

漏電遮断器等の電線接続部からの出火防止に関する 研究結果について

加藤 和夫* , 片岡 正弘**, 小林 将之***

概要

最近、漏電遮断器及び配線用遮断器の電線接続部からの出火が増加しており、その主な原因として亜酸化銅の増殖現象が広く知られている。ここでは、実際の漏電遮断器と接続電線接続部から出火する過程及び生成物質の分析手法について研究した。

結果は次のとおり。

- 1 漏電遮断器の端子部分と接続電線が緩み等によりスパークし、それが継続するようになると直ちに接触部分が過熱して接続電線の被覆が溶融し発煙する。さらに、20A程度の電流となると端子部分が赤熱して配線が溶断する場合もあり、可燃物が接触すると発炎するおそれがある。
- 2 当金付きの端子の方が直にねじで締め付けるものより赤色のスパークは発生しにくく、出火防止上有効と思われる。
- 3 漏電遮断器は、端子部分が過熱しても電氣的に遮断器は作動（offになる）しない。

1 研究の目的

漏電遮断器の電源線接続部からの火災は、電流容量では30A用の漏電遮断器の出火件数が最も多く、又、電線についてはより線接続のものがほとんどであった。このことからこれらの試験体を使用して実際に火災に至る状況、火災になりにくい構造について研究した。

2 試験体

(1) 電線

600V ビニル絶縁電線 (5.5mm²、素線数7本、素線の直径1mm) (以下、「電線」という。)

(2) 電線接続端子

箱端子 (1ねじのもの) (写真1参照) (以下「箱端子」という。)

(3) 圧着端子 (棒圧着端子、以下「棒端子」という。写真2参照)

(4) 漏電遮断器

A社製、2p30A30mA、AC100-200V両用

電源線接続部 箱端子 (1ねじ) 当て金付写真3のように電線は当て金と内部配線接続端子(以下「配線接続板」という。)の間でねじにより締め付けられる。

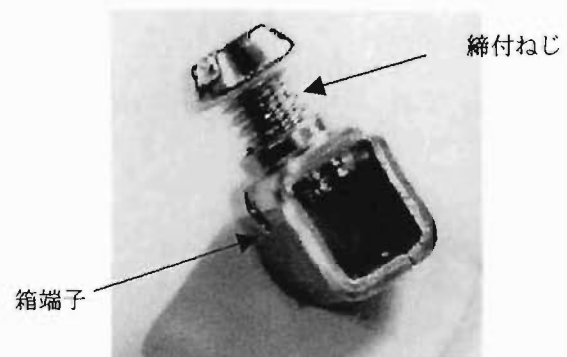


写真1 接続端子

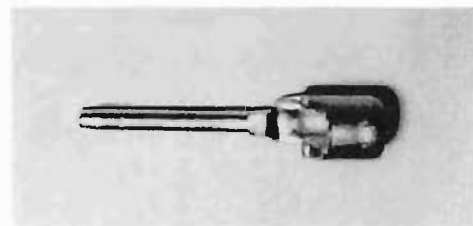


写真2 棒端子

* 第二研究室、** 目黒消防署、*** 人事課

一般的に電流容量 30 A 以下の漏電遮断器の電源線接続部は、電線を直に締め付ける構造になっており図 1 ように箱端子に電線を挿入し、ねじで直に締め付けるものと、ねじと電線の間一枚銅板（以下「当金」という。）をはさんだものがある。又、機器用の電線など細い電線を使用する場合、棒端子を使用する場合もある。

