

原子力発第07122号
平成19年 9月 7日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 常盤 百樹

伊方発電所第3号機 原子炉補機シーケンス盤カードの不具合
他1件に係る報告書の提出について

平成19年7月6日に発生しました伊方発電所第3号機 原子炉補機シーケンス盤カードの不具合 他1件につきまして、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3号機

原子炉補機シーケンス盤カードの不具合について

平成19年9月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 原子炉補機シーケンス盤カードの不具合について

2. 事象発生の日時

平成19年 7月 6日 14時00分頃（確認）

3. 事象発生の設備

原子炉補機シーケンス盤

4. 事象発生時の運転状況

通常運転中（電気出力918MW）

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機（定格電気出力890MW）は通常運転中のところ、平成19年7月6日10時12分、中央制御室に原子炉補機シーケンス盤*¹の異常を示す警報が発信した。カードの点検、リセット操作等を実施したが、警報が復旧せず、当該盤に異常のあることが確認されたため、同日14時00分頃、当該盤の詳細調査を開始した。

調査した結果、パワーインターフェースカード*²内過電流検知回路の誤動作と判断し、同カードの取替を実施した。

また、調査の過程でカード挿入状態にもかかわらず「カード引抜き信号」が発信していたが、カード挿入状態確認回路部の不調であることが判明したため、該当する不調カードの取替も行った。

その後運転状態の確認を行い、7月9日15時15分、通常状態に復旧した。

本事象によるプラント運転への影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。

*1： 化学体積制御系統など非安全系の補機・弁を制御する盤。制御回路はトランジスタなどの半導体回路によって構成されている。

*2： 各種ロジックカードからの補機（入／切）・弁（開／閉）を制御する信号を受け、補機や弁の駆動用電気信号に変換するカード

6. 事象の時系列

平成19年7月6日

10時12分 中央制御室に「原子炉補機シーケンス盤」警報発信

14時00分 原子炉補機シーケンス盤（以下、「RAS」と記載）5面（RAS-1～5）のうち、RAS-2盤内のパワーインターフェースカード（以下、「PIFカード」と記載）の過電流を示す警報監視カード*³のランプが点灯中にもかかわらず、発信元が容易に特定できず、さらに調査を行うためには、入念な事前検討と準備が必要と判断

- 15時36分 P I Fカードを順次予備品に差替した結果、不具合カードを特定
- 15時55分 当該カードを予備品に取り替えて、過電流を示すランプは復帰したが、中央制御室「原子炉補機シーケンス盤」の警報が復帰しないことを確認。その後、引き続き調査を継続。
- 15時58分 R A S - 1 盤内のカード引抜き信号が発信していることにより、「原子炉補機シーケンス盤」警報が復帰しなかったことを確認。
- 17時10分 取替したP I Fカードが駆動する弁を動作させ、異常のないことを確認
- 19時46分 カード引抜き状態確認回路を調査した結果、カード挿入不良信号の原因となっているカード（タイマーカード*4）を特定
- 20時25分 当該カードを取り替え、警報復帰を確認

平成19年7月9日

- 15時15分 警報発信状態の確認、警報監視カードランプ点灯状態の確認、盤内外観点検を実施し、異常のないことを確認

* 3 : 原子炉補機シーケンス盤の状態（過電流やカード挿入など）をランプによって表示するカード

* 4 : 補機・弁の動作タイミング等を適切な状態に遅延させるカード

7. 調査結果

(1) 現場調査

(添付資料-1)

a. 事象発生直後の状況

(a) 中央制御室「原子炉補機シーケンス盤」警報が発信するとともに、R A S - 2 盤内P I Fカードの過電流を示すランプ（警報監視カード24Bランプ以下、「警報監視カード24Bランプ」と記載）が点灯（正常時は消灯）していることを確認した。

(b) R A S - 2 盤内P I Fカードの過電流を示す「警報監視カード24Bランプ」が点灯している場合、本来はR A S - 2 盤内のいずれかのP I FカードのOC（過電流）ランプが点灯すべきであるが、P I FカードのOCランプは18枚すべて消灯していた。

b. P I F過電流手動リセット操作

「R A S - 2 盤内のいずれかのP I Fカードが、過電流により出力負荷短絡保護回路が動作」し、かつ「OCランプは回路の異常により点灯しなかった」と推定し、該当する18枚の各P I Fカードについて過電流検出回路の手動リセット操作を実施したが、「警報監視カード24Bランプ」は点灯したま

