

MRI 装置からの出火事例について

札幌市消防局予防部予防課火災調査係

1 はじめに

本火災は、耐火造地下1階地上4階建て病院の1階検査室内に設置された、検査実施中のMRI装置から出火した事例である。

2 火災の概要

- (1) 出火日時 令和5年6月 15時25分頃
- (2) 覚知日時 令和5年6月 15時41分
- (3) 鎮火日時 令和5年6月 16時48分
- (4) 火災種別 建物火災
- (5) 気象状況 天候：曇り 気温：20℃
相対湿度：64% 風向：南東
風速：4 m/s
注意報・警報等：なし
- (6) 損害状況 MRI装置焼損

3 出火時の状況

(1) 発見状況

エックス線技師は、患者のMRI検査を実施するため、MRI装置稼働中に操作室にて操作補助をしていたところ、MRI検査室内で突然「パン」という音が鳴るとともに、パソコンが動かなくなったことから、MRI検査室内を確認したところ、MRI装置前面から煙と炎が立ち上がるのを発見したため、患者を避難させたものである。

(2) 通報状況

病院職員は、1階廊下にいたところ、病院関係者から119番通報を依頼され、病院の加入電話で119番通報したものである。

(3) 初期消火状況

発見者及び通報者が協力して、プラスチック容器に水道水をくみ、3、4回掛け、その後、粉末消火器にて初期消火したものである。

4 消防隊の活動状況

現場到着時、建物外観上火災現象はなく、発見者及び通報者により既に初期消火済みであったため、消防隊による放水は行われていない。

5 現場見分の状況

(1) MRI検査室及びMRI装置の状況

焼けはMRI装置に限られ、MRI装置の前面上部は、右側には薄くすすが付着、左側は濃くすすが付着している。寝台前面は、右側で地色を残し、中央付近から左側に向かうほど黒く変色が認められる。また、MRI装置内部、右側面前側は薄くすすが付着、左側面はより濃くすすが付着し、寝台際から上部に向かい黒く変色が認められる。(写真1参照)



【写真1 MRI装置の状況】



【写真3 寝台下面前側の状況】

(2) MRI装置内部及びカバー裏面の状況

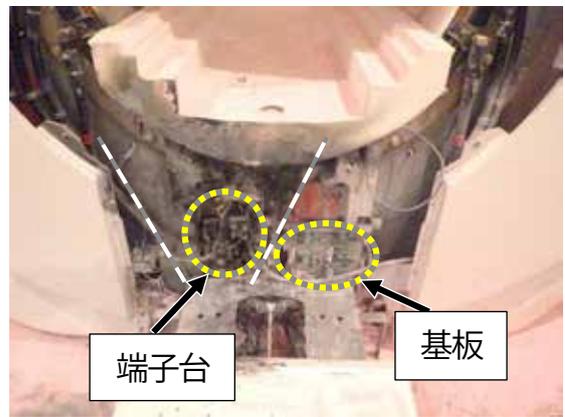
MRI装置前面のカバー裏面を見ると右側は、おおよそ寝台の高さから黒く変色し、左側は下端から広範囲により濃い黒色に変色しているのが認められる。(写真2参照)



【写真2 カバー裏面の状況】

MRI装置前面のカバーを取外した内部右側は、薄くすすが付着しているのに対し、左側はより濃くすすが付着し、黒く変色が認められる。

寝台下面前側は、右側にすすが付着しているのに対し、左側は黒い変色及び樹脂類等の一部溶融が認められる。寝台下方は、右側の基板に焼損は認められないが、端子台の下方を起点に、扇状に金属部が黒く変色し、同範囲にかかる配線被覆等の炭化が認められる。(写真3及び4参照)