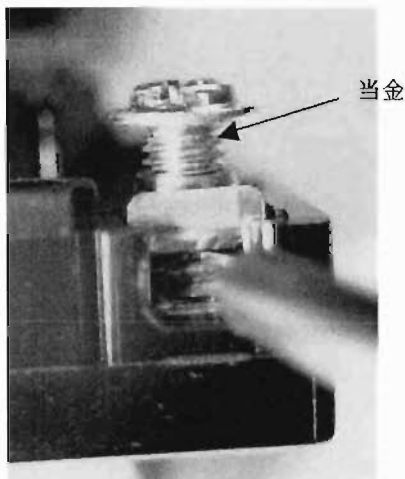
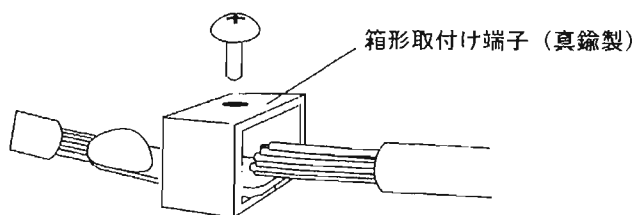


写真3 電線接続状況（当金付きの箱端子）

配線直付け



配線直付け（当て金付）

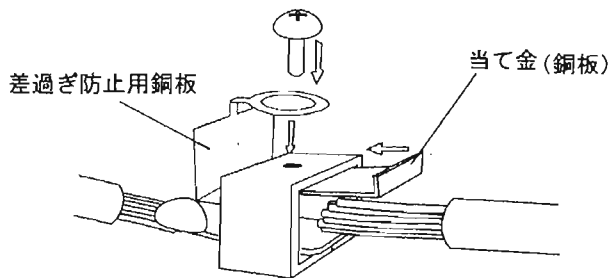


図1 漏電遮断器配線接続部説明図

3 実験の内容

(1) 実験1（箱端子と電線による実験）

図2のように電線の素線を箱端子の中に差込み電流を2~3 A 流しながら接・非接触をくりかえしスパークを発生させ状況を観察した。

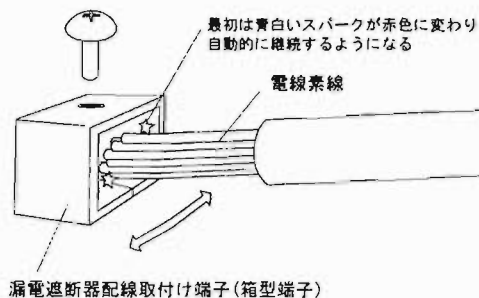


図2 箱端子と電線による実験

(2) 実験2（素線間での亜酸化銅の生成実験）

過去の文献によると、電線と電線（又は接続端子）の間でスパークを数千回発生させると最初青白いスパークが赤いスパークに変化し赤熱状態が継続するようになり、その赤色部分が亜酸化銅であり次第に増殖していくとあり、これを参考に銅線と銅線の間で亜酸化銅を生成し生長させる実験を行った。

図3のように電線先端の絶縁被覆を剥離し7本の素線のうち6本を切断し素線1本にしたもの2本を水平に相対し向い合わせクリップで固定し片方の電線を水平に動かし接・非接触を繰り返す（電流値は2~3 A）、亜酸化銅を発生させ状態を観察した。

