

光の基礎知識

光ファイバって、
どうなっているの？

光ファイバ選びで
失敗しないための「基本の基本」!

「光ファイバ／光ケーブルの
基礎知識」



光ファイバって
なに？

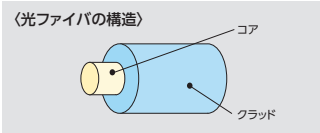


「コア」に光を閉じ込め
伝搬するのが
「光ファイバ」です。



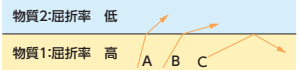
細い繊維状の「コア」に光を閉じ込め、
伝搬するのが「光ファイバ」です。

光ファイバは、石英ガラスやプラスチックで形成される細い繊維状の物質で、右図のように中心部のコアと、その周囲を覆うクラッドの二層構造になっています。コアは、クラッドと比較して屈折率が高く設計されており、光は、全反射という現象によりコア内に閉じこめられた状態で伝搬します。



全反射とは

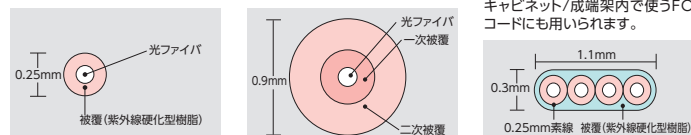
右下図Aのように光が屈折率の高い「物質1」から屈折率の低い「物質2」に到達すると、その角度を変えて進入していきます。光の進入角度がBのように浅くなると、透過する角度も小さくなり、境界面に対して平行に近くなります。そこでさらに進入角度を小さくすると、Cのように光は「物質2」に透過することができなくなり、すべての光が境界面で反射されることになります。このようにすべての光が反射されることを全反射と呼び、このときの入射角度を臨界角と呼びます。



光ファイバに保護被覆を被せ「心線」を形成。
主に、3種類に分かれます。

光ファイバは石英ガラスでできていて非常に脆弱であり、また、通常125 μ m(0.125mm)と極めて細いため、周囲に保護被覆を被せてあります。この被覆を被せた状態を心線と呼び、大きく

- ① 0.25mm素線
光ファイバを紫外線硬化型樹脂で覆い、0.25mm径にした素線です。非常に細径のため、ケーブル化する際の心線収容性に優れ、多心化する必要があるときに用いられます。
- ② 0.9mm心線
光ファイバをノンハロゲン樹脂で覆い、0.9mm径にした心線です。0.25mm素線に比べ強くできているため、取り扱い性に優れ、LAN配線などの少心ケーブルに広く使用されています。
- ③ テープ心線
0.25mm素線を複数平行に並べ、さらに紫外線硬化型樹脂で覆った心線です。(さまざまな心数があります)0.25mm素線同様に、ケーブル化する際の心線収容性に優れ、特に4心タイプは、4心一括で光ファイバ接続できることから、光キャビネット/成端架内で使うFOコードにも用いられます。



光ケーブルは
どんな構造を
しているの？



繊細な光ファイバ心線を
屋内外での実用に
耐えられるよう保護し、
取り扱いやすい構造に
なっています。



光ファイバは
いくつタイプが
あるの？

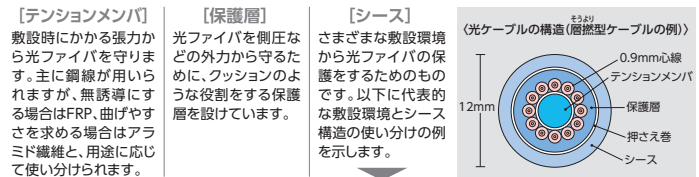


主要なタイプは
5種類あります。

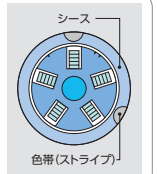


光ケーブルは、取り扱い性を高める構造をしています。

繊細な光ファイバ心線を収容する光ケーブルは、屋内外での実用に耐えられるよう工夫する必要があります。一般的に以下のような構成部材が用いられ、層状に構成することで強靱さを増す設計がなされています。これにより、外力の影響を受けにくく、伝送特性の安定した、さらに敷設作業がしやすい光ケーブルが作れます。右下図に、代表的な光ケーブルの例を示します。



- ポリエチレンシース
機械的強度に優れ、架空・管路敷設等、多くの環境で使用される最も一般的なシースです。
- HS(High Strength)シース
波付け加工をしたステンレステープ上にポリエチレンシースをほどこした構造で、機械的強度を高めています。キツキツや鼠、リス等の鳥獣害対策に用いられます。
- 難燃ポリエチレンシース
難燃性をもたせたポリエチレンシースです。一般的に屋内の敷設では難燃性が必要となります。
- 色帯シース
ポリエチレンシース上に黄色や緑色等のストライプを設けた構造です。複数本のケーブルが敷設されている環境で、識別性を向上させるためのものです。



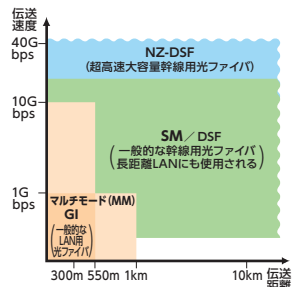
主要な光ファイバのタイプとして、5種類あります。

現在、情報通信用途に最も使用されている光ファイバは、コア、クラッドも石英ガラスでできています。光ファイバは、光の伝搬するモードの数によって「マルチモード」と「シングルモード」の2種類に分類されます。さらに、マルチモード光ファイバは、コアの屈折率分布によって、「ステップインデックス」と「グレーデッドインデックス」に分けられます。また、シングルモード光ファイバは、零分散波長により、「汎用シングルモード」と「分散シフト・シングルモード」、「非零分散シフト・シングルモード」に分けられます。これらのうち、一般的によく用いられるのは、主に「グレーデッドインデックス」と「汎用シングルモード」です。

