

# 1 時間耐火ケーブルの開発

## Development of 1 Hour Fire Proof Cables

茂木 淑豪  
Yoshitake MOTEGI

岡崎 英明  
Hideaki OKAZAKI

浦 卓也  
Takuya URA

原田 哲次\*  
Tetsuji HARADA

福田 泰成\*  
Yasunari FUKUDA

近年、建築物の大規模化、高層化が進む中、火災時における避難や消火活動にはこれまで以上に時間を有する事が予想される。2013年6月に（一社）電気設備学会に設置された「防災設備配線の要求性能に関する調査研究委員会」では、国内外の現状における防災設備・配線に対する要求性能の調査を実施した。その結果、消火活動の実態などを考慮した場合、現行の30分/840℃を超える、60分/925℃の火災環境に耐えうる配線開発の必要性が報告書に纏められた。

これを受け、当社では「1時間耐火ケーブル」の開発に着手し、その過程で材料メーカーと共同で新規のマイカテープを開発し、これを適用する事で従来品からマイカテープ枚数を大きく増加させる事無く、1時間耐火性能を有するケーブルの開発を実現した。

In the course of enlarging and “Manhattanizing” of buildings in recent years, it is expected that it will take more time to escape from fire disaster or extinguish fire.

The committee of Research on Required Performance of Wiring for Disaster Prevention Emergency Devices, established in the Institute of Electrical Installation Engineers of Japan in June 2013, conducted a current situation survey on required performance of devices and wiring for disaster prevention in both domestic and foreign countries. As a result, the report of survey proposes that the development of wiring sustainable against 60 minutes / 925-degree Celsius fire environment is required, in light of the actual conditions of firefighting activities, while the current requirement is 30 minutes / 840-degree Celsius.

Accordingly, our company worked on the development of “One-hour fireproof cables”. In the process, we developed a new kind of mica tape with a material manufacturer. And by using this tape, we achieved a development of “One-hour fireproof cables”, without increasing the number so much more than that of conventional mica tapes.

### 1. はじめに

建築物の防災設備に関しては、建築物の変遷にしたがって関連法令や規格・基準が整備されてきたが、その配線については、従前要求されていた耐火性能をもつものが引き続き使用されている。

このような状況を踏まえ、（一社）電気設備学会は、建築物等における災害時の避難等の環境に合わせた防災設備に使用される防災配線のあり方について、2013年6月に「防災設備配線の要求性能に関する調査研究委員会」を組織し、検討を実施した。

当委員会での調査の結果、我が国の近年に於ける建築物の大規模化、高層化、更には火災時における消火活動の実

態などを考慮した場合、避難、誘導にかかる時間は以前よりも増すものと推測され、このような動向を考慮すると、防災設備の電力供給に使用される耐火ケーブルには、従来の30分/840℃を超える、60分/925℃の火災環境に耐えうる性能の必要性があるものと報告書<sup>2)</sup>に纏められた。

### 2. 耐火ケーブルについて

耐火ケーブルを含む消防用ケーブルは、人の密集するビル火災で大勢の人命が奪われる事故が相次いで発生したことから、火災時の非常用電源の確保が重要視され、昭和45年に弱電回路用の「耐熱電線の基準」、昭和46年に強電回路用の「耐火電線の基準」として消防庁により定められた。法令により定められた非常用設備における非常電源、操作回路に使用され、現在では、耐火ケーブル、小勢力回路用

\* 株式会社 岡部マイカ工業所

耐熱電線、警報用ケーブルを主として、全5種類が存在し、その種類（表1）、用途例（図1）を以下に示す。

表1 消防用電線の種類

種類	記号	適用規格
耐火ケーブル (高圧, 低圧)	FP, FP(NH), FP-C, FP-C(NH)	消防庁告示第10号 JCS 4506 JCS 4507
小勢力回路用耐熱電線	HP, HP(NH)	消防庁告示第11号 JCS 3501
警報用ケーブル	AEV, AEE/F	JCS 4396
耐熱形同軸ケーブル	HR-CX, HR-LCX	JCS 5501
耐熱光ファイバケーブル	HP-OP	JCS 5502

