

屋内電気配線等に起因する電気火災の出火機構の解明 と安全対策に関する研究

加藤 和夫* , 片岡 正弘*

概要

最近、配線器具からの出火防止対策として二重被覆のコードを使用したテーブルタップがでまわるようになってきた。

この二重被覆コードを含む各種コード及びテーブルタップの地震時における出火危険性を検証し、安全対策へ反映させることを目的とし研究を行った。その結果、以下のことを確認した。

- 1 二重被覆のコードの方が従来のものより、引っ張りにより内部の素線が切れにくい。
- 2 落下物の衝撃に対しては、二重被覆付きコードの方が被覆に亀裂が発生しにくく、素線が露出しにくい。
- 3 テーブルタップにプラグが差し込まれた状態で落下物の衝撃が加わった場合、プラグキャップが破損し差刃のみが差さったままになる可能性がある。また、可動キャップの方が破損しにくい。

1 研究の目的

電気に起因する火災は、東京消防庁管内で毎年 800 件前後発生しており、中でも、電気器具に付属するコードやプラグからの火災が多くを占めている。こうした中で強度の向上を図るため二重被覆のコードを使用したテーブルタップがでまわるようになってきた。

本研究は、この二重被覆コードを含む各種コード及びテーブルタップの地震時における出火危険性を検証し、安全対策へ反映させることを目的とする。

2 実験の内容

- (1) 二重被覆コードと従来のテーブルタップのコードの引っ張りによる出火危険の検証
- (2) コードに重量物が落下した場合の出火危険の検証
- (3) テーブルタップにプラグが差し込まれた状態で重量物が落下した場合の出火危険の検証

3 試験体

- (1) 使用したコードは表 1 のとおり。
 - (2) 使用したテーブルタップは表 2 のとおり。
- なお、テーブルタップに差し込むプラグは表 3 のとおり。

表 1 試験体 (コード)

試験体No	名称	諸元・外径等			備考
		公称断面積 (mm ²)	素線数・素線径	外径寸法	
1	平型ビニールコード	2.0	37本 0.26mm	3.4 × 6.8 mm	
2	保護被覆付コードA	1.8	67本 0.15mm	4.3 × 7.8 mm	保護被覆の厚さ 0.7mm
3	保護被覆付コードB	1.8	67本 0.15mm	4.3 × 7.7 mm	保護被覆の厚さ 0.5mm
4	T社製タップのコード	1.8	67本 0.15mm	4.1 × 7.2 mm	
5	S社製のOAタップのコード	1.8	67本 0.15mm	4.1 × 7.2 mm	

表 2 試験体 (テーブルタップ)

試験体No	配線器具種類	配線器具メーカー	備考
6	テーブルタップ (二重構造式) 1500W15A125V15A125V	M社製	二重被覆コード
7	テーブルタップ 1500W15A125V	T社製	

表 3 試験体 (プラグ)

試験体	種類	メーカー	備考
プラグ 1	差刃可動式プラグ (可動キャップ)	A社製	モールド型
プラグ 2	差刃可動式プラグ (可動キャップ)	B社製	モールド型でない物
プラグ 3	通常のプラグ	A社製	モールド型

* 第二研究室

4 実験方法

(1) 引張試験

下記に示す試験機により実施した。

引張試験機 (島津 S-500D)

最大荷重 500kgf、試験片直径 80mm、ポンチストローク 試験片下面より 50mm、荷重計 R C
クロスヘッド速度 200mm/min(写真1 参照)

ア コード

表1に示す試験体について引張試験を各3回実施した。(写真2 参照)

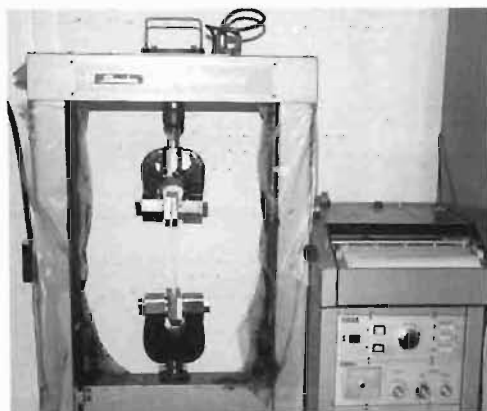


写真1 引張試験機



写真2 試験体の断面 (左から試験体1~5)

