

J-PARC MR 第2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は、共同で大強度陽子加速器施設（J-PARC）を運営している（図1）。50GeV シンクロトロン（以下「MR」という。）加速器はKEKが所掌する施設で、3GeV シンクロトロン加速器からのエネルギー3GeVの陽子ビームを30GeVまで加速し、ニュートリノ実験施設及びハドロン実験施設に供給している。MRでは、令和3年度にビーム強度増強のために電源等の更新を行った。令和4年度には電源の通電試験および調整を行い、令和5年2月から運用を開始した。

2. 状況

（1）事象の概要

令和5年4月25日（火）17時09分、MR加速器の調整中に、J-PARC MR第2電源棟（一般施設）（図2）に設置している電磁石電源での異常「トランス温度高」が検知され、インターロックにより、同電源は自動停止した¹。

このため、KEKの担当職員1名がJ-PARC MR第2電源棟を確認したところ、17時15分頃、電源盤内のトランス（幅24cm×高さ24cm×奥行27cm）の下部に高さ数cm程度の炎を確認し、ABC粉末消火器を用いて初期消火を実施した。

同職員は17時23分に119番通報した。17時58分に公設消防は本事象を「火災」と判定し、同時刻に鎮火を確認した。

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）

| | |
|------------|-------------------------------------|
| 17時09分 | J-PARC MR第2電源棟の電磁石電源に異常が発生し、電源は自動停止 |
| 17時15分頃 | 職員1名が現場を確認したところ、電源盤内で炎を確認 |
| 17時15分頃 | 同職員が粉末消火器により初期消火開始 |
| 17時16分頃 | 初期消火完了 |
| 17時16～23分頃 | 延焼の有無を確認（延焼なし）、電話で応援要請 |
| 17時23分 | 同職員が119番通報 |
| 17時45分 | 公設消防現場到着 |
| 17時58分 | 公設消防により火災と判定、鎮火を確認 |

¹本事象は、MR加速器のビーム停止中に発生した。事象発生以降、当該施設の運転は停止しており、施設の安全は担保されている。なお、仮に同様の事象がビーム運転中に発生しても、インターロックシステムによりビーム運転は安全に停止される。

3. 電磁石電源の概要

当該電源は加速器トンネル内の電磁石（QDN）を励磁するためのもので、ピーク電圧±7kV、ピーク電流 800A を供給する（図 3 に設置位置を、図 4 と図 5 に設置状況を示す。）。

図 6 に QDN 電源の回路図（概略図）を示す。この電源は、ビーム強度増強のために新規に設計製作された。立ち上げ時にコンデンサーにエネルギーを供給するための初充電回路が電源主回路のチョッパ回路に接続されており、これにより、電源起動時に発生する電力変動を緩和する。今回発火したトランスは、この初充電回路に用いられていたものである。同型の電源は、J-PARC では当該電源を含む MR の 2 台のみである。

4. 施設への影響

今回の火災では、炎を現場で確認し粉末消火器で消火を行った。焼損部は電源盤内のトランスのみで、隣接する装置と施設への延焼はなかった（図 5 と図 7）。

5. 火災発生原因

令和 5 年 4 月 26 日に公設消防の立会いのもと、現場で焼損したトランスを取り外し、焼損状況を目視で調査した。トランスの本体の 2 次側の表面が焼損しており、1 次側の表面には焼損は認められなかった（図 7）。当該トランス以外に焼損している箇所はなかった。

令和 5 年 4 月 28 日に東海消防署において、消防職員、電源メーカー社員、KEK 担当職員の三者で当該トランスと健全な同型トランスを部品毎に解体比較しながら、焼損箇所の特定と発火原因の調査を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 2 次巻線と静電シールド 2 の間の絶縁材料の焼損が激しい（図 6 と図 8）。
- ・ その他の部品（コイル等）は健全であった。