まで、警報もリセットしなかった。

このため、実際には過電流は発生していないと考えられることから、RAS-2 盤内 P I F 過電流検知回路（検出回路および出力回路）の調査を行うこととした。

c. P I F 過電流検知回路における動作不良箇所の調査

RAS-2 盤内 P I F 過電流検知回路は、警報監視カード、ユニバーサルロジックカード*⁵、P I F カード（18 枚）内過電流検出回路および出力回路、さらには各カードを接続する盤内ケーブルにより構成されている。盤内ケーブルが動作不良を起こす可能性は低いため、カードについて調査を行った。

- (a) 警報監視カードについて予備品との差し替えを実施したところ、「警報監視カード 2 4 B ランプ」は点灯、警報は発信したままであった。
- (b) ユニバーサルロジックカードについて予備品との差し替えを実施したところ、「警報監視カード 2 4 B ランプ」は点灯、警報は発信したままであった。
- (c) P I F カード（18 枚）を 1 枚ずつ予備品と差し替えた結果、過電流検知回路に動作不良のあった P I F カードを特定した。

* 5 : 補機・弁の制御に必要な AND、OR 等の基本ロジック演算を行うカード

d. 動作不良のあった P I F カード取替と動作確認

- (a) 過電流検知回路に動作不良のあった P I F カードを予備品と取り替えるとともに、このカードが駆動する弁が正常に動作することを確認した。この結果「警報監視カード 2 4 B ランプ」は点灯→消灯となり、P I F カード過電流検知回路は正常となった。

e. 中央制御室「原子炉補機シーケンス盤」警報が復帰しない原因の調査

(添付資料-2)

P I F カード過電流検知回路は正常となったにもかかわらず、中央制御室「原子炉補機シーケンス盤」警報が復帰しないため、引き続き調査を実施したところ、RAS-1 盤内のカードがすべて挿入状態を表す「警報監視カード 7 B ランプ」が消灯（正常時は点灯）していることを確認した。

このため、RAS-1 盤内カード引抜状態確認回路の調査を行うこととした。

RAS-1 盤内カード引抜状態確認回路は、警報監視カード、ユニバーサルロジックカード、およびこれら 2 枚のカードを含む RAS-1 盤各カード

内のカード引抜状態確認回路（RAS-1 盤内各カードに設けられた「カード挿入で接、引抜で断となる接点」を直列に接続している）、さらには各カードを接続する盤内ケーブルにより形成されている。盤内ケーブルが動作不良を起こす可能性は低いため、カードについて調査を行った。

- (a) 警報監視カードについて予備品との差し替えを実施したところ、「警報監視カード7Bランプ」は消灯、警報は発信したままであった。
- (b) ユニバーサルロジックカードについて予備品との差し替えを実施したところ、「警報監視カード7Bランプ」は消灯、警報は発信したままであった。
- (c) RAS-1 盤各カード内のカード引抜状態確認回路を調査した結果、動作不良のあるカードは、4枚あるタイマーカーカードのうちの1枚であることが判明した。このため当該カードを予備品と交換するとともに、このカードが正常に動作していることを確認した。

