

炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの漏えい、液位及び温度の監視機能喪失による  
施設運用上の基準の逸脱について

1. 事象発生の日時

2019年6月12日（水） 16：13頃

（保安規定第34条の施設運用上の基準の逸脱を宣言した時刻）

2. 事象発生の場所

高速増殖原型炉もんじゅ 原子炉補助建物

非常用低圧電気設備室 A - 401（非管理区域）

3. 概要

原子炉低温停止中、一般計装き電盤D-2に給電する通常電源側の点検を終了し、15：57頃、一般計装切換盤D-2にてバックアップ電源側から通常電源側への電源切換え作業を行ったところ、切換えができず、一般計装き電盤D-2及びそれから給電される一般計装共通分電盤D-3の停電が発生した。停電の影響を確認していたところ、一般計装共通分電盤D-3の負荷である炉外燃料貯蔵槽（EVST）本体のナトリウム漏えい監視機能の喪失を確認したことから、16：13頃、保安規定第34条に定める施設運用上の基準の逸脱を宣言した。また、炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの液位及び液温の監視機能の喪失を確認したことから、16：20頃、保安規定第60条に定める施設運用上の基準の逸脱を宣言した。

その後、16：36頃に一般計装切換盤D-2にて通常電源側からバックアップ電源側への電源切戻し作業を行って一般計装き電盤D-2及び一般計装共通分電盤D-3を復電し、さらに関連パラメータを確認したことから、16：42頃、保安規定第34条及び保安規定第60条の施設運用上の基準の逸脱からの復帰を宣言した。

なお、本事象による原子炉施設の安全への影響及び周辺環境への影響はなかった。

（添付－1、2）

4. 主な時系列

2019年6月12日（水）

15：57頃 一般計装切換盤D-2にてバックアップ電源側から通常電源側への切換え作業時に一般計装き電盤D-2及びそれから給電される一般計装共通分電盤D-3の停電が発生

16：13頃 保安規定第34条（ナトリウム漏えい監視）に定める施設運用上の基準の逸脱を宣言

- 16 : 20頃 保安規定第60条（炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液位及び液温）に定める施設運用上の基準の逸脱を宣言
- 16 : 21頃 もんじゅ現地対策本部設置
- 16 : 24頃 一般計装切換盤D-2にて「通常電源側→バックアップ電源側」への切戻し準備開始
- 16 : 28頃 モニタリングポスト指示値に異常がないことを確認
- 16 : 36頃 一般計装切換盤D-2にて「通常電源側→バックアップ電源側」への切戻し作業を実施
  - 一般計装き電盤D-2及び一般計装共通分電盤D-3の受電を確認
- 16 : 42頃 炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの液位、液温及び漏えい検出器（DPD）の指示値が正常値となったことを確認
  - 保安規定第34条（ナトリウム漏えい監視）及び同60条（炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液位及び液温）に定める施設運用上の基準の逸脱からの復帰を宣言

2019年6月25日（火）

- 14 : 02頃 原因調査のために一般計装切換盤D-2のヒューズ交換及び電源切換えを行うための事前処置として炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの液面計及び液温計の電源の接続先を通常電源側から他の電源系統に変更する作業を開始
- 14 : 58頃 上記の作業を終了

2019年6月27日（木）

- 17 : 00頃 原因調査のために一般計装切換盤D-2のヒューズ交換及び電源切換えを開始
- 18 : 35頃 上記の作業を終了

2019年7月2日（火）

- 14 : 01頃 炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの液面計及び液温計の電源の接続先を元の通常電源側に復旧する作業を開始
- 14 : 52頃 上記の作業を完了

## 5. 保安規定における施設運用上の基準の逸脱に関する考え方

### （1）保安規定第34条（ナトリウム漏えい監視）に定める施設運用上の基準の逸脱

EVST本体のナトリウム漏えいについては、「別表34-2-3 ナトリウムの漏えい監視装置（炉外燃料貯蔵設備）」のうち、「（1）ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器」及び「（5）タンク及び容器のナトリウム液面計」によって監視していると、これらがともに監視できない状態となったことから、施設運用上の基準の逸脱を宣言した。

(ナトリウムの漏えい監視)

第34条 ナトリウムの漏えい監視は別表34-1で定める事項を施設運用上の基準とする。

2 ナトリウムの漏えい監視が前項で定める施設運用上の基準を満足していることを確認するため、次号を実施する。

(1) 当直長は、別表34-1に示すナトリウム漏えい監視装置により、連続して、ナトリウムの漏えいがないことを確認する。

3 当直長は、ナトリウムの漏えい監視が第1項で定める施設運用上の基準を満足していないと判断した場合、別表34-3-1、別表34-3-2又は別表34-3-3の措置を講じるとともに、施設管理課長に連絡する。連絡を受けた施設管理課長は、別表34-3-1、別表34-3-2又は別表34-3-3の措置を講ずる。

別表34-2-3 ナトリウムの漏えい監視装置 (炉外燃料貯蔵設備)

設備	ナトリウムの漏えい監視装置
炉外燃料貯蔵設備	(1)ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器
	(2)接触型ナトリウム漏えい検出器
	(3)空気雰囲気セルモニタ
	(4)火災感知設備
	(5)タンク及び容器のナトリウム液面計

(2) 保安規定第60条 (炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液位及び液温) に定める施設運用上の基準の逸脱

炉外燃料貯蔵槽の液位及び液温については、別表60-1に定める値であることを確認できない状態となったことから、施設運用上の基準の逸脱を宣言した。

なお、これらの確認については、第60条第2項第1号において「1週間に1回」と規定していることから、炉外燃料貯蔵槽の液位及び液温が一時的に確認できない状態となったことをもって直ちに施設運用上の基準の逸脱を宣言する必要はなく、電源復旧の可能性について状況を確認した後に判断することも考えられたが、より安全側に対応すべきであると考え、施設運用上の基準の逸脱を宣言した。

(炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液位及び液温)

第60条 炉外燃料貯蔵槽及び燃料池に燃料が貯蔵されている期間において、炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液位及び液温は、別表60-1で定める事項を施設運用上の基準とする。

2 炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液温及び液位が前項で定める施設運用上の基準値を満足していることを確認するため、次号を実施する。

(1) 当直長は、1週間に1回、炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液温及び液位が別表60-1で定める値であることを確認する。

3 当直長は、炉外燃料貯蔵槽又は燃料池の液位又は液温が第1項で定める施設運用上の基準を満足していないと判断した場合、別表60-2の措置を講ずるとともにその旨を施設管理課長に連絡する。連絡を受けた施設管理課長は、同表の条件A又はBに該当する場合は燃料環境課長へ連絡する。連絡を受けた燃料環境課長は、同表の措置を講ずる。

別表60-1 炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の液温及び液位の施設運用上の基準

使用済燃料貯蔵設備	液温	液位
炉外燃料貯蔵槽* <sub>1</sub>	300℃以下 (ナトリウム)	通常液位(NsL) -250mm 以上
燃料池* <sub>1</sub> (水中燃料貯蔵設備)	65℃以下 (水)	通常液位(NwL) -400mm 以上

\* 1: 燃料を貯蔵していない場合は、施設運用上の基準を適用しない。

## 6. 電源切換えができなかった事象の原因調査と対策

### (1) 原因調査

事象発生後に現場状況を確認した結果、一般計装切換盤D-2の通常電源側の制御回路に設置されている2本のヒューズのうち1本が切れていることを確認した。また、電源切換え直後に当該切換盤の通常給電ランプ、通常電圧有ランプ及びバックアップ給電ランプが点灯から消灯に変化したことを確認したことから、電源切換え前までヒューズが導通していたと判断した。

これらを踏まえ、バックアップ側から通常側への電源切換えができなかった要因分析(FT)図を作成し、これに基づいて以下のとおり原因調査を実施した。

なお、電磁接触器の原因調査に際し、一般計装切換盤D-2について、通常側とバックアップ側が一体構造となっている電磁接触器のバックアップ側からの給電を行っている状態であったため、通常側の電磁接触器のみを取り外すことができないことから、当該切換盤の電磁接触器と同仕様と同様に約30年間の使用実績を有し、メーカー工場に保管されていた電磁接触器を用いて調査した。また、当該切換盤から取り外したヒューズの状態観察、当該切換盤に設置されている電磁接触器の調査を行い、これらの結果から原因を推定した。

