

## ■5 群(通信・放送)- 2 編(光アクセス線路・伝送技術)

# 1 章 光アクセス線路の構成

(執筆: 裕 茂樹) [2015 年 6 月 受領]

### ■概要■

光ファイバを用いた電気通信サービスを提供するには、利用者の端末から通信ビルの基幹系ネットワークに接続する光アクセス線路が必要となる。

光アクセス線路は図 1・0 のように、き線線路と配線線路により構成される。

き線線路は、設備センタと固定配線区画（将来のサービス規模や道路及び河川等を考慮したエリア）とを結び、配線線路は、き線線路とお客様（ユーザ端末）を結ぶ。

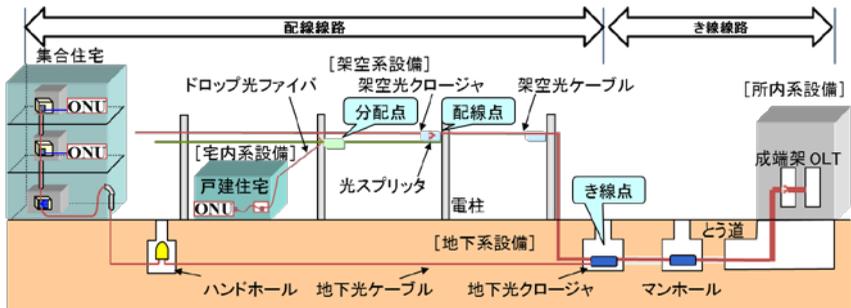


図 1・0 光アクセス線路の構成 (PON 方式の例)

広く普及する固定系のブロードバンドサービスを効率的に収容し、安心・安全なサービスを提供するために、光アクセス線路には、設備の高度化（ケーブルの細径高密度化や多種多様のサービスの開通及び移転に対応できるクロージャや故障時に早期に容易に復旧できる保守運用等）や多様な自然環境（気温・風水害等への耐性）及び社会的環境（誘導・景観）への対応が求められる。

### 【本章の構成】

本章では所内系設備（1-1 節）、地下系設備（1-2 節）、架空系設備（1-3 節）、宅内系設備（1-4 節）に関して、サービスを提供するアクセス系の設備構成について述べる。

## ■5 群-2 編-1 章

### 1-1 所内系設備

(執筆者：寺川邦明)

#### 1-1-1 MDF

アナログ電話が主流の時代（～1990 年代），電話機は所外メタリックケーブルを介して，通信ビルの交換機に繋がっていた．所外側のメタリックケーブルと所内側の交換機の間には図 1・1 に示すような中央集配線盤（MDF：Main Distribution Frame）が設置されていた．新規加入や引越しの際，図 1・2 に示すように MDF の所外側と所内側をジャンパリングすることで容易に開通や切替えができる．しかし，大規模な MDF ではジャンパリングを行う際，端子盤から端子盤への移動作業があり，作業性の効率の面で課題があった．

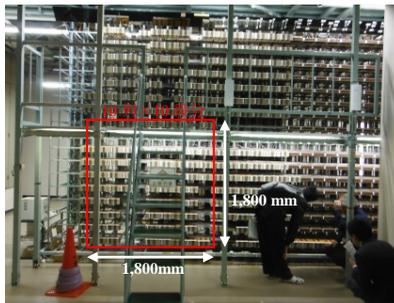


図 1・1 アナログ電話の中央集配線盤（MDF）

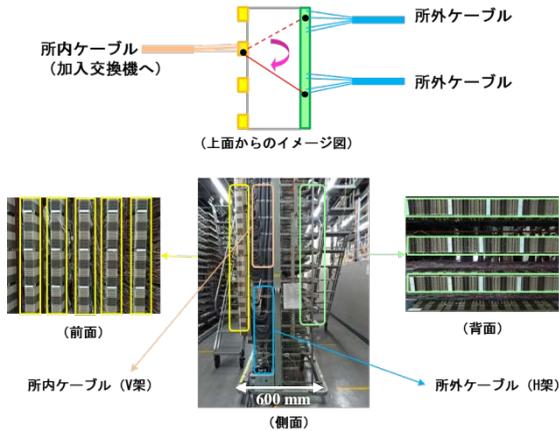


図 1・2 MDF による 2 点ジャンパリング

### 1-1-2 IDM

2000年代になり、インターネットやWANの普及とコンテンツの大容量化に伴い、ブロードバンドネットワークを提供するアクセス系光ファイバ網（FTTH：Fiber To The Home）が広がった。面的に分布するお客様需要に即応するため、通信ビルに収容された所外光ファイバとサービスを提供する所内装置との間を効率的に配線・管理できる所内系の光配線システム（図1・3）を開発・導入した。



