位に異常は見られず、事象は再現しなかった。また、正常な電磁流量計との比較を行い有意な差がないことを確認した。

c. 検出器調査

(a) 電極電位測定

電極電位の測定を行った結果、A 電極電位: -690mV B 電極電位: -530mV
電位差: 160mV (判定基準: $-2300\text{mV} < A < 4500\text{mV}$, $-3500\text{mV} < B < 4500\text{mV}$, $|A-B| < 700\text{mV}$) であり異常はなかった。なお、正常品(新品)(電極電位: $-300\text{mV}\sim -500\text{mV}$)に比べるとやや高いが、電極付近の付着物の影響と思われる。

(b) 絶縁抵抗測定

電極およびコイルの絶縁抵抗測定を行った結果、電極、コイル共に $1000\text{M}\Omega$ 以上であり、異常は見られなかった。

d. 変換器調査

(a) 入力回路動作確認

変換器入力回路の動作確認を行い、波形、パラメータに異常は見られなかった。

(b) 加熱試験

ドライヤーによる加熱試験(約 80°C)を実施したが異常は見られなかった。

e. 信号ケーブル調査

信号ケーブルの導通確認および絶縁抵抗調査を行ったが、異常は見られなかった。また、外観調査にてテーピング処理不良が確認された検出器側 SA シールド線は断線しておらず、絶縁抵抗も $1000\text{M}\Omega$ 以上であり異常は見られなかった。

f. 故障模擬試験

通常の状態測定で、処理不良の確認されたシールド線を、検出器の筐体に接触させたところ、接触させた側の電極電位が大きく変化し、電極間電位差が約 400mV 程度拡大した。(添付資料-4)

以上より、メーカー工場での調査では事象は再現しなかったものの、信号ケーブルのシールド線が検出器筐体に接触することで、電極間電位差が大きく変化し、状況によっては、入力信号異常が発信する可能性があることが分かった。

(4) 付着物の調査

流量計をふき取ったウエス付着物の成分分析を行った結果、炭素、酸素、鉄およびシリカが主成分であり、海水中の汚れであると考えられ、特異性はなかったが、事象発生の数日前に発電所付近に台風が接近しており、漂流物が滞留し海水が濁っていたことから、台風により通常とは異なる海水中の汚れが付着した可能性がある。

(添付資料-2)

(5) 保守状況の調査

当該流量計については、第10回定検（平成19年9月～10月）にて取替を実施し、この時に信号ケーブルも取替を行っているが異常は認められていなかった。

また、当該流量計は、毎定検入出力特性試験、機能試験を実施しており、至近の第13回定検（平成23年4月～）の点検では異常は認められなかった。

なお、点検時にはケーブルを解線するため、解線時にテーピングが外れる可能性があるが、復旧時にシールド線の状況確認を行うようにはなっていなかったため、テーピングが外れたことに気づかなかった可能性がある。

8. 推定原因

今回の事象は、検出器の電極とライニングの隙間や電極表面に海水中の汚れが付着し電極間の電位差が大きくなった状態で、さらにテーピングされていなかったシールド線が検出器の筐体と接触することにより、接触した側の電極電位が変化し、電極間電位差が大きくなったため入力信号異常が発信したものと推測される。シールド線のテーピング不良は、定検時にテーピングが外れた状態であることに気付かないまま検出器を取り付けたためと推測される。

9. 対策

(1) 当該流量計を予備品に取り替え、健全性を確認のうえ復旧した。

(2) 発電所で使用されている、同型の電磁流量計の信号ケーブルについて点検を行い、シールド線の健全性を確認した。また、定検における点検の手順書に、ケーブルのシールド線の状況確認を追加し、計器の取外・取付等の作業を行った際には、復旧状態をチェックシートにて確認することとする。