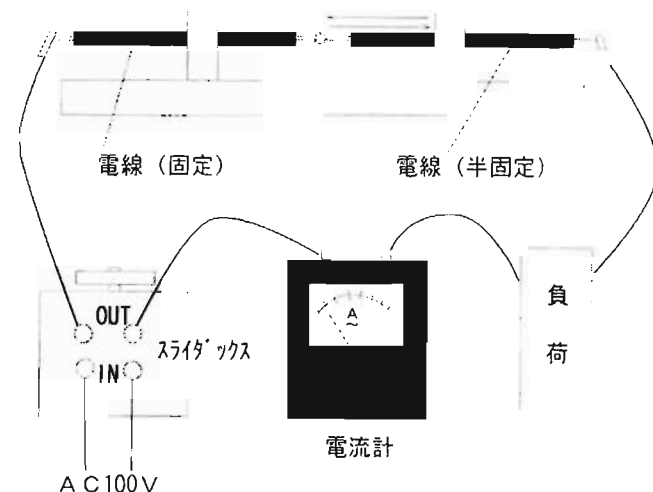


図3 素線間での亜酸化銅の生成実験の説明

(3) 実験3（素線と電線接続部各部との接触実験）

電線を電線接続端子に接続する場合、電線と端子の接触する組み合わせにより赤色のスパークができるかどうか表1の各パターンについて実験した。電線は素線1本とし、電流値は2 A で各パターン3回実施した。スパークは1分間に20回程度で、赤色のスパークが継続するまで実施し、継続しない場合には2時間まで実験を行った。

また、同様に棒端子と電線接続端子について表2のパターンについて実験した。

表1 素線と電線接続部各部との接触実験

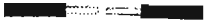


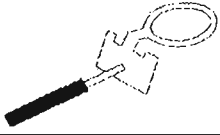


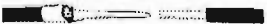
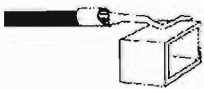
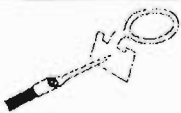

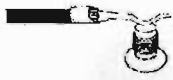
実験Na	組合せ	接触状況の説明図
3-1	電線と電線	
3-2	電線の先端と箱端子	
3-3	電線側面と箱端子	
3-4	電線先端と差過防止板	
3-5	電線側面と当て金	
3-6	電線側面と締付ねじ先端	

表2 棒端子と電線接続部各部との接触実験

実験Na	組合せ	接触状況の説明図説明図
3-7	棒端子先端と電線先端	
3-8	棒端子側面と箱端子側面	
3-9	棒端子先端と差過防止板	
3-10	棒端子側面と当て金棒端子	
3-11	棒端子側面と締付ねじ先端	

(4) 実験4 (漏電遮断器の温度測定実験)

図4のように漏電遮断器を合板製の垂直の壁に取り付け、表3の条件で実験した。電源側の1つの端子のねじが緩んだことを前提に、電線と端子間に空間を設け、接触・非接触を繰り返してスパークを発生させ、赤色のスパークが継続するように調整しながら、電源接続部端子、接続部付近の電線表面、接続部の裏側(ケースと合板の間)、室温の温度を測定した。なお、この実験では漏電遮断器の当金、差過防止板をはずしてねじで直付けとした。

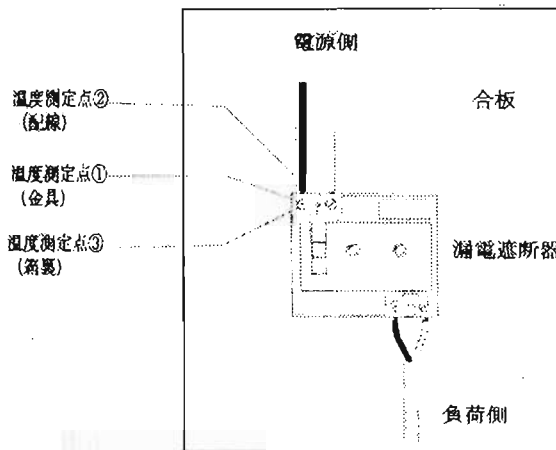


図4 温度測定点説明図

表3 漏電遮断器の温度測定実験

実験Na	最大電流値 継続時間
4-1	電流値を3A→5A→7A→15A→20A→25Aと徐々に上げる、50分
4-2	20A、70分
4-3	30A、70分

4 実験結果

(1) 実験1

数100回から1000回程度スパークを繰り返すと、青白いスパークが赤いスパークに変わり、接触を加減することにより、継続して赤いスパークを繰り返すようになる。やがて、配線被覆の先端が溶融し始め、白煙が上がり、最後に炭化する。電線は赤銅色になり、黒い付着物が生じ、箱端子内側にも黒い付着物が残っていた。(写真4参照)