【写真4 寝台下方の状況】

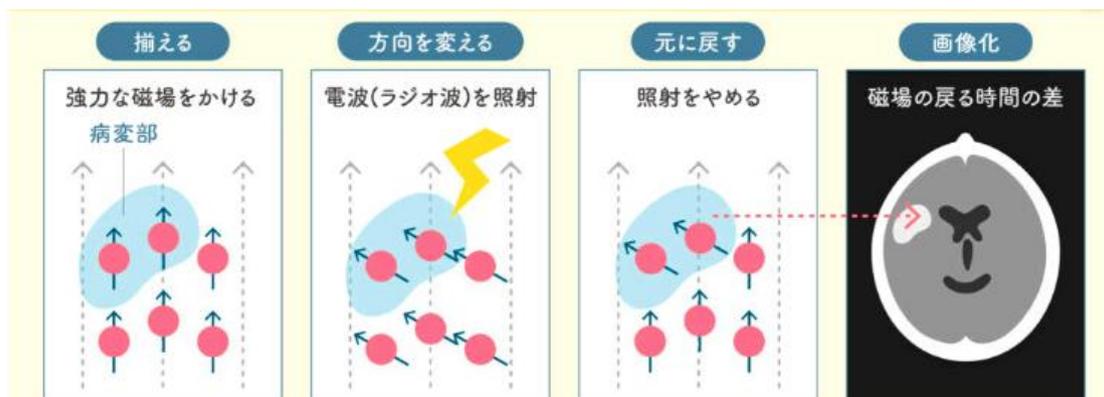
6 製品情報

(1) 概要

ア 製造会社	株式会社A社製 MRI装置
イ 及び製品名	
イ 製造国	日本
ウ 製造年	2020年
エ 使用期間	約3年1カ月

(2) 仕様

ア 定格電圧	三相交流400V
イ 周波数	50Hz / 60Hz
ウ 消費電力	90kVA
エ 寸法	幅2,400mm 高さ2,320mm 奥行3,005mm
オ 重量	8,100kg



【図1 MRI検査時の陽子のイメージ図（平成横浜病院HP引用）】

(3) 特徴

MRI装置は非常に強力な磁力を持った巨大なコイルが内蔵されており、撮影時には磁石の中にある「傾斜磁場」と呼ばれる特殊なコイルに電流を流して磁場を発生させることで撮影する。

(4) 仕組み

人体中どこでも分布している水素の原子核の磁気を利用しており、MRI装置に人が入ると、強力な磁場の影響で、バラバラの向きであった陽子が一齐に同じ方向を向き、向きが揃ったところで検査開始となる。特定の周波数の電波を体に照射すると、陽子の方向は横に傾き、照射をやめると元の方向に戻る。向きの戻る時間は、水、脂肪、がん細胞などの組織ごとによって異なり、この戻る時間の差を画像化している。（図1参照）

(5) 傾斜磁場

MRI画像に位置情報を与える傾斜磁場を生成するために、傾斜磁場電源から最大600Aの電流を出力し、傾斜磁場ケーブル（以下「ケーブル」という。）を経由し、傾斜磁場コイル端子台（以下「端子台」という。）に接続される。傾斜磁場コイルに電流が入力されることで、コイル内部に磁場が発生する。（図2参照）



【図2 傾斜磁場電源から傾斜磁場コイル各端子台への接続図（株式会社A社から提供）】

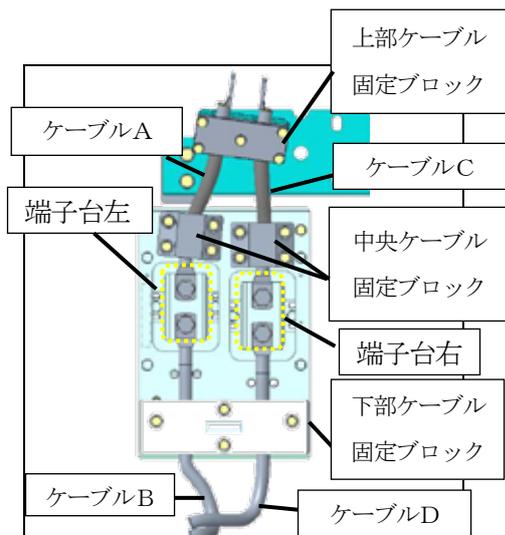
(6) 傾斜磁場電源からの出力値

- ア 最大電圧 交流1,925V
 - イ 最大電流 600A
 - ウ 最大電力 52kVA
- ※ 出力は撮像条件によって大きく変動する。

7 鑑識見分（場所：病院及び札幌市消防局地下2階鑑識室）

MRI装置は、前面のみ焼損し、焼損の著しい前面下部は、端子台下方を起点に扇状に黒く変色していることから、以下端子台を子細に見分する。

端子台には、ケーブルが上下で接続されている。端子台左に接続されている上方のケーブルを「ケーブルA」下方を「ケーブルB」とし、右側上方のケーブルを「ケーブルC」下方を「ケーブルD」とする。また、ケーブルを固定しているブロック3つを上から「上部ケーブル固定ブロック」、「中央ケーブル固定ブロック」、「下部ケーブル固定ブロック」として見分する。（図3参照）



