

川内原子力発電所1号機所内電源設備点検作業中の人身事故について

1. 発生日時  
平成22年1月29日 7時07分
2. 事故発生の電気工作物  
電気設備 所内電源設備 遮断器 (使用電圧440V)
3. 事故発生時の運転状況  
第20回定期検査中
4. 被災者の状況  
死亡：1名、重傷：2名、軽傷：4名

5. 事故発生の状況

川内原子力発電所1号機(加圧水型軽水炉、定格電気出力89万キロワット)は、第20回定期検査中のところ、所内電源設備の点検のため、3-1B2母線を停電後、接地器具取付作業中に作業員7名が熱傷を負った。また、火災が発生したため、現場作業員が初期消火活動を行い、7時20分に専属消防隊の消火確認、7時50分に消防署の鎮火確認が行われた。

作業員3名(A、B、C)は、救急車で搬送され、病院にて治療を行ったが、熱傷の症状が重く、入院治療を行うこととなった。

なお、今回の事象による環境への放射能の影響はなかった。

<時系列>

平成22年1月29日(金)

6時40分	3-1B2母線停電操作開始
7時00分	3-1B2母線停電操作完了
7時01分	3-1B2母線受電遮断器の隔離操作開始
7時07分	事故及び火災発生*
7時20分	専属消防隊による消火確認
7時50分	消防署による鎮火確認

※ 事故及び火災発生時発信した警報は以下のとおり。

- ・ 3-1B2母線故障
- ・ P/C制御電源NFB断
- ・ C直流回路接地
- ・ タービン建屋火災
- ・ 消火ポンプ起動

## 6. 事故の状況調査

### (1) 受電盤及び周辺電気設備

- ・ 主回路端子1次側及び受電盤遮断器室内の床面にアーク溶融の痕跡が確認された。
- ・ 受電盤遮断器室内の配線類が焼損していた。
- ・ 受電盤、隣接する母線連絡盤及び動力変圧器盤の上部にすす及び消火剤が付着していた。
- ・ 受電盤上部前面の保護継電器のガラスカバーが割れていた。
- ・ 引き出して別の場所に置いてあった受電遮断器及び受電盤遮断器室内の主回路端子2次側に、変形、破損等は確認されなかった。
- ・ メタクラ過電流継電器（5 1 B 2 H）R相が動作していた。
- ・ パワーセンタ過電流継電器（5 1 P B 2）S相が動作していた。
- ・ 主母線、動力変圧器及びケーブルは、アーク溶融の痕跡、損傷等は確認されなかった。

### (2) 使用工具・計器類の調査

目視及び写真による外観状況調査により、検電器、絶縁抵抗測定器については焼損、変形等は確認されなかったが、接地器具については焼損、断線が確認された。

### (3) 異物調査

- ・ 受電盤遮断器室内は焼損が激しかったが、特に異物は確認されなかった。
- ・ 取り外していた受電遮断器について、部品等の脱落がないことを確認した。

## 7. 推定メカニズム

事故発生メカニズムは、事故現場の状況調査結果より、以下のように推定される。

- (1) 接地器具取付作業において、接地器具が主回路端子1次側のR相とS相に接触。
- (2) 主回路端子1次側のR相とS相間で2相短絡し、アークが発生。
- (3) R相とS相間で発生したアークが床面へ移行し、短絡が継続。
- (4) 2相短絡により発生したイオン化ガスの影響により、2相短絡からT相も含めた3相短絡へ移行。
- (5) 受電盤遮断器室内下部に滞留したアークガスが前面に噴出。
- (6) メタクラ過電流継電器「5 1 B 2 H（R相）」が動作し、メタクラ遮断器が開放され、短絡停止。

