

J-PARC ハドロン電源棟における火災について

1. 背景

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 及び国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA) は、共同で大強度陽子加速器施設 (J-PARC) (図 1) を運営している。ハドロン実験施設は KEK が所掌する施設で、50GeV シンクロトロン (以下「MR」という。) 加速器から取り出された陽子ビームを、ハドロン実験施設内の実験ホールにある二次粒子生成標的に照射し、生成した K 中間子や π 中間子等の二次粒子を複数の実験エリアに輸送し、様々な実験を行う。

2. 状況

(1) 事象の概要

ハドロン実験施設では、令和 5 年 6 月 16 日 (金) から 6 月 22 日 (木) までの予定で、ビーム調整のための運転を行っていた。6 月 22 日 (木) 0 時 51 分頃、ビーム調整運転中にインターロックシステムにより MR 加速器はビーム運転を停止した。同時刻に J-PARC ハドロン電源棟 (管理区域) (図 2) で火災報知設備が発報したため、0 時 52 分に MR 加速器以外の J-PARC 全施設のビーム運転も手動で停止し、0 時 54 分に公設消防へ 119 番通報した。0 時 59 分に KEK 職員 1 名及び JAEA 職員 1 名が現場を確認したところ、室内に煙を確認し、1 時 00 分に KEK 職員が電源装置の転極器 (3. で説明) から火が出ていることを確認したため、ABC 粉末消火器 1 本により初期消火を開始し、直後にもう 1 本の ABC 粉末消火器を用いて初期消火を完了した。

1 時 46 分に公設消防は本事象を「火災」と判定し、1 時 55 分に鎮火を確認した。

本事象は、「放射性同位元素等の規制に関する法律」に基づく報告事象には該当しない。

(2) 放射性物質の漏えい ; なし

(3) 環境への影響 ; なし

(4) 人の汚染・被ばく ; なし

(時系列)

0 時 51 分頃	火災報知設備が発報
0 時 54 分	119 番通報
0 時 59 分	KEK 職員 1 名及び JAEA 職員 1 名が現場を確認したところ、室内に煙を確認
1 時 00 分	KEK 職員が電源装置の転極器から火が出ていることを確認し、ABC 粉末消火器を 2 本使用して初期消火活動
1 時 15 分	公設消防現場到着
1 時 46 分	公設消防により火災と判定
1 時 55 分	公設消防により鎮火を確認

3. 電源装置の概要

当該電源装置は、直流安定化電源部と転極器からなる (図 3 に設置位置を、図 4 に設置状況を示す)。MR 加速器から取り出された陽子ビームをハドロン実験施設内の実験ホールまで輸送するビームラインにある電磁石を励磁するために用いられている。定格電圧・電流はそれぞれ 60V、2300A

で、発災時には 40V、1750A で運転されていた。当該電源装置は、50Hz3 相 400V の交流電圧をトランスによって降圧し、それを直流に変換する構成となっている。

電源装置の上部には転極器が取り付けられている。転極器とは、電流の正負の向きを逆転させることで電磁石の極性を変更するための装置である（高さ 50cm 幅 55cm 奥行 70cm 程度）（図 5 に当該転極器の写真を、図 6 に類似の転極器の写真を、図 7 に仕組みの概念図を示す）。当該転極器は、転極をさせずに電磁石への通電のみ行っていた。

当該転極器の中央部には、モーターで回転させることのできる円筒状の電極（以下、「回転電極」と称する）があり、それを囲むように 4 枚の平板電極が配置されている。台形の接触子をばねで押し付けることで回転電極と平板電極との間の電氣的な接続を確保する構造になっている（図 8 に同型の転極器の内部にある電極の写真を、図 9 に転極器内部の模式図を示す）。回転電極（図 10）は、アーチ型の導体（銅製）2 枚と絶縁体（ベークライト製）2 枚とが交互に並んで円筒を形作り、その上下を円盤型の絶縁体（ポリカーボネイト製）と鉄蓋で挟み込む構成となっている。アーチ型導体と接触子とが接する面には、接触抵抗を良くするために銀が盛られている。

4. 施設への影響

今回の火災では、火を現場で確認し ABC 粉末消火器で消火を行った。隣接する装置と施設への延焼はなかった。

5. 火災発生原因

○令和 5 年 6 月 27 日（火）に公設消防立会いのもと、焼損箇所を中心に内部の調査を行った結果、以下のことが分かった。

- 転極器中央の回転電極と平板電極①の焼損が特に激しい（図 11）。
- 平板電極①及び②の接触子と、それに接する回転電極のアーチ型導体とは、本来の位置から回転方向及び上下方向に約 10mm ずつずれた位置で融着していた（図 12）。

○発災時の当該電源からの出力電流・電圧の記録（図 13）を確認したところ、図 13 の(A)の時点で突然電流値が下がり、それと同時に電圧値が定格いっぱいの約 60V まで上昇していることが分かった。

これらのことから、転極器の接触部の抵抗値（通常は 0.1mΩ 以下）が約 90mΩ に増大、それによって 100kW 近くの発熱が生じたと推定される。その後、電極間の融着や短絡により電流値が変動したと推察される。

○過去 8 年間の出力電流・電圧の記録からは、発災時より前に当該転極器の抵抗値の変化は見られなかった。また、当該転極器と同時期に作られた同型の転極器を分解して確認したところ、銀の接触面に腐食は見られず、接触子を押し付けているばねの劣化もなかった。

