

(別紙)

第 1 工学試験棟大実験室における遮断器の火災について（最終報）

1. 発生日時

平成 26 年 9 月 16 日（火） 17 時 05 分頃

2. 発生場所

那珂核融合研究所 第 1 工学試験棟^{*} 大実験室 （一般施設）

（図 1, 図 2）

^{*}）昭和 55 年に竣工し、核融合炉用超伝導コイルの性能試験を行うための施設

3. 事象の分類

- 「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 条第 1 項第 4 号に該当する事象（「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」に基づく法令報告には該当しない）

4. 事象の概要

9 月 16 日（火）に 9 時 30 分頃より、当該遮断器（NB-2）（以下、「遮断器」という。）を含む電源システムの動作点検を実施していた。事象の時間経緯を以下に、また、その詳細を表 1 に示す。

- 17 時 05 分頃、第 1 工学試験棟の南シャッター付近で発煙を確認。ただちに那珂市消防本部へ連絡した。
- 17 時 23 分 那珂市消防本部が現場に到着した。
- 17 時 24 分 那珂市消防本部により、鎮火が確認された。
- 17 時 51 分 那珂市消防本部により、火災と判断された。
- 遮断器の部品の内、①抵抗器の一部（全 4 カ所）が熔融し、②投入コイル（全 4 カ所）が変色していることを確認した。
- なお、火災報知器の発報はなく、また、那珂市消防本部及び原子力機構共に消火活動は行っていない。

5. 人・環境への影響

- 原子力機構及び那珂市消防本部等の人的被害はない。
- 環境への影響はない。（当該建屋は一般施設）

6. 機器の概要

遮断器は、超伝導コイルに通電するための電源システムの一部であり、超伝

導コイル通電中に、超伝導状態が常伝導に転移した場合、コイルに蓄積されているエネルギーを速やかに外部に取り出し、超伝導コイルを保護するための機器である。当該遮断器を含めた電源システムの結線図を図 3 に示す。遮断器は、5 台の気中遮断器を並列に設置した構成となっている。なお、損傷した 4 台の気中遮断器は 1981 年製（気中遮断器①～④）、残りの 1 台（同⑤）は 1987 年製である。

超伝導コイルは大電流により強磁場を発生するため、制御室から制御盤（図 3）を通しての遠隔操作により、当該遮断器を含む機器を操作している。なお、当該遮断器を制御するためのプログラム（以下、「制御プログラム」という。）は、原子力機構の発注により製作されたもので、現在の制御プログラムは 1999 年に完成している。

なお、制御盤を停止すれば、投入コイル及び抵抗器への通電は遮断される回路になっている。

7. 作業内容

7. 1 当日の作業内容

遮断器が遠隔操作により正常に動作するか動作点検を実施していた。超伝導コイルへの通電は行わない無負荷での点検で、遠隔で操作できることを確認する機器（遮断器、断路器）及び遠隔操作の制御盤は動作させていたが、それら以外の機器は停止させていた。

7. 2 遮断器の動作点検

当日、9 時 30 分頃に動作点検作業を開始し、16 時 55 分までの間に、計 2 回の ON（閉）、OFF（開）を実施した。制御盤による動作点検及び作業者を遮断器設置場所に配置しての目視動作点検を行ない、正常に動作していることを確認している。

遮断器の正常動作を確認したため、制御プログラムの動作確認に移り、16 時 55 分過ぎに 3 回目の遠隔操作を行った際には、遮断器設置場所に作業者を配置しなかった。17 時 03 分頃に当日の点検作業を終了した。

点検作業終了後、17 時 05 分頃、作業者が制御室から大実験室に入り、発煙を確認した。

8. 遮断器の損傷状況

遮断器は、並列に置かれた 5 台の気中遮断器より構成されている。それぞれの気中遮断器は同じ構造のもので、接触子と呼ばれる部品を機械的に ON（閉）、OFF（開）すること（以下、「開閉動作」という。）で、超伝導コイルと直流電源

の接続・切断を行っている(図4)。

この接触子の開閉動作を遠隔操作で行うために、接触子動作機構を有している。接触子動作機構には、遮断器を ON 状態にするために接触子を瞬間的に駆動させる投入コイル・抵抗器がそれぞれの気中遮断器に各 1 台ずつ設置されている。