## 8. 事故発生原因調査結果

事故発生原因の要因分析を実施し、抽出された項目の調査を実施した。調査結果は以下のとおり。

(1) 受電盤及び周辺電気設備の状況調査

以下の状況より、設備の不良により事故が発生したとは考えられない。

- ・ 引出して別の場所に置いてあった受電遮断器の主回路端子等に破損、変形、部品の脱落等は確認されなかった。
- ・ 受電盤遮断器室内の主回路端子1次側は溶損しているが、主回路端子が取付けられている箇所形状に変形、欠損はなく、また、R、T相の残留端子も傾き等の変形は見られなかった。
- ・ 動力変圧器及びケーブルは、アーク溶融の痕跡等もなく、損傷も見受けられなかった。

(2) 工具・計器類の確認

当該作業に使用した工具・計器類（接地器具、検電器、絶縁抵抗測定器）について聞き取りにより確認を行った結果、使用前の点検により健全性確認を実施していたことを確認した。

(3) 力量評価及び業務経歴の確認

運転員、保修員及び作業員の力量及び業務経歴を確認した結果、必要な力量を有しているとともに、経験不足はないことを確認した。

(4) 作業要領書読み合わせの内容確認

保修員、作業員で実施する作業要領書読み合わせの内容を確認した結果、隔離の方法が決定される約1ヶ月前に、作業要領書の読み合わせを実施しており、工事施工範囲、工期・工程、作業管理及び安全管理等について確認が行われていることを確認した。

(5) 作業前の注意事項周知徹底の内容確認

作業員から保修員へ当日の作業前に提出される作業指示書の内容を確認した結果、一般的な記載が行われているのみであった。

また、作業前日に作業員が実施した特定危険作業事前検討会の内容、作業当日のRKY（リスクアセスメント・危険予防）活動の内容を確認した結果、記録では検電の重要性などの一般的な確認は行われているようであった。

(6) 3-1B2母線停電作業の準備から実施までの状況調査

3-1B2母線停電作業の準備から実施までの各ステップにおける状況について書類、聞き取りにより確認を行った結果、書類の作成・確認・承認・提出は規定どおり実施されており、必要な打合せも実施されていることを確認した。また、聞き取りによると、作業員は、接地器具取付けを充電部近接作業として計画されていたことを知らなかった。（作業員（被災者A）が、知っていたかは不明。）

ただし、以下について詳細は確認できなかった。

- ・ 保修課より発電課へ、接地器具取付作業時に2点切りによる隔離を行うこ

との要求を行ったか。(作業連絡メモ、打合せ連絡メモ)

- 接地器具をどのタイミングで取付けるか、どこに取付けるかの調整が行われていたか。(作業連絡メモ)
- 発電課が説明した隔離範囲・手順を保修課が認識していたか。(打合せ連絡メモ)
- 作業前に、保修員より作業員(被災者A)へ、充電部近接作業であることを伝えていたか。

#### (7) あせり、不安の有無確認

作業員(被災者A)の当日の状況について聞き取りにより確認した結果、特別な様子はなかったとのことであり、あせり、不安はなかったと推定される。

#### (8) 疲労、ストレスの有無確認

作業員(被災者A)の作業前の状況について聞き取りにより確認した結果、疲労やストレスと思われる状況にはなかったと推定される。

#### (9) 操作伝票(隔離)の確認

運転員が使用する当該作業に係る操作伝票(隔離)の作成プロセス、内容の確認及び過去の隔離操作手順の状況調査を行った結果は以下のとおり。

- 規定文書に基づき作成され、承認されたものを使用していた。
- 計画されていた隔離操作手順は、接地器具取付け前に、取付け部分(2次側)を隔離する手順であった。
- 接地器具取付け前に上流側遮断器(メタクラ遮断器)を切ることになっておらず、近接した主回路端子1次側は充電した状態で、2次側に接地器具を取付けることになっていた。
- 通常は、1つの操作伝票(隔離)でパワーセンタとその上流のメタクラを停電した後に接地器具を取付ける手順としているが、2号機第18回定期検査(平成21年)では、メタクラの遮断器取替工事を伴う場合にはメタクラとパワーセンタの停止期間が異なることから、分割した操作伝票(隔離)でメタクラとパワーセンタを個々に停電し接地器具を取付ける手順としていた。この際、パワーセンタのみを停電し、メタクラが充電された状態で接地器具を取付ける手順となり、充電部近接作業が行われるようになった。このような手順での接地器具取付け作業は、今回が2回目であった。ただし、当時の担当者への聞き取り結果によれば、2号機第18回定期検査では、メタクラとパワーセンタを停電した後で、接地器具を取りつけた可能性もある。

