

耐火電線及び一般電線の難燃度に関する実験結果について

東京消防庁予防部予防課

1. はじめに

電線・ケーブルは、よく知られているように照明、動力設備等のエネルギー供給源として、又は情報の伝送媒体としてあらゆる分野に広く使用され、欠くことのできないものである。しかし、この電線類は、過去の火災事例等からもわかるように火災の延焼の媒体となったり、その燃焼副産物として多量の煙、有害ガスを発生させ、避難及び消火活動に障害を与えている。

このことから、東京消防庁においては、現状における電線・ケーブルの難燃性のレベル及びそれらを判定する試験方法等について各種実験を試みた。この実験では、特に現行の難燃性の試験方法の有効性等について確認し、あわせて電線等の燃焼時における人体への有害性(塩素ガス発生量)についての確認を行ったのでそれらの概要について紹介する。

2 実験期間・場所

期間:平成2年12月～平成4年2月

場所:東京消防庁消防科学研究所

3 実験項目

実験Ⅰ	現行基準による難燃度の確認
実験Ⅱ	難燃度レベル検討のための各種燃焼性実験
実験Ⅲ	塩素ガス発生量等の測定 ① 塩素ガス(HCl)の測定 ② 酸素指数測定

4 各種実験

〔実験1〕現行基準による難燃度の確認

(1) 実験概要

電線の難燃性は、耐火電線の場合、耐火電線の告示基準(昭和53年消防庁告示第7号)において、その燃焼性がシースにあっては、「難燃性を有すること」と定められているがその試験方法は、一般電線・ケーブルと同様に電気用品の技術上の基準を定める省令別表第一付表第二十一耐燃性試験(60度傾斜試験)に準じて行うこととなっている。このことから、その試験方法の確認と適切な試験方法を模索するため表1に示すそれぞれの太さの電線サンプルについての燃焼性を確認する。

(2) 実験方法

電気用品の技術上の基準を定める省令別表第一付表第二十一耐燃性試験と同様な方法で実験を行う。

なお、上記試験方法では、30秒以内でバーナーにより接炎し、着火した時点で炎を離し、その後60秒以内で自然に消えることとなっているが、着火した時点の判断が人によって微妙に異なるので接炎時間を一定(10秒間)とし自然に消えるまでの時間を測定する。(図1,写真1参照)

※事前試験において、すべての試料は接炎後5秒以内に着火することを確認した。

表1 電線の難燃性燃焼試験試料一覧

電線	試料番号	種別	線心数(心)	形状	公称断面積 (mm ²)	導体		絶縁体厚さ (mm)	シース厚さ (mm)	仕上がり外径 (mm)
						構成(本/mm)	外径(mm)			
耐火電線	1	EE	2	平形	1.6 mm	—	1.6	0.8	1.5	7.2×11.0
	2	EV	3	丸形	5.5 mm ²	7 / 1.0	3.0	1.0	1.5	16.5
	3	EE	2	丸形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	12.5
	4	EE	2	平形	1.6 mm	—	1.6	0.8	1.5	7.3×12.0
	5	EE	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	8.0×13.0
	6	EV	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.5×12.0
	7	EV	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.5×12.0
	8	EE	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.3×11.5
	9	EE	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.4×12.0
	10	EE	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	8.0×12.0
	11	EV	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.5×12.0
	12	EV	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.6×12.5
	13	EV	2	平形	2.0 mm	—	2.0	0.8	1.5	7.8×13.0
	14	EE	3	丸形	38.0 mm ²	円形圧縮	7.8	1.2	1.8	28
	15	EE	3	丸形	22.0 mm ²	円形圧縮	6.0	1.2	1.6	23
	16	EE	3	丸形	38.0 mm ²	円形圧縮	7.8	1.2	1.7	27
一般電線	I-1	VV	3	平形	1.6 mm	—	1.6	0.8	1.5	6.2×13.0
	I-2	VV	2	平形	1.6 mm	—	1.6	0.8	1.5	6.2×9.4
	I-3	CV	3	丸形	2.5 mm ²	7 / 1.0	3.0	1.0	1.5	14.5
	I-4	CV	2	丸形	2.0 mm ²	7 / 0.6	2.0	0.8	1.5	6.4
	I-5	CV	3	丸形	22.0 mm ²	円形圧縮	5.5	1.2	1.5	21

