

事故・故障等発生報告書

令 03 量研（那） 093

令和 3 年 12 月 9 日

茨城県知事 大井川 和彦 殿

住 所 茨城県那珂市向山 801 番地 1

事業所名 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
量子エネルギー部門 那珂研究所

氏 名 所 長 池田 佳隆

(公印省略)

原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定第 17 条の規定により，原子力施設等の事故・故障等の発生について次のとおり報告します。

発 生 年 月 日	令和 3 年 3 月 29 日(月)
発 生 場 所	那珂核融合研究所 JT-60 整流器棟整流器室
件 名	那珂核融合研究所 JT-60 整流器棟整流器室における火災について（第 2 報）
状 況 原 因 対 策 環 境 へ の 影 響	別紙のとおり

注) 図面及びその他の説明資料を添付すること。

那珂核融合研究所 JT-60 整流器棟整流器室における火災について（第 2 報）

1. 発生（確認）日時：令和 3 年 3 月 29 日（月）15 時 7 分頃

2. 発生場所：那珂研究所[※] JT-60 整流器棟整流器室（非管理区域）

（図 1、2 参照）

※令和 3 年 10 月 1 日付けで那珂核融合研究所から那珂研究所に名称変更したため、本報告書では那珂研究所と記載する。

3. 事象の分類：事業所敷地内（非管理区域）における火災

（原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書第 17 条第 1 項第 4 号）

4. 状況

（1）概要

令和 3 年 3 月 29 日（月）に那珂研究所 JT-60 整流器棟整流器室（図 1、2）の超伝導コイル電源（EF1 電源）の交流接地断路器（以下「接地断路器」という）から発煙を確認した。直ちに交流電圧の印加を停止し、消火器による初期消火を行い、発煙は終息した。公設消防により 15 時 33 分に鎮火が確認された。

当日は、模擬コイルに接続した EF1 電源（図 3）の通電試験を行う計画であった。午前中は、試験開始前の準備作業として、トランス上流の電動発電機及び冷却装置の運転（請負業者）と計測装置の設置（量研職員）を行った。午後から電氣的な保安措置の復旧を行い、電動発電機から交流電圧を印加し通電試験を開始した。電圧を印加した直後の 15 時 7 分頃、JT-60 整流器棟電源制御室の監視カメラにより整流器室に設置されている EF1 電源から発煙を目撃した。目撃後、直ちに交流電圧の印加を停止し、消火器（1 本）による初期消火を行い、発煙は終息した。終息後、目視点検をした結果、EF1 電源内の接地断路器及び接続ケーブルが焼損していた（写真 1、2 参照）。焼損していた接地断路器は入りとなっており、三相短絡接地状態であった。

（2）事象の時系列

火災発生からの主な時系列を以下に示す（表 1 参照）。

令和3年3月29日（月）

- ・ 15時 7分頃 整流器室で発煙を確認（発災現場：写真1、2参照）。
直ちに現場にいた関係者は消火器を用いて消火活動を開始。
- ・ 15時16分 119 番通報。
- ・ 15時25分 自衛消防発災現場到着。
- ・ 15時26分 公設消防発災現場到着。
- ・ 15時33分 公設消防により鎮火確認。延焼はなしと判断。

(3) 施設への影響

発災建屋を含み、一般建屋及び放射線管理区域のある建屋に影響はなかった。

5. 一般施設等安全審査委員会及び装置等安全審査専門家会合における検討

(1) 委員会及び専門家会合の設置

本件に対して、外部の専門家による客観的な評価・審査を得る目的で、装置等安全審査専門家会合（以下「専門家会合」という。）が那珂研究所長の諮問に基づき設置された。「専門家会合」は、自然科学研究機構 核融合科学研究所（岐阜県）の室賀建夫教授を委員長とし、委員長含む外部専門家 4 名及び内部委員 3 名で構成されており、本件の原因究明及び再発防止対策等を調査、審議し、令和 3 年 6 月 14 日に結審した。これを受けさらに、那珂研究所の一般施設等安全審査委員会（以下「委員会」という。）において、「専門家会合」の答申案を踏まえた原因究明及び再発防止対策等の審議を行い、令和 3 年 6 月 23 日に所長に答申した。

(2) 委員会及び専門家会合の答申内容

「専門家会合」と「委員会」で審議された火災の原因や再発防止対策の結果は同等の内容であった。その結果を以下に提示する。

① 原因の究明に関すること（別添 1 参照）

通電試験の際に保安措置の必要が生じた場合、請負業者は、機器操作指示書・確認書と保安措置チェックリストを用いて、保安措置を行うことになっていた。ここで機器操作指示書・確認書は量研が作成する書類、保安措置チェックリストは量研が与えた情報をもとに請負業者が作成する詳細な手順が記載された書類である。しかし、3 月 29 日当日、請負業者は通電試験の開始前において機器操作指示書・確認書のみを使用して、保安措置チェックリストを用いることなく保安措置を行った。このため、保安措置が不十分であった。