(添付-3, 4)

①同仕様で同様の使用実績を有する電磁接触器の点検結果

一般計装切換盤D-2の電磁接触器と同仕様で同様の使用実績を有し、メーカ工場に保管されていた電磁接触器について、動作時間に影響を与えるラッチ機構部のベアリングが回転しにくい（重い）状態であるが、その他の部位には異常は認められないことを確認した。

（添付－5）

②同仕様で同様の使用実績を有する電磁接触器の動作時間と電流値の確認

一般計装切換盤D-2の電磁接触器と同仕様で同様の使用実績を有し、メーカ工場に保管されていた電磁接触器について投入時に励磁コイルに流れる瞬時電流を測定したところ、動作時間が40msec～50msec、電流値が65A～84Aであった。これとの比較のために2019年5月に交換して一般計装切換盤D-1に設置した電磁接触器について電源切換え時に励磁コイルに流れる瞬時電流を測定したところ、動作時間が約28msec、電流値が約92Aであった。これらの比較から、約30年間使用した電磁接触器については、動作時間が長くなっている等の動作特性の変化を確認した。

③ヒューズの確認

一般計装切換盤D-2の通常側制御回路には、A1側とA2側に各々1本のヒューズが設置され、各々のヒューズの中にはエレメントが2本並列にある構造となっている。メーカ工場において、それらをエックス線撮影により観察したところ、切れたA2側のヒューズについては、一方のエレメントが比較的線形の形状を保ったまま溶断しており、他方のエレメントが複数箇所溶断していることを確認した。なお、切れていなかったA1側のヒューズについては溶断箇所が見られなかった。

（添付－6）

④一般計装切換盤D-2のヒューズ交換後の切換え回数の確認

一般計装切換盤D-2のヒューズについては、2017年4月に交換されており、交換後に3往復6回の電源切換え（2017年4月、2018年5月及び2019年5月）が行われた後、今回の4往復目となる電源切換えにおいて溶断したことを確認した。

⑤6月12日の一般計装切換盤D-2の電源切換えにおけるヒューズ溶断の時間と電流値の確認

ヒューズが溶断した6月12日の一般計装電源切換盤D-2の電源切換えにおいて、仮設計器によって電磁接触器の励磁コイルに流れる瞬時電流を測定していたところ、ヒューズが溶断するまでの時間が約12msec、電流値が約64Aであった。これらを瞬時電流に対するヒューズの溶断特性と比較したところ、使用していた定格10Aのヒューズの溶断領域に至っていないにもかかわらず溶断したことを確認した。

⑥6月27日の一般計装切換盤D-2の電源切換えにおける電磁接触器の動作時間と電流値の確認

原因調査のため、一般計装切換盤D-2を用い、ヒューズを定格10Aのものから

定格 15 A のものに交換した上で、バックアップ側から通常電源側への電源切換えを行って電磁接触器の励磁コイルに流れる瞬時電流を測定したところ、電磁接触器の動作時間が約 34 msec、電流値が約 103 A であり、上記②の同仕様で同様の使用実績を有する電磁接触器と同様に動作時間が長くなっている等の動作特性の変化を確認した。

この際、バックアップ側から通常側へ 3 回、通常側からバックアップ側へ 2 回の電源切換えを交互に実施したが、これらを通じて定格 15 A のヒューズが溶断することはなかった。また、電源切換えを経た後に確認のために取り外した通常側とバックアップ側のヒューズ両方についてエックス線検査で確認した結果、正常な状態を維持していることを確認した。

なお、この電源切換えにあたっては、万一の停電に対する事前処置として、保安規定上の手続きを行い炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの液面計及び液温計の電源の接続先の他の電源系統への変更を行った。

(添付－6)

## (2) 調査結果から得られた推定原因

以上の調査結果から、今回の一般計装切換え盤 D-2 の電源切換えができなかった事象は、以下のメカニズムによって発生したものと推定した。

- ①電磁接触器のラッチ機構部のベアリング内潤滑剤が約 30 年間の長期使用によって粘度が増加(固化)した。
- ②電磁接触器について、上記①によって機械的な駆動機構の動きが緩慢になったため、投入時における瞬間的なコイル励磁電流が流れる時間が長くなっている等の電氣的な動作特性が変化した。
- ③電磁接触器の電氣的な動作特性の変化により、過去の電源切換えにおいて、ヒューズ内の 2 本のエレメントのうち 1 本が溶断し、エレメントが 1 本のみとなった。
- ④今回の電源切換えにおいて、残っていた 1 本のエレメントに電流が集中したため、2 本のエレメントがある場合のヒューズの溶断特性(瞬間的な電流値及び動作時間)における溶断領域に至っていないにもかかわらず、ヒューズが溶断した。

(添付－7)

## (3) 電源切換えができなかった事象への対策

### ①ヒューズを定格 10 A のものから定格 15 A のものに変更

一般計装切換え盤 D-2 の電磁接触器については、動作時間が長くなった等の電氣的な動作特性が変化したものの、電源切換えの機能を維持していることから、この励磁電流が長くなっている等の電氣的な動作特性の変化に対応できるヒューズにするため、ヒューズ(通常側及びバックアップ側の計 4 本)を定格 10 A のものから定格 15 A のものに変更した。

### ②一般計装切換え盤 D-2 の復旧

一般計装切換え盤 D-2 について、原因調査のため、6 月 27 日にヒューズを定格 10 A のものから定格 15 A のものに変更した上で、電源切換えを行って正常に動作

することを確認し、その後、再度ヒューズの交換を行った。

### ③同型の盤への対応

一般計装切換盤に関しては、D-2と同型の切換盤が5面(D-1、E-1、2、F-1、2)あり、うちD-2と同様に電磁接触器を約30年間交換していないF-1についても、7月9日にヒューズを定格10Aのものから定格15Aのものに変更した上で、電源切換えを行って正常に動作することを確認し、その後、再度ヒューズの交換を行った。

さらに、D-1、E-1、E-2及びF-2の4面については、それぞれ2019年5月、2010年10月、2010年11月及び2013年2月に電磁接触器を交換している。また、これらの盤は現状通常電源側から受電しており、電磁接触器の励磁コイルに瞬時電流が流れてヒューズを溶断する可能性を生じるのは通常電源側からバックアップ電源側への電源切換えの際であることから、7月末までにバックアップ電源側のヒューズを定格10Aのものから定格15Aのものに交換した。その上で、次回の電源戻しの前に通常電源側のヒューズを定格10Aのものから定格15Aのものに交換することとし、F-2を2020年3月、D-1、E-1、E-2を2020年6月～12月に計画中の設備点検において、通常側のヒューズ交換と共に実施する予定である。

### ④中期的対応

一般計装切換盤D-2及びF-1については、電磁接触器を交換していないことから、電磁接触器の交換、切換盤の更新等の対応についての検討・設計を計画的に進めており、現在、後継機種の電磁接触器を用いた更新の設計検討を実施中であり、製作及び現地据付工事を2020年11月末までに終了の予定である。

(添付-8)

## 7. 監視機能喪失の原因と改善

炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの漏えい、液位及び液温の監視機能喪失による施設運用上の基準の逸脱に至った事象について、上記の一般計装切換盤D-2の電源切換えができなかったことその他、以下の事実を確認したことから、これらに対し、改善を進めている。

### (1) 計器電源構成の改善

炉外燃料貯蔵槽のナトリウムの漏えい監視装置であるガスサンプリング型漏えい検出器と炉外燃料貯蔵槽のナトリウム液面計は、ともに一般計装電盤D-2から給電される一般計装共通分電盤D-3の同一母線から給電されており、当該分電盤が停電すると、同時に監視できなくなることを確認した。

これを改善するため、ガスサンプリング型漏えい検出器又は炉外燃料貯蔵槽のナトリウム液面計のどちらかの給電元を変更又は多重化することとし、本年12月中に影響範囲の広い炉外燃料貯蔵槽のナトリウム液面計について、一般計装電源系から無停電電源系に給電元を変更する予定である。

