

電気安全とその教育に関する考察 (1)

— クロロプレン絶縁平形コードの異状発火の事例 (1) —

高木 三郎*

(1984年6月30日受理)

1 まえがき

電気機械器具や電子装置が、ほとんどの職場や家庭で非常に多く使用されていることは周知のことであるが、最近は特に社会生活の情報化に伴いその数が急増している。このような社会の中にありながら、電気事故に対する一般公衆の関心は余り大きくないように思われる。これは、身近に事故例を見聞することが極めて少ないからであろう。

事実、最近の技術の向上と、絶縁材料の進歩、そして製造や工事に対する法的規制の厳しき等々により事故は減少している。しかし、電気による火災、感電の可能性のある場面は決して少なくない。これらの事故に関しては多くは発表や報道はされていないが、現に起きているのであるから、電気安全の教育は絶対必要なので、義務教育段階では中学校の技術科の授業の中に取り入れられており、社会としては電力会社などが市町村と協力して行っている。

筆者は、従来行われて来た安全教育ではややもすると見落される事や、特殊な事柄、あるいは教育上留意すべき事、及び教育上便利な装置などに長年関心を持って種々研究を行って来た。今後これらについて、さらに吟味を加えて逐次報告したい。

2 今回の報告の目的

今回は、普段家庭などで使用されているコードの発火の問題を取り上げた。

コードの安全性に関しては、法的に「許容電流」という“そのコードに流してもよい最大の電流値(コードの種類や太さにより値が違ふ。)”が規定されているので、コードの安全性に関する指導と言えば、ほとんどの場合まずこの許容電流の問題を、そして次に絶縁被覆物の耐熱性と耐水性を取り上げるのが普通である。

ところが、筆者は最近これらに関係ないと思われるコードの異状な発火現象に偶然2回も遭遇した。それは、コードが破裂するような音を出し、そのあとショートをせずに、大きくはないが炎を出して燃えたという極めて危険な現象であった。しかも、そのコードが2回とも、耐熱性の極めて強いクロロプレン絶縁コードであったのである。このコードは耐熱性が極めて優れているため、数年前から従来の袋打ちコード(ゴム被覆の上に布編組したもの)に代って電熱器具などに盛んに使用されている黒いゴム系のコードで、ネオプレンコードとも言われている。

* 岩手大学教育学部

そこで、その発火原因を究明すべく、当研究室で購入してあったクロロブレン絶縁コード（昭和55年12月、A社製）で種々実験を行ったところ、ビニルコードや従来の普通のゴム絶縁のコードでは起らない、全く意外な、しかも火災原因となり得る極めて危険な性質をこのコードが持っていることが判明した。さらに他社製のコード数種についても実験したところ、同様の発火をするものがあった。

この発火現象は、コードの半断線（心線が断線しているが、ときどきつながるような状態）の所で起きるものであって、過大電流や接触抵抗による発熱発火現象¹⁾²⁾とは全く異なるもので、今までのところ、この現象についての報告は見当たらない。また、コードの安全確保のため定められているJISのC-3004「ゴム絶縁電線試験方法」にも、この種の発火に対する予防に関する項目はない。

従って、この実験で観察された発火現象は従来見落されて来たものと思われるが、火災予防上極めて大切なことである。そこで実験結果について報告する。

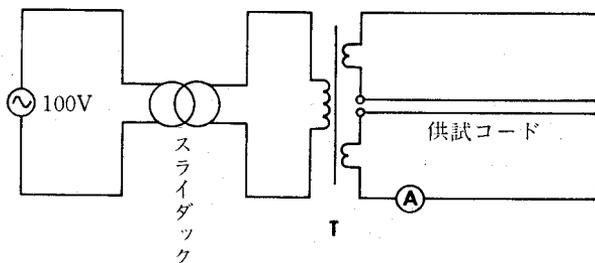
3 実験と結果

実際に見たコードの発火箇所は、一回は電源プラグのつけねであり、二回目はトースタ本体へのつけねの所であった。このような所はコードの最も切れ易い場所で、断線のほとんどがここに起きるものであるという電気技術上の常識から、この場合もそこに起きた半断線が原因であろうと推測し、次のような実験を行った。