火災発生前、請負業者 3 名(A、B、C)は整流器室にて接地断路器の開操作を電源毎に分担して操作した。請負業者 C は EF1 電源の接地断路器(2 台のうち 1 台)の操作レバーで開操作を行ったが、容易に開にならなかった。そこで請負業者 C は、以前にも似たような不具合があり、その時と同じ措置を取れば良いと勘違いして、接地断路器のリンク部を工具で取り外して、操作レバーを動作させてキーを抜いた。この時、請負業者 C は保安措置チェックリストにはない、通常と異なる作業を行ったにも拘わらず接地断路器の状態を確認しなかった。請負業者 C は請負業者 A(班長)に「EF1 電源の接地断路器のリンク部を取り外して操作した」と報告したが、請負業者 A(班長)は監督者として現場確認をしなかった。加えて、請負業者 A(班長)から量研職員へのその旨の報告も無かった。

上述の請負業者の行動から「6. 原因」に記載する、ヒューマンエラーの発生が火災の原因と判断する。

②再発防止に関すること

ヒューマンエラーの発生を防止する方策を「7. 再発防止対策」の記載のとおり行う。

6. 原因

この火災はヒューマンエラーの発生が原因と判断する。発生したヒューマンエラーの背後要因を解析する際に有効な評価モデル (m-shell モデル) による解析を含めて、「専門家会合」及び「委員会」において、直接的原因と間接的原因を審議した。主な結果を以下に示す。なお、m-shell 解析の結果を別添 2 に示す。

(1) 直接的原因

- ①請負作業員 C は、インターロックシステムの機能を損なう作業の危険性、および電源装置の構造を理解せずに、接地断路器が接地状態(回路的には閉状態)を本来の目的である接地開放状態(回路的には開状態)にすることを意識せず、操作機構のリンク部を工具で取り外して操作レバーだけを開位置に動かし、キーを抜くことで目的を達成したと間違った判断を行った。
- ②保安措置チェックリストにはない、通常と全く異なる作業内容で接地断路器を操作したにも拘わらず、量研への報告は、作業完了のみであった。この結果、制御システムの画面上でリミットスイッチによって操作レバー位置が反映されて接地断路器開状態を確認した量研は、接地断路器が接地状態を維持していたという異常に気付くことができなかった。
- ③責任者である作業班長自身(請負作業員 A)が、一作業員として操作を行う一方で、監督としての注意義務がおろそかになった。また、請負作業員 C から「通常と異なる操作を行った」と報告を受けたが、自ら接地断路器の開状態を確認しなかった。加えて、量研職員へのその旨の報告も無かった。
- ④安全フェンスの開閉操作に関して、請負作業員 3 名は保安措置チェックリストを用いずに、機器操作指示書・確認書のみを使用して保安措置を行った。

(2) 間接的原因

- ①接地断路器が、その開閉操作レバーに大きな力を加えないと断路器を操作できない状態になっていたため、請負作業員に対して、キーインターロックシステムの本来の使用法から逸脱した変更を行う誘発要因となった。
- ②発電機の実出力電圧を定格(18 kV)から下げて 2 kV で試験を行ったため、想定した保護継電器動作(過電流保護動作)とならなかった。定格の実出力電圧であれば 0.1 秒以内に上位の遮断器により自動的に電流が遮断されたが、今回は出力電圧 2 kV であり、変圧器 1 次側の過電流保護設定値 3,120 A(瞬時)を下回る 515 A の電流であったため保護継電器は動作せずに、保護協調が働かなかった。

7. 再発防止対策

6. 項に記した直接的及び間接的な原因に対応する主な再発防止策については、「JT-60 施設関連運転・作業要領」にルール（下記（1）及び（2））として明記した。併せて、請負業者に対する教育と指導を行って今後の履行を要求し、現行の要領書に不足していたルール（下記（1））を追記することを求めた。また、今後新規の請負作業を契約する際には、仕様書に徹底すべきルール（下記（1））を明記していく。なお、m-shell 解析の結果と再発防止策の関係を別添 2 に示す。

