

## 交流アーク溶接機からの出火事例

神戸市消防局 小山 健 太

### 1 はじめに

今回紹介するのは、1列に並べられた10台の交流アーク溶接機のうち、2台からほぼ同時に出火したという事例である。この2台の間には、6台の溶接機が並んでおり、約4mの距離を隔てた位置関係にあった。そのため、原因究明においては、アーク溶接機という一般には馴染みの薄い機械から出火したという点に加え、この2台の出火が偶発的なものであったのか、あるいは何らかの因果関係が存在したのかという点についても考察していく必要があった。

本事例は特異な火災であり、出火機構が複雑な事例であったが、最終的には原因の特定に至ることができた。今後、火災原因調査に携わる関係者にとって、本事例が一助となれば幸いである。

### 2 交流アーク溶接機

本題に入る前に、アーク溶接機について簡単に触れておく。アーク溶接とは、溶接棒と母材（溶接または切断する金属）の空間にアーク放電を発生させ、それに伴って生じる約500℃～2,000℃の高熱を利用して、溶接を行うものである。本事例で出火した交流アーク溶接機（以下、「溶接機」という。）は、単相200Vの交流電源を内部の変圧器によって約20Vまで降圧し、設定した電流値で溶接を行うことができる装置である。

出火場所は事業所内で溶接作業の訓練を行う、溶接トレーニングセンターという施設であり、同時期に納入された同型の交流アーク溶接機10台が1列に並べられていた。その両側には、全体が金属製の溶接作業台が5台ずつ設置されており、室内の床材はステンレス製であった。（図2、写真1）。

### 3 現場の状況

焼損したのは、溶接機No.5及びNo.10の2台のみであり、両溶接機の下部からほぼ同時に炎が噴出

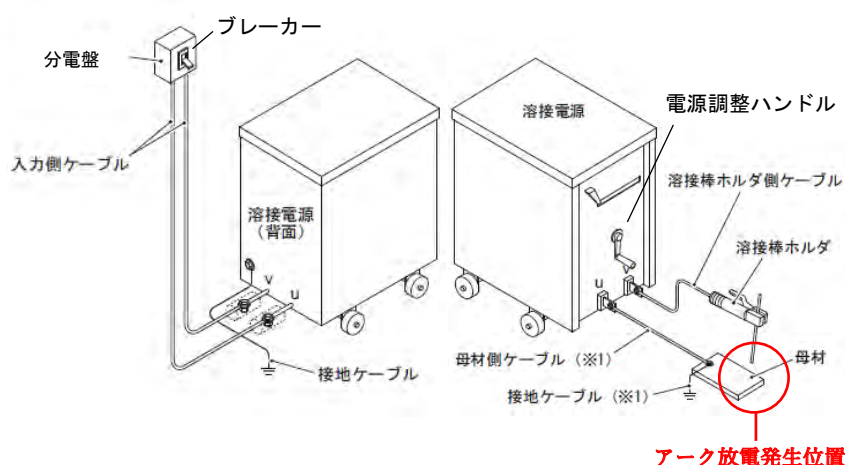


図1 交流アーク溶接機

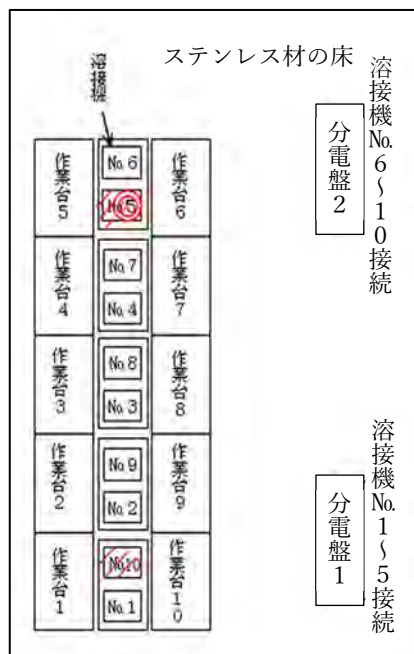


図2 溶接機等配置図



写真1 溶接機及び作業台

したとの関係者の供述が得られた。

#### 4 溶接機の使用状況

出火当日、すべての作業台において作業員が溶接作業を実施していたが、出火時点では溶接機No. 5のみ作業員が溶接作業に使用していた。そのため、溶接機No. 5のみ電源が「入」状態であり、それ以外の溶接機はすべて電源が「切」状態であった。