今回、5 台の気中遮断器のうち、4 台の気中遮断器の投入コイル・抵抗器に損傷が確認された(図5)。投入コイルは、絶縁材(ワニス)に茶褐色の変色が見られた。また、抵抗器はリード線の被覆(ビニール)が溶融していた。

9. 遮断器の直近の使用状況

平成 26 年 9 月 4 日に、直流電源の通電試験を実施しており、その際に遮断器を使用した。通電前に遠隔操作で ON(閉)動作、通電終了後に遠隔操作で OFF(開)動作を行い、それぞれの動作が正常に行われていることを確認した。

なお、この直流電源の通電試験前後で、目視で各機器に異常の無いことを確認している。

10. 原因

事故後の原因調査において、遮断器の制御プログラム並びに ON 指令/ OFF 指令の発信、リレーの動作及び投入コイルへの通電等のタイミングを詳細に調査し、遮断器の損傷・発煙に至った原因は以下の通りであることが判明した。

制御プログラムを構成する特定の運転モード(直流電源と遮断器を自動運転するモード)において、ON 操作後の OFF 操作を 0.5 秒程度の短時間に行うと、OFF 動作に移ったことを通知する信号である「OFF 返信」を制御プログラムが受信した直後に ON 指令が再度発信されてしまう制御プログラム上の不具合が見つかった(図6)。

通常は、ON 指令の発信を促す信号(ON トリガー)は、制御用 PC からの ON 操作により発信されるが、自動運転のモードでは、ON トリガーは制御プログラムからも発信される。自動運転のモードにおいて、この ON トリガーが 1 秒間保持されていた不具合により、OFF 動作中に作業者が意図しない ON 指令が制御プログラム上で発信された。それにより、遮断器は、OFF 動作が完了する前に ON 動作が始まったために非正規状態となり、その状態が保持された(図7)。その結果、投入コイル・抵抗器への通電が約 8 分間続いてしまったことが、損傷・発煙の原因であることが判明した。この「約 8 分間」は、16 時 55 分に遮断器の ON(閉)及び OFF(開)操作を実施してから、17 時 03 分頃に制御盤を停止するまでの時間である(図6)。制御盤を停止すると投入コイル及び抵抗器への通電が遮断されることは、事故後改めて確認した。

1 1. 未然防止ができた可能性について

当日の動作点検作業は、事前に作成した点検作業要領書(以下、「要領書」という。)に従って作業を行っていた。1回目と2回目の遮断器の遠隔操作は、その操作が健全に行えることを目視により確認することが目的で、それを実施した。3回目の遠隔操作は、制御プログラムの動作確認が目的で、遮断器自身の動作としては上記の動作と同様と考えていたため、遮断器の操作時には、遮断器の目視動作確認を行うことになっていなかった。目視動作確認のために遮断器設置場所に作業者を配置するかビデオカメラで監視していれば、発煙を早期に発見できた可能性はある。

当日の制御プログラムの動作確認において、一つの操作毎に作業者が操作完了の表示を確認する要領としていなかった。動作確認作業時において、ON 動作の表示を確認した後に OFF 操作を行っていれば、制御プログラム上の不具合による再度の ON 指令は発信されなかった可能性はある。

1 2. 当該遮断器における再発防止

遮断器の投入コイル及び抵抗器に、長時間電流が流れ続けないようにするために、以下の処置・対応を行い、再発防止を図ることとする。

- (1) 制御プログラムの不具合を修正する。
- (2) OFF 動作が完了するまで、ON 動作ができないようにするため、OFF 操作後、短時間に ON 操作が行えないよう、制御プログラムを改訂する。
- (3) さらに、万一の場合でも、投入コイルが過熱するほど長時間に渡り投入コイルに電流が流れることのないよう、制御プログラムにタイマーを付加し、投入コイルの電流を遮断する。
- (4) 動作点検作業において、当該遮断器を動作させる場合は、作業者を配置して、あるいは、ビデオカメラを用いて監視する。
- (5) 当該遮断器の動作点検作業において、一つの操作を行った際は、その操作が正常に完了したことを表示により確認した後に次の操作に移ることを、作業者に徹底させる。