#### (10) 作業要領書の確認

保修員及び作業員が使用する当該作業に係る作業要領書の作成プロセス、内容の確認を行った結果は以下のとおり。

- 規定文書に基づき作成され、承認されていた。

- ・ 計画されていた作業要領は、隔離されている主回路端子 2 次側へ接地器具を取付ける手順としているとともに、取付け前に、取付け部分（2 次側）を絶縁手袋を着用し検電する手順としていた。
- ・ 一般的な注意事項として、充電部へ養生することとしていた。
- ・ 接地器具の取付け対象ではないが、近接している主回路端子 1 次側の検電を行うことの記載がなかった。
- ・ 当該受電盤遮断器室の主回路端子の配置が記載されていなかった。（受電盤遮断器の構造は、他の遮断器と異なっている。）

#### （1 1）操作伝票（隔離）の遵守状況の確認

中央制御室で使用されていた当該作業に係る操作伝票（隔離）の操作内容及び実績の確認を行った結果、隔離作業開始から接地器具取付作業の前までの操作は確実に実施されており、主回路端子 2 次側は停電していたことを確認した。

#### （1 2）作業要領書の遵守状況の確認

現場で作業に用いた作業要領書は、焼失したか警察に保管されているため確認できなかった。従って、作業要領書の遵守状況について聞き取りにより確認した結果、絶縁手袋の着用、検電、絶縁抵抗測定の実施の有無は確認できなかった。

また、充電部の養生の実施の有無についても確認できなかった。

#### （1 3）計器の使用状況確認

当該作業に使用した計器（検電器及び絶縁抵抗測定器）の使用状況について聞き取りにより確認した結果、誤った使用方法がなかったかについて確認できなかった。

#### （1 4）作業環境の確認

事故現場の作業環境に関する聞き取りを行った結果、作業スペースや明るさに問題はなく、関係者間の連絡を妨げるような騒音もなかったことを確認した。

### 9. 推定原因

計画されていた隔離・作業手順は、受電盤遮断器室内での接地器具取付け前に、取付け部分である主回路端子 2 次側を隔離し、検電する手順であったが、接地器具取付作業が充電されている 1 次側の近接部において行われたという状況に加え、以下に示す 1 つ又は複数の要因が重なったことにより 1 次側を短絡したものと推定される。

なお、以下に示す要因は、聞き取り等調査ができていない部分もあるため、調査した事実から可能性を否定できないものも含んでいる。

#### （1）管理面

- a. メタクラ遮断器の取替を伴う 2 号機第 1 8 回定期検査（平成 2 1 年）及び今回の作業では、通常と異なる充電部近接作業を伴う隔離操作が行われてい

るが、いずれも発電課と保修課の事前調整において、作業のための隔離条件、隔離範囲、隔離手順（接地器具取付け時に、主回路端子1次側が充電されている状態）について、認識合せが不十分であった。

- b. 作業前、保修員から作業員に充電部近接作業であることが伝えられなかった。
- c. RKY（リスクアセスメント・危険予防）活動などの危険予知活動が形骸化していた。

## (2) 作業面

- a. 検電・絶縁抵抗測定を実施しなかった、あるいは、検電・絶縁抵抗測定を実施したがその方法が適切でなかったことにより、主回路端子1次側が充電していることに気付かなかった。
- b. 充電されている主回路端子1次側への養生がされていなかった。
- c. 主回路端子の1次側と2次側を間違えた。
- d. 接地器具を取付ける作業を行う際、バランスを崩す等の状態になり、偶発的に主回路端子1次側に接触させた。