（1）直接的原因への対策

- ① インターロックシステムも無力化されうるということを前提に、電気回路の開閉操作等で、キー等を用いたインターロックシステムに対して、通常の操作の範囲を逸脱する行為（特に、機器に対して工具を用いる等によって、システムを変更してインターロック機能を損なわせること）を禁止する。
- ② 保安措置チェックリストにはない、通常の操作の範囲を超えなければ、指示書の作業が実施、または完遂できないと判断された場合には、請負業者独自の判断で継続せず、必ず量研へ報告することとする。量研から作業継続のための新たな指示を仰ぐとともにこれらの経緯を記録する。
- ③ 請負業者班長は責任者として、請負業者を指揮することに集中し、作業、操作が完了したことを確認する。また、軽微な事象報告および異常報告を漏らさず記載した、作業に係る報告書を提出する。
- ④ 安全フェンスの開閉操作に係わる保安措置に関しては、量研からの作業要領書・指示書に基づき具体的な作業項目の保安措置チェックリストを請負業者が作成し、量研がその内容を了解したうえで確認した旨の記録を残す。特に、機器の試験的な運転を開始する際、高電圧部の保安接地復旧作業の完了をホールドポイントとして設定し、請負業者班長と量研担当者が同時に完了時の現場確認を行う。また、請負業者が行う装置の保守点検時に行う保安措置に関しても、作業項目を整理した保安措置チェックリストとして作成し、量研が確認を行う。電気に係わる保安措置については、那珂研究所電気工作物保安規程に基づく作業に関する保安審査を行う。保安措置に変更が生じた時は、改めて保安審査を行う。

（2）間接的原因への対策

- ① 接地断路器の操作レバーは、該当機器の製作を行った欧州担当者の協力を得て、量研が同一型式の接地断路器 24 台全数について動作確認及び調整を行った結果、不具合が解消した。令和 3 年 5 月 7 日までに該当機器と同一形式の 24 台全数が正常に動作することを確認した。なお、今回のようなインシデント（潜在的な事故に繋がる可能性のある不

具合)の放置は、結果として事故に繋がるため、速やかな報告(情報共有)と不具合の改善を行っていく。

- ②既存の過電流継電器の瞬時動作値を設定可能な最低値に変更した時、確実に過電流を検出できる発電機出力電圧の下限は 5kV である。運転再開までに過電流継電器の瞬時動作値をこの最低値に変更するとともに、発電機の出力電圧を 5kV 以上の条件で試験を行うこととする。これにより、出力電圧を定格より低減した運転においても、保護協調が有効となる。なお、本変更については、那珂研究所電気工作物保安規程に基づく設計に関する保安審査を受けた上で実施する。本変更を行った後の運転においても、運転の実施前には運転条件がインターロックの動作範囲内であることを再確認する。

(3) 作業者への教育

量研が請負作業者全員に対する安全再教育と電源装置に関する再教育を計画的に実施し、保安教育記録票として残した。

- (a) 作業安全及び作業項目チェックリスト使用の徹底についての教育を随時実施している。
- (b) インターロックの重要性とその機構に本来の使用法を逸脱した変更を加えた場合の危険性を重点的に教育した。(令和 3 年 4 月 8 日に実施済。)
- (c) 装置が高いエネルギーを用いた、火災リスクを有する機器であることを前提に、その仕組みと動作原理を重点的に教育し、一つ一つの作業の持つ意味を確認させた。発災した電源装置の 17 設備すべてについて令和 3 年 9 月 30 日までに教育を終了した。

(4) 作業管理強化のための対策

従来から行われている量研の課長等による月 1 回以上の定期的な現場巡視に加え、適宜、抜打ち現場巡視を行うとともに、その結果を記録に残すことで、作業中の不安全行為や不安全箇所摘出の徹底に努める。この対策は JT-60 施設関連運転・作業要領にルールとして規定した。

(5) 教訓の周知徹底

別添 3 のようなポスターを作成し、令和 3 年 9 月 8 日より那珂研究所内の作業員や職員が多く通行する効果的な箇所に掲示することで、教訓の周知徹底を図っている。

(6) 他事業所の事故情報の収集及び検討体制

令和 2 年度の平常時立入調査で指摘のあった、他事業所の事故情報収集及び再発防止対策の検討と所内への展開が十分に行われていれば、本火災を未然に防ぐことができた可能性がある。現在は体制を強化し、類似事故の防止につながるよう情報収集及び再発防止策の検討を行っている。

8. 環境への影響等

(1) 環境への影響

本火災に伴う環境への影響はなかった。

(2) 放射線被ばく

作業員、職員等の被ばくはなかった。

(3) 人的被害

作業員、職員等の負傷はなかった。

(4) 物的被害

EF1 電源の交流接地断路器の焼損及び接続ケーブルの断線であり、それ以外の被害はなかった。(令和3年5月31日に補修完了：写真3)

