

FTTHを支える高機能光ドロップ・インドアケーブル

次世代光ケーブル事業推進室 多木 剛¹・高橋 祐登¹・塩原 悟²
山中 正義³・岡田 直樹⁴

Highly-functional Drop/Indoor Optical Cables Supporting FTTH networks

G. Taki, Y. Takahashi, S. Siobara, M. Yamanaka, and N. Okada

Fiber To The Home (FTTH) 網では、加入者引込み配線・宅内配線に、光ドロップケーブル、光インドアケーブルが、数多く使用されている。さらなるFTTH網の普及・発展を目指し、特殊な布設環境への適応、経済的な引込み・宅内配線設備の実現、施工性の向上を目的とした高機能光ドロップケーブル・インドアケーブルを開発した。本稿では、これらの高機能光ドロップケーブル・インドアケーブルを紹介する。

A large number of optical drop and indoor cables are used for the lead-in portion of the connection into the subscriber's house and wiring in the house of FTTH networks. To construct FTTH networks more economically and efficiently, we have developed highly functional optical drop and indoor cables. This paper presents details of the new optical drop and indoor cables.

1. ま え が き

日本国内のFTTHは、本格的な普及拡大期を向かえ、総務省の発表によると2014年9月末時点では、26百万を超える加入者数となっている。これまで、経済的なネットワーク構築のため、種々の光ファイバケーブルを開発してきた¹⁾。今後も、多くの光開通工事が見込まれ、特殊な布設環境にも対応した多様な光開通技術ソリューションと、経済的・効率的な設備構築が求められている。図1に、加入者宅内への引込み配線例を示す。これらの光配線には、光ドロップケーブルや光インドアケーブル

が多く使用されている。フジクラでは、さらなる経済的な引込み・宅内配線設備の実現と施工性の向上を目的として、高機能光ドロップケーブル・インドアケーブルを開発した。架空クロージャから加入者宅の間の引込み配線では、光エレメントを大幅に細径化した新型細径光ドロップケーブルを開発した。また、風圧荷重と風による自励振動を抑制したSZ捻回型細径光ドロップケーブルを開発することで、強風地域における信頼性を向上させている。一方、宅内配線では、新開発の白色耐候性難燃外被材を用いることで、配線後の美観を改善した露出配線対応の高機能光インドアケーブルを開発した。また、複合用途(雑居)ビルなどでは、ケーブルが鼠害を受ける事例があり、その対策が求められている。そのため、防鼠性と施工性に優れた防鼠光インドアケーブルを開発した。本稿では、これらの高機能光ドロップ・インドアケーブルの最新技術について報告する。

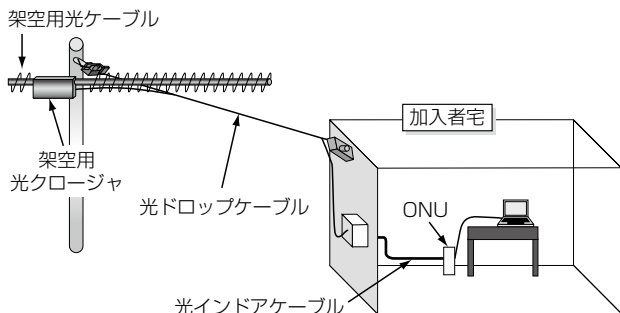


図1 加入者宅内への引込み配線例
Fig. 1. Schematic of drop and indoor wiring.

2. 高機能光ドロップケーブル

2.1 細径光ドロップケーブル

光ドロップケーブルは、架空クロージャから各加入者宅の間の引込み配線に使用される。このケーブルは、図2に示すように、過去、クマゼミの産卵行動によるファイバの断線障害の発生事例が西日本で多く報告されている。フジクラでは、産卵管を模倣した針を用いたシミュレーション実験や、図3のような生体のクマゼミを用いた実証実験を行い、クマゼミから光ファイバを保護す

