

昭和電線 レビュー

2019 VOL.65 通巻121号

SWCC SHOWA GROUP TECHNICAL REVIEW

ISSN 2345-518X



昭和電線ホールディングス株式会社

www.swcc.co.jp/

目 次

〈普通論文〉

引張変形を許容する SWCC リング付き 天然ゴム系積層ゴムのせん断線返し加振試験	昭和電線ケーブルシステム(株) 三須基規・足立拓朗 戸田建設株式会社 得能将紀・桑 素彦	5
航空機操縦装置用光線路の開発	昭和電線ケーブルシステム(株) 永井傑朗・田邊賢吾 村瀬知丘・清武耕三 高橋 徹 川崎重工業株式会社 山本浩一・加藤 悟 太田裕之	11
スマート終端接続部のラインナップ化	昭和電線ケーブルシステム(株) 住本 勉・田渡未沙 松澤俊輔・丸山英之	15
流動溶融銅中の酸素量連続測定技術の開発	昭和電線ケーブルシステム(株) 小泉 勉・三好佑介 岡英次朗・三輪俊策 株式会社 TYK 大島智子・加藤 亘 高山定和	19
防蟻 CV ケーブルの開発	昭和電線ケーブルシステム(株) 齊藤真利子・藤田道朝 堀将太郎・岡本貴裕 三浦浩二・秋谷安司	23
1 時間耐火ケーブルの開発	富士電線(株) 茂木淑豪・岡崎英明 浦 卓也 株式会社 岡部マイカ工業所 原田哲次・福田泰成	27

〈新製品紹介〉

粘着式鋼鉄道橋用制振材 (SBN ダンパー)	32
リニアアクティブ除振台 VAAV-1000S	33
ノンハロゲンウレタンシース産業用 LAN ケーブル	34
LAN 用カールコード 「スーパーカール TM 」.....	35

〈トピックス〉

110-66/6 kV 移動用ケーブルの実用化	36
高遮へい 10 Giga リール	37

〈工事紹介〉

275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の納入据付	38
-------------------------------------	----

〈技術資料〉

シース接地工事における接地母線について	39
---------------------------	----

〈社外技術発表一覧表〉

40

SWCC SHOWA GROUP TECHNICAL REVIEW

2019 Vol. 65

CONTENTS

< Regular Papers >

Check Test of Full-scale Natural Rubber Bearing with “SWCC ring” by Cyclic Shear Loading Under Tensile Deformation	5
Development of Optical Transmission Line for Aircraft Flight Control	11
Making the Line-up of Smart Type Sealing End	15
Development of Continuous Measurement System of Oxygen Content in the Fluidized Molten Copper	19
Development of Termite-prevention PVC for CV Cable	23
Development of 1 Hour Fire Proof Cables	27

< New Products >

Adhesion Type Vibration Damper for Railway Steel Bridge (SBN Damper)	32
Linear Motor Drive Active Vibration Isolation Unit VAAV-1000S	33
Non-Halogen Urethane Sheath Industrial Type Cable for LAN	34
Curl Cord for LAN “Super Curl”	35

< Topics >

Practical Realization of 110-66/6 kV Mobile XLPE Cable	36
High Shield 10 Giga Reel for LAN Cable	37

< Construction >

Supply and Installation of Smart Sealing End for 275 kV XLPE Cable	38
--	----

< Technical data >

Ground Bus for Sheath Grounding Construction	39
--	----

< List of Technologies Published since 2018 >	40
---	----

Published by

SWCC SHOWA HOLDINGS CO., LTD.

Cube Kawasaki Building, 1-14, Nisshin cho, Kawasaki-Ku,
Kawasaki City, KANAGAWA

URL www.swcc.co.jp

E-mail:kouho@hd.swcc.co.jp

引張変形を許容する SWCC リング付き 天然ゴム系積層ゴムのせん断繰返し加振試験

Check Test of Full-scale Natural Rubber Bearing with “SWCC ring” by Cyclic Shear Loading Under Tensile Deformation

三須基規
Motoki MISU

足立拓朗
Takuro ADACHI

得能将紀*
Masaki TOKUNO

桑 素彦*
Motohiko KUWA

長周期・長時間地震動による繰返し加振を受けた免震部材の性能変化を検証するため、当社では天然ゴム系積層ゴムの圧縮せん断繰返し加振を実施して製品の健全性を確認している。今回は、高度化する免震構造の需要に応えるために開発された SWCC リングを用いて引張せん断繰返し加振を実施した。その結果、当社製品は開発時に検討された評価基準より過酷になった現在の地震動にも有効であることが確認できた。

The safety and stability of natural rubber bearing had been confirmed for long-period ground motions by various compressive shearing tests. This paper presents the results of cyclic shearing test under tensile deformation as latest evaluation criteria, and it is confirmed durability of natural rubber bearing with past development named “SWCC ring” for specialty isolated building.

1. はじめに

長周期・長時間地震動を受けた免震部材は、繰返し変形によって特に減衰性能が変化する。そのため近年では免震部材の吸収エネルギー量を評価する取り組みが進められている。天然ゴムは材料特性として減衰が小さいため繰返し加振の影響を受けにくいと推定されるが、当社では直径 $\phi 1000 \text{ mm}$ と $\phi 1500 \text{ mm}$ の天然ゴム系積層ゴムで圧縮せん断繰返し加振試験を実施しており、長周期・長時間地震動に対する性能変化が小さいことを確認している¹⁾。

一方で圧縮せん断変形での使用を基本とする積層ゴムの重心の高い高層建物に適用するため、鉛直方向引張変形を取付けボルト部に集中させる構造が実用化された³⁾。当社は耐久性の高いクロロプレングムで引張変形を吸収できる『SWCC リング』を開発して多数の建物に納入している。

そこで、**図 1**⁴⁾ のように SWCC リングを用いた天然ゴム系積層ゴムに引張変形を与えた状態でせん断繰返し加振を実施して、過去の開発時より過酷な現在の長周期・長時間地震動への需要に幅広く応えられていることを確認する。

2. 試験体

試験体の仕様を表 1、断面図を**図 2**に示す。積層ゴムは長周期・長時間地震動に対して累積変位と呼ばれる、せん断変形に加振回数を乗じた値で評価される。せん断ひずみが同じ場合、累積変位が同じであればゴム総厚が薄いほど繰返し加振回数が多くなる。一方、積層ゴムのせん断変形によってゴムの分子鎖が伸びて熱が発生した場合、ゴム総厚が厚い大サイズ品は内部に蓄熱しやすいと考えられる。更にゴム材料のせん断弾性率や疲労特性、積層ゴムの繰返し加振の関係も整理する必要がある。

そこで当社積層ゴム（ゴム直径 $\phi 300 \sim \phi 1500 \text{ mm}$ ）の中間サイズで納入実績も多い $\phi 800 \text{ mm}$ と、最大サイズの $\phi 1500 \text{ mm}$ を試験体としてスケール効果を評価した。また前者のせん断弾性率を最小の 0.29 N/mm^2 として、材料

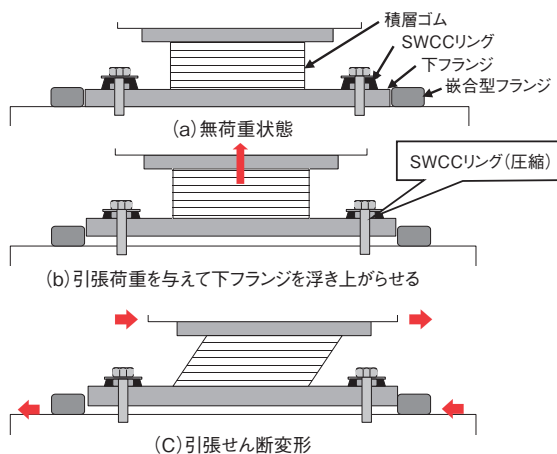


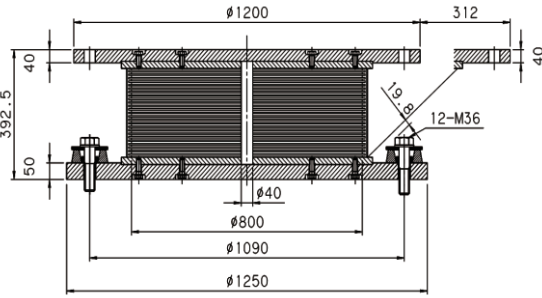
図 1 引張変形を与えた状態のせん断繰返し加振

* 戸田建設株式会社

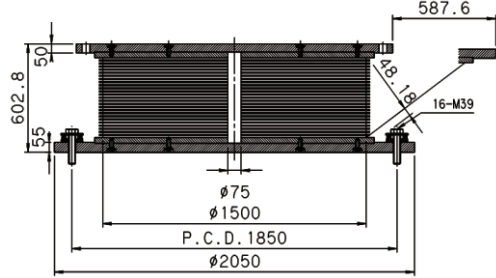
強度が小さいゴムに多くのせん断変形を与えられるようにした。

表 1 試験体仕様

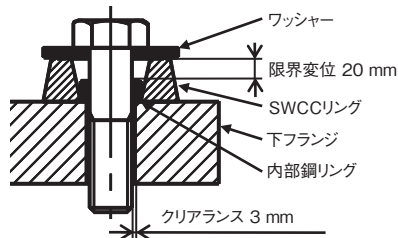
せん断弾性率 [N/mm ²]	積層ゴム			形状係数		下フランジの SWCC リング
	直径 [mm]	厚さ [mm]	層数	S1	S2	
0.29	φ 800	6.0	26	31.7	5.1	M36用 12個
0.39	φ 1500	11.3		31.5		M39用 16個



(a) 積層ゴムφ800:せん断ひずみ200%変形状態



(b) 積層ゴムφ1500:せん断ひずみ200%変形状態



(C) 積層ゴムφ800下フランジのSWCCリング

図 2 試験体断面図

3. 試験方法

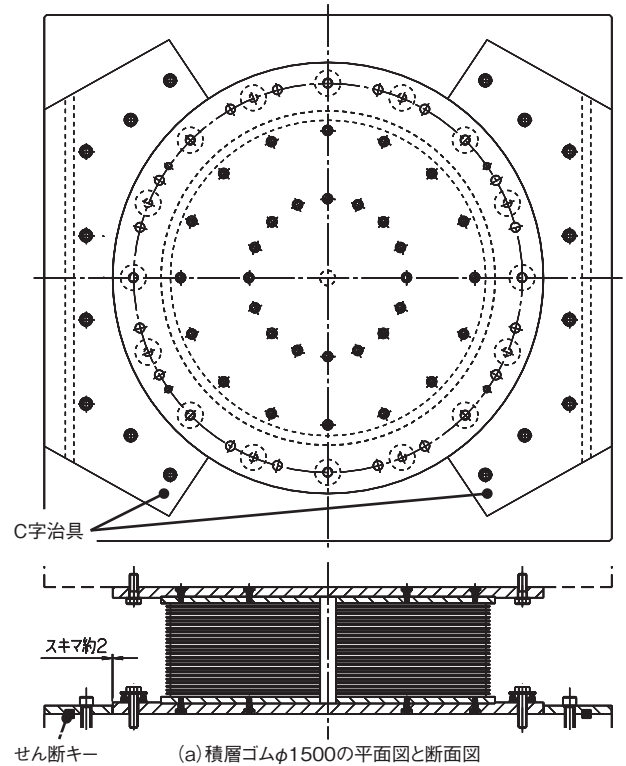
3.1 試験機への取付方法

いずれの試験体も当社所有の 35 MN 圧縮せん断試験機 (鉛直 35 MN, 水平± 8 MN) で評価した。

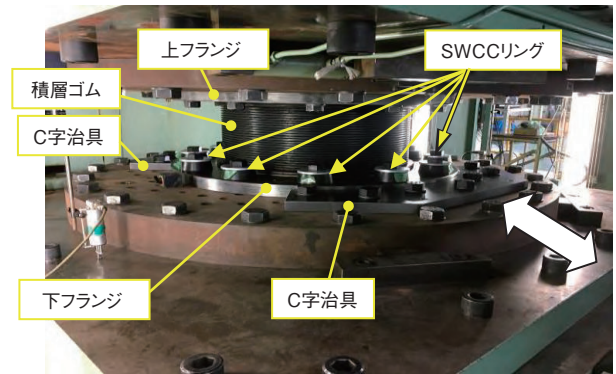
試験体の上フランジは直接、下フランジは SWCC リングを介して試験機にボルトで固定した。図 3 に示す C 字治具を下フランジ加振方向両側に配置して、浮き上がり状態を側面から目視確認しながらせん断変形を与えられるようにした。また下フランジと C 字治具の間に実際の使用状態を模擬して約 2 mm のスキマを設けて、SWCC リング取付けボルトに水平荷重を与えずスムーズな浮き上がりを起こ

せるようにした。C 字治具と試験機間にせん断キーを用いて滑らない構造とした。

SWCC リング内部に建物使用時と同様に内部鋼リングを入れて、限界変形 20 mm を越える SWCC リングの圧縮変形を抑止しながらボルトに荷重を伝えられるようにした。



(a) 積層ゴムφ1500の平面図と断面図



(b) 積層ゴムφ800取付時の外観

図 3 試験機への取付状態

3.2 加振条件

加振条件を表 2 に示す。図 4 に示す基本性能を確認後、まず小さい鉛直荷重でせん断変形を与えた時に下フランジと試験機間で滑る場合の挙動を確認した。

次に約 16 mm の引張変形 (引張ひずみ: φ 800 で 10%, φ 1500 で 5%) を与えた状態でせん断ひずみ± 200% 加振を繰り返した。長周期・長時間地震動による累積変位は 50 m 程度とされており、当社が過去に実施した圧縮せん断繰返し加振試験結果 (φ 1000 : 78.0 m, φ 1500 : 58.8 m) ¹⁾ も考慮して、繰返し加振回数は累積変位が φ 800 で 62.4 m,

φ 1500 で 63.4 m になる値とした。せん断加振速度はいずれも 5 mm/s で、ゴム表面温度は非接触式温度計で 5 サイクル毎に測定した。

φ 800 は SWCC リングを外して下フランジを試験機に固定した状態でせん断ひずみ ± 400% 加振も実施して、繰返し加振が積層ゴムの限界変形性能に与える影響も検証した。

表 2 加振条件

(a) 試験体 φ 800

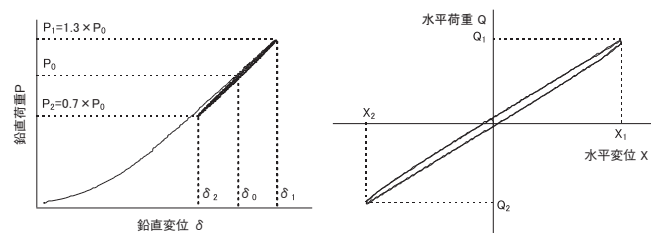
試験順序・項目	圧縮面圧 [N/mm ²]	引張変形 [mm]	せん断			
			ひずみ [%]	変形 [mm]	サイクル	累積変位 [m]
① 基本性能加振	10	—	± 100	± 156.0	3	* 2
② 鉛直無荷重相当時せん断加振	約 0 ^{*1}	—	± 100	± 156.0	3	* 2
③ 引張変形を与えたせん断繰返し加振	—	約 16	± 200	± 312.0	50	62.4
④ 基本性能加振	10	—	± 100	± 156.0	3	* 2
⑤ 限界変形加振	10	—	± 400	± 624.0	1	* 2

* 1 鉛直荷重 100 kN (0.2 N/mm²) 負荷状態 * 2 繰返し加振のみ算出

(b) 試験体 φ 1500

試験順序・項目	圧縮面圧 [N/mm ²]	引張変形 [mm]	せん断			
			ひずみ [%]	変形 [mm]	サイクル	累積変位 [m]
① 基本性能加振	15	—	± 100	± 293.8	3	* 2
② 鉛直無荷重相当時せん断加振	約 0 ^{*1}	—	± 100	± 293.8	3	* 2
③ 引張変形を与えたせん断繰返し加振	—	約 16	± 200	± 587.6	27	63.4
④ 基本性能加振	15	—	± 100	± 293.8	3	* 2

* 1 鉛直荷重 100 kN (0.05 N/mm²) 負荷状態 * 2 繰返し加振のみ算出



$$\text{鉛直剛性} : \frac{P_1 - P_2}{\delta_1 - \delta_2}$$

$$\text{水平剛性} : \frac{Q_1 - Q_2}{X_1 - X_2}$$

図 4 積層ゴム基本性能算出方法

4. 試験結果

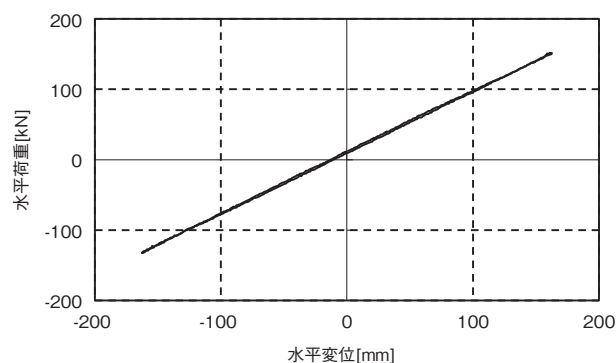
4.1 基本性能及び鉛直無荷重相当時

順序①基本性能加振時の水平方向履歴曲線 3 サイクル目を図 5、測定結果を表 3 に示す。いずれの試験体も設計値に近い基本性能が確認された。

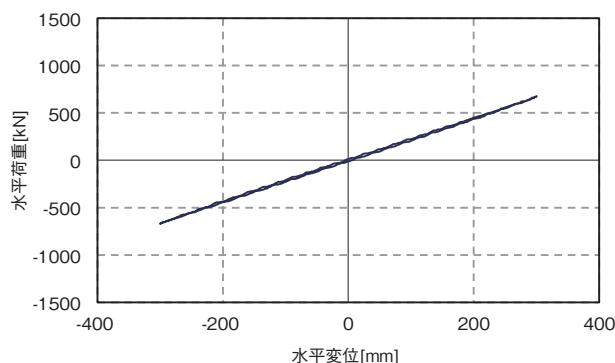
順序②鉛直無荷重相当時せん断加振で得られた水平方向履歴曲線 3 サイクル目を図 6 に示す。φ 800 では水平変位 35 mm 付近で積層ゴムのせん断力が下フランジと試験機間