(2) 過電流検知回路に異常が見られたPIFカードの詳細調査

a. カード外観確認

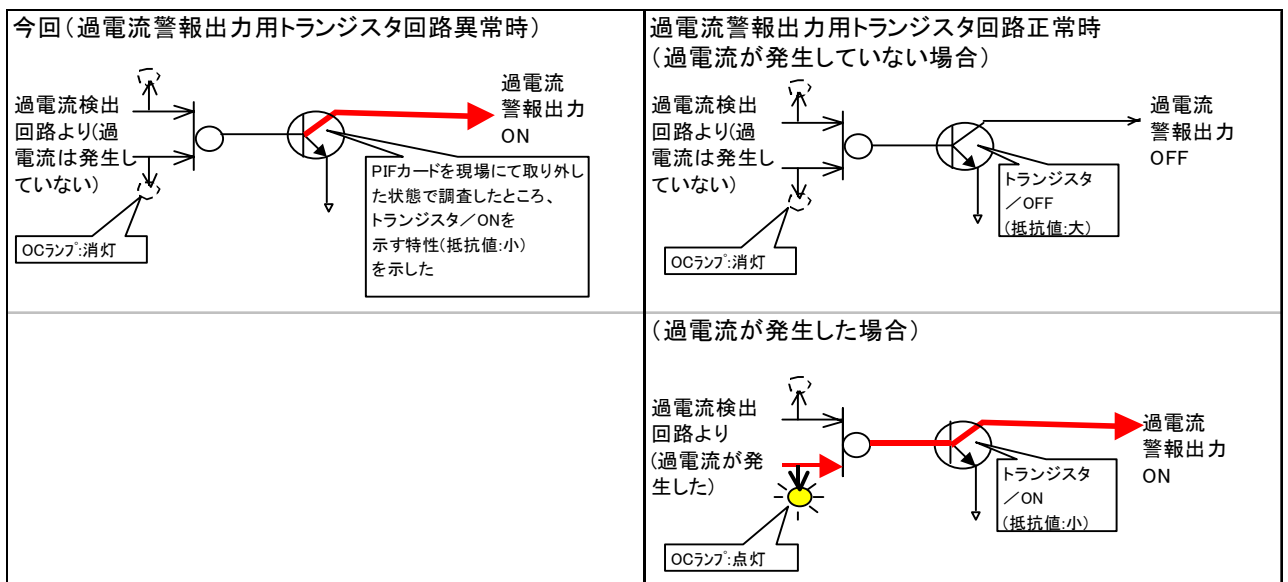
PIFカードの断線、汚れ、異物の付着、ハンダの状態を目視確認したところ、異常はなかった。

b. 過電流警報出力用トランジスタ回路特性確認

(添付資料-1)

PIFカードを予備品と取り替えた直後に、PIFカードを取り外した状態で過電流警報出力用トランジスタ回路特性を確認したところ、図-1の通り過電流を検出していないにもかかわらず、過電流警報出力用トランジスタがON(通常OFF)の状態を示す特性を示した。

図-1 過電流警報出力用トランジスタ回路特性確認結果



c. 工場での詳細調査結果

7月17日メーカ工場において過電流警報出力用トランジスタ特性を確認したところ、正常時と同等であることを確認した。その後4日間にわたって連続通電試験を実施し、過電流警報出力用トランジスタ回路異常の再現性を確認したが、不具合は再現しなかった。

また、ヒートショック試験、タッピング試験を実施し、過電流警報出力用トランジスタ回路異常の再現性を確認したが、再現しなかった。

(3) カード引抜状態確認回路に異常が見られたタイマーカーダの詳細調査

a. カード外観確認

(添付資料-3)

タイマーカーダの断線、汚れ、異物の付着、ハンダの状態を目視確認したところ、基板上のカード引抜状態確認回路を構成するパターン配線に断線が見られた。

また断線部には焼けたような跡があったことから、カード引抜状態確認回路と電源回路が短絡した可能性が高いと推定した。

b. カード引抜状態確認回路と電源回路が短絡する原因調査

(添付資料-4)

(a) 電源回路およびカード引抜状態確認回路に関する調査結果

- ・ RASで使用されている電源には、48V、24V、5V（いずれも直流）の3種類があり、48Vは警報監視カードと接点入力監視カード*⁶のみで、24Vと5Vはすべてのカードで使用されている。
- ・ 今回引抜・差込を実施したカードのうち、警報監視カードは48V電源と引抜状態確認回路のピンが隣接していることが判明した。今回引抜・差込を実施した他のカードについては、電源と引抜状態確認回路のピンが隣接しているものはなかった。

* 6 : 原子炉補機シーケンス盤に入力される外部接点の状態(ON/OFF)をランプによって表示するカード

(b) カード引抜状態確認回路と電源回路が短絡に至る考察

- ・ 今回の点検において、通電状態でカード引抜・差込を実施したが、このことが短絡を引き起こす原因となったと考えられる
- ・ カードを差し込む際、カードフレームに対して斜めに差し込むと、隣接するピン同士が接触する可能性がある

