

環境負荷低減型ユーザ系光ケーブル

通信ケーブル事業部 加藤 修*1・村田 暁*1・大橋 圭二*2・宮本 末広*3

Optical Fiber Distribution Cables with Halogen Free Materials

O. Katoh, A. Murata, K. Oohashi & M. Miyamoto

ユーザ系光ケーブル被覆材料には、加工性に優れ、廉価であるポリ塩化ビニル（PVC）が一般的に使用されている。PVCは、焼却時にダイオキシンのような有害ガスを発生させる可能性と、埋立処分時に鉛化合物溶出などの環境への悪影響が懸念されている。近年、地球環境保護の観点より、有害物質を含まず、地球環境に配慮した材料の使用要求が高まっている。今回ユーザ系光ケーブルで被覆材のノンハロゲン難燃化の開発を行った。その内容について報告する。

Optical fiber distribution cables generally employ polyvinyl chloride (PVC) as their jacketing material due to its excellent workability and low cost. There are growing concerns, however, about the possibility of PVC producing hazardous gases such as dioxins when it is burned, and about other harmful influences it may have on the environment due to the elution of lead compounds when it is disposed of on reclaimed land. Accordingly, there is an increasing need for materials that are free from hazardous substances and are environmentally friendly. In response to this need, work is underway to attain halogen-free flame retardancy of the jacketing materials for optical fiber distribution cables. This is a report on the development activities for that purpose.

1. ま え が き

地球環境保護の観点から、環境負荷が小さい製品が重要となっており、顧客からも環境にやさしい材料の使用を要求するグリーン調達動きが世界的に見られる¹⁾²⁾³⁾

4). 電線・ケーブル分野において、当社は電子機器用⁵⁾⁶⁾のほか、分別リサイクルを考慮したエコ電線⁷⁾⁸⁾などを開発した。一般に電線・ケーブル被覆材としてこれまで使用されてきたのは主にポリ塩化ビニル（PVC）であるが、PVCは焼却処分時のダイオキシンのような有毒ガスによる大気汚染、埋立処分時の鉛化合物の溶出による土壌汚染が懸念されている。

光ケーブルの分野では、構内、一部地下用ケーブルにノンハロゲン難燃ケーブルを採用しているが、ユーザ系ケーブル（インドアケーブル、架空ドロップケーブル、ターミネーションケーブル）の外被材には現在PVCが主に使用されている。また現在FTTH（Fiber To The Home）プロジェクトが進められており、これによって各家庭、事業所周辺で使用されるユーザ系ケーブルの需要は飛躍的に増加することが予想され、環境負荷の小さい

ケーブル構造が要求される。

以上の背景から、ユーザ系光ケーブルのノンハロゲン難燃化の開発を行ったので報告する。

2. ユーザ系ケーブルの種類

本報で述べるユーザ系ケーブルには以下に示す4種類がある。いずれも1心ケーブルと2心ケーブルがある。

- (1) インドアケーブル
- (2) 架空ドロップケーブル
- (3) ターミネーションケーブル

各々の製品を図1に、使用例について図2に示す。いずれも燃焼性規格はJIS C 3005の60°傾斜試験合格と定められている。屋内で使用されるインドアケーブルとターミネーションケーブル、屋外で使用される架空ドロップケーブルでは使用環境が異なるので、被覆材についても屋内用、屋外用の検討を行った。

3. 被覆材の検討

ベース樹脂がポリオレフィン系、難燃剤として水酸化マグネシウムのような金属水和物を添加した系を中心に被覆材を数種類選定し、各ケーブルのサイズに合わせ、機械特性（引張特性）と難燃特性のバランスを考慮した被覆材の開発を行った。