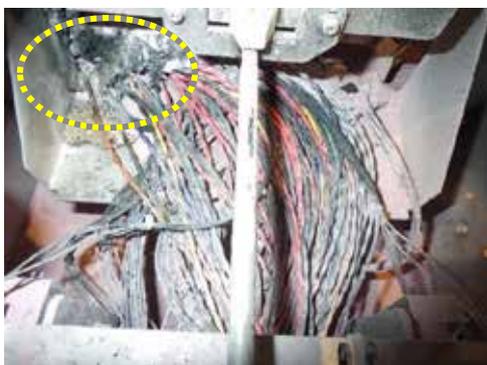
【図3 端子台の接続図（株式会社A社から提供）】

(1) MRI装置前面下方

金属フレーム内の配線は、左端の一部で被覆が熔融し、素線が露出しているが、断線及び熔融痕は認められない。（写真5及び6参照）



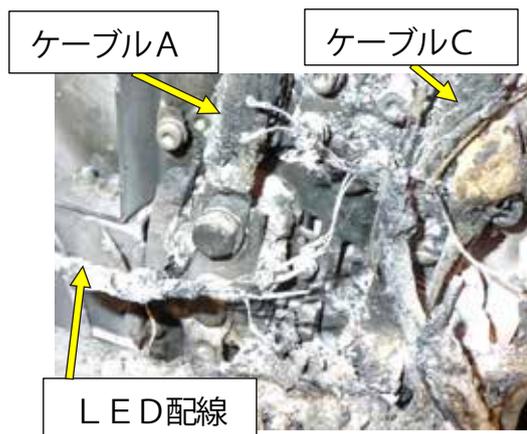
【写真5 金属フレーム周囲の状況】



【写真6 配線の状況】

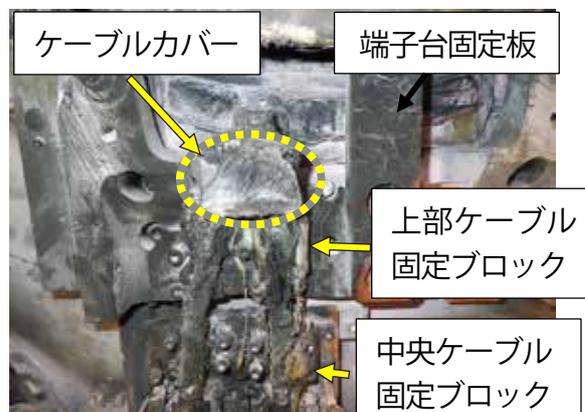
(2) ケーブル周囲

ア ケーブルA、右上前方のLED用配線の被覆及び4本の配線を結合するカップラーが焼失、2本の端子が離脱しているが、配線に断線及び熔融痕は認められない。また、同配線は左側に向かうほど残存して認められる。（写真7参照）

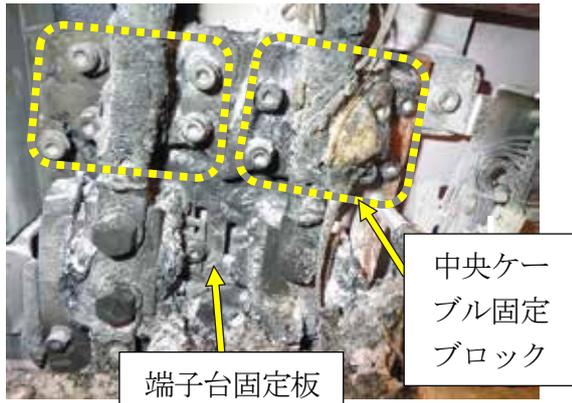


【写真7 端子台周囲の状況】

イ 上部及び中央ケーブル固定ブロックのいずれも右側は一部残存しているのに対し、左側はほぼ焼失しているのが認められる。また、下方の端子台固定板の右側は一部地色を残しているのに対し、左側は全て黒く変色しているのが認められる。さらに、上部ケーブル固定ブロックを保護するケーブルカバーの上部は一部残存しているのに対して、下部は焼失しているのが認められる。（写真8及び9参照）