図1・3 光配線システム

### 1-1-3 光配線システムの変遷と機能概要

アクセス系及び中継系の所外光ファイバケーブルと所内系設備を効率的に接続するため、所外系設備では数百心単位の多心光ファイバケーブルが導入され、建設コストの削減が図られるとともに、所内系設備では需要変動への即応と所内装置の収容率の向上が求められた。この両者の設備差を吸収する機能をもった光MDFがすべての光ファイバ網への「出入口」として導入されることになる。

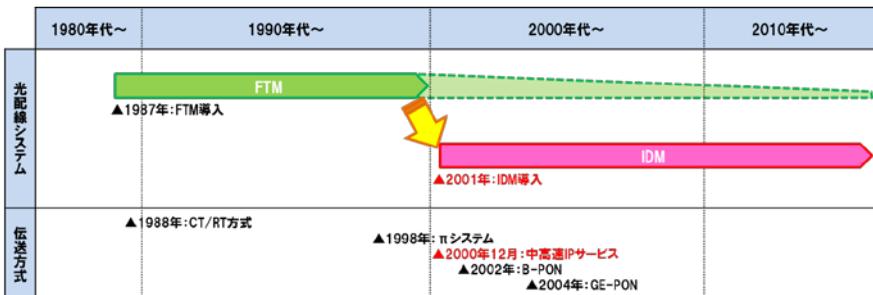


図1・4 光配線システムの変遷

図 1・4 に光配線システムの変遷を示す。1983 年に中継系として CTF (Cable Termination Frame) が、1987 年には加入系として FTM (Fiber Termination Module) が開発された。特に、加入系の FTM においては、光ファイバ網の保守運用を効率化するための光カプラ機能、所外光ファイバを遠隔自動で試験監視する試験機能と心線選択機能が高密度に実装される改良が行われてきた [本編 6 章 6-2 光線路試験システム 詳細参照]。更に、SS (Single Star) 方式の専用線サービスのほかに、帯域を複数のユーザで共用する PDS (Passive Double Star) 方式の採用により [本編 2 章 光アクセス配線方式 詳細参照]、光スプリッタが所内系設備として配備されることに加えて、一元的な機能設計とシステム管理が求められ、1999 年に新たな所内光配線マネジメントシステム (IDM : Integrated Distribution Module) へと進化した。

IDM は IDM-A (成端架) と IDM-B (中間架) の二つの構成とし、機能をそれぞれに分散させることで運用性の向上を図っている。IDM 架は FTM と同じサイズで、収容数は 2 倍となる 4000 心を実現している。表 1・1 に MDF と IDM の実装密度を示す。ここで実装密度は最大収容心数/容積とし、IDM の場合は IDM-A 架と IDM-B 架の 2 架分を容積としている。MDF の実装密度を 1 とすると、IDM は 7 を越えるので、フロアスペースの観点からは、電話サービスを FTTH へ巻き取ることが可能となった。IDM は小型化・高密度化・軽量化のほか、運用面においても配線管理システムを導入することで更なる高機能化が図られている<sup>1)</sup>。

IDM の詳細については [本編 5 章 5-4 光成端架] にて説明する。

表 1・1 MDF と IDM の実装密度比

	MDF	IDM
最大収容心数	10,000	4,000
最大加入者数 (光は32分岐で計算)	10,000	128,000
架のサイズ(単位:mm)	D:600, W:1,800, H:1,800 (10列×10段分)	D:600, W:1600, H:1,800 × 2 (A架+B架)
実装密度比 (最大加入者数/容積)	1	7.2

## ■5 群-2 編-1 章

### 1-2 地下系設備

#### (1) ケーブル

(執筆著：尾本 清) [2015年6月 受領]