の摩擦力を越えてスキマ約 2 mm の範囲で滑り、履歴曲線形状が変わった (図 6 (a) 矢印)。滑り現象は全 3 サイクルとも同様に発生しており、下フランジが浮き上がった状態でも積層ゴムは安定したせん断変形を実現していた。

なお φ 1500 ではこの滑り現象が起きなかった。積層ゴムのせん断力はゴムのせん断弾性率とゴム形状と水平変形量で定まるが、下フランジは力学的な強度検討を経て形状が決まるため、大サイズほど重量が増えやすい傾向がある。φ 1500 の方が φ 800 よりゴムのせん断弾性率が高いことも考慮すると、鉛直無荷重相当時の下フランジ滑り現象は、積層ゴムの水平剛性による曲げモーメントや重量の影響も受けて発生すると考えられる。



(a) 積層ゴム φ 800



(b) 積層ゴム φ 1500

図 5 順序① (基本性能加振) 履歴曲線 3 サイクル目

表 3 順序① (基本性能加振) 測定結果

ゴム直径 [mm]	鉛直剛性 [kN/mm]		水平剛性 [kN/mm]			
	設計値	測定値 (20℃補正)	設計値	測定値 (20℃補正)	対設計値	
φ 800	2570	2561	-0.3%	0.95	0.862	-9.3%
φ 1500	5850	5632	-3.7%	2.35	2.27	-3.6%

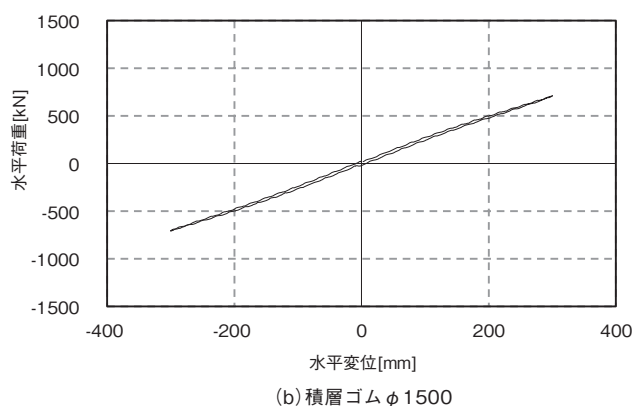
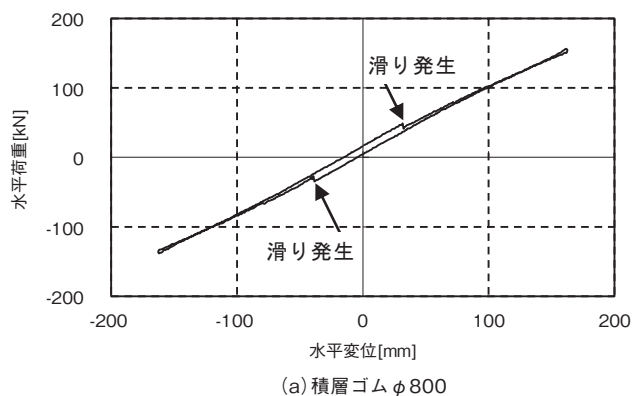


図6 順序② (鉛直無荷重相当) 履歴曲線 3 サイクル目

4.2 引張せん断繰返し加振及び限界変形試験

順序③引張せん断繰返し加振変形状態を図7, 得られた水平方向履歴曲線を図8, 3 サイクル目の水平剛性に対する変化率を図9, ゴム表面温度を図10に示す。一般に地震波速度は100 mm/s 以上の場合が多いが, 今回の試験も過去と同様に試験機能力の都合により速度5 mm/s で加振している。試験開始時のゴム表面温度は20℃以上なので周囲の空気や銅製の試験機への放熱は少ないが, 天然ゴムは減衰特性が小さいため加振による発熱も少ないと推定される。そのため今回の試験は, 既存の試験機で積層ゴムに一定の繰返し変形を与えた耐久性の評価として妥当と考えられる。

その後実施した順序④基本性能加振の測定結果を表4, 順序⑤φ800 限界変形加振で得られた水平方向履歴曲線を図11に示す。当社が過去に実施した圧縮せん断繰返し加振試験前後 (φ1000 : 0.97 倍, φ1500 : 0.96 倍) ¹⁾ より水平剛性変化率は若干大きくなるが, 引張せん断繰返し加振は基本性能やφ800の限界変形性能に大きな影響を与えないことが確認された。SWCCリングも試験後に外観を目視で確認したところ異常は認められなかったため, 積層ゴムに代わって引張変形を許容しつつ荷重を伝達できる能力と耐久力が確認された。

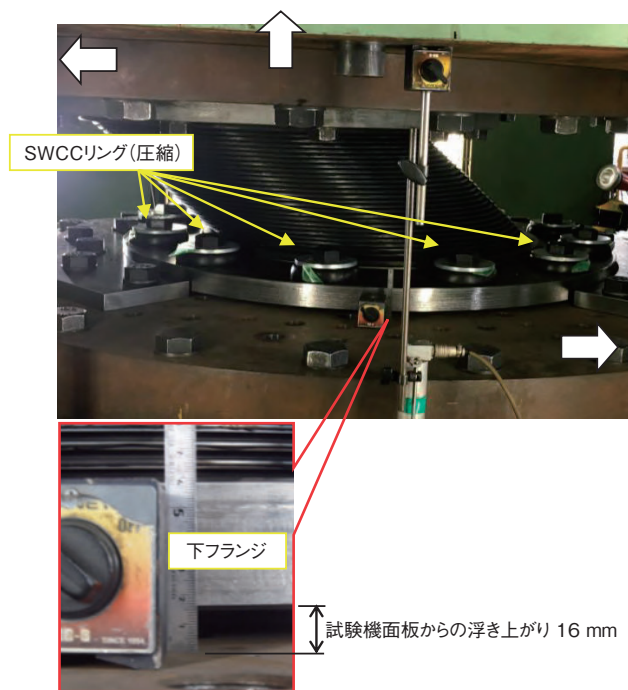


図7 順序③ (引張せん断繰返し加振) の変形状態

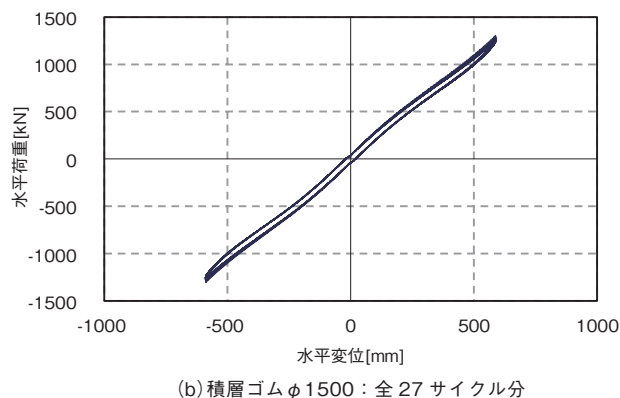
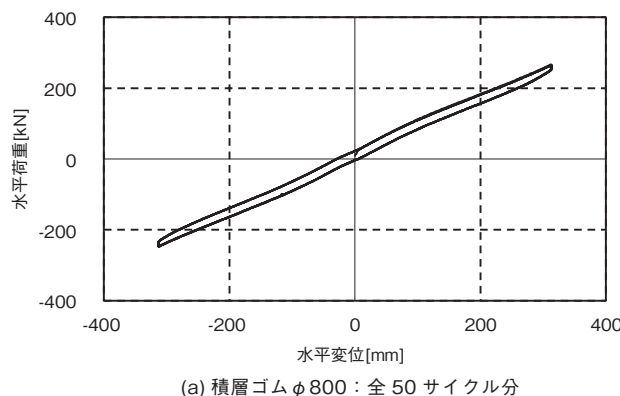


図8 順序③ (引張せん断繰返し加振) 履歴曲線

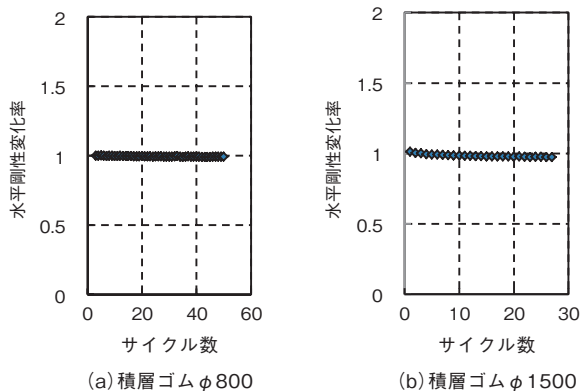


図9 順序③(引張せん断繰返し加振) 水平剛性変化率(対3サイクル目)

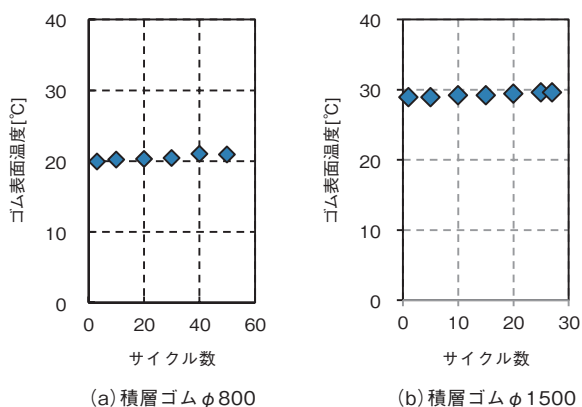


図10 順序③(引張せん断繰返し加振) ゴム表面温度

5. ま と め

引張変形を許容する SWCC リングを用いた天然ゴム系積層ゴムφ 800とφ 1500に、長周期・長時間地震動を模擬したせん断繰返し加振を与えた。その結果から確認できたことを以下に示す。

- 1) SWCC リングを用いた積層ゴムは、引張変形を与えた状態でせん断繰返し加振を与えても水平剛性やゴムの表面温度は殆ど変化しなかった。
- 2) せん断繰返し加振は積層ゴムの基本性能やφ 800 限界変形性能に大きな影響を与えなかった。
- 3) SWCC リング開発時の評価より過酷な長周期・長時間地震動に対しても、SWCC リングとその引張変形許容構造は安定した作動状態や耐久性を示した。

参 考 文 献

- 1) 清水美雪, 他:「長周期・長時間地震動を想定した実大天然ゴム系積層ゴムの繰返し変形試験」, 昭和電線レビュー, Vol.63, No.1, p.5~9 (2017)
- 2) 高坂隆一, 他:「免震建築紹介 深谷赤十字病院新病棟」, MENSHEIN, No.38, p.10~15 (2002.11)
- 3) 「TECHNICAL VIEW 高層マンションに高引抜き対応型免震装置」(株)銭高組 技術研究所, 建築技術, No.757, p.79 (2013.2)
- 4) 足立拓朗, 他:「ゴムリングを用いた天然ゴム系積層ゴムの長周期繰返し加振試験」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1057~1058 (2018)

表4 順序④(順序③後の基本性能加振) 測定結果

ゴム 直径 [mm]	鉛直剛性			水平剛性		
	測定値 (20℃補正) [kN/mm]	対設計値	順序④ 順序①	測定値 (20℃補正) [kN/mm]	対設計値	順序④ 順序①
φ 800	2456	-4.4%	0.96	0.823	-13.4%	0.95
φ 1500	5543	-5.2%	0.98	2.12	-9.7%	0.93

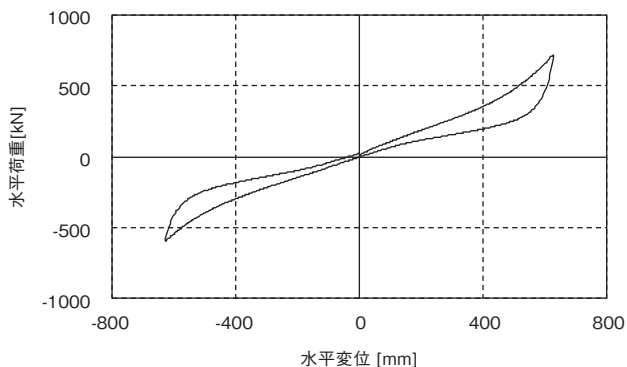


図11 順序⑤(積層ゴムφ 800 限界変形試験) 履歴曲線

昭和電線ケーブルシステム(株)

三須 基規 (みす もとき)

免震制振部 技術課

免震製品的设计・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)

足立 拓朗 (あだち たくろう)

免震制振部 技術課

免震製品的设计・開発に従事

戸田建設株式会社

得能 将紀 (とくのう まさき)

建築設計統括部 構造設計部

戸田建設株式会社

桑 素彦 (くわ もとひこ)

建築設計統括部 構造設計部

航空機操縦装置用光線路の開発

Development of Optical Transmission Line for Aircraft Flight Control

永井 傑朗
Takeshiro NAGAI田邊 賢吾
Kengo TANABE村瀬 知丘
Tomotaka MURASE清武 耕三
Kouzou KIYOTAKE高橋 徹
Tohru TAKAHASHI山本 浩一*
Koichi YAMAMOTO加藤 悟*
Satoru KATO太田 裕之*
Hiroyuki OHTA

航空機の飛行制御技術の高度化に伴い、電磁障害に強く、多数の機器と多重接続が可能となる光データバスシステムの採用が検討されている。今回、我々は光線路に光ファイバを、分岐部に光カプラを用いる光データバスシステムに対して、メインバス用に高 NA、大コア径の低非線形光ファイバを開発し、航空機搭載の環境に耐える光コードを開発した。また、衝撃加速度 8000 G に耐える非対称型溶融延伸光カプラを開発し、アルミ合金のハードシャーシへ収納した。信頼性については、航空機搭載の使用環境を考慮して光コード、光カプラユニットそれぞれの平均故障間隔が 200000 時間以上となるように設計した。さらに、実機での飛行試験評価を実施しており、総飛行時間約 1290 時間で良好な結果が得られている事を確認した。本稿では、その内容について報告する。

As flight control technology progresses, a significant focus is on the development of optical data bus systems resistant to electromagnetic interference and capable of multiplexing with a large number of devices. Optical fibers are used for the transmission lines of flight control devices, and optical coupler units branch the transmission line. We developed a low-nonlinearity optical fiber with a high numerical aperture and a large core diameter for the main bus, and an optical cord which can withstand the aerospace environment. We also designed an asymmetric fused fiber coupler which can endure shock acceleration up to 8000 G, and be stored in an aluminum alloy hard chassis as a coupler unit. The optical cord and coupler unit are designed to achieve a mean time between failure of over 200000 hours in aerospace environments. Flight test evaluations on actual aircraft showed good results with a total flight time of approximately 1290 hours.