これらのことから、長期的に進行する抵抗値の悪化はなかったと推察される。

以上 3 つの点から、回転電極のアーチ型導体が瞬間的に本来の位置から動いた結果、回転電極のアーチ型導体と接触子との間の接触抵抗が増大して発熱し、それにより周囲の樹脂が発火したと考えられる。

アーチ型導体が動いた原因は確定できないが、平常運転時を想定したシミュレーションから、アーチ型導体の熱膨張により円盤型絶縁体の特定の箇所に応力が集中することが分かった。当該転極器は 1980 年代より使用されており、通電と停止を繰り返すことで疲労によりその部分の強度が低下し、最終的に円盤型絶縁体が破損しアーチ型導体の位置が保持できなくなる可能性があることが示された。

これら一連の推移を図示すると図 1 4 のようになる。a. 正常な状態、b. 疲労により円盤型絶縁体が割れる、c. 円盤型絶縁体が破損してアーチ型導体の位置がずれる、d. アーチ型導体と接触子の間の接触抵抗が増大して発熱・発火に至る、のように推移したと推定される。

6. 対策

今回と同様の構造を持つ回転電極を用いた直流電源用転極器については、通電と停止を繰り返すことによって円盤型絶縁体が破損に至る可能性があることが示された。ハドロン実験施設にて運用してきた同型の転極器 12 台については、同様な事象が発生するおそれがあり、特殊な構造のため点検等により耐用性を確認することも困難である。当該電源及び転極をさせずに使用する 1 台については転極器を撤去し、それ以外の 11 台については今回焼損したものとは異なる方式（電磁接触器型）の転極器へ入れ替える。

今回焼損したものとは異なる方式の転極器については、定期的な点検により、健全性の確認を行う。

7. J-PARC 全体の対策

ハドロン実験施設において 6. に示した対策を行うことにより、今回焼損したものと同型の、特殊な構造のため点検等により耐用性を確認することが困難な転極器は J-PARC にはなくなる。

その他の電源装置を含む電気設備については、通常の定期点検等により劣化の兆候を発見することが可能であり、これまでに、劣化の兆候が見られないか、各部の損傷、腐食等を含む点検を行い、健全性を確認した。

電源装置には通電と停止を繰り返すことで疲労による強度低下の懸念がある個所として電流を流す導体板を固定する碍子等があるが、これらが破損に至ることが無いよう、劣化の兆候を発見するため、今後も同様の定期点検等を徹底する。