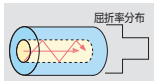
「光ファイバの分類」

光ファイバ	マルチモード	ステップインデックス(SI)
		グレーデッドインデックス(GI)
	シングルモード	汎用シングルモード(SM)
		分散シフト・シングルモード(DSF)
		非零分散シフト・シングルモード(NZ-DSF)

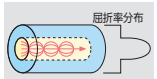
「光ファイバの種類と伝送速度、伝送距離」



ステップインデックス・マルチモード光ファイバ(SI)コアの屈折率が一定の光ファイバで、光はコア内を多くのモード(光の通り道)に分かれて伝搬します。右下図の中の内側のモードは比較すると、一方はまっすぐ最短距離で進むのに対し、もう一方は反射を繰り返して迂回しており、その結果、伝搬速度は大きく遅くなります。このため「ステップインデックス」は狭帯域になり、現在ではほとんど使用されていません。



グレーデッドインデックス・マルチモード光ファイバ(GI)コアの屈折率を滑らかに分布させた光ファイバで、標準的には、50 μ m、または62.5 μ mのコア径をもっています。コア内の屈折率を滑らかに変化させることにより、「ステップインデックス」に見られた伝搬速度の遅みが、大幅に改善されました。右下図では、伝搬距離の異なるモードが複数存在していますが、最短距離を進むモードは屈折率の高いコア中心を通るため光の速度が遅く、迂回するモードは屈折率の低い部分を通るため光の速度が速くなり、相対的にどのモードの光も同じ速度で伝搬することになります。「グレーデッドインデックス」は、次に紹介する「シングルモード」に比べ伝送損失が大きいのですが、光ファイバ接続が簡単にネットワーク機器も圧倒的に安価なため、LANなどの近距離情報通信用途として広く使用されています。



汎用シングルモード光ファイバ(SM)コア径を小さくすることでモードを1つにした光ファイバで、マルチモードで見られたようなモードの違いによる伝搬速度の遅みは発生せず、極めて広帯域な特性を有します。汎用のシングルモード光ファイバは、1310nm帯に零分散波長があるため、伝送損失が低く優れた特性を有し、高品質で安定した通信が求められる幹線網に用いられています。

分散シフト・シングルモード光ファイバ(DSF)伝送損失が1310nm帯よりも低い1550nm帯を零分散波長としたシングルモード光ファイバです。長距離伝送に適しています。

非零分散シフト・シングルモード光ファイバ(NZ-DSF)零分散波長を1550nm帯から少しずらすことにより、1550nm帯での非線形現象を抑制した光ファイバです。波長分割多重(WDM)伝送に向け、超高速の長距離伝送に適しています。

光ファイバの接続って、どう作業するの？



「光ファイバ接続の基礎知識」

接続技術への理解を深め作業を行いましょう。



融着接続ってどうやってするの？



正しい手順と注意点を確認しましょう。



光ファイバの接続方法って何が？



融着接続、メカニカルプライス、コネクタ接続の3種類があります。



光ファイバの接続技術は3種類、2分類あります。

光ファイバの接続技術は、永久接続である融着接続およびメカニカルプライスと、繰り返し着脱が可能なコネクタ接続に分類できます。光コネクタ接続は、光サービスの運用や保守で切り替えが必要な接続点で主に使用され、それ以外の場所では主に永久接続が使用されます。

光ファイバ接続損失は、軸ずれ等で発生します。

光ファイバの接続では、光が通るコア部分を対向させ、正しく位置決めすることが必要です。光ファイバの接続損失は主に以下により発生します。

1 軸ずれ

接続する光ファイバ間の光軸のずれが接続損失の原因になります。汎用のシングルモードファイバの場合、おおよそ軸ずれ量の二乗に0.2を乗じた値が接続損失になります。(光源波長1310nmの場合、例: 1μmの軸ずれで約0.2dB)



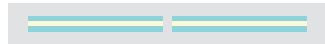
2 角度ずれ

接続する光ファイバの光軸間の角度ずれにより接続損失が発生します。たとえば、融着接続前のファイバカッターでの切断面角度が大きくなると、光ファイバが傾いて接続される場合があるので注意が必要です。



3 間隙

光ファイバ端面間の間隙により接続損失が発生します。たとえば、メカニカルプライス接続で光ファイバの端面が正しく付き合っていないと、接続損失発生の原因になります。



4 反射

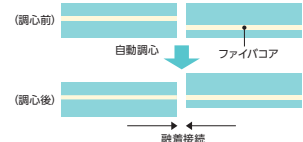
光ファイバ端面に空隙がある場合は、光ファイバと空気との屈折率の違いにより、最大0.6dB程度の反射による接続損失が発生します。なお、光コネクタでの光ファイバ端面清掃は光断を防止するために重要ですが、光ファイバ端面以外の光コネクタ端面にゴミを挟んでも損失が発生してしまうので、光コネクタ端面全体の清掃をすることが大切です。

融着接続方式 (2種類)

融着接続は、電極棒間に発生させた放電の熱を利用して、光ファイバを熔融一体化する接続技術です。融着接続方式は、以下の2種類に分類されます。

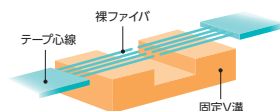
1 コア調心方式 コア調心

光ファイバのコアを顕微鏡で観察し、画像処理によりコアの中心軸が一致するように位置決めを行った後に放電を行う融着接続方式です。2方向観察のカメラを搭載した融着接続機を用い、2方向から位置決めを行います。



2 固定V溝調心方式 外径調心

高精度なV溝を用いて光ファイバを整列し、光ファイバを熔融させた際の表面張力による調心効果を利用して外径調心を行う融着接続方式です。最近の製造技術の進歩により、光ファイバのコア位置等の寸法精度が高くなっているため、低い損失での接続が可能になっています。本方式は、主に多心一括接続に使用されます。