## (2) 保安規定第60条の判断の改善

保安規定第60条の施設運用上の基準の逸脱の宣言に関し、炉外燃料貯蔵槽の液位と液温については、「1週間に1回」確認すると規定していることから、測定できないことを確認して直ちに施設運用上の基準の逸脱を宣言する必要はなく、復旧に要する時間等の状況を確認した後に判断すれば良いと考えられる。今後、マニュアル等に施設運用上の基準の逸脱に係る機器類に対し、電源喪失時の状態を明確にすることにより、適切に施設運用上の基準の逸脱の判断ができるように改善することとした。

現在、保安規定上の要求を踏まえて、炉外燃料貯蔵槽の液位・温度に係る施設運用上の基準の逸脱判断について、監視機能が喪失した時点で施設運用上の基準の逸脱を判断するのではなく保安規定要求の確認頻度を考慮した逸脱判断とすることを運転管理要領（QMS文書）にて明確にするように、以下の内容を追加することとして、改訂の手続きを行う。また、当直長が適切な判断ができるように本年11月末を目途に事例教育を実施する予定である。

○液位・温度が監視できない状態となった場合、以下の(a)及び(b)の両方が満足していないことで施設運用上の基準を満足していないと判断する。

(a) 保安規定の確認頻度内で液位・温度を確認できること

(b) 液位・温度が確認(監視)できない場合、液位・温度に著しい変化を与える事象が発生していないこと

○液位・温度の監視が可能になった時点で液位及び温度を確認して施設運用上の基準を満足していることを確認する。

## 8. 一般計装切換盤の点検方法の改善

ヒューズ溶断の発生原因（メカニズム）と対策を考慮のうえ、これまでの点検計画に基づく点検内容と照らし合わせ、一般計装切換盤の今後の点検方法の改善（追加点検）について検討した。具体的には、1. 電磁接触器の経年変化に伴う動作特性の変化に着目した点検と2次的に影響をうけて性能が低下（エレメント2本のうち1本切れる）する2. ヒューズの状態（ヒューズエレメントの溶断状態）に着目した点検について、その実現性と有効性について以下のとおり検討を行った。

### (1) 電磁接触器の動作特性の変化に着目した点検の検討

本事象の原因として、電磁接触器の経年変化による動作特性（動作電流-時間特性）の変化によりヒューズ溶断特性付近の電流が通電されたことが挙げられるため、対策として、新たに動作電流-時間特性の測定を追加し、切換コンタクタの特性変化を確認する点検内容を追加することを考えている。動作特性は過去に測定した実績もあることから技術的に可能であり有効な方法である。

現在、点検周期や評価方法について検討中であるが、ヒューズ溶断特性の80%程度を上限として、そこに至る前に切換コンタクタの更新を実施できるよう管理値を設定することを考えている。図-1に動作特性の検知の例を示す。



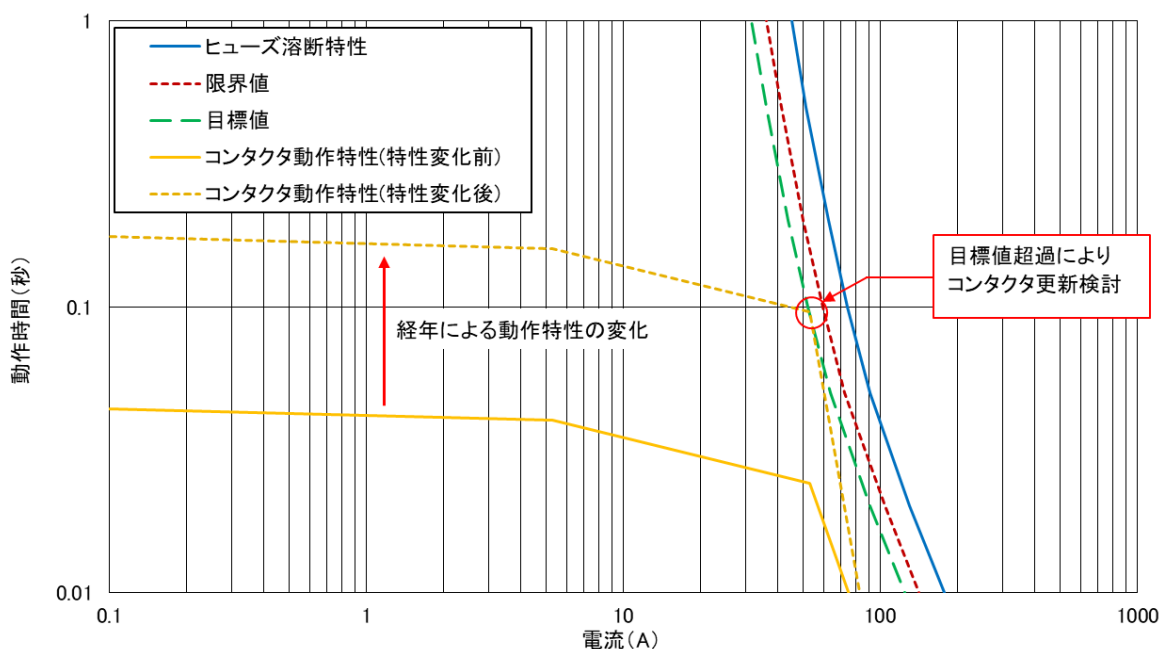


図-1 電磁接触器に係る動作特性の検知(例)

## (2) ヒューズエレメントの溶断状態に着目した点検の検討

ヒューズのエレメントが2本から1本になった場合、抵抗値が高くなっていると推測されるため、ヒューズエレメントが1本になっていることは点検時に抵抗値を測定し、新品のヒューズと比較することで判別できる可能性はある。

一方、電源切換実績から年間2回電源切換を実施する場合もあり、たとえ年に1回、抵抗値を測定したとしても次回測定までの間に2回切換を実施した場合には抵抗値を測定する前に溶断に至ってしまう可能性がある。

このため、切換のたびに制御電源を切ってヒューズを取り外して抵抗値の測定をし、正常であることを確認した後に電源を切替える方法も考えられるが、突発的な事態に対応して電源を切替える場合を考えれば、現実的な点検方法ではない。

## (3) 追加点検の検討結果

検討の結果、電磁接触器の動作特性の変化に着目した点検を新たに追加して実施することは、測定実績もあり有効な手段と考えられ、今後、点検周期や評価方法等の検討を実施して点検計画に基づく点検内容に加えることとする。

ヒューズの抵抗値の測定については、切換の頻度や緊急対応を考慮すると現実的な方法ではないことから実施しないこととする。なお、ヒューズエレメントの溶断は電磁接触器の動作特性の変化に伴い2次的に表れる現象であり、直接原因の動作特性の確認を実施することで未然に事象を十分に防止できるものとする。