また、電源装置の周囲からできる限り可燃物を排除するなど、延焼の防止に継続して取り組む。

8. 環境への影響等

本事象に伴う放射性物質の漏えい、周辺環境への影響及び人的災害はなかった（図 1 5）。

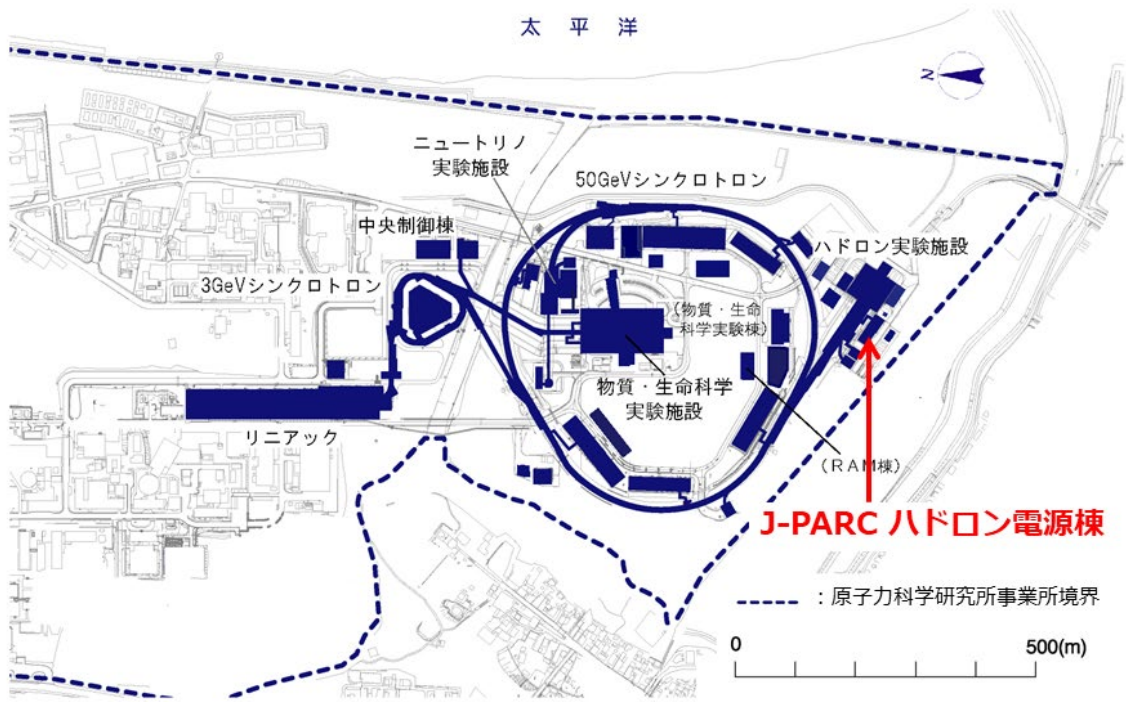


図2 J-PARC ハドロン電源棟の位置

J-PARC ハドロン電源棟2階

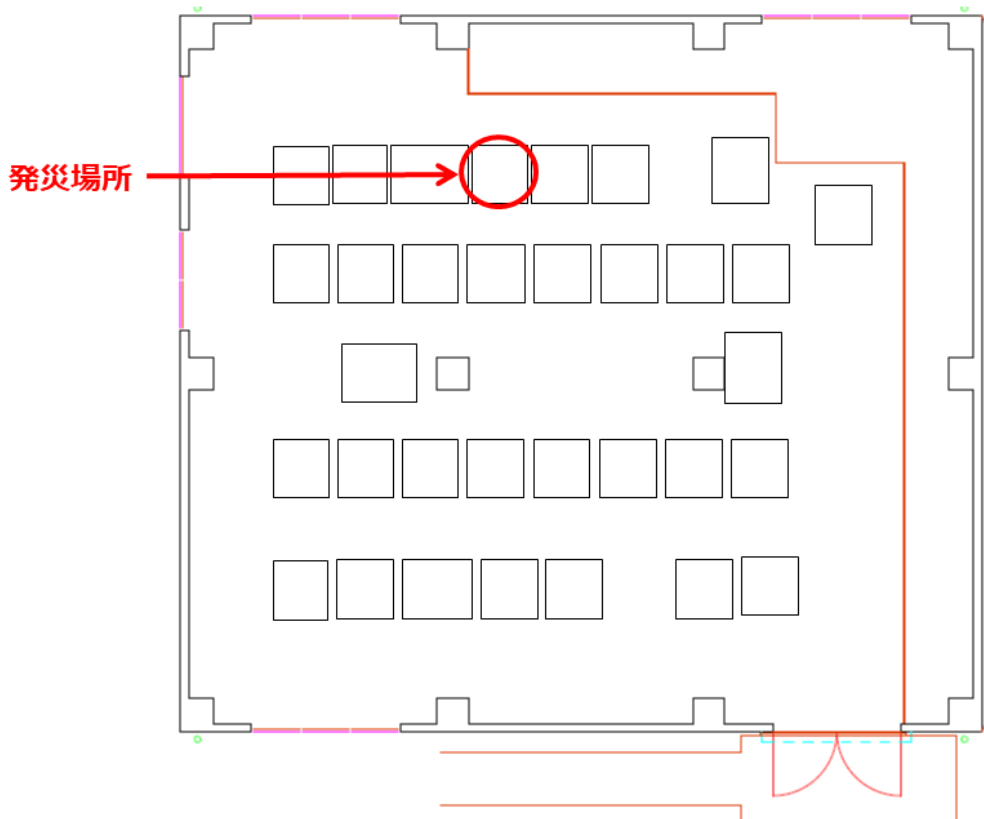