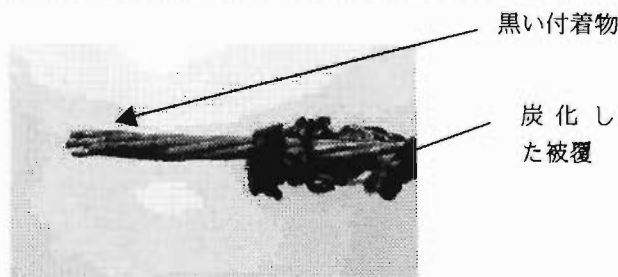


写真4

(2) 実験2

接・非接触を繰り返す（電流値は2～3A）と、最初青白いスパークであったものが、赤い点となり、その状態で両電線を若干引き離すと赤色部分が両側に徐々に広がり続けるようになった。その赤色部分が両側に成長していき約30分後に長さ17mmに達し、赤熱部とそうでない部分の境目で切れた。（写真5～7）

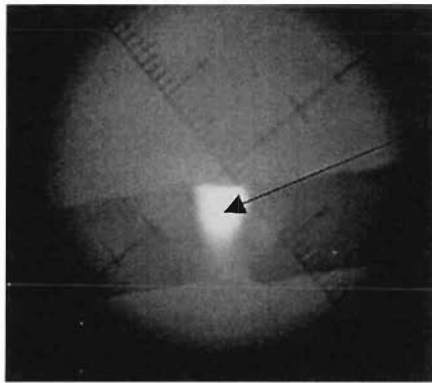


写真5 赤熱部分の拡大写真

赤熱

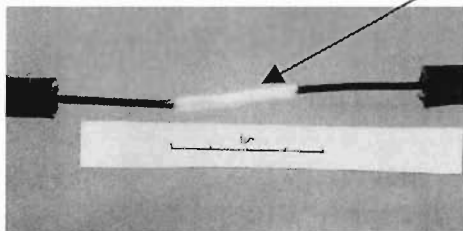


写真6

赤熱

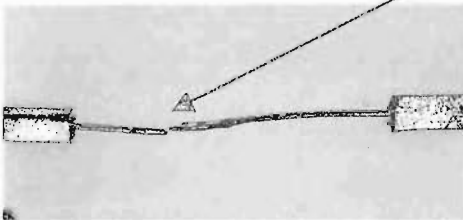


写真7

断線

(3) 実験3

実験した結果は表4、5のとおりであった。

表4 電線と電線、箱端子等の間のスパークの状況

実験No.	組合せ	結果	写真
3-1	電線と電線	短時間でスパークが継続するようになった。	8
3-2	電線の先端と箱端子	短時間でスパークが継続するようになった。	

3-3	電線側面と箱端子	短時間でスパークが継続するようになった。	9
3-4	電線先端と差過防止板	赤い火花が出たが継続するようにならなかった。	10
3-5	電線側面と当て金	赤い火花が出たが継続するようにならなかった。	11
3-6	電線側面と締付ねじ先端	短時間でスパークが継続するようになった。	12