## 10. 再発防止対策

推定原因を踏まえた対策として、以下の対応を実施する。なお、対策については、聞き取り等調査ができていない部分もあるため、可能性がある項目についてはすべて対策を行う。

### (1) 手順、注意事項等の明確化

#### a. 規定文書への明確化

- (a) 保修課は、作業連絡メモに作業ステップ毎に安全上必要な停電範囲（接地器具取付けステップでの接地器具取付け部位含む）を記載し、発電課へ隔離条件として提示することを規定文書に定める。
- (b) 発電課は、保修課が提示した隔離条件が確実に隔離範囲に含まれるよう隔離条件、範囲、手順等について保修課と調整を行い、お互いの認識を確実にすることを規定文書に定める。

上記の対策に加えて以下の仕組みを規定文書に定める。

- (c) 母線停電作業において、設備構成上可能な部分については、2点切りにより隔離する。

やむを得ず2点切りにより隔離できない場合は、必要な安全上の処置<sup>\*1</sup>を定めて、発電課長、保修課長の確認後、電気主任技術者の承認を得る。

※1 必要な安全上の処置には、以下の事項を必ず含めることとする。

- ・ 充電部の識別を行うこと
- ・ 施錠管理を行うこと

- ・ 遮断器等について、機械的かつ電氣的に投入できないような処置を施すこと

(d) 充電部近接作業を原則禁止する。

充電部近接作業を実施する場合は、必要な安全上の処置<sup>※2</sup>を定めて、保修課長の承認を得る。

なお、充電部の電圧が440V以上の作業の場合は、保修課長の確認後、電気主任技術者の承認を得る。

※2 必要な安全上の処置には、以下の事項を必ず含めることとする。

- ・ 作業員へ充電部を通知すること
- ・ 充電部を確実に検出する手順に関すること
- ・ 充電部を覆う保護カバー等の養生を行う手順、適切な保護具又は工具の使用に関すること
- ・ 充電範囲の識別を行うこと

b. 作業要領書への反映

作業要領書へ以下の内容を反映する。

- (a) 作業直前の作業指示書受け渡し時に、保修員は作業員へ隔離範囲・手順を説明した上で、充電部近接作業の有無を相互確認する手順とする。
- (b) 保修員及び作業員は、要求した隔離が行われていることを作業開始前に現場で確認する手順とする。
- (c) 主回路端子部を検電する場合には、主回路端子の1次側、2次側両方を検電する手順とする。
- (d) 検電により想定外の充電部が検出された場合には、作業を中断し、保修員に連絡し、連絡を受けた保修員は、隔離状態を確認し必要な処置を取る手順とする。
- (e) 充電部近接作業がある場合は、充電部を覆う保護カバーを取付ける等の必要な安全上の処置を行う手順とする。
- (f) 接地器具の取付けは、接地器具取付け箇所への検電が行なわれ充電部でないことを確認した後、実施する手順とする。
- (g) 接地器具取付け箇所を図により明示する。

c. 識別

- (a) 遮断器盤内に主回路端子の1次側、2次側を明示する表示を取付ける。

(2) 周知・教育

- a. 今回の事故の原因及び対策について、関係者に周知を行う。
- b. 検電の目的や重要性及び適切な検電、絶縁抵抗測定の方法について、関係者への教育を実施する。
- c. RKY（リスクアセスメント・危険予防）活動などの危険予知活動が形骸

化しないよう、速やかに教育を行うとともに、定期的に行う品質管理及び安全作業教育で継続的に教育を行う。また、安全品質パトロールなどを通じて実際の危険予知活動の実施状況を確認する。