イ コード被覆のみ

表1の試験体コード被覆のみについて各1回引張試験を実施した。

(2) 落下物衝撃試験

ア コード

表1の試験体1~5を図1のように合板(12mm)の上に横置きと縦置きの状態に置き、さらに直径10mmの鉄棒を直角に置き、6、8、10kgの重りで落下実験を実施した。(写真3、4 参照)

試験体の配線は長さ150mmで片側50mmは被覆を除去し落下実験後、線間の絶縁抵抗を測定した。

イ テーブルタップ

表2の試験体について実験した。

前(1)の試験方法でテーブルタップ本体及びプラグが差し込まれたテーブルタップに重りを落下させ実験した。

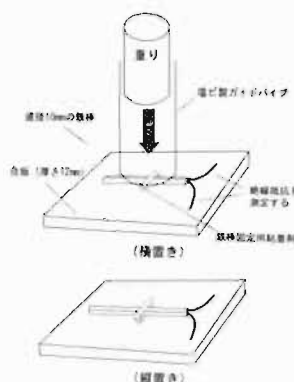


図1 落下実験の設定

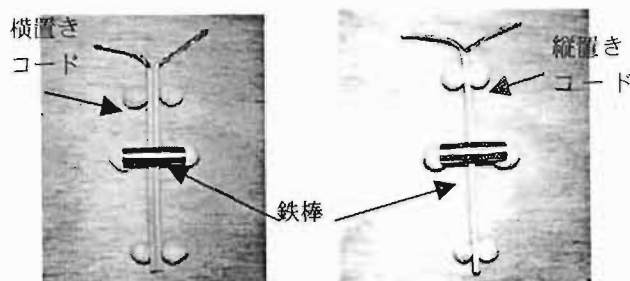


写真3 試験体(横置き) 写真4 試験体(縦置き)

5 実験結果と考察

(1) 引張試験結果

ア コードの引張試験結果

コードの引張試験結果は表4、写真5~7のとおり。又、各コードの3回目の実験における変位-荷重曲線は図2~6のとおりで、以下のことが判明した。

表4 コードの引張試験結果

試験体 No	試験結果				目視観察結果
	最大荷重 (kg)	最大荷重時の変位 (mm)	破断時の荷重 (kg)	破断時の変位 (mm)	
1	1回目	98.0	16.0	15.4	中央部分で切れた。
	2回目	94.5	16.5	27.5	
	3回目	97.8	16.5	15.8	
	平均	96.7	16.3	19.6	
2	1回目	90.8	23.5	13.1	挟具付近で切れた。
	2回目	93.0	24.0	10.3	
	3回目	85.3	20.0	28.0	
	平均	89.7	22.5	17.1	
3	1回目	91.9	16.5	8.8	最初外側の保護被覆が切れ、内部の被覆でもちこたえる。
	2回目	88.3	17.8	7.5	
	3回目	94.4	17.0	33.3	
	平均	91.5	17.1	16.9	
4	1回目	68.5	10.0	21.3	内部の素線は早く切れるが被覆はなかなか切れない。
	2回目	73.7	10.0	15.5	
	3回目	65.0	10.0	25.0	
	平均	68.9	10.0	20.6	
5	1回目	69.5	6.5	24.7	被覆は他に比較して落切れない。
	2回目	65.3	7.2	23.0	
	3回目	62.5	5.0	13.5	
	平均	65.8	6.2	23.9	

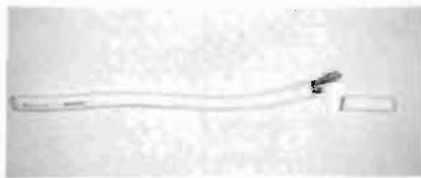


写真5 試験体2の引張試験後の状況



写真6 試験体3の引張試験後の状況

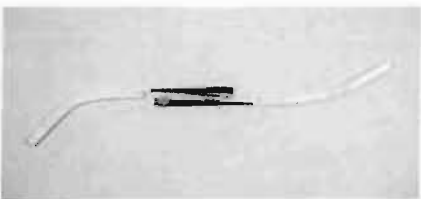


写真7 試験体4の引張試験後の状況

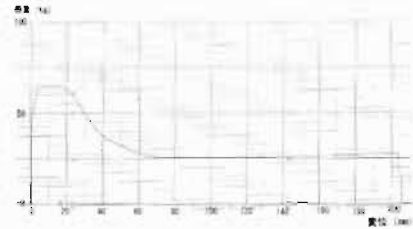


図5 変位-荷重曲線(試験体4)