(3) 実験結果

接炎時間 10 秒では、表 2 左欄のとおり着火するものの、炎を離すとすべて 60 秒以内（全て瞬時）で自然に消えており、現行基準には満足している。

〔実験Ⅱ〕 難燃度レベル検討のための各種燃焼性実験

(1) 実験概要

実験 1 では現行基準に準じた方法により燃焼性を確認したが、ここでは接炎角度及び接炎時間を変えて行うこととする。

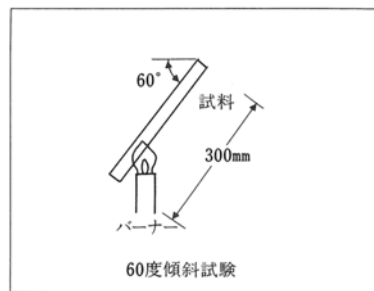


図1 試験方法

また、ケーブルの敷設は、通常の現場においてはグループ化されることから、その燃

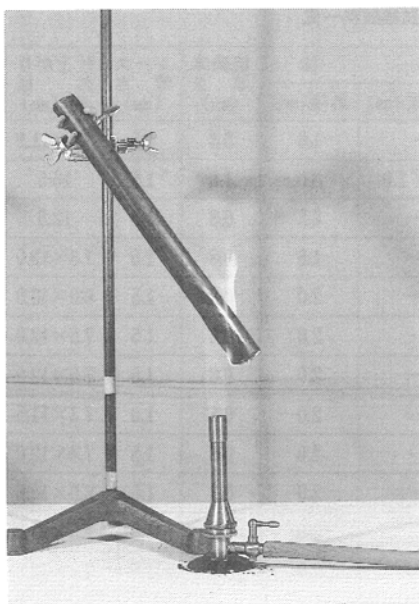


写真1 60度傾斜試験状況

焼性についても確認する。

(2) 実験方法

①実験1の試料を用い図2の取付け方法で接炎時間を30秒、60秒と一定にし自然に消えるまでの時間を測定する。

②耐火電線を数本並べ(グループ化形状)バーナで60秒間接炎し、自然に消えるまでの時間を測定する。

(3) 実験結果

①30秒炎では、表2右欄及び表3のとおり、各々の試験方法において耐火電線16本中、図1の60度傾斜試験では4本、図2の90度傾斜試験では4本、180度傾斜試験では1本のもの燃焼継続時間が60秒を超えた。

なお、この耐火電線は、すべてポリエチレンシースである。一般電線(ビニルシース)5

表2 耐火電線、一般電線の難燃性試験結果

試料番号	接炎角度(60°)				接炎角度(180°)		接炎角度(90°)		
	接炎時間(10 sec)		接炎時間(30 sec)		接炎時間(30 sec)		接炎時間(30 sec)		
	燃焼継続時間(sec)	燃焼距離(mm)	燃焼継続時間(sec)	燃焼距離(mm)	燃焼継続時間(sec)	燃焼距離(mm)	燃焼継続時間(sec)	燃焼距離(mm)	
耐火電線	1	0	25	6	30	1	50	51	55
	2	0	30	10	35	7	55	7	60
	3	0	20	6	40	1	50	40	55
	4	0	10	4	30	1	45	1	50
	5	0	15	21	50	4.9	70	165	65
	6	0	20	0	55	2	55	0	30
	7	0	40	2	25	8	60	3	65
	8	0	20	180以上	70	45	70	180以上	100
	9	0	20	180以上	130	138	50	180以上	100
	10	0	20	2	40	1	60	9	75
	11	0	30	0	50	1.5	55	2	61
	12	0	30	0	45	0	65	0	60
	13	0	20	0	55	0	50	0	35
一般電線	I-1	0	25	36	85	23	50	15	95
	I-2	0	20	2	50	7	60	15	65
	I-3	0	35	1	40	3	60	3	75
	I-4	0	30	38	70	1	50	5	80