以上のことから、2 次巻線と静電シールド 2 の間の絶縁が劣化し、短絡に至ったことが火災発生の直接的な原因と推定される。

当該トランスは、特別仕様の特注品で、電源の製作を受注した業者が仕様を定めたものである。その際に、トランスの絶縁設計に対して、チョッパ回路から回り込む高周波ノイズ（図 6）の影響が十分に考慮されていなかった。2 次巻線と静電シールド 2 の間には、使用定格の周波数と電圧に対して必要な絶縁が取られていたが、高周波ノイズによるコロナ放電に対する配慮が十分ではなかった。そのため、構造的に 2 次巻線と静電シールド 2 の間の電界が集中する箇所（焼損の激しかった箇所）でコロナ放電による絶縁劣化が徐々に進行し、使用開始後約 1 年で火花放電に至り、絶縁材料に着火して焼損したものと推定される。

6. 対策

トランスの絶縁設計についてあらためて検討した結果、当該電源の使用環境下では、高周波ノイズの電圧が高く、トランスに対して長期的に有効なコロナ放電対策を実現するのは困難であるとの結論に至った。そのため、トランスを使用しない初充電方式へ変更することとする。

この方式では、図 9 に示すように、コンバータに繋がる主系統と並列に初充電のためのバイパス回路を追加する。バイパス回路には、抵抗、ヒューズ、電流検出器（CT）を直列に配置する。電源起動時は、まず、主系統の電磁開閉器（CTT）を閉じる前に、このバイパス回路を経由して初

充電を行う。その際、バイパス回路を流れる電流を、直列接続した抵抗で制限する。初充電完了後、主系統のCTTを閉じて電力供給を行う。主系統が接続されると、主系統とバイパス回路の抵抗比で電流は分流され、バイパス回路を流れる電流は、高周波ノイズを含め主系統の1万分の1以下に抑えられる。従って高周波ノイズでバイパス回路が破損するリスクはない。

初充電方式の変更作業完了後、運用開始前に通電試験を実施して、バイパス回路を含む電源全体の健全動作、安全性を確認する。

当該電源と同型の別の1台の電源に対しても、本対策を施す。

今後は、以上の技術的対策に加え、本火災の教訓を踏まえて、チョッパ回路を有する大電力容量の電源を設計製作するにあたり、チョッパ回路にトランスを接続する回路構成とする場合には、トランスに高周波ノイズが印加されうることを考慮して、絶縁対策が行われていることを受注者・発注者双方で確認することとする。また、それ以外の装置、設備等の設計製作についても、外注する場合は、火災の可能性の排除をはじめとした安全性の確保について受注者・発注者双方で確認する。

7. 当該電源以外の電源の安全性

J-PARC全体で、当該電源と類似の回路構成を持つ電源（チョッパ回路からの高周波ノイズに晒されているトランスを含む電源）について調査を実施した。各施設での台数と高周波ノイズに対する対策を表1に示す。いずれの電源も安全性に問題がないことを確認した。

表1：J-PARC各施設の類似回路構成を持つ電源の台数と高周波ノイズ対策

| 施設 | 台数 | 対策 |
|-----------------|----------------------|------------------------------------|
| リニアック施設 | 0台 | - |
| 3 GeV シンクロトロン施設 | 15台 | 高周波ノイズを想定したトランスを使用 コロナ放電対策実施 |
| MR 施設 | 29台 (当該同型電源2台は除く) | 高周波ノイズを想定したトランスを使用 高周波ノイズ抑制回路設置 |
| 物質・生命科学実験施設 | 1台 | 高周波ノイズを想定したトランスを使用 |
| ハドロン実験施設 | 4台 | 高周波ノイズを想定したトランスを使用 コロナ放電対策実施 |
| ニュートリノ実験施設 | 13台 | 高周波ノイズを想定したトランスを使用 高周波ノイズ抑制回路設置 |