1. はじめに

航空機の操縦方式の変遷の概要を図 1 に示す。初期の操縦方式では、単純なケーブルとリンケージを組合せ、操縦桿や方向舵ペダルの動きを直接アクチュエータに伝える (a) 機力操縦方式が用いられてきた。その後、機体の設計自由度、整備性、軽量化、操縦システムの多重化を目的として機械的リンケージを電線に変え、電気信号によって各操縦翼面を動かす (b) FBW (Fly-By-Wire) 方式が採用されるようになった。FBW 化に伴い、メカニカルシステムは取り外され、電気信号システムのみが操縦システムとしてもちいられるようになり、各装置間の信号伝送もデジタル化された。ただし、デジタル信号は外部ノイズにより誤信号になると影響が大きいため、この対策として、電磁干渉の影響を受けない光信号を用いた (c) FBL (Fly-By-Light) 方式が新たな方式として検討されている。今回、我々は光データバスシステムにおける光線路の光ファイバ部、分岐部につい

てそれぞれ航空機用光コード、光カプラユニットを新たに開発した。本稿では、設計から信頼性評価、飛行試験評価についての概要を報告する。

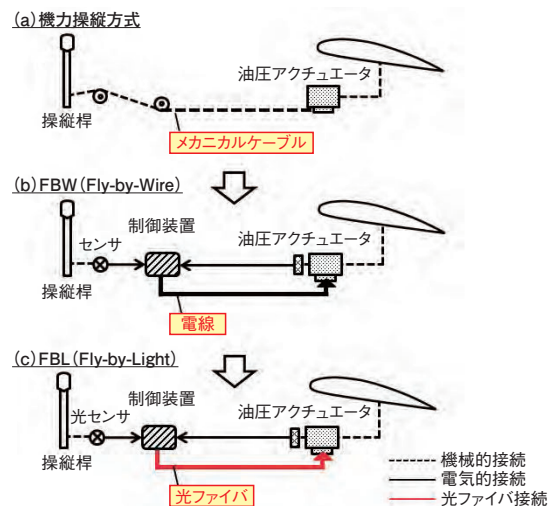


図 1 航空操縦方式の変遷

2. 光通信ネットワークの構成

FBL方式を用いて、航空機内の閉鎖領域での光ネットワーク構成を検討した場合、主なものとしてリング型、スター型、リニアバス型の3種類を挙げることができる。この中でリニアバス型は、各端末部に光信号を分岐することにより信号の伝送を行うネットワークであり、リニア構造を有しているため、敷設、拡張、保守が容易である。そのため、航空機内での実装には、リニアバス型を用いた光データバスシステムが採用されている。光データバスシステムは、光ファイバを用いた同一信号ラインに複数の分岐部が設けられており、各端末部へも光ファイバ接続された構成となっている。概要を図2、図3に示す。なお、光信号を効率良く分配するため、光ファイバ部はメインバス用、スタブ用の2種類の光ファイバで構成されている。

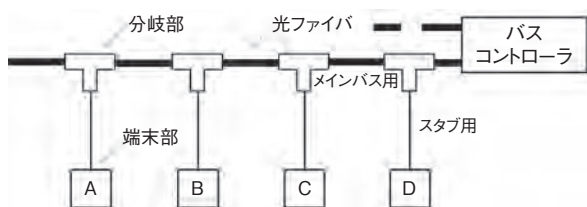


図2 リニアバス型光データバスシステム

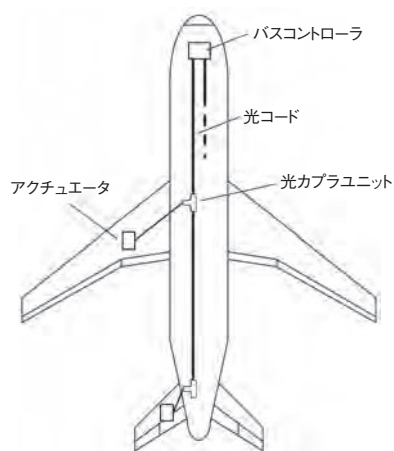


図3 航空機内での配線例

3. 光コード設計

機体の保守運用の観点から光コードは各分岐部、各端末部から着脱可能とするため、両端部に光コネクタを取り付ける構造とした。

3.1 光コード部設計

メインバス用の光ファイバとして、入射光パワーを向上させるため、汎用の光ファイバと比較して高NA、大コア径の低非線形光ファイバを開発した。スタブ用には、汎用の光ファイバを使用した。

一方、航空機用の光コードは、一般的な光コードよりも高い機械的強度、環境特性が要求される。今回、光コード

はコルゲート構造とし、コルゲートの内壁に直接光ファイバが接触し損傷しないよう、内壁には保護層を有するルース構造とした。高温時の熱膨張を勘案してコルゲート外周には長手方向に抗張力体を配置した。また、低温時の収縮によって光ファイバへ加わる歪を抑制するよう、コルゲート内径を最適化した。また、耐燃性についても考慮し、構成材料は高酸素指数の材料を採用した。

3.2 光コネクタ部設計

光コネクタのインターフェイスは汎用構造とし、バックシェルのみ専用設計した。光コードと光コネクタ部をつなぐバックシェルは、高いコネクタ曲げ特性を有するよう、筐体は金属製とし、内部には部分的にモールド構造も取り入れた。一方、航空機用部品は軽量化が要求されることからバックシェル部の重量については十分な注意をはらった。実際に今回開発したコネクタ付き光コードの外観写真を図4、図5に示す。



図4 メインバス用コネクタ付き光コード



図5 スタブ用コネクタ付き光コード

4. 光カプラユニット設計

光カプラユニットは、光信号の統合、分配を行うことを目的とする。光カプラユニットは、金属のハードシャーシで構成され、低損失を実現するため溶融延伸型光カプラを用いるとともに、ファイバ減衰型光終端器を付属させる構成とした。コネクタ部設計と同様に航空機搭載条件として、小型、軽量、耐環境性等を満足する必要がある。

4.1 溶融延伸型光カプラ設計

メインバス用、スタブ用の光ファイバは、異なるコア径であることから溶融延伸型光カプラは非対称型となる。非対称型溶融延伸光カプラの模式図を図6に示す。光カプラ

は、元来より衝撃に弱く、熔融延伸部近傍での断線が問題となっていた。今回、耐衝撃に対して高信頼な光カプラを得るため、延伸部断面形状、ファイバ固定用紫外線硬化型接着剤の塗布量、塗布位置、塗布形状を最適化し、衝撃加速度最大8000 Gに耐える設計とした。また、このとき、カプラの固有振動についても解析を行い、共振を防ぐ設計としている。

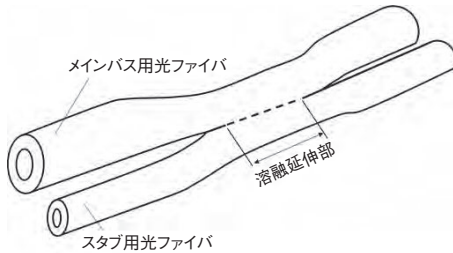


図6 非対称型熔融延伸光カプラ

4.2 光終端器設計

光終端器には、一般にフィルター型等が用いられるが、今回、光データバスシステム用として高い入射光パワーにも耐えうるよう、金属ドープ光ファイバ減衰型の終端器をメインバス用、スタブ用それぞれについて開発した。

4.3 ハードシャーシへの収納

ハードシャーシの筐体には、軽量化に留意し、アルミ合金を採用した。光カプラの収納においては外部からの振動・衝撃を緩和するため、弾性を有する樹脂で実装した。実際に今回開発した光カプラユニットの外観写真を図7に示す。



図7 光カプラユニット

5. 信頼性設計

航空機用光データバスシステムとしての使用環境（温度、湿度、高度、振動、衝撃）を考慮し、信頼性設計を行っている。今回、光コード、光カプラユニットはそれぞれの平均故障間隔が200000時間以上となるように設計している。

6. 信頼性評価結果

表1に今回開発した光コード、光カプラユニットそれぞれの信頼性評価結果を示す。合否判定基準は試験中、試験前後において光データシステムの機能・性能へ影響無い損

失変動であることとしている。良好な特性を有していることを確認した。

表1 信頼性評価結果

試験項目	試験方法	試験結果	
		光コード	光カプラユニット
温度サイクル	Telcordia GR-1221-CORE	合格	合格
温度 (低温, 高温)	MIL-STD-810 方法 502.4	合格	合格
高度	MIL-STD-810 方法 500.4	合格	合格
湿度	MIL-STD-810 方法 507.4	合格	合格
振動	MIL-STD-810 方法 514.5	合格	合格
衝撃	MIL-STD-810 方法 516.5	合格	合格
耐久性	95°C × 2000 hr	合格	合格
機械特性	JIS-C-6821, Telcordia GR-326-CORE	合格	—

その他に、光コード、光カプラユニットを接合した状態でのシステムを模擬した温度サイクル試験も実施した。試験結果を表2に、試験中の写真を図8に示す。良好な特性を有していることを確認した。

表2 組み合わせ評価結果

試験項目	試験方法	試験結果
温度サイクル	Telcordia GR-1221-CORE	合格

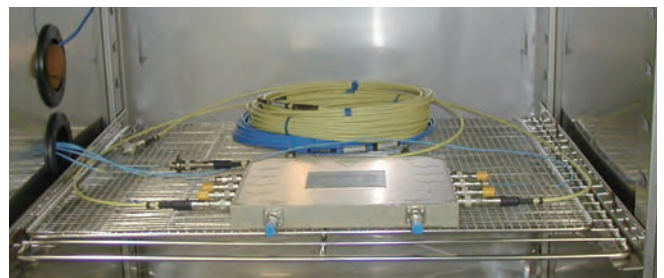


図8 光コード、光カプラユニット接合温度サイクル試験

7. 飛行試験評価

今回開発した光コード及び光カプラユニットは、FBLシステムの構成品として、試作航空機に搭載され、2008年から2013年にかけて、飛行試験が実施された。

飛行試験は、飛行回数約650回、総飛行時間約1290時間にわたり実施され、これにより、光コード及び光カプラユニットが実飛行環境下で所定の機能・性能を発揮することが確認された。

なお、光コード及び光カプラユニットを搭載した航空機は、2013年から実運用されている。

8. まとめ

今回、我々は光データバスシステムの操縦装置用光線路として航空機用光コード及び光カプラユニットを開発した。さらに実際に航空機に搭載して、飛行試験評価を実施しており、良好な結果が得られていることを確認している。

光データバスシステムのFBL方式として初めて実績を積み、実用性を示すことができた。本技術が広く次世代の航空機に適用されることを切に願う。

昭和電線ケーブルシステム(株)
永井 傑朗 (ながい たけしろう)
通信ケーブル部 技術課 光G 主任
通信ケーブル・デバイスの開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
田邊 賢吾 (たなべ けんご)
海外事業部 主査

昭和電線ホールディングス(株)
村瀬 知丘 (むらせ ともたか)
新事業開拓部 インダストリ課 課長

昭和電線ケーブルシステム(株)
清武 耕三 (きよたけ こうぞう)
通信ケーブル部 部長

昭和電線ケーブルシステム(株)
高橋 徹 (たかはし とおる)
電力システム部 電力機器製造課 主幹

川崎重工業株式会社
山本 浩一 (やまもと こういち)
航空宇宙システムカンパニー 防衛宇宙プロジェクト本部
哨戒機・輸送機設計部 電装設計課 課長
P-1/C-2の開発及び維持設計に従事

川崎重工業株式会社
加藤 悟 (かとう さとる)
航空宇宙システムカンパニー 防衛宇宙プロジェクト本部
哨戒機・輸送機設計部 電装設計課
P-1/C-2の開発及び維持設計に従事

川崎重工業株式会社
太田 裕之 (おおた ひろゆき)
航空宇宙システムカンパニー 防衛宇宙プロジェクト本部
哨戒機・輸送機設計部 電装設計課
P-1/C-2の開発及び維持設計に従事

スマート終端接続部のラインナップ化

Making the Line-up of Smart Type Sealing End

住本 勉
Tsutomu SUMIMOTO

田渡 未沙
Misa TAWATARI

松澤 俊輔
Shunsuke MATSUZAWA

丸山 英之
Hideyuki MARUYAMA

スマート終端接続部は、ガス絶縁開閉装置又は変圧器と CV ケーブルを接続するための終端製品である。プラグイン構造を適用することにより、現地接続作業において機器ケースの開放や絶縁媒体（絶縁ガス・油）の充填作業等が省略でき、工期短縮が可能となる。今回 66 kV ~ 275 kV までのスマート終端接続部ラインナップ化が完了したことから、本論文にて報告する。

Smart type sealing end is a termination for connecting XLPE cable to the gas insulation switchgear and/or transformer. When we use the conventional (non-plug-in type) sealing end, we have to open the equipment case and fill up the equipment case with insulation fluid/gas during the on-site assembly work. However, using of the plug-in type sealing end makes it possible to omit those kinds of procedure, so that we can reduce the assembly time. We finished to make the line-up of Smart type sealing end for 66 - 275 kV XLPE cable. In this paper, we have reviewed Smart products line-up.

1. はじめに

スマート終端接続部はガス絶縁開閉装置又は変圧器と CV ケーブルを接続するための製品である。当社では以前より終端接続部の小型化・軽量化、接続作業の簡素化・短縮化を目標に製品開発を行ってきた。2019 年には 275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部^{1)~3)}の納入・運転を開始したので、66/77 kV, 110 kV, 154 kV, 275 kV の全電圧階級のスマート終端接続部ラインナップ化が完了した。本論文では、スマート終端接続部の設計コンセプト、ラインナップレビューを行う。

2. スマート終端接続部の特長

2.1 スマート終端接続部の特長

スマート終端接続部は電界設計の最適化により従来製品と比較して小型化・軽量化を図っており、以下のような特長を有する。

- ①従来製品（電力用規格品）と比較し、小型・軽量
- ②従来製品と同等以上の電気絶縁性能
- ③プラグイン構造採用
- ④マルチコンタクト接続採用（日本国内向け）
- ⑤ブッシングと絶縁筒の一体化による部品点数削減
- ⑥油中・ガス中終端接続部本体材料の共通化
- ⑦機器のサイズや設置スペースの最適化

2.2 キーテクノロジー

スマート終端接続部ラインナップに共通するキーテクノ

ロジーとして、プラグイン構造の適用と電界設計の最適化が挙げられる。

プラグイン構造とすることのメリットとしては、接続材料の挿入作業が容易になること、現地で機器ケースを開放することなく作業が可能となることである。また、日本国内向け製品では、マルチコンタクト+引き抜け防止構造とすることで、更に信頼性を向上した。

電界設計については、ケーブル終端部はストレスコーン部、エポキシブッシング部、機器絶縁媒体との各々の界面

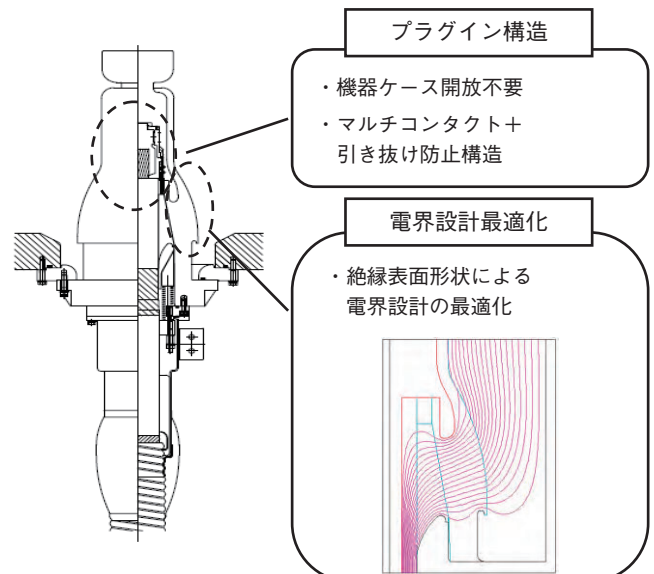


図1 スマート終端接続部のキーテクノロジー

に等電位線が集中するが、ブッシング表面の形状を等電位分布に合わせた設計とすることにより、ブッシング表面の電界分布を最適化した。これにより全長の縮小化を実現した。

1例として、275 kV ガス中終端接続部のスマート製品と従来製品との比較を表1および図2に示す。本体内部の電界設計の最適化により、電気絶縁性能を従来製品と同等以上に保持したまま、重量、全長ともに従来製品の約2分の1とすることができた。

2.3 施工面のメリット

スマート終端接続部にプラグイン構造を適用したことによる施工面のメリットとして、下記の2つが挙げられる。

(メリット1)

従来品の構造は現地組立方式であり、接続工事のために機器ケースを一度現地で取り外して終端を組み立てる必要があった(図3(b))。スマート終端接続部を適用すると、機器ケースを現地で開放する必要がなくなり(図3(a))、機器ケース内への異物混入リスクの低減が可能となった。

(メリット2)

従来は機器ケースを開放するために機器メーカーとケーブルメーカーが交代で作業に当たっていた複雑な施工区分を明確に分けることができ、現地施工の工期短縮化、省力化、両メーカー間の工程調整の簡略化が可能となった(表2参照)。

表1 275 kV ガス中終端接続部の従来製品との比較

項目	スマート終端接続部	従来製品
概算重量	約 120 kg	約 250 kg
全長	約 1160 mm	約 2015 mm

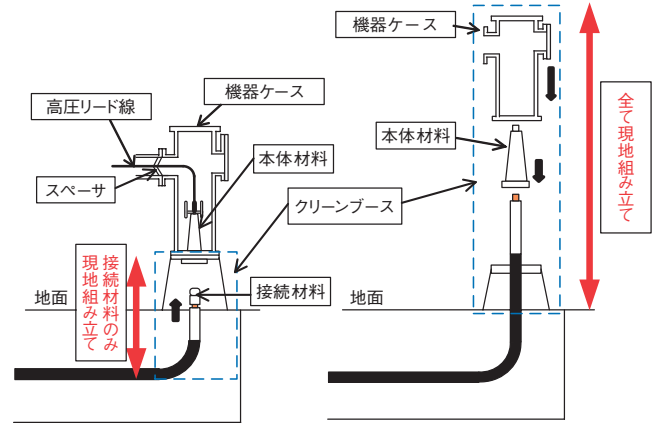


図3 275 kV ガス中終端接続部の組立比較概略図

表2 275 kV スマート終端接続部の施工区分

開発品(例)	施工区分	従来品	施工区分
仮設、足場組立	両社	仮設、足場組立	両社
防油堤設置	機器	防油堤設置	機器
エレファントケース据付	メーカー	エレファントケース据付	機器
ケーブル延線	ケーブル	エレファントケース内油抜き	メーカー
クリーンルーム設置		エレファントケース取り外し	
EB-O(ケーブル処理)	メーカー	ケーブル延線	ケーブル
EB-O組立		クリーンルーム設置	
試充電	両社	EB-O(ケーブル処理)	
		底板、Oリング取り合い	ケーブル
		EB-O組立	
		エレファントケース取付	機器
		シールドリング取付(EB-O側)	ケーブル
		リード線圧縮(EB-O側)取付	メーカー
		シールドリング(機器側)取付	機器
		リード線圧縮(機器側)取付	
		ハンドホール閉	機器
		真空、油填	
		試充電	両社