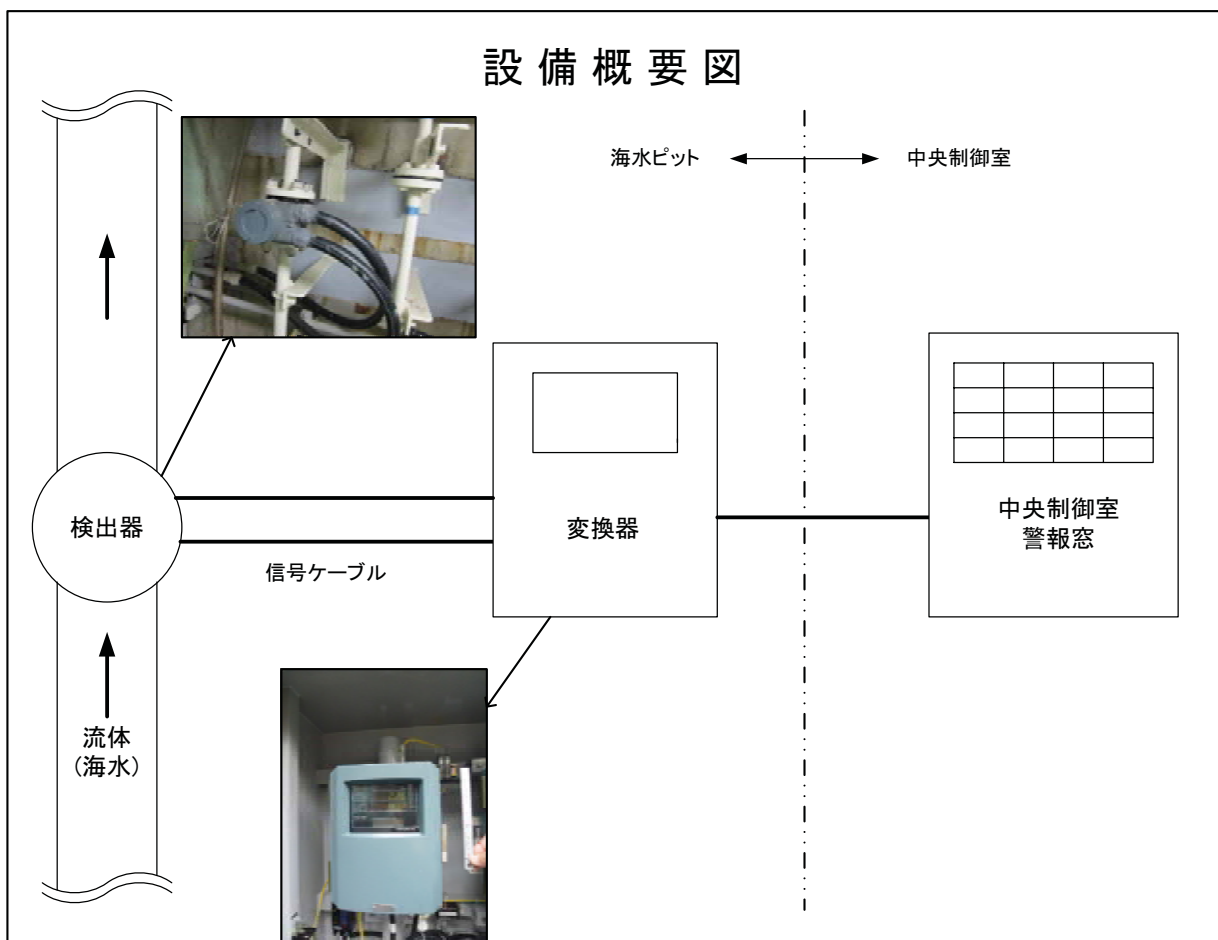
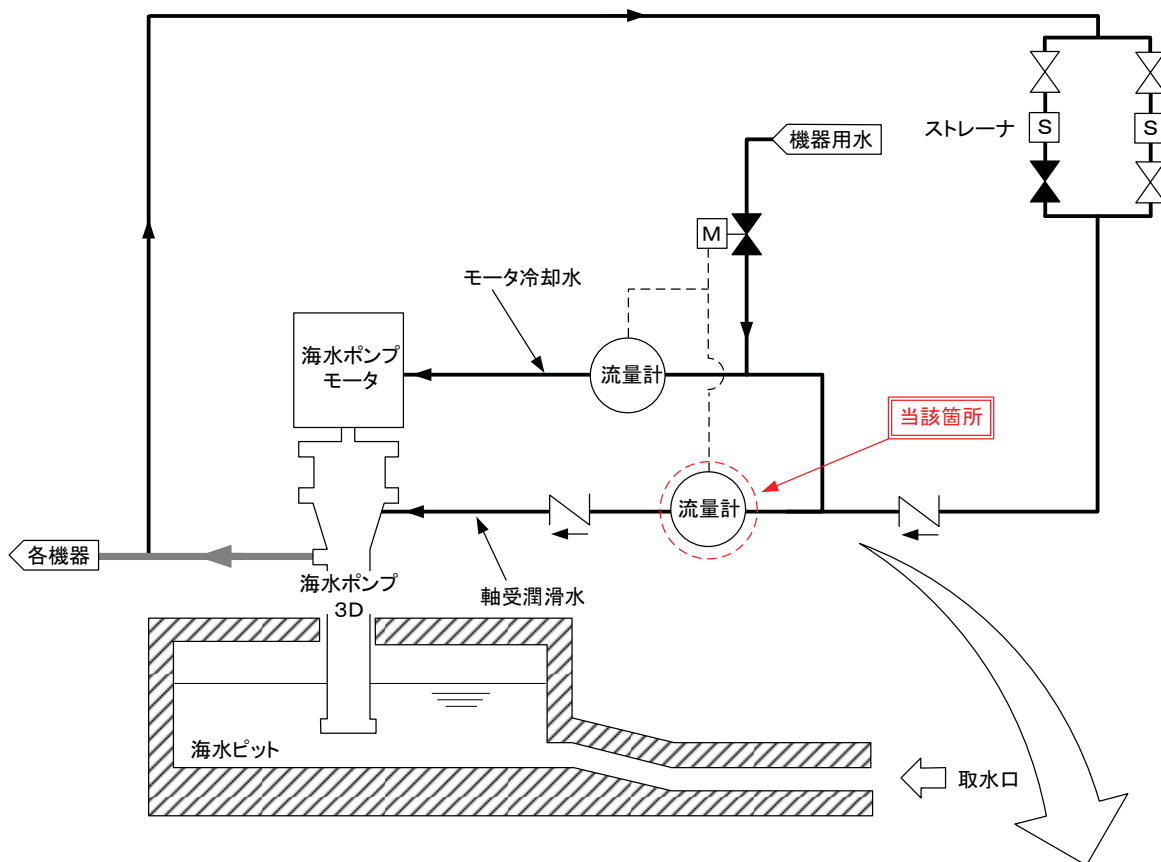
(3) これまでと同様に、定検時に流量計の特性試験等を行い、健全性を確認する。なお、運転中の流量計故障に対応するため予備品を常備しておく。