#### 5 電源供給の状況

溶接機No. 1～No. 5は分電盤1に、溶接機No. 6～No. 10は分電盤2に接続されており（図2）、各分電盤から三相交流電源（赤、青、黄）のうち2線を使用して单相200Vを取り出し、各溶接機に接続されている。

溶接機の構造として、電源スイッチはV端子側にあるため、U端子側は一次側巻線まで常に導通状態である（図3赤線）。そのため、溶接機の電源が「入」または「切」のいずれの状態であっても、U端子側の電圧は一次側巻線（電源から入力

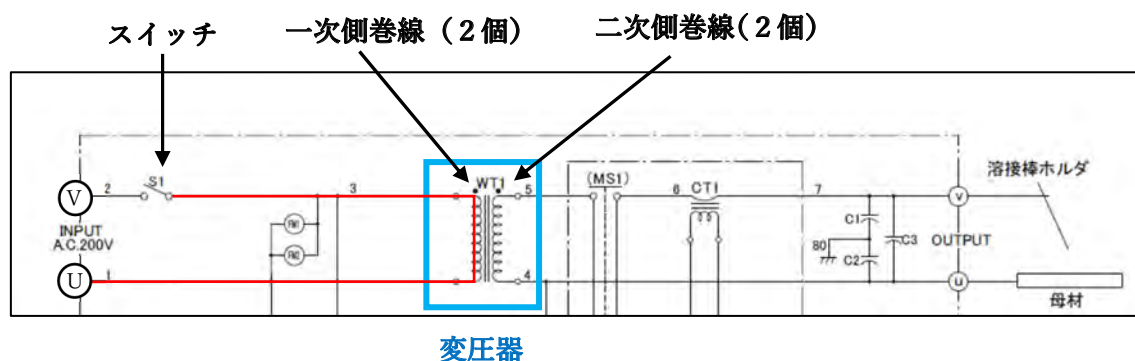


図3 溶接機の回路図

される側)まで常に印加された状態となっている。

一次側巻線はU端子及びV端子に、二次側巻線(出力される側)はu端子及びv端子にそれぞれ接続されており、二次側出力のu端子は母材に、v端子は溶接棒ホルダに接続されている(図3)。

また、溶接機No.5は、赤相と黄相の200V 相間電圧<sup>(※1)</sup>を使用しており、赤相が一次側入力U端子、黄相が一次側入力V端子に接続されている。一方、溶接機No.10は青相と黄相の200V 相間電圧を使用しており、黄相が一次側入力U端子、青相が一次側入力V端子に接続されている(写真2)。

その他の溶接機の接続状況についても図4に示している。

なお、分電盤には溶接機ごとにブレーカーが設置されており、出火した溶接機No.5及び溶接機No.10のブレーカーのみがトリップ<sup>(※2)</sup>していたことから、両溶接機に過電流が生じた可能性が高い。

(※1) 三相交流において、2本の相線間に現れる電圧

(※2) ブレーカーが過電流や異常を検知して自動的に回路を遮断する動作

## 6 溶接機の点検状況

すべての溶接機は、出火日の約5か月前に定期点検が実施されており、その結果によると、「一次端子⇄外箱間の絶縁測定」において、本来1MΩ<sup>(※3)</sup>以上が必要とされる絶縁抵抗値<sup>(※4)</sup>が、すべての溶接機で1MΩ未満となっていた。(図5)