↑ 短期化、省力化

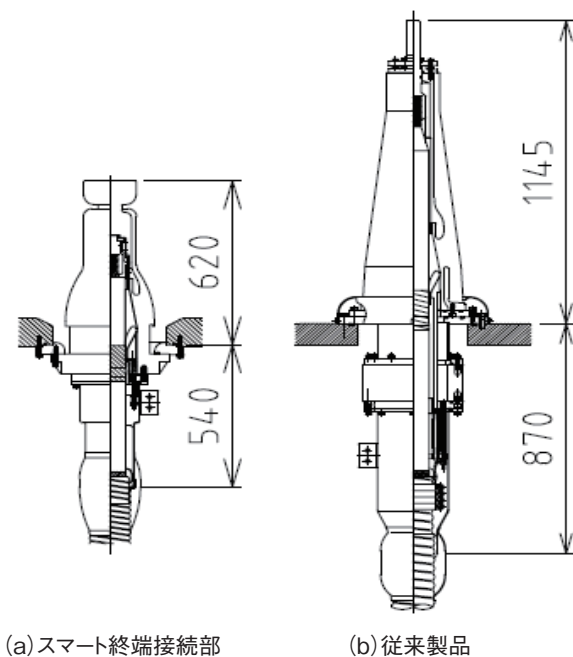


図2 275 kV ガス中終端接続部の従来製品との比較

3. スマート終端接続部の製品ラインナップ

日本国内と海外では電圧階級、寸法仕様の異なる部分があるため、日本国内向けと海外向けに区分してラインナップした。

3.1 日本国内向け製品ラインナップ

日本国内では66/77 kV から275 kV の電圧階級で、終端本体材料は4種類をラインナップした。66/77 kV ~ 154 kV 製品 (Type I ~ III), 275 kV 製品 (Type IV) の概略図を図4に、本体材料の電圧階級・ケーブルサイズ適用範囲を図5に示す。

Type II は66 ~ 154 kV 共通の製品であり、接続するケーブルの電圧階級、導体サイズにより、適切なストレスコーンを選定して使用する。電圧階級にまたがり製品を共通設計とすることで、ラインナップのスリム化を図った。

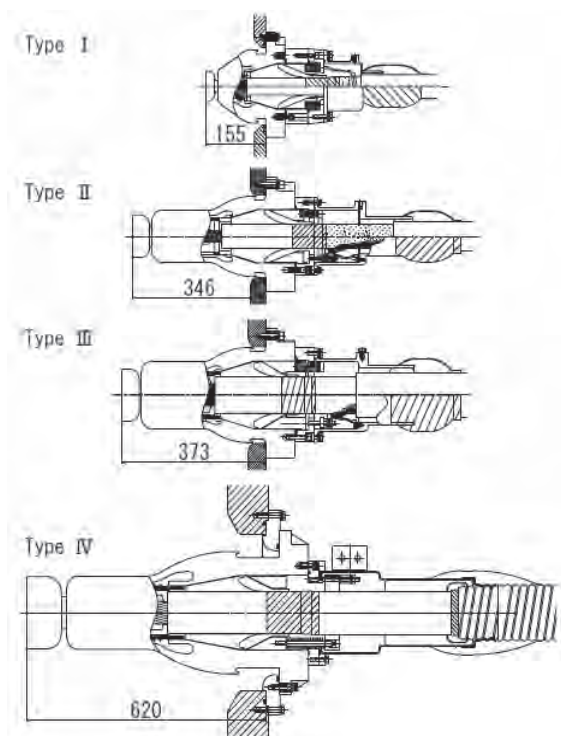


図4 日本国内向けガス／油中終端接続部

電圧階級	66/77 kV	110 kV (14 mm 絶縁)	154 kV (17 mm 絶縁)	275 kV
ケーブル導体サイズ (mm ²)	200	Type I	Type II	市場動向により計画
	250			
	325			
	400			
	500			
	600	Type II	Type III	Type IV
	800			
	1000			
	1200			
	1400			
1600	Type II	Type III	Type IV	
1800				
2000				

注) 上記製品区分は代表的なものであり、詳細仕様により変動あり。

図5 日本国内向けガス／油中終端接続部適用範囲

表3 日本国内向けガス／油中終端接続部の電気特性

項目	規格値 (参照規格: JEC-3408:2015)			
	Type I	Type II	Type III	Type IV
製品	Type I	Type II	Type III	Type IV
公称電圧 (kV)	66	66/154	154	275
ケーブル最高電圧 (kV)	72	168	168	300
商用周波耐電圧 (kV) 試験時間: 60分	130	295	295	525
雷インパルス耐電圧 (kV) 極性・回数: 正負各3回	485	1035	1035	1445
長期課通電試験 (kV)	65	145	145	260

注) 製品は上記規格の他に、JEC-2350:2016, JEC-2200:2014の電気特性も満足している。

Type I, IIIはそれぞれ 66/77 kV 小サイズ, 154 kV 大サイズケーブル用の製品である。Type IVは、275 kV 800～

2000 mm²に対応する終端接続部である (110 kV 2500 mm² 大サイズケーブルへの適用実績あり)。いずれの製品も従来製品に比較して機器内寸法を小型化しており、これにより機器の縮小化設計が可能となる。Type IVの本体フランジと機器内寸法は、海外向け製品 Type D と共通設計とし、IEC 規格に準拠した取り合い寸法とした。

表3に国内向け製品の主要な電気特性を示す。製品は規格 JEC-3408:2015 (CV ケーブルおよび接続部), JEC-2350:2016 (ガス絶縁開閉装置), JEC-2200:2014 (変圧器)の各試験項目を満足している。

3.2 海外向け製品ラインナップ

海外の電圧階級, ケーブルサイズは各国各様であるため、代表的な区分を取り上げる。ラインナップとしては、66 kV～220 kVの電圧階級で、海外規格 IEC62271-209:2019 に従い、Dry-type と Fluid-filled type の全製品をラインナップしている^{4)~6)}。いずれも乾式タイプであり、Dry-type は全てプラグインタイプとなっている。Dry-type の製品外観図を図6に示す。また、製品の代表的な製品区分を図7に示す。

海外向けのガス中終端接続部の機器内寸法および機器フランジ部取り合い寸法は、海外規格 IEC62271-209 の中で、電圧階級 (Rated Voltage) 毎に細かく定められている。当社製品も規格に沿ってラインナップ化した。

表4に海外向け製品の主要な電気特性を示す。製品は規格 IEC60840:2011 (Type A～C), 62067:2011 (Type D) の各試験項目を満足している。

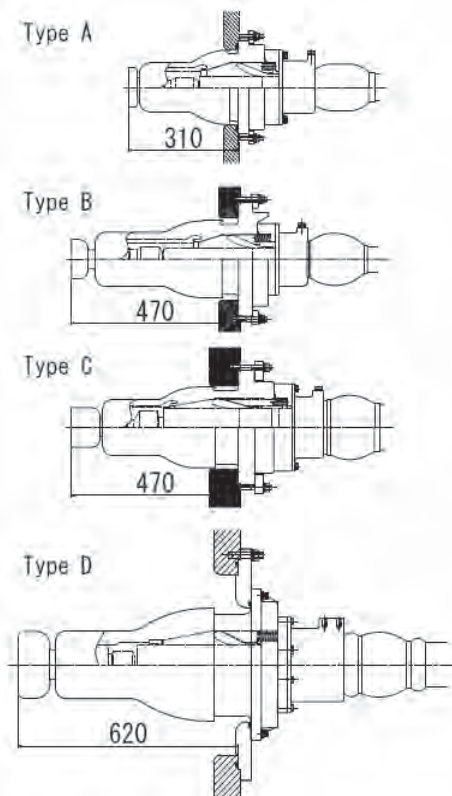


図6 海外向けガス／油中終端接続部

電圧階級	66 kV	110/132 kV	154/161 kV	220 kV
ケーブル導体サイズ (mm ²)	300	Type B		Type D
	400			
	500			
	630			
	800			
	1000	Type A		
	1200			
	1400			
	1600			
	1800			
2000	Type C			

注1) 上記および図6の製品群は IEC62271-209:2019 の Dry-type cable connection に適合したラインナップであり、この他に Fluid-filled cable connection に適合したラインナップもあり。

注2) 接続材料はケーブル導体サイズに応じて更に細かくラインナップあり。

注3) 上記製品区分は代表的なものであり、詳細仕様により変動あり。

図7 海外向けガス/油中終端接続部適用範囲

表4 海外向けガス/油中終端接続部の電気特性

項目	規格値			
	Type A	Type B	Type C	Type D
製品				
Rated voltage (kV)	66	132	161	220
Highest voltage (kV)	72.5	145	170	245
Voltage test (kV) 試験時間：30分	90	190	218	318
Partial discharge test (kV)	54	114	131	190
Heating cycle voltage test (kV)	72	152	174	254
Impulse lightning voltage test (kV) 極性・回数：正負各10回	325	650	750	1050
参照規格 (IEC)	60840			62067

4. まとめ

当社スマート終端接続部は、2019年に製品リリースした日本国内向け275 kV製品を加え、66/77 kV～275 kVまでのスマート終端接続部ラインナップ化を完了した。

スマート終端接続部を適用することにより得られる施工面のメリットとして、①機器ケースを現地で開放する必要がなくなり、機器への異物混入リスクの低減が可能となること、②施工区分を簡素化することにより、機器メーカーとケーブルメーカー間の工程調整の簡略化が実現することで、工期短縮につながる。

今後、電力会社の変電所内機器およびケーブルシステム的全電圧階級におけるトータル建設コストの大幅な削減に寄与できることが期待されている。

参考文献

- 1) 伊藤康介, 他:「275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の開発」, 昭和電線レビュー, Vol.63, pp.14-17 (2017)
- 2) 田渡未沙, 他:「275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の開発」, 平成31年電気学会全国大会, No.5-165 (2019)
- 3) 田渡未沙, 他:「275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の実用化」, 令和元年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.256 (2019)
- 4) 高安央也, 他:「IEC規格準拠123/170 kV スマート終端接続部の開発」, 平成19年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.129 (2007)
- 5) 李鋒, 他:「220/345 kV ガス中終端接続部の開発」, 昭和電線レビュー, Vol.58, No.1, pp.25-28 (2008)
- 6) 李鋒, 他:「IEC規格準拠220/345 kV スマート終端接続部の開発」, 平成20年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.329 (2008)

昭和電線ケーブルシステム(株)
住本 勉 (すみもと つとむ)
電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
田渡 未沙 (たわたり みさ)
電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
松澤 俊輔 (まつざわ しゅんすけ)
電力事業企画推進室
電力機器製品の拡販に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
丸山 英之 (まるやま ひでゆき)
電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の設計・技術に従事

流動溶融銅中の酸素量連続測定技術の開発

Development of Continuous Measurement System of Oxygen Content in the Fluidized Molten Copper

小泉 勉
Tsutomu KOIZUMI

三好 佑介
Yusuke MIYOSHI

岡 英次郎
Eijiro OKA

三輪 俊策
Shunsaku MIWA

大島 智子*
Tomoko OHSHIMA

加藤 亘*
Wataru KATO

高山 定和*
Sadayasu TAKAYAMA

近年、電気自動車の普及に伴い無酸素銅の需要が増加傾向にある。我々は高品質無酸素銅 MiDIP® の品質向上のために、流動溶融銅中の酸素濃度を連続的に測定するシステムの開発を行った。本報では、開発した酸素センサの検証試験ならびにディップ・フォーミング・システムでの実証試験結果について報告する。

Recently, demand for oxygen-free copper tends to increase with the spread of electric vehicles. We developed the continuous measurement system to measure oxygen content in the fluidized molten copper to improve quality of high-quality oxygen-free copper “MiDIP®”. In this paper, we report the laboratory test results of the developed oxygen sensor. Moreover, we report the demonstration test results of the developed oxygen sensor at the dip forming system.

1. はじめに

今日、電気自動車の普及ならびに電子機器の高性能化に伴い、高品質な無酸素銅の需要が高まっている。当社は、三重事業所に設置されるディップ・フォーミング・システム（図1）を用いて高品質無酸素銅 MiDIP® を製造し供給している。MiDIP® は、銅純度 99.99% (4N) 以上、酸素含有量 10 ppm 以下の高品質無酸素銅線である。そのため、導電性、溶接性、加工性、酸化膜性に優れ、水素脆化を起こさない等の優れた特性を持った材料であることから、電線、ケーブル用導体、種々の環境で精密加工される電子部品材料、高導電性を有する溶接線、強加工を必要とする部品、音響用導体等に採用されている。

MiDIP® のさらなる高性能化ならびに品質向上を目的とした施策の一つとして、凝固前の溶融銅中の酸素量の管理があり、流動溶融銅中の酸素量を連続的にインラインで監視するための技術開発に取り組んだ。ディップ・フォーミング・システムは、電気銅を溶解し、溶融銅の状態成分調整を行うため、システム内には常時溶融銅が流れ込んでおり、流動溶融銅中の ppm オーダーでの酸素濃度を連続的に把握することが品質課題の一つとなっている。

本開発は株式会社 TYK と共同で実施した。株式会社 TYK は 2014 年にタフピッチ銅用に高温用濃淡電池型水素・酸素センサの開発に成功し実用化に至っており、そのセンシング技術を当社のコアコンピタンスである無酸素銅製造技術に適用させることにより、MiDIP® 製造中の酸素量を連続的に把握することが可能となる。

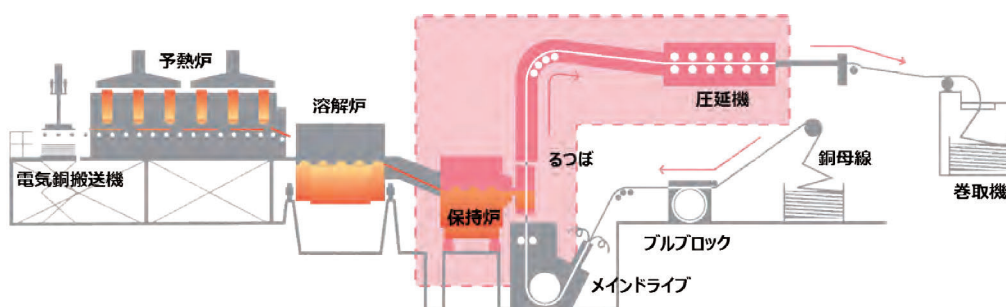


図1 ディップ・フォーミング・システム概略図¹⁾

* 株式会社 TYK

下記に必要な技術開発課題を示す。

①流動溶融銅中で長時間連続測定可能であること。

(特に物理的、化学的な破壊の無いこと)

②センサから不純物元素の混入が無いこと。

(溶融銅との接触部分に金属を使用しない)

③1 ppm以下の精度で測定可能であること。

(測定対象が10 ppm以下であるため)

上記を踏まえ、1 ppm以下の精度で4日間連続測定可能な酸素センサを開発することを目標とした。

現状、流動溶融銅中の酸素濃度は使い切りの酸素濃度計を用いて間欠的に測定されている。構成ならびに測定原理は本センサと同様で、センサ部にジルコニア固体電解質が用いられている。基準物質には酸化鉄などが使用されている。

2. 実験原理及び実験方法

酸素量測定については、部分安定化ジルコニア (PSZ) を用いた濃淡電池型酸素センサを用いた。本酸素センサは、高温下においてジルコニアを介して酸素濃度に勾配が生じると起電力を生じるという原理を用いたもので、起電力と酸素分圧との関係式 (ネルンストの式)²⁾ を利用して、起電力を測定することで酸素分圧から酸素濃度³⁾ に換算するものである。

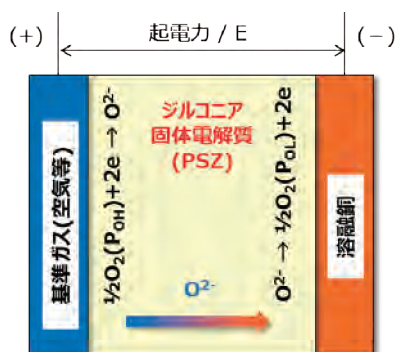


図2 部分安定化ジルコニア式酸素センサ原理図

【ネルンストの式】

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_{OH}}{P_{OL}}$$

E：起電力，R：気体定数，T：溶銅温度

n：移動電子数，F：ファラデー定数

P_{OH}：基準ガスの酸素分圧，P_{OL}：溶銅中の酸素分圧

上記原理を基に図3に示す酸素センサを作製した。酸素センサは、センサセル、熱電対、外部電極で構成されており、酸素濃度勾配を生じさせるための基準ガスには空気を用いた。センサセルには、Y₂O₃、MgO、CaO等で部分的に安定化されたZrO₂管、外部電極には導電性セラミックスを用いた。今回のように、溶融銅中の酸素量を測定する場合

は、図2で示したように、センサ電極側(熱電対)が正極、溶融銅が負極になり、外部電極がリード線として働き起電力を測定することが可能となる。

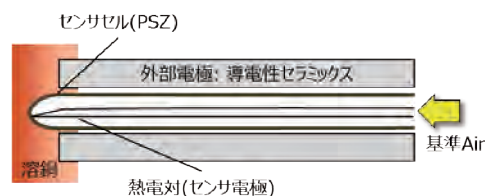


図3 酸素センサ概念図

3. 実験結果

3.1 実験用鑄造装置による検証試験

本酸素センサについては、1日以上連続運転試験実績はあったものの、改めて小規模実験用の溶解炉にてより長時間の検証試験を実施した。図4に試験状況を示す。

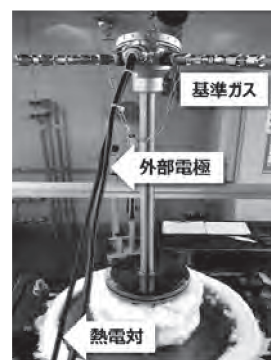


図4 試験状況

検証試験で用いた銅は、ディップ・フォーミング・システムで製造された無酸素銅を用いた。これにより、検証試験後の銅内への不純物混入の確認が容易となる。また、擬似的に実機の雰囲気に近い状態にするため、窒素ガスをつば内に吹き込み、低酸素雰囲気下で連続運転を実施した。さらに、後に実施する実機での実証試験を考慮し、センサプローブにはヘッドパーツを取り付け、計器類等との接続が容易に行えるように設計・組付けを行った。連続運転試験は、90時間連続運転(おおよそ4日間)を目標に実施した。また、試験については、センサプローブの個体差についても検証するため、ラボ試験は2度実施した。以下に示す酸素濃度は、文献値²⁾を用いて酸素分圧から酸素濃度に換算した値である。