(6) 上記(4)と(5)の変更点は、要領書並びに作業者に対する教育訓練に反映させる。

なお、当該遮断器は、損傷した投入コイル及び抵抗器の交換を行い、上記(1)～(6)の処置・対応を行った上で、制御プログラムを含めた当該遮断器の動作点検を行って正常に動作することを確認した後に運転を再開するものとする。

13. 水平展開

那珂核融合研究所において、以下の2つの特性を持つON/OFF制御を行う電磁操作式の遮断器システムを水平展開による確認の対象とする。

- ・遮断器の健全動作を制御プログラムによって担保しているもの。
- ・遮断器が連続的に非正規状態を取り得るもの。

対象遮断器システムについて、OFF動作中にON動作が入る不具合の有無を確認し、制御プログラムの修正、要領書並びに教育訓練への反映など適切な対策を行う。

なお、上記の火災の原因、再発防止、水平展開については、那珂核融合研究所内の一般施設の安全を審査する「一般施設等安全審査委員会」において審議し、妥当性を確認した。

以上

表 1 事象の時間経緯

発生日：平成 26 年 9 月 16 日(火)

時 刻	内 容
16:55 頃	制御プログラムの動作確認のため、遮断器 (NB-2) の ON (閉) 及び OFF (開) 操作を実施
17:03 頃	動作点検作業終了。遮断器 (NB-2) の制御盤を停止。
17:05 頃	第 1 工学試験棟大実験室の南シャッター付近で発煙確認
17:06 頃	遮断器用電源を停止
17:07 頃	那珂市消防本部「119」へ通報
17:07	所内非常用電話「7222」通報
17:19	那珂核融合研究所現地対策本部設置
17:21	第 1 報ファクス発信
17:23	那珂市消防本部 現場到着
17:24	那珂市消防本部による鎮火確認
17:50	第 2 報ファクス発信
17:51	那珂市消防本部により火災と判断
18:25	第 3 報ファクス発信
19:15	那珂市消防本部 現場確認終了
19:34	第 4 報 (最終報) ファクス発信
20:00	原子力機構プレス発表 (茨城県県政記者クラブ)
21:37	那珂核融合研究所現地対策本部解散



