

# 通信ケーブル事業部

## Telecommunication Cable Division

### 概況

通信ケーブル事業部では、最近の急激に増加する通信需要に対応する社会資本として欠くことのできない通信用光ファイバ心線、光ケーブル、およびメタルケーブルの開発と製造を行っている。製造拠点は千葉県佐倉市と三重県鈴鹿市に設けており、製品群を表1に示す。光ケーブルは通信伝送媒体である光ファイバ心線を複数本内蔵したケーブルであり、高度情報化社会をささえる基幹情報伝送路である。メタルケーブルには、平行に配置した2本の絶縁金属線を撚って、それを複数本束ねた平衡形通信ケーブル、および高周波伝送特性と遮へい特性に優れた同軸ケーブルとがあって有線通信史上常に使用されており、これからも通信用伝送路としての貢献が続くものと考えられる。今後、通信と放送との融合による高度情報化にともなって、これらの通信ケーブルに要求される品質と特性はますます厳しくなりつつあり、当事業部の果たすべき社会的使命の重要性は一層増すものとする。

光ケーブルの初期の構造としては、外径0.125mmの光ファイバにシリコン（樹脂）を被覆し、さらにナイロンを被覆して外径を0.9mmとした心線を使用していた。その後、市場からの高密度型光ケーブルの要求にこたえ、紫外線硬化型樹脂（UV樹脂）で被覆をほどこして外径を0.25mmとした心線を複数本並列に並べ、さらにUV樹脂で全体を被覆したテープ心線が広く用いられており、細径、大容量の通信ケーブルを実現している。また、布設場所は、架空、地下、海底と地球上の全域に拡大している。

メタルケーブルは銅線にプラスチックで絶縁をほどこした絶縁電線を伝送媒体としたものである。種類としては平衡形と不平衡形の二種類に大別できる。平衡形ケーブルとしては市内中継用PECケーブル、市内配線用CCPケーブルなどがある。また、不平衡形である同軸ケーブルは、CATVシステムでの高周波信号伝送用として広く用いられており、近年ではさらに携帯電話などの移動体通信用としてアンテナ給電用や機器内配線用に大量に使用されている。漏洩同軸ケーブル（Leaky Coaxial Cable：LCX）はケーブルから電波を漏洩することによって、高速鉄道や道路、トンネルの沿線などに布設して電話伝送や列車制御などの移動体通信に用いられている。

近年においてはIT（情報技術）革命の推進のため、国内外で情報通信網の整備が急ピッチで進められている。当事業部は、この通信網に使用される通信ケーブルの技術開発および製造に鋭意取り組んでおり、インフラの整備に大きく貢献している。

表1 通信ケーブル事業部の取り扱い製品

光ファイバ心線	グレーデッドインデックス型マルチモード光ファイバ：GIファイバ シングルモード型光ファイバ：SMファイバ 分散シフト光ファイバ：DSFファイバ ノンゼロ分散光ファイバ：NZDSFファイバ
光ケーブル	コード型、層型、ユニット型、テープスロット型、自己支持型の各種光ケーブル
メタルケーブル	平衡形ケーブル、同軸ケーブル、LANケーブル、計装ケーブル

### 1. 主要製品

#### 1.1 光通信ケーブル

光ファイバ通信の発展に応じて、様々な構造の光ファイバケーブルを研究し、実用化してきた。光ケーブルの発展の歴史に沿って、これらの光ケーブルの構造を紹介する。

##### (1) 層より構造

単心の光ファイバ心線を中心テンションメンバの周りに層状に撚り合わせた構造で、70年代に研究し、1981年に世界で最初に実用化した光ケーブルであり、かとう性にとみ、優れた伝送特性をもつ。心線の構造は光ファイバを多層に被覆して保護し、外径は0.9mmとなっている。取り扱い性が良く、現在でも広く構内系や少数心の屋外ケーブルとして使用されている。