さらに、溶接機No.5においては0.23MΩと、すべての溶接機の中で最も低い数値を示しており、溶接機No.10も0.32MΩと低い

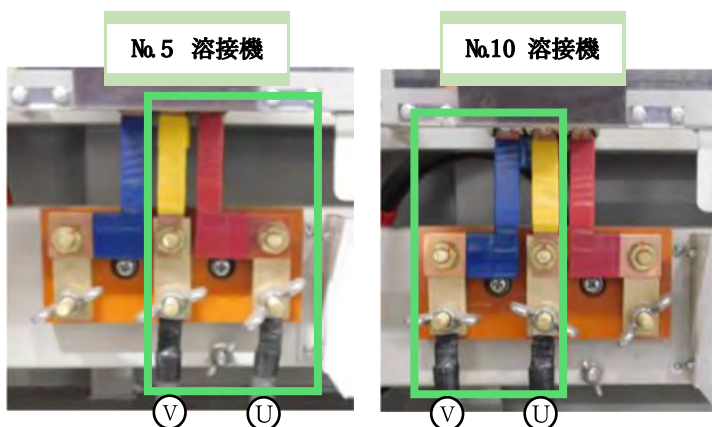


写真2 溶接機No.5及びNo.10の接続状況

| 溶接機No.    | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 溶接機の作動時間  | 17分          | 17分          | 13分          | 13分          | 16分          | 25分          | 20分          | 6分           | 8分           | 25分          |
| 各溶接機の接続状況 | U: 赤<br>V: 黄 | U: 赤<br>V: 青 | U: 黄<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 黄 | U: 赤<br>V: 青 | U: 黄<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 黄 | U: 黄<br>V: 青 |

図4 各溶接機の接続状況

| 管理番号  | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 設置場所  | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   |
| 溶接機型式 | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        |
| 資産番号  | 5000000<br>293 | 5000000<br>294 | 5000000<br>295 | 5000000<br>296 | 5000000<br>297 | 5000000<br>298 | 5000000<br>299 | 5000000<br>300 | 5000000<br>301 | 5000000<br>302 |
| 1MΩ以上 | 0.31 MΩ        | 0.28 MΩ        | 0.34 MΩ        | 0.57 MΩ        | 0.23 MΩ        | 0.35 MΩ        | 0.4 MΩ         | 0.41 MΩ        | 0.45 MΩ        | 0.32 MΩ        |

図5 定期点検結果①



数値であった。これらのことから、出火日には、それぞれの絶縁抵抗値がさらに低下していた可能性が高い。

(※3) 電気抵抗の単位「メガオーム (Megaohm)」の略で、1 MΩ は100万オームに相当する。

(※4) 電気回路において、導体と導体の間や導体と接地間に流れる漏れ電流を防ぐための抵抗値。値が高いほど絶縁状態が良好であり、値が低いと漏電や短絡のリスクが高まる。

## 7 溶接機No.5・No.10の焼損状況

焼損している溶接機No.5及びNo.10の内部について、焼損のない溶接機No.6と比較しながら見分を行い、出火原因を考察する。

### (1) 溶接機No.6

溶接機No.6を見分すると、本体内部に焼損や短絡などの異常は認められなかった。ただし、鉄心とアルミニウム製の巻線で構成されている変圧器周辺には鉄粉が付着しており、赤褐色に変色している（写真3）。すべての溶接機は同時期に納入され、同時に定期点検が実施されていることから、溶接機No.5及びNo.10においても同様に鉄粉が付着していたと考えられる。