## (4) まとめ

ヒューズ溶断の発生原因(メカニズム)と対策を考慮のうえ、これまでの点検計画に基づく点検内容と照らし合わせ、一般計装切換盤の今後の点検方法の改善について検討

した結果、電磁接触器の動作特性の変化に着目した点検を新たに追加することとして、今後、具体的方法を検討し、2020年1月末までに点検計画の改定を行う予定である。

添付資料一覧

添付－1：停電範囲概要図

添付－2：炉外燃料貯蔵設備のナトリウム漏えい検出設備（DPD）状態図

添付－3：一般計装切換盤D－2の状態説明

添付－4：要因分析（F T）図

添付－5：ラッチ機構の写真

添付－6：一般計装切換盤D－2のヒューズのエックス線写真

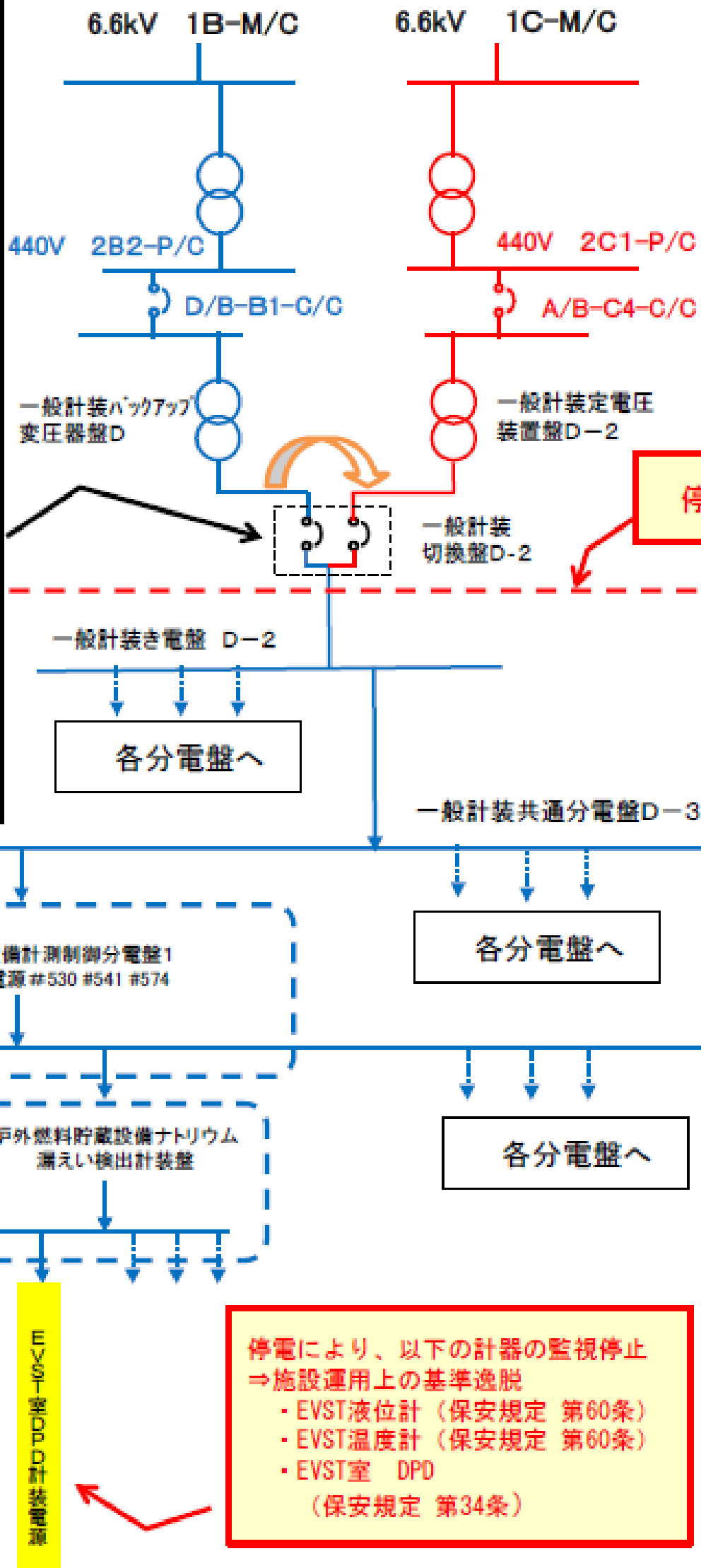
添付－7：電磁接触器の長期使用によるヒューズ溶断メカニズム

添付－8：一般計装切換盤に係る対応スケジュール

以 上

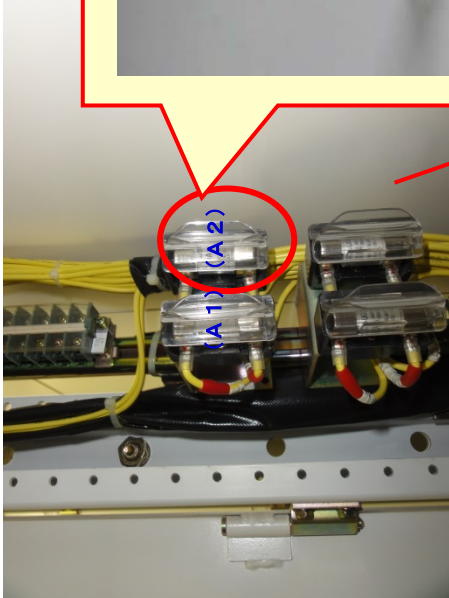
電源系の切換(バックアップ電源側→通常電源側)作業を実施したところ、一般計装電盤D-2等が停電した。

一般計装切換盤D-2  
(電磁接触器の写真)



## 停電範囲 概要図





制御回路用ヒューズ



バックアップ  
給電  
発生時:  
(消灯)  
↓  
バックアップ  
復電後:  
(点灯)

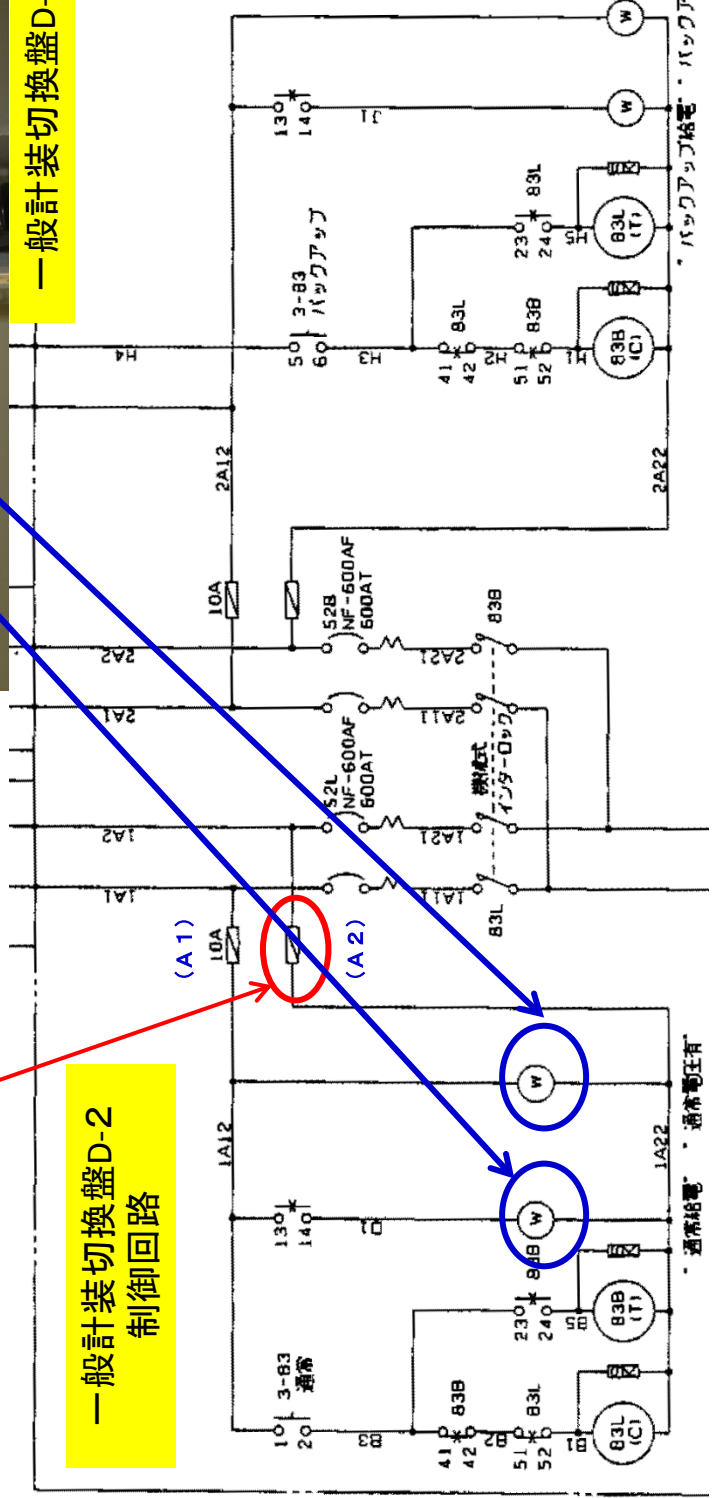
バックアップ  
電圧有  
(点灯)

通常電圧有  
(消灯)

通常給電  
(消灯)