【写真8 端子台周囲の状況】



【写真9 端子台周囲の状況】

ウ 端子台固定部各ボルトの規定トルク値は10Nであり、ケーブルの各ボルトは規定トルクで締め付けられている。(写真10及び11参照)



【写真10 端子台ボルトの状況】

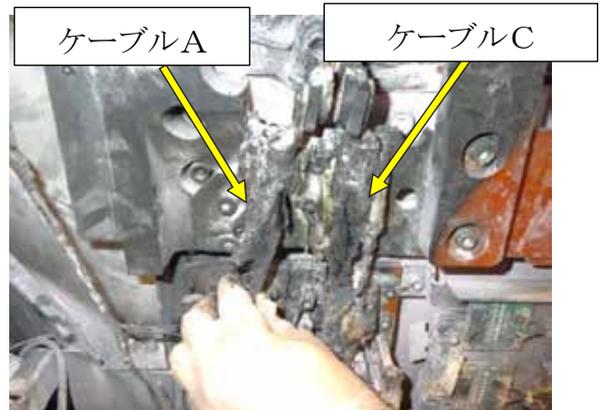


【写真11 ボルトのトルク値状況】

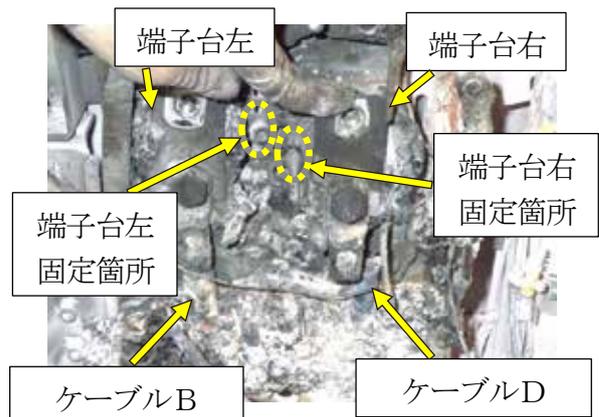
エ 端子台左及び端子台右とケーブルA及びケーブルCを接続している2本のボルトをそれぞれ離脱して接続部を確認したところ、それぞれの接触部に荒れは認められない。端子台左はボルトにより固定されているのに対し、端子台右は固定箇所にはボルトは確認できず、

固定されていない状態である。(写真12及び13参照)

オ ケーブルBは被覆の溶融にとどまっているのに対し、ケーブルDは、圧着端子部下端から断線しており、圧着端子及びケーブルの左



【写真12 ケーブルの状況】



【写真13 端子台周囲の状況】



【写真14 ケーブルDの状況】

側上部がえぐれるように焼失しているのが認められる。また、下部ケーブル固定ブロックより下方は、一部溶融物が付着しているものの、焼けは認められない。(写真13～15参照)

下部ケーブル固定ブロック



【写真15 下部ケーブル固定ブロック下方の状況】

カ 端子台右を取外したところ、端子台裏面及び端子台が取り付けられていた箇所は、地色を残しているのが認められる。(写真16参照)

(3) 端子台固定板

ア 端子台固定板は、大きさの異なる2枚のベークライト板を重ねることによって構成されており、表側の板を「固定板1」、裏側の板を「固定板2」とする。(写真17～19参照)

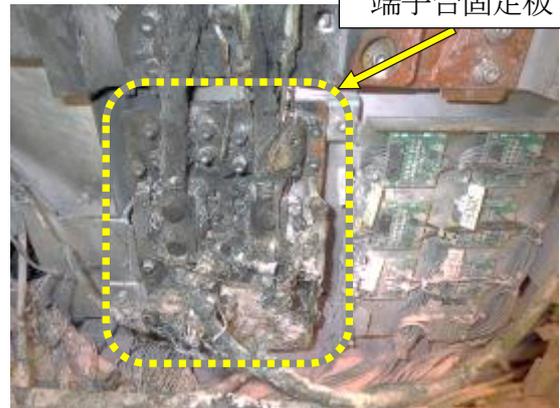
イ 端子台固定板を取り外して確認すると、固定板1は、下部ケーブル固定ブロック左側上端を起点として右側上部に向かい半扇状に溶融し黒く変色しているのが認められる。固定板2裏面は左端が炭化し、下端では一部欠損、アルミプレートも左端が黒く変色しているのが認められる。中央から右側にはアルミプ