カード引抜状態確認回路と電源回路が短絡する原因を以下のように推定した。

警報監視カードを調査の過程で抜き差しした際、カードがカードフレームに対して一時的に斜めに刺さった状態となり、48V電源と引抜状態確

認回路のピンが一時的に接触し短絡に至ったものと推定した。

c. カード引抜状態確認回路と電源回路短絡の再現試験

(添付資料-4)

前項の推定原因確認のため、工場において再現試験を実施した。その結果、警報監視カードをカードフレームに差し込む際、カード下側をやや強く押さえた状態で斜めに挿入すると、カード側のピンが、カードフレーム側の隣接する48V電源および引抜状態確認回路の2本のピンに接触し、瞬間的に短絡状態になる場合があった。

(4) 保守状況の調査

当該カードについて点検にかかる履歴および記録を調査した。

a. 過電流検知回路に異常が見られたPIFカード

カード単体での機能確認は実施していない。

ただし弁の動作確認試験や運転操作時の動作等によって、機能の健全性は確認されている。

b. カード引抜状態確認回路に異常が見られたタイマーカード

カード単体での機能確認は実施していない。

ただし弁や補機の動作確認試験や運転操作時の動作等によって、タイマー機能の健全性は確認されている。

8. 推定原因

(1) 過電流検知回路に動作不良が見られた PIF カード

当該 P I F カード過電流警報出力用トランジスタ回路の一過性の動作不良により、過電流警報が誤って発信したと推定される。

(2) カード引抜き状態確認回路に異常が見られたタイマーカーカード

過電流検知回路における異常箇所特定のため、警報監視カードを抜き差しした際、カードがカードフレームに対して一時的に斜めに刺さった状態となり、48V 電源と引抜き状態確認回路のピンが一時的に接触し短絡した。短絡電流は R A S - 1 盤内引抜き状態確認回路を流れ、タイマーカーカード内プリント基板上のパターン配線で断線を引き起こしたと推定される。

9. 対 策

(1) 過電流検知回路に動作不良が見られた PIF カード

a. 当該カードを予備品と取り替え、健全性を確認のうえ復旧した。

b. 今後とも、PIF カードを予備品として常備する。

(2) カード引抜き状態確認回路に異常が見られたタイマーカーカード

a. 当該カードを予備品と取り替え、健全性を確認のうえ復旧した。

b. 今後とも、タイマーカーカードを予備品として常備する。

c. 今後、48V 電源を使用している警報監視カードおよび接点入力監視カードを抜き差しする場合は、カード抜き差し時に短絡するおそれがあるため、48V 電源を隔離する。

また、この内容を作業要領書に反映するとともに、関係者に周知する。

以 上

添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方 3 号機 原子炉補機シーケンス盤－ 2 P I F 過電流検知回路