### (2) 溶接機No.5

溶接機No.5を見分すると、二次出力側のu端子から外箱に接続されているアース線の被覆が溶融しており、その上部の外箱が一部焼損して

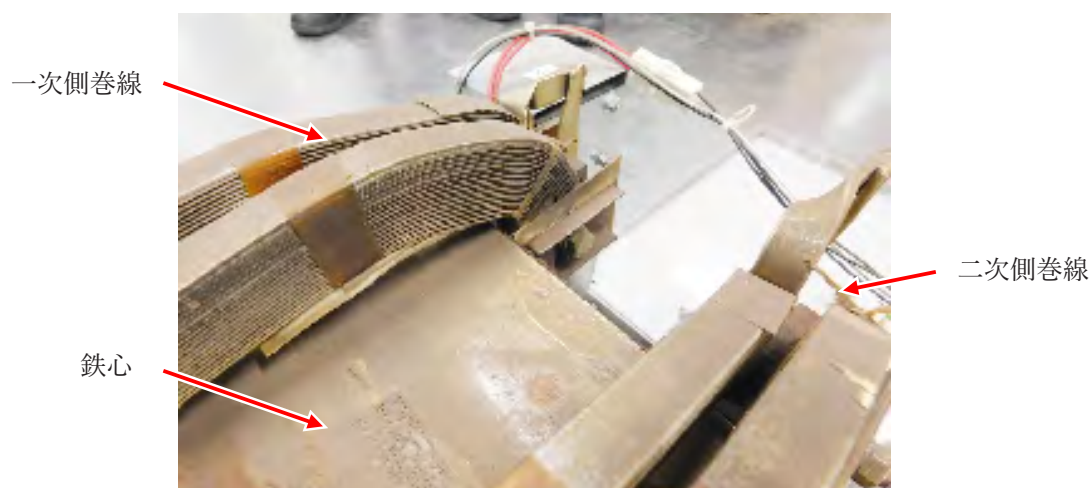


写真3 溶接機No.6の変圧器部分



写真4 溶接機No.5の外箱の状況

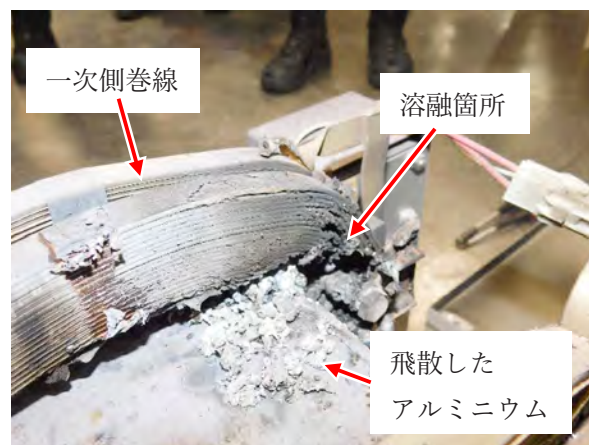


写真5 内部の変圧器部分の焼損状況

いた。また、内部を確認すると、変圧器の一次側巻線（アルミニウム製）の一部に変色及び溶融している箇所が認められ、周囲には溶けたアルミニウムが飛散している。（写真4、5）

### (3) 溶接機No.10

溶接機No.10を見分すると、溶接機No.5と同様に二次出力側のu端子から外箱に接続されているアース線の被覆が溶融している状況である。また、内部を確認すると、変圧器の一次側巻線の一部に変色及び溶融している箇所が認められ、周囲には溶けたアルミニウムが飛散している。（写真6、7）



写真6 溶接機No.10の外箱の状況

## 8 D種接地工事について

溶接機No.5及びNo.10は、いずれもu端子から外箱に接続されたアース線が溶融している。

このアース線について、取扱説明書には、溶接機の外箱及び母材には感電防止のためにD種接地工事を行う旨の記載がある。しかし、すべての溶接機において外箱と母材にはD種接地工事が施されておらず、母材部分で接地するアース線がu端子から外箱に接続されている。（図6 赤色表示）

## 9 電流、電圧、抵抗の関係

出火原因を考察する前に、電流、電圧、抵抗の関係について確認しておく。オームの法則は、「V



写真7 内部の変圧器部分の焼損状況

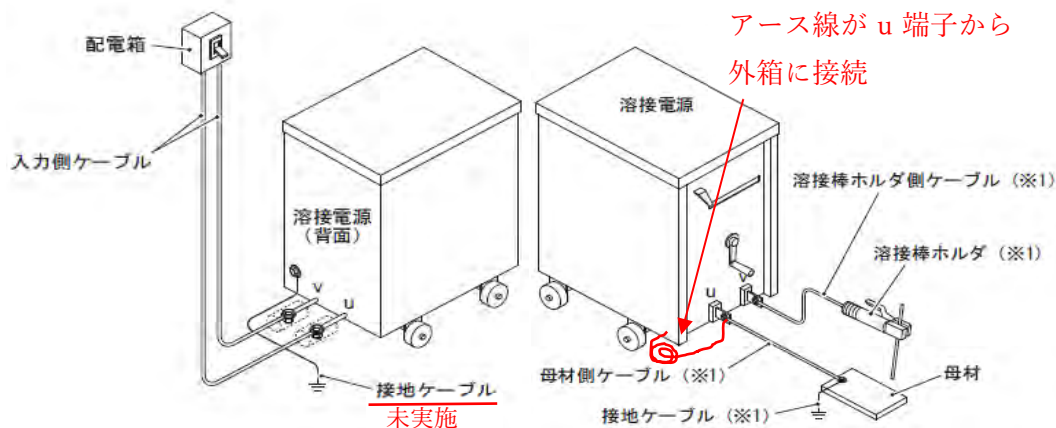


図6 溶接機の接地方法

(電圧：ボルト) = R (抵抗：オーム) × I (電流：アンペア)」という式で表され、電流は電圧に比例し、抵抗に反比例する。すなわち、電圧を高くすると電流は増加し、抵抗が大きくなると電流は減少する。逆に、抵抗が小さくなると電流は流れやすくなるという関係である。