融着接続作業の手順と注意点を確認しましょう。

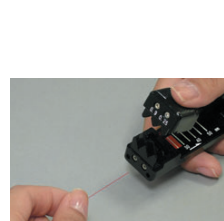
1 ファイバ保護スリーブ挿入

ファイバ保護スリーブは、接続点での露出させるファイバの保護のために使用します。ファイバ保護スリーブは後から挿入できないので、忘れずに挿入してください。
■ファイバ保護スリーブ内にゴミが入るのを防ぐため、ファイバ保護スリーブを挿入する側のファイバ被覆を、アルコールを含ませたガーゼで清掃してください。



2 心線被覆除去

ファイバのガラス部分を露出させるために、ジャケットリムーバを用いて被覆除去を行います。(25~30mm程度)
■ジャケットリムーバは心線にそって平行に引いてください。



3 ファイバ清掃

被覆除去後にアルコールを用いてガラス部分の清掃を行います。
■きれいなガーゼを用い、当てる位置を変えながら、ファイバの全周を丁寧に清掃します。「キュッキュッ」という音が出ると、裸ファイバ表面がきれいに清掃できています。
■高純度(99.5%以上)のエチルアルコールを使用します。



4 ファイバ切断

ファイバカッターの操作手順に従い、切断します。

■接続不良の原因になりますので、切断したファイバの先端は、ぶついたり触ったりしないよう注意してください。
■切断後のファイバ屑を散乱させないように注意してください。
■切断は、融着作業時の損失特性を左右します。切断不良の低減のために、カッターの切断刃およびクランプの清掃を心掛けてください。(写真①②)
清掃しても切断不良が改善されない場合は刃の寿命と思われる。
※[FC-8Rシリーズ]をご使用の場合は、切断刃自動回転式のため、手動での回転は不要です。



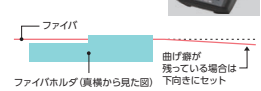
切断刃の清掃

クランプ(上部、下部それぞれ2箇所)の清掃

5 融着接続

融着接続機の操作手順に従い、融着作業を行います。

■放電テストは、融着作業前に必ず実施してください。放電テストにより適正な放電パワーを設定することで、低損失での接続が実現できます。
■ファイバに曲げ癖があるとV溝に正しくセットできない場合があります。軽く指でこじって曲げ癖をとり除いてください。



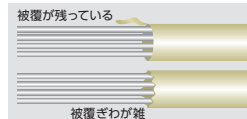
6 融着部補強

ファイバ融着部にファイバ保護スリーブを被せ、加熱器上で心線補強を行います。
■心線移動時にファイバを曲げたり捻ったりしないように注意してください。破断の原因になります。
■ファイバ保護スリーブは接続中心にセットしてください。
■加熱器へのセットは、ファイバが曲がらないように軽く引っ張りながらセットしてください。
■単心ファイバの場合、捻れ防止のため、ファイバの被覆上にマーキングをおき、マーキングの位置をそのままに加熱器に乗せます。



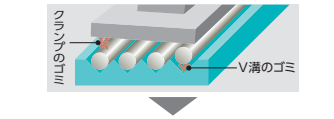
「万が一、軸ずれが起こってしまったら、どうしたら良いですか?」①~⑥の原因が考えられますので、順に試してください。

① 被覆除去がきれいにできなかった。

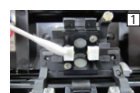


ジャケットリムーバの刃に被覆層が残ったまま、被覆除去を行ったためです。標準添付の清掃ブラシで刃についた屑を取り除き、前記②の手順に戻り、心線被覆除去からやり直します。

② 融着接続機のクランプやV溝にゴミがついていた。



■クランプは、アルコールを含ませた綿棒で軽く拭き取るように清掃してください。(写真①)
■V溝は、標準添付のV溝清掃用具のブラシの腹の部分がV溝に当たるように強めに清掃します。アルコールを含ませた綿棒清掃する場合は、「キュッキュッ」と音がするくらいに押し当てて左右に動かし清掃してください。(写真②)



③ ①②を行っても軸ずれが起こってしまう場合は、ファイバの清掃が不十分だったことが考えられます。



前記②の手順に戻り、心線被覆除去からやり直します。

光クローージャの
組立作業って、
どうすればいいの？

チェックポイントを押えて
確実な作業を行いましょう。

「光クローージャ組立の 基礎知識」

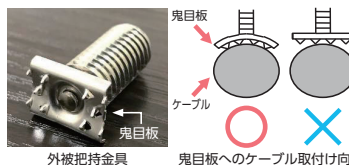
ケーブル
取り付け時の
注意点はああるの？

ケーブルごとに
異なるので
確認しましょう。

ケーブルごとの注意点を確認しましょう。

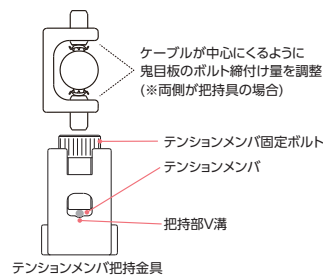
① テープスロット型ケーブルの場合

■ 外被把持金具でケーブルを把持する際は、鬼目板の曲部側とケーブルの丸形状があう向きに取り付けてください。取付け向きが間違っているとケーブル把持力が低下し、規定の把持力を満足しない事があります。ケーブルを鬼目板で上下両側から挟み込むタイプの場合は、ケーブル固定位置が上下中心に来るように鬼目板のボルト締付け量を調整してください。ケーブル固定位置が中心からずれていると、ゴムシールとケーブルの間に隙間が空き防水性能が低下する場合があります。鬼目板のボルト締付け強さは、ケーブル外被に鬼目板の刃が食い込むまでが目安です。ボルト締め付け不足は把持力低下、ボルト締め付け過ぎはロス増の要因となります。



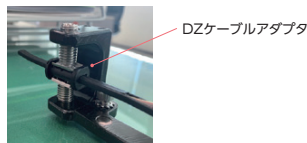
外被把持金具 鬼目板 鬼目板へのケーブル取付け向き

■ テンションメンバ把持金具でテンションメンバを把持する際、テンションメンバの表面にスロット材料カスが残っていないことを確認してください。カスが付着していると把持力が低下し規定の把持力を満足しない場合がありますので、サンドクロスなどでカスを除去してください。テンションメンバ把持金具を締め付ける際は、テンションメンバが把持部V溝に嵌っている事を確認してください。テンションメンバ把持金具の締付トルクは、各クローージャの工法書を参照してください。