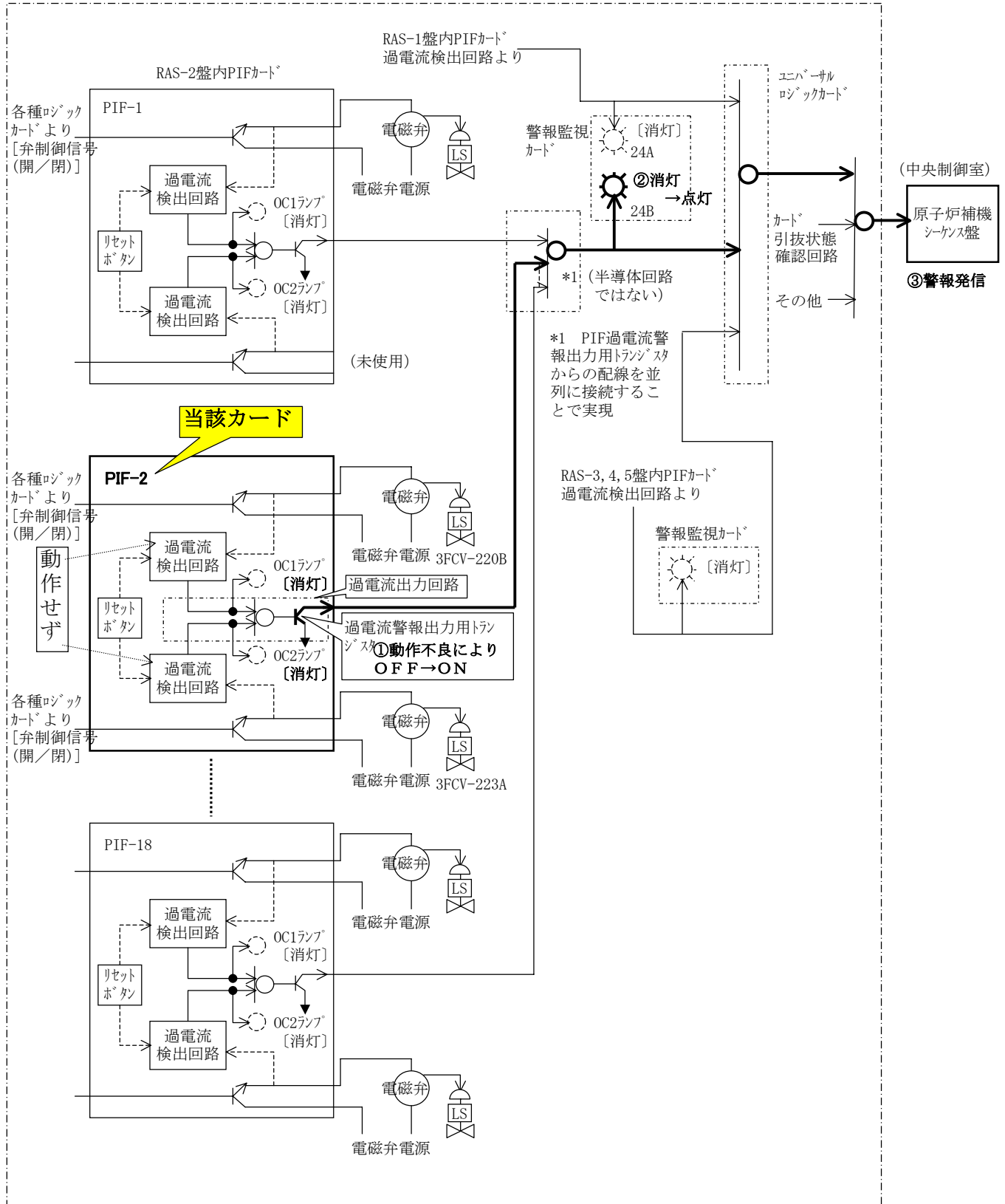
- 添付資料－ 2 伊方 3 号機 原子炉補機シーケンス盤 カード引抜状態確認回路