以上

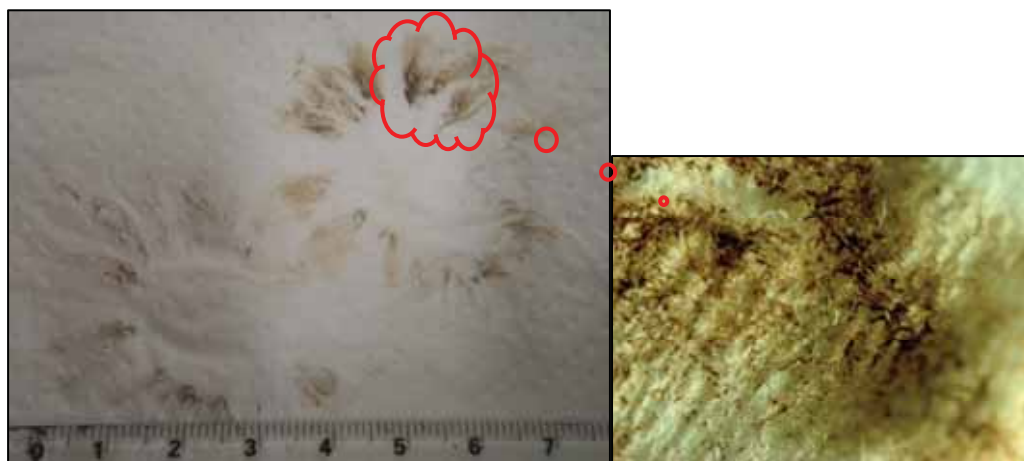
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方 3 号機 海水ポンプまわり系統概略図
- 添付資料－ 2 電磁流量計付着物 拡大写真
- 添付資料－ 3 電磁流量計 外観
- 添付資料－ 4 電極電位差が大きい状態でシールド線が
地絡した時の動作について