1. 実験1

長さ約50cmのクロロブレン絶縁平形コード（ 0.75mm^2 、許容電流8[A]、前記の如く当研究室で購入してあったもので、型式認可マーク付き）の中央附近を何回も屈折させ半断線状態にし、テスタで半断線になったことを確認し、このコードの許容電流を1[A]だけ超えた9[A]を流した。半断線の一例を第3図（写真：39ページ）に示す。これはコードのX線写真で、黒く鮮明なのが銅の心線で、その外側に薄く見えるのが絶縁被覆物である。（a）は実際は断線しているのであるが、被覆がゴム系のため収縮力が働いて接触し、電気を通す状態になっている場合、（b）はその拡大写真、（c）は少し引張って完全に断線状態になっているもので、（d）はその拡大したものである。

電流を流すための装置は、当研究室でコードの許容電流の実験用に開発したものである。この装置の回路図を第1図に示す。Tは変圧器で、スライダックで電圧を調節することにより、



第1図 許容電流実験装置の回路

二次側にショート状態で接続した供試コードに最高40 [A] (電圧は約4 [V]) まで流せるようにしたものであるが、その際一次電流はせいぜい2 [A] 程度で済むようにしたものである。(この装置については現在改良中であり、あらためて報告する予定である。)

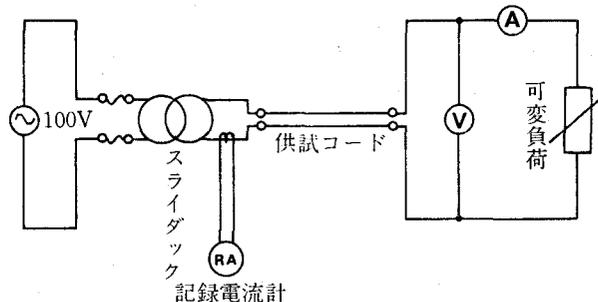
この装置に前述の半断線にしたコードを接続し、電流を9 [A] に保ちつつ、半断線部分の発熱による変化を観察した。しかしこの場合、数時間経過しても被覆物の温度が約40℃程度(室温24℃)に上っただけで発火現象は起こらなかった。

そこで次に、コードを手で引張ったり手を離したりして、半断線部分を繰り返し断続させてみた。これは、こうすることにより電流が流れたり切れたりするわけで、そこに火花が発生して、その火花によって何等かの機構により発火現象が起きるのではないかと考えたから行ったのであったが、前と同じく発火現象は見られなかった。

この2種類の実験の結果から、電流値だけでなく、コードに加える電圧の値も発火に関係しているのではないかと思ひ次の実験2を行った。(前述した通り、この実験1では供試コードにかかる電圧はわずか数ボルトである。)

2. 実験2

実験装置の回路を第2図に、全景を第4図(写真)に示す。



第2図 コード発火実験装置の回路

電圧を100 [V] に保ち、電流は負荷の調節で9 [A] とし、実験1で行った2回目の場合と同様、コードに張力を与えたり除いたりして、半断線部分に断続を繰り返させた。断続は電流計の指示で確認した。

その結果は全く予想外の恐ろしいものであった。というのは、この断続の操作を継続してし

ばらくしたら、突然半断線部分が破裂的な音を出し、火が噴き出、コードが激しく燃焼したのである。しかもそうなってからも、しばらくの間負荷に電流が流れており、やがてショート状態になり負荷電流は切れたが燃焼は数秒間続いた。そしてその火力はかなり強いものであった。この実験は5回行った。発火後の現象はそれぞれ異なっていたが100%発火した。