*1 開発部

*2 開発部長

*3 光製造技術部長

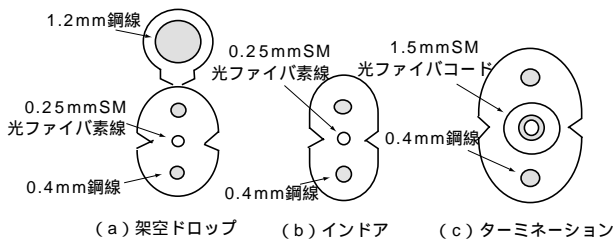
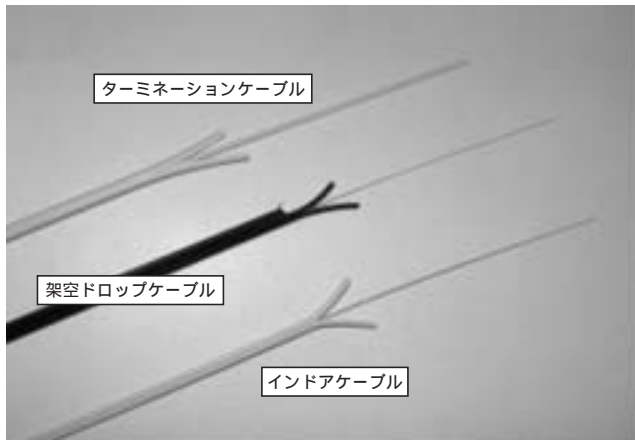


図1 各種ユーザ系ケーブル
Optical fiber distribution cables

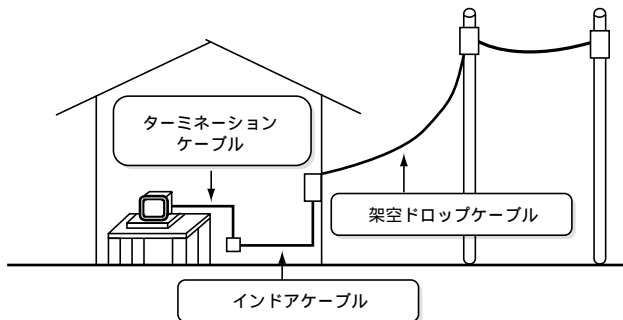


図2 各種ユーザ系ケーブルの使用例
Use of optical fiber distribution cables

3.1 可燃性の評価

可燃性の評価には、従来より難燃性の指標として用いられる酸素指数 (OI) のほか、近年より実際に近い燃焼挙動を評価する方法として注目が高まっているコーンカロリメータを用いた。コーンカロリメータは、図3に示すようなコーン状のヒータの下で試料を燃焼させ、燃焼挙動を経時的にモニタし、燃焼時に酸素を消費する際に発生する熱量は常に一定であるという理論を用いて、着火時間、発熱速度、最高発熱速度、全発熱量といった燃焼パラメータを定量的に評価する手法である。そのうち最高発熱速度の値をOI、ケーブル燃焼試験の測定結果と比較した結果を表1に示す。

インドアケーブルは被覆径が細いため、被覆材はより高い難燃性が求められる。そのためOI=40以上の材料を適用検討し、また架空ドロップ用としてOI=30以上の材料について評価した。燃焼時間と発熱速度の関係を図4に示す。OIがほぼ同じでも燃焼挙動が異なることがわかる。試料A, Cは燃焼時間が長いものの発熱速度が小さい。対して