伊方3号機 海水ポンプまわり系統概略図

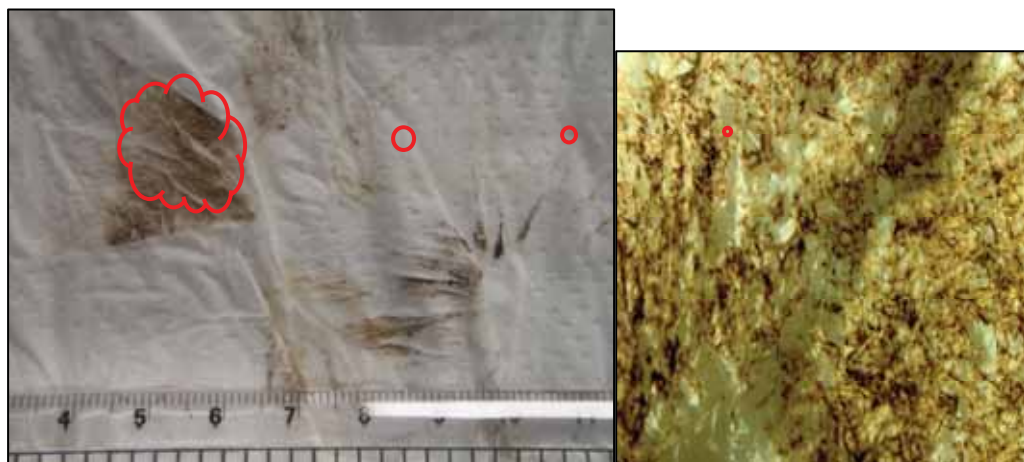


電磁流量計付着物 拡大写真



流量計付着物 (H23. 9. 30 採取)

(拡大)



流量計付着物 (H23. 10. 22 採取)

(拡大)