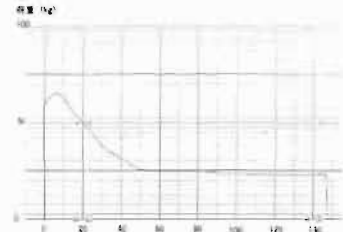


図6 変位-荷重曲線(試験体5)

(7) 配線が徐々に引っ張られて伸長し、最大荷重時に素線が切れ始める。保護被覆付きコード(試験体2、3)の方が従来のもの(試験体4、5)に比べ、最大荷重、最大荷重時の変位が大きいことから引っ張りに対して強い。

(イ) 試験体1(VVF2.0mm²)は素線の径、及び公称断面積が他に比べ大きいことから、最大荷重は最も大きい。保護被覆付きコードの試験体3の最大荷重はこれにかなり近い値になっており、被覆を二重にすると引っ張りに対して強くなるのが分かる。

(ウ) 図2、3、4の変位-荷重曲線から試験体1、3に比べ、試験体2は緩やかなカーブになっている。これは、保護被覆付きコードでも試験体2は被覆樹脂が柔軟性のあるものを使用しているためと思われる。

イ コード(被覆のみ)の引張試験結果

引張試験結果は表5のとおりで、以下のことが判明した。

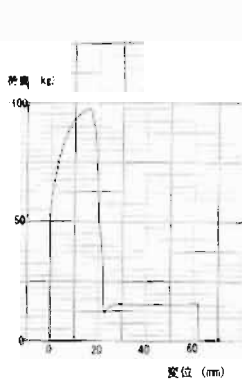


図2 変位-荷重曲線(試験体1)

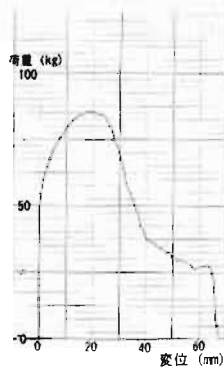


図3 変位-荷重曲線(試験体2)

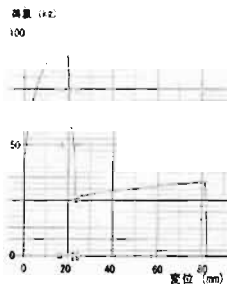


図4 変位-荷重曲線(試験体3)

表5 コード被覆のみの引張試験結果

試験体No	種 類	試 験 結 果		
		最大荷重 (kg)	最大荷重時の変位 (mm)	備 考
1	VVF2.0mm ²	25.6	72.0	
2	A社製保護被覆付コード	25.0	85.5	
3	K社製保護被覆付コード	25.5	76.0	保護被覆は下の挟具の境で切れ、次に中の被覆が途中で切れた。
4	T社製ケーブルのコード	19.4	271.5	
5	S社製のOAケーブルのコード	19.3	278.5	

(7) 試験体4、5は試験体1～3に比べ、被覆は小さい力でよく伸びることが分かる。保護被覆付コードは大きな荷重が加わらないと伸びないことがわかる。

(イ) 保護被覆付コードの試験体2、3を比較すると最大荷重、変位はほぼ同じであるが、試験体3は保護被覆が切

れた後も内部の絶縁被覆が破れるまで破断しないで長く護被覆と内部の絶縁被覆が密着しているため、一挙に破断することがわかる。

(2) 落下物衝撃試験結果

ア コードの落下物衝撃試験結果

試験結果は表6～8、写真8～17のとおりで、以下のことが判明した。

(7) 6kgの横置きの結果、被覆に亀裂ができたのは試験体1のみであった。

6kgの縦置きの結果、保護被覆付きコードの試験体2、3については被覆に亀裂が生じなかったが絶縁抵抗が0になった場合があった。これは、外装的には強いが、平行する2線間の絶縁材の厚みはそれぞれの試験体で大差なかったためと思われる。

(イ) 8kgの横置きの結果、被覆に亀裂が生じたのは従来のテーブルタップコードの試験体4、5の場合であった。8kgの縦置きの結果からは、絶縁抵抗が0になる場合が6kgに比べて多くなった。