② DZ型ケーブルの場合

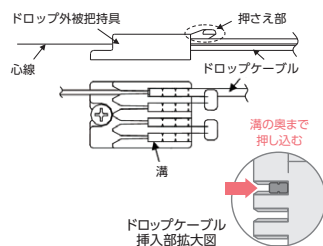
■ 別売りのDZケーブルアダプタが必要になります。部材販売も実施しておりますので、各営業窓口へお問い合わせください。DZケーブルアダプタを使用せず直接鬼目板でDZ型ケーブルを把持すると、鬼目板の刃で光ファイバ心線を外傷させてしまう場合があります。また、ケーブルを十分に把持することができず、規定の把持力を得ることができません。



DZ型ケーブル把持の様子

③ ドロップケーブルの場合

■ ドロップ外被把持具の溝へ挿入して固定します。ドロップケーブルが溝に底付きするまで圧入します。[挿入部拡大図]の通り、奥まで押し込まれていることを確認してください。



スリーブ開閉時に
注意することは？

光クローージャごとに
注意点が異なります。

浸水しないか
チェックするには
どうすればいいの？

ガスフラッシュ
テストの実施を
お願いします。

光クローージャごとの注意点を確認しましょう。

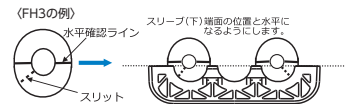
① 架空専用光クローージャの場合

■ 内部部品を挟み込まないよう、注意して開閉します。開き防止のラッチが付いているタイプは、根元のラッチ、先端のラッチの順番で確実に取り付けてください。
■ グロメット（シールゴム）の水切りが内側にあることを確認します。水が入る隙間ができないよう注意します。

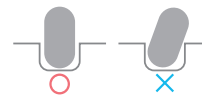


② 地中／架空用光クローージャの場合

■ 導入されるケーブル外径に応じたグロメット（ケーブルシール）、閉塞栓が準備されていることを確認します。開閉手順は各光クローージャの工法書に従ってください。グロメット、ガスケット、光クローージャスリーブシール部の表面にゴミなどが付着していない事を確認してください。ゴミ等が残っていると浸水の原因になることがあります。ゴミが不着している場合はアルコール等できれいに拭き取ってください。グロメット、ガスケットへのシリコングリス塗布は、全ての面に薄く均一に塗布してください。グロメットスリット接触面へも塗布が必要です。
■ グロメット、ガスケットは、取り付け向きをそれぞれの工法書で確認し正しい向きで取り付けます。

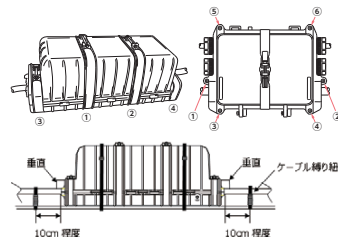


ガスケットは内側に倒れたり、スリーブで挟み込んだりしないよう注意して取り付けます。



■ 光クローージャの締結は、各光クローージャの工法書を参照し、締め付けが一方に偏らないよう、順番で3～4回に分けて手締めで均等に締め込み、「電動ドライバ」は使用しないで下さい（ボルトを緩める時は使用可）。強く締め過ぎると部品が破損する場合があります。各光クローージャの規定トルクを遵守してください。光クローージャ締結後は、施工不良による浸水を防ぐためにも確実にガスフラッシュテストを実施願います。詳細は、地中用光クローージャのガスフラッシュテストの項目を参照ください。

■ その他の確認事項
◇ 心線は許容曲げ半径、部品の動作範囲を考慮した余長が確保されていることを確認してください。
◇ ケーブル導入部の根元は垂直状態を確保してください。

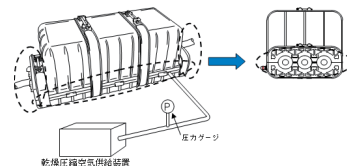


地中用光クローージャを設置する際は、 ガスフラッシュテストの実施をお願いします。

地下など冠水が想定される場所に設置する際は、光クローージャ内部が浸水しないよう気密型の光クローージャを使用します。光クローージャ本体の合わせ目部分には、主にゴム（グロメット、ガスケット）を用いて気密を確保していますが、施工不良による浸水が起きる場合がございます。

施工時の注意事項

- ゴム（グロメット、ガスケット）へゴミの付着、キズが無いことを確認する。
- シリコングリスをムラ無く塗布する、ゴムを取付ける際にゴムがズレないように注意する。
- カバーの締め付けに不均一、不足が起きないようにトルクレンチで規定トルクで締め付ける。



気密が確保されているか確認するために、施工後にガスフラッシュテストの実施をお願いしています。光クローージャのガスバルブからガスを供給（乾燥圧縮空気供給装置などを使用）しながら点検液（石鹸水等）を用いて目視で確認します。

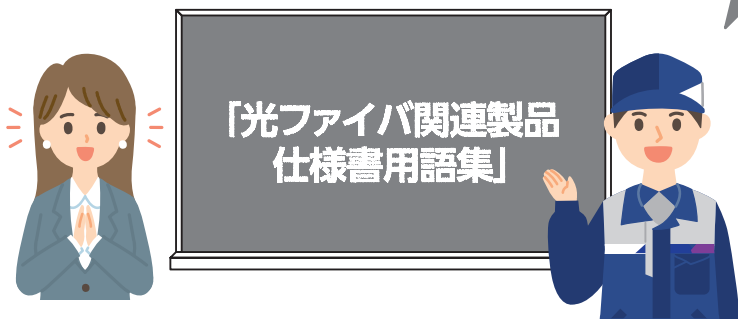
ガスフラッシュテスト実施時の注意事項

- 光クローージャの全周全箇所（シール部及びグロメット部、ガスバルブ部分）から漏れがないか点検を行ってください。
- 導入されたケーブルから内部気圧が抜けていくため、既定の圧力を保持した状態でガス漏れがないか確認する必要があります。
- 標準の封入圧は 39.2 KPa (0.4 kg f/cm²) です。
- 再組立時のガスフラッシュテストにおいて、漏洩が数回連続して発生した場合は、部材にキズや変形などがある可能性がありますので、ガスケット・グロメット（閉塞栓）を新品に交換してください。