図5、6に第1回目ならびに第2回目の検証試験結果を示す。図5から分かるように、測定開始より95時間経過しても、酸素濃度は1 ppm以上に大きな変動は認められず、安定した結果が得られていることが分かる。同様に図6から分かるように、2回目の検証試験においても1回目と同様に測定開始より95時間経過しても酸素濃度に大きな変動は無く、安定した結果が得られていることが分かる。尚、図5、6中のノイズのように酸素濃度が上昇している値が

認められるが、これら値の2点は故意に基準空気の供給を停止し、簡易的にセンサの健全性を確認した結果であり、センサの健全性が確認されたと考えられる。しかしながら、溶融銅中の酸素濃度の絶対値については、検証装置の都合上、消耗型の酸素センサやキャピラリでの溶銅採取などでの酸素濃度測定検証が困難なため、酸素濃度絶対値の確認ならびに本酸素センサのキャリブレーションは実機での実証試験あるいは大型の溶解炉で行うこととした。連続測定試験後に溶融銅を凝固させ、凝固銅内の不純物元素の調査をICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分光分析法を用いて調査を行ったところ、初期値と比較し、不純物元素の混入が無いことが確認され、今回センサプローブに用いた材料全てに問題無いことが確認された。

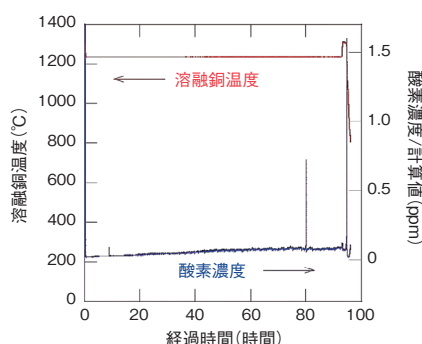


図5 連続運転試験結果 (1回目)

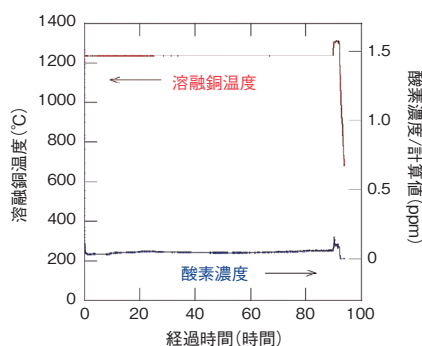


図6 連続運転試験結果 (2回目)

3.2 ディップ・フォーミング・システムによる実証試験

検証試験にて、溶融銅中90時間測定に耐え得ることが確認できたことから、昭和電線ケーブルシステム株式会社三重事業所に設置のディップ・フォーミング・システムでの実証試験を実施した。本実証試験は、第1章に記述した技術課題を解決することが第1の目的である。

まずは、課題の1 ppm以下の精度で測定可能か否かの調査を実施した。本試験は、プロセス上、流動溶融銅中での実施となる。また、実機での試験であるため、間欠的ではあるが、消耗型の酸素濃度計を用いた酸素濃度測定も可能となる。図7に実機での酸素濃度測定結果を示す。酸素濃度については、連続型の酸素センサでの測定結果に消耗型

の酸素濃度計での測定結果をプロットした。図から分かるように、連続型ならびに消耗型はほぼ同様な酸素濃度を示すことが確認された。また、精度についても課題とした1 ppm以下が達成された。加えて、試験中に铸造された銅元材の不純物検査からは、規格値以上の不純物は検出されることは無かった。得られた結果より、流動溶融銅中の連続長時間試験を除き、課題が達成された。

上記試験後、本酸素センサの30時間の連続測定試験を実施したところ、問題なく動作することが確認され、流動溶融銅中においても連続測定が可能であることが証明された。

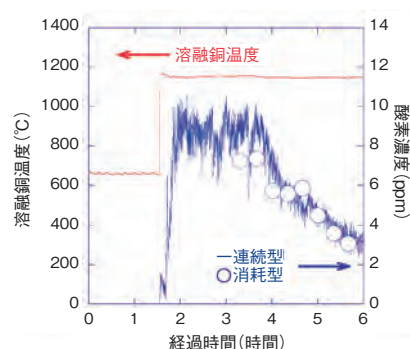


図7 実機での酸素濃度測定結果

4. まとめ

今回、高温用濃淡電池型酸素センサを無酸素銅線製造装置であるディップ・フォーミング・システムへの適用を目的に、本酸素センサの検証試験ならびに実証試験を実施し、実用化に必要な課題を解決するに至った。

- ①溶融銅中で90時間以上の連続測定が可能。
(流動溶融銅中では30時間)
- ②センサからの不純物元素の流出無し。
- ③1 ppm以下の精度で測定可能。

さらに、実機での測定実績を重ね、本センサの耐久性、信頼性、再現性について把握し、早期実用化を図り、このセンシング技術を応用した、より付加価値の高い製品の供給に貢献していきたい。

参考文献

- 1) <https://www.swcc.co.jp/cs/company/pdf/mie.pdf>
- 2) 家守伸正：日本金属学会誌，第41巻，第8号，p803 (1977)
- 3) 大石敏夫他：日本金属学会会報，第25巻，第4号，p291 (1986)

昭和電線ケーブルシステム(株)

小泉 勉 (こいずみ つとむ)

基盤技術開発部 先行技術開発課 主幹

銅合金の開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)

三好 佑介 (みよし ゆうすけ)

線材・巻線部 三重線材課 主任

無酸素銅製造技術開発及び品質管理に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)

岡 英次郎 (おか えいじろう)

生産技術部 三重生産技術課 主任

無酸素銅製造設備の設備設計に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)

三輪 俊策 (みわ しゅんさく)

生産技術部 三重生産技術課

無酸素銅製造設備の設備設計に従事

株式会社 TYK

大島 智子 (おおしま ともこ)

機能材料研究所 主席研究員 博士 (工学)

高温用濃淡電池型センサの開発に従事

株式会社 TYK

加藤 亘 (かとう わたる)

営業開発本部 高機能材部 次長

高温用濃淡電池型センサ等の販売に従事

株式会社 TYK

高山 定和 (たかやま さだやす)

機能材料研究所 所長

高温用濃淡電池型センサの開発に従事

防蟻 CV ケーブルの開発

Development of Termite-prevention PVC for CV Cable

齊藤 真利子
Mariko SAITO

藤田 道朝
Michitomo FUJITA

堀 将太郎
Shotaro HORI

岡本 貴裕
Takahiro OKAMOTO

三浦 浩二
Koji MIURA

秋谷 安司
Yasushi AKIYA

シロアリによる蟻害からケーブルを守る方法として、ナイロンのような硬いプラスチックシースで保護する方法があるが、ケーブルの可とう性が悪くなる等取り扱い性の問題がある。当社では、防蟻剤と PVC コンパウンドの組み合わせにより、一般の CV ケーブルと同等の特性、取り扱い性を有する防蟻 CV ケーブルを開発した。

For protecting the cable from damage by termites, nylon is selected as sheath material. However, nylon is well known as a hard plastic material, so it has some disadvantages such as the flexibility and the handling. We have developed a termite-prevention PVC sheath material with termite-proofing agent for CV cable that has the same characteristics and handling property as a general CV cable.

1. はじめに

西日本地方においては CV ケーブルに対してシロアリによる蟻害が過去より多数発生しており、最近では地球温暖化の影響もあり、シロアリ繁殖地域は徐々に拡大傾向にある。

CV ケーブルの蟻害対策として、機械的保護の観点からナイロン被覆による防蟻層を設けた CV ケーブルが採用されており、電力用規格 A-261「66・77 kV CV ケーブル」や各電力会社の用品規格においても定められている。

さらに、最近の防蟻層はナイロン被覆だけでなく、難燃ポリオレフィン被覆や高密度ポリオレフィン被覆の代替品が開発され、採用されている場合も見受けられる。一部のユーザーにおいては難燃シースケーブルにも防蟻仕様が要求されることがある。

また、現状の防蟻層付 CV ケーブルでは可燃性であるナイロンが最外層にあるため、難燃仕様の場合にはシース上に防蟻層ナイロン被覆を施し、さらにその上に難燃シースを施す 3 重シース構造のケーブルで対応する必要がある。

当社でもナイロン被覆による防蟻層付 CV ケーブルを製造しているが、防蟻層無し CV ケーブルと比較した場合に以下の短所がある。

①ナイロン材料自体の硬度が高く、曲げにくいいため、ケーブル布設において重要なケーブルの許容曲げ半径が大きくなる。したがって防蟻層無しケーブルと比較した場合、布設する際のマンホール寸法は大きく設計しておく必要がある。

②ケーブルを巻くドラムも胴径を大きくする必要があるため、ケーブル巻量も少なくなる。さらにドラムサイズ、ドラム運搬車両も大きくなることからケーブル輸送費が高くなる。

③シースに難燃仕様が要求された場合には 3 重シースになり、製造効率が悪い。さらにケーブル外径も大きくなるため、上記のように輸送効率も悪くなる。

④ナイロン被覆の場合には可燃性であることから管路布設でもマンホール部は延焼を防止するために別途防災テープを巻かなければならない。

本報では防蟻層無しケーブルと同等の電気特性、機械特性を満足しつつ、ケーブル外径や許容曲げ半径も同等で防蟻性能を有する防蟻 CV ケーブルを開発したため、その結果を報告する。

2. 材料開発

本開発では、一般の CV ケーブルと同様の取り扱い性（可とう性）を可能にする防蟻ケーブルを目標とし、従来仕様のシロアリの歯が立ちにくい硬い材料にて機械的に保護するのではなく、多くの使用実績のあるビニル（PVC、以下 PVC と記載する）コンパウンドをベースに防蟻剤を添加する組み合わせで検討を実施した。

材料開発のポイントは、①防蟻剤の選定、②防蟻剤添加による特性変化の検証、③防蟻効果の検証、④防蟻剤の環境への影響である。以下各項目について概要を述べる。

2.1 防蟻剤の選定

防蟻薬剤は様々なタイプが流通しているが、本開発では、安全性が高く、木造文化財のシロアリ保護でも使用実績の多いネオニコチノイド系防蟻剤を選定した。防蟻効果のメカニズムを次に示す。シロアリが防蟻ケーブルに触れると、防蟻剤の有効成分がシロアリの神経伝達部分（ニコチン性アセチルコリン受容体）に作用し、神経をマヒさせることにより効果を発揮する。なお、人やペットなどの脊椎動物は神経伝達部分（受容体）の構造が異なるためほとんど影響しない。ラットを用いた実験では、防蟻剤有効成分の急性経口毒性（LD50）は5000以上と、食塩よりも毒性が低いとされている。

2.2 防蟻剤添加による特性変化の検証

防蟻剤添加による特性変化を検証するため、防蟻剤を添加したPVCシートを作製し、ケーブルシースで要求される特性に相当する各種物性評価を実施した。なお、防蟻剤添加PVCシートは、PVCコンパウンドをロール混練加工する際に防蟻剤を添加した後、プレス成型して作製した。

物性評価試験の結果、耐寒性（脆化温度）について、防蟻剤を添加することにより低下（脆化温度が上昇）する傾向が確認された。なお、耐寒性試験は、JIS C 3005 (2014) 4.22 項 耐寒に記載された方法で行い、試験温度を1℃刻みで行った時、破断が1本も発生しない最低温度を脆化温度とした。

耐寒性の低下に対応するため、ベースであるPVCコンパウンドの配合の一部見直しを行った。なお、配合見直しに使用した配合剤は、今回ベースとしたPVCコンパウンドとは異なるPVCコンパウンドにおいて十分な使用実績を持つ配合剤を使用した。その結果、改良後のPVCコンパウンドは防蟻剤を添加しても、要求される耐寒性を満足する結果が得られることを確認した。耐寒性改良前後の脆化温度を図1に示す。また、その他評価項目についても特に問題となる特性変化は見られないことを確認した。

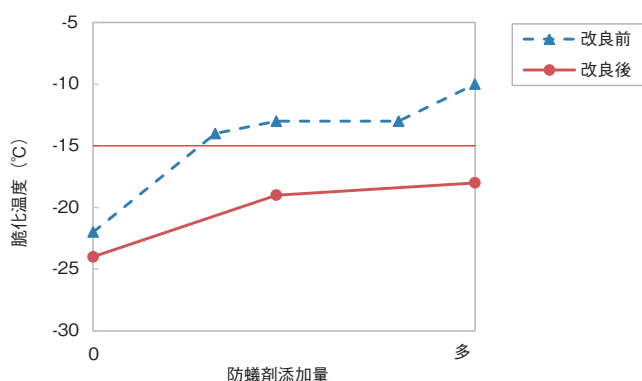


図1 耐寒性改良前後の脆化温度

2.3 防蟻効果の検証

シロアリによる蟻害は、ケーブル被覆材を食い破る、いわゆる咬害であり、対策としてはナイロンのようなシロア

リの歯が立ちにくい材料とするか、咬害を受ける前にシロアリの活動を弱める方法があげられる。本検討における防蟻対策はシロアリの活動能力を短期間に奪い咬害を防止することであり、その防蟻効果の検証は、シロアリの活動時間で判断することとした。

検証試験は、防蟻剤の添加量を変量した複数のPVCシートに樹脂パイプ（φ25 mm、高さ10 mm）を設置し、そのパイプの中に約50頭のイエシロアリを放ち、継時的にシロアリの挙動を観察した。比較用として、防蟻剤を添加していないPVCについても同様の試験を実施した。試験のイメージ図を図2に、試験の様子（写真）を図3に示す。

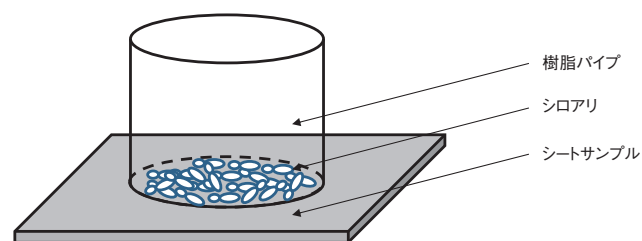


図2 防蟻試験のイメージ図



図3 試験の様子

試験結果を表1に示す。試験開始後、数時間毎に試料中のシロアリの活動状態を観察し、活動停止しているシロアリのおおよその割合（死虫率）を“目視”にて観察した。

防蟻剤の添加により、死虫率は著しく向上することが確認された。防蟻剤添加量の増大により死虫率の時間依存性は短くなる傾向がみられるが、その差は大きくないことが分かった。PVCコンパウンド物性およびコスト面から試料cの添加量を最適値とした。

表1 防蟻試験結果

試料	死虫率 (%)							防蟻剤添加量
	0h	1h	2h	4h	6~8h	24h	30hr	
ref.	0	0	0	0	0	10	10	0
a	0	0	0	40	70	95	100	少 ↑ ↓ 多
b	0	0	5	50	90	100	100	
c	0	0	15	50	60	90	100	
d	0	5	25	70	85	100	100	
e	0	3	20	65	95	100	100	

次に防蟻効果の持続性について示す。防蟻剤入り PVC に対し熱加速劣化試験を行うことにより、ケーブル寿命に対する防蟻剤の有効性を確認した。試料 c に相当する防蟻剤を添加した PVC シートを様々な温度条件で加熱処理し、試料中の加熱時間と防蟻剤残存量との関係を調査した。なお、防蟻剤量の分析は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で行った。この時、防蟻効果が得られる最少の防蟻剤量 (閾値) を、表 1 の結果より試料 a 相当とし、試料 a 相当の防蟻剤残存量にまで低下した時を終点とした。各加熱条件での終点を求め、その結果のアレニウスプロットから $60^{\circ}\text{C} \times 30$ 年相当の長期保持性を推定した。ここで、ケーブルの温度は通電時のシース想定温度である 60°C とし、ケーブル寿命は 30 年と想定した。長期保持性推定グラフを図 4 に示す。加速劣化試験結果より、 $60^{\circ}\text{C} \times 30$ 年相当経過後も十分な防蟻効果が期待できることを確認した。

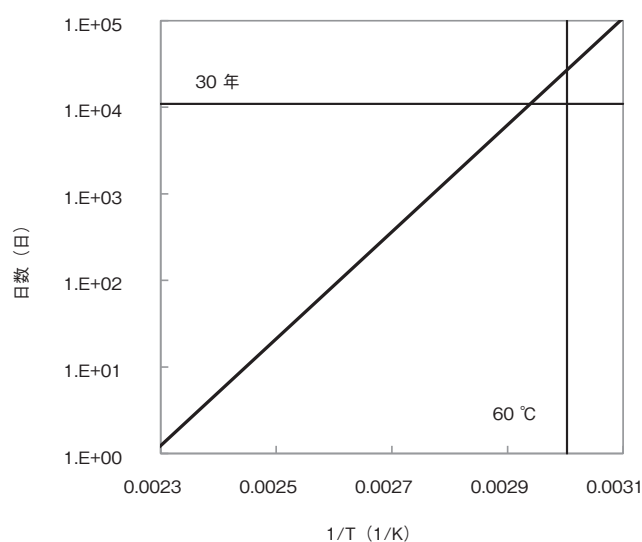


図 4 長期保持性推定グラフ

24 防蟻剤の環境への影響

防蟻剤の環境への放出懸念として、防蟻ケーブルが水に浸漬した場合においても防蟻剤が水に溶脱することがないか検証した。表 1 の試料 c に相当する防蟻剤量を添加した PVC シートを 60°C および 75°C の水に 4 週間まで浸漬させ、1 週間毎に、水中に溶脱した防蟻剤量を HPLC により分析した。試料形状は、ケーブルシースが削れて細くなった場合を考慮し、シートを 1 mm 角程度に裁断した試料を使用した。試験結果を表 2 に示す。 60°C 、 75°C いずれにおいても、4 週間後まで防蟻剤の検出量は検出限界以下 (N.D.) であり、水への溶脱は認められなかった。