アクセス線路は、通信ビルとユーザ宅を結ぶ設備である [本章図 1・0 参照]。光ファイバをユーザごとに個別に布設すると、膨大な費用がかかる。効率的に設備を構築するためには、光アクセス線路を複数のエリアに分け、まとめて建設することが有効である。

一つの通信ビルが受け持つエリアの中で、複数の固定配線区画と呼ばれるエリアを設定し、更に、その中に複数の配線ブロックと呼ばれるエリアを設定し、合計 3 階層で光ファイバケーブルを配線する (表 1・2 と図 1・5 参照)。

表 1・2 光アクセス系設備の構成

区 間	ケーブル区分	ケーブル設置場所
通信ビル ～ 固定配線区画 (き線点)	き線ケーブル	とう道, 地下管路
固定配線区画 (き線点) ～ 配線ブロック (配線点)	配線ケーブル	架空
配線ブロック (配線点) ～ ユーザ宅	ドロップケーブル	架空

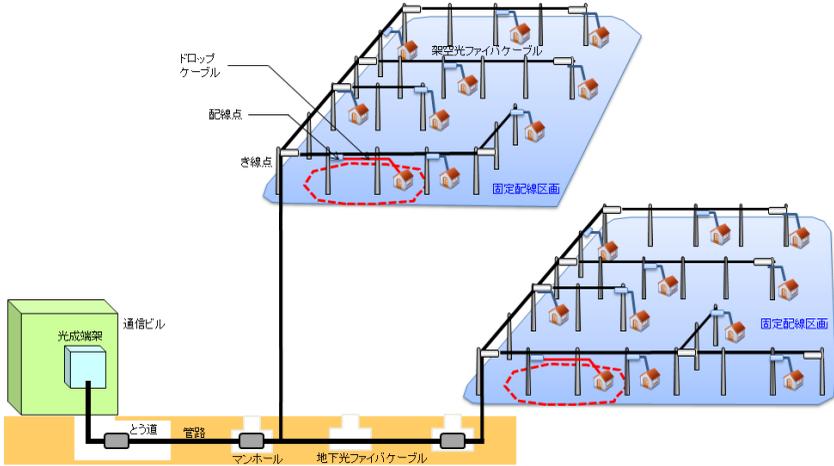


図 1・5 光アクセス系設備の構成

まず、通信ビルには、多数の光ファイバケーブルを収容するため、とう道と呼ばれる通信ケーブル専用トンネルが利用される [8 章 8-1-1「とう道」詳細参照]。この区間には最大 2000 心の細径高密度光ファイバケーブルが用いられ、とう道には合計すると数万心の光ファイバを収容している場合が多い。

次にとう道から、地下管路を利用する。地下管路は、通信ビルから光ファイバケーブルを、できるだけ放射線状に布設できるように、道路下に管路を埋設する。従来は1管路に1ケーブル(1管1条)を收容していたが、管路内を複数の空間に分けるインナーパイプを開発し、複数のケーブルを1管路に收容できるようになった(多条布設)。1管路当たりの收容心線数は合計数千心となる。とう道に比べて空間が狭いため、マンホールを埋設して、光ファイバケーブルをクロージャで接続、分岐することにより、各方面に向ける設備構成としている。

とう道や管路に布設する地下光ファイバケーブルの主な特徴は、下記のとおりである。

- ・限定された管路空間に多心の光ファイバを收容するため、高密度收容構造
- ・布設牽引時に光ファイバの残留応力を最小とするため、抗張力部材を收容
- ・光ファイバの浸水劣化を抑制するため、自己防水機能

## (2) クロージャ

(執筆者：西村公敬) [2015年6月 受領]

地下光ファイバケーブルの接続には地下光クロージャを用いる。地下光クロージャ内では、光ファイバを融着接続し、光ファイバの曲げ半径を考慮し、光ファイバ心線をトレイに収納している。また複数回の接続替えを可能とするための余長も含めて収納している。