1 開発部
2 開発部 グループ長
3 開発部 部長
4 室長

略語・専門用語リスト		説明
略語・専門用語	正式表記	
FTTH	Fiber To The Home	光ファイバを一般個人宅まで引き込む光通信網形式。
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication standardization sector	国際電気通信連合 電気通信標準化部門
ONU	Optical Network Unit	光回線終端装置
MDF	Main Distributing Frame	主配電盤
心線対照		心線対照器を用いて、光ファイバが曲げられた部分から漏れ出る対照光を検知することで、複数ある光ファイバ心線の中から、特定の光ファイバ心線を無切断で特定する方法。

る高強度難燃外被材を用いた耐クマゼミ性光ドロップケーブルを開発・実用化してきた²⁾。新たに、細径化と軽量化による布設時の取扱い性向上と経済化を目的として、細径光ドロップケーブルを開発した。この細径光ドロップケーブルと従来ケーブルの構造比較を表 1 に示す。開発ケーブルは、従来と同等の耐クマゼミ性、機械特性を有しながら、光エレメント部の断面積を約 50 %削減している。光エレメント部は、次項に述べるSZ捻回型細径光ドロップケーブルおよび細径低摩擦光インドアケーブル³⁾と同寸法に統一することで、引込み・宅内配線に使用する現場組み立て型光コネクタなどの接続部材が適用可能となっている。また、従来ケーブルは電柱に引留める際、光エレメント部をスパイラルチューブ(保護部材)で保護する必要があった。開発ケーブルにはITU-T G.657 A2 に準拠した低曲げ損失ファイバであるFutureGuide[®]

-BIS-B⁴⁾を使用することで、図 4 に示すように、光エレメント部を小径に曲げ、屋外線引留具に直接取り付けることを可能とし、保護部材の簡略化や施工性を向上させている。細径光ドロップケーブルの特性評価結果を表 2 に示す。

2. 2 SZ捻回型細径光ドロップケーブル

光ドロップケーブルは、風を受けると、風圧荷重のほか、その形状の非対象性から、ギャロッピングと呼ばれる自励振動が発生することがある。特に強風地域では、ギャロッピングによる支持線の断線事例が報告されており、その対策が求められている。支持線とケーブル本体を一体化した自己支持型架空ケーブルでは、捻回を入れて布設することで、風圧荷重の低減や自励振動の抑制に効果があることが知られている。強風対策用の光ドロップケーブルとして、細径光ドロップケーブルの製造工程

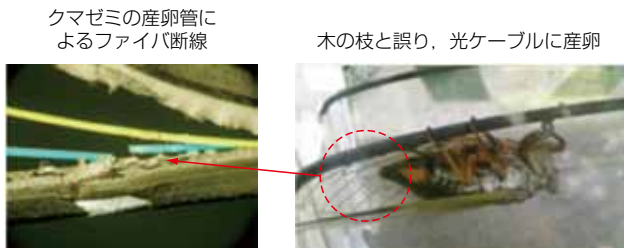


図2 クマゼミの産卵行動による光ファイバの断線
Fig. 2. Cicada laying eggs and damaged optical fiber.

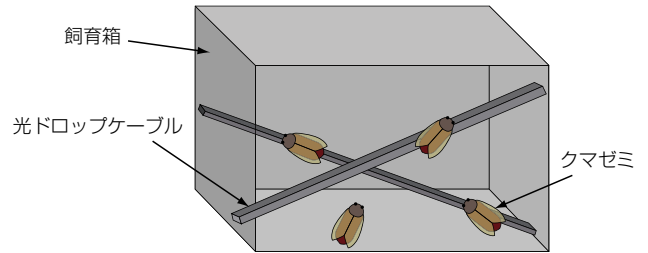


図3 生体のクマゼミを用いた実証実験概略図
Fig. 3. Experiment method of anti-cicada performance.

表 1 細径光ドロップケーブルの構造
Table 1. Cross sectional view of small size drop cable.