表 2 防蟻剤の溶脱試験結果

浸漬温度 ($^{\circ}\text{C}$)	溶脱分析結果			
	1 週間	2 週間	3 週間	4 週間
60	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
75	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

3. ケーブル評価

2 項の PVC シートによる検証結果を踏まえ、ケーブルでの防蟻剤添加による特性変化及び防蟻剤入りシースが現行のケーブルシースに要求される特性を満足しているかどうか検証するため、ケーブル試作評価を行った。試作ケーブルの仕様は 77 kV 遮水層付き CV $1 \times 400 \text{ mm}^2$ をベースとし、シース材に防蟻剤入りシースを適用した。

3.1 ケーブル特性

今回の防蟻剤入りシースはナイロンシースと異なり、PVC シースとなるため、防蟻特性の要求のある電力会社の規格を参考にし、表 3 の PVC シースに関する試験項目を実施した。防蟻剤入り PVC シースを用いたケーブルは全ての試験項目で規格値を満足し、現行の PVC シースを用いたケーブルと同等の結果が得られた。

表 3 実施試験項目一覧

試験項目	規格値	良否判定
絶縁抵抗試験 (シース)	10 M $\Omega \cdot \text{km}$ (20°C) 以上	良
引張試験 (強さ)	18 MPa 以上	良
引張試験 (伸び)	200% 以上	良
加熱老化試験 (引張強さ)	老化前の値の 85% 以上	良
加熱老化試験 (伸び)	老化前の値の 80% 以上	良
加熱変形試験	厚さの減少率 50% 以下 (遮水層厚さを除去したシースの特性)	良
耐油試験 (引張強さ) 油浸後の残率	80% 以上	良
耐油試験 (伸び) 油浸後の残率	60% 以上	良
耐寒試験	試験片が破壊しない事 ($-15^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)	良
難燃性試験	IEEE 383 に準拠した 垂直トレイ試験に合格する事	良
発煙試験	400 以下	良
ハロゲン化水素 発生量試験	350 mg/g 以下	良
酸素指数試験	26 以上	良
硬さ試験	ショア D40 以上 (20°C)	良
曲げ試験	曲げ試験実施後、ケーブル中央部 を解体し、構造試験を行い、 異常のない事	良
捻り曲げ試験	曲げ試験実施後、ケーブル中央部 を解体し、構造試験を行い、 異常のない事	良
シース雷インパルス 耐電圧試験	-60 kV \times 3 回 (シース厚さ 4 mm)	良
直流耐電圧試験	DC25 kV \times 1 分間	良
50% モジュラス試験	10 MPa 以上 (30°C)	良

3.2 防蟻性能

シロアリに対する防蟻効果の有無について検証するため、屋外曝露試験を実施した。

シロアリの活性度の高い地域に試作ケーブル及び比較用として普通 PVC シースのケーブル、ナイロンシースのケーブルを埋設した。試験実施期間は 1 年間とし、1 年後の蟻害確認では、全試料とも蟻害は認められず有意差の無い結果となった。今回実施した屋外曝露試験は実施期間が 1 年間であり、シロアリの活性が低下する時期を含め、試験期間としては短い。また、野生のシロアリに依存した試験であり、実験室での強制的な試験と比較すると環境に左右さ

れるため、結果として蟻害が認められなかったと考えられる。

上記の通り、屋外曝露試験では全試料で蟻害を受けていない結果であったことから、並行して試料数を増やして、2,3項と同様な防蟻試験によりケーブルシース材料のシート試料とシロアリを接触させ防蟻効果の有無について確認した。その結果、表1 防蟻剤添加量0の結果と同様に、防蟻剤非添加の普通PVCシース及びナイロンシースはシロアリが活動停止するまでに時間が掛かり、試験実施期間内で活動停止する個体も少ない結果となった。一方、防蟻剤入りのPVCシート試料では、防蟻効果が顕著に表れ、シロアリが活動停止に至るまでの時間も短く、防蟻効果の有効性が確認できた。

4. ま と め

防蟻剤入りPVCシースを備えた防蟻CVケーブルを開発した。防蟻効果はケーブル耐用年数に対し十分有効であり、かつ防蟻剤の環境放出懸念もない。この防蟻CVケーブルは、従来のナイロン被覆防蟻ケーブルと比較し、可とう性に優れ通常のCVケーブルと同等の取り扱い性を有する。従って、CVケーブルと同じ線路設計ができ、さらに既設CVケーブルの防蟻化にも有効である。

電力会社の技術審査に合格し、今後実線路への布設を予定している。

謝 辞

本開発にあたり、防蟻対策で実績のある未来工業株式会社殿のご協力、および関西電力株式会社のご助言に対し、ここに感謝の意を表します。

製品ページはこちら

ニュースリリースはこちら

昭和電線ケーブルシステム(株)
齊藤 真利子 (さいとう まりこ)
基盤技術開発部 先行技術開発課 主査
先行技術開発・商品開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
藤田 道朝 (ふじた みちとも)
基盤技術開発部 先行技術開発課 課長
先行技術開発・商品開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
堀 将太郎 (ほり しょうたろう)
電力システム部 電力ケーブル課 技術グループ
電力ケーブルの設計・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
岡本 貴裕 (おかもと たかひろ)
電力事業企画推進室 主幹
電力事業の企画・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
三浦 浩二 (みうら こうじ)
電力事業企画推進室 課長
電力事業の企画・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
秋谷 安司 (あきや やすし)
電力事業企画推進室長
電力事業の企画・開発に従事

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²⁾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

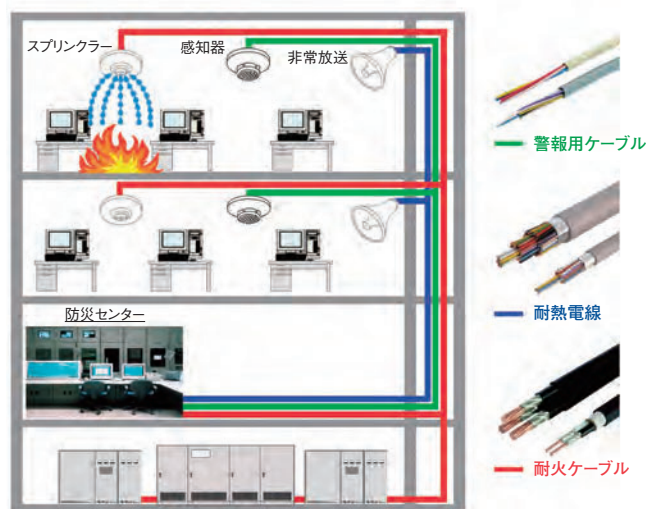


図1 消防用ケーブルの用途例

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

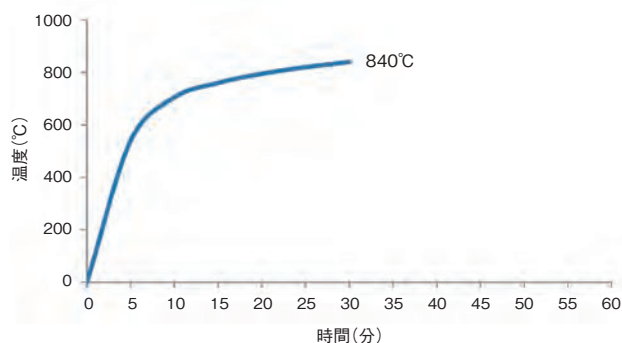


図2 加熱曲線（現行30分/840℃）

JIS A 1304「建築構造部分の耐火試験方法」加熱曲線B

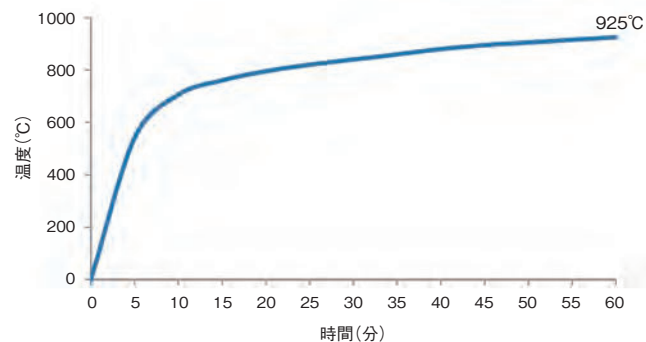


図3 加熱曲線（1時間耐火60分/925℃）

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、耐火層のみ残留する状況となり、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）となって残留する機会が多い。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。

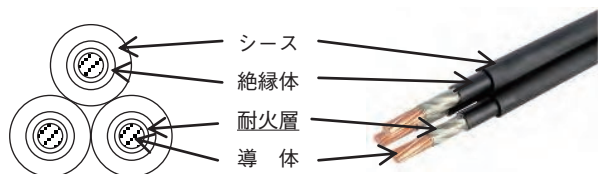


図5 耐火ケーブルの構造

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

が起こる。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）。

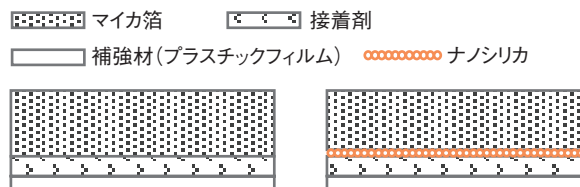


図6 マイカテープ構成（左：現行品 右：開発品）

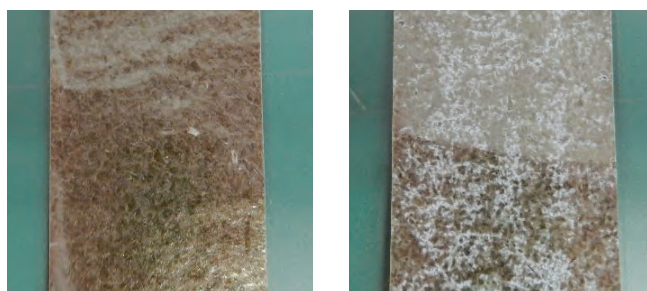


図7 マイカテープ外観（左：現行品 右：開発品）

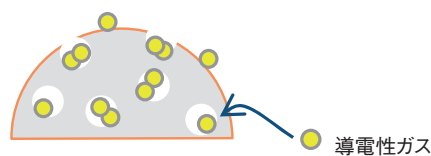


図8 導電性ガスのナノシリカへの吸着イメージ

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 mm²)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。

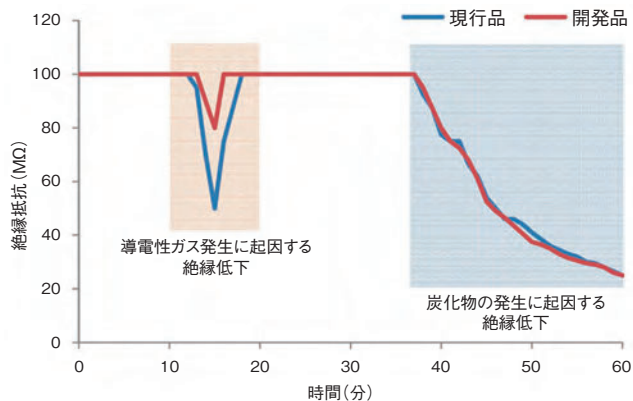


図9 耐火試験における絶縁抵抗値推移

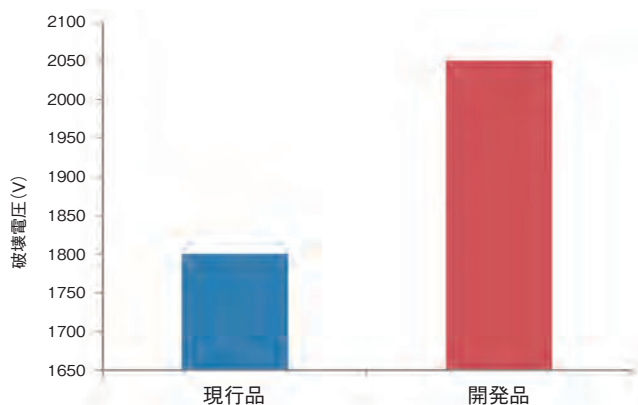


図10 耐火試験後の破壊電圧平均値 (n=2)

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³⁾。

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



粘着式鋼鉄道橋用制振材 (SBN ダンパー)

Adhesion Type Vibration Damper for Railway Steel Bridge (SBN Damper)

1. 概要

当社では鋼鉄道橋用制振材として、「SB ダンパー®」を販売しています。「SB ダンパー®」は2液混合のエポキシ系接着剤を使って鋼鉄道橋本体に貼り付け、四方にボルト締めして使用しますが、接着剤を取り扱う手間や、硬化時間が長いという制約がありました。そこで、接着剤の代わりに粘着剤をあらかじめ制振層に塗布しておくことで、離型紙を剥がすだけで鋼鉄道橋本体に貼ることができ、ボルトで締結すれば施工完了となる、施工性を改善させた「SBN ダンパー」を開発しました(図1)。

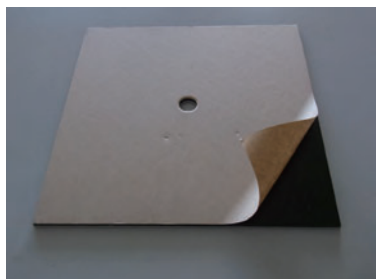
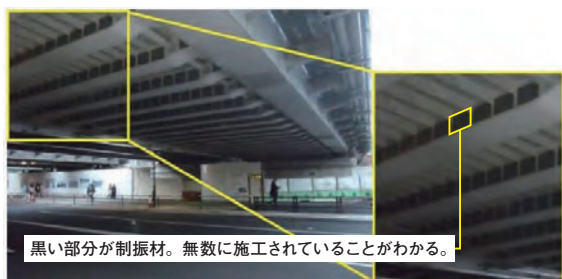


図1 SBN ダンパー®

2. 用途

鋼鉄道橋は、列車通過時に軌道振動が構造物に伝搬して個体伝搬音として周囲に大きな騒音が発生し、近隣住民に騒音公害をもたらすことがあります。このような騒音公害を抑えるために、さまざまな対策が取られています。そのひとつに、個体振動の伝搬を減衰させるために鋼鉄道橋本体に制振材を貼り付ける方法(図2)があります。



黒い部分が制振材。無数に施工されていることがわかる。

図2 用途

3. 仕様

主な仕様を図3と表1に示します。制振材の構成は、拘束板2.3 mm、制振材3 mmとなっています。

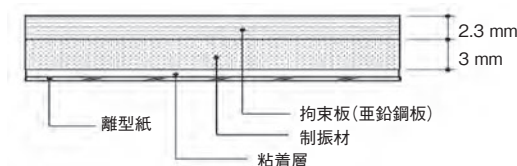


図3 SBN ダンパー材料構成

表1 主な仕様

項目	単位	仕様
製品名	—	SBN ダンパー
接着方式	—	粘着タイプ
型番*1	—	① 3030X ② 3015X ③ 1515X
寸法	mm	① 300 × 300 × 5.3 t ② 300 × 150 × 5.3 t ③ 150 × 150 × 5.3 t
表面処理	—	亜鉛めっき
使用ゴム材料	—	ゴム・アスファルト系
質量	Kg	① 2.1 ② 1.0 ③ 0.5
接着強さ*2	MPa	0.5 以上かつ材料破壊
損失係数*3	—	0.1 以上(熱老化前) 0.07 以上(熱老化後)

*1 Xは下記のA、B及びCのいずれかを示す。

A: ボルト孔なし

B: 六角ボルト使用(ボルト孔径15 mm)

C: スタッドボルト使用(ボルト孔径18 mm)

*2 JIS K 6850(接着剤-剛性被着材の引張せん断接着強さ試験方法に準じる)

*3 JIS K 7391(非拘束形制振複合はりの振動減衰特性試験方法のうち中央振法)

問合せ先: 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎)
昭和電線ケーブルシステム(株)
電力・インフラ営業部 免制振営業課
電話(044)223-0545



リニアアクティブ除振台 VAAV-1000S

Linear Motor Drive Active Vibration Isolation Unit VAAV-1000S

1. 概要

電子顕微鏡など、低振動環境が必要な機器にとって、除振台は不可欠になっています。アクティブ除振台は除振性能、制振性能等、全方位的に高性能な除振台です。

動力源に負担の少ないリニアモータをアクチュエータとした新型リニアアクティブ除振台 VAAV-1000S を開発、販売を開始しました。

2. 用途

極低振動環境が要求される高性能電子顕微鏡に適用すると像揺れを小さく改善できます。パッシブ除振台では除ききれない低周波数の振動を嫌う電子顕微鏡において、このアクティブ除振台が効果を発揮します。

走査トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡や光学測定装置など、特に振動に敏感な装置の振動対策に使用されます。