#### 1.1. 当該設備の対応

当該遮断器及び事故により影響を受けた周辺の電気設備について、取り替えを行う。

#### 1.2. 水平展開

今回の事故発生原因の重要性に鑑み、事故状況及び原因と対策について、社内への水平展開及び他社との情報共有を以下のとおり行う。

- (1) 原子力発電部門における再発防止の水平展開を予防処置活動として実施する。
- (2) 社内各部門に対して再発防止対策の周知を行い、各部門は必要な水平展開を行う。
- (3) 一般社団法人日本原子力技術協会による原子力情報公開ライブラリー（ニューシア）へ登録し情報を公開する。

なお、今回の事故を踏まえ、二度と同じ事故を起こさないために社達『「安全第一」の徹底について（平成22年2月1日）』を制定し、安全を最優先とした業務の実施について、周知・徹底を図っている。

また、関係協力会社においても、安全作業を確実に実施することの周知を行っている。

#### 1.3. 今後の対応

今回策定した再発防止対策は、原因を調査し可能性を否定できない要因を含めて検討を行っており、当面の対策として必要な対策はすべて抽出できていると考えているが、新たな事実が確認され、追加対策が必要であれば、別途報告を行う。

なお、今回の事故に対しては、今後、当社の規定文書に基づき類似事象の発生を防止する観点から根本原因分析を実施し、必要な対策を行う。

以 上



## 用語集

### 所内電源設備

発電所内の機器に必要な電気を供給するための設備である。通常運転中は発電機で発生した電気を変圧器を通して供給している。

### メタクラ (M/C)

メタクラとは、メタルクラッド開閉装置のことであり、母線室やしゃ断器室などに金属箱が区切られたタイプの配電盤である。所内電気設備の高圧電路（電圧6.6kV）の遮断・投入を行う遮断器を収納しており、大容量の電動機等の電路の遮断・投入を行う設備である。

### パワーセンタ (P/C)

所内電気設備の低圧電路（電圧440V）の遮断・投入を行う遮断器を集中収納した配電盤である。メタルクラッド開閉装置の下流に設置され、中容量の電動機等の電路の遮断・投入を行う設備である。