一般計装切換盤D-2 盤面

一般計装切換盤D-2  
制御回路



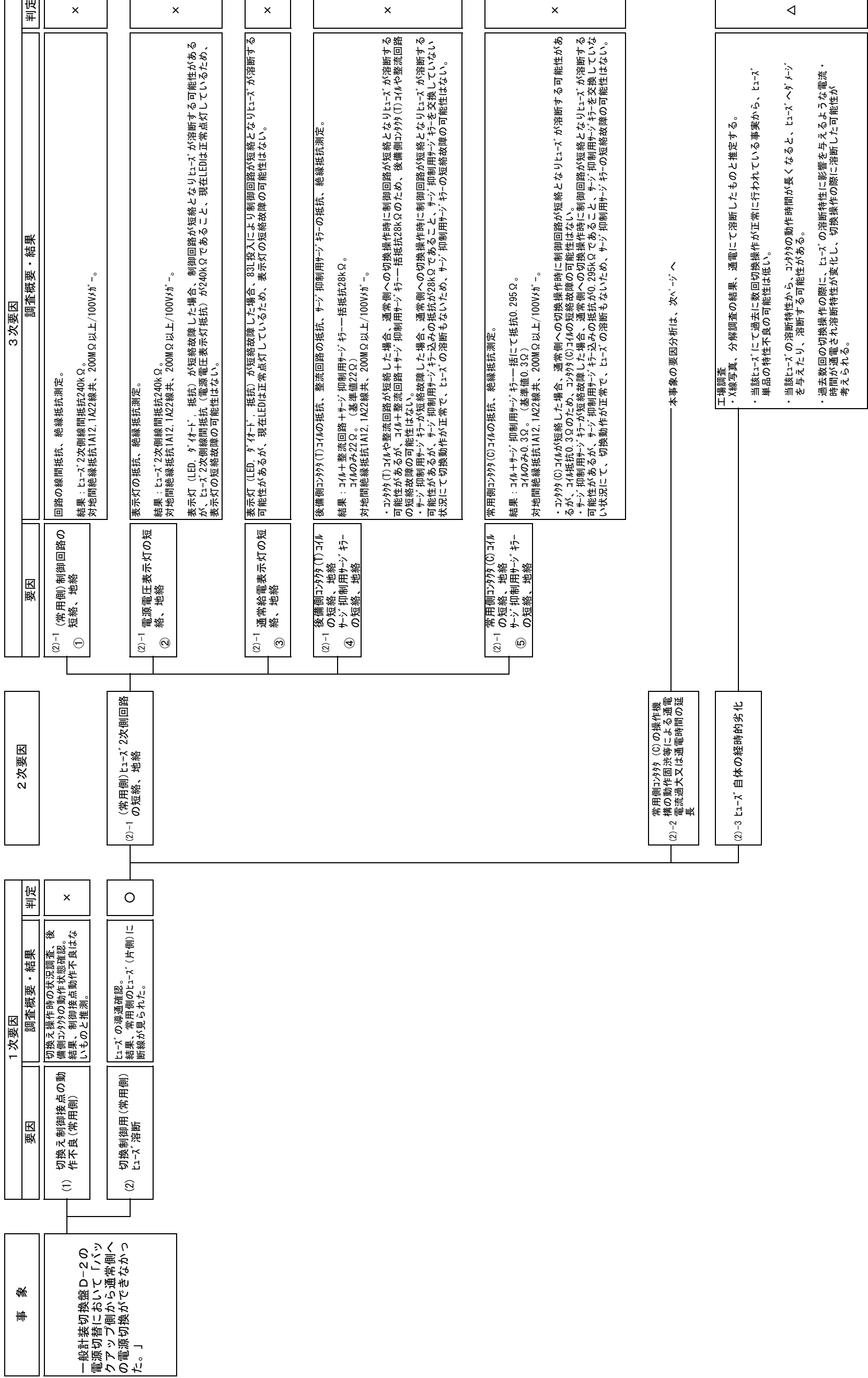
添付-3

一般計装切換盤D-2の状態説明

要因分析 [FT] 図

一般計装切換盤D-2 「常用側」への切換え不可事象

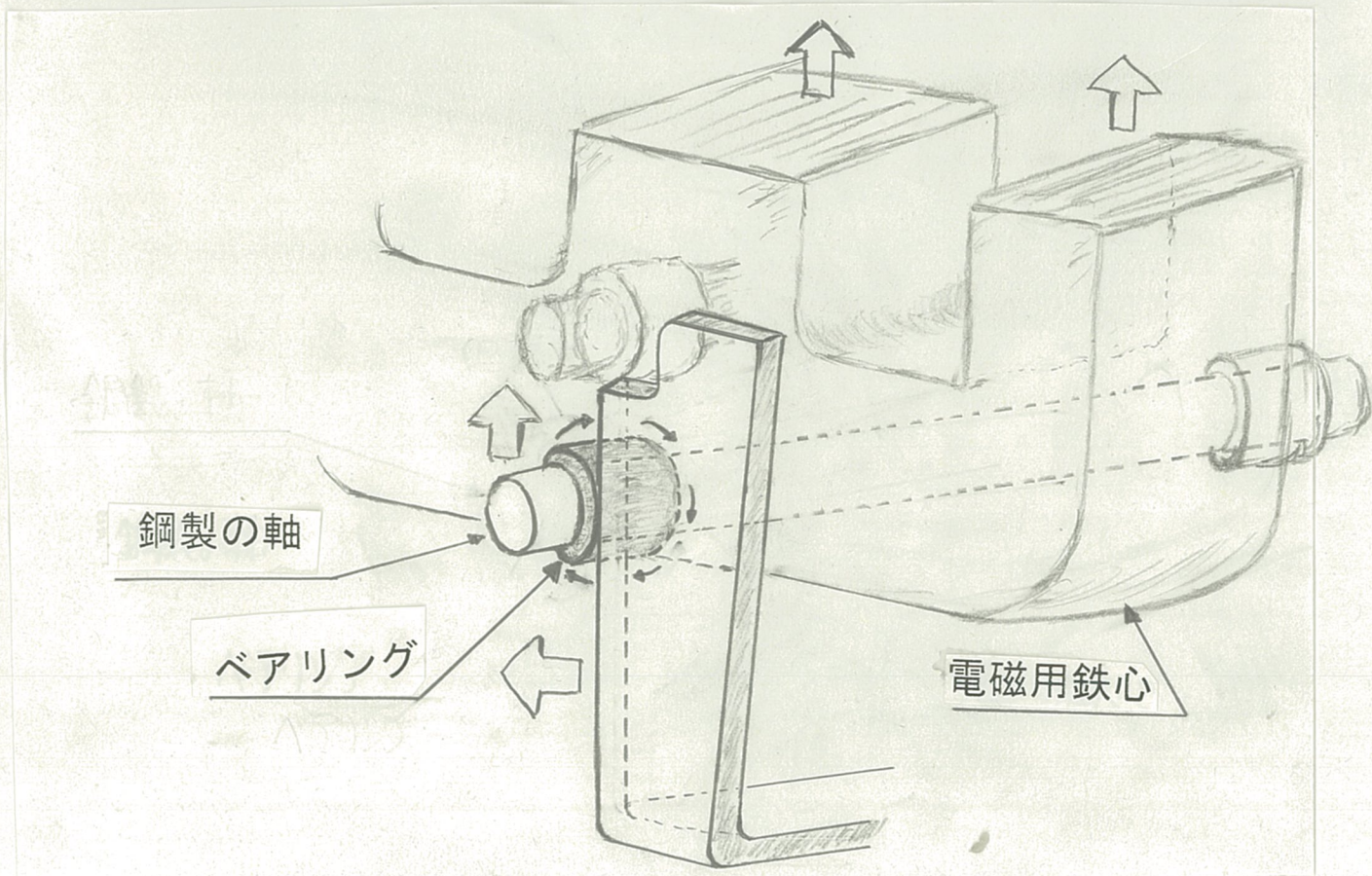
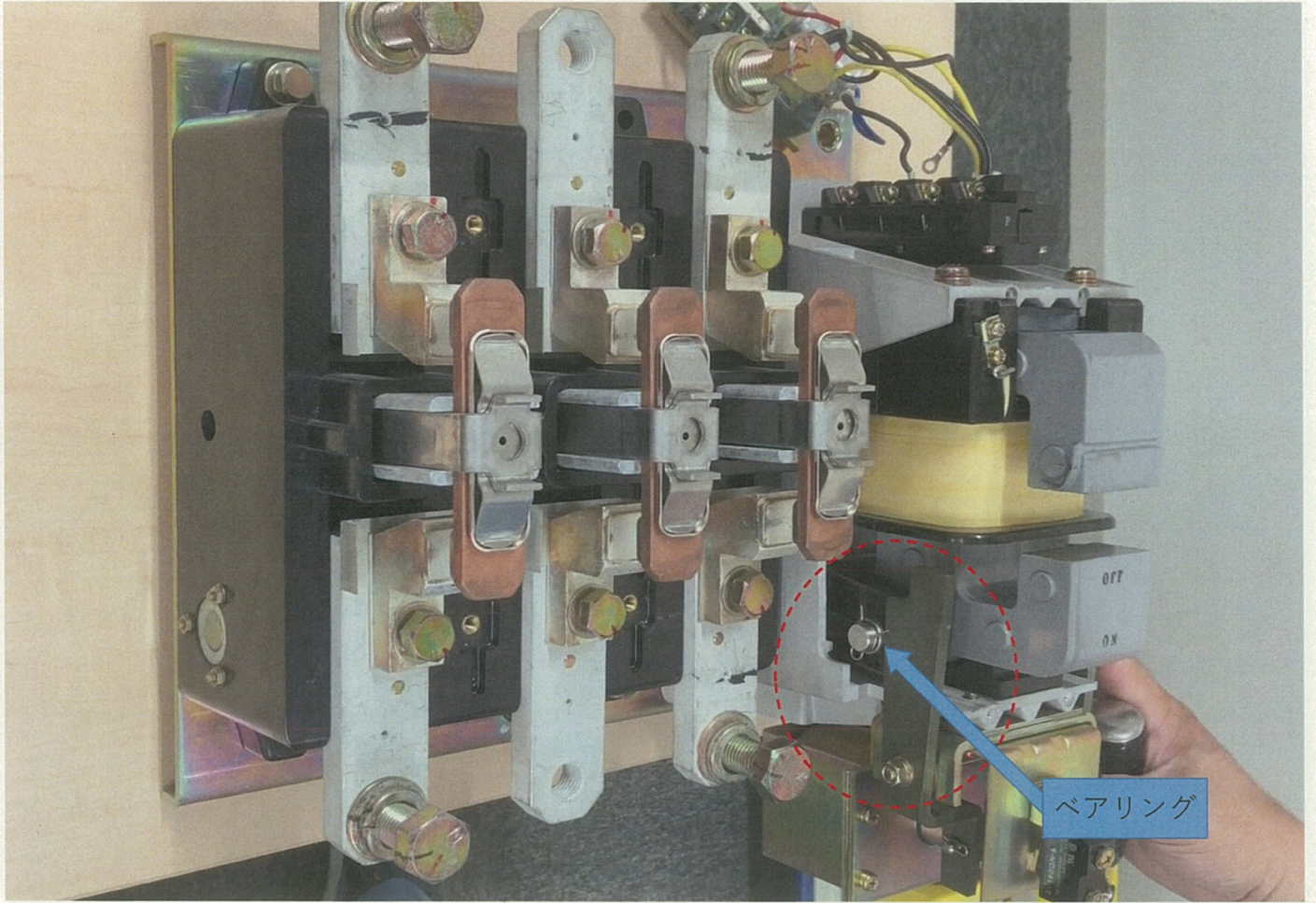
添付-4(1/2)