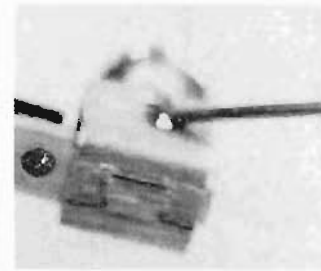


写真8 電線先端と箱端子

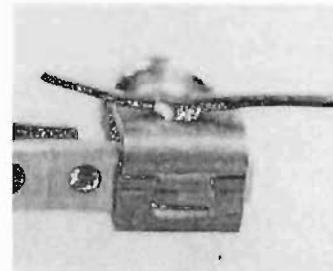


写真9 電線側面と箱端子

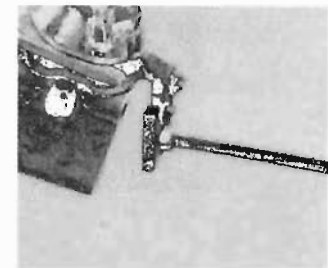


写真10 電線先端と差過防止板

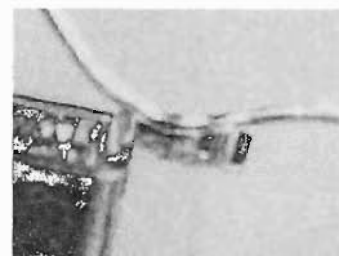


写真11 電線側面と当金



写真12 電線側面と締付ねじ先端

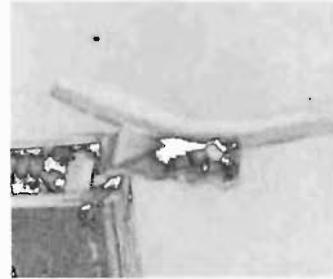


写真16

表5 棒端子と箱端子等の間のスパークの状況

実験No	組合せ	結果	写真
3-7	棒端子先端と電線先端	スパークが継続するようにならなかった。	13
3-8	棒端子側面と箱端子側面	短時間でスパークが継続するようになった。	14
3-9	棒端子先端と差過防止板	赤い火花が出なかった。	15
3-10	棒端子側面と当て金棒端子	赤い火花が出なかった。	16
3-11	棒端子側面と締付ねじ先端	短時間でスパークが継続するようになった。	17



写真17

(4) 実験4

実験結果は表6のとおり。

表6 漏電遮断機の温度測定実験

実験No	結果	備考
4-1	電流値が20A程度で端子部分赤熱し接続電線も約1cmまで赤熱するとともにばちばち音を立てて、接続部周囲の樹脂が白色に変色した。 少量の脱脂綿を接触させると炎を上げて焼失した。 熱でロック部分の樹脂が変形し、漏電遮断器が切れた。	写真18 図5
4-2	端子部、配線(接続部付近)が赤熱し、ティッシュペーパー(2×2cm)を接触させると燃えた。配線赤熱部分上部で溶断し、電気が切れた。	写真19、20 図6
4-3	実験4-2より短時間で被覆が溶融し、白煙が上昇した。スパークが強いため電線素線が取付端子に溶着し易かった。接続端子、電線も赤熱した。	写真21、22 図7

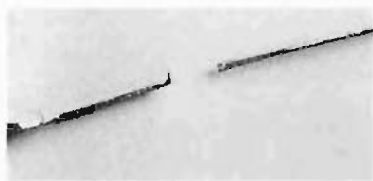


写真13



写真14

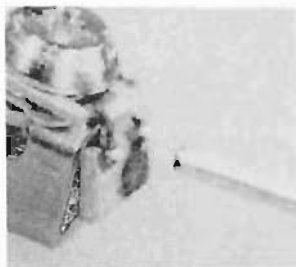


写真15

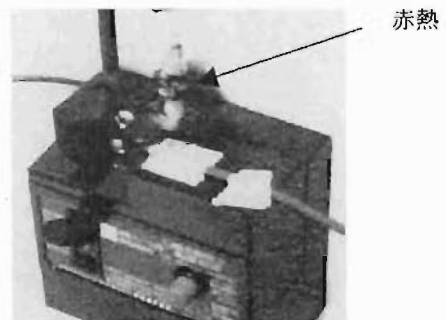
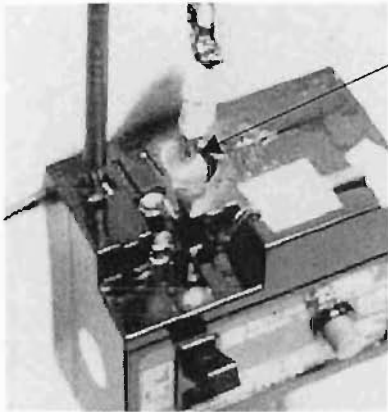