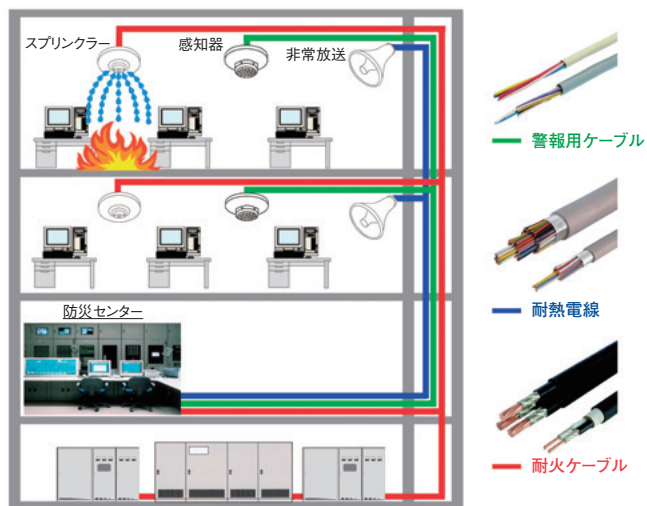


図1 消防用ケーブルの用途例

このうち、耐火ケーブルは、火災時にスプリンクラーを代表とする、消火活動に必要な消火栓設備、排煙設備などに電源を供給する非常電源回路に使用され、火災発生時から避難、誘導、初期消火までの一定時間、通電を確保することを目的としており、現行基準では、30分/840℃の加熱条件下で性能を維持する事が求められている。

### 3. 1時間耐火ケーブルの要求性能と耐火試験

#### 3.1 要求特性について

現行基準における耐火特性が、消防庁告示第十号（平成9年12月18日）に定められ、運用されている現状を考慮し、1時間耐火ケーブルの要求特性策定に於いては、これを踏襲した内容となっており、現行基準との対比を表2に示す。

表2 耐火性能における要求特性比較（概要）

項目	現行	1時間耐火	
到達温度	840℃	925℃	
加熱時間	30 min	60 min	
試験体長さ	1.3 m	1.3 m	
耐電圧	加熱前	1500 V/1 min	1500 V/1 min
	加熱中	600 V/30 min	600 V/60 min
	加熱後	1500 V/1 min	1500 V/1 min
絶縁抵抗	加熱前	50 MΩ	50 MΩ
	加熱後	0.4 MΩ	0.4 MΩ
燃焼性	150 mm以下	150 mm以下	
導通確認	無し	有り	

要求特性の基本的な考え方は、前述した通り現行告示で定められた事項は全て踏襲し、JIS A 1304「建築構造部分の耐火試験方法」に規定された標準曲線に従い、加熱時間を30分から60分へ延長し、これに伴い、到達試験温度も840℃から925℃に高くなっている（図2、図3）。更に、到達試験温度が925℃となり、銅の融点1083℃により近くなることから、IEC規格（International Electrotechnical Commission）やUL規格（Underwriters Laboratories Inc.）の耐火試験に準じて導体の断線検知を目的として、導通確認を追加した内容となっている。