(ウ) 10kgの横置きの結果、保護被覆付コード試験体2、3については被覆に亀裂が生じにくいことがわかった。10kgの縦置きの結果、絶縁抵抗が0の場合が6回あり、8kgの場合に比べ多くなっている。

(エ) 横置きの場合絶縁抵抗は全ての場合無限大であったが、二重被覆コードの方が外観的な損傷は少ないことから、配線の外部の被覆が損傷することにより何らかの導電体を介して短絡等により出火する可能性は少ないと思われる。

(オ) 縦置きの場合、二本の導体間が短絡する可能性は二重被覆コードも従来のコードも変わりはない。これは平行する導体間の距離は変わっていないためと考えられる。

(カ) 平行する配線間の絶縁被覆がはがれ、他の導体又は、平行する配線間で短絡等になる可能性は今回の実験では確認されなかったが、被覆内の半断線による出火の可能性は否定できない。

1	縦置き	上3, 下0	∞	下部の被覆が亀裂し、素線が露出した。
		0, 0	∞	
2	横置き	上34, 下12	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		0, 0	∞	
		上全, 下13	0	
3	縦置き	上全, 下3	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		上1, 下5	∞	
4	横置き	全部	0	変形し、上部被覆に亀裂、素線が露出した。
		上22, 下16	∞	
		全部	∞	
5	縦置き	全部	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		上12, 下6	∞	



写真8 試験体1(縦置き)の状況(荷重6kg)

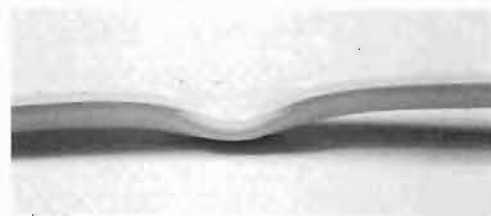


写真9 試験体2(縦置き)の状況(荷重6kg)

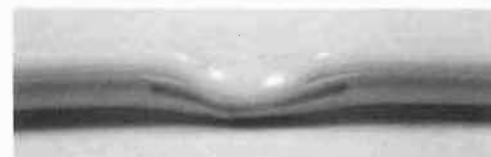


写真10 試験体3(縦置き)の状況(荷重6kg)



写真11 試験体4(縦置き)の状況(荷重6kg)



写真12 試験体5(縦置き)の状況(荷重6kg)

表6 コードの落下物(6kg)衝撃試験結果

試験体No	置き方	切れた素線数(本)	絶縁抵抗(NΩ)	外観状況
1	横置き	全部, 12	∞	下部の被覆が亀裂し、素線が露出した。
		0, 0	∞	
2	縦置き	0, 10	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		0, 0	∞	
		0, 0	∞	
3	縦置き	11, 8	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		0, 0	∞	
4	横置き	全部, 13	∞	変形し、上部被覆に亀裂、素線が露出した。
		0, 0	∞	
		9, 0	∞	
5	縦置き	0, 0	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		4, 1	∞	

表7 コードの落下物(8kg)衝撃試験結果

試験体No.	置き方	切れた素線数(本)	絶縁抵抗(MΩ)	外観状況
1	横置き	0, 0	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		3, 1	∞	
		0, 0	∞	
		8, 0	∞	
		1, 0	∞	
2	横置き	全部	∞	被覆の下部に一部亀裂、素線が露出した。
		0, 0	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
3	横置き	全部	∞	被覆の下部に一部亀裂、素線が露出した。
		0, 0	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
1	縦置き	上12, 下4	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		上2, 下13	∞	
		全部	0	上部被覆に亀裂、素線が露出し短絡。鉄棒を除いても0Ω。
		上61, 下58	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		上68, 下56	0	
全部	0			
2	縦置き	上30, 下0	0.4	内側の絶縁被覆に亀裂が生じた。
		全部	0	被覆の一部に亀裂、配線が露出した。
3	縦置き	全部	0	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		上70, 下47	0	
		上29, 下19	∞	
4	縦置き	全部	0	内側の絶縁被覆に亀裂が生じた。
		全部	0	



写真13 試験体1(横置き)の状況(荷重10kg)



写真14 試験体2(横置き)の状況(荷重10kg)