注 網かけ部分については、60秒を超えて燃焼したもの。

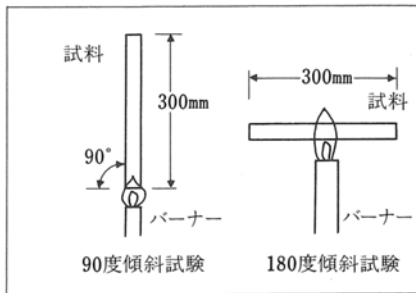


図2 試験方法

本は、1秒～38秒で自然に消えている。

②太ものの電線の60秒接炎では、表3のとおり、耐火電線3本中3本とも燃焼継続時間が60秒を超えている。なお、すべてポリエチレンシースの耐火電線である。

一般電線(ビニルシース)1本は、4秒で自然に消えている。

③電線4本又は5本のグループ化での実験では、耐火電線(ポリエチレンシース)グ

ループを4回実施したが、すべて燃焼継続時間が60秒を超えている。なお、相互に燃焼継続を補完しているのが見られる。一般電線のグループでは11秒で自然に消えている。

〔実験Ⅲ〕塩素ガス発生量等の測定

(1)実験概要

ビニルは難燃性、電気的特性の点で優れた材料であり、電力ケーブルのシース及び防食層に最も広く利用されている。しかし、このビニルは燃焼時に塩化水素ガス(HCl)を発生し、消防活動上の障害はもとより、機器類の腐食や人体に対して有害な影響を及ぼすことが予想される。このことから、耐火電線からの塩素ガス発生量及びシースの難燃性を評価するため、酸素指数を測定する。

(2)実験方法

① 塩素ガス(HCl)測定

実験は、JCS(日本電線工業会規格)C53

表3 電線の難燃性試験結果

試料 番号		接炎時間 接炎角度(°)	30 (sec)		60 (sec)		90 (sec)	
			燃焼継続時間 (sec)	燃焼距離 (mm)	燃焼継続時間 (sec)	燃焼距離 (mm)	燃焼継続時間 (sec)	燃焼距離 (mm)
耐火電線	14	60	3	90	10	110	180以上	160
		90	180以上	95	180以上	110	—	—
		180	2	75	180以上	120	—	—
	15	60	88	85	180以上	110	—	—
		90	4	45	180以上	125	—	—
		180	2	65	105	85	180以上	190
	16	60	95	55	180以上	110	—	—
		90	2	50	35	85	180以上	135
		180	2	70	180以上	205	—	—
一般電線	I-5	60	4	80	3	105	6	110
		90	1	50	4	80	4	90
		180	2	60	4	70	9	75

注1 網かけ部分は、60秒を超えて燃焼したもの。

注2 燃焼時間が、180秒以上となったものは、接炎時間90秒を省略した。

号(IEC 規格 Pub. 754-1)の塩素ガス発生量測定方法に従って実施する。

実験試料は、実験1で使用した各耐火電線の残材から絶縁体、シース、介材など試料0.5gを採取して行う。

②酸素指数(0.1)測定

実験は、JISK7201(酸素指数法による高分子材料の燃焼試験方法)に従って実施する。

なお、試料は、実験1で使用した各耐火電線の残材からシースを採取する。

(3)実験結果

①塩素ガス(HCl)測定結果

実験結果は、表4のとおり。なお、HClが1～5mg/gの範囲で検出反応があったものについては、試験装置ガラス管内などに付着残留したもの、または清掃水(水道水)に含まれるものの誤差である可能性が強く、IEC規格 Pub. 754-1でも5mg/g以下の測定方法としては推奨していないことから、この範囲のものは5mg/g以下とした。

絶縁体、介材及びポリエチレンシースについては、HClの検出反応は無視できる状態(ノンハロゲン)であるが、ビニルシースのHClは、120～267mg/g(一般CVケーブルにあっては289mg/g)が確認できた。

ビニルシースの耐火電線を露出して設ける場合のHClの許容範囲を今後設定する場合に参考となる。なお、業界では150mg/g、原子力発電所のケーブルでは100mg/gが基準とされている。