JIS A 1304「建築構造部分の耐火試験方法」加熱曲線B

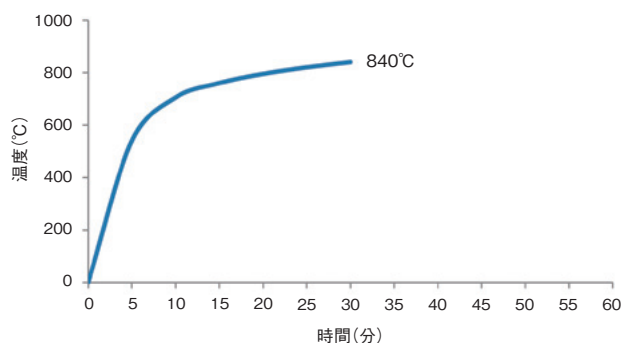


図2 加熱曲線（現行30分/840℃）

JIS A 1304「建築構造部分の耐火試験方法」加熱曲線B

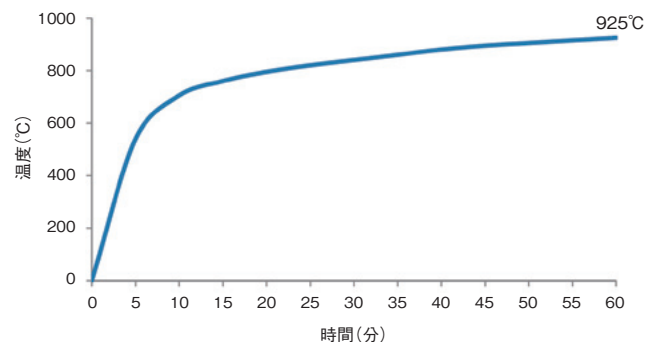


図3 加熱曲線（1時間耐火60分/925℃）

#### 3.2 耐火試験について

耐火試験は簡単に言うと加熱中の電気試験である。加熱曲線に従い加熱を行い、絶縁抵抗と絶縁耐力を測定し、加熱後炉内壁からの延焼距離を測定する。また、耐火試験方法には露出用試験と電線管用試験がある。

露出用試験（図4）は1.3 mのケーブル試料にケーブル自重の2倍の荷重を掛けて加熱試験を行う。プラスチック材料は加熱開始から5分前後の約500℃に達すると着火し、燃焼を始め、サイズや材料にもよるが、試験終了時にはプラスチック系材料等の有機物はほとんどなくなり、耐火層のみ残存する状況となり、大きなサイズでは、荷重が重くなり機械的負荷も増加するため、性能に対する耐火層への依存度は非常に高い。

一方、電線管用試験（図4）は、1.3 mのケーブル試料の中央部40 cmを電線管に収め、電線管の開口部をロックウールで充填し、密閉した状態で試験を行う。露出用試験のように荷重を掛けることもなく、機械的負荷は無いに等しいが、酸素がほとんど供給されない状態で燃焼が進むため、電線管内の有機物は不完全燃焼し、炭化物（カーボン）となって残留するが多い。炭化物は導電性を持つため、この粒子が耐火層内に侵入すると、導通路を形成し、加熱中の電気試験に大きく影響する。つまりここにおいても導体と炭化物の接触を妨げ絶縁性能を担保する役割を担う耐火層の役割は大きいと言える。

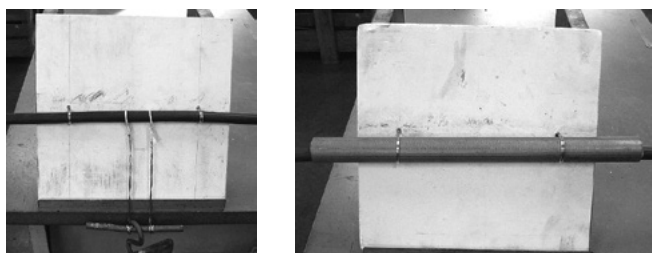


図4 耐火試験体（左：露出用試験 右：電線管用試験）

#### 4. ケーブル設計と耐火層

ケーブル設計において、耐火性能の実現には耐火層設計が要点となり、本取組における1時間耐火性能を実現するにおいても、この耐火層の材料選定、設計が重要な検討事項となった。

耐火層は導体上に施され、マイカテープを使用しており、これが、高温での絶縁性能を発揮する（図5）。マイカは暗緑色を呈する天然の鉱物で、日本語では雲母といい、電気絶縁性、耐熱性に優れており、薄片状にできるため、これを紙状に抄造、補強材に接着剤で貼り合わせし、テープ状にしたものである。マイカそのものは鉱物であるが、テープ状にすることにより、良好な可とう性を持ち、ケーブル化に適した材料となる。

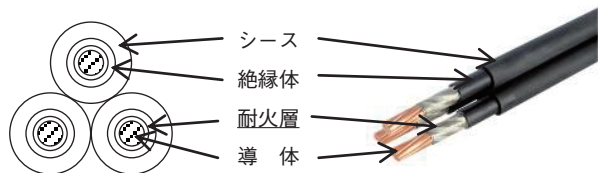


図5 耐火ケーブルの構造

耐火試験では、プラスチック系材料は着火し、燃焼する。しかも、加熱中、加熱直後に絶縁耐力試験を行っており、短絡することは許されない。ケーブルに使用されている材料の燃焼時の熱量及び燃焼時に酸化分解によって発生する導電性ガス（イオン性ガス）が性能の低下に影響するが、特に導電性ガスがマイカテープに含浸する事で、マイカテープの性能が著しく低下し、結果的にケーブルの性能低下