##### (2) テープスロット構造

光ファイバ心数が増大し、数十を超えると接続時間や収納密度が問題となってくる。そこで多心ケーブルに

### 通信ケーブル事業部関連年表

1991年	TPC4太平洋横断光海底ケーブルに光ファイバを納入（SMファイバを使用）
1992年	マルチスロット型1,000心防水型光ファイバケーブルを開発
1993年	北海道・本州光電力複合海底ケーブルを納入 マレーシアFFC社で光ファイバケーブルの製造開始
1995年	高密度型単スロット1,000心光ファイバケーブルを開発 TPC5太平洋横断光海底ケーブル用光ファイバを納入（ハイシリカ極低損失ファイバを使用） 10,000m深度無人潜水艇“かいこう”用に12,000m長の光電力複合ケーブルを納入
1996年	4心テープSZスロット型光ケーブル等アクセス系光ケーブル類の開発実用化
1997年	マルチスロット型3,000心光ファイバケーブルを開発 Sea・Me・We3光海底ケーブル用光ファイバを納入（DSFファイバを使用）
1998年	通信用エコケーブルを開発
2000年	独立リング型アンテナフィーダ用同軸ケーブルの製造開始 スロットレス光ケーブルを開発（40心以下）

は、光ファイバテープ心線という光ファイバをテープ状に並べて一括被覆した心線構造が適している。たとえば、接続時間においてもテープ単位で一度に接続できることから、大幅に短縮される。また、光ケーブルの接続部の心線を収納するスペースも、光ファイバテープ単位での収納ができ、大幅に小型化される。光ファイバテープ心線は用途に応じ2心テープ、4心テープ、8心テープなどがある。

これらの光ファイバテープを多数収納して、使用環境や取り扱いに対して十分に安定したケーブル特性を実現した構造として、80年代にテープスロット型光ケーブルを開発し、製品化した。現在では日本の標準構造として、最も広く使用されている光ケーブル構造である。この光ケーブルはスロットと呼ぶ溝をプラスチックのロッドの周囲にらせん状に設けた構造で、その溝の中に光ファイバテープ心線が収納され、外力が直接光ファイバテープに加わらない構造となっている。したがって、側圧特性に優れており、心線密度が大幅に向上できている。たとえば、4心テープを75枚収納した300心ケーブルで外径約20mm程度である。

### (3) 防水ケーブル

光ケーブルは断面を見ると、シースとスロットの間、スロットとテープの間などに若干隙間がある。このため、外被が破損すると、水が浸入し、光ファイバの信頼性を劣化させる。従来、防水構造として金属テープで遮水する構造や、いわゆる油状の充填材で隙間を埋める方法が用いられてきた。しかし、水の浸入・伝播を止める新たな手段として、吸水テープを使った光ケーブル構造を90年代の始めに開発・製品化した。吸水テープは、その吸水ポリマが水分を吸って隙間を埋める働きを持ち、水の伝播を阻止する。このような防水型光ケーブルは、一般に地下へ適用される場合に多く用いられる。

### (4) アクセス系ケーブル

アクセス系では銅線の電話網と同様に、多心ケーブルから少心ケーブルへと分岐接続しながら、各ユーザへと配線される。このようなスター型配線形態では、非常に多心の光ケーブルから少心の光ケーブルまで、図1に示すような様々な種類の光ケーブルが必要となる。そこで光ケーブルの多心化を行い、1992年に、200心スロットロッドを5本撚り合わせた外径40mmの1,000心光ケーブルを実用化した。そして、さらに4,000心光ケーブル等の高密度技術を検討し、1995年には1,000心ケーブルを従来の外径40mmから約30mmまで細径化した。また、1997年には図2に示すような3,000心の光ケーブルを世界で最初に製品化した。これは光ファイバテープを収納した複数のスロットロッドをさらに束ねた構造で、世界で最大心数の光ケーブルである。

### (5) 架空ケーブル

あるエリアを面的に配線するには多くの場合架空ケーブルにより配線する。架空ケーブルでは光ケーブルを吊り下げる吊り線を電柱間に張り、吊り線に光ケーブルを

留める方法が使われるが、いわゆる自己支持構造と呼ばれる光ケーブル部と支持線部を一体化したケーブル構造も多く用いられている。布設が一度にできることから、経済的である。1996年にはファイバ・ツー・ザ・ホーム（FTTH）時代に備え、新しい自己支持型光ケーブルを製品化した。光ケーブル部にはコアロッドとして、図3に示すようなSZスロットを用いている。これは溝が長手方向に交互に反転して設けられている。SZスロット型光ケーブルは中間後分岐が簡単にできることが特長である。すなわち、シースを剥ぎ取り、テープを溝から簡単に取り出すことができる。通常のケーブルでは一方向にらせんを描いており、この場合には、溝に収納されたテープを取り出すためにはケーブルを曲げる必要がある。SZスロットでは直線的な状態でも簡単にテープを取り出せるこ