8. 環境への影響等

本事象に伴う放射性物質の漏えい（図10）、周辺環境への影響および人的災害はなかった。

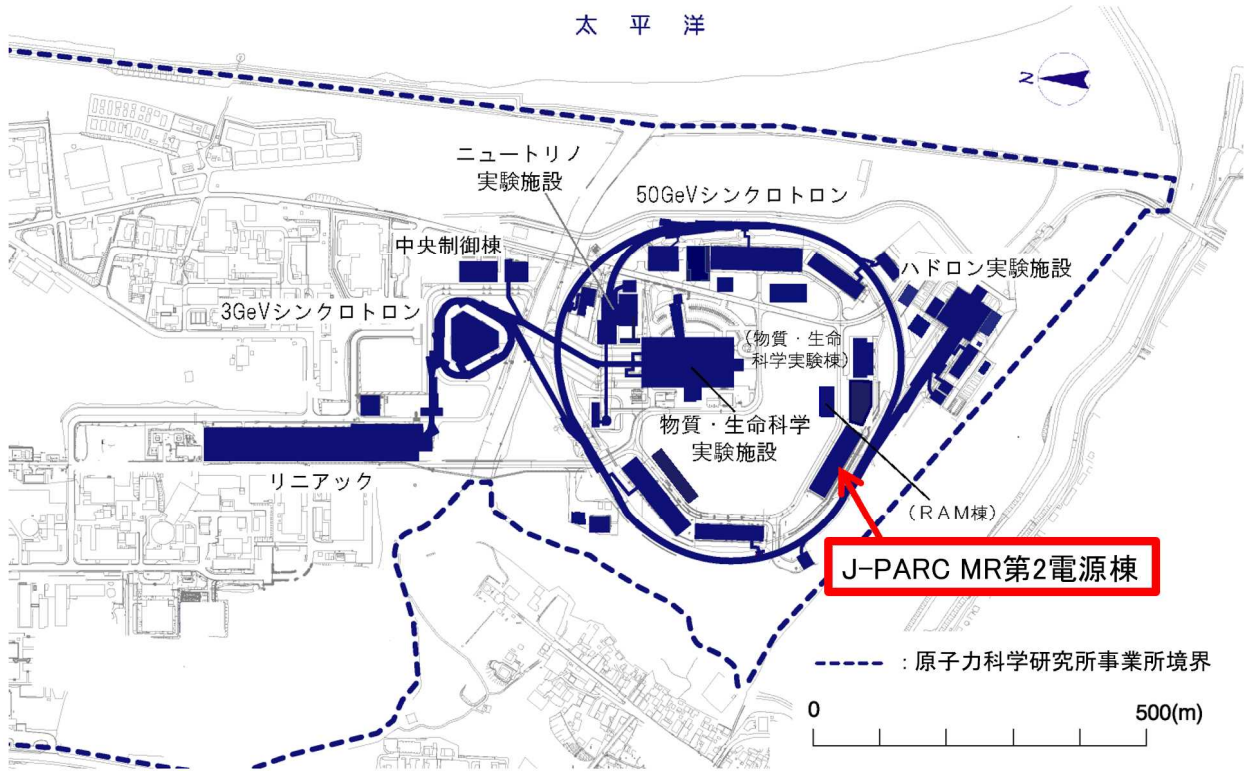


図2 J-PARC MR 第2 電源棟の位置

MR第2電源棟

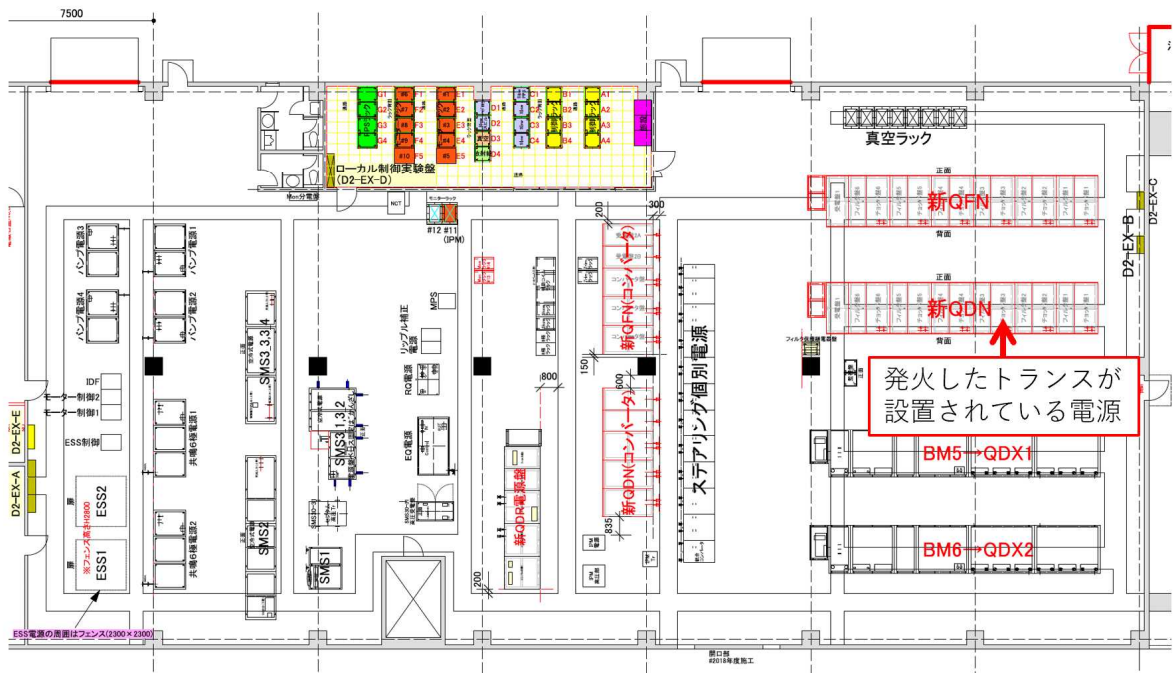