が起る。この環境で一定以上の絶縁抵抗を維持し、耐電圧試験に耐えるには、強固な耐火層即ちマイカテープが必要となる。

### 5. 1 時間耐火ケーブルの開発

#### 5.1 マイカテープの開発

1時間耐火性能を実現するにおいて、耐火層の強化策として、単純にマイカテープの施す枚数を増やすことが当初考案されたが、これは材料コスト、製造コストを増大させ、更にはケーブルの取り扱い性を損なうため、市場性を考慮すると得策とは言えない。

そこで当社は、(株)岡部マイカ工業所と共同で新たなマイカテープの開発を進めた。

前述したとおり、マイカテープは、ケーブル燃焼時に発生する導電性ガスの影響を受け、この導電性ガスがマイカテープに含浸する事で性能低下を受ける。

本開発では、ここに着目し、導電性ガスのマイカテープへの含浸を防ぐべく、マイカと接着剤の間にナノシリカを塗布（図7開発品の白斑部）し、導電性ガスを細孔に取り込む物理的な吸着、及び、シラノール基との反応による化学的な吸着・分解により、ケーブル燃焼時のマイカテープの健全性を持続させ、耐火性能の向上を図る事を目的とした（図6、図7、図8）。

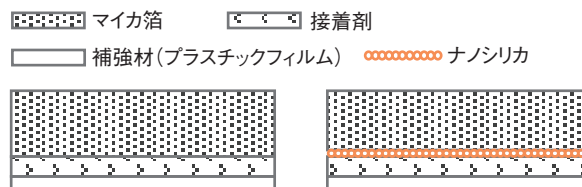


図6 マイカテープ構成（左：現行品 右：開発品）

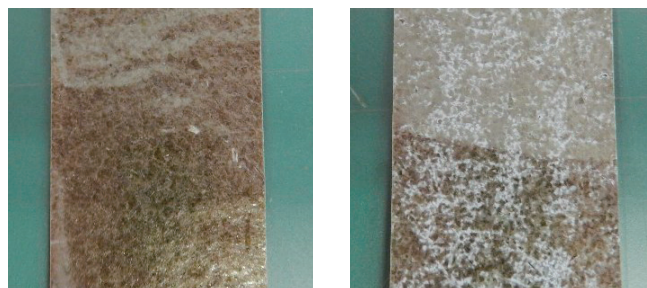


図7 マイカテープ外観（左：現行品 右：開発品）

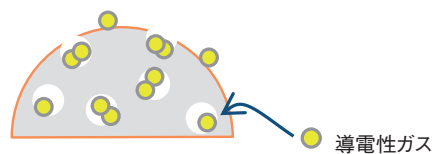


図8 導電性ガスのナノシリカへの吸着イメージ

当該マイカテープの有用性を確認すべく、ケーブル試作(1C × 22 mm<sup>2</sup>)を行い、導電性ガスの影響の受けやすい電線管用試験で耐火試験を行った結果の概要を図8、図9に示す。本試作のケーブル設計における耐火層(マイカテープ)以外の仕様は全て現行耐火ケーブルと同様とした。