**表 1-3**に地下系設備において適用される主なクロージャを設置環境とケーブル区分に分類して、示している。

とう道区間において、き線ケーブルの接続に使用するクロージャは、最大2000心を接続可能とし外装材には難燃性材質を使用している。

管路区間におけるき線ケーブル用のクロージャは放射状に展開し、分岐するルートに布設された光ファイバケーブルを接続するため、柔軟に分岐できる機能を有するクロージャを適用する。ルート計画に柔軟に対応するため、クロージャ内において別ルートへの切替え作業を考慮した施工性の高い構造を有している。また、光ファイバ接続部が長時間浸水することで光損失の増加や機械的強度が低下するため、クロージャ内には浸水を検知するモジュールを設置している。クロージャの外装は、浸水被害を防止するため、高い防水機能を有する。また簡易な施工で水密を確保するため、ケーブル挿入部にはポートアダプタを採用している。

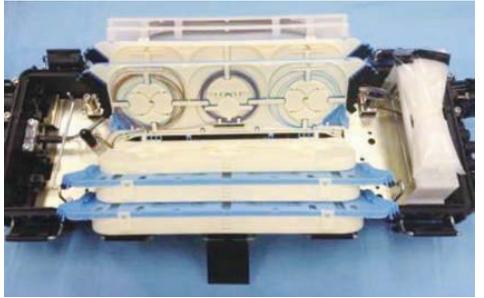
電柱地中化エリアにおけるサービス需要に対しては、迅速かつ効率的に光ファイバを配線するため、配線点用、引落し点用と用途別に最適化された地下配線用クロージャを適用している。

配線点用クロージャは主にマンホールやハンドホールに設置され、光スプリッタを收容している。更に光スプリッタと配線用ケーブルを事前に一括接続することで引き通し点のみの作業が可能となりマンホールやハンドホールの開閉作業の抑止を可能とした。

引き通し点用クロージャはドロップ機能に特化させることでクロージャサイズを小型化し設置性を向上、狭隘なマンホールやハンドホールにおける作業性を向上させている。

地下系設備においては、ケーブルの種類、設置環境(作業スペースなど)、新設時の施工性、新設後の施工性、浸水防止を考慮し、設置環境やケーブル区分により、もっとも効率的なクロージャを適用することが重要である。

表 1・3 地下系設備に適用される主なクロージャ

設置環境	ケーブル区分	適用クロージャ
とう道区間 管路区間	地下光ファイバケーブル	 <p><b>要求機能と実現手段</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大 2000 心光ファイバケーブル接続可能               <ul style="list-style-type: none"> <li>→高密度なトレイを適用</li> </ul> </li> <li>・とう道区間では難燃性               <ul style="list-style-type: none"> <li>→スリーブの材質は難燃性材料を適用</li> </ul> </li> <li>・分岐するルートに柔軟に分岐可能な機能               <ul style="list-style-type: none"> <li>→高密度なトレイを適用</li> </ul> </li> <li>・クロージャ内への浸水防止機能               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ケーブル挿入部をポートアダプタ適用とした</li> </ul> </li> </ul>
地下配線区間	地下光ファイバケーブル及 びドロップケーブル	 <p>&lt;配線点用&gt;</p> <p><b>要求機能と実現手段</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光スプリッタを搭載               <ul style="list-style-type: none"> <li>→光スプリッタ収納用トレイを適用</li> </ul> </li> </ul>



<引き通し用>

**要求機能と実現手段**

・ダウンサイジング

→ドロップ機能に特化したクロージャ

## ■5群-2編-1章

### 1-3 架空系設備

#### (1) ケーブル

(執筆：尾本 清) [2015年6月 受領]

地下光ファイバケーブルは、固定配線区画内のき線点で、架空配線光ファイバケーブルと接続される。架空配線光ファイバケーブルは、き線点から、固定配線区画内を放射状に展開し、各配線点まで敷設される。1条の架空ケーブルの心数は数十心程度である。架空光ファイバケーブルに求められる特徴は、以下のとおりである。

- ・風荷重を最小とするため、外径を最小とする高密度収容構造
- ・敷設牽引時に光ファイバの残留応力を最小とするため、抗張力部材を収容
- ・電柱に引き留めて固定するため、風に起因する振動に耐久性

各配線点では、光スプリッタが配置されている。架空光ファイバケーブルの1心の光ファイバは、8分岐光スプリッタと接続して、ドロップケーブルでユーザ宅まで接続される。このため、架空光ファイバケーブルの1心は最大8ユーザを収容することとなる。