9. 水平展開

(1) 量研全体への水平展開

本火災については、量研内で毎月行われている保安管理課長会議（各研究所の保安管理課長出席）で全体に情報が共有されている。また、詳細な原因分析と再発防止対策については、他拠点においても同様の事象を未然に防ぐため、量研本部の安全管理部から量研全体に周知する。指示内容は以下のとおり。

- ① 研究所の活動状況を踏まえ、職員等に対して同様の事故が起こらないように注意喚起すること。
- ② 請負業者に対して以下の点について注意喚起を行うこと
 - ・ 請負作業者は、量研が指示した作業の範囲を超えると判断される場合には、請負業者独自の判断で継続せず、必ず量研へ報告し、指示を仰ぐこと。あわせて、これらの経緯を記録し報告すること。
 - ・ 請負業者の責任者は、軽微な事象及び異常を漏らさず報告すること。
- ③ インターロックなど安全機能が組み込まれた装置・設備等に係る請負業者に対し、インターロック等、安全機能の重要性とその機構に本来の使用法を逸脱した変更を加えた場合の危険性について、必要に応じて教育を実施すること。

(2) 那珂研究所内への水平展開

那珂研究所内にむけて火災原因の推定を含む報告の速報を行い、基本ルール順守の重要性を呼びかけた（令和3年4月8日）。また、本報告書の暫定版及び委員会、専門家会合の答申内容を那珂研究所保安管理課から那珂研究所全体に周知し、各課各グループの安全担当者主導のもと教育を行うことで10月29日までに再発防止策の浸透を図った。

(3) 不具合改善徹底の水平展開

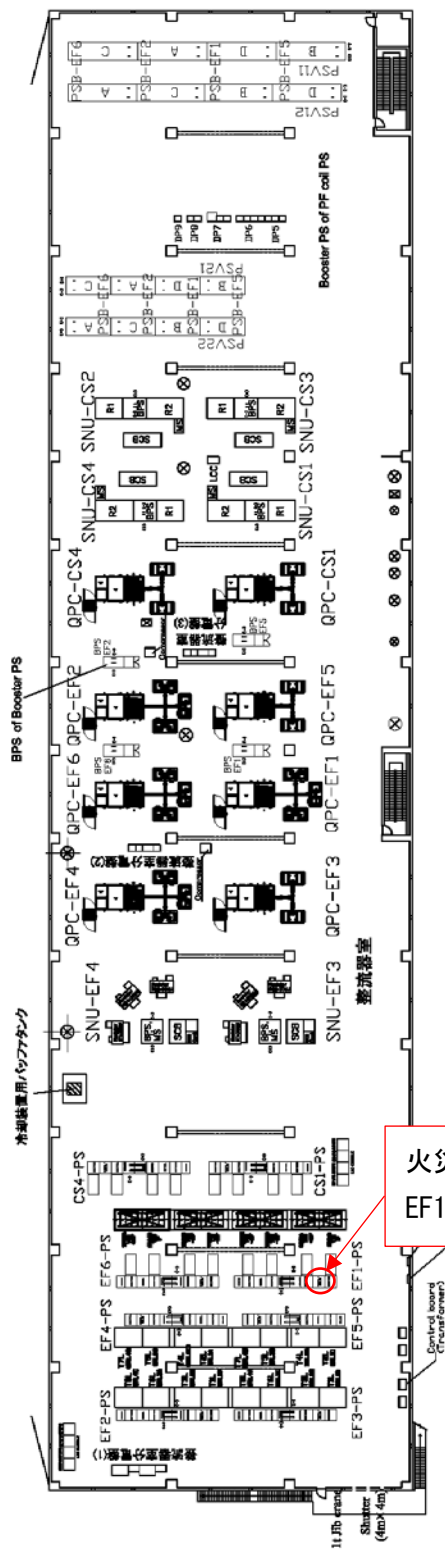
那珂研究所内で操作レバー式の接地断路器の有無を調査した。その結果、火災現場以外には、全く同じ形式のものはないものの、類似の接地断路器が84台あることを確認し