項目	従来ケーブル	開発ケーブル
断面図		
寸法	高さ: 5.3 mm 幅: 2.0 mm	高さ: 4.3 mm 幅: 1.6 mm
概算質量	約 0.018 kg/m	約 0.015 kg/m

において、支持線を中心に光エレメント部を周期的にS方向（時計方向）とZ方向（反時計方向）に交互に捻回させる技術を確立し、図5に示すSZ捻回型細径光ドロップケーブルを開発した。開発ケーブルは、あらかじめ捻回を入れた形状となっているため、布設時にケーブルに捻回を入れる作業を不要とし、風圧荷重と自励振動を抑制することが可能になっている。これは、図6に示すケーブルが受ける揚力が、ケーブルの捻回によって、長手方向で変化することに依る⁵⁾。

また、支持線に高強度鋼線を実装しており、電柱スパン間への架渉が可能となっている。従来は、加入者宅の

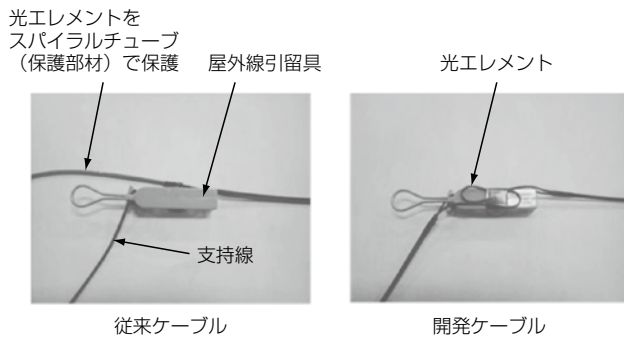


図4 従来ケーブルと開発ケーブルの屋外線引留具への取り付け方法比較
Fig. 4. Comparison of clamping method.

表2 細径光ドロップケーブルの特性評価結果
Table 2. Test results of cable characteristics.

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	波長 1550 nm	<0.21 dB/km
温度特性*	IEC60794-1 Temperature Cycling -30 ~ +70 °×3 サイクル	損失変動量 <0.05 dB/km
曲げ特性*	IEC60794-1 Repeated Bending R 15 mm×10 サイクル	<0.05 dB
側圧特性*	IEC60794-1 Crash 1200 N / 25 mm×1 分	<0.05 dB
捻回特性*	IEC60794-1 Torsion ±90 ° / 1 m	<0.05 dB
衝撃特性*	IEC60794-1 Impact 錘 300 g 落下高さ 1 m	<0.05 dB
難燃特性	JIS C 3005 60 ° 傾斜燃焼試験	自己消炎
耐クマゼミ特性	ケーブルをクマゼミに暴露	産卵痕数 35 光ファイバの断線・ 損傷無し

*測定波長 1550 nm

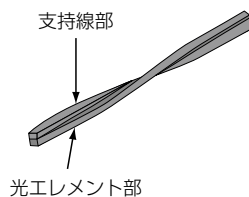


図5 SZ捻回型細径光ドロップケーブル
Fig. 5. Schematic of SZ twisted small size drop cable.

近くに分岐クロージャを設置して引込み配線を行っていたが、SZ捻回型細径光ドロップケーブルを使用することで、図7に示すように、数スパン先の加入者宅まで、引込み配線を延ばすことが可能となり、引込み配線のコストダウンが図れる。SZ捻回型細径光ドロップケーブルの特性評価結果を表3に示す。

3. 高機能光インドアケーブル

3.1 露出配線用フラット型光インドアケーブル

細径低摩擦光インドアケーブルを加入者宅内壁面に直接露出させて配線した場合、誤ってケーブルに物がぶつかるなど、外部からの衝撃によって光ファイバケーブルの破損や光ファイバ心線の断線を生じさせてしまう可能性がある。一般的に、図8に示すような電線保護部材

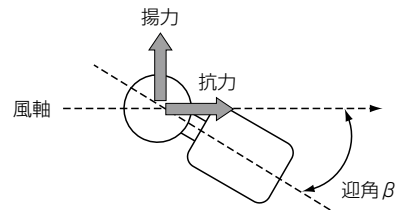


図6 風による揚力・抗力
Fig. 6. Power components acting on cable.