そこで次に電流との関係を見るために電流値を変えて実験した。その結果は左の表に示した

<実験と発火回数>

電流 [A]	実験回数	発火回数
9	5	5
8	6	6
7	2	2
6	2	2
5	3	2

が、9[A]、8[A]、7[A]においては発火までの時間には多少のばらつきは見られたがそれ程の相違はなかった(約40秒前後)。しかし、6[A]、5[A]においては発火までに繰り返した半断線部分の断続回数は多く、従って時間も前者に比し長くかかっている(長いものは数分)。

これらの実験の中、発火しなかったのは5[A]の時1回だけであり、しかも発火後の現象は電流値には関係なく極めて強烈なことが多く、そばに可燃物があつたら火災発生が100%に近い率であろうと思われる。

実験における現象はVTR(ビデオ)と普通の写真に収め、電流はレコーダで記録した。写真の一部を第39~40ページにまとめて掲載してある。観察した現象の一番激しい時の状況は写真には撮影できなかったが、VTRでは音とともによく収録されている。しかし、これら掲載の写真でもある程度現象の実態を知ることができよう。

現象は最初破裂的発火(時には噴煙)から始まるが、その様子は第5、6、7、12図に見られる。この破裂的発火の後直ぐに燃焼状態に入る場合(第6、7図)と、しばらく発煙状態を続ける場合(第11図)とがあるが、いずれもこの後激しいショート状態に入る(第10図)。この第10図に示したショート状態は数回断続的に繰り返されるのが一つの特徴である。なおこの激しいショート状態の継続時間は数秒から数拾秒にわたってばらついているが、そばの可燃物(当実験ではベニヤ板)に火が移ると一般に長くなる(第9図)。

なお、この現象の激しさを示すものとして、コードを布設した板上の現象終了後の残留痕を第13、14図に示す。前者は耐火ボードにへこみ傷がついた例、後者はベニヤ板が燃焼し中央附近に穴があいた例である。

前に少しふれたことであるが、この実験中次のような特記すべき現象を見出した。それは第8図に示したように、発火していながらショートを起こさず、電流は普通に流れているという現象が数秒ないし10数秒続くことが時々あったことである。そしてこの後、大部分はショート状態に移行する。

ショート状態にならなくとも炎を出し、しかも通電状態にあるこのような現象は、火災という見地から極めて危険な現象であると言えよう。

3. 実験3

実験2で用いたコードと同じ太さ0.75mm²のビニルコードと袋打ちコードについて、実験2と全く同様の実験を3回ずつ行った。100[V]、9[A]の通電条件でも両者とも全く発火しなかった。

4. 実験4

実験2で使用した試料はA社製のもののみであった。そこで他社のコード(トースタや電気ごてに実際についていたもの)について、電圧100[V]、電流9[A]で同様の実験を試みた。

その結果、4種類のうち2種類のものについて、A社製のものと同様に発火現象がみられた。しかし他の2社のものは発火しなかった。

この実験では、実際の器具に使用していたコードを試料として用いたため、試料数が十分でなかったことも考慮し、今後さらに試料を多く集め、実験的に検討を重ねる予定である。

4 ま と め

以上の実験結果から次のようなことが考えられよう。

1. クロロプレン絶縁平形コードは多くあるが、その中には、半断線状態を起こした場合、ビニルコードや袋打ちコードでは見られない異状な発火現象を起こす危険な性質を持つものがある。
2. 発火現象の開始時に強い破裂音を出し、それとともに閃光のように火花が飛び散ることが多い。このことは、コード内に圧力の高いガスが発生していることを示すものと考えられる。
3. 発火の原因については現在までのところ確認し得なかった。すなわち、半断線部の接触抵抗による熱や火花で絶縁被覆物からガスが発生し、それに火花などで着火するのか、それとも絶縁被覆物に変質してそれに着火し、その時ガスが発生するのか、これは今後解明すべき重大な問題である。
4. 普通の使用状態で、屈折により半断線状態を生ずるには相当長い期間を要する場合が多いが、このクロロプレン絶縁コードが一般に広く使用されるようになってから数年を経過した時点でもあり、実験2で使用したコードなどで発生した現象に基づく火災事故が起こるようなことが多くなりほしくないかと心配されるところである。