## 10 溶接機No.5における出火原因の考察

- ①ブレーカーがトリップしていることから、溶接機に過電流が生じたと推定される。
- ②内部の変圧器の一次側巻線に溶融が認められ、一次側巻線と鉄心間で短絡が発生している。
- ③点検結果及び焼損のない溶接機No.6の内部状況との比較から、変圧器に鉄粉が付着し、一次側巻線と鉄心との間の絶縁性能が低下していたと考えられる。

以上のことから、溶接機No.5は溶接作業中に、本体内部へ付着した鉄粉により一次側巻線と鉄心との間の絶縁抵抗が低下し、短絡が発生して出火したものと考えられる。

## 11 溶接機No.10における出火原因の考察

- ①ブレーカーがトリップしていることから、溶接機に過電流が生じたと推定される。
- ②内部の変圧器の一次側巻線に炭化が認められ、一次側巻線と鉄心間で短絡が発生している。
- ③点検結果及び焼損のない溶接機No.6の内部状況との比較から、変圧器に鉄粉が付着し、一次側巻線と鉄心との間の絶縁性能が低下していたと考えられる。

以上のことから、溶接機No.10においても、溶接機No.5同様に内部の変圧器で短絡が生じたことは明らかである。しかし、溶接機No.10は出火時に電源が「切」状態であり、使用していなかったにも関わらず、内部で短絡が起きている。このことから、短絡が発生した原因についてさらに考察を進める。

- ④No.5、No.10の両機ともD種設置工事が施されておらず、u端子から外箱にアース線が接続されている。
- ⑤変圧器の鉄心は固定ボルトを通して外箱と電気的に導通状態である。
- ⑥u端子から出ている母材側ケーブルについては、金属製の作業台に接続されており、作業台上に母材を置きアーク溶接を行うようになっている。
- ⑦床面はステンレス素材であることから、全ての作業台が電気的に導通している状態にある。
- ⑧回路図によれば、電源が「切」状態であっても、U端子側は変圧器の一次側巻線までは電気的に導通している構造となっている。(図3)
- ⑨溶接機No.5のU端子には赤相の電圧が印加されている。

以上、④～⑨のことから、溶接機No.5内部の変圧器部分において短絡が発生した場合、電気的に導通している他の溶接機の鉄心部分に赤相の電圧が印加される可能性がある。

ここで、他の溶接機の電源接続状況について再確認する。U端子の電源が赤相以外に接続されている溶接機については、鉄心に溶接機No.5の赤相電圧が印加された際、一次側コイルとの間に200Vの電位差が生じることになる。該当するのは、図7に青枠で示すとおり、No.3、No.7、No.10

| 溶接機No.    | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 溶接機の作動時間  | 17分          | 17分          | 13分          | 13分          | 16分          | 25分          | 20分          | 6分           | 8分           | 25分          |
| 各溶接機の接続状況 | U: 赤<br>V: 黄 | U: 赤<br>V: 青 | U: 黄<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 黄 | U: 赤<br>V: 青 | U: 黄<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 青 | U: 赤<br>V: 黄 | U: 黄<br>V: 青 |

図7 各溶接機の接続状況



| 管理番号  | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 設置場所  | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   | 溶接トレーニングセンター   |
| 溶接機型式 | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        | BP-3006        |
| 資産番号  | 5000000<br>293 | 5000000<br>294 | 5000000<br>295 | 5000000<br>296 | 5000000<br>297 | 5000000<br>298 | 5000000<br>299 | 5000000<br>300 | 5000000<br>301 | 5000000<br>302 |
| 1MΩ以上 | 0.31 MΩ        | 0.28 MΩ        | 0.34 MΩ        | 0.57 MΩ        | 0.23 MΩ        | 0.35 MΩ        | 0.4 MΩ         | 0.41 MΩ        | 0.45 MΩ        | 0.32 MΩ        |