2 次要因		3 次要因		4 次要因		調査時期・場所・結果	判定																																																								
		要因		調査方法																																																											
(2)-2 常用側コンタクト(C)の操作機構の動作固着等による通電電流過大又は通電時間の延長	(a) コンタクト(C)コイル絶縁の熱的劣化	(a) 経年的な絶縁の熱的劣化	①コンタクト(C)コイル絶縁値計測	①工場調査(旧品)及び現地調査 ・コイル抵抗値に異常は認められない。 ・コイルの外観に過熱変色等の異常は認められない。	×																																																										
								(b) コンタクト(C)コイルの動作時過電圧	(a)-2 コンタクト動作時間長期化によるコイル絶縁の熱的劣化	①コンタクトによる投入・開放時間調査	①工場調査(旧品)及び現地調査 ・投入・引き外し時間(投入・引き外しのコイル通電時間)が延びている傾向が認められたが、コイルの絶縁劣化は認められない。	×																																																			
															(c) コンタクト(C)コイルの動作時低電圧[不足電圧]	(b)-1 常用側コンタクト動作時のサージによる電圧過大	①本システムの常用側(又は後備側)コンタクト動作時のサージ電圧計測	①現地調査 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 判定値: AC121V以下(110%) 実測値最大: AC109.6V	×																																												
																						(d) コンタクト(C)コイル、後備側コンタクト(C)コイルの制御不良	(b)-2 (常用側)定電圧装置の無負荷時電圧(実効値)過大	①本システムの常用側電源装置(定電圧装置)の入力電圧変動時、負荷変動時における電圧計測	①現地調査 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 判定値: AC121V以下(110%) 実測値最大: AC109.6V	×																																					
																													(e) コンタクト(C)構成部品の機械的寿命	(b)-3 (常用側)定電圧装置の無負荷時電圧波形ひずみ過大	①本システムの常用側電源装置(定電圧装置)の入力電圧変動時、負荷変動時における電圧波形ひずみ計測	①工場調査(旧品)及び現地調査 ・動作特性に異常は認められない。 ・接点導通、接触抵抗に異常は認められない。	×																														
																																					(c)-1 自己消磁接点の接触不安定(51-52極b接点)	①51-52極b接点表面の確認 ②動作電圧の確認	①現地調査 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 操作回路電圧に異常は認められない。(実測値最大: AC109.6V)	×																							
																																												(c)-2 投入電圧要因・操作回路電圧が定格電圧より低い	①コイル端子間電圧の確認	①現地調査 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の波形確認 切替時の動作確認結果良好であり、回路に異常は認められない。	×																
																																																			(d)-1 コンタクト(C)コイル、後備側コンタクト(T)コイルの同時励磁動作	①常用側コンタクト、後備側コンタクトの制御回路接点不良等の調査	①現地調査 ・ヒューズ交換後の電源切替時の動作確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の動作確認 ・ヒューズ交換後の電源切替時の動作確認 切替時の動作確認結果良好であり、回路に異常は認められない。	×									
																																																										(d)-2 投入指令要因・指令用接点の接触不安定・配線接続部の緩み	①動作確認、配線接続部の緩み確認	①工場調査(旧品) ・ベアリングが回転しにくい(重い)状況 ・電磁接触器の動作時間は40msec~50msec、電流値は65A~84A ②現地調査 ・新品の電磁接触器の動作時間は約28msec、電流値約92A ・6/12の切替時は約12msec、電流値は約64Aでヒューズ落断 ・6/27の切替時は動作時間は最大約34msec、電流値最大約103A ③確認結果からの考察 ・投入・引き外し時間(投入・引き外しのコイル通電時間)が延びている傾向が認められた。 ・投入・引き外し時間が延びる原因は、ベアリングが回転しにくい(重い)状況となっているため、投入・引き外し機構の移動(摺動)抵抗が増加したことが原因であった。 ・ベアリングが回転しにくい原因は、動作回数も少ないことから、ベアリング内潤滑剤(グリス等)の固化的な原因による経年による動作特性の変化が発生したものと考える。	○		
	(e)-2 ラッチ係合不良	①常用側、後備側コンタクト(C)、コンタクト(T)ラッチ機構の確認	①工場調査(旧品)及び現地調査 ・動作に異常はなく、ラッチ係合に異常は認められない。	×																																																											
								(e)-3 可逆の連結機構部不良	①可逆の動作確認 ②連結機構部の確認	①工場調査(旧品)及び現地調査 ・可逆動作特性試験の結果良好であり、可逆動作に異常は認められない。 ・可逆の連結機構部の動作は良好であり、可逆連結機構部に異常は認められない。	×																																																				

# ラッチ機構の写真 (1/2)

電磁接触器 ラッチ機構(開放状態)