端子台右裏面



【写真16 端子台周囲の状況】

端子台固定板



【写真17 端子台固定板の状況】

固定板2

上

固定板1

上

固定板2

左

右

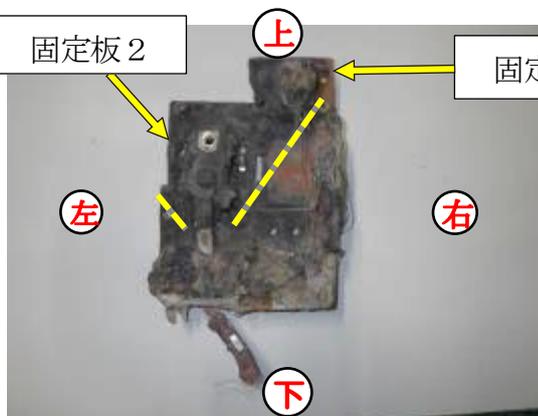
右

左

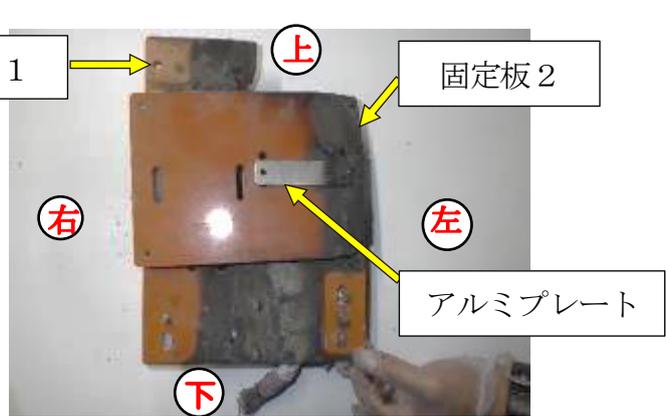
下

下

アルミプレート



【写真18 端子台固定板表面の状況】

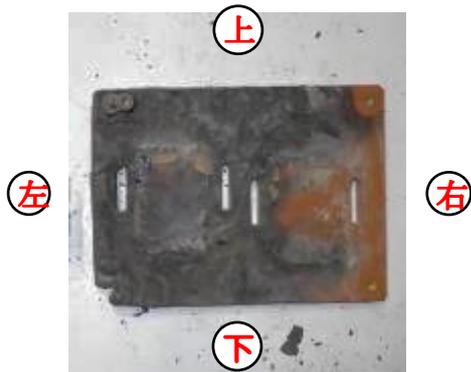


【写真19 端子台固定板裏面の状況】

レートは認められない。(写真21及び22参照)
 ウ 固定板2表面は、右端及び端子台右取り付け位置が地色を残しているが、左側に向かうほど炭化している。固定板2裏面はアルミプレートを取り外すと、中央やや左側から左端に向かい黒く変色し、下側で炭化、下端で一部欠損しているのが認められる。(写真20及び21参照)



【写真22 表面の状況】



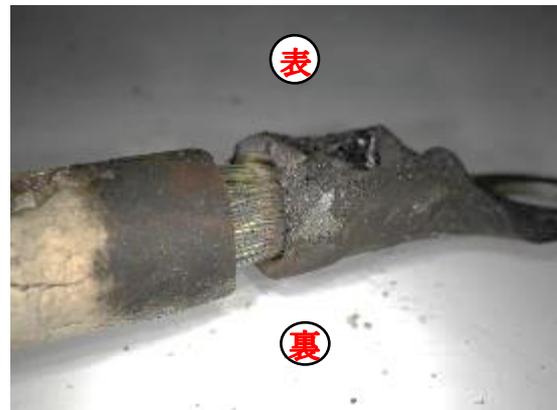
【写真20 固定板2表面の状況】



【写真23 裏面の状況】



【写真21 固定板2裏面の状況】



【写真24 素線の状況】

(4) ケーブル

ア ケーブルB

圧着端子接触部表面及び裏面に荒れは認められない。(写真22及び23参照)

圧着端子下方の素線に断線及び溶融痕は認められない。(写真24参照)