※詳細は各光クローージャの工法書をご参照ください。
※お客様毎に管理基準を設けている場合はそちらの条件に従ってください。

施工時には、必ず工法書をよく読み、記載内容・手順を遵守して作業を行ってください。

仕様書に記載されている用語を正しく理解し、
施工品質を向上させましょう。

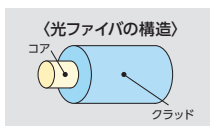


光ファイバについて

光ファイバの構造

■コア径

マルチモード光ファイバに適用されるパラメータ。コア領域の外周を最もよく近似する円の直径を表します。現在ではコア径 50 μm のファイバが一般的になっています。



■クラッド径

クラッド表面を最もよく近似する円の直径。接続するファイバどうしのクラッド径の差が大きいほど、接続損失が大きくなります。

光ファイバの伝送について

■ケーブルカットオフ波長*

シングルモード光ファイバに適用されるパラメータ。この値よりも小さな波長で使用するとシングルモードになりません。屈折率分布やコアの寸法など、光ファイバの構造で決められます。

■伝送損失

光ファイバを光が伝搬するとき、2点間の光パワーの減少を示す値で、次の式で表されます。

$$\alpha = -(10 / L) \log (P2 / P1)$$

L: ケーブル長 P1: 入射光のパワー P2: 出射光のパワー

この値が大きいほど、光パワーの減少が大きくなるため伝送距離が短くなります。

■伝送帯域

マルチモード光ファイバに適用されるパラメータ。ベースバンド伝達関数の大きさが、ある定められた値 (6dB) に減少する周波数を表します。つまり、どの周波数まで信号を歪みなく伝送できるかを表した値です。この値が大きいほど、高周波数での伝送が可能になり、大容量伝送ができます。

■スクリーニングレベル*

スクリーニングとは、ガラスの欠陥などを除去し構造信頼性を高めるため、光ファイバ全長にわたって一定の伸び歪みを与え低強度部分を前もって破断させる手法です。スクリーニングレベルは、この伸び歪みの値を表します。この値が大きいほど、信頼性の高い光ファイバであるといえます。

■モードフィールド径 (MFD)

シングルモード光ファイバに適用されるパラメータ。伝搬モードの電界分布の広がり (光の通り道) の直径を表します。光は通常はコア領域を通りますが、シングルモード光ファイバの場合、光はクラッド領域にも漏れ出すため、コア径ではなくMFDで規定します。そのためMFDはコア径よりも若干大きくなります。この値が小さいほど接続アライメントの精度が要求されます。また、接続するファイバどうしのMFDの差が大きいほど、接続損失が大きくなります。

■零分散波長*

シングルモード光ファイバに適用されるパラメータ。波長分散が等になる波長を表します。波長分散の絶対値が大きい波長で伝送すると分散が大きくなり、光のパルスの歪みが大きくなります。零分散波長を 1310nm 付近に設計した光ファイバが汎用 SM、1550nm 付近にした光ファイバが分散シフト光ファイバ (DSF) です。

■零分散スロープ*

シングルモード光ファイバに適用されるパラメータ。零分散波長における分散の傾きを表します。零分散スロープが大きいと、一般的に各波長における分散の絶対値も大きくなります。

■コア偏心率

コア偏心率は、コア径に対するコアの中心とクラッドの中心との距離を百分率で表した値です。

■モードフィールド偏心率

シングルモード光ファイバの場合、コア偏心率ではなくモードフィールドの中心とクラッドの中心との距離を表すモードフィールド偏心率が用いられます。

■クラッド非円率

クラッド公差領域を定義する二つの円の直径の差を、クラッド径に対する百分率で表した量です。

■ガラス曲がり量

光ファイバの曲率半径を表します。光ファイバの接続損失を小さくするために重要なパラメータです。

*印の仕様は、当カタログに掲載していませんので、詳しくはお問い合わせください。ただし、ご購入時の仕様書には記載されています。

ケーブル部分について

■最大許容張力

光ケーブルを敷設する際に加えてよい最大の張力。敷設後も常時この張力がかかってよいものではないので注意が必要です。

■使用温度範囲

光ケーブルを敷設してよい温度環境。一般的に屋外使用であれば -20 ~ +60℃、屋内使用であれば -10 ~ +40℃とされます。

光コネクタについて

■接続損失

光ファイバ同士を接続したとき、一方の光ファイバから他方の光ファイバに光が入るときに生じる光損失で、次の式で表されます。

$$\alpha = -10 \log (P2 / P1) \text{ [dB]}$$

P1: 接続箇所直前の光のパワー

P2: 接続箇所直後の光のパワー

この値が大きいほど光パワーの減少が大きくなるため、接続損失が大きくなります。光コネクタの接続損失は、挿入損失、結合損失と呼ばれることもあります。試験方法は P.136 を参照ください。

■通過損失

両端コネクタ付光コード/ケーブル製品を、光が通過した時のトータル損失です。仕様上は、光コネクタ接続損失の両端 (2 接続) 分と、光コード/ケーブルの長さ依存する伝送損失の合計値で表されます。測定は、両端の光コネクタにそれぞれ検査用の基準コネクタを接続して行います。

■反射減衰量

光コネクタへの入射光パワーと、接続面で反射される光のパワーとの比をデシベル表示で表した値で、次の式で表されます。

$$\alpha = -10 \log (P3 / P1) \text{ [dB]}$$

P1: 接続箇所直前の光のパワー

P3: 接続箇所で反射される光のパワー

この値が大きいほど反射される光パワーが小さくなるため、ノイズが小さくなります。

■フェルールの研磨方法 (研磨種別)