3. 特長

- ①応答性の良いリニアモータを採用することにより高い除振性能を実現します。
- ②メカニカルバルブの採用で、パッシブ除振台と同等の小型コンプレッサで使用可能です。
- ③空圧アクティブユニットに比較し、低価格での提供が可能です。
- ④空圧・高性能タイプの VAAV-L と同様の最もソフトな空気ばねを使用しています。
- ⑤コントローラ SEC-03 は、CE マーキングで、電気安全、EMC 対策確認が実施されています。

表 1 VAAV-1000S アクティブ除振ユニット

除振ユニット 型式	VAAV-1000S
搭載可能質量 (4 ユニット)	500 ~ 1700 kg
1 ユニット外形寸法 (mm)	190 × 190 × 178 H
1 ユニット質量	14 kg
所要空気源	0.5 MPa 以上
制御自由度	3 軸 6 自由度
制御方式	速度フィードバック, フロア・フィード・フォワード
コントローラ	SEC-03
所要電源	AC100 V ~ 240 V 200 VA



図 1 VAAV-1000S アクティブ除振ユニット



図 2 除振台構成例 (平台型)

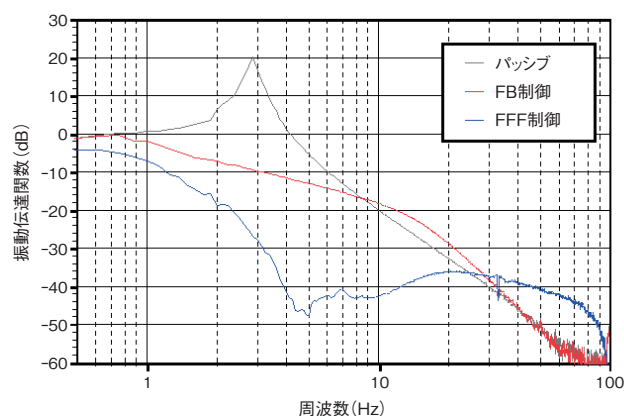


図 3 除振性能例

問合せ先：〒140-0011 東京都品川区東大井5-12-10大井朝陽ビル4F
 (株)昭和サイエンス
 営業部
 電話(03)5781-3300 FAX(03)5463-5001



ノンハロゲンウレタンシース産業用 LAN ケーブル

Non-Halogen Urethane Sheath Industrial Type Cable for LAN

1. 概要

産業用ネットワークでは、上位層（コンピュータレベル）と下位層（コントローラレベル）を接続する情報・制御 LAN については、低価格・高性能なイーサネット（ギガビット伝送）技術が適用され、産業用 LAN ケーブルの需要が増加しています。

また、工場での IoT（Internet of Things）の活用も進んでおり、設備にネットワークを接続し、稼働状況の可視化（見える化）や、可視化したデータを活用することで、工場全体の効率的な稼働を可能とするスマートファクトリの構築が今後多くなることが考えられます。

このような背景の中、産業用 LAN ケーブルに必要な耐油性能及び耐摩耗性能を有し、かつ環境に配慮したノンハロゲンウレタンシースを施した産業用 LAN ケーブルの開発を行いました。

2. 用途

工場内、医療設備等の電磁妨害対策や耐屈曲・耐ノイズ性が要求される工場内、産業用設備の配線に適しています。

3. 特長

- ・シース材料には耐油性能及び耐摩耗性に優れたノンハロゲンウレタンシースを使用しており、耐燃性PEに比べ、耐白化性及び耐摩耗性に優れた環境配慮型ケーブルです。
- ・二重シールド（AL/PET+編組）の構造で遮へい性能に優れた高遮へいケーブルです。
- ・Cat.5e～Cat.6Aまでの産業用LANケーブル（高遮へい、耐屈曲+高遮へい）に対応可能です。
- ・難燃特性はVW-1 垂直試験に対応いたします。

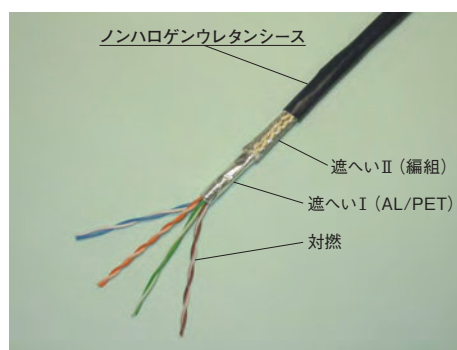


図1 ノンハロゲンウレタンシース産業用 LAN ケーブル（高遮へい）
(HFS-TPCC® 5(PU) 0.5 mm × 4P)

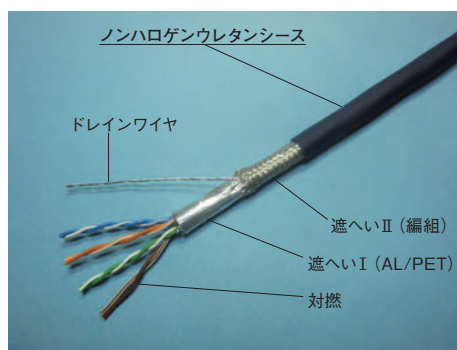


図2 ノンハロゲンウレタンシース産業用 LAN ケーブル
(高遮へい+耐屈曲)
(HFS-TPCC® 5 PATCH-FA(PU) 26 AWG × 4P)

表1 ノンハロゲンウレタンシース産業用 LAN ケーブル仕様

仕様	固定用 (Cat.5e) (高遮へい)	耐屈曲用 (Cat.5e) (高遮へい+耐屈曲)
品名	HFS-TPCC® 5(PU)	HFS-TPCC® 5 PATCH-FA(PU)
サイズ・対数	0.5 mm × 4P	26 AWG* × 4P
仕上外径	約 6.5 mm	約 6.1 mm
概算質量	55 kg/km	47 kg/km

*導体に 26AWG を使用している為、挿入損失を TIA 規格の 1.5 倍で管理しており、使用ケーブル長は最大 60 m です。

TPCC は富士電線株式会社の登録商標です。

問合せ先：〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目18番13号
(内神田中央ビル2階)

富士電線(株) 営業本部 営業企画部

電話(03)5217-0911 FAX(03)5217-0920



LAN 用カールコード「スーパーカール™」

Curl Cord for LAN “Super Curl”

1. 概 要

お客様からの「LAN パッチケーブルの一時的な接続使用をもっと手軽にしたい!」との多くの要望に応えるべく、当社にて長年に渡り培ってきたLAN ケーブルの製造・材料技術の強みを活かし、LAN ケーブル (Cat.5e) に伸縮機能を付加したカールコード「スーパーカール™」を開発しました。

本製品は、使用時においてケーブル長が伸縮自在に調整されることから、パソコンなどの設置位置に合わせて容易に接続が可能であり、かつ、未使用時にはコンパクトでスマートな収納ができます。

2. 用 途

ホテルの客室等、LAN ネットワークとパソコンが固定配線されていない環境では、一時的に機器を接続するためのLAN パッチコードがタバタ状に巻かれて常備されていますが、カールコード「スーパーカール™」を使用すると、ケーブルのカール構造による伸縮機能により配線接続時の長さが自在に調整されることから、ケーブル余長処理の手間もなく、パソコンなどの設置位置に合わせた容易な接続が可能となります。

また、デスク周り付属品、POS レジ用、病院内での常設接続においても使用可能であり、伸縮機能を利用して手軽に接続機器を移動できます。

3. 特 長

- ・ANSI/TIA-568.2-D で規定されている Category 5e (Cat.5e) 規格に対応
- ・外被に特殊 PVC を使用しており繰り返しの伸縮が可能
- ・通常のパッチコードと比較して約 28% 細径, 約 45% 軽量
- ・両端プラグ付き加工品にて販売
- ・カール部分は約 3 倍に伸ばすことが可能
- ・標準色: 茶, 白



カール部分は約3倍伸ばせます!

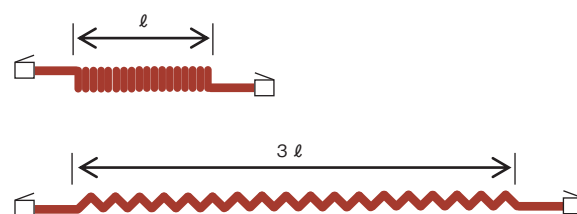


図1 スーパーカール™ (茶)

表1 構造表

サイズ×対数	仕上外径 (約mm)	カール部分長さ (ℓ) (cm)
28AWG × 4P	3.9	20, 30, 50

*完成品カール部分長さℓはケーブル長の約1/10となります。

例:カール部分長さℓ=20cmの場合、伸長3ℓ=約60cm

カール部分長さℓ=30cmの場合、伸長3ℓ=約90cm

カール部分長さℓ=50cmの場合、伸長3ℓ=約150cm

問合せ先: 〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目18番13号
(内神田中央ビル2階)

富士電線(株) 営業本部 営業企画部

電話(03)5217-0911 FAX(03)5217-0920



110-66/6 kV 移動用ケーブルの実用化

Practical Realization of 110-66/6 kV Mobile XLPE Cable

1. ま え が き

中国電力株式会社殿の110-66/6 kV 移動用変電機器に適用された密閉機器どうしの接続を目的に、ガス・油処理レスで接続可能な移動用ケーブルを実用化しました。

2. 移動用ケーブルシステムのコンセプト

中国電力株式会社殿の移動用変電機器に適用した移動用ケーブルシステムのコンセプトは次のとおりです。

- ・充電部の露出がない移動用機器システムに接続可能。
- ・接続部はプラグイン構造を適用し接続作業を簡素化。
- ・電圧毎に接続部のプラグイン構造の共通化を図り、各移動用機器単独においても接続可能。
- ・完全乾式である110 kV ダイレクトモールド気中終端接続部が適用でき気中引き出しも可能。

3. 移動用ケーブルの仕様

3.1 110 kV 移動用ケーブルおよび端末

ケーブルは66 kV と110 kV を共用すること、軽量化による作業性を図ることから、110 kV CV 100 mm² としました。

変圧器および開閉器には、66/110 kV 用コンパクト T 形終端接続部 (図1) を適用し、機器のコンパクト化を図り、2ヶ所ある接続口を利用して、並列接続も可能としています。また、気中終端接続部はダイレクトモールドを適用しました。

なお、端末 (図2) は、接続口の共通化により、それぞれの接続部に接続可能な仕様となっています。

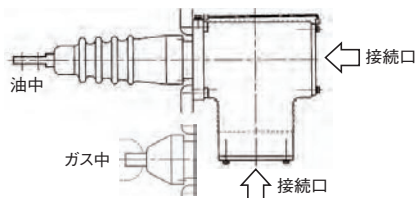


図1 110-66 kV コンパクト T 形終端接続部

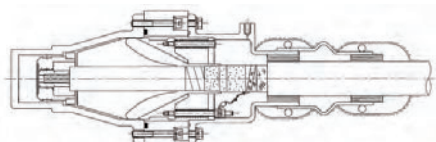


図2 110-66 kV 移動用ケーブル端末 (共通構造)

3.2 6 kV 移動用ケーブル

ケーブルは6 kV CV 325 mm² とし、変圧器およびスイッチギアへ接続する終端接続部は、プラグイン構造の共通化を図り、接続作業が簡易な T 形コネクタ (図3) を適用しました。

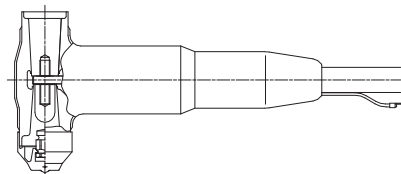


図3 6 kV T 形コネクタ

4. 性能確認試験および適用例

本移動用電力ケーブルは、電力用規格 移動用電力ケーブル「B-1220」および各機器に準拠した性能確認試験を行い、十分な性能を有することを確認しました。

また中国電力株式会社殿 黒瀬変電所への適用例を図4、図5に示します。



図4 110 kV 変圧器



図5 6 kV スイッチギア

問合せ先：〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎)
 昭和電線ケーブルシステム(株)
 電力・インフラ営業部 電力・電機営業課
 電話(044)223-0534 FAX(044)223-0557



高遮へい 10 Giga リール

High Shield 10 Giga Reel for LAN Cable

1. 概要

近年、ネットワークカメラは、防犯対策やイベント中継向けとして需要が増加しています。この通信に使用されるLANケーブルはPoE (Power over Ethernet) 対応、屋外仕様、遮へいといった特性が要求されます。

これらの用途に適した製品であるLANリールシリーズとしてCat.5eのUTPタイプ及び高遮へいタイプをラインナップしていますが、最近のネットワークカメラは高解像度の要求が高く、Cat.6以上を使用するケースが増加していることから本品の開発を実施しました。

開発に於いては以下の項目をコンセプトとしました。

- ①屋外仕様
- ②高遮へいタイプ
- ③配線規格遵守
- ④耐側圧性能
- ⑤良好な延線性

2. 用途

- ①ネットワークカメラ臨時設置時配線
- ②イベント、災害発生時の仮設LAN配線
- ③障害発生時の応急復旧やメンテナンス時の臨時配線

3. 特長

- ①防水を考慮したRJ45ジャック採用
- ②2重シールド付き高遮へいケーブル
- ③ANSI/TIA-568.2-D-2018 オークメンテッドカテゴリー6 (Augmented Cat.6) 準拠
- ④2重シースにより耐側圧性能強化
- ⑤低摩擦シースにより配線・収納が容易
- ⑥専用パッチコードを用意



図1 高遮へいリール及び専用パッチコード

表1 仕様

項目	仕様
ケーブル	PoE,PoEplus 対応 高遮へい Cat.6A
コネクタ	防水仕様 (IPX7) 仕様のRJ45ジャック
ケーブル長	45 m
寸法 (幅/高さ)	300 mm / 390 mm
総質量	8.0 kg

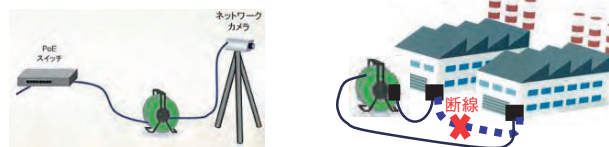


図2 使用例 (ネットワークカメラ, 断線時の応急復旧)

表2 LANリールシリーズラインナップ

製品名	スーパーリール	高遮へいスーパーリール	高遮へい10 Giga リール	OPT リール
	スーパーリール mini			
ケーブル	PoEplus 対応 Cat.5e	PoEplus 対応 高遮へい Cat.5e	PoEplus 対応 高遮へい Cat.6A	光ファイバ GI,SM
コネクタ	防水仕様 RJ45 ジャック	防水仕様 RJ45 ジャック	防水仕様 RJ45 ジャック	防水仕様 4C 光コネクタ
ケーブル長	スーパーリール: 90 m	45 m	45 m	230 m
	スーパーリール mini: 45 m			
総質量	スーパーリール: 8 kg	6 kg	8 kg	18 kg
	スーパーリール mini: 5 kg			

問合せ先: 〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目18番13号 (内神田中央ビル2階)

富士電線(株) 営業本部 営業企画部
電話(03)5217-0911 FAX(03)5217-0920

工 事 紹 介

275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の納入据付

Supply and Installation of Smart Sealing End for 275 kV XLPE Cable

1. 概 要

この度当社は 275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部を東京電力パワーグリッド株式会社殿の常磐変電所、青梅変電所、墨東変電所へ納入・据付しました。

2. 特 徴

変圧器の更新に伴うケーブル工事であり、スマート終端接続部は新設の変圧器に搭載されています。常磐変電所・青梅変電所は屋外の変電所で油入変圧器が採用されており、スマート油中終端接続部が採用されています。墨東変電所は地下変電所でガス絶縁変圧器が採用されており、スマートガス中終端接続部が採用されています。

スマート終端接続部はプラグイン構造を採用することで、接続工事時の変圧器およびガス絶縁開閉器の機器ケースの開閉および封入する絶縁媒体の処理作業を省略し工程の短縮を図っています。

墨東変電所においてはプラグインであるスマート終端接続部の構造利点を生かしケーブル処理を変圧器設置階下のケーブル処理室で行うことで、変圧器メーカー殿の変圧器の据付工事とケーブル処理工程を同時進行させ、変電所全体工事の大幅な工程短縮に寄与しました。

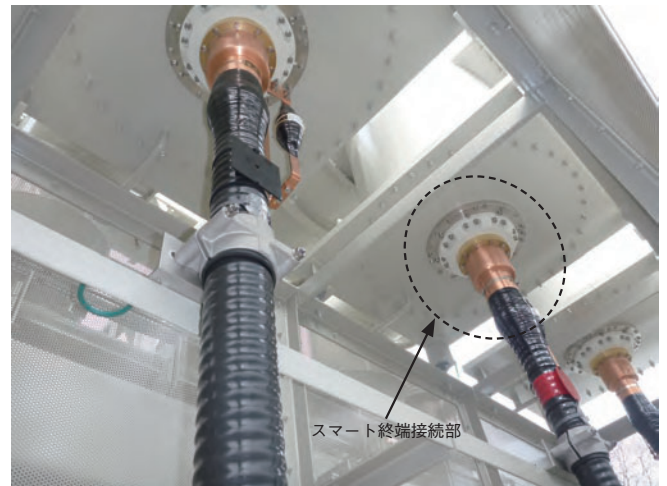
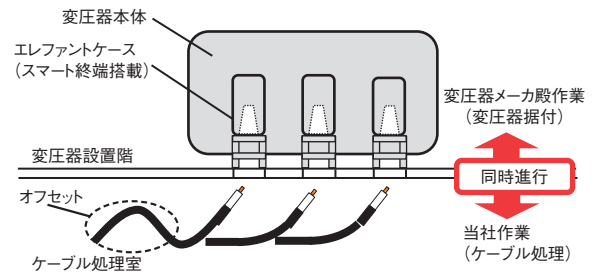