図1 第1工学試験棟 位置図

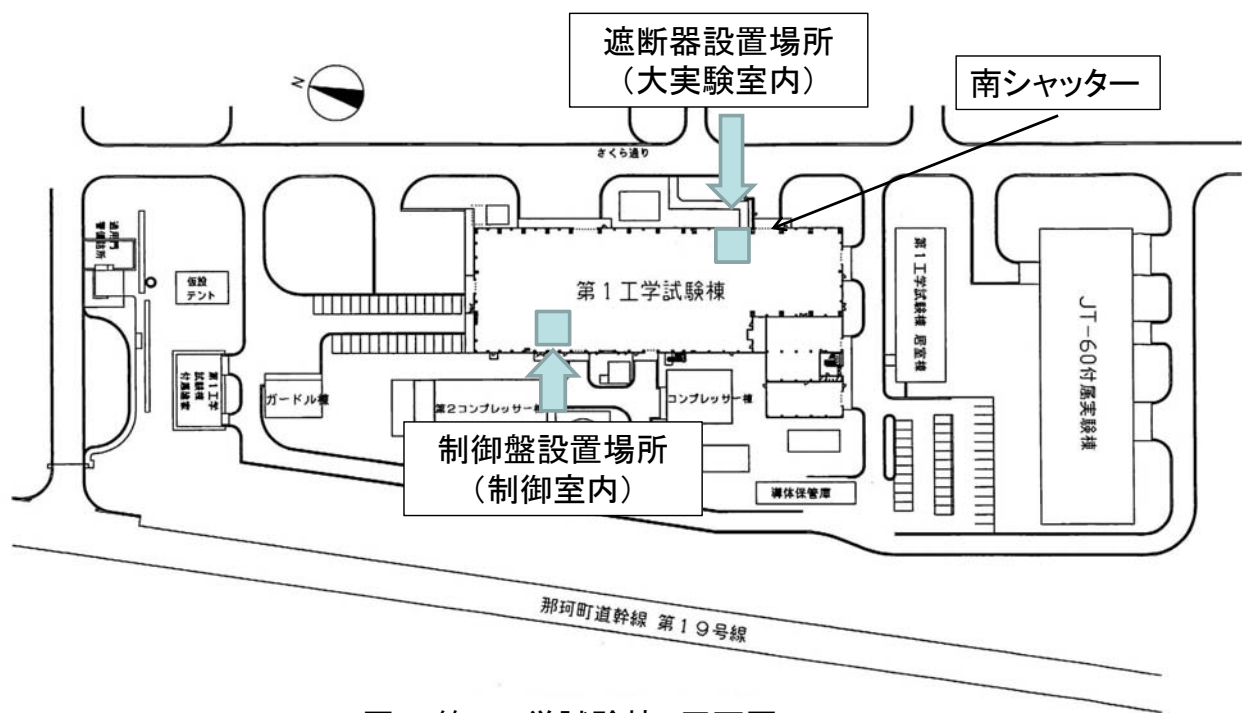


図2 第1工学試験棟 平面図

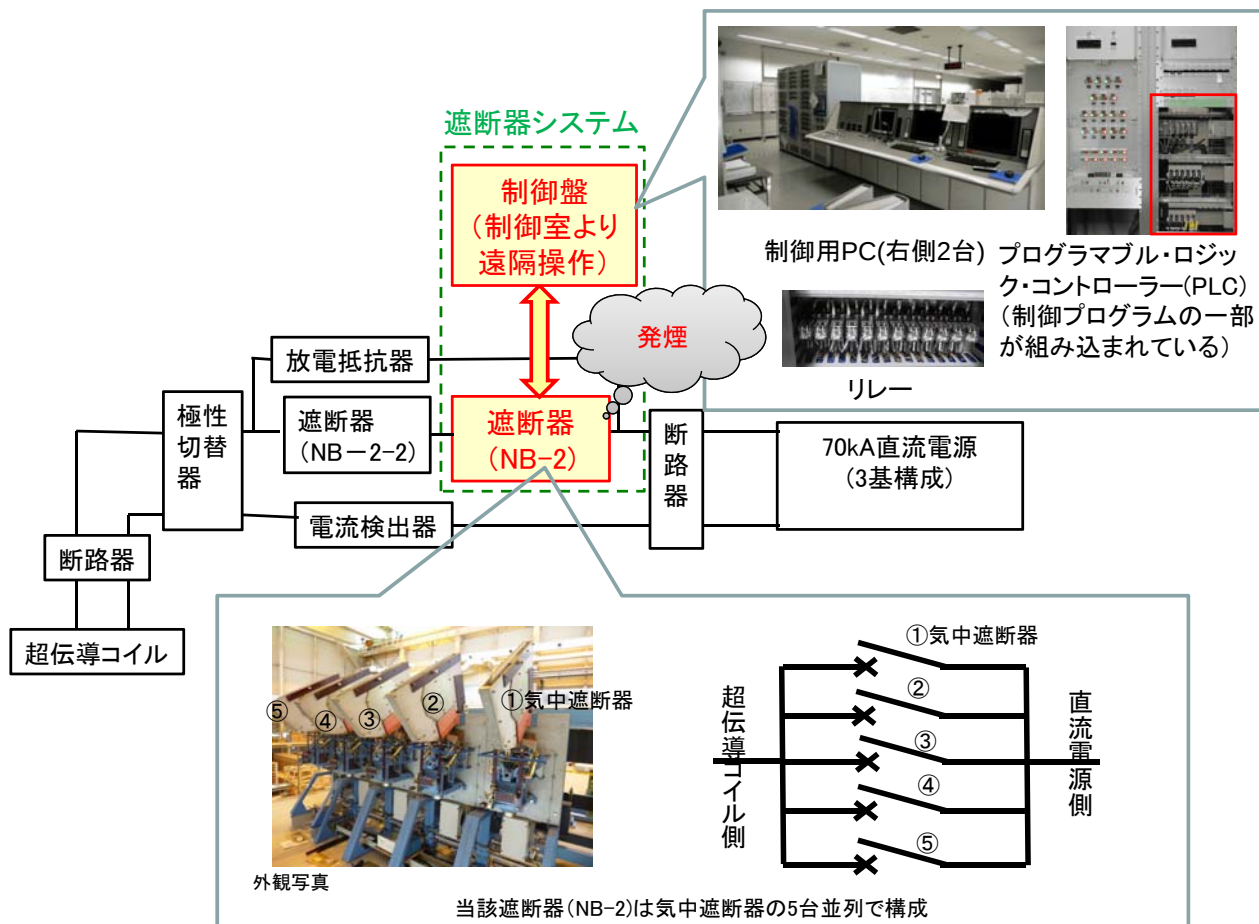