た。これらすべてについて点検を行って記録し、令和3年9月8日までに不具合が放置されていないことを確認した。

以上

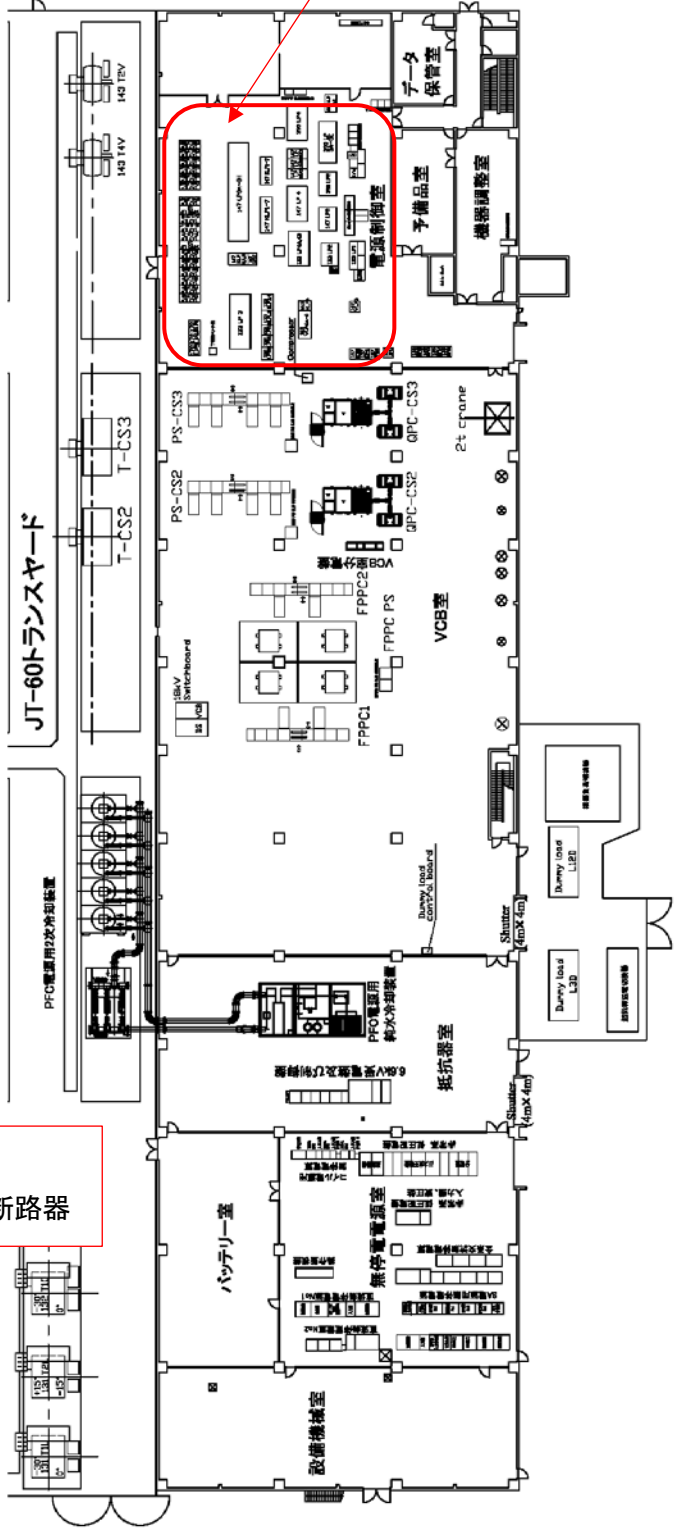


図1 発災建屋



JT-60整流器棟 2階

火災発生箇所
EF1 電源接地断路器



JT-60整流器棟 1階

監視カメラで発煙を確認した場所
電源制御室
(請負 4 名、QST6 名の 10 名)