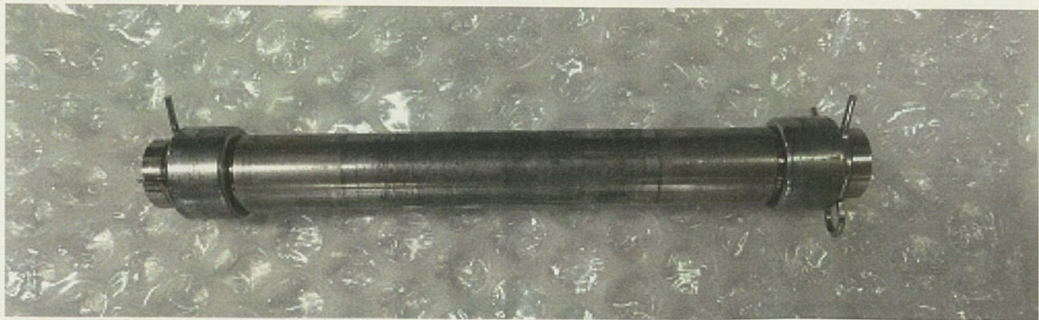
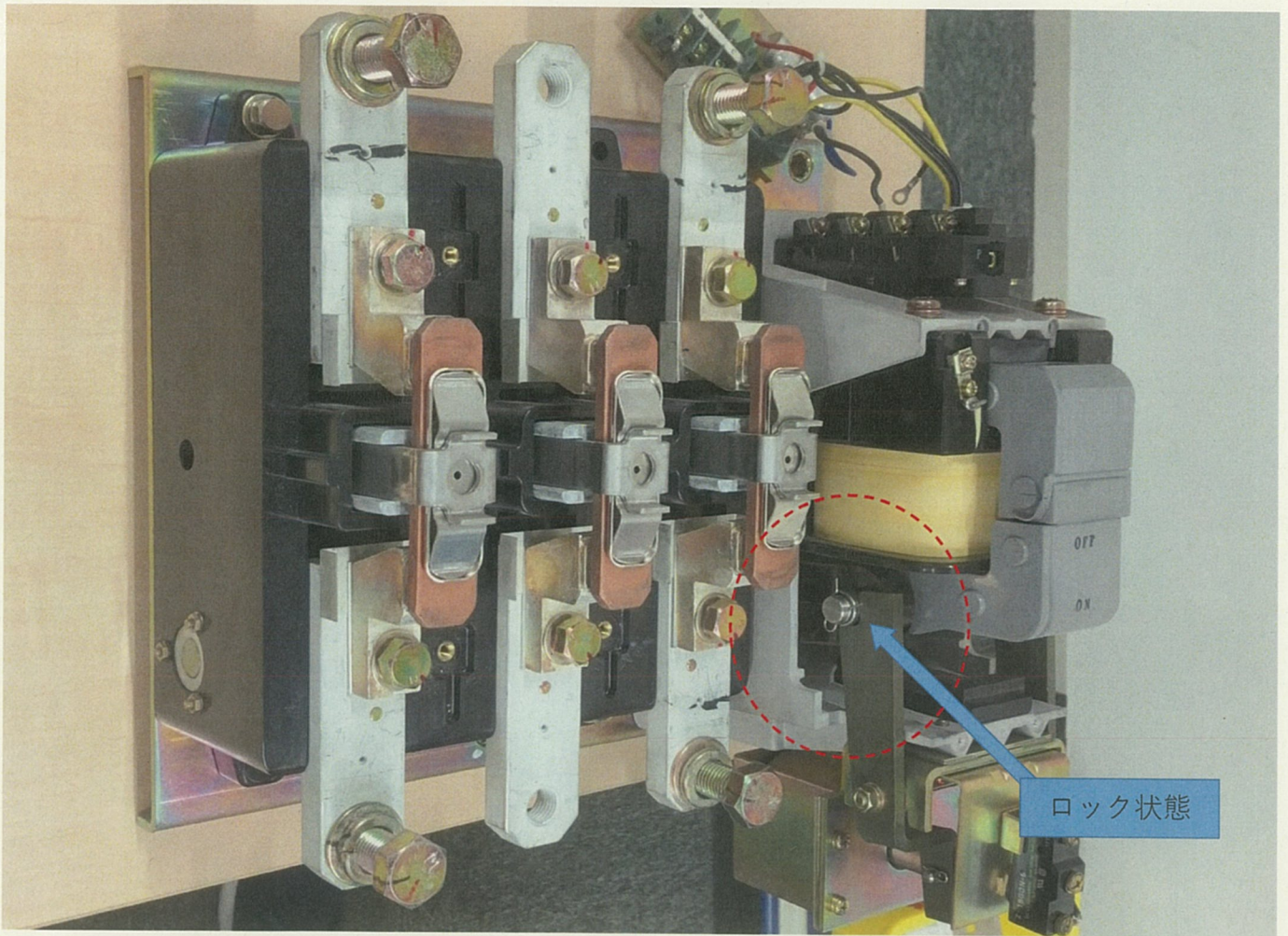


ラッチ機構(ベアリングの動作)



# ラッチ機構の写真 (2/2)

電磁接触器 ラッチ機構(投入状態)



軸及びベアリング

1)6月12日に溶断したヒューズと比較用ヒューズのエックス線写真

対象	調査品(D-2 A2側)現地にて溶断した物	比較用① 70A通電	比較用② 1000A短絡
定格(容量)	10A	10A	10A
製造年月	1609		
管理番号	487		
抵抗値 12~15mΩ	∞		
X線			
考察	2本の元素の内1本(写真左側)は複数個所で溶断している。もう片方の元素は比較的線形形状を保ったまま溶断(赤点線部)している。70A通電品と様相が比較的近似していますが、元素1本(写真左側)の溶断状況は、70A通電品より1000A短絡に近い様相になっている。	2本の元素の内1本(写真右側)は複数個所で溶断している。もう片方の元素は比較的線形形状を保ったまま溶断している。調査品(D-2 A2側)と様相が近似している。	両方の元素が複数個所で溶断しており、線形形状を保っていない。

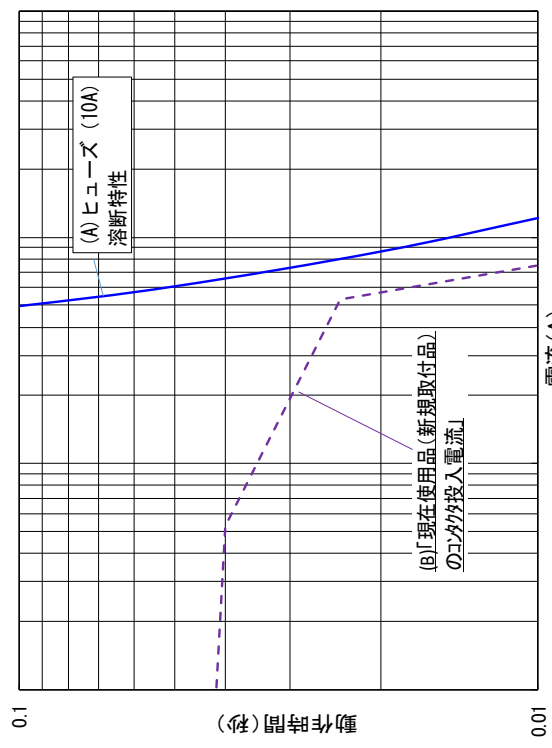
対象	調査品(D-2 A1側)現地にて溶断しなかった物	比較用③ 新品
定格(容量)	10A	10A
製造年月	1609	
管理番号	486	
抵抗値 12~15mΩ	13.55	
X線		
考察	両方の元素は比較的線形形状を保っている。溶断箇所は認められない。ヒューズの抵抗値については12~15mΩに対し、13.55mΩと基準値内であり異常は認められませんでした。	両方の元素は線形形状を保っている。

2)6月27日にヒューズを15Aに交換して3回切換を実施したヒューズのエックス線写真

対象	調査品(D-2通常側 1A2片側) 切換操作を3回実施した物	調査品(D-2通常側 1A1片側) 切換操作を3回実施した物
定格(容量)	15A	15A
製造年月	1706	1706
管理番号	一般品	一般品
抵抗値 6.3~7.7mΩ	6.79	6.79
X線		
考察	両方の元素は比較的線形形状を保っている。溶断箇所は認められない。ヒューズの抵抗値については6.3~7.7mΩに対し、6.79mΩと基準値内であり異常は認められませんでした。	両方の元素は比較的線形形状を保っている。溶断箇所は認められない。ヒューズの抵抗値については6.3~7.7mΩに対し、6.79mΩと基準値内であり異常は認められませんでした。