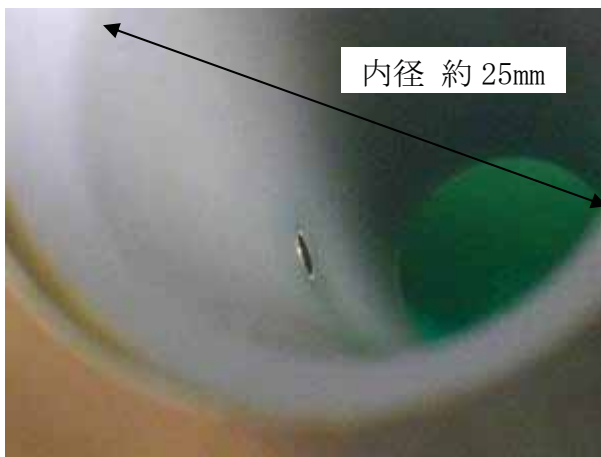
電磁流量計 外観



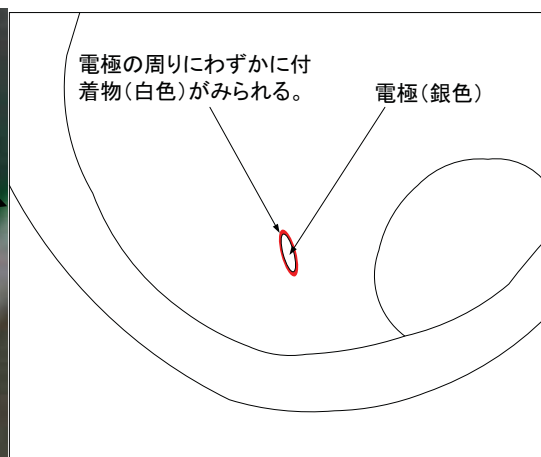
検出器



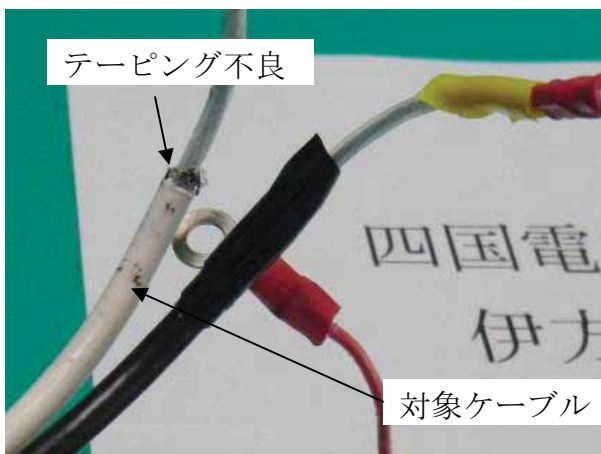
変換器



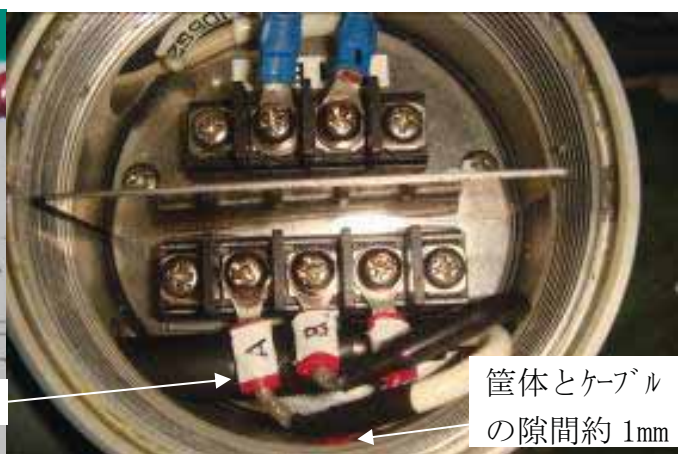
検出器 (電極部)



(左の写真のスケッチ)

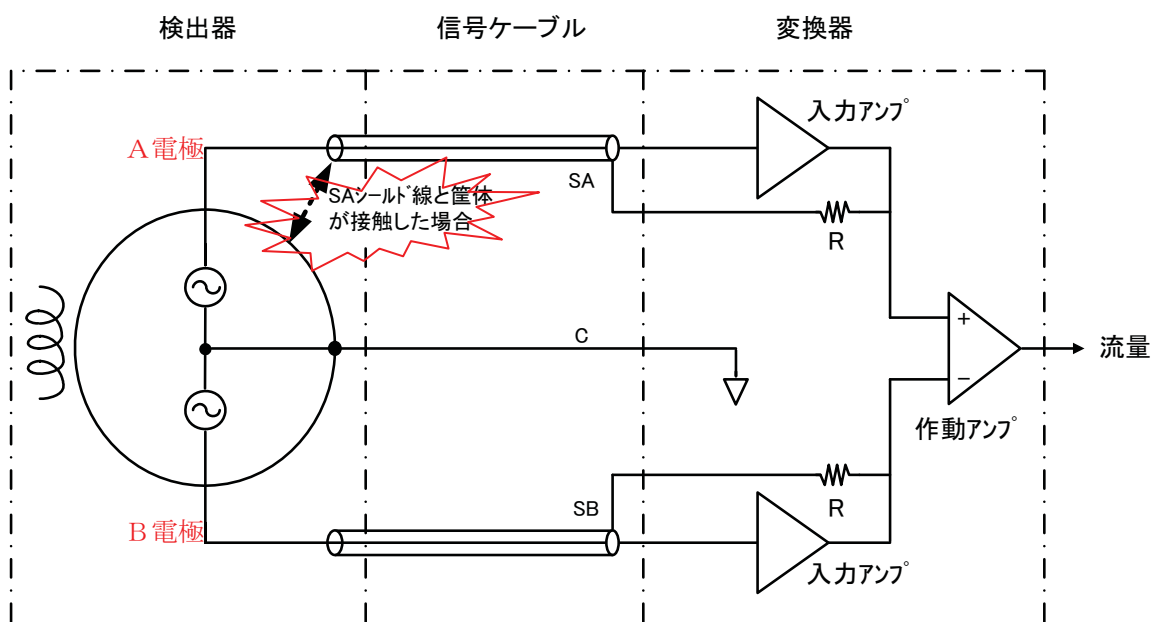


検出器側 SA シールド線



検出器端子部 (正常品)

電極電位差が大きい状態でシールド線が地絡した時の動作について



- ・ $|SA - SB| > 700\text{mV}$ となったら、流量計の自己診断機能が働き故障検知に至る。
 - ・ SAシールド線と筐体が接触した場合、A側の入力アンプの出力が大きく変動することで $|SA - SB| > 700\text{mV}$ となり、流量計の自己診断機能が働き故障検知に至る可能性がある。
- 例) SB側電位が -800mV で、SA側電位が -200mV であった時に、SAシールド線が検出器筐体と接触することにより、SA側電位が -100mV 以上となるため、 $|SA - SB| > 700\text{mV}$ となり故障検知に至る。