図 2 整流器棟整流器室の火災発生箇所

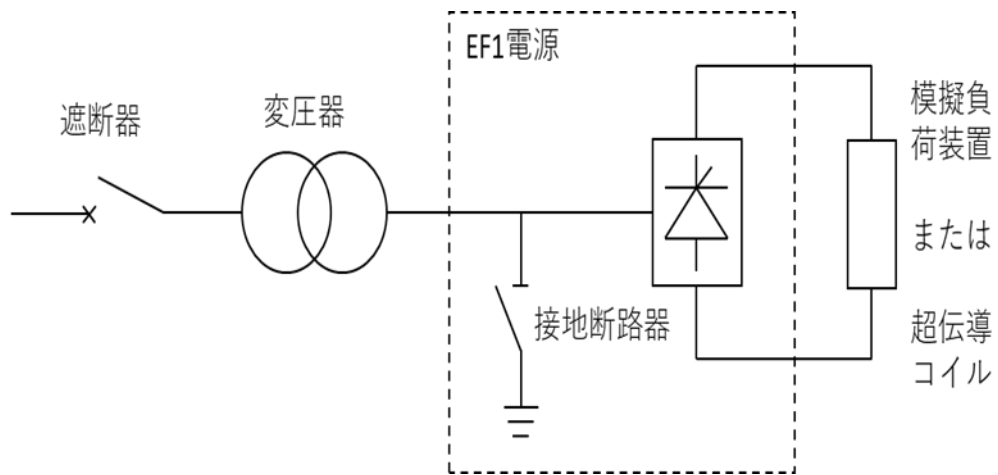


図3 EF1電源とその接地断路器の回路構成

表 1 時系列（令和 3 年 3 月 2 9 日）

日 時	内 容
15:07 頃	発煙発生
15:07	構内緊急通報
15:16	119 番通報
15:16	非常体制設定
15:20	事故現場指揮所設置
15:24	現地対策本部設置
15:25	自営消防発災現場到着
15:26	公設消防車現地到着（4 台）
15:28	公設消防車現地到着（1 台）
15:33	消防による鎮火確認
15:34	第 1 報発信
15:41	警察車両到着
15:56	第 2 報発信
16:03	プレス対応班 出発
16:48	プレス対応追加情報班 出発
16:55	第 3 報発信
16:56	警戒体制へ移行
16:56	事故現場指揮所解散
17:53	第 4 報発信（最終報）
17:58	プレス発表開始
18:05	第 4 報発信（最終報） 差替版 ※図面印刷不具合のため
18:15	警戒体制解除
18:31	プレス発表終了
18:43	現地対策本部解散
18:43	量研対策本部解散