イ ケーブルD

圧着端子接触部表面及び裏面に荒れは認め

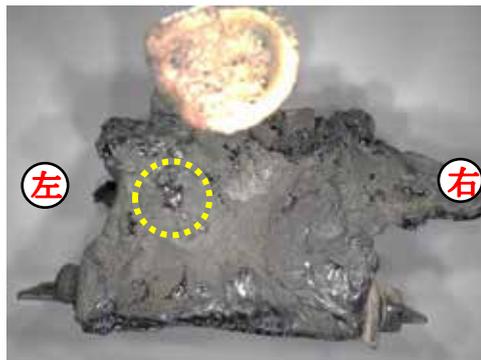
られない。右側面下部はさびの付着にとどまっているのに対し、左側面下部は、えぐれたように欠損しているのが認められる。(写真25～28参照)

圧着端子内部は素線が詰まった状態で断線し、先端に複数の溶融痕が認められるとともに、圧着端子の欠損部にも溶融痕が認められる。

また、圧着端子周囲の合成樹脂には、銅粒が認められる。(写真29～30参照)



【写真25 表面の状況】



【写真29 周囲の樹脂の状況】



【写真26 裏面の状況】

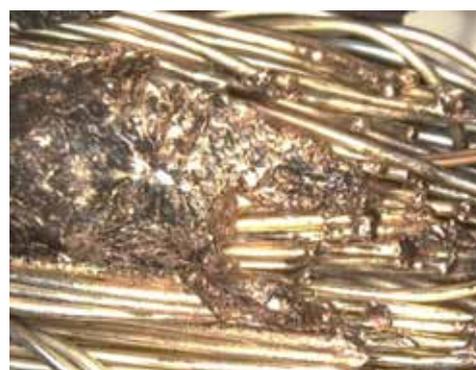


【写真30 写真29丸印の拡大状況】

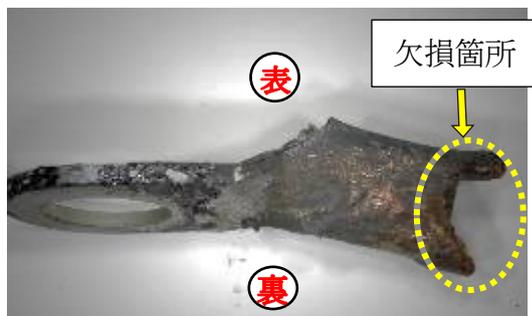


【写真27 右側面の状況】

ケーブルDの左上部は圧着端子を含めてえぐれるように溶融及び焼失している。また、半数以上の素線の先端には溶融痕が複数認められる。(写真31及び32参照)



【写真31 ケーブルD素線の状況】



【写真28 左側面の状況】



【写真32 ケーブルD素線の状況】

8 考察

鑑識見分から、上部及び中央のケーブル固定ブロックは左側が強く焼損し、端子台固定板は左下から燃え広がった様相である。また、下部ケーブル固定ブロックから下に焼損はなく、同ブロック左側上部を起点として半扇状に上方に燃え広がった様相である。よって、出火箇所はMRI装置前面下部ケーブル固定ブロック左側上部とする。

出火箇所と判定したMRI装置前面下部ケーブル固定ブロック左側上部で火源となり得るケーブルについて、以下、考察する。

(1) 接触不良について

ケーブル圧着端子を端子台に接続する各ボルトは規定トルクで締め付けられている。また、各端子台とケーブル圧着端子との接点に荒れは認められない。

これらのことから、ケーブル圧着端子と端子台の接触不良による出火は考えられない。

(2) 半断線による異常発熱について

下部ケーブル固定ブロックの左側を通るケーブルBは、被覆の溶融にとどまっているのに対し、ケーブルDは断線している。ケーブルDの断線に至ったタイミングが、出火後であったとすれば、出火前に半断線により異常発熱して出火に起因した可能性が考えられる。しかし、仮