配線点の光スプリッタから、各ユーザ宅に敷設されるドロップケーブルは、1心タイプが多い。その特徴は以下のとおりである。

- ・単心収容の場合でも、光ファイバの残留応力を最小とするため、抗張力部材を収容
- ・電柱に引き留めて固定するため、風に起因する振動に耐久性

#### (2) クロージャ

(執筆：西村公敬) [2015年6月 受領]

架空光ファイバケーブル及びドロップケーブルの接続には架空光クロージャを用いる。求められる特徴は以下のとおりである。

- ・クロージャ内での光ファイバ心線は風などの影響を受けるため心線収納を少なくする
- ・日々のサービス開通、廃止に柔軟にかつ効率的に対応可能
- ・複数回の接続替えへの対応
- ・廃止、移転により心線未使用部分を再接続（下部延ばし）し有効活用可能
- ・光スプリッタ搭載数の拡大によるクロージャ内の高収容化
- ・ケーブル引き通し区間における後設置が可能

など、日々のサービス開通に柔軟かつ効率的な作業性を求められ光サービスの需要増加に伴うクロージャの物品改良が進められてきた。

**表 1・4**に、架空設備において適用される主なクロージャを示す。

架空光クロージャ内での光ファイバの接続方法〔本編5章「光接続技術」詳細参照〕には、融着接続とメカニカルスプライス接続がある。光ファイバケーブル導入当初は、煩雑で時間を要していた。光サービスの需要の増加に伴い、接続作業を簡易化するとともに複数回の接続替えの切り替え作業の効率化を図るため、現場組立光コネクタ接続を用いるようになった。このコネクタ接続技術の確立により、クロージャ内において心線収納部を少なくし、架空区間では、風の影響で心線が振動し、サービスに影響することを最小化している。更に光スプ

リッタをモジュール化することで収納作業を容易にした。また、クロージャ内における各ケーブルとの接続は、光ファイバ心線をコード化することで心線保護を不要とし、作業性安全の向上を実現した。

き線点においては上部からのき線ケーブルと下部へ展開する配線ケーブルを接続している。き線ケーブルの光ファイバ1心を8分岐光スプリッタと接続し、光スプリッタには配線ケーブル8心が接続可能となっている。光スプリッタ分岐部より下部においては直接ドロップケーブルと接続し、ユーザ宅へ引き落とされる場合もある。光サービス需要の増加に伴うクロージャ内への光スプリッタ搭載数に限界が生じたため、光スプリッタモジュールの小型化、トレイの構造変更により、高収容化を実現し、クロージャやケーブルの新設を回避させるとともに架空区間におけるケーブルやクロージャの輻輳回避を図ってきた。

また、日々のサービス移転、廃止によりクロージャ内で心線が切断されたままの状態であったものをクロージャ内で再度下部ケーブルと接続できるように、割り入れ物品を導入することで光ファイバ心線の有効活用をしている。

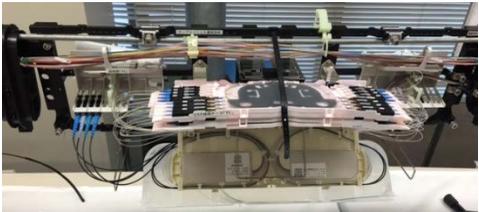
配線ケーブルを接続する際、使用するクロージャは、ユーザ宅への引落し機能に限定した簡素化した構造とした。簡素化したことによる特徴は次のとおりである。

- ・クロージャ物品数の削減による物品価格の低減
- ・簡素化した内部構造による施工性の向上（施工コストの削減）を実現

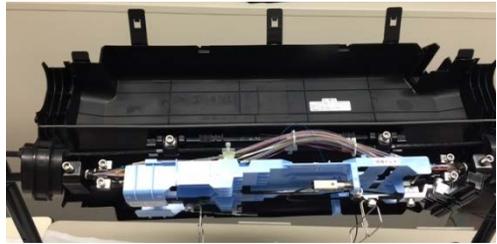
さらに需要変動に柔軟に対応可能とするため下部ケーブルへの再接続機能（下部延ばし機能）も具備した。また、適用ケーブルにより、クロージャのサイズを分けて物品開発し、物品価格の低減、作業性の向上を実現している。