図1 アクセス系光ケーブル



図2 3,000心光ケーブル

とから、中間後分岐に適したケーブル構造である。2心光ファイバテープを溝に収納したSZ型光ケーブルに加えて、1996年に4心テープのSZスロット型光ケーブルを製品化した。現在では、300心までのSZスロット型光ケーブルを製品化している。そして、さらに自己支持構造において、支持線よりも光ケーブル部が若干長い状態で一体化した構造、すなわち、弛み付き自己支持構造を開発・製品化した。支持線と光ケーブル部は長手方向に間欠的につながった構造であり、かつ光ケーブル部が若干長く、弛みを持った構造となっている。これにより、必要な任意の部分で後分岐をするときに、あらかじめ、支持線と光ケーブル部が間欠的につながっており、分離や後分岐作業が簡単である。また、分離部分は空気が通過できることにより、風圧によるケーブルの振動現象が生じ難くなっている。さらに光ケーブル部に伸びが加わらないので、光ファイバの信頼性が損なわれない。このようなことから、現在、適用領域が広がりつつある。

(6) スロットレス架空ケーブル

架空ケーブルでは少心になればなるほど、同一のケーブル構造では無駄が多くなる。そこで40心以下ではスロットロッドを用いない簡単な構造の架空ケーブルを2000年に製品化した。この光ケーブルは弛み付き自己支持構造とすることで、SZスロット型ケーブルと同様に後分岐が容易となっている。

(7) ドロップケーブル

光ケーブル配線網の最寄りの配線ケーブルから個別ユーザへ繋ぎ込むために、いわゆるドロップケーブルと呼ばれる光ケーブルが使用される。単数のドロップ、複数のドロップエレメントを束ねた集合ドロップ、また金属の給電線を複合した複合集合ドロップなどがある。細く、取り扱いに優れ、かつ安定した伝送特性を持つ構造となっている。住宅などに繋ぎ込まれるドロップは難燃性の材料を用いており、ケーブルによる延焼を防ぐこと

ができる。また、ファイバ心数は1心、2心、2心テープなど引き落とし数に応じた設計が可能である。

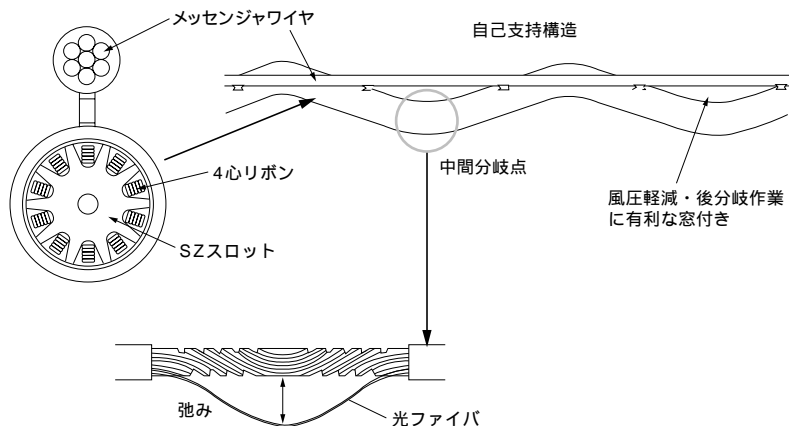
(8) 所内・構内用ケーブル

伝送・交換・転送などの機器が設置されている設備センターにも各種の光ケーブルが必要となり、このような設備センターへの引き込みにはコネクタ付きケーブルが便利である。このケーブルでは、地下ケーブルの片端にMTコネクタなどで端末処理をほどこし、簡単に所内のケーブルと接続できる。所内ケーブルは屋外ケーブルと機器間を配線するケーブルである。ユーザごとの切り替えができるように、単心ファイバなどのユーザ心単位で差し替えできることが条件であり、テープコード、単心コード、それらのケーブルやお互いの変換ケーブルなど様々な製品がある。最近では高密度化のため、単心コードでは外径2.0mmから1.7mm、さらに1.5mm、1.1mmと細いコードも製品系列に加えている。また、地球環境への配慮から、コード材料としてノンハロゲン材料を使用したコードも開発した。設備センター等で用いられるケーブル類は、ユーザビルや集合住宅等の比較的大規模なユーザのビル内配線にも用いられる。