図3 MR 第2 電源棟内の QDN 電磁石電源の設置位置



図4 QDN 電磁石電源の設置状況（幅 13.3m×高さ 2.7m×奥行 2.4 m）

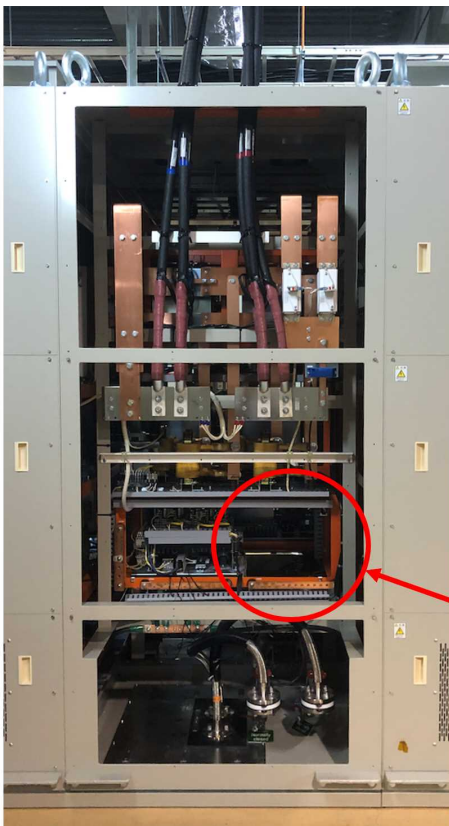
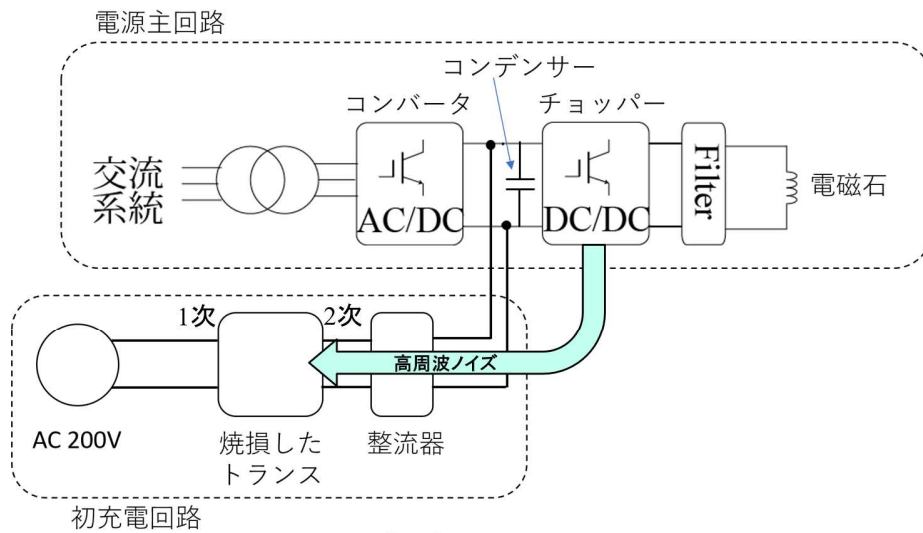