光サービスは首都圏など大都市部からサービス提供を開始し、大量開通に柔軟かつ低コストで実現してきたが、地方部へのサービス提供においては、都市部で使用する高収容なクロージャでは高コストとなることから、最適な収容数となるクロージャが必要である。

表 1・4 架空設備に適用される主なクロージャ

架空クロージャの技術	概要
接続作業の簡易化	 <ul style="list-style-type: none"> <li>・8分岐光スプリッタをモジュール化、小型化</li> <li>・光スプリッタとの接続をコネクタ化</li> <li>・ケーブルとの接続をコード化</li> <li>・トレイの構造変更による高収容化</li> <li>・下部ケーブルへの接続もコード化</li> </ul>

更なる簡易構造化



- ・ユーザ宅への引き落とし機能に特化した構造
- ・物品点数を削減し、簡易構造とし施工性向上

## ■5 群-2 編-1 章

### 1-4 宅内系設備

(執筆者：中谷内勝司) [2015年7月 受領]

光アクセス線路の構成として宅内系設備は、引込み設備からユーザ側装置（ONU）までの部分を指し、戸建系設備（主に一戸建住宅など）、ビル系設備（主にビル、集合住宅など）に大別され、それぞれにおいて設備構成は異なる。

戸建系設備は、宅内ケーブルを適用せず引込みケーブルを無接続で直接ユーザ側装置付近まで引込む設備形態（図 1・6）が主流となっている。また、主に建物外壁などにキャビネット類を設置し、引込みケーブルと宅内ケーブルを接続し引き込む設備形態もあり、このときの接続には主にメカニカルスプライス [5 章 5-1-5 「現場組立接続技術」詳細参照] が適用されている。

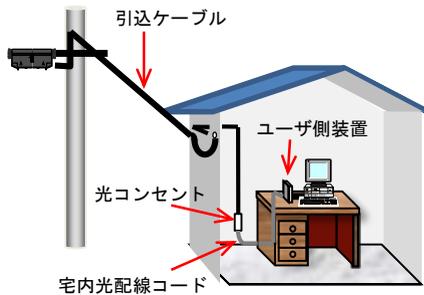


図 1・6 戸建系設備構成

ビル系設備は、主にビル内部の MDF（Main Distribution Frame：主配線盤）や内壁などに構内キャビネット類を設置し、構内キャビネット内で引込みケーブルと構内光ケーブル（宅内ケーブル）の接続を実施し、IDF（Intermediate Distribution Frame：中間配線盤）や内壁などから各フロア・ユーザへ分配する設備形態（図 1・7）となる。接続には、サービスチェンジや移転時の施工性向上を図るため、主にコネクタ [5 章 5-1-4 「コネクタ」詳細参照] が適用されている。

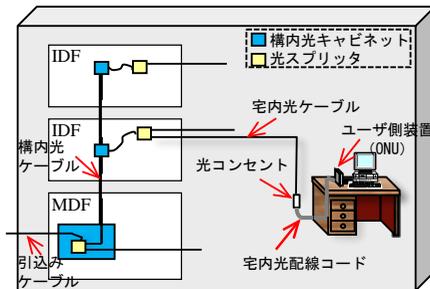


図 1・7 ビル系設備構成例

ユーザ側装置への接続は、戸建系・ビル系設備とも宅内ケーブルの端末に光コンセントを設置し、光コンセント～ユーザ側装置間は宅内光配線コードによる接続が主流となっている。これは、宅内光配線コードによる両端コネクタ接続としているため、ユーザ自身で接続可能であり、ユーザ側装置をサービス廃止時には事業者へ返却、再開通時には事業者からユーザへ送付することにより、ユーザ自身での施工による施工時間短縮・コスト削減を図ることを狙いとしており、DIY (Do It Yourself) 工法として主流となっている。