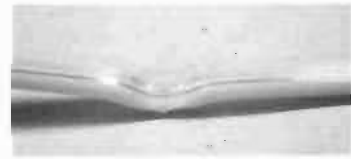


写真15 試験体3(横置き)の状況(荷重10kg)



写真16 試験体4(横置き)の状況(荷重10kg)



写真17 試験体5(横置き)の状況(荷重10kg)

表8 コードの落下物(10kg)衝撃試験結果

試験体No.	置き方	切れた素線数(本)	絶縁抵抗(MΩ)	外観状況
1	横置き	全部	∞	上部被覆一部亀裂、素線露出、下部被覆一部亀裂、素線露出。
		全部	∞	下部の被覆が亀裂し、素線が露出した。
		全部	∞	上部被覆一部亀裂、素線露出、下部被覆一部亀裂、素線露出。
2	横置き	1, 全部	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		全部, 11	∞	
3	横置き	全部	∞	下部の被覆が亀裂し、素線が露出した。
		全部	∞	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		全部	∞	
4	横置き	全部	∞	上部被覆一部亀裂、素線露出、下部被覆一部亀裂、素線露出。
		全部	∞	下部被覆一部亀裂、素線露出。
		全部	∞	上部被覆一部亀裂、素線露出、下部被覆一部亀裂、素線露出。
5	横置き	全部	∞	下部被覆一部亀裂、素線露出。
		全部	∞	上部被覆一部亀裂、素線露出、下部被覆一部亀裂、素線露出。
1	縦置き	上70, 下12	∞	上部被覆一部亀裂、素線露出
		全部	∞	
		上全, 下67	0.3	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
2	縦置き	全部	0	下側の被覆に亀裂が生じた。
		全部	0	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。素線の一部が透けて見えた。
3	縦置き	全部	0	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
		全部	0	下側の被覆一部亀裂、素線露出。
4	縦置き	全部	∞	下側被覆一部亀裂、素線露出。
		全部	0.2	変形したが、被覆に亀裂は生じなかった。
5	縦置き	全部	0	上部被覆一部亀裂、素線露出
		全部	0	下部被覆一部亀裂、素線露出

イ テーブルタップの落下物衝撃試験結果

試験結果は表9のとおりで、以下のことが判明した。

(7) 実験1~3の結果から、テーブルタップにより強度の違いがあることがわかった。試験体6は二重構造になっているため試験体7に比べて衝撃に強い。

(イ) 実験4、7から衝撃に強いタップにモールド型のプラグを差し込んだ状態で重量物が落下すると、プラグのキャップが破損し差刃だけ差さった状態で残り、落下物が導電性の金属等の場合、これを介して導電状態となり、出火の可能性が認められる。