図5 電源盤内のトランスの設置場所



<トランス部拡大図>

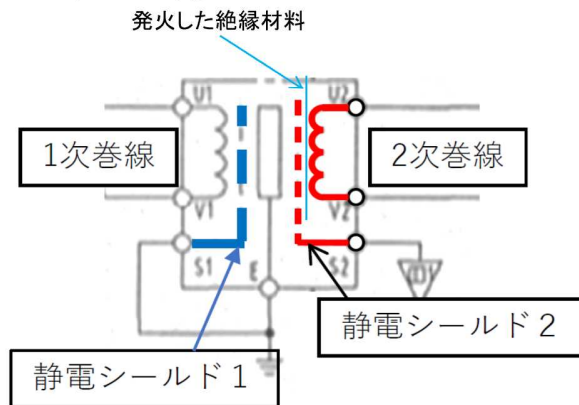


図6 QDN 電源回路図 (概略図)

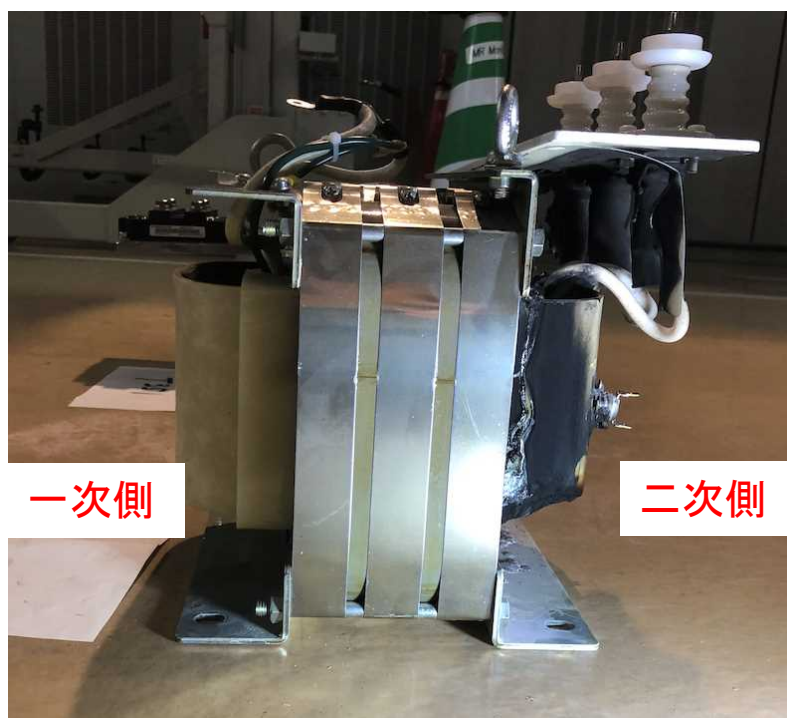


図7 焼損したトランス (幅24cm×高さ24cm×奥行27cm) を電源盤から取り出した状態