ビル内配線では、ケーブルシャフトに布設される縦系ケーブルと、各フロアで二重床や電線管、レースウエーなどの中に布設される水平ケーブルに分類されるが、ファイバ・ツー・ザ・デスク (FTTD) に向け、ケーブルだけでなく、コネクタ、キャビネット、アウトレット等を機能的に結び付けたGIGA-FITシステムと呼ぶ統合配線システムを製品化している。光ファイバとしてSMはもちろん、ギガビット伝送が可能なPCVD法によるGIファイバを適用している。ビル内用ケーブルでは屋外ケーブルとほぼ同様の構造を適用できるが、通常、難燃特性を付与している。また、外径0.9mmの心線、テープ心線のケーブルのほかに、外径0.25mm単心線を収納した光ケーブルもある。高密度であり、40心、100心まで製品化して



(a) 外観



(b) 中間後分岐

図3 SZスロット架空ケーブル

いる。このケーブルではテープから単心ファイバへの変換が不要であり、単心単位での使用が容易にできる。

#### (9) 空気圧送型ケーブル

ビル内配線では、ユーザの配置替えが頻繁であり、必要なファイバ心数やファイバの種類が自由に変更可能な配線システムが有用である。空気圧送型光ケーブル(PASS)は、必要に応じて心数が増減でき、配線替えも比較的容易な光ケーブルである。直径6mm~8mm程度のプラスチックパイプを束ねたケーブルと、その中に空気で送り込む数心の外径2mm程度のPASSユニットで構成される。圧縮空気により、38階の高層ビルに150m以上の垂直部分を含む全長約300mを送通した実績を持っている。20パイプケーブルをビル引き込み口からMDF室を経てケーブルシャフトへ導き、垂直に最上階につながるルートにケーブルを布設し、その中にユニットを送通した。垂直に布設されたパイプと水平に布設したパイプをコネクタ接続することで、光ファイバを接続することなく、一度に送れることも利点である。また、空きパイプに必要に応じて光ユニットを増設することで、伝送容量の増大に柔軟に対応できる。

#### (10) 波長多重用光ファイバ

幹線網には広帯域・低損失の伝送方式として80年代から光ファイバが導入され、GI光ファイバからSM光ファイバ、そして、低損失である波長1.55 $\mu\text{m}$ 帯への移行から、分散シフト光ファイバへと大容量化してきた。96年頃より、光ファイバ増幅の実用を機に、波長多重伝送方式が主流となってきた。波長多重方式では高密度に光を多重化したり、高強度の注入光を使うことにより、石英系光ファイバにおいても非線形現象が無視できないものとなった。また、特に長距離伝送を行う海底光ケーブルでは、この非線形作用や2つの偏波成分間の分散(PMD:偏波モード分散)が重要となってきた。このようなことから、PMDが小さく、非線形効果を抑制するような光ファイバを開発・実用化している。ITUにおいてG655として分類されるSM光ファイバは、一般にはノンゼロ分散シフト光ファイバ(NZDSF)と呼ばれており、使用波長域で零分散とならないようなファイバである。この光ファイバは多重用に最適化された光ファイバであり、光パワー密度を低減するため、コアを大きく設計したもの(Ultra Wave-LA)や、波長分散値を多重波長域でなるべく均一にするため、分散スロープを小さくするように設計したもの(Ultra Wave-SS)などがある。当事業部では、これらの光ファイバを屈折率分布の精密な制御が可能なPCVD技術により作製している。これらのファイバは主として、海底光ケーブルを中心に適用されているが、海底用としてだけでなく陸上ケーブルとしても適用されている。

### 1.2 メタル通信ケーブル

銅線を伝送媒体としたメタル通信ケーブルは長い歴史をもつケーブルであり、当社はその時代ごとに高度化する要求特性に的確に対応してきた。メタル通信ケーブル

の種類は、電話線用の平衡形通信ケーブル、高周波信号伝送用同軸ケーブル、弱電計装用ケーブルなど様々である。高周波同軸ケーブルには、CATV画像伝送用同軸ケーブル、新幹線沿いなどに布設して列車内と車外との通信を可能にさせた漏洩同軸ケーブル、携帯電話基地局のアンテナ給電用同軸ケーブルなどがあげられ、現在の市場で見る同軸ケーブルのほとんどの種類を生産している。以下に当事業部での代表的なメタル通信ケーブルを述べる。