光コネクタは、先端にあるフェルールと呼ばれる部品の研磨方法 (種別) により反射特性が異なります。P.50 の「フェルールの研磨方法」を参照ください。

接続箱/クロージャについて

■ブレ配線

光スプリッタや FO コードなど、箱の中に収納する光ファイバ部品を工場であらかじめ収納した状態で納入することをブレ配線と呼んでいます。現場での作業時間の短縮の他にも高密度収納や部材管理の一元化などのメリットがあります。

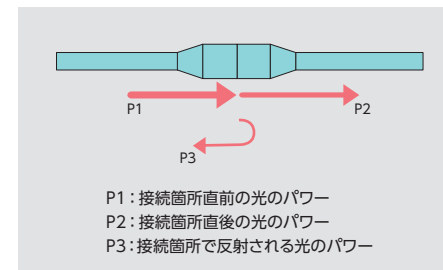
■保護等級

外来固形物および水に対する規定となります。(詳細は P.138 をご参照ください) どちらかに限定する場合は防塵特性・防水特性と記載されます。

■最小許容曲げ半径

光ケーブルの曲げられる最小の半径。敷設中と敷設後で最小曲げ半径は異なり、一般的に最小許容曲げ半径は、敷設中が光ケーブル外径の 20 倍、敷設後が 10 倍となります。

テンションソルバに FRP が適用される非金属ケーブルの場合は、最小許容曲げ半径は一般的に FRP 外径の 100 倍となります。



P1: 接続箇所直前の光のパワー

P2: 接続箇所直後の光のパワー

P3: 接続箇所で反射される光のパワー

光コネクタの接続箇所の模式図

規定を知り、
最適な部材を
選択しましょう。



■機械特性

ここでは配線部材の品質・性能に対して使用されることがあります。その場合は敷設状態の配線部材における環境・外部要因に対する性能を指します。下記に一例を記載します。

- ・ケーブル引張強さ: ケーブルを軸方向に対しまっすぐ引っ張った場合の把持力です。
- ・気密特性: 主に地中クロージャにおいて内圧に対する規定になります。
- ・耐水圧特性: 主に地中クロージャにおいて外部からの内圧に対する規定になります。

用途や敷設環境に適した光ケーブルを選び、
確実な作業を行うため、注意点を確認しておきましょう。



光ケーブル基本構造の選定 (推奨構造)

ロングホール	地下幹線	<ul style="list-style-type: none"> ■ テープスロット型ケーブル (一方向燃) ■ SZ燃テープスロット型ケーブル 	<p>《注意点》</p> <p>鉄道沿線等の振動が大きく心線移動が懸念される場所にテープスロット型ケーブル (一方向燃) を用いる場合には、心線固定処置*を実施します。</p>
FTTH	架空幹線	<ul style="list-style-type: none"> ■ SZ燃テープスロット型ケーブル 	<p>《注意点》</p> <p>ドロップケーブルは、加入者用途に限定した簡易な構造としており、スロット型ケーブルと比べて強度が不足するため、幹線での使用には適しません。</p>
	引き込み	<ul style="list-style-type: none"> ■ DZ型ケーブル ■ ドロップケーブル 	<p>《注意点》</p> <p>DZ型ケーブルは、径間渡し用としての使用が適しています。</p>
LAN	縦系配線	<ul style="list-style-type: none"> ■ SZ燃テープスロット型ケーブル ■ ディストリビューションケーブル ■ 層燃型ケーブル 	<p>《注意点》</p> <p>心数が多い場合はSZ燃、少ない場合はディストリビューション型が適しています。</p>
	横系配線	<ul style="list-style-type: none"> ■ ディストリビューションケーブル ■ インドアケーブル ■ コード 	

* 心線固定処置: 接着剤やガーゼ等を用いてテープ心線と溝付きスペーサを一体化する処置。

敷設張力の計算方法例

張力計算において使用する計算式の例を以下に示します。

① 直線部

$$T = 10 \cdot f \cdot W \cdot L$$

T: 直線部の張力 (N)
10: 重力加速度 (m/S²)
f: 摩擦係数
W: ケーブル質量 (kg/m)
L: 直線部の長さ (m)

② 屈曲部

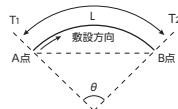
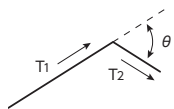
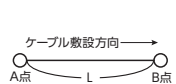
$$T_2 = T_1 \cdot K$$

T1: 屈曲部直前の張力 (N)
T2: 屈曲部直後の張力 (N)
K: 張力増加率
f: 摩擦係数
θ: 交角

③ 曲線部

$$T_2 = (T_1 + T) \cdot K$$

T1: 屈曲部直前の張力 (N)
T2: 屈曲部直後の張力 (N)
T: 10fWL
K: 張力増加率
f: 摩擦係数
θ: 交角

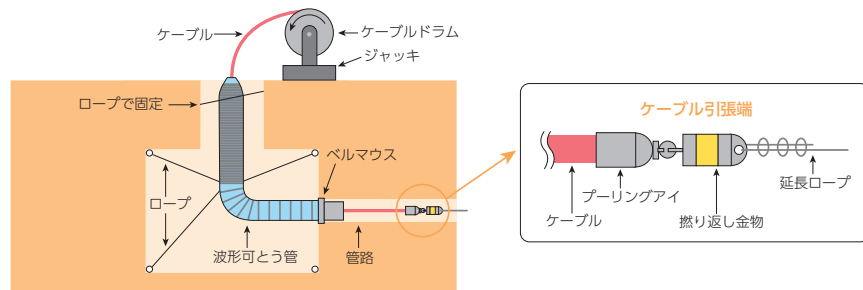


張力計算に使用する張力増加率 (地下管路の一例)