この実験は若干強引的で、通常はあり得ないように思えるかも知れないが、決してそうではない。最初にも述べたように現に家庭で起きているのである。

5. コードの試験方法は、J I S—C—3004「ゴム絶縁電線試験方法」に規定されているが、その中にはこの実験で観察されたような発火現象に関する試験項目はない。しかし現実にもこのような発火現象もあることがわかったので、このことに対する試験項目も必要ではなからうか。
6. 今後解明したい問題は次のことである。
 - (1) 製品として現在出ている多種のクロロプレンコードの発火率の実態。
 - (2) ガス発生機構や発生ガスの分析を通しての発火原因の究明。
 - (3) ショート状態になった時、実際に心線と心線が接しているのか、それともアーク状態なのかなど、現象発生時の心線及び周囲の状況。
 - (4) 電流を通じながら燃える時、絶縁被覆物にどのような変化(可燃物質の発生)が起きているのか。

5 む す び

この実験の結果、余りに意外なことであったが、クロロプレン絶縁コードの中には、半断線状態を起こしている場合に、火災発生の原因になり得る危険な異状発火現象を起こすものがあることが明らかとなった。

したがって、「半断線状態を起こしているクロロプレン絶縁コードは無理に使用すべきでない」と言わざるを得ない。

また、J I Sにも速やかに、この発火現象に対する試験方法の項目を加える必要があるので

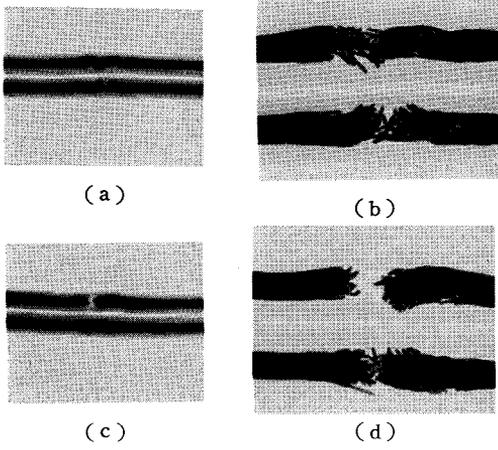
はないかと思われる。

なお、「まとめ」に述べた今後の問題は速に解明したい。

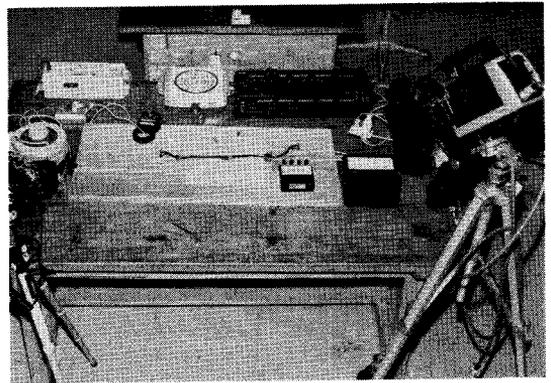
最後に、この研究に種々御助言下さった岩手大学工学部電気工学科の佐藤淳教授，並びに実験装置の製作，試料の準備，および実験などに大いに協力してくれた当技術科の川嶋良昭技官に深く感謝申し上げます。

注

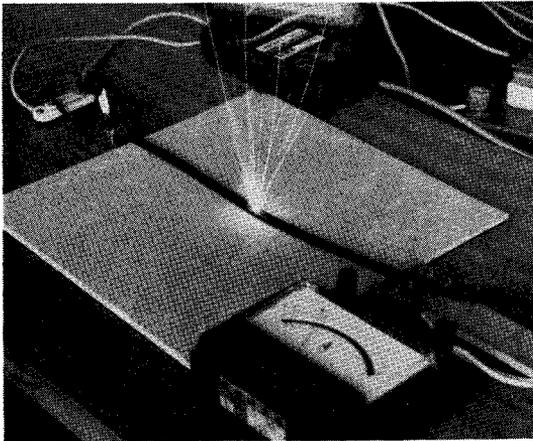
- 1) 長田・横井・伊坂「素線切れモデルビニルコードの着火電流範囲」電気学会論文誌B（昭57—8）
- 2) 長田・横井「ビニルコードの高温劣化による発火現象」電気学会論文誌A（昭58—12）