図3 ハドロン電源棟内の当該電源装置の設置位置



図4 当該電源装置の設置状況

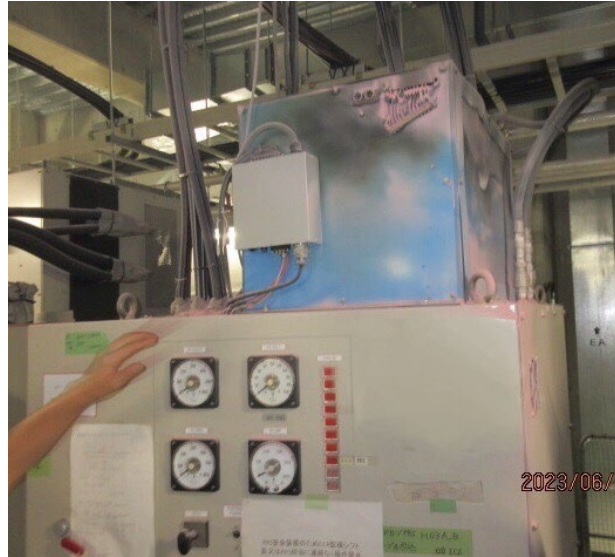


図 5 当該転極器の状況

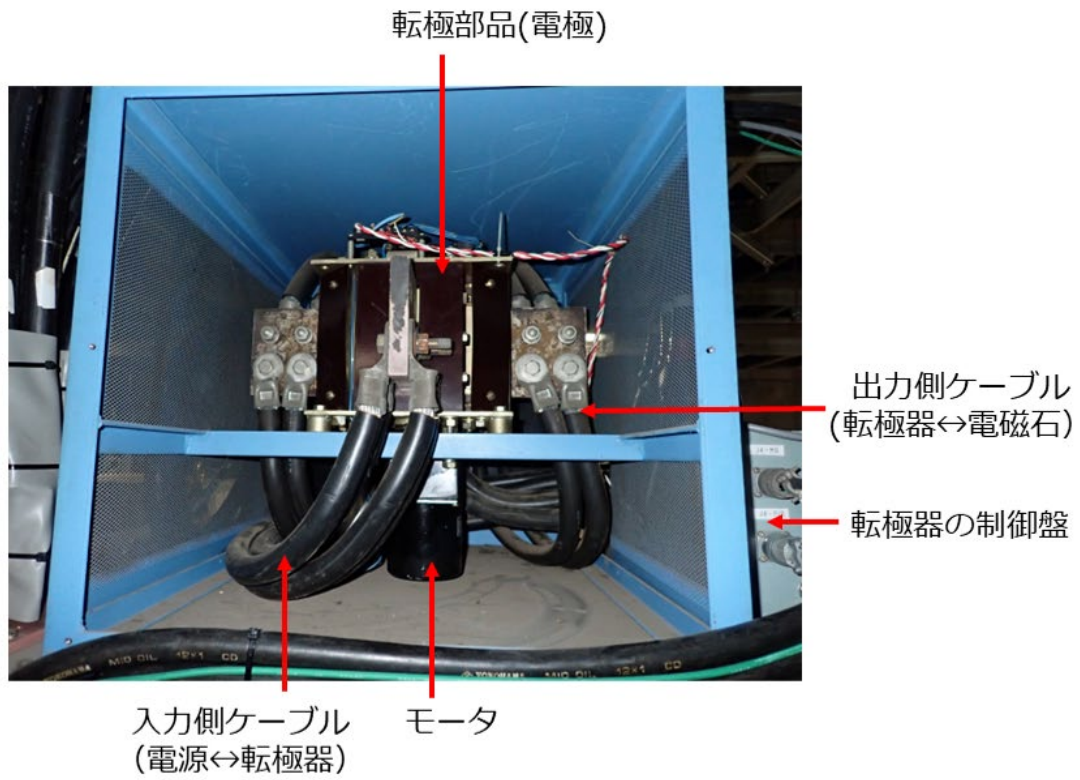


図6 類似の型の転極器 (横から見た写真)

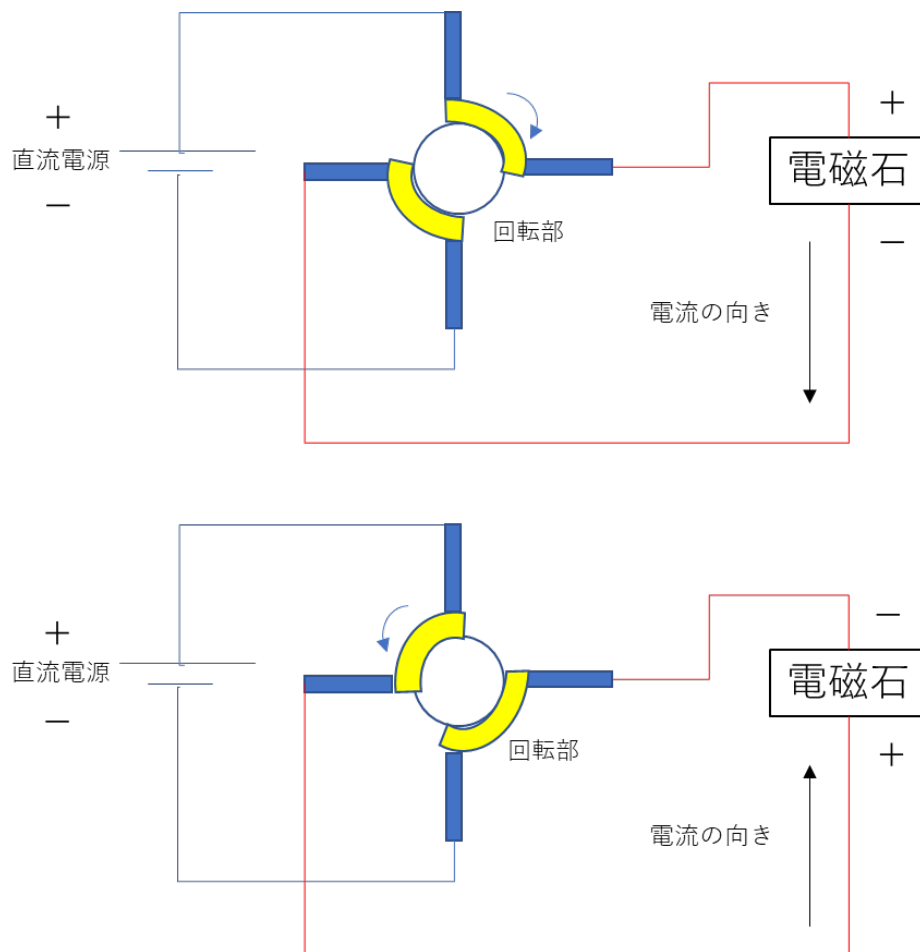


図7 転極器の仕組み (上から見た図)