にケーブルDの半断線部分から出火したと仮定すると、下部ケーブル固定ブロック左側上部を起点として半扇状に上方に燃え広がった焼損状況と矛盾が生じる。

よって、ケーブルDが半断線したことでより線の断面積が減少し、残存している素線の箇所での過熱によって被覆等に着火し出火した可能性は低い。

(3) 断線によるアーク放電について

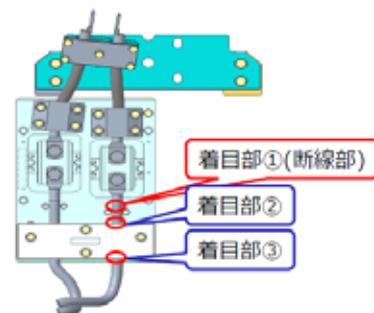
ア ケーブルDは、圧着端子を含めてえぐれるように左半分が欠損し断線しており、圧着端子先端の断線部には、複数の溶融痕が認められることから、同極間のアーク放電が発生したと考えられる。

イ 端子台左は、固定板2にアルミプレートとボルトにより固定されているのに対し、端子台右は固定箇所にアルミプレートが認められず、ボルトにより固定されていない。

ウ 製品情報のとおり、ケーブルには最大600Aの大電流が流れること。また、端子台付近は、傾斜磁場コイルによる強力な磁界が発生していると考えられる。

エ 製造会社である株式会社A社からの報告書によると、端子台を固定するためのボルト及びアルミプレートが取り付けられていないことから、強力な磁界によるローレンツ力が及ぼす配線への加振によって正常状態に比べて数倍の応力が発生することが確認されている。

(図4及び図5参照)



【図4 応力の着目部（株式会社A社から提供）】

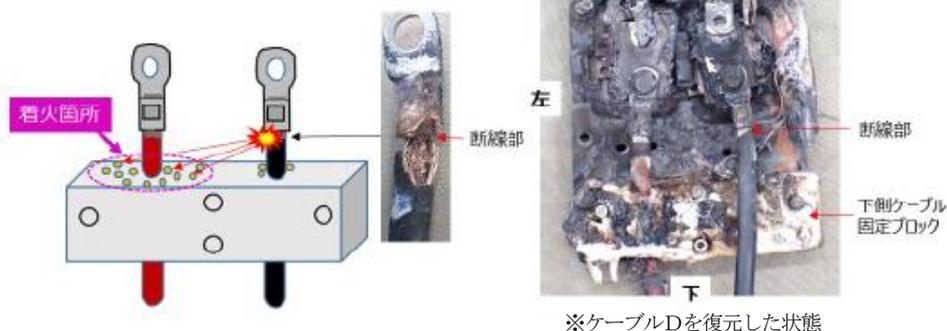
	電流の向き	着目部の応力[MPa]		
		着目部① (断線部)	着目部②	着目部③
正常状態	YH:+、YL:-	1.712	0.859	1.219
	YH:-、YL:+	1.305	0.666	1.248
端子台未締結	YH:+、YL:-	3.230	6.280	0.876
	YH:-、YL:+	4.903	5.437	0.845

許容応力の設計基準：1.875[MPa]

【図5 応力対照図（株式会社A社から提供）】

9 結論

以上のことから本火災の出火原因は、本来取り付けられているはずの端子台右裏側のアルミプレートが、何らかの理由により取り付けられていないことから、端子台が浮いたような状態となり、装置稼働による磁場の影響で、ケーブルDの圧着端子下方付近に振動による負荷がかかることにより断線し、断線した素線同士が再接触することでアーク放電が起これ、その際の火花が下部ケーブル固定ブロックのケーブル左下側に飛散して燃え広がり火災化したものと判定する。



【図6 アーク放電のイメージ図（株式会社A社から提供）】

10 再発防止対策について

札幌市内に同型のMRI装置はもう1台あり、異常はなかった。さらに、メーカーにより当該事故に関する通知を実施し、同型装置の点検を行い、全装置で異常がないことを確認している。また、延焼リスクの高い部品を難燃部品へ変更予定であり、現場施工時の固定ボルト締結に関して、作業者への指導を実施したとのことである。

11 おわりに

本事案は、病院の検査中に発生した火災であり、発見、通報及び初期消火が速やかに行われ、延焼拡大及び負傷者の発生を防ぐことができた事案であるが、検査中ということもあり、重大な事故につながる可能性もあった事案である。病院及び製造会社A社と協力し、原因を究明したことで、スムーズに再発防止対策を講じることができた。

今後も多様化する火災の原因を究明していくことで、当局の更なる火災調査技術の向上及び火災予防に努めたい。