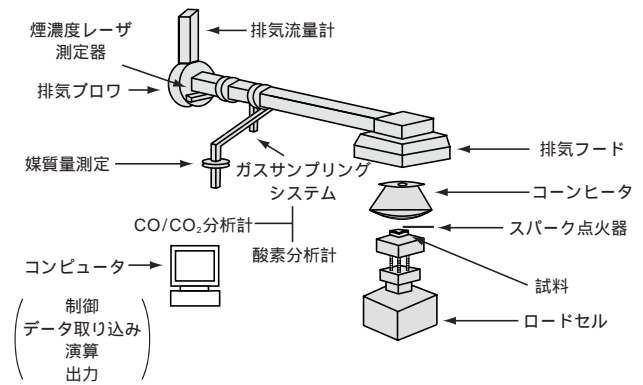


図3 コーンカロリメータの概略図
Schematic diagram of cone calorimeter

表1 各種ケーブル用材料のOI, 発熱速度, ケーブル燃焼試験
OI, heat release rate and cable combustion test

ケーブル構造	架空ドロップ		インドア	
シース材	A	B	C	D
OI	31	35	43	41
発熱速度ピークトップ値 (kW/m ²)	162	274	175	312
全発熱量 (MJ/m ²)	59	76	65	67
燃焼開始時間 (s)	46	69	41	60
燃焼残分重量率 (%)	34.8	36.6	36.6	44.8
ケーブル燃焼試験 (JIS法)	合格	不合格	合格	不合格

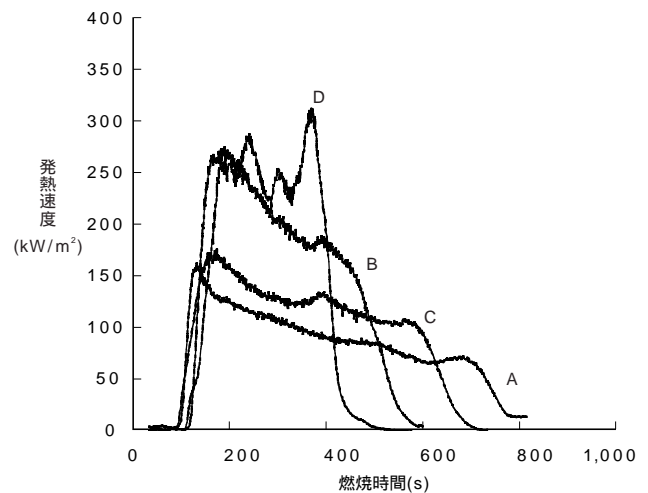


図4 コーンカロリメータによる各種材料の発熱速度
Heat release rate of each material by cone calorimeter

B, Dは発熱量が大きく燃焼時間が短い。また、A~Dをシース材としたケーブルを試作し、JIS C 3005 60° 傾斜燃焼試験を行ったところ、A, Cは1分以内に自己消火性を示したが、B, Dは自己消火性を示さなかった。以上からケーブルの燃焼挙動を考えた場合、発熱速度が大きい方が周囲に熱が伝播しやすく、より燃焼範囲が大きくなる可能性があり、ケーブルも延焼しやすくなるものと思われる。コーンカロリメータによる燃焼挙動とケーブルの燃焼挙動はよく相関が取れており、OIが同等の材料でも実際の燃焼挙動を評価することで、ケーブルの燃焼性を

推定できることがわかる。この結果より、架空ドロップ用にはA、インドア用にはCを適用することとした。なお同じ屋内仕様であるターミネーションケーブル用にもCを採用した。またこれとは別にターミネーションケーブルの心線である1.5mmコード外被もノンハロゲン難燃材とした(ケーブル外被材とは別の材料)。

3.2 機械的特性

シース材料A(架空ドロップ用)、C(インドア、ターミネーション用)につき、引張試験、脆化試験を行い、機械的特性の評価を行った。結果を表2に示す。シース材

表2 材料の初期特性
Initial performance of each material

項目	測定値	
	A(架空ドロップ用)	B(インドア、ターミネーション用)
破断強度(MPa)	10.7	12.3
破断伸び(%)	556	170
脆化温度(°C)	-40	-15
OI	31	43
発煙性(煙濃度Ds)	97	100
発生ガスpH	4.0	9.1

表3 架空ドロップケーブル被覆材の長期信頼性
Long term reliability of jacket material for the aerial drop cable

試験項目	破断伸び残率(%)
耐熱 100 × 48h	95
耐10%HCl 50 × 50days	102
耐3%NaOH 50 × 50days	98
耐絶縁油 50 × 50days	96
サンシャインウェザオメータ 4,000h	92
屋外曝露2年	93