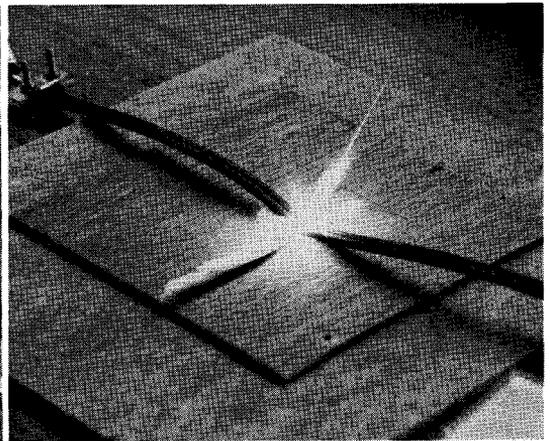
第3図 コードの半断線 (X線写真)



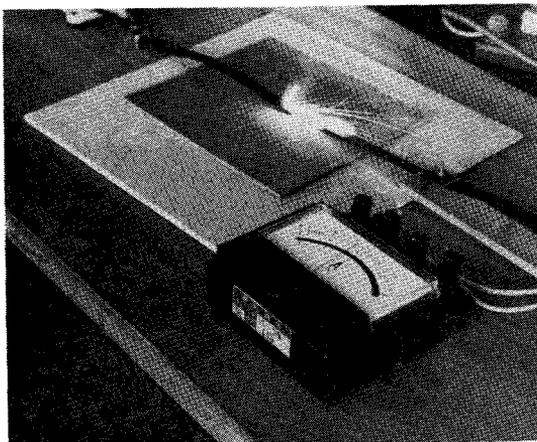
第4図 実験装置



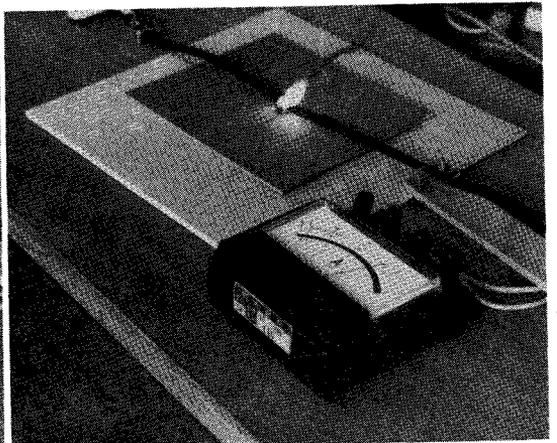
第5図 破裂的発火 (電流8[A])



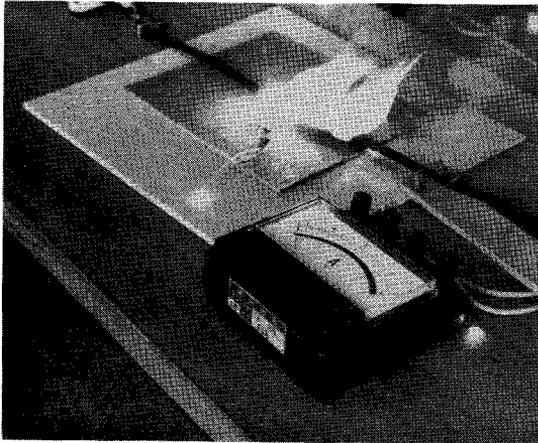
第6図 発火 (電流8[A])