組合せ	ケーブルと		張力増加率 (K)
	管路 PE可とう管	ケーブル保護用 可とう管	
摩擦係数	0.5		
	6~10		1.10
	11~16		1.15
	17~20		1.20
	21~25		1.25
	26~30		1.30
	31~34		1.35
	35~38		1.40
	39~42		1.45
	交角 (θ)		

敷設方法例

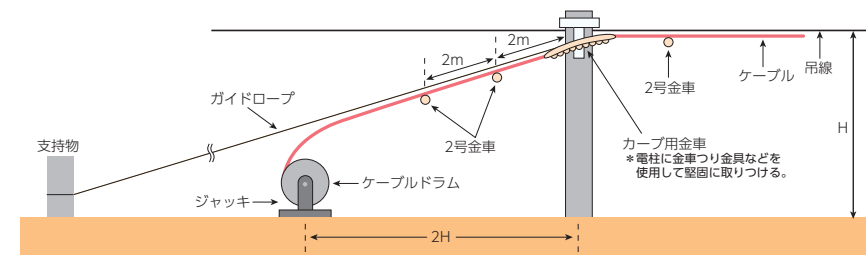
地下幹線



- 光ケーブルの先端にプーリングアイ等の引張り末端を取り付けます。
- 敷設時は、光ケーブルに捻回が発生しないように、上右の図に示したような燃り返し金物を使用します。
- ケーブルドラムは、円滑な曲がり方でドラムから繰り出されるように、管路と鉛直な位置になるように、上左の図のように据付けます。ケーブル繰り出し時によじれやキンクが生じないように注意します。また波形可とう管、ベルマウスを使用してケーブルを保護します。

- ケーブルの延線において長尺敷設する場合は、ケーブル外被ではなくテンションメンバを引っ張るようにし、過張力にならないようにケーブルに加わる張力を監視しながら行います。過張力になるとプーリングアイの抜け、ケーブル偏平が起る危険性があります。なお、許容張力については、ケーブルの種類に応じて個別の仕様書で規定しています。詳細は仕様書を参照ください。
- 鉄道沿線等の振動が大きく心線移動が懸念される場所では、テープスロット型ケーブル (一方向燃) に心線固定処置を施して用いるか、SZ燃テープスロット型ケーブルを用います。

架空幹線



- 敷設時は、光ケーブルに捻回が発生しないように、燃り返し金物・捻回防止器などを使用します。
- ハンガーロープを用いる場合、構造上捻回が発生しやすく、特に影響の出やすい長尺敷設においては十分な注意が必要です。
- ケーブルドラムの据付位置は、上図のように光ケーブルに極端な曲げが加わらないように、電柱から2H (Hは金車取付高さ) 以上とします。敷設時のしごきによるケーブル偏平を防止するため、カーブ用金車として曲率半径 300mm の 11 連金車が適しています。

- ケーブルの延線において長尺敷設する場合は、ケーブル外被ではなくテンションメンバを引っ張るようにし、過張力にならないようにケーブルに加わる張力を監視しながら行います。過張力になるとプーリングアイの抜け、ケーブル偏平が起る危険性があります。なお、許容張力については、ケーブルの種類に応じて個別の仕様書で規定しています。詳細は仕様書を参照ください。
- やむを得ない事情により、テープスロット型ケーブル (一方向燃) を用いる場合には、敷設後の振動による心線移動を防止するために、必ず心線固定処置を実施します。
- SSD ケーブルは、風による振動低減のため、約 10m ごとに 1 回の頻度で捻回処置を実施してください。

引き込み

- 敷設においては、ケーブルに加わる張力、曲げ径等を監視し、許容値を超えないように注意します。
- ドロップケーブルを加入者宅に引き込む場合は、支持線の引き留め処置を行う必要があります。
- ドロップケーブルの支持線固定作業時、本体部を小さく曲げてファイバを折らないように注意してください。

スムーズな納入のためにも、
納入条件の事前確認を実施しましょう。



光ケーブル輸送の基礎知識

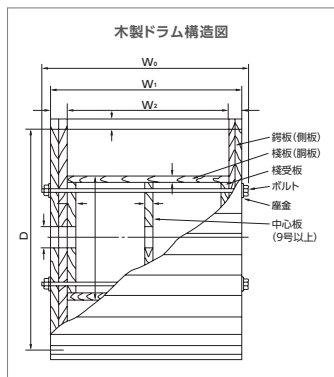


光ケーブルの荷姿はどうなっているの？

光ケーブルの荷姿は、主に段ボールとドラム(木製)の2種類があります。
光ケーブルの外径や長さ、納入先などにより、安全に輸送できる荷姿を当社で選択しております。
(段ボールは、束巻きの光ケーブルのみとなります。)

ドラム(木製)はどんな形なの？

ドラム(木製)は右記のような形になっております。
D : 鏝径(ツバケイ) = 直径(縦横)
W_o : 外幅 = 幅



トラックにはどのくらいの光ケーブルを積めるの？

トラックの大きさと積載の目安は下記表の通りです。

トラック大きさと積載目安

車種	目安車 (大きサイズメー)	荷台サイズ (m)			車体サイズ高 (m)			積載重量 (kg)
		長さ (L)	幅 (W)	高さ (H)	全長 (L)	車幅 (W)	全高 (H)	
赤帽(ほろトラック) ^{*1}	軽自動車	1.8	1.4	1.3	3.4	1.5	2.1	350
赤帽(バン) ^{*1}	軽自動車	1.6	1.2	1.1	3.4	1.5	1.9	350
4t平ボディ車	消防自動車	5.8	2.1		8.3~8.5	2.4	2.9~3.5	3,000
4tユニック車 ^{*3}	消防自動車	5.2	2.1		8.3~8.5	2.4	2.9~3.5	2,250
4tパワーゲート車 ^{*2}		5.6	2.1		8.3~8.5	2.4	2.9~3.5	2,500
10t平ボディ車	観光バス	9.5	2.35		11.2	2.5	3.2~3.8	10,000
10tユニック車 ^{*3}		7.6	2.35		11.2	2.5	3.2~3.8	8,250
2tユニック車 ^{*3}		3.5	1.8		5.3	2.0	2.8	2,000
2tパワーゲート車 ^{*2}	コンビニ配達車 宅配配達車	2.8	1.6		5.3	2.0	2.1	2,000
2tパワーゲートロング車 ^{*2}		3.8	1.8		6.4	2.0	2.3	2,000