料Aは、初期の破断強度が10MPa以上、破断伸びは500%以上、脆化温度も -40 を示し、良好な結果が得られた。シース材料Cの破断強度は10MPa以上、破断伸びも150%以上を示した。また脆化温度も -15 であり、難燃性と機械的特性のバランスが非常によく取れている。

3.3 環境劣化試験

屋外で使用される架空ドロップケーブルの場合、風雨、太陽光の曝露などによりシース材が劣化し、機械的特性が低下する可能性がある。そのためカーボンブラックを配合して耐候性を高める手法を取った。今回使用したシース材について、酸、アルカリ、油などの耐薬品性および屋外曝露試験1年、サンシャインウェザオメータ促進劣化試験4,000時間により耐候性の評価を行った。結果を表3に示す。いずれの試験でも引張特性の劣化は見られない。非常に優れた耐薬品性、耐候性を示した。

4. 製品の特性

試作したケーブルの諸特性評価を行った。伝送損失の温度特性、各種機械的特性、および難燃特性(JIS C 3005 60°傾斜)について評価した。インドアケーブル、架空ドロップケーブル、ターミネーションケーブルについての評価結果を表4~6に示す。

4.1 伝送損失特性および温度特性

架空ドロップケーブル、インドアケーブルともに良好な初期損失特性を示した。また、-30 ~ 70 間3回のヒートサイクル試験でも良好な損失特性を有していた。さらに温度特性については、図5に示すように架空ドロップケーブルはクリーン、インドアケーブルはステップで固定する実際のケーブル敷設を模擬した型式で、-30 ~ 70 間2回繰り返しヒートサイクル試験を行った。結果を図6に示す。大きな損失変動は見られず、この方式でも良好な温度特性が得られた。

表4 インドアケーブルの特性評価結果
Characteristic of indoor cables

項目	評価条件	評価結果	
		1心	2心
伝送損失	OTDR法	1.31 μm : 0.34dB/km 1.55 μm : 0.19dB/km	1.31 μm : 0.34dB/km(2心平均) 1.55 μm : 0.19dB/km(2心平均)
テンションメンバ密着性	被覆長: 1cm	19N/cm	16N/cm
温度特性	温度範囲: -10 ~ 40 回数: 3サイクル 各温度6h放置	1.31 μm変化: 0.03dB/km以下 1.55 μm変化: 0.02dB/km以下	1.31 μm変化: 0.03dB/km以下 1.55 μm変化: 0.02dB/km以下
曲げ特性	曲げ半径: 30mm 角度: 180° 回数: 10サイクル	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
側圧特性	印加荷重: 1,200N/25mm 時間: 1min	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
耐衝撃特性	印加荷重: 2.9N/10mm 落下高さ: 1m	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
捻回特性	サンプル長: 1m 捻回条件: ±90° × 1サイクル	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
難燃特性	JIS C 3005 60°傾斜 燃焼試験	自己消火性あり	自己消火性あり

表5 架空ドロップケーブルの特性評価結果
Characteristic of aerial drop cables

項目	評価条件	評価結果	
		1心	2心
伝送損失	OTDR法	1.31 μm : 0.34dB/km 1.55 μm : 0.21dB/km	1.31 μm : 0.34dB/km(2心平均) 1.55 μm : 0.21dB/km(2心平均)
テンションメンバ密着性	被覆長: 1cm	26N/cm	27N/cm
温度特性	温度範囲: -30 ~ 70 回数: 10サイクル 各温度6h放置	1.31 μm 変化: 0.03dB/km以下 1.55 μm 変化: 0.03dB/km以下	1.31 μm 変化: 0.03dB/km以下 1.55 μm 変化: 0.03dB/km以下
曲げ特性	曲げ半径: 30mm 角度: 180° 回数: 10サイクル	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
側圧特性	印加荷重: 1,200N/25mm 時間: 1min	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
耐衝撃特性	印加荷重: 2.9N/10mm 落下高さ: 1m	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
捻回特性	サンプル長: 1m 捻回条件: $\pm 90^\circ \times 1$ サイクル	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
口出し性 支持線分離性	はさみで約10mmの切込みを入れ、手で引き裂く	良好	良好
難燃特性	JIS C 3005 60° 傾斜 燃焼試験	自己消火性あり	自己消火性あり