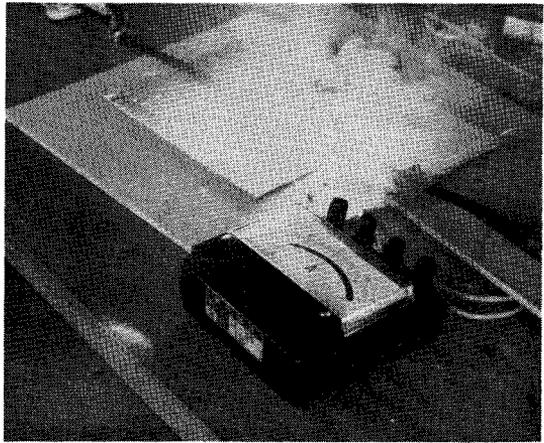
第7図 発火 (電流8[A])



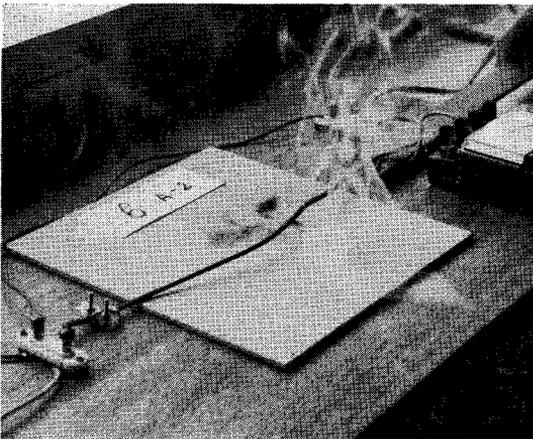
第8図 発火, 通電 (電流8[A])



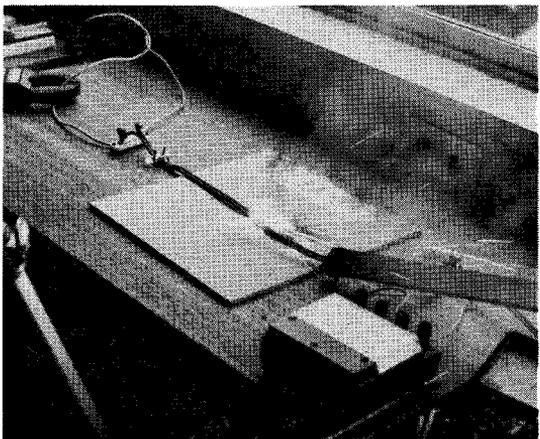
第9図 ベニヤ板に着火



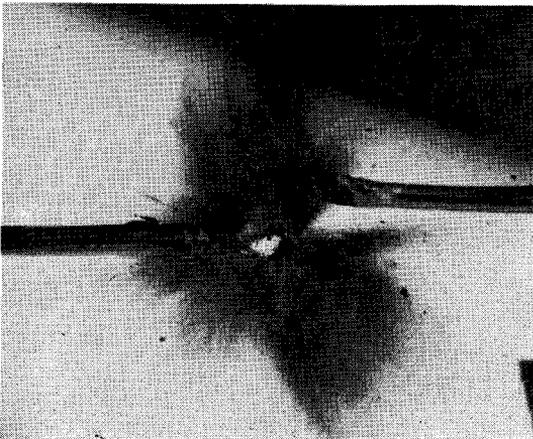
第10図 ショート状態



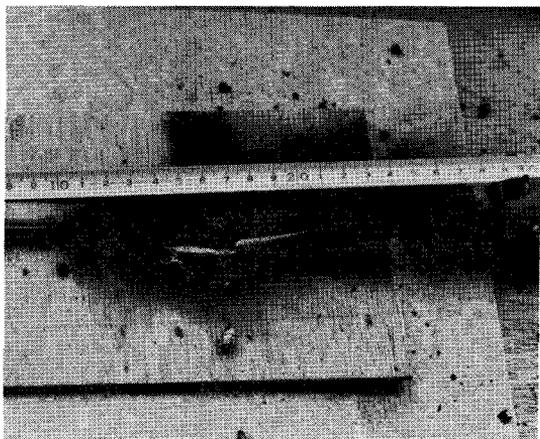
第11図 発煙 (電流 6 [A])



第12図 破裂的発火 (電流 5 [A])



第13図 耐火ボード上の傷痕



第14図 燃焼したベニヤ板