PON (Passive Optical Network) システム [2 章 2-2 「パッシブダブルスター方式」詳細参照] における宅内系設備構成は、戸建系設備では光スプリッタを電柱に設置し、光スプリッタ分岐後の下部側の引込み設備構成となるため、引込みケーブルは多重化されていない。ビル系設備では、構内キャビネット内において引込みケーブルと構内光ケーブル (宅内ケーブル) の間でコネクタ接続により光スプリッタが設置される構成となり、引込みケーブルは多重化されている。このため、ビル系設備での構築設計においては、架空ケーブル設計同様将来需要などを見込み、先行配線・繰返し工事の抑制を考慮した経済設計が求められる。

宅内系設備に適用する引込みケーブルには、架空・地下ケーブル (24 心以上)、ドロップケーブル (1～8 心) があり、主に使用される 1 心ドロップケーブルは図 1・8 に示すような断面構造で、主な仕様は表 1・5 のとおりである。

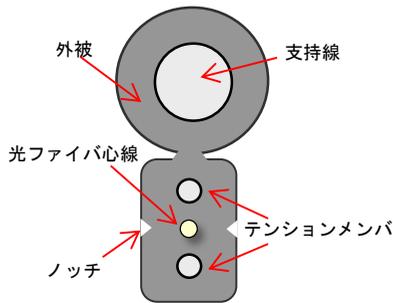


図 1・8 1 心ドロップケーブルの断面構造

表 1・5 1 心ドロップケーブルの主な仕様

標準寸法	1.6mm×4.2mm (支持線外径 Φ1.2mm)
概算質量	15 g/m
曲げ半径	R15
テンションメンバ	無誘導 (IF) 材 (破断張力: 400N以上)
外被材料	難燃ポリオレフィン (高強度外被: セミ耐性あり)

架空引込みにおける張力は支持線にて許容し、建物引込み口からのユーザ端末までの配管布設及び露出配線においては、支持線を分離したのちのテンションメンバにて許容張力を担保させる構造となっている。ドロップケーブルと架空・宅内ケーブルを接続するための心線取出し性を向上させるため、ノッチ部を設けている。また、東海～西日本エリアを中心に発生したクマゼミの産卵管による断線故障対策として、クマゼミに刺されても光ファイバ心線まで到達しないよう、外被材料に高強度外被を採用している。[4章 4-4-3「生物被害対策ドロップケーブル」詳細参照]

宅内ケーブルには構内光ケーブル・インドアケーブルが適用されるが、主に使用される1心インドアケーブルは図1・9に示すような断面構造で、主な仕様は表1・6のとおりである。

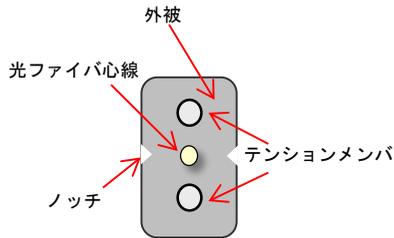


図1・9 1心インドアケーブルの断面構造

表1・6 1心インドアケーブルの主な仕様

標準寸法	1.6mm×2.0mm
概算質量	10 g/m
曲げ半径	R15
テンションメンバ	硬鋼線 (最大許容張力：200N以上)
外被材料	低摩擦性難燃ポリオレフィン (動摩擦係数：0.25以下)

インドアケーブルは、ドロップケーブルの支持線部分を取り除いた構造とほぼ同等であり、ノッチ部を設けテンションメンバにて許容張力を担保させる構造となっている。ただし、インドアケーブルは主に配管内を通線するため、同一配管内に他ケーブルとの混在収容や複数条通線されることを考慮し、外被材料に低摩擦性をもたせている。また、施工性向上の観点から、通線機などを使用せず、インドアケーブル単体で配管内を押込み通線可能とするため、テンションメンバに硬鋼線を適用している。[4章 4-4-2「低摩擦インドアケーブル」詳細参照]

ドロップケーブル及びインドアケーブルとも施工性の向上、故障の抑制の観点から、曲げ半径を小さくしても損失が発生し難い光ファイバが開発され、2011年頃より曲げ半径の極小化として曲率半径R10、R5といったケーブルも実用化されている。

■参考文献

- 1) 富田信夫, 立蔵正男, 泉田史, 榎本圭高, 中尾直樹, 高杉英利, “所内光配線システムの将来目標と要素技術,” 信学技報, CS98-48/OCS98-02, no. 150, pp. 1-6 (1998)