表6 ターミネーションケーブルの特性評価結果
Characteristic of termination cables

項目	評価条件	評価結果	
		1心	2心
伝送損失	OTDR法	1.31 μm : 0.35dB/km 1.55 μm : 0.19dB/km	1.31 μm : 0.34dB/km(2心平均) 1.55 μm : 0.19dB/km(2心平均)
テンションメンバ密着性	被覆長: 1cm	26N/cm	24N/cm
温度特性	温度範囲: -10 ~ 40 回数: 3サイクル 各温度6h放置	1.31 μm 変化: 0.03dB/km以下 1.55 μm 変化: 0.03dB/km以下	1.31 μm 変化: 0.03dB/km以下 1.55 μm 変化: 0.03dB/km以下
曲げ特性	曲げ半径: 30mm 角度: 180° 回数: 10サイクル	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
側圧特性	印加荷重: 1,200N/25mm 時間: 1min	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
耐衝撃特性	印加荷重: 2.9N/10mm 落下高さ: 1m	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
捻回特性	サンプル長: 1m 捻回条件: $\pm 90^\circ \times 1$ サイクル	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)	損失変化: 0.01dB以下 (1.55 μm)
難燃特性	JIS C 3005 60° 傾斜 燃焼試験	自己消火性あり	自己消火性あり

4.2 テンションメンバ密着性

テンションメンバである 0.4mm鋼線とシース材の密着を表す鋼線引抜力は、信頼性、作業性の観点より、適切な範囲がある⁹⁾。小さくなると光損失変動が大きくなる可能性があり、また過大の場合、テンションメンバ口出し作業性が悪くなる。その結果、各ケーブルの密着力測定結果はすべて15~30N/cmとなり、良好な結果が得られた。

また架空ドロップケーブルについては、長期信頼性評価のため、高温多湿状況を模擬し、湿熱条件印加後に密

着力を測定した。結果を図7に示す。初期値と湿熱条件印加後で顕著な差はなく、安定した密着力が得られた。

4.3 難燃特性

ケーブルの燃焼特性を、JIS C 3005 60° 傾斜燃焼試験にて評価した。測定は、着火後の燃焼時間と燃焼長とした。いずれのケーブルも1分以内に自己消火性を示し、良好な難燃特性を示した。