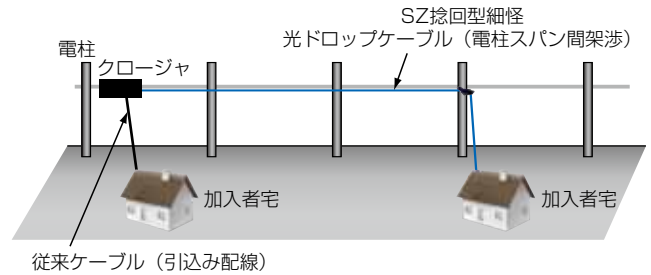


図7 従来ケーブルと開発ケーブルの配線方法比較
Fig. 7. Comparison of applicable installation for drop cables.

表3 SZ捻回型細径光ドロップケーブルの特性評価結果
Table 3. Test results of cable characteristics.

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	波長 1550 nm	<0.21 dB/km
温度特性*	IEC60794-1 Temperature Cycling -30 ~ +70 °×3 サイクル	損失変動量 <0.05 dB/km
曲げ特性*	IEC60794-1 Repeated Bending R 15 mm×10 サイクル	<0.05 dB
側圧特性*	IEC60794-1 Crash 1200 N / 25 mm×1 分	<0.05 dB
捻回特性*	IEC60794-1 Torsion ±90 ° / 1 m	<0.05 dB
衝撃特性*	IEC60794-1 Impact 錘 300 g 落下高さ 1 m	<0.05 dB
難燃特性	JIS C 3005 60 ° 傾斜燃焼試験	自己消炎

*測定波長 1550 nm

(モール) 内に細径低摩擦光インドアケーブルを布設する形態がとられており、モールを設置する手間やコストの削減が課題となっていた。

モールに代わる保護機能を持ち、壁面に容易に露出配線できる光インドアケーブルとして、細径低摩擦光インドアケーブルの両側に保護部を有する形状のフラット型光インドアケーブルを開発した。ケーブル構造を図9に示す。光エレメント部より厚くした保護部により、光エレメント部を外部からの衝撃から防ぐことが可能となっている。保護部の上部には、切り欠け部を設けており、図10に示すように、小さいピンを刺し込むことで、壁面に容易に固定することが可能となっている。壁面へ固定した様子を図11に示す。また、開発ケーブルは、ITU-T G.657 A2 に準拠した低曲げ損失ファイバであるFutureGuide®-BIS-Bを使用し、小径に曲げて配線したときの損失増加を抑制している。特殊工具を使用することなく、容易に光エレメント部と保護部の分離が可能となっており、分離後の光エレメント部は、細径低摩擦光インドアケーブル用の現場組み立て光コネクタなどの既存の接続部材が使用可能となっている。外被には、白色でありながら優れた耐候性と高い難燃性を有する新規に開発した材料を使用している。耐候性の評価として、促進耐候性試験機であるサンシャインウェザーメータによる耐候性評価を実施した。評価結果を図12に示す。4000

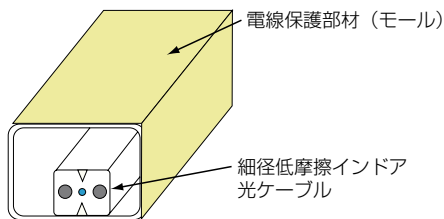


図8 従来インドアの宅内配線例
Fig. 8. Conventional installation of indoor cable.

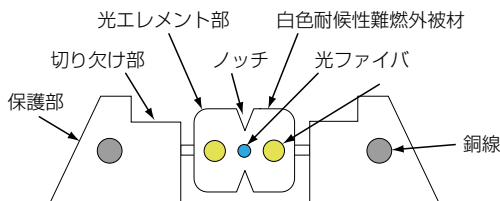


図9 フラット型光インドアケーブルの構造
Fig. 9. Cross sectional view of flat type indoor cable.