写真18



赤熱

写真19

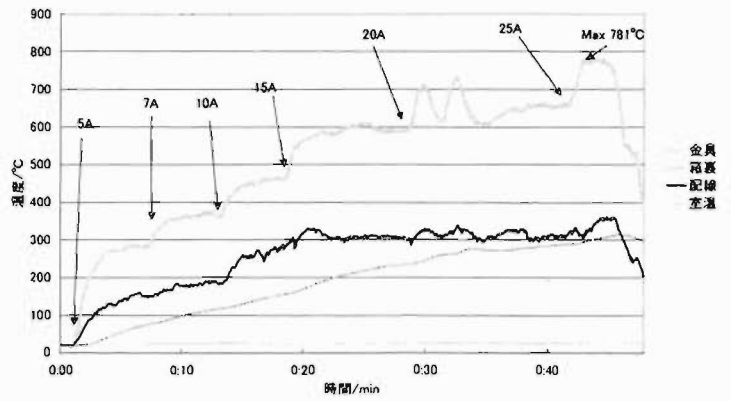


図5 温度曲線1



溶断した電線

写真20

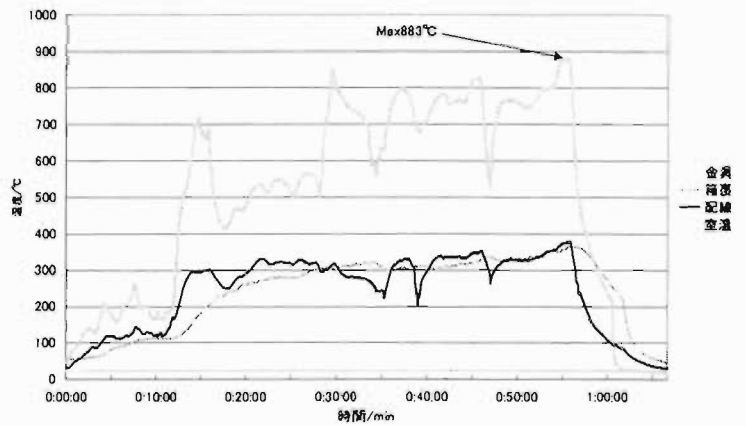
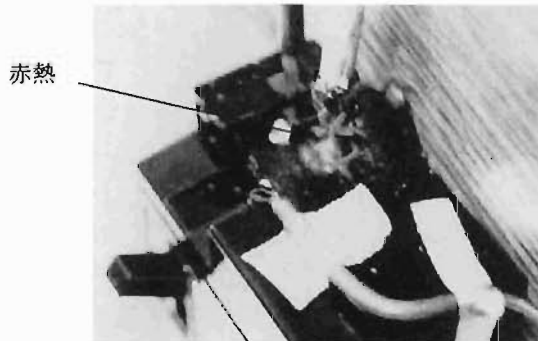