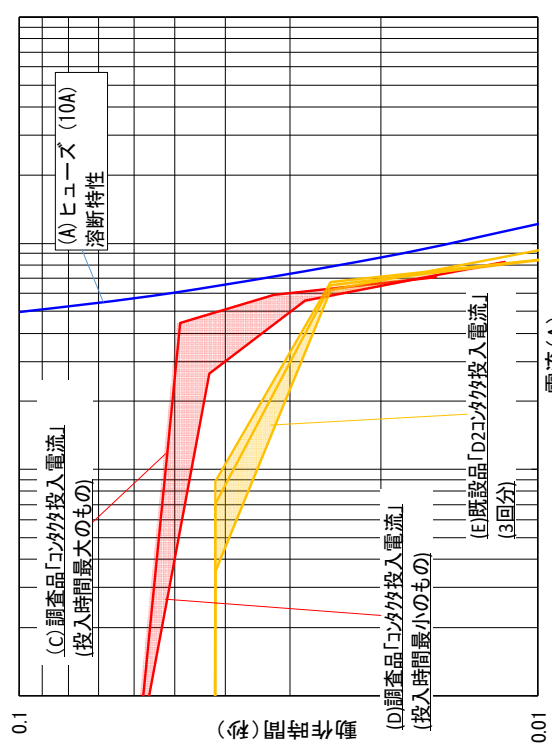
# 電磁接触器の長期使用によるヒューズ溶断メカニズム

## 1. 通常状態(コンタクタ長期使用状態にない場合)



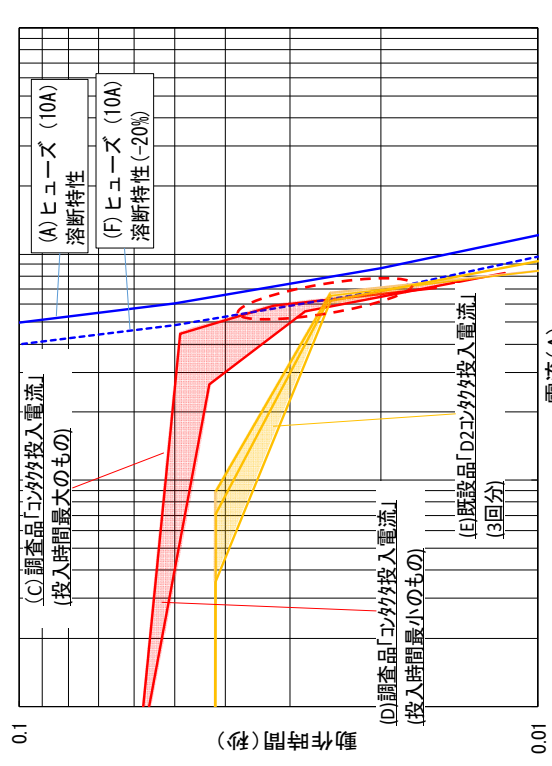
ヒューズの溶断特性とコンタクタの動作特性の関係。(B)現在使用品(新規取付品)の動作特性について、動作時間0.006秒にて91.9Aであり、0.01秒では70A程度となる

## 2. 長期使用によるコンタクタ動作特性変化



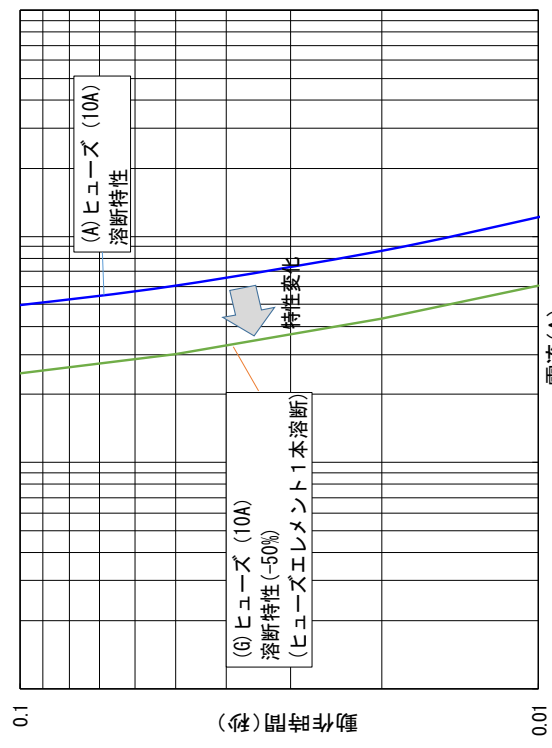
コンタクタの長期使用(長期間経過)により、コンタクタの動作が渋くなってコンタクタの動作特性が変化し、動作時間が長くなり、動作特性にばらつきを生じる。

## 3. コンタクタ動作特性変化によるヒューズへのダメージ



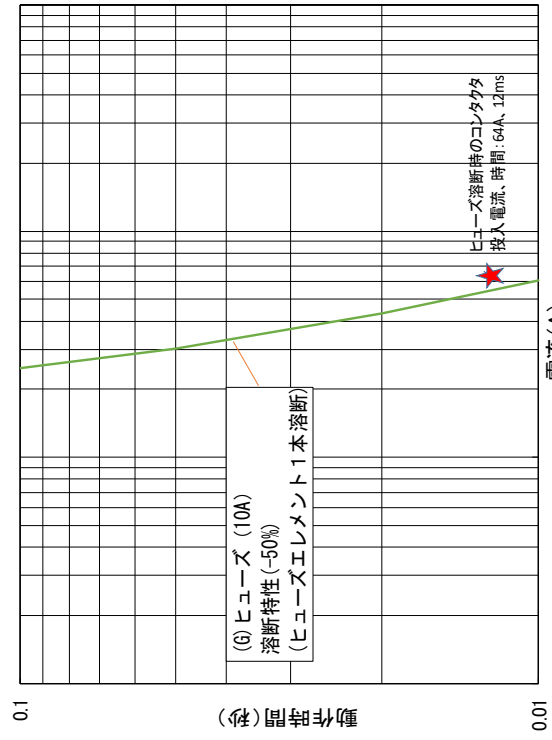
コンタクタ動作特性の変化により、ヒューズ溶断特性変化(低下)を生じる可能性が高くなる領域の電流(溶断特性の80%を超える電流)に相当するコンタクタ投入電流がヒューズに通電(一時的または繰り返し)され、ヒューズがダメージを受ける。

## 4. ヒューズ溶断特性低下(ヒューズエレメント1本溶断)



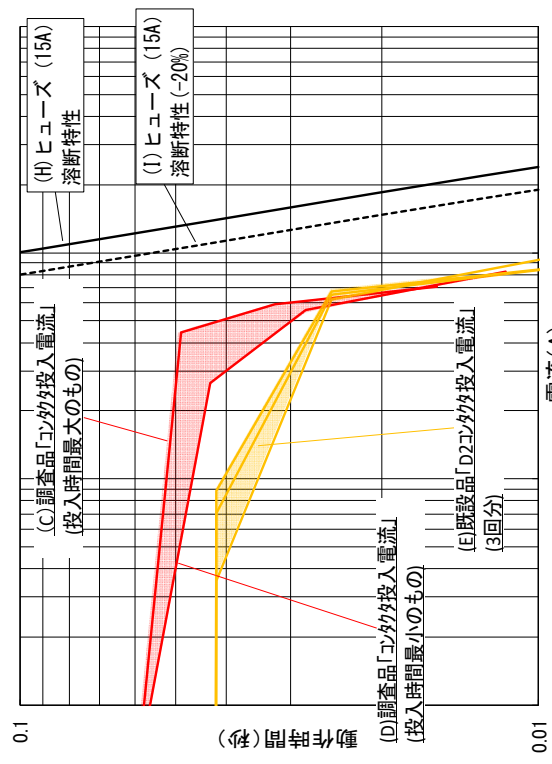
3. によるヒューズダメージにより、ヒューズのエレメント2本中1本が溶断し、ヒューズの溶断特性が低下した。

## 5. ヒューズ溶断時(事象発生時)



今回の事象発生時のコンタクタ操作によって、コンタクタ投入電流がヒューズに通電され、溶断に至った。

## 6. 対応策(ヒューズを10A→15Aへ交換)



コンタクタの動作特性変化を考慮して、定格10Aのヒューズを定格15Aに交換する。

(注記)

- ヒューズの定格値は定常電流に対する設定値を便宜上示す値であり、ヒューズそのものの性能は、溶断特性で表される。
- また、ヒューズは一般的に過渡的な起動電流(大電流)に対応するため、短い動作時間領域ではより大きな電流に対応できる(切れにくい)設計となっている。
- グラフ中(C)(D)の「調査品」は、D-2と同仕様、同使用実績のコンタクタである。