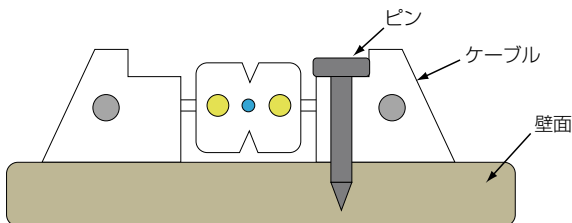


図10 固定時のケーブル断面図
Fig. 10. Picture of the cable fixing on a wall.

時間経過後においても、破断強度と破断伸び特性に著しい劣化が見られず、良好な耐候性を有している。これにより、露出配線に求められる耐候性を確保し、壁色との調和を図ることで配線後の美観向上を実現している。また、フラット型光インドアケーブルの特性評価結果を表4に示す。

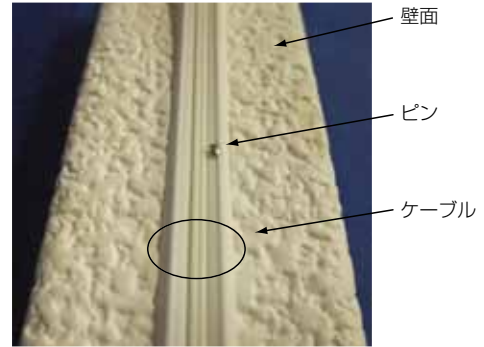
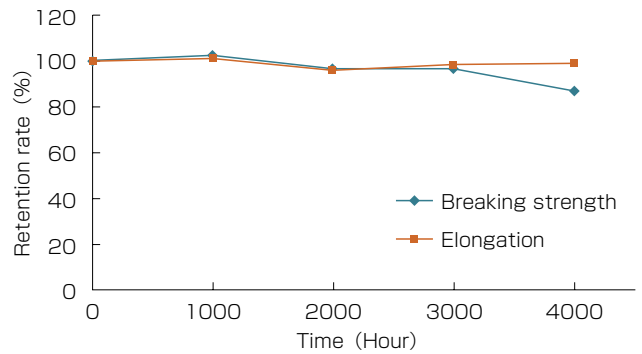


図11 壁面への固定
Fig. 11. Cable fixation method on a wall.



Test condition

Item	Condition	
Temperature of blackpanel	64 °C	
Water spray cycle	Water spraying period	18 min
	Dry period	102 min

図12 耐候性評価結果
Fig. 12. Test results of weatherability.

表4 フラット型光インドアケーブルの特性評価結果
Table 4. Test results of cable characteristics.

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	波長 1550 nm	<0.21 dB/km
温度特性*	IEC60794-1 Temperature Cycling -30 ~ +60 °C × 3 サイクル	損失変動量 <0.05 dB/km
曲げ特性*	IEC60794-1 Repeated Bending R 25 mm × 10 サイクル	<0.05 dB
側圧特性*	IEC60794-1 Crash 1200 N / 25 mm × 1 分	<0.05 dB
捻回特性*	IEC60794-1 Torsion ± 90 ° / 1 m	<0.05 dB
衝撃特性*	IEC60794-1 Impact 錘 300 g 落下高さ 1 m	<0.05 dB
難燃特性	JIS C 3005 60 ° 傾斜燃焼試験	自己消炎

*測定波長 1550 nm

3.2 薄灰色細径集合光インドアケーブル

MDFや配管が無い小規模集合住宅では、図13のように、ベランダの軒下などの外壁に集合光インドアケーブルを先行配線している。このケーブルは、表5に示すように、支持線を中心に、複数の光エレメントを螺旋状に撚り合せた構造となっている⁶⁾。加入者宅へ引き込む際は、撚られた光エレメントの1条を選択し、現場付けコネクタを取り付けている。建物への外壁に配線するため、耐候性と難燃性が求められることから、従来のケーブルではブラックカーボンを添加した黒色難燃ポリオレフィン外被を用いていた。このため建物の外壁色によっては、黒色である従来ケーブルが目立ってしまうという課題があった。この対策として、外壁色と調和する目立たない