図3 電源システム結線図

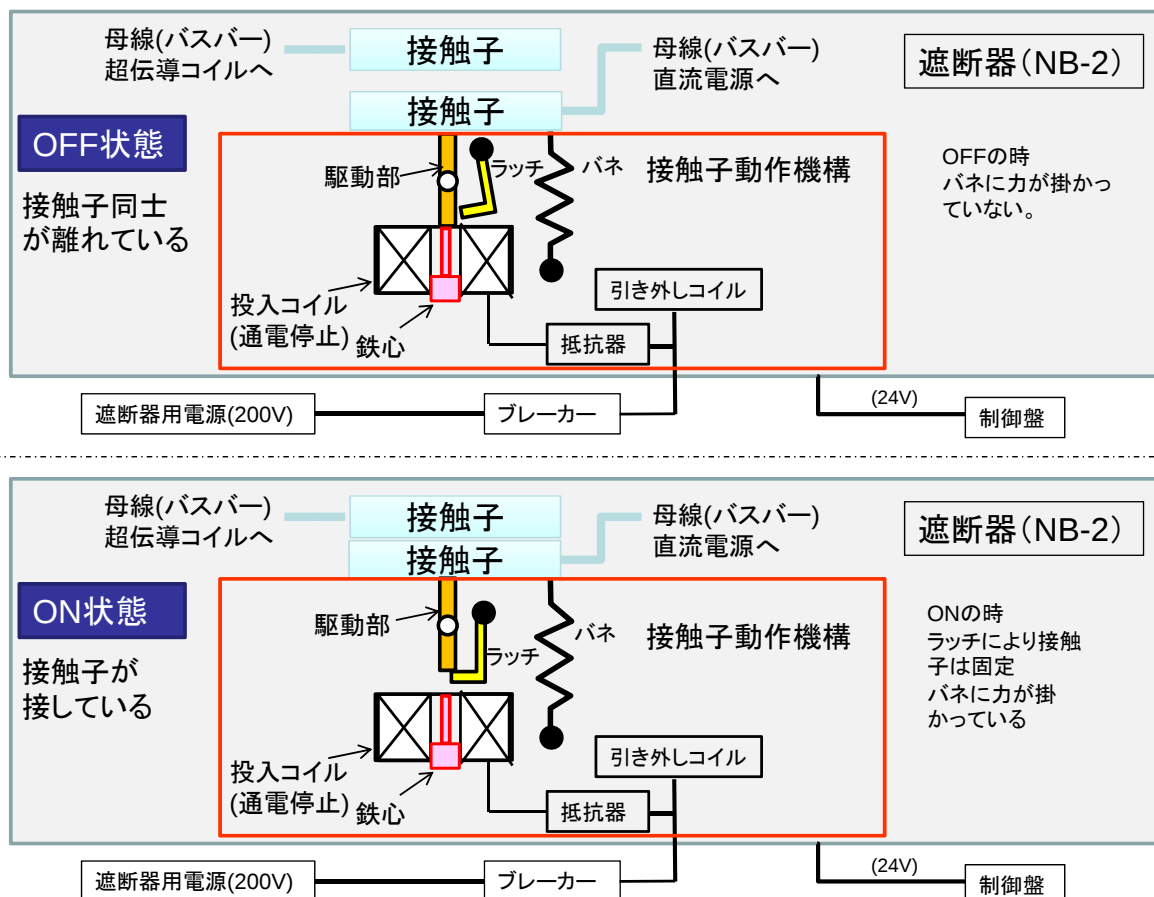
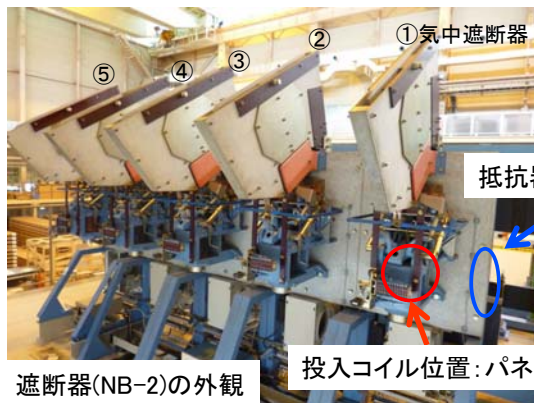