写真 1 : 発災現場写真

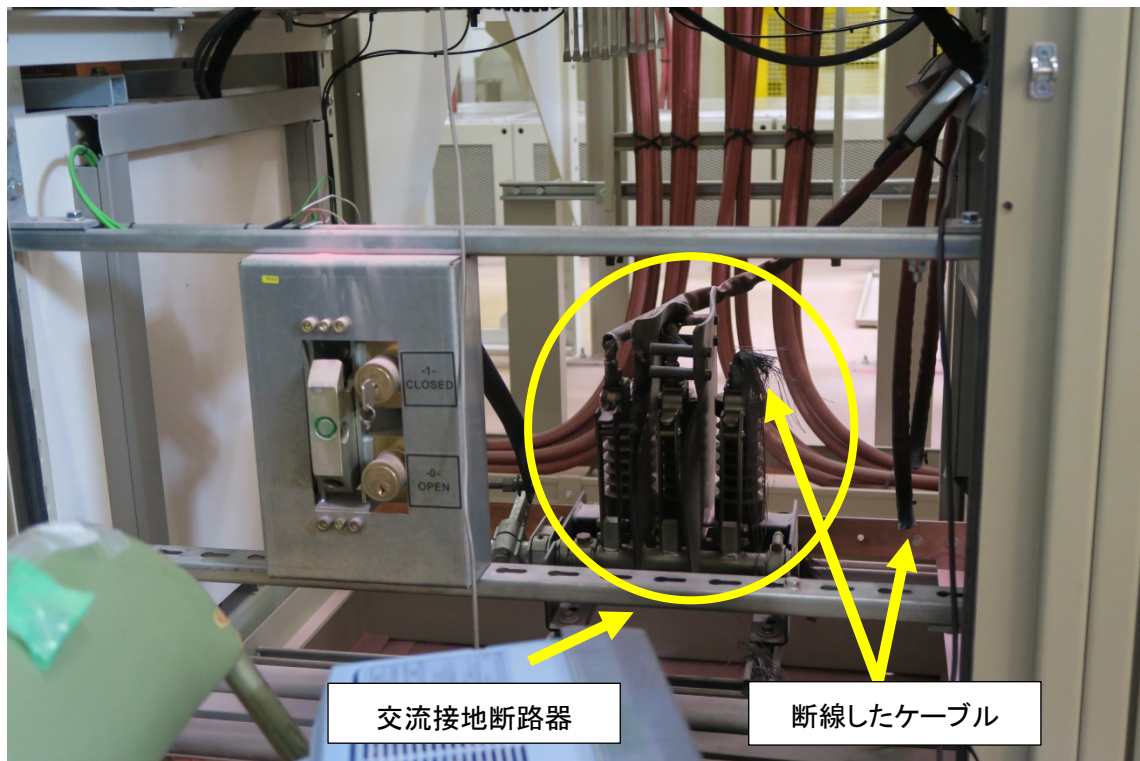


写真 2 : 交流接地断路器と断線したケーブル

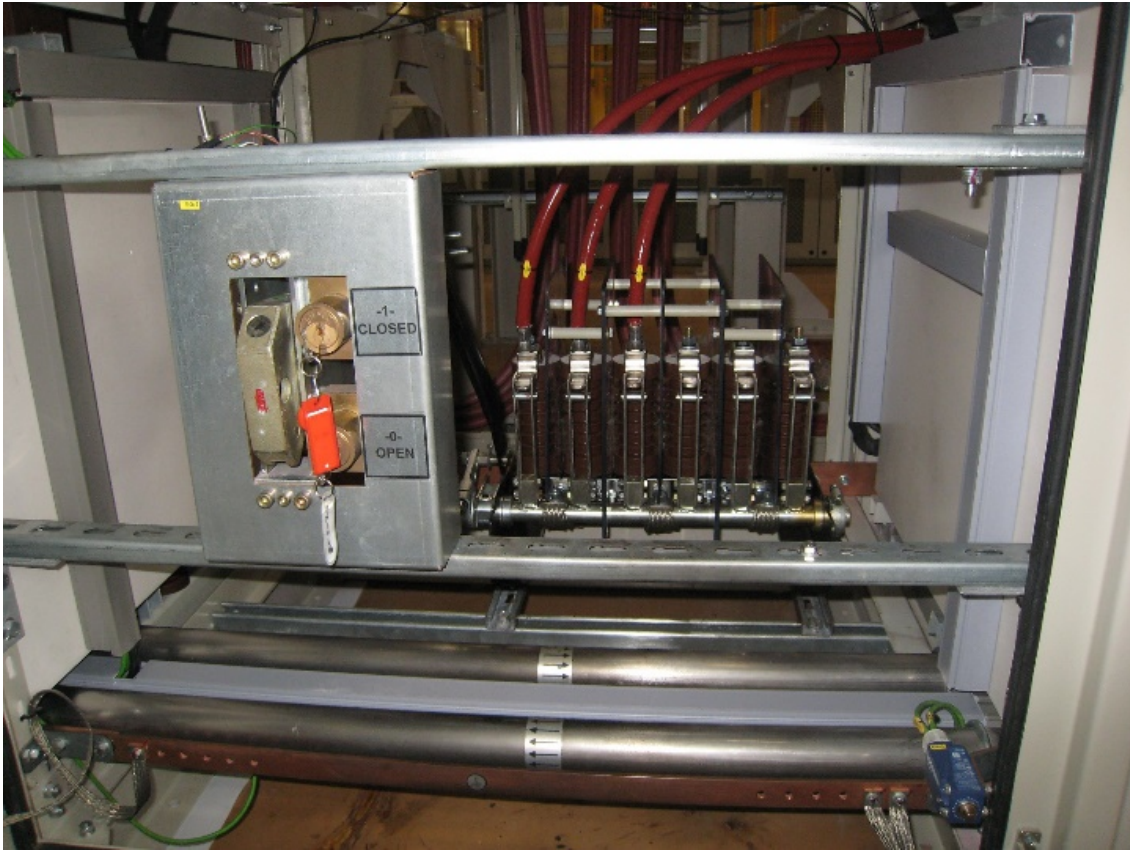


写真3：補修した交流接地断路器と接続ケーブル

接地断路器の構造と当日の操作

接地断路器は、露出した回路のある安全フェンス内に、点検・調整の目的で立ち入る際、作業員の感電を防ぐために回路を接地する機器である。点検・調整の時には「閉」状態に、装置を運転する際は「開」状態にする。

図 A に示すように、接地断路器は操作部分の操作レバーを操作することにより開閉する。断路器が閉じた状態では鍵が抜けず、開放すると抜ける。また、操作部分にはリミットスイッチが設けられていて、その信号が送信される制御システムの画面上でも接地断路器の開閉状態を確認することができる。