図6 温度曲線2



赤熱

写真21

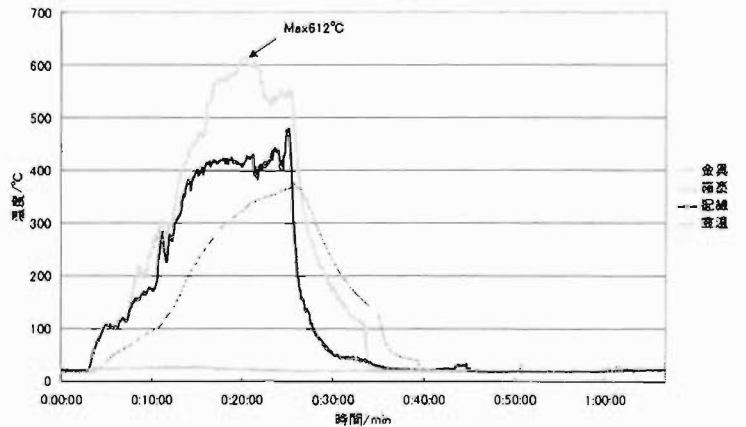
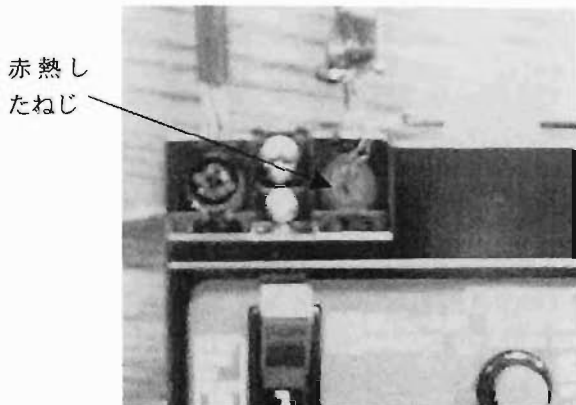


図7 温度曲線3



赤熱したねじ

写真22

5 実験器具の考察

(1) 実験1の結果から、箱端子と電線の間が緩みスパークが発生すると赤色のスパークの継続が起こり易く、端子部が過熱する危険があることがわかった。

(2) 実験2の結果から電線と電線の間で亜酸化銅が発生すると短時間で増殖していくことが分かった。

(3) 実験3の結果から、電線と箱端子、締付ねじ先端の間では容易に赤色のスパークが継続することが分かった。また、当て金を入れることにより赤色のスパークが継続しにくくなることが確認された。

(4) 実験4の結果から、接続端子部分は20A程度の電流で赤熱することから、可燃性物品が接触した場合発火する可能性があることが分かった。

また、漏電遮断器裏側の温度は200℃から400℃になることが分かった。

6 まとめ

(1) 漏電遮断器の端子部分が緩み等によりスパークが継続すると、接触部分が過熱して接続電線の被覆が溶融し発煙する。さらに、20A程度の電流で端子部分が赤熱し、配線が溶断する場合もあり、分電盤の内部に可燃物が入り込む可能性は少ないものの可燃物が接触すると発炎するおそれがある。

(2) 赤色のスパークの継続は2～3A程度の電流値で起きやすい。

(3) 当金付きの端子の方が直にねじで締めつけるものより赤色のスパークは発生しにくく、出火防止上有効と思われる。

(4) 漏電遮断器は端子部分が過熱しても電氣的に遮断器は作動（offになる）しない。

7 参考文献

亜酸化銅増殖発熱現象について 火災 1974 堀田悦博

電気接続部における酸化物の生成と発熱現象 火災 1996 科警研 木下他

電氣的接続部の接触不良による発火原因の究明 1997年科警研木下博士論文

STUDIES ON THE PREVENTION OF FIRES CAUSED BY GROUND FAULT BREAKER WIRING

Kazuo KATO*, Masahiro KATAOKA**, Masayuki KOBAYASI***

Abstract

There has been a recent increase in the number of fires breaking out from the wire connections of ground fault breakers and molded-case circuit breakers. The well-known major cause is the multiplication phenomenon of copper suboxide. We conducted studies on the process of a fire breaking out from the wire connections of ground fault breakers and on methods to analyze the substances produced in the process.

The results were as follows:

- 1 A terminal and a connecting wire of the ground fault breaker may spark because of loose contacts or other reasons. If they keep sparking, the contact instantly heats up, then the covering of the connecting wire melts and emits smoke. When the electric current is about 20A, the terminal may sometimes become red hot, fusing the wire to it. If a combustible object touches this part, it may catch fire.
- 2 A terminal with a clasp is an effective means of preventing a fire since it is less likely to produce hot sparks than a terminal that is directly fastened with a screw.
- 3 Ground fault breakers intercept electricity even if the terminals are heated up.

* Second Laboratory, ** Meguro Fire Department, *** Personnel Section