配線と配線作業性の向上を目的に、薄灰色細径集合光インドアケーブルを開発した。開発ケーブルは、光エレメントを細径化するとともに、薄灰色（白色に近い明灰色）でありながら、優れた耐候性と難燃性を有する新配合の外被材を用いることで、配線後の美観を改善している。また、外被材を薄灰色にすることで、心線対照器による光エレメントの判別が可能になり、ケーブル中間部で加入者宅に引き込む光エレメントを取り出す誤切断を防ぎ、施工性を向上させている。薄灰色細径集合光インドアケーブルの特性評価結果を表6に示す。

3.3 防鼠光インドアケーブル

複合用途（雑居）ビルなどで、鼠害を受ける可能性がある場合は、金属配管などを用いて光インドアケーブルを防護する必要がある。光インドアケーブルの通線可能な既設配管が無い場合には、新たな配管設置が必要とな

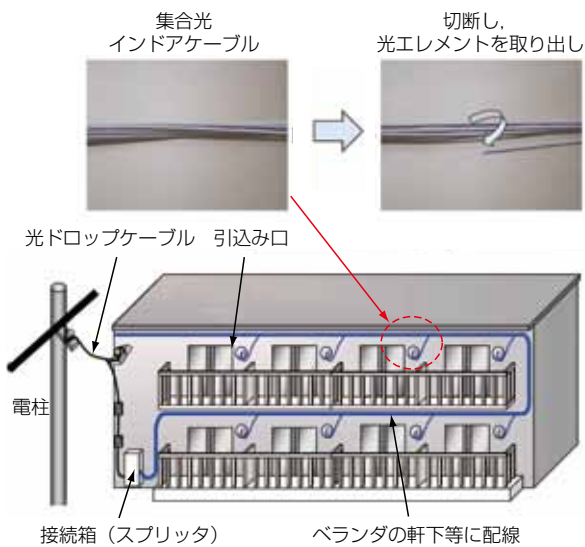


図13 小規模集合住宅の配線例

Fig. 13. Schemati of stranded indoor cable wiring.

表6 薄灰色細径集合光インドアケーブルの特性評価結果
Table 6. Test results of cable characteristics as.

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	波長 1550 nm	<0.21 dB/km
温度特性*	IEC60794-1 Temperature Cycling -30 ~ +60 ° × 3 サイクル	損失変動量 <0.05 dB/km
曲げ特性*	IEC60794-1 Repeated Bending R 35 mm × 10 サイクル	<0.05 dB
側圧特性*	IEC60794-1 Crash 980 N / 25 mm × 1 分	<0.05 dB
捻回特性*	IEC60794-1 Torsion ±90 ° / 1 m	<0.05 dB
衝撃特性*	IEC60794-1 Impact 錘 300 g 落下高さ 1 m	<0.05 dB
難燃特性	JIS C 3005 60 ° 傾斜燃焼試験	自己消炎

*測定波長 1550 nm

表5 薄灰色細径集合光インドアケーブルの構造

Table 5. Cross sectional view of light gray colored stranded small size indoor cable.

項目	従来ケーブル	開発ケーブル
ケーブル断面図	<p>光エレメント 支持線</p>	<p>光エレメント 支持線</p>
光エレメント断面図	<p>ノッチ 鋼線 光ファイバ</p>	<p>ノッチ 鋼線 光ファイバ</p>
外被色	黒色	薄灰色
寸法	ケーブル外径 約 8.0 mm	ケーブル外径 約 6.5 mm
概算質量	約 0.15 kg / m	約 0.05 kg / m

り、施工コスト上昇の要因となる。

ケーブル自体に防鼠機能を持たせるためには、金属テープや網代（金属線編組）などの外装を施したり、外被

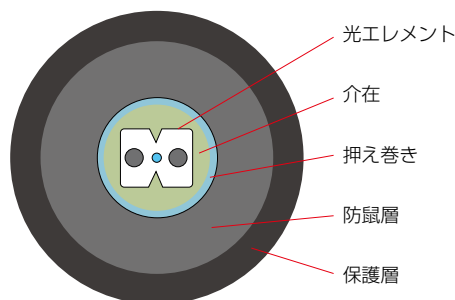


図14 インドアケーブルの構造

Fig. 14. Cross sectional view of rodent resistant indoor cable.