### 遮断器

電気設備の電路及び機器の保護用として電路の遮断・投入を行う装置であり、遮断器が入っている部屋を遮断器室という。

### 主回路端子

遮断器室内の遮断器と母線を接続するための端子である。

### 受電盤

6.6kV所内母線から動力変圧器にて降圧した電気を受電する遮断器等が収められている盤

### 母線連絡盤

他のパワーセンタとの電気の融通を行うために母線間を連絡するための遮断器等が収められている盤

### フィーダ盤

電動機などの各補機へ電気を供給するための遮断器等が収められている盤

### 動力変圧器

メタクラとパワーセンタの間に接続された変圧器で、6.6kVを440Vに降圧している。動力変圧器が収納されている盤を動力変圧器盤という。

### 保護継電器

電力系統を構成する発電機、変圧器、送電線及び所内電源設備などに発生した事故を検出し、事故発生部分を速やかに切離すために遮断器を動作させる計器

### 過電流継電器

入力電流が設定した値を超えて電流が流れた場合に動作する保護継電器である。過電流には短絡により流れる異常電流と機器の過負荷による電流とがある。

### アーク

二つの電極間の放電によってつくられる光の円弧

### イオン化ガス

アーク放電により空気がイオン化されたものをイオン化ガスと呼んでいる。

### アークガス

アークにより急激に加熱された周囲の空気および導体・筐体の気化ガス

### 短絡

電気回路で、電位差のある二点間をきわめて抵抗の小さい導体で接続すること。またはそのような状態をいう。ショートともいう。

### 検電

その部位に電気があるか否かを判別する行為。検電に用いる電気計測器を検電器という。

### 接地器具

電気器具と大地を電線でつなぐことを接地といい、接地するための電線等の器具を接地器具という。

### 絶縁抵抗測定器

電気機械器具や電路と大地間、又は電線相互間の絶縁抵抗の測定に用いる測定器

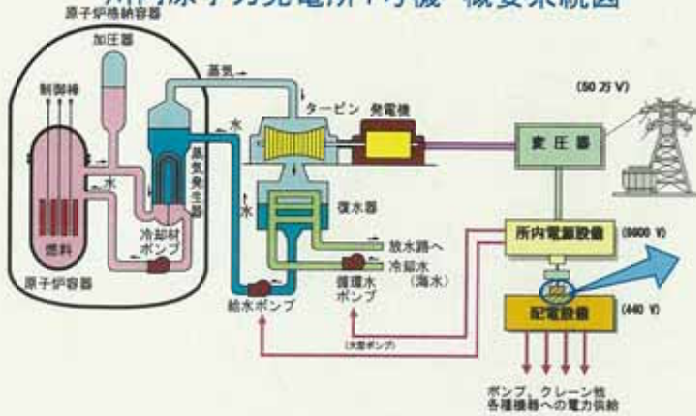
### 根本原因分析

直接原因分析を踏まえて、組織要因を分析し、マネジメントシステムを改善する処置をとること。

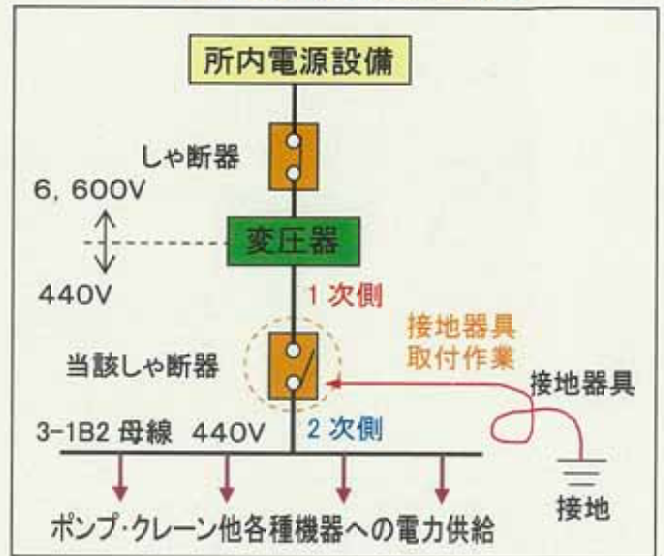
# 川内原子力発電所1号機 定期検査中における人身事故の概要

## 接地器具取付作業説明図

### 川内原子力発電所1号機 概要系統図



接地：電力ケーブル等を有する電気回路においては、停電作業中の安全を確保するため、停電後に溜まっている電気を残さないように接地器具（アース線）を取り付ける。



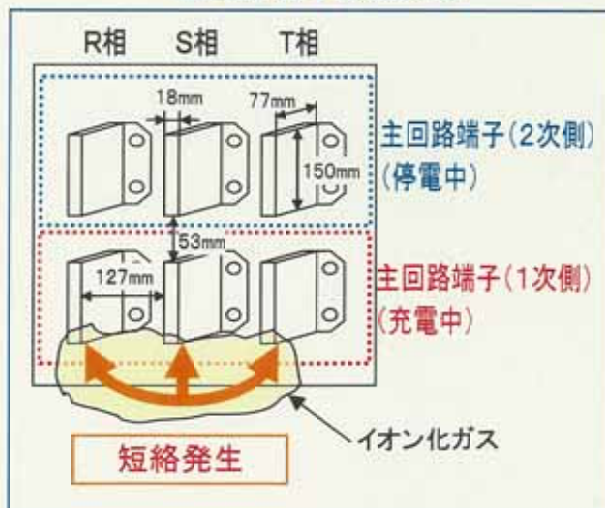
### 事故発生時の作業状況（推定）

### 3-1B2母線受電しゃ断器室の状況



※事故時は、被災者7名を含む計14名が停電作業に従事

### 主回路端子部拡大図



### アークガスの噴出状況