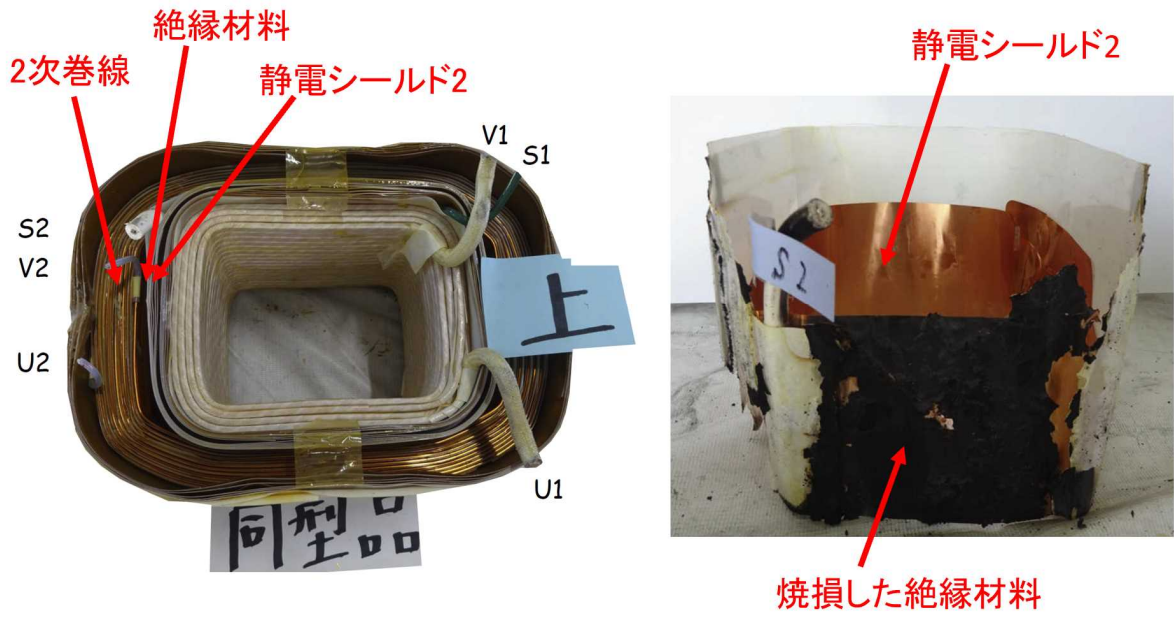


図8 (左) トランス (同型品) の内部、(右) 焼損した絶縁材料

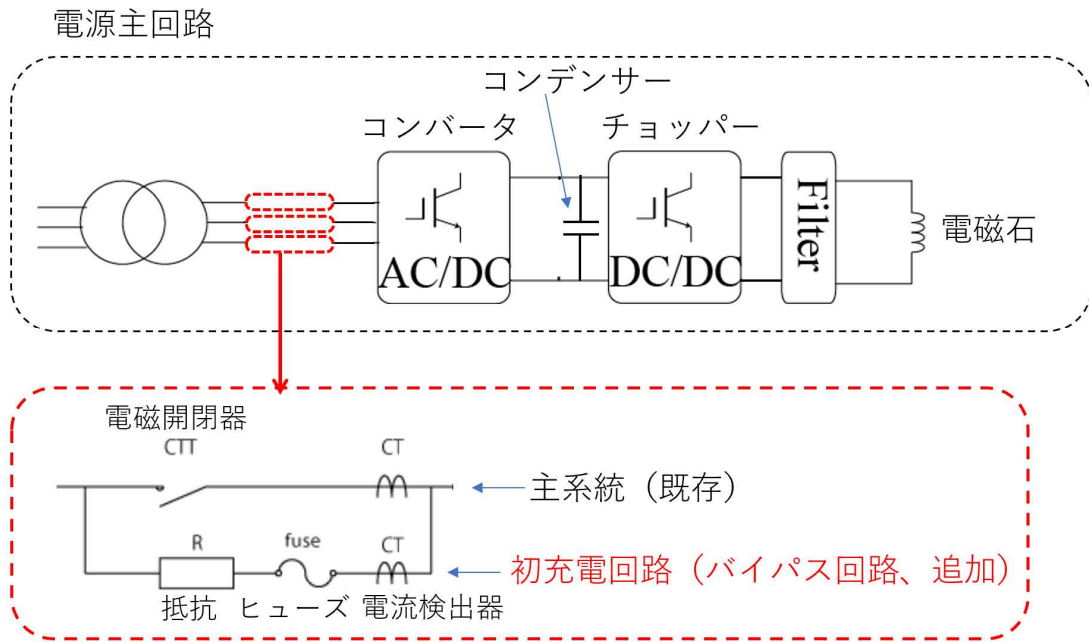


図9 対策後のQDN電源回路図 (概略図)