図 2 据付後の状況 (常磐変電所)



*事前にオフセット検討等を行い実施しております。

図 3 ケーブル処理作業のイメージ (墨東変電所)

従来品		本製品	
工程	施工区分	工程	施工区分
足場組立		足場組立	
エレファントケース仮据付	機器メーカー	エレファントケース据付	機器メーカー
エレファントケース取外		真空、油填	
低圧試験		低圧試験	
足場組立		足場組立	
ケーブル延線	ケーブルメーカー	ケーブル延線	ケーブルメーカー
クリーンルーム設置		クリーンルーム設置	
EB-O (ケーブル処理)		ケーブル処理	
底板、Oリング取合い	機器メーカー	ケーブル側組立	
EB-O 組立	ケーブルメーカー		
エレファントケース取付	機器メーカー		
シールドリング (EB-O側) 取付	ケーブルメーカー		
リード線圧縮 (EB-O側) 取付			
シールドリング (機器側) 取付	機器メーカー		
リード線圧縮 (機器側) 取付			
ハンドホール閉			
真空、油填			

↑
約 1/3 の工期短縮
施工区分の簡略化

図 1 従来品との施工区分の比較

問合せ先：〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎)
昭和電線ケーブルシステム(株)
電力・インフラ営業部
電話(044)223-0534 FAX(044)223-0557

シース接地工事における接地母線について

Ground Bus for Sheath Grounding Construction

1. ケーブルシース接地工事について

ケーブルシース接地回路構築には、終端組立て、中間接続部組立ての際に図1に示しますようにお客様にて準備されている接地母線ならびに接地指示箇所へ接地線（IV等）にて接続工事を実施しております。

図1は両端接地の例になります。片端接地のみで他端部や中間接続部の接地は施さない場合もあります。

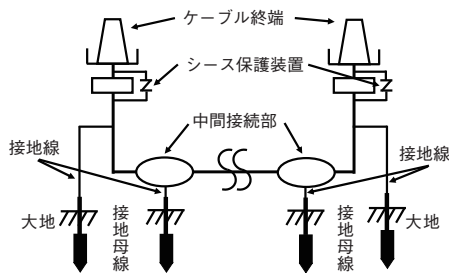


図1 ケーブル線路図（両端接地の場合）

2. ケーブルシース接地用の接地母線準備について

ケーブルメーカーからの提案またはお客様からご指示頂くシース接地回路図に基づき、接地工事を実施する際には、シース接地先となる接地母線または接地接続先は、お客様にて準備されていることが前提となります。

実際に工事開始前の現場調査・打合せなどで接地母線が無い場合には、決定頂いたシース接地回路図の通りとするため接地母線の準備を再度お願いする場合がありますが、それでも着工時に準備されていないケースが少なからずあり、その際には決定頂いたシース接地回路図では無く、その都度、現場状況で対応可能なシース接地回路に急きょ変更するような好ましくない事例もあります。

万全なる準備によって適切なシース回路構築をし、ケーブル線路の信頼性を確保するため、下記に示すように接地母線の準備をお願いしています。

- ①ケーブル接地用の接地母線の準備をお客様にて調整の上、準備をお願いします。
- ②ケーブル接地用の接地母線の位置は図面もしくは写真等をケーブルメーカーに提示をお願いします。

- ③作業性や保護効果を高める（接地線のインピーダンスを低減する）目的で、極力ケーブル終端及び中間接続部の据付位置の近辺に接地母線配置をお願いします。
- ④接地母線ではなく、機器箱接地とする場合にはその旨をご指示いただく。なお、機器箱接地箇所が塗装されている場合には処理できないので、あらかじめ塗装無しでの準備をお願いします。



図2 準備済みの接地母線の例

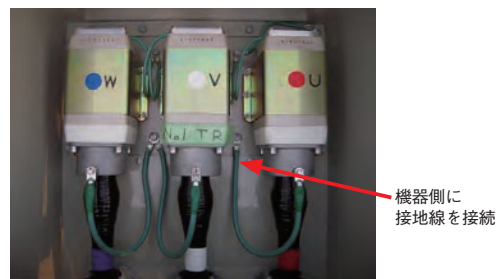


図3 機器箱接地の例

問合せ先：〒441-0304 愛知県豊川市御津町佐脇浜式号地1-10
 昭和電線ケーブルシステム(株)
 電力システム部 電力ケーブル課 技術グループ
 電話(0533)76-2359 FAX(0533)76-3691

社外技術発表一覧表

(2019. 1 ~ 2019. 12)

[平成31年電気学会全国大会] (2019年3月12日～14日)

275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の開発

…………… 田渡未沙¹⁾, 今西 晋¹⁾, 新井敦宏¹⁾, 稲庭康之¹⁾,
森口至郎¹⁾

110-66 / 6 kV 移動用ケーブルの実用化

…………… 藤本 治²⁾, 飯野克次¹⁾, 鈴木章司¹⁾, 新館 均¹⁾

ケーブルを収納した管路内への通線工法の現場適用実績

…………… 戸矢孝幸³⁾, 吉本正治³⁾, 相島正樹⁴⁾, 松尾 竜⁴⁾

[JOURNAL OF RUBBER RESEARCH] (2019年4月1日)

International investigation of shear displacement capacity of various elastomeric seismic-protection isolators for buildings

…………… 西 敏夫⁵⁾, 鈴木重信⁶⁾, 青木正巳⁷⁾, 澤田 毅⁸⁾,
福田慈夫¹⁾

[日本素材物性学会令和元年度(第29回)年会] (2019年6月25日)

ZnO マイクロ粒子の含有量による ZnO/ エポキシ複合体の電気特性に関する研究

…………… 小倉一歩⁹⁾, カビール ムハムドゥル⁹⁾, 箕輪昌啓¹⁾

[電気学会論文誌B(電力・エネルギー部門誌) 2019年 139巻 7号

p.503-504] (2019年7月)

直接計測による ZnO マイクロ粒子1個の電氣的耐久試験の検討

…………… 阿部拓也⁹⁾, カビール ムハムドゥル⁹⁾, 櫻田光貴⁹⁾,
箕輪昌啓¹⁾

[16th World Conference on Seismic Isolation, Energy

Dissipation and Active Vibration Control of Structures]

(2019年7月1日～6日)

THE CHARACTERISTICS OF THE RUBBER BEARING WITH TIN PLUG

…………… 柳 勝幸¹⁾, 清水美雪¹⁾, 鈴木良二¹⁰⁾, 安永 亮¹¹⁾,
古橋 剛¹²⁾

PERFORMANCE VERIFICATION OF SEISMIC ISOLATION DEVICES USED IN A BASE-ISOLATED BUILDING FOR 30 YEARS

…………… 上 寛樹¹³⁾, 山上 聡¹³⁾, 三須基規¹⁾, 高山峯夫¹⁴⁾

[2019年度電気関係学会東北支部連合大会]

(2019年8月22日～23日)

Study on Electrical Properties of ZnO/Epoxy Composite by Changing the Amount of ZnO Micro Particles

…………… 小倉 一歩⁹⁾, カビール ムハムドゥル⁹⁾, 箕輪昌啓¹⁾

[2019年度日本建築学会大会(東北)] (2019年9月3日～6日)

防振遮音天井の耐震設計を可能にするデバイス

…………… 古賀貴士¹⁵⁾, 花岡和弘¹⁶⁾, 三宅清市¹⁾, 熊谷権也¹⁾

竣工後30年経過した免震建物から採取した天然ゴム系積層ゴムの

性能検証 その3 試験片採取位置とゴム物性の関係

…………… 清水美雪¹⁾, 三須基規¹⁾, 舟木秀尊¹³⁾, 山上 聡¹³⁾,
上 寛樹¹³⁾, 小山慶樹¹³⁾, 高山峯夫¹⁴⁾

竣工後30年経過した免震建物から採取した天然ゴム系積層ゴムの

性能検証 その4 別置試験体と採取品の比較

…………… 舟木秀尊¹³⁾, 山上 聡¹³⁾, 上 寛樹¹³⁾,
小山慶樹¹³⁾, 三須基規¹⁾, 清水美雪¹⁾, 高山峯夫¹⁴⁾

錫プラグ入り積層ゴムの大変形挙動解析モデルに関する研究

その1 大変形試験

…………… 柳 勝幸¹⁾, 清水美雪¹⁾, 齊木健司¹⁰⁾, 安永 亮¹¹⁾,
菊地 優¹⁷⁾

過大入力地震動に対するフェイルセーフ機構を有する免震すべり支

承の提案 その2 実大施工試験

…………… 三好 新¹⁸⁾, 高坂隆一¹⁹⁾, 福田滋夫¹⁾, 白井宏和¹⁾

積層ゴムフランジの取付ボルト孔径に着目した圧縮せん断実験

その4 フランジの曲げ変形確認のための単純引張実験

…………… 高山峯夫¹⁴⁾, 柳 勝幸¹⁾, 森田慶子¹⁴⁾, 西島佳紅¹⁴⁾

長周期地震動に対する錫プラグ入り積層ゴム免震建物の応答評価精

度に関する検討

…………… 本田 栞²⁰⁾, 菊池 優¹⁷⁾, 石井 建¹⁷⁾,
中南滋樹¹⁰⁾, 安永 亮¹¹⁾, 福田慈夫¹⁾

ねじれ応答を評価した免震建物の擁壁衝突に関する解析的検討

その2 建物の応答性状

…………… 丸尾純也²¹⁾, 豊嶋照彦²¹⁾, 石田琢志²¹⁾,
得能将紀²¹⁾, 柿沼貴博²¹⁾, 加藤直樹¹⁾, 小林正人²²⁾

ねじれ応答を評価した免震建物の擁壁衝突に関する解析的検討

その3 擁壁応答と衝突力に関する考察

…………… 石田琢志²¹⁾, 澁谷亜紀子²¹⁾, 丸尾純也²¹⁾,
小町祐介²¹⁾, 三須基規¹⁾, 小林正人²²⁾

心柱に制振工法を用いた伝統的木造五重塔の地震時挙動

－ 2016年4月14日 熊本地震による観測記録－

…………… 大村祐樹²³⁾, 内田龍一郎²⁴⁾, 佐藤信夫²⁵⁾, 三須基規¹⁾,
花里利一²³⁾, 坂本 功²⁶⁾

水平構面内に粘弾性ダンパーを付加した木造本堂の制振補強工法の
提案 その4 ダンパーの配置検討

…………… 佐藤信夫²⁵⁾, 内田龍一郎²⁴⁾, 大村祐樹²³⁾, 三須基規¹⁾,
花里利一²³⁾, 坂本 功²⁶⁾

[令和元年電気学会電力・エネルギー部門大会]

(2019年9月4日～6日)

275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の実用化

…………… 田渡未沙¹⁾, 今西 晋¹⁾, 新井敦宏¹⁾, 稲庭康之¹⁾,
新館 均¹⁾

[電気学会 誘電・絶縁材料技術委員会]

第50回電気電子絶縁材料システムシンポジウム]

(2019年9月17日～19日)

産業機器用(X線, 高圧直流)ケーブル技術動向

…………… 大石智雄¹⁾, 岡下 稔¹⁾

[IWCS (International Cable & Connectivity Symposium)]

(2019年9月30日～10月2日)

Development of Optical Transmission Line for Aircraft Flight
Control

…………… 永井傑朗¹⁾, 田邊賢吾¹⁾, 村瀬知丘¹⁾, 清武耕三¹⁾,
高橋 徹¹⁾, 山本浩一²⁷⁾, 加藤 悟²⁷⁾, 太田裕之²⁷⁾

[日本非開削技術協会の研究発表会]

(2019年11月19日)

地中砂埋めトラフに収納された電力ケーブルの非開削撤去工法の
開発

…………… 戸矢孝幸³⁾, 吉本正治³⁾, 相島正樹⁴⁾, 井口昌之²⁸⁾

[電気学会 誘電・絶縁材料 電線・ケーブル 合同研究会]

(2019年11月22日)

ZnO マイクロバリスタ含有量が複合体中の導電パス形成に及ぼす
影響

…………… 小倉一步⁹⁾, 須賀達哉⁹⁾, カビール ムハムドゥル⁹⁾,
箕輪昌啓¹⁾

1) 昭和電線ケーブルシステム株式会社

2) 中国電力株式会社

3) 東京電力パワーグリッド株式会社

4) 株式会社エステック

5) 東京工業大学

6) 株式会社ブリヂストン

7) 一般社団法人日本ゴム工業会

8) オイレス工業株式会社

9) 秋田大学

10) 株式会社免制震デバイス

11) 住友金属鉱山シボレックス株式会社

12) 日本大学

13) 株式会社奥村組 技術研究所

14) 福岡大学

15) 鹿島技術研究所

16) 鹿島建設株式会社

17) 北海道大学

18) 東電設計株式会社

19) FEArch 一級建築士事務所

20) 株式会社竹中工務店

21) 戸田建設株式会社

22) 明治大学

23) 三重大学

24) 内田建築構造コンサルタント

25) 松井建設株式会社

26) 東京大学

27) 川崎重工業株式会社

28) 株式会社関電工

昭和電線グループ会社アドレス

昭和電線ホールディングス株式会社 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎)

■直轄事業子会社(連結)

昭和電線ケーブルシステム株式会社 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎)
富士電線株式会社 〒259-1146 神奈川県伊勢原市鈴川110番地
株式会社ダイジ 〒567-0012 大阪府茨木市東太田三丁目7番7号
株式会社SDS 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎)
株式会社アクシオ 〒141-0031 東京都品川区西五反田二丁目12番19号(五反田NNビル)
昭和電線ユニマック株式会社 〒511-0427 三重県いなべ市北勢町麻生田1326番地の1

■その他事業子会社(連結)

青森昭和電線株式会社 〒038-0031 青森県青森市大字三内字丸山394番地105
株式会社エステック 〒210-0843 神奈川県川崎市川崎区小田栄二丁目1番1号
昭光機器工業株式会社 〒143-0002 東京都大田区城南島四丁目3番4号
株式会社昭和サイエンス 〒140-0011 東京都品川区東大井五丁目12番10号(大井朝陽ビル)
昭和リサイクル株式会社 〒252-0253 神奈川県相模原市中央区南橋本四丁目1番1号
多摩川電線株式会社 〒989-2111 宮城県亶理郡山元町坂元字堤入32番地1
株式会社ロジス・ワークス 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14(キューブ川崎5階)
SWCC SHOWA (VIETNAM) CO., LTD. Plot B8, Thang Long Industrial Park, Dong Anh Dist., Hanoi, Vietnam
SWCC DAIJI VIETNAM RF No. 7C, Plot No. H-1, Thang Long Industrial Park II,
INTERCONNECT PRODUCTS CO., LTD. Di Su commune, My Hao District, Hung Yen Province, Viet Nam
嘉興昭和機電有限公司 中国浙江省嘉興市中環西路2121号
昭和電線電纜(上海)有限公司 中国上海市長寧区仙霞路137号 盛高国際大廈2501室
東莞昭和機電有限公司 中国広東省東莞市莞龍路段獅龍路 莞城科技园
福清昭和精密電子有限公司 中国福建省福清市融僑技術開発区(清華路南側)
香港昭和有限公司 香港九龍尖沙咀科学館道1号康宏広場南座701室

■その他のグループ会社

エヌエスティ・グローバリスト株式会社 〒171-0014 東京都豊島区池袋二丁目43番1号(池袋青柳ビル4F)
株式会社ケイ・エス・デー 〒813-0034 福岡県福岡市東区多の津一丁目1番3号
愛科秀(上海)信息技術有限公司 中国上海市普陀区中江路388弄5号 新城控股大廈B座1305室
華和工程股份有限公司 台湾高雄縣仁武鄉高楠公路30号 華榮電線電纜股份有限公司 高楠廠内
特変電工昭和(山東)電纜附件有限公司 中国山東省新泰市新汶工業園区
富通昭和線纜(杭州)有限公司 中国浙江省杭州富陽区富春街道金秋大道富通科技园9号楼
富通昭和線纜(天津)有限公司 中国天津市滨海高新区滨海科技园惠新路399号

昭和電線 レビュー

第65巻 (通巻121号)

昭和電線レビュー編集委員会

部会長 大根田 進
副部会長 香月 史朗
委員 西岡 淳一 浦 卓也
野呂 互 足田 靖成
坂口 義則 稲庭 康之
岡下 稔 秋谷 安司
野地 悠 島崎 俊也
山下 聡史 大武 仁
北嶋 祐司 生方 通夫
(順不同)

編集・発行人 舘山 雄一

発行 2020年2月

発行所 昭和電線ホールディングス株式会社
〒210-0024
神奈川県川崎市川崎区日進町1-14

制作 株式会社栄光舎

[禁無断転載・複製]

©2020 SWCC SHOWA HOLDINGS CO.,LTD.



みんなの未来を、
この技術でつなごう。

昭和電線ホールディングス株式会社 / SWCCグループの持株会社

昭和電線ケーブルシステム株式会社 / 電線・ケーブル、電力機器部品、光・通信ケーブル、精密デバイス、免震装置、振動制御機器の総合メーカー

富士電線株式会社 / LANケーブル、消防用電線、通信ケーブル、ビニル電線

株式会社ダイジ / 機器用電線、ワイヤハーネス

株式会社SDS / SWCCグループの総合商社

株式会社アクシオ / ネットワークソリューション

昭和電線ユニマック株式会社 / エナメル線、横巻線