(ウ) テーブルタップにプラグが差し込まれた状態で重量物が落下すると、プラグの付根付近の被覆に亀裂を生じることがあった。

(イ) 実験4~10を比較すると差刃可動式プラグは、差刃付根付近が破損しているが、通常の差刃固定式プラグに比べると破損は小さい。

(オ) 実験8から衝撃に強いタップ(二重構造式)とモールド型差刃可動式プラグを組み合わせた場合、他のものに比べ比較的損傷が少なかった。

(カ) 実験10の結果から通常のタップに10kg程度の重量物が落下した場合、タップケースが大破し内部が露出しブ

ラグ受け金具が変形した。

表9 テーブルタップの落下物衝撃試験結果

実験 No	種類・設定	落下物重量 (kg)	試験結果
1	テーブルタップのみ (試験体6)	5	破損しなかった。
2	テーブルタップのみ (試験体7)	5	プラグ受け周囲が破損し、ケースに亀裂が生じた。
3	テーブルタップのみ (試験体6)	7	破損しなかった。
4	テーブルタップにプラグ1本 (試験体6)、プラグはA社製	5	プラグは折れ曲がり、付け根部分で切断された。又、テーブルタップの受け口の穴の周囲に小さな亀裂が生じた。テーブルタップ配線間の絶縁抵抗は無限度であった。
5	テーブルタップにプラグ1本 (試験体7)、プラグはB社製、可動キャップ	5	プラグの差込付根部分が破損し、差込付根が露出し、落下した鉄棒を介し短絡状態となった。又、付け根部分の被覆が損傷し素線が露出した。
6	テーブルタップにプラグ1本 (試験体7)、プラグはA社製、可動キャップ	5	プラグは差さった状態で差込付根部分が破損し、差込付根部分が露出した。テーブルタップ配線間の絶縁抵抗は無限度であった。又、プラグの配線接続部分は損傷しなかった。
7	テーブルタップにプラグ2本 (試験体6)、プラグはA社製	7	プラグがもげて差込だけが差さった状態で残り鉄棒を介し短絡状態になった。
8	テーブルタップにプラグ2本 (試験体6)、プラグはA社製、可動キャップ	7	プラグは差さったまま、差込可動キャップ部分が一部破損した。テーブルタップは受け口部分の周囲の樹脂に若干の亀裂が入った。
9	テーブルタップにプラグ2本 (試験体6)、プラグはA社製、可動キャップ	10	No.8の実験よりテーブルタップ受け口部分の周囲の樹脂の亀裂が若干大きくなっているが、絶縁は無限度であった。
10	テーブルタップにプラグ2本 (試験体7)、プラグはA社製、及びB社製	10	上部のプラグは差さった状態で差込の間隔が広がり、接続コードの付け根部分でつぶされて切断された。テーブルタップケースは上面が破損し、受け口部分はつぶされ変形した。テーブルタップの絶縁抵抗は無限度であった。下部のプラグ(回転式)は飛ばされ、差込受け部分が破損した。



写真18 実験5の状況



写真19 実験6の状況



写真20 実験7の状況

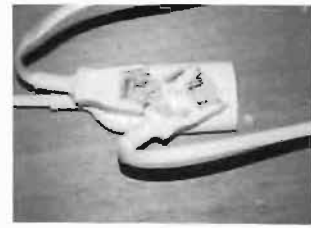


写真21 実験8の状況

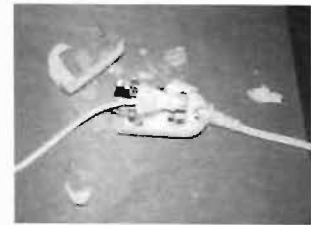


写真22 実験10の状況

6 まとめ

- (1) 保護被覆付コードの方が従来のものより、引っ張りにより内部の素線が切れにくいことが確認できた。
- (2) 落下物の衝撃に対しては、保護被覆付きのコードの方が被覆の亀裂が発生しにくく、素線が露出しにくいことが確認できた。

しかし、縦方向の衝撃に対しては素線間の被覆に亀裂が発生することにより短絡状態になる可能性は従来のものと変わらない。これは、写真2からわかるように保護被覆付きコードの平行する素線間の間隔は従来のコードとほとんど変わらないためと考えられる。

- (3) 落下物による火災発生機構として、コードが落下物の衝撃により絶縁被覆が破損し、露出した素線上に導体(落下物)が接触し短絡して出火する可能性と、コード内部での損傷による半断線や短絡することにより出火する可能性が確認された。

- (4) テーブルタップに差し込まれていたプラグやタップ本体の破損により、通電部が露出し、短絡する可能性が確認された。

- (5) テーブルタップの二重構造のものは、通常のテーブルタップに比べて衝撃に強かった。又、モールド型の差込可動式プラグは最も破損は少なかった。

- (6) 地震時、あるいは、地震後の再通電時において、落下物の衝撃により損傷したコードやテーブルタップからの出火の可能性が本実験により確認されるとともに、出火防止対策として、感震ブレーカーや感震コンセントの活用及び手動によるブレーカー遮断等の措置を講じていく必要性が認められる。

STUDY OF THE ELECTRIC FIRE MECHANISM CAUSED BY THE FAULT OF ELECTRIC CORDS FOR DOMESTIC USE

Kazuo KATO*, Masahiro KATAOKA*

Abstract

Nowadays, we often see a new type of table tap with a cord of double sheath. In this study we compared a double sheath cord type with a single sheath cord type.

The result is as follows :

- 1 A double sheath cord is stronger in strains than a single sheath cord. The wire of double sheath cord didn't break easily compared with the other type.
- 2 When the shock is given by a falling object, a double sheath cord is less likely to have a cleft or to expose the wire.
- 3 When a heavy object falls on a tap with a plug in, the plug cap may break, leaving plates in a female contact. Snap caps do not break so easily.

* Second Laboratory