測定期間:
2023/04/25 12:20~2023/04/25 18:20

データ種別:
1分値

作成日時:
2023/04/25 18:23

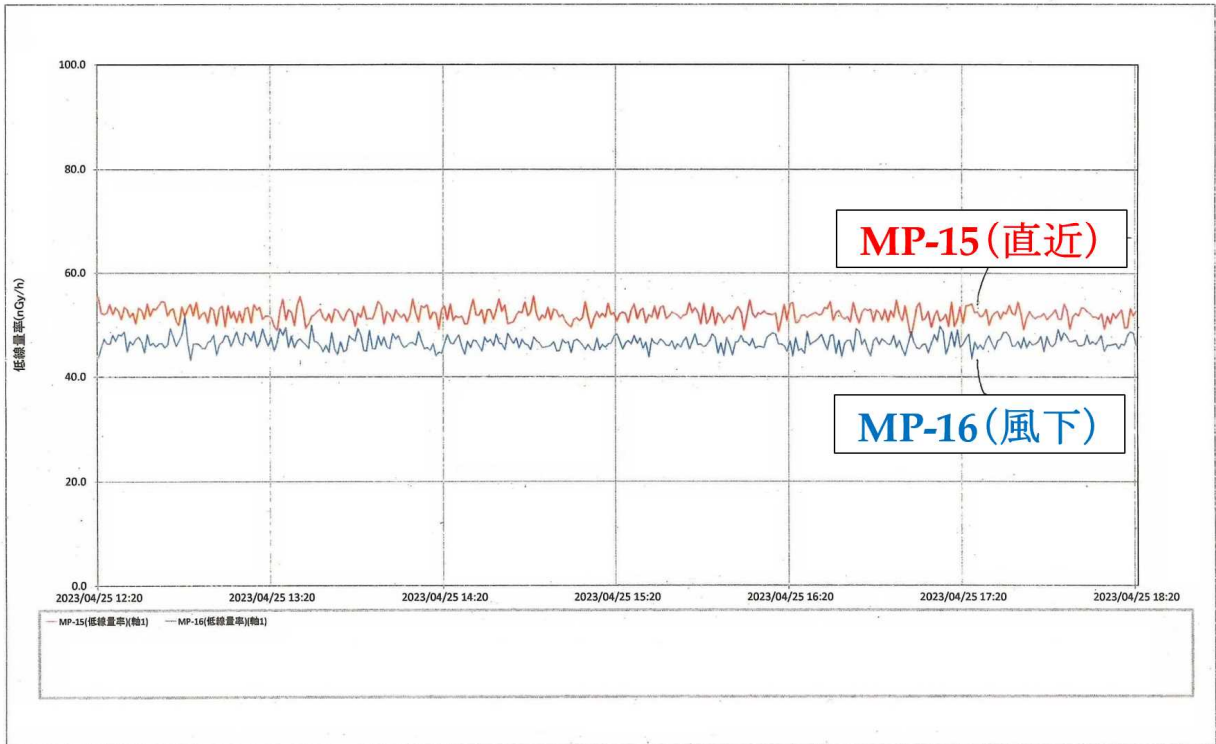


図 10 モニタリングポスト (図 1 の MP-15 と MP-16) の線量率の時系列グラフ