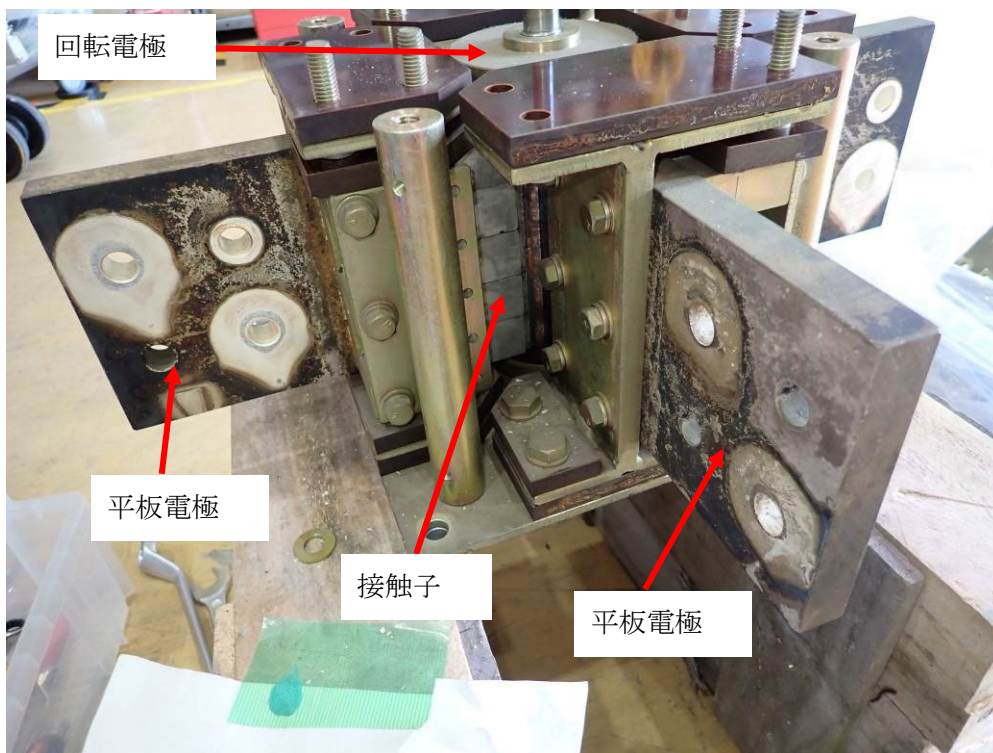
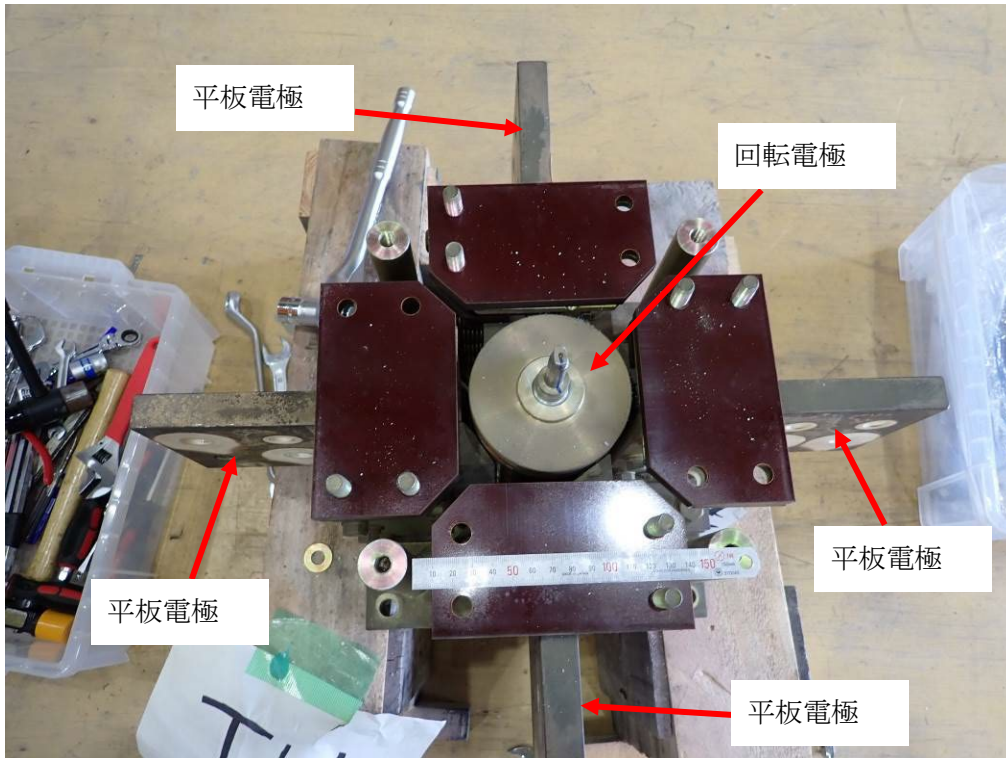


図8 同型の転極器の内部にある電極の上から見た写真（上）と横から見た写真（下）

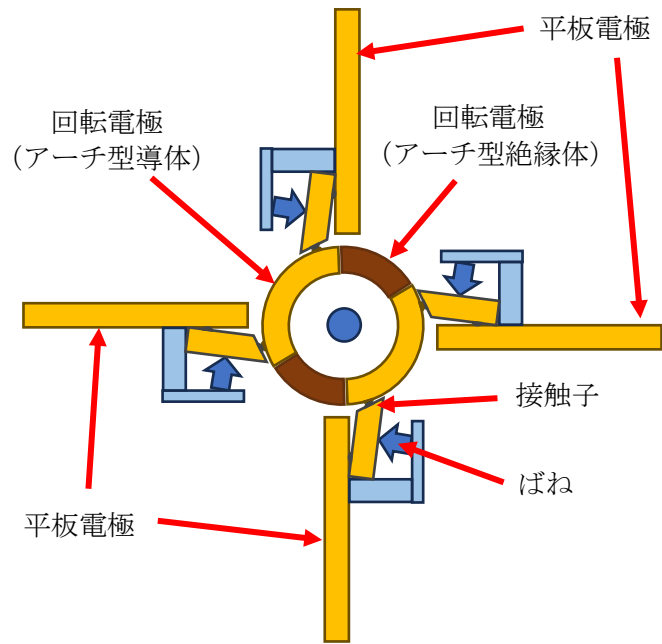


図 9 転極器内部の模式図 (上から見た図)