4.4 その他の機械的特性

曲げ特性、側圧特性、耐衝撃性、耐捻回性に関して評価を行った。どのケーブルも結果は良好であり、機械的

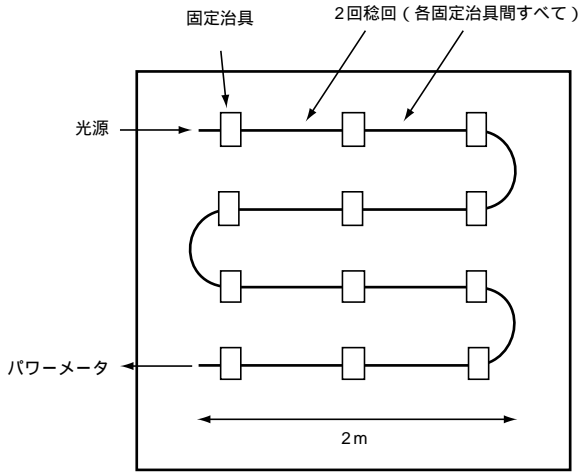


図5 模擬敷設試験概略図
Schematic diagram of mounting simulation test

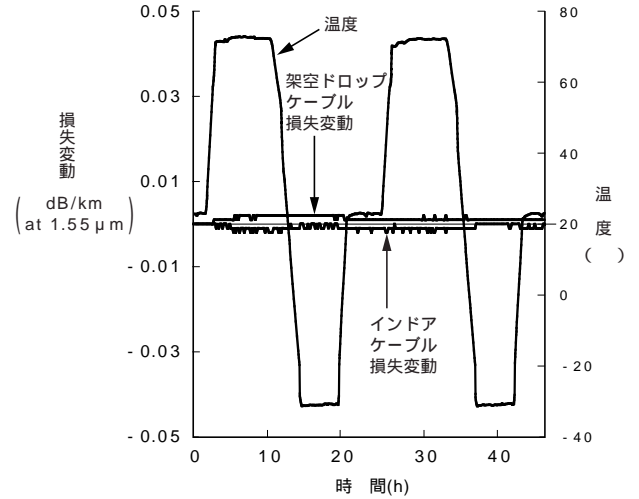


図6 模擬敷設温度特性評価結果
Heat cycle dependence of optical loss
in mounting simulation test

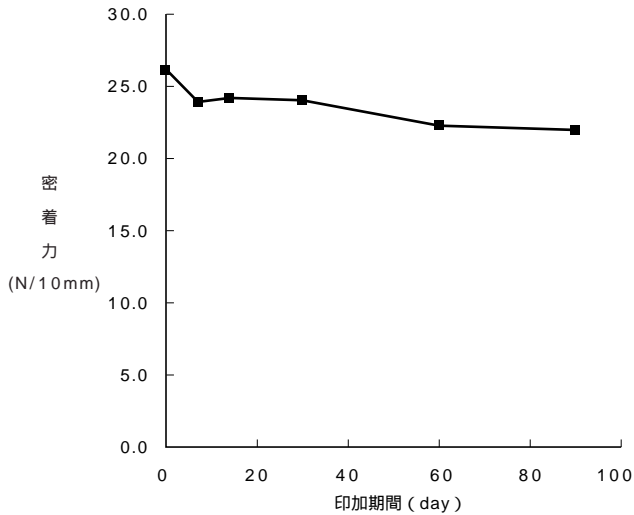


図7 架空ドロップケーブルテンションメンバ密着力耐湿熱性
High temperature and high humidity test for tension
member adhesion

特性も満足した。

5.むすび

ユーザ系光ケーブルの環境負荷低減を目的とした，外被材のノンハロゲン難燃化を検討した．その結果，燃焼特性，機械特性および伝送特性に優れたケーブルを開発した．今後，FTTHに向けた各種ケーブル類への適用拡大を予定している．

参考文献

- 1) 加藤ほか：ノンハロゲン難燃シース材を用いた架空ドロップ光ケーブルの開発，電子情報通信学会総合大会B - 10 - 47, 2000
- 2) 加藤ほか：ノンハロゲン難燃シース材を用いた各種光ケーブルの開発，電子情報通信学会ソサイエティ大会B - 10 - 16, 2000
- 3) 加藤ほか：コーンカロリメータによるノンハロゲン難燃光ケーブルシース材の燃焼性評価，電子情報通信学会総合大会B-10-11, 2001
- 4) O. Kato etc : Development of Optical Fiber Cable with Halogen Free Flame Retardant Jacket, IWCS 2000
- 5) 鈴木，安部ほか：電子機器用エコ電線とその応用製品，フジクラ技報，98号，2000
- 6) 飯沼，安部ほか：電子機器用エコ電線とその応用製品（第2報），フジクラ技報，99号，2000
- 7) 吉野，長谷川ほか：分別リサイクルを考慮したエコ電線・ケーブル，フジクラ技報，96号，1999
- 8) 毛涯，江戸ほか：分別リサイクルを考慮したエコ電線・ケーブル（第2報），フジクラ技報，97号，1999
- 9) 安藤ほか：架空ドロップケーブル光ケーブル高温環境特性の改善，電子情報通信学会総合大会B - 10 - 3, 1999