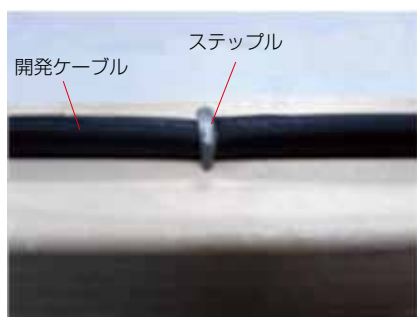


図15. ステップル固定

Fig. 15. Cable fixing by staple.

表7 防鼠インドア光ケーブルの特性評価結果
Table 7. Test results of cable characteristics.

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	波長 1550 nm	<0.21 dB/km
温度特性*	IEC60794-1 Temperature Cycling -30 ~ +60 ° × 3 サイクル	損失変動量 <0.05 dB/km
曲げ特性*	IEC60794-1 Repeated Bending R 25 mm × 10 サイクル	<0.05 dB
側圧特性*	IEC60794-1 Crash 1200 N / 25 mm × 1 分	<0.05 dB
捻回特性*	IEC60794-1 Torsion ±90 ° / 1 m	<0.05 dB
衝撃特性*	IEC60794-1 Impact 錘 500 g 落下高さ 1 m	<0.05 dB
難燃特性	JIS C 3005 60 ° 傾斜燃焼試験	自己消炎
防鼠特性	ケーブルを鼠に暴露	外被を貫通する 外傷無し
ステップル 打ち込み	20 cm 間隔で 5 箇所打ち込み	<0.05 dB

*測定波長 1550 nm

に忌避効果を発現する防鼠剤を配合するなどの方法がある。金属外装を施す方法は、高コスト化やケーブルの外径・質量の増加などのデメリットのほか、取扱い性、口出しなどの作業性を低下させる要因となることから、難燃ポリオレフィン外被に唐辛子の辛味成分であるカプサイシンを防鼠剤として配合した防鼠層により、防鼠機能を持たせた防鼠光インドアケーブルを開発した。ケーブル構造を図 14 に示す。防鼠層に直接接触することなくケーブルの布設や口出し作業が可能となるよう、防鼠層の外側に保護層を設けた構造とした。これにより、布設業者やケーブルを使用しているユーザーが、カプサイシンによる刺激を皮膚に受けることが無いよう、配慮した設計としている。

外被の厚さや介在量を適正化することで、図 15 に示すように、メタル線と同様に、絶縁ステップルを用いて壁や梁などへの固定が可能となっている。検証として、開発ケーブルにステップルを 20 cm 間隔で 5 箇所打ち込んだ際の光損失変動量（測定波長 1550 nm）を測定し、光損失変動が無いことを確認した。また、光エレメントが防鼠層内で捻転可能な構造としており、どの方向にも容易にケーブルを曲げることが可能である。防鼠光インドアケーブルの特性評価結果を表 7 に示す。

4. む す び

経済的な引込み・宅内配線設備の実現と施工性の向上を目的とした高機能光ドロップケーブル・インドアケーブルを紹介した。今後も、多様化する配線ニーズに対応した新製品を継続的に開発し、FTTH網の経済的・効率的構築の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- 岡田：「さらなるFTTH網拡大のための最新光ケーブル技術」, フジクラ技報, 第123号, PP.7-11, 2012
- 竹田ほか：「クマゼミ対策光ドロップケーブルの開発」, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 通信2, P.340, 2010
- 田中ほか：「細径低摩擦インドア光ケーブルの開発」, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 通信2, P.339, 2009
- 布目ほか：「低曲げ損失光ファイバ FutureGuide®-BIS-B」, フジクラ技報, 第117号, PP.5-10, 2009
- D. Sakakibara, et al. : "Low Wind Pressure Aerial Cable Research," 57th IWCS Conference™, PP.46-52, 2008
- 福手ほか：「外壁配線用集合インドア光ケーブルの開発」, 電子情報通信学会総合大会論文集 通信2, P.320, 2011