#### (1) C形、D形、RG形同軸ケーブル

外径の細いものから太いものまで多種多様の同軸ケーブルがある。最も細いものでは絶縁外径0.8mm、ケーブル外径2mmの0.8D、0.8C同軸ケーブルから、太いものでは絶縁外径20mm、ケーブル外径25mmの20D、20C同軸ケーブルがある。細い同軸ケーブルは、携帯電話用伝送機器内部の配線用や、自動車内での高周波伝送路用に最近では多く使用されている。比較的大くてインピーダンスが75オームの8C、12C、17C同軸ケーブルは、CATVシステムでの画像伝送用に使用されている。インピーダンスが50オームの8D、10D、12D同軸ケーブルは、携帯電話システムでのアンテナ素子への配線用に使用され、また、アマチュア無線家にはフジクラの同軸として根強い人気がある。

#### (2) 漏洩同軸ケーブル

漏洩同軸ケーブルは、内部導体に銅またはアルミパイプ、絶縁体にポリエチレン紐、外部導体にアルミテープ、シースにポリエチレンまたはPVCを用いた構造であり、外部導体にスロット(細長い孔)を周期的に設けて、ケーブル内部を伝搬する電波の一部を外に輻射させるようにしたケーブルである。図4にその外観と内部構造を示す。漏洩同軸ケーブルから輻射される電界は、ケーブル周囲に限られているため、鉄道沿線、地下街、トンネルなどでFM放送、鉄道無線、防災無線用伝送線として使用されている。

漏洩同軸ケーブルの輻射特性は周波数に依存しており、外部導体のスロットの形状、配列によって決定される。1990年代前半には、漏洩同軸ケーブルを自動車電話、携帯電話用に適用する検討もなされ、1994年には、周波数280MHz~1,500MHzまでに適用できる超広帯域漏洩同軸ケーブルを開発している。また、近年では、鉄道沿線用として耐振動性に非常に優れた構造を採用した漏洩同軸ケーブルも開発し、製品化している。

#### (3) 電力給電用同軸ケーブル

アンテナへの電力給電用同軸ケーブルは、内部導体に銅パイプ、絶縁体に高発泡ポリエチレン、外部導体に波付銅管、シースにポリエチレンを用いた構造であり、移動体通信の基地局等で使用されている。移動体通信は1993年頃の携帯電話デジタル化(周波数900,1,500MHz帯)、1995年のPHS(Personal Handyphone System)導入(周波数1,900MHz帯)など近年の発展が目覚ましく、使用される周波数帯も高周波化されつつある。この動向



図4 漏洩同軸ケーブル



図5 アンテナ給電用同軸ケーブル

にともなって、アンテナ給電用同軸ケーブルも高周波化に対応して製品化してきた。

さらに、2001年には周波数2,000MHz帯での次世代携帯電話（IMT - 2000）の導入も予定されている。最近では、図5に示すような外部導体に独立リング形状波付銅管を使用した新型のアンテナ給電用同軸ケーブルを開発し、製品化している。この新型のアンテナ給電用同軸ケーブルでは、従来品に比べ、ケーブルの軽量化、施工性の向上、低雑音特性など優れた特性を実現している

#### (4) LAN用ケーブル

インターネット等に現在爆発的に使用されているメタルLANケーブルも製造しており、EIA / TIA規格を満足するCAT5、CAT5E（エンハンスドCAT5）を製品化している。このケーブルの特徴は、4対フルデュプレックス伝送による超高速伝送（1Gbps）を実現するために、100MHzの高周波数までの伝送損失、漏話特性、反射特性、遅延時間特性などを改善した点にある。対数は、4対から最大192対まで対応可能である。

また、250MHz以上の周波数帯域に適用可能なCAT6ケーブルの実用化を開始している。

## 2. 今後の展望

近年においてはIT（情報技術）革命の推進のため、情報通信網の整備が急ピッチで進められている。これら情報通信網の整備において、大容量伝送線路網の構築が必要とされ、NZDSF光ファイバを使用した光ケーブルが布設されている。今後は、さらなる大容量化に向けて新規の光ファイバの開発が必要であろう。また、インターネット通信の急激な需要増により、加入者系（FTTH：Fiber To The Home）で使用される構内・宅内ケーブルの経済的かつ扱いやすい通信ケーブルの開発が急務であり、当事業部の果たすべき役割はますます拡大しつつある。

また、当事業部では、ノンハロゲン化、難燃化、比重分別を可能とすることによって環境に配慮したエコ通信ケーブルも製品化している。今後はさらに、ケーブルに使用されているポリエチレンの再利用およびケーブル構成材料のリサイクルに向けて設計の段階から配慮して、リサイクルしやすいケーブルの開発を行う。

今後も環境との融和を目標に、顧客ニーズに合った通信ケーブルの開発・製造に鋭意取り組み、インフラ整備に貢献していく所存である。