図8 定期点検結果②

の3台の溶接機である。

これら3台のうち、定期検査結果によれば、溶接機No.10の絶縁抵抗値が最も低かった（図8）。

これらのことから、電源が「切」状態であった溶接機No.10においても変圧器部分で短絡が生じた原因について以下のとおりであると考えられる。

溶接機No.5の一次側入力U端子に接続されていた赤相の電圧が、変圧器で生じた短絡により、溶接機No.5の外箱から金属製の作業台及びステンレス製の床材を介して、絶縁抵抗値が最も低かった溶接機No.10の鉄心部分に印加された。この時、溶

接機No.10のU端子には黄相の電源が接続されており、一次側コイルと鉄心間には200Vの電位差が生じるようになった。

更に溶接機No.10の絶縁抵抗が低下していたことから、溶接機No.10においても、No.5と同様に変圧器で短絡が発生し、電源を切っていたにも関わらず出火に至ったものである。

すなわち、溶接機No.10からの出火は、溶接機No.5の出火に起因する二次的なものであると結論づけられる。なお、両溶接機において短絡が発生した時の電気回路を図9に示す。

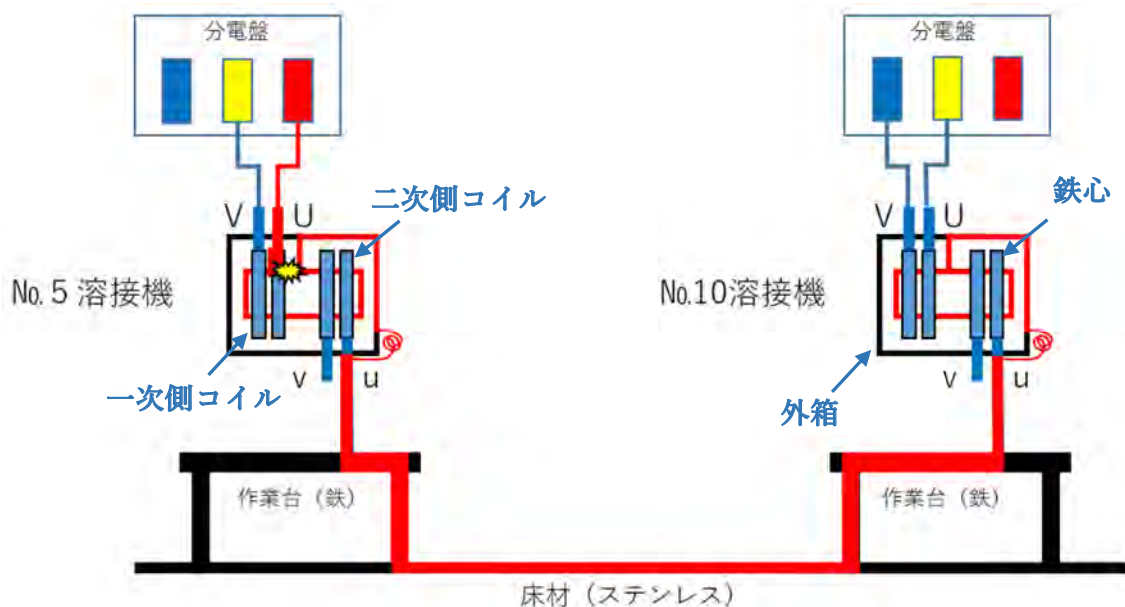


図9 短絡発生時の電気回路図

## 12 おわりに

今回の火災は、交流アーク溶接機2機が同時に  
出火するという、極めて稀な事案であった。その  
ため、原因調査にあたっては、専門的な情報が必要  
不可欠であった。

出火場所の事業所からは、使用状況や定期点検  
結果の情報共有があり、また、当該溶接機のメー  
カーからは、溶接機の構造や使用方法の説明に加

え、溶接機で起こりうる電氣的事象を考察した資  
料の提出という協力を得ることができた。これら  
関係者の連携による知見の共有があつてこそ、原  
因の究明に至ることができたのである。

本事案は、出火原因の解明及びそれに基づく火  
災予防の取り組みが、我々消防職員のみならず、  
職種を超えた関係者の協力によって成り立ってい  
ることを、改めて認識させられる火災事例であつ  
た。