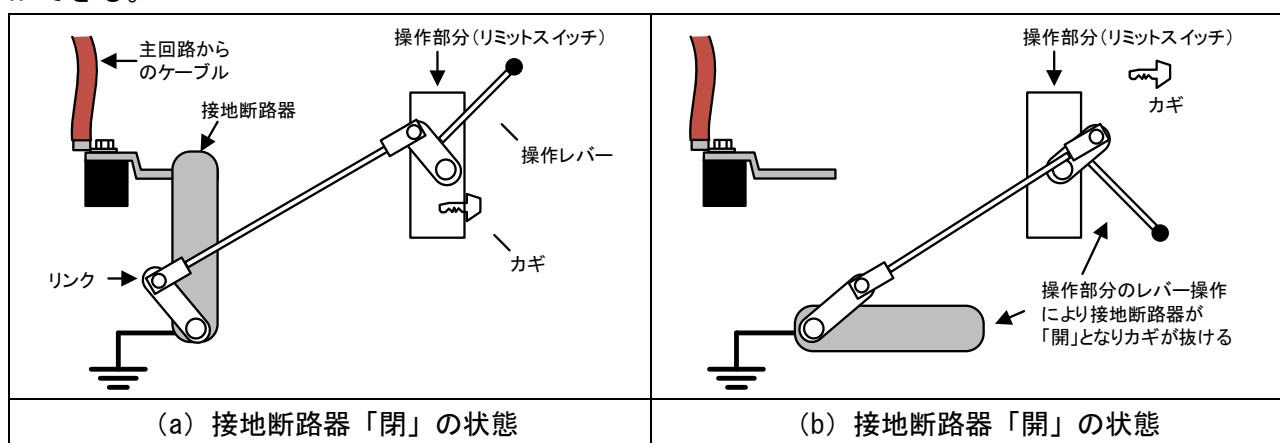


図 A 接地断路器の構造と操作方法概略図

当日の作業は、フェンス内で作業を行うために、それまで「閉」としていた複数の接地断路器について、通電試験の実施に先立ち、「開」操作を行った。ところが、接地断路器の1台でレバーが容易に動かない事象があった。この時、請負業者の作業者は、図 B に示すように、インターロックを持つ機構を工具を使って通常と逸脱して接地断路器のリンク部を外し、操作レバーを動作させた。リンク部を外したために、鍵を抜くことが可能となったが、接地断路器は「閉」のままであった。

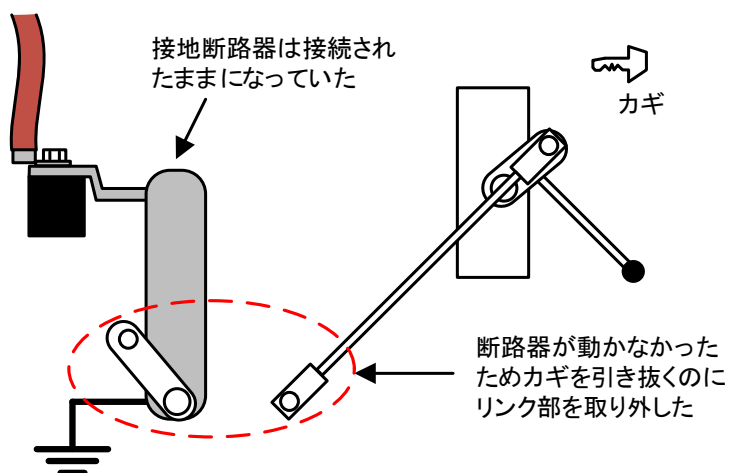


図 B 当日の接地断路器の操作内容

m-shell モデルを用いた解析結果

分類	背後要因	再発防止対策
M : Management 組織、運営など	通常と異なる作業を行ったのにも関わらず、量研への報告は作業完了のみの報告であった。	班長には作業の監督者として作業指揮と状況を確認すること、軽微な事象であっても量研に報告をすることを徹底させる。
S : Software マニュアル、情報など	量研が作成した要領書（指示・確認書、チェックリスト）はあったが、当日は指示・確認書のみ使用していた。	<ul style="list-style-type: none"> ・請負業者が作業項目のチェックリストを作成し、量研が確認する。 ・請負業者が行う装置の保守点検で行う保安措置についても、作業項目のチェックリスト化と量研の確認を行う。
H : Hardware 機器、装置など	発電機出力電圧を下げて試験したため、想定した保護継電器動作とならなかった。	保護協調の前提条件と異なる発電機出力電圧で試験を行う場合は、保護継電器動作の整定値を含めて必要な措置を行う。措置は那珂研究所電気工作物保安規程に基づく設計に関する保安審査を受けた上で実施する。
E : Environment 環境、風土など	接地断路器の整備が行き届かず、スムーズに動作しないものがあった。	接地断路器を整備調整して、スムーズな動作を可能にする。
L : Liveware 同僚、関係者など	班長は、以前と同様にリンク部を外して操作したとの報告を作業員から受けたが、責任者としての自覚がなく現場を確認しなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ・安全フェンスキーインターロックの必要性和重要性を再教育する。 ・通常と異なる工具を使用して機器を分解するような作業を行う場合は、量研に報告し了解を得てから作業を行うことを徹底する。 ・装置に関する教育を計画的に実施する。
L : Liveware 本人、当事者	他電源でリンクを外して操作を行い、キーを引抜いた経験で、今回も同様と誤った判断をした。また、接地断路器本体の状態も確認しなかった。	

不具合発見！！ 守ろう報告・連絡・相談

- 機器の不具合等により手順通りの操作（作業）ができない時は、作業を中断し速やかに作業班長（責任者）に相談・連絡する。
 - ✓ 計画外作業の禁止
 - ✓ 状況を記録に残す
- 作業班長（責任者）は、量研に報告し対処方法の指示を受ける。
- 不具合は放置せず、速やかに改善する。
- 作業班長（責任者）は、作業者の指示又は監督を行う。