②酸素指数(0J)測定結果

各耐火電線のシース0.1測定結果を表5に示す。

なお、絶縁体については、導体が単線で線心も細いために、絶縁体単体での実験試料

の作成ができなかったために実験を実施しなかったが、すべてポリエチレン絶縁であるので、数値的には0.1=17～19の範囲と考える。消防法施行令の一部改正に伴う運用について(昭和54年10月2日消防予第184号消防庁予防救急課長通知)によると、合成樹脂類の不燃性又は難燃性の判断は、JISK7201に定ある酸素指数法によることとし、当該試験法に基づく酸素指数26以上のものを不燃性又は難燃性を有するものとして取り扱うこととしている。今回の実験でも耐火ケーブルの酸素指数は1試料を除き概ね26以上である。

酸素指数の高い試料6, 7, 11, 12, 13は燃焼継続時間がほとんどなく自己消炎性が強く認められた。

5. 実験結果から見た所見と課題

(1)難燃性試験方法について

①現行の試験方法は、シースの材質に関係なく早く着火したもののほど火源の接炎時間が短くなる。また、着火の時点(シースそのものの着火又は燃焼分解ガスに着火)の判断に個人差が生じやすい。このことから、接炎時間を着火までとせず、諸外国の例に見られるように一律(例えば30秒間又は60秒間)の時間を定めるべきである。

② 今回の実験において、一部の耐火電線(ポリエチレンシース)は、塩素ガスの発生はないものの一般電線(ビニルシース)より燃えやすいことが分かった。これはポリエチレンシースの難燃度に起因するものと思われる。また耐火電線は一般にブルー

表4 耐火電線の HCl 測定結果

試料番号	絶縁体	介在	シース	備考
1	5 mg/g 以下	—	5 mg/g 以下	
3	”	5 mg/g 以下	”	
4	”	—	”	
5	”	—	”	
6	”	—	164 mg/g	ビニルシース
7	”	—	257 mg/g	ビニルシース
8	”	—	5 mg/g 以下	
9	”	—	”	
10	”	—	”	
11	”	—	267 mg/g	ビニルシース
12	”	—	120 mg/g	ビニルシース
13	”	—	189 mg/g	ビニルシース
一般 CV	”	5 mg/g 以下	289 mg/g	参考値

表5 耐火電線（シース）の 0. I 測定結果

試料番号	0. I 測定値	0. I 決定時の要因	備考
1	29	燃焼時間 3 分	
3	32	燃焼長さ 50 mm	
4	28	燃焼時間 3 分	
5	26 ~ 28	燃焼長さ 50 mm	サンプル不足のため
6	30	燃焼長さ 50 mm	
7	37	燃焼長さ 50 mm	
8	26 ~ 28	燃焼長さ 50 mm	サンプル不足のため
9	25	燃焼時間 3 分	
10	28	燃焼時間 3 分	
11	27	燃焼長さ 50 mm	
12	32	燃焼長さ 50 mm	
13	36	燃焼長さ 50 mm	
一般 CV	絶縁体 17 (一般に17から19)	燃焼時間 3 分	参考値、品種や製造者で異なる。
	シース 25 (一般に23から26)	燃焼時間 3 分	参考値、品種や製造者で異なる。

注1 試料は、ケーブルより A-1 号試料を採取

注2 点火熱源は、都市ガス (1.0 mm φバーナ)

注3 酸素指数を決定できたものの試験回数は3回

プケーブル化されて敷設されることから、これらの条件を考慮した試験基準についても検討すべきである。

③ 現行の難燃試験方法は、電気用品取締法に基づく試験基準を準用しているのであるから、当該試験基準についても①の理由により見直しが必要と思われる。

(2) 高難燃、かつ塩素ガス等の発生の少ない耐火電線の開発促進について最近、深層階を有する対象物が増加し、密閉された場所に耐火電線が敷設されるケースが増加している。密閉空間(長大トンネル等も含む。)での電線燃焼時には多量の煙と有害ガスを発生することが避難及び消防活動には大きな障害となる。

従って、特定場所に敷設する耐火電線として、高難燃性を有し、かつ塩素ガス等の発生の少ない電線の開発促進を図る必要がある。