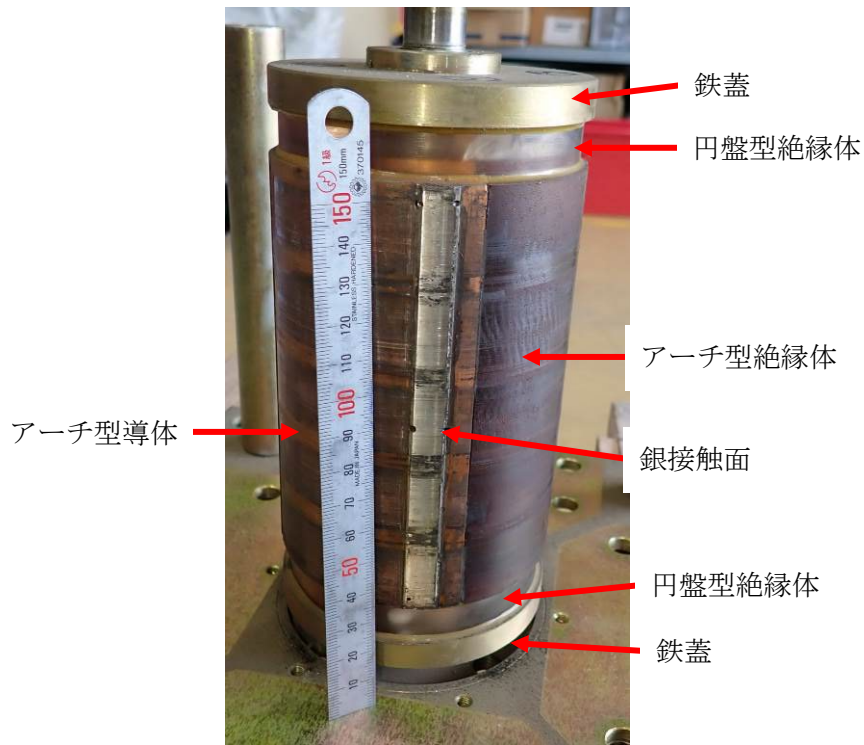


図 10 同型転極器の回転電極の写真

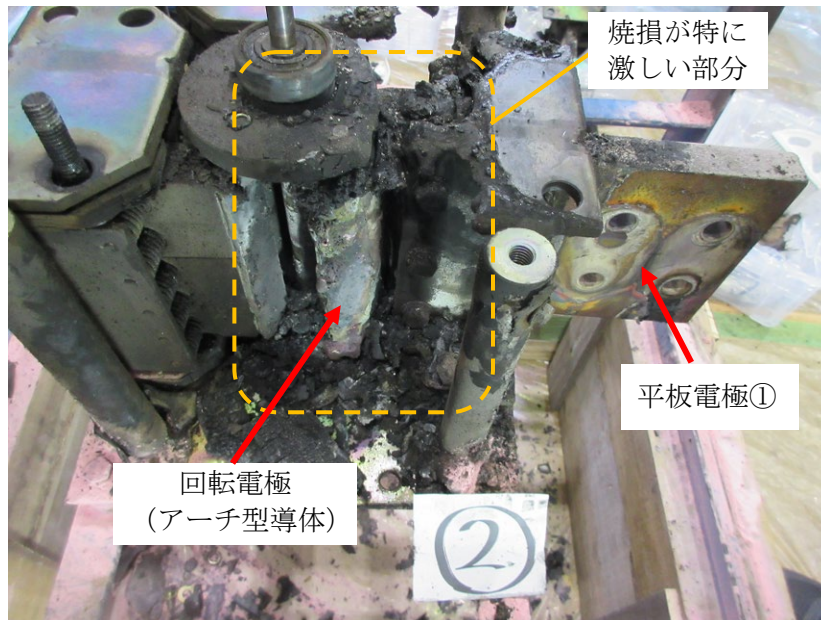
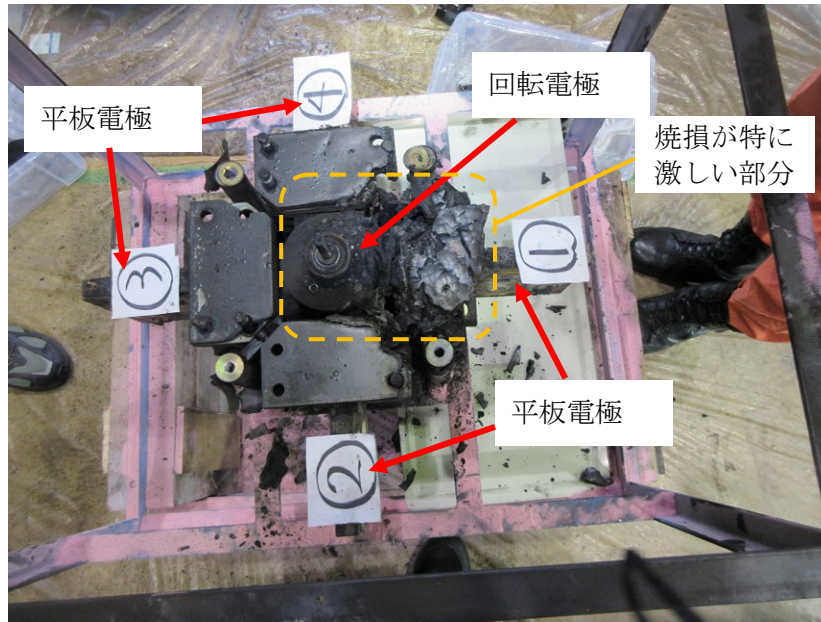