- 添付資料－ 3 タイマーカード詳細調査結果

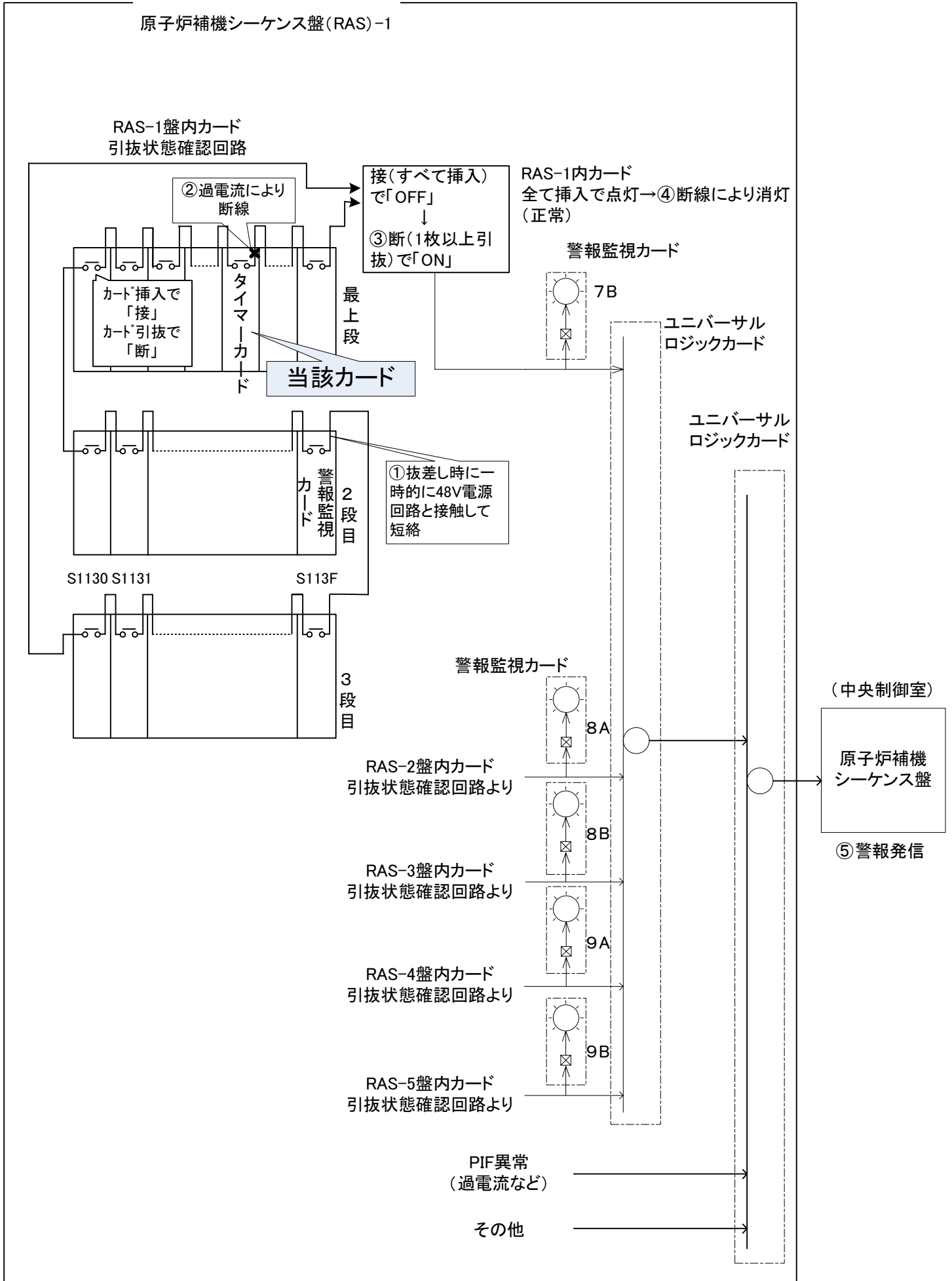
- 添付資料－ 4 カード引抜状態確認回路と電源回路との短絡原因調査説明資料

原子炉補機シーケンス盤-2 (RAS-2) PIF過電流検知回路

原子炉補機シーケンス盤 (RAS)



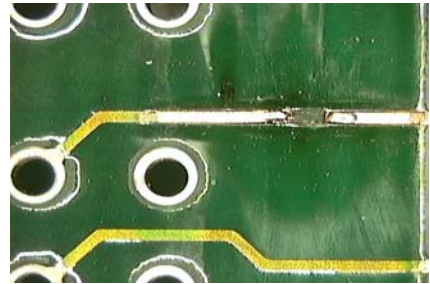
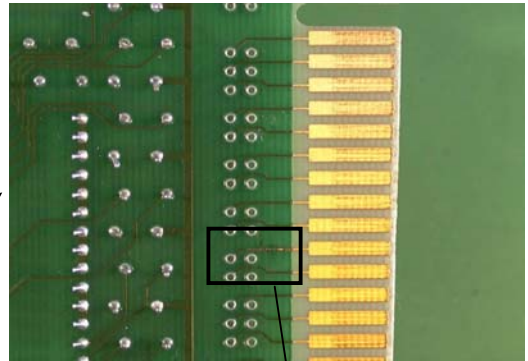
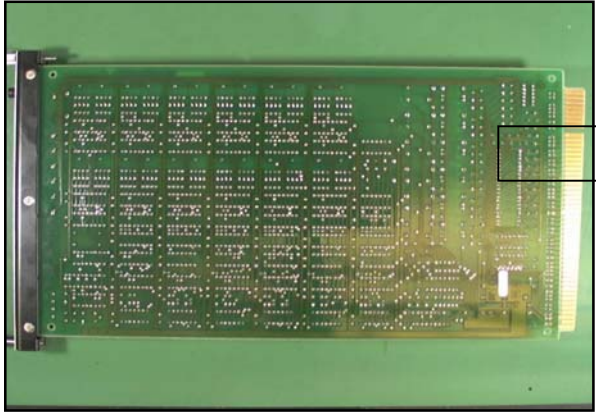
伊方3号機原子炉補機シーケンス盤 カード引抜状態確認回路