*1 赤帽は、全国赤帽軽自動車運送同組合連合会の商標または登録商標です。
*2 パワーゲートは、箱東開発工業株式会社の商標または登録商標です。
*3 ユニックは、古河機械金属株式会社の商標または登録商標です。



荷卸し設備にはどんなものがあるの？

クレーン車、ユニック車、パワーゲート車、荷卸しマットがあります。
荷卸し設備と荷卸しマットの比較は次の通りです。

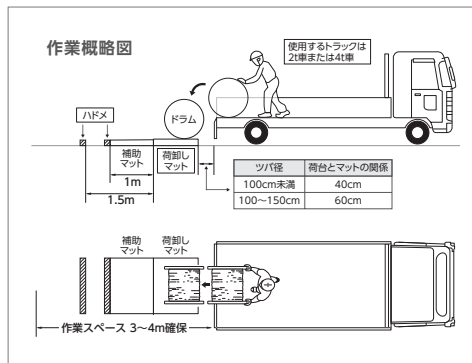
荷卸しマット

「荷卸しマット」とは、荷卸し設備(ユニック、パワーゲートなど)を使用せずに、ドラムを荷台から卸すための専用マットです。使用にはドラムの大きさ(鏝径:1250mm以下)や重量(250kg以下)の制限がありますが、荷卸し時間の短縮、高さ制限のある場所でも荷卸しが可能になるなどのメリットがあります。
※コネクタ付光ケーブルには、荷卸しマットを使用することはできません。

荷卸しマット



荷卸しマットの使用例



荷卸し設備(例:ユニック車)と荷卸しマットの比較

荷卸し設備 例:ユニック車

ドラムの中心にワイヤーを掛け、アームで吊り上げ卸す
周囲に高架や電線が無いことをご確認ください。



荷卸しマット

トラックの荷台よりマットに向け静かに卸す



光ケーブルを注文する際には、何を確認すればよいの？

納入先の「車種制限」「高さ制限」「荷卸しマットの使用不可」のご確認をお願いいたします。
ご確認いただいた納入条件にて、輸送手配させていただきます。

納入条件の例	車種制限: 4t 車迄 高さ制限: 制限なし 荷卸しマットの使用: 可
--------	---

※ビル内への納入が増えていますが、ビル内への納入は入口に高さ制限がございますので、必ずご確認をお願いいたします。

法令遵守の上、荷卸し設備、荷卸しマットを使用し、納入先敷地内で作業させていただきます。

光ケーブルについて



Q 光ケーブルは、どれくらい曲げられますか？

A. ケーブル外径の10倍（非金属ケーブルの場合は、FRP外径の100倍）、または収納している光ファイバの最小曲げ半径が、いずれか大きい数値が許容曲げ半径です。

光ファイバの許容曲げ半径は通常の30mmですので、ケーブル外径がいくら細くても、30mm以下に曲げることはできません。なお、住友電工は、許容曲げ半径15mmのMMファイバ「PureEther」-

Access」とSMファイバ「PureAccess®-PB」、7.5mmのSMファイバ「PureAccess®-A2」をラインナップ。光ケーブルの曲げ半径に革新をもたらしています。



Q マルチモード光ファイバのコア径50μmと62.5μm仕様の違いは何ですか？

A. コア径62.5μm仕様は米国で広く用いられ、50μm仕様は国内で一般的な仕様です。

62.5μmと50μmでは使用する伝送機器が異なりますが、62.5μm仕様はコア径が大きいので伝送機器との結合が容易になり、機器の価格が安価になります。50μm仕様は機器の価格は相対的に高くなりま

すが、光ファイバの帯域が広帯域になるメリットがあります。近年では広帯域光ファイバを使用した半ガビットイーサ、10半ガビットイーサの普及によってコア径50μmの仕様が主流になりつつあります。



Q 防湿・防水機能をもつ光ケーブルには、どのようなものがありますか？

A. 主にLAPシース型とWB型があります。

LAPシース型は、シース内面にアルミニウムテープを溶着し、防湿・防水機能をもたせていますが、シース損傷などによる浸水時には、ケーブル内を走水することがあります。一方、WB型はケーブル心に吸水テープを巻き、防湿・防水機能をもたせているため、浸水時に吸水材が膨張し、走水を防止できます。

■ LAPシース型 品番に「LAP」記号が入っています。

例：燃焼型ケーブル [8NHGI(PE-A1G)-L-LAP-FR]

■ WB型 品番に「WB」記号が入っています。

例：SZ燃焼テープスロット型ケーブル [100SM(PAPB)-SZ4R(EZB)-WB-E]

光クロージャについて



Q 光クロージャを開閉する際、再組立に必要な部材は何ですか？

A. カタログ掲載しております当社光クロージャは、追加部材不要です。

弊社では、通常、再組立に必要な部材グロメット・ガスケットにシーリングテープの不要な低硬度ゴムを採用しているため、再利用が可能で部材交換無しで再組立が可能となっております。ただし、再組立作業時にグロメット・ガスケットにキズや変形などがあ

る場合は交換が必要になります。交換要否は現品目視でしか判断ができませんので、現地調査後、施工前に個別部材単位でご用意していただくことも推奨しております。部材販売も実施しておりますので、各営業窓口へお問い合わせ下さい。



Q 架空専用光クロージャの定期点検、部品交換は必要ですか？

A. 設置後約10年以降を目安に定期点検の実施、スリーブの交換を推奨しております。

当社架空専用光クロージャのスリーブは、スリーブ開閉時折り曲げのため、ヒンジ部を有する構造となっております。設置環