図4 遮断器(NB-2)の概略構造図:1台の気中遮断器を例示



- ・ 遮断器(NB-2)を構成する5台の気中遮断器のうち4台(①～④)が損傷
- ・ 損傷箇所は、投入コイル・抵抗器(各4カ所)

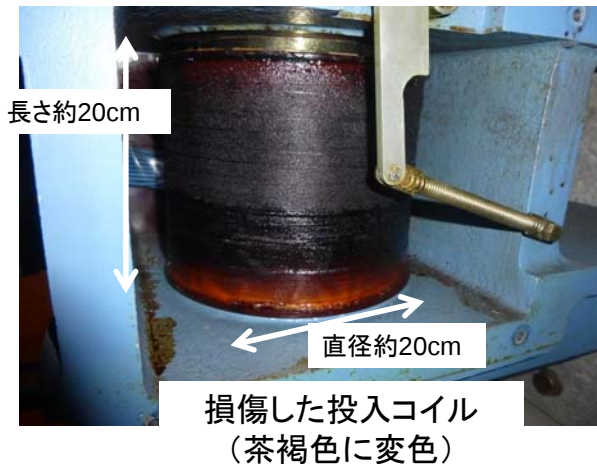


図5 遮断器(投入コイル・抵抗器)の損傷状況

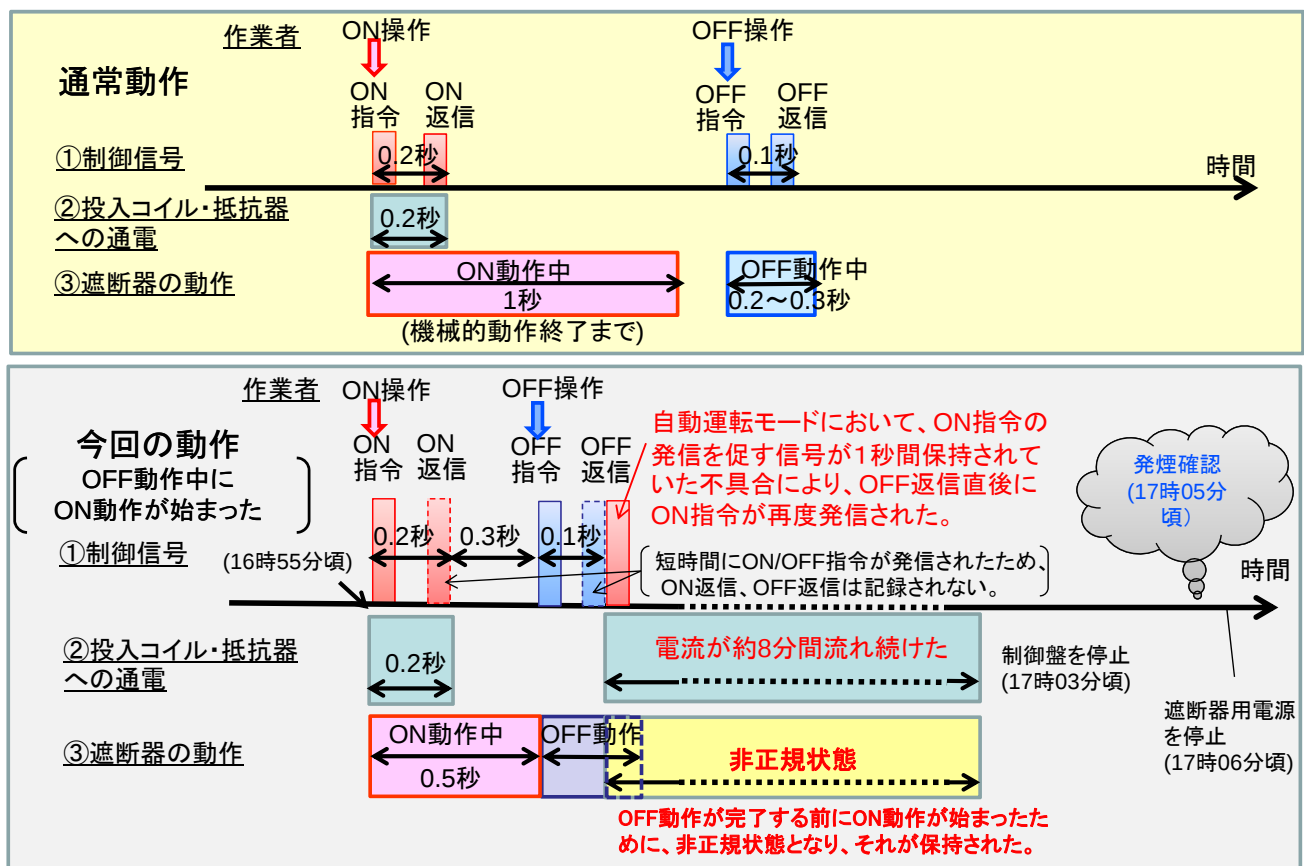


図6 今回の事象の原因

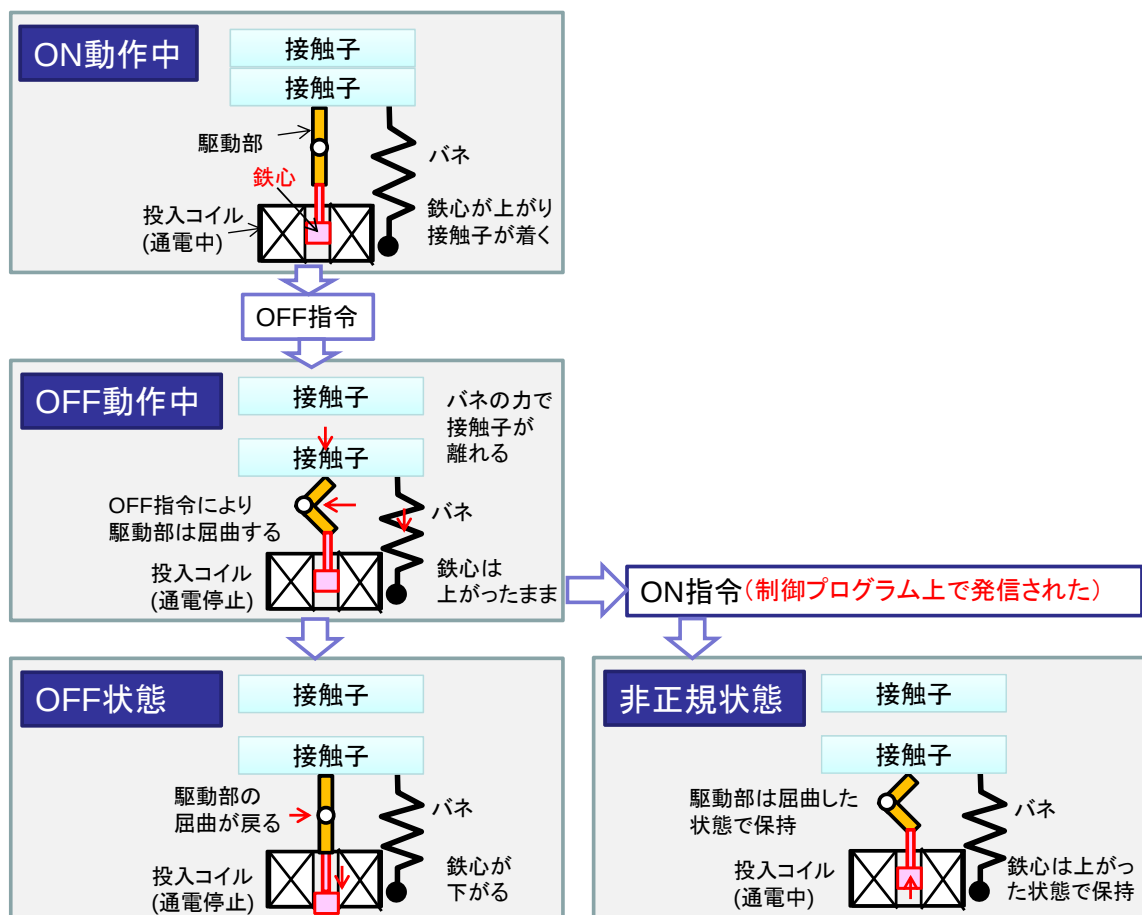


図7 OFF動作中からの非正規状態への移行・保持