タイマーカード詳細調査結果

1. 調査対象カード

タイマーカード



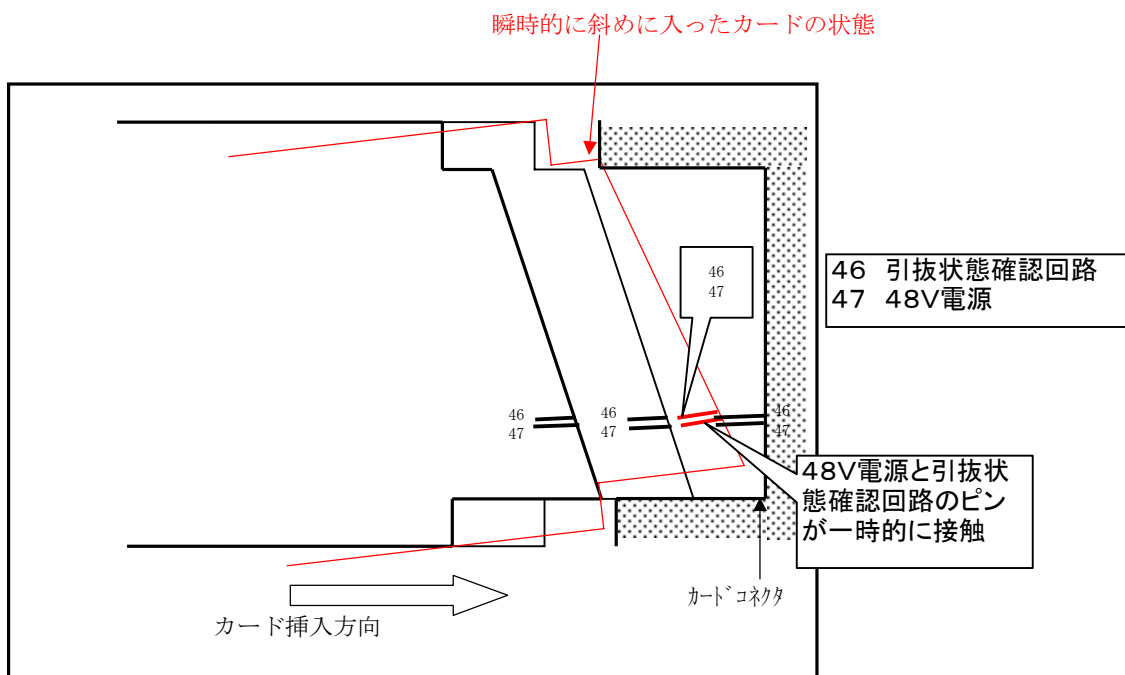
カード引抜き状態確認回路と電源回路との短絡原因調査説明資料

1. RAS盤カード引抜き・挿入時に関する装置取扱説明書の記載

(参考) 取扱説明書での記載内容

- ・電源通電状態でのカード引抜き・挿入作業によって、カード部品が破損することはありません
- ・ただし、定期検査時など、時間に余裕のある際には、カードへのストレスを避けるため、電源をOFFにしてからカードを引抜き・挿入することを推奨します。

2. 警報監視カードによるカード引抜き状態確認回路と電源回路との短絡再現試験結果



○推定原因

警報監視カードを調査の過程で抜き差しした際、カードがカードフレームに対して一時的に斜めに刺さった状態となり、48V電源と引抜き状態確認回路のピンが一時的に接触し短絡に至ったものと推定した。

○再現試験結果

上記推定原因確認のため、工場において再現試験を実施した。その結果、警報監視カードをカードフレームに差し込む際、カード下側をやや強く押さえた状態で斜めに挿入すると、カード側のピンが、カードフレーム側の隣接する48V電源および引抜き状態確認回路の2本のピンに接触し、瞬間的に短絡状態になる場合があった。