図 1 1 焼損した転極器内部の写真（下は平板電極②を取り外したところ）

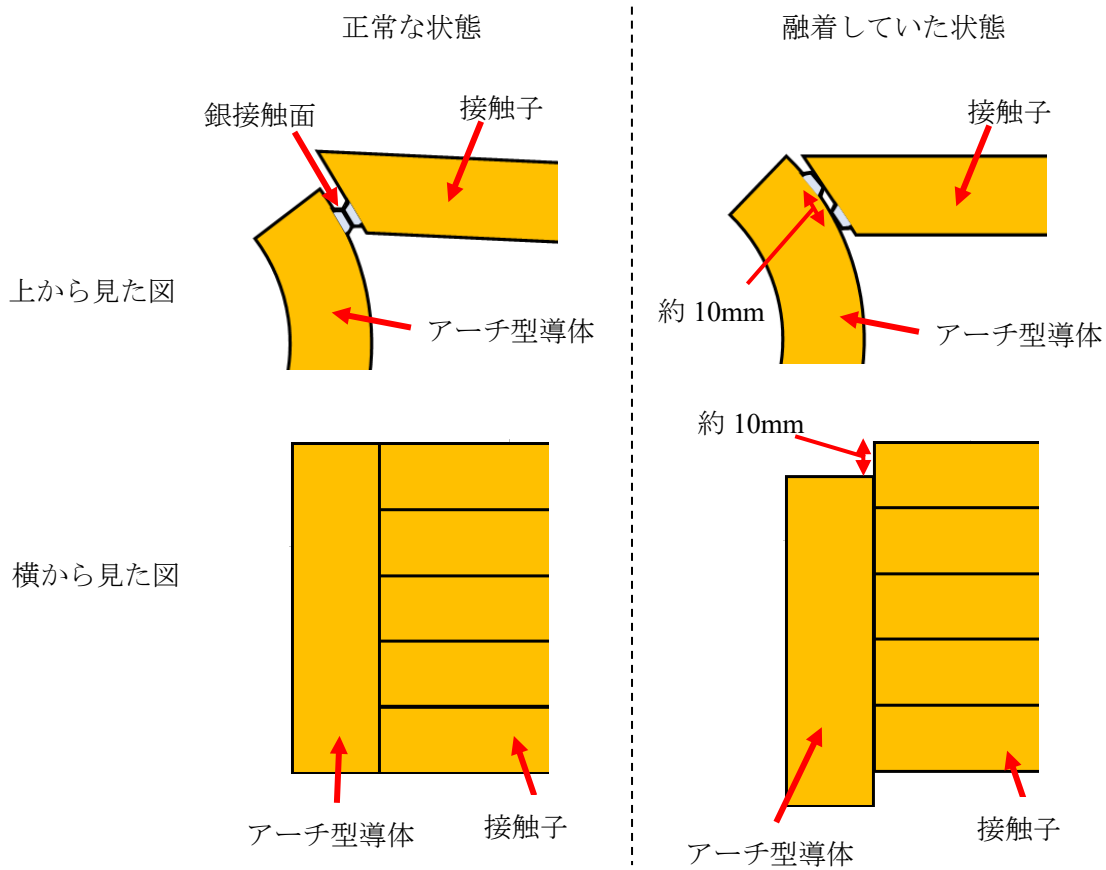


図 1 2 アーチ型導体と接触子とが融着していた状態の模式図

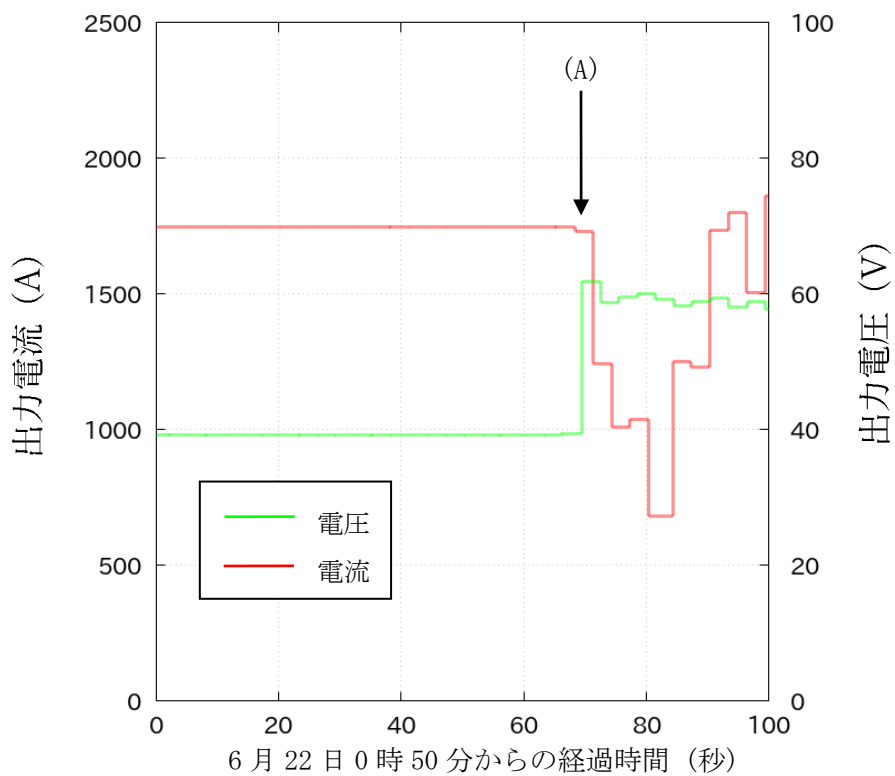


図 1 3 当該電源の出力電流と電圧

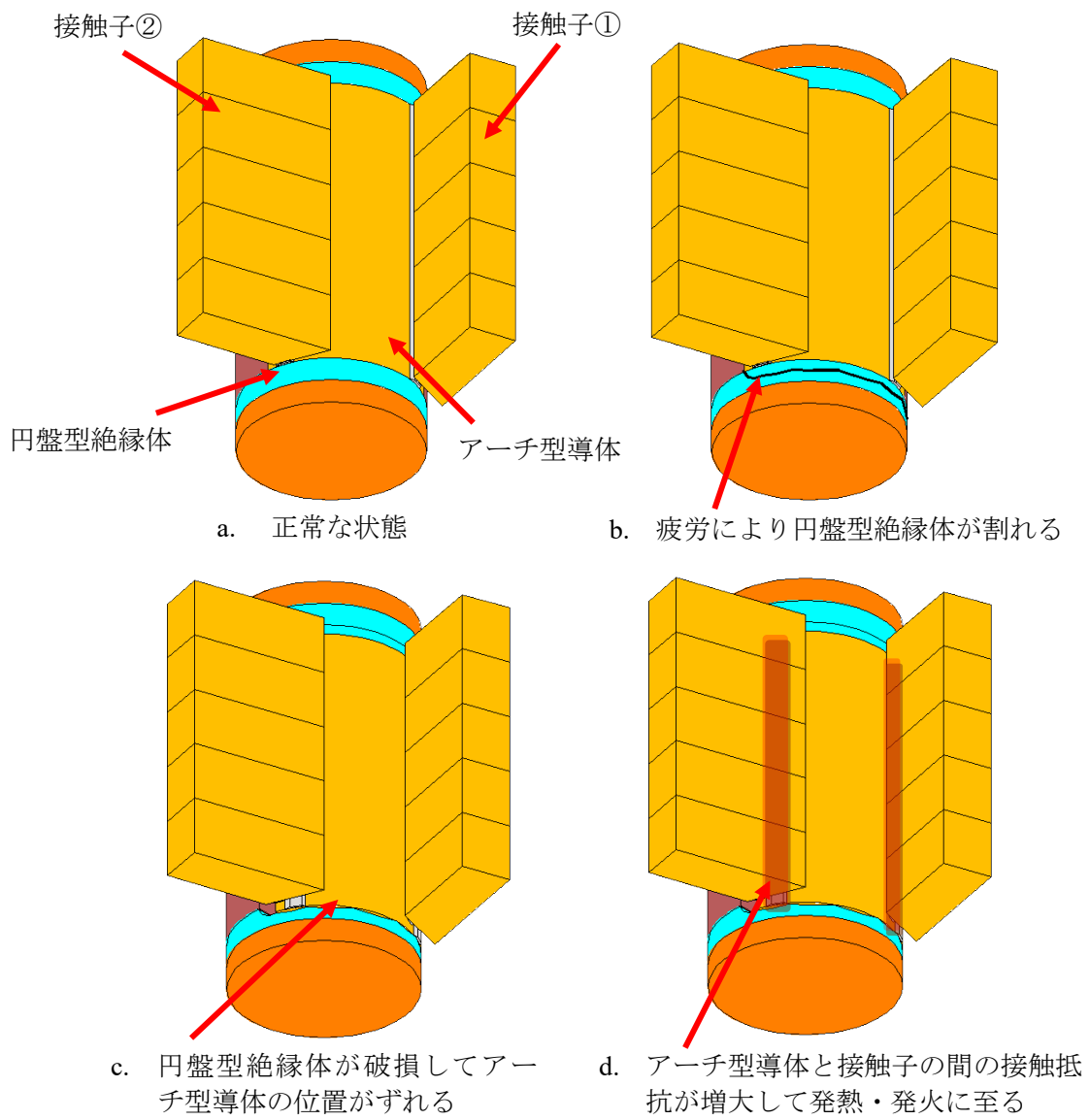