尚、試験条件(加熱条件)は、開発のターゲットとしている60分/925℃の加熱曲線としている。

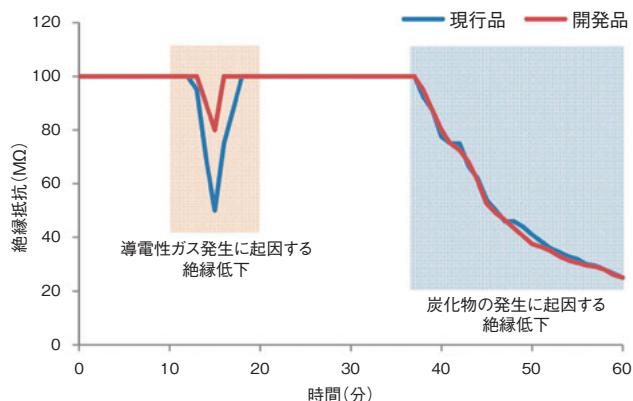


図9 耐火試験における絶縁抵抗値推移

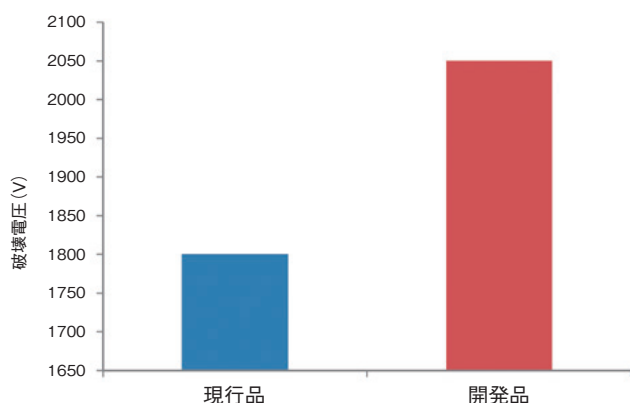


図10 耐火試験後の破壊電圧平均値 (n=2)

試験結果に見られるとおり、耐火試験中における、特に、絶縁、シースの最大燃焼タイミングである15分前後において、絶縁抵抗値の減少が少なくなり(図9)、更に、試験後のマイカテープの実力値を確認すべく実施した破壊電圧測定においても、現行品より高い数値が得られている(図10)。これにより、塗布したナノシリカの効果により、マイカテープの健全性が維持され、耐火特性の向上に寄与していることが伺える。

上記試験結果をもとに、当社と(株)岡部マイカ工業所は、シリカ塗布を施したマイカテープを使用した耐火ケーブルとして、特許の共同出願を果たし、取得している<sup>3)</sup>。

## 5.2 ケーブル開発

当社としては、開発したマイカテープの有用性を最大限生かすべく、1時間耐火ケーブルへの適用性について種々検討を進め、一部のサイズについては、現行耐火ケーブルと大きく仕様を変えることなく、1時間耐火性能を有するケーブル開発に成功している(表3)。

表3 1時間耐火ケーブル仕様例) 2C × 1.2 mm

ケーブル仕様		現行	1時間耐火
耐火層	マイカテープ	現行品	開発品
	巻き数	1枚巻	1枚巻
絶縁体		PE	PE
シース		耐燃PE	耐燃PE
外径 mm		約6.5 × 10.5	約6.5 × 10.5
重量 kg/km		約80	約80

## 6. まとめ

当社は、(一社)電気設備学会の研究により提唱された、60分/925℃の火災環境に耐えうる1時間耐火ケーブルの開発に当たり、(株)岡部マイカ工業所と共同開発したマイカテープを使用する事により、現行耐火ケーブルから大きく仕様を変更することなく、特性を満足出来るケーブルの開発に成功した。

現在、(一社)日本電線工業会、(一社)電線総合技術センターでは、JCS規格化ならびに評定制度の策定を検討しており、当社としてはこの動向を注視しながら、制度開始後速やかに評定を取得できる体制を整えるべく活動を継続している。

## 参考文献

- 1) 平方和良, 他: 消防用電線の現状と今後の展望  
昭和電線レビュー, Vol.57, No.1, p.5 (2007)
- 2) (一社)電気設備学会: 防災設備配線の要求性能に関する調査研究報告書(2014)
- 3) 岡崎英明, 他: 耐火ケーブル, 特許第6111448号

---

富士電線(株)

茂木 淑豪 (もてぎ よしたけ)  
生産本部 伊勢原工場 電力技術課長  
消防用ケーブルの設計・開発に従事

富士電線(株)

岡崎 英明 (おかざき ひであき)  
生産本部 甲府工場長  
通信・消防用ケーブルの設計・開発に従事

富士電線(株)

浦 卓也 (うら たくや)  
取締役 生産本部長  
通信・消防用ケーブルの設計・開発に従事

株式会社 岡部マイカ工業所

原田 哲次 (はらだ てつじ)  
技術部部长  
耐火電線用マイカテープの開発に従事

株式会社 岡部マイカ工業所

福田 泰成 (ふくだ やすなり)  
技術部  
耐火電線用マイカテープの開発に従事