図 1 4 回転電極の発火に至るまでの状態推移 (推定)

モニタリングポスト 時系列グラフ

測定期間:
2023/06/21 24:00~2023/06/22 06:00

データ種別:
1分値

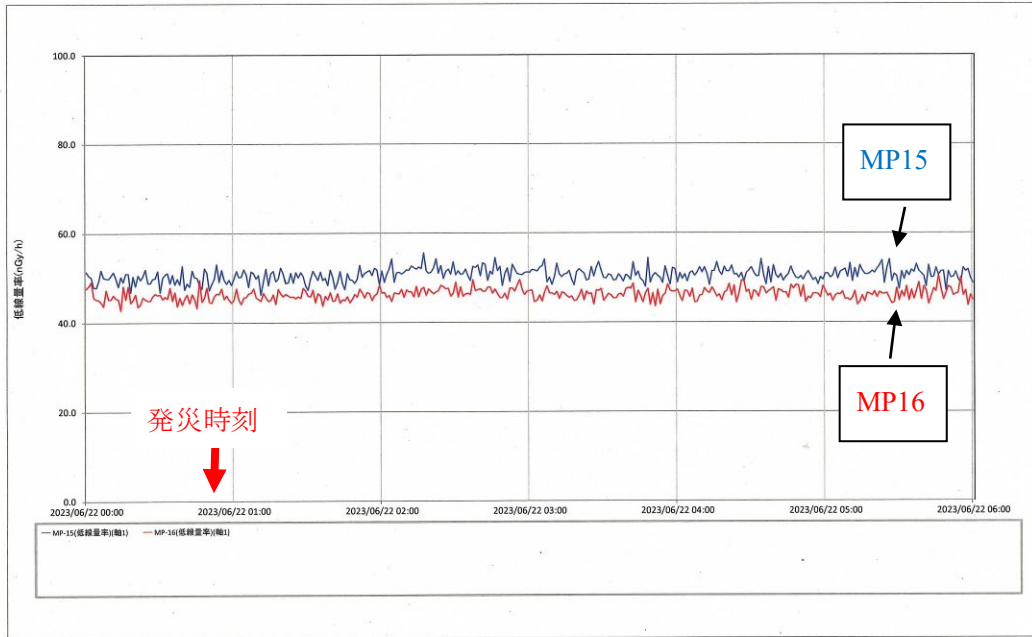


図 1 5 モニタリングポスト (図 1 の MP-15 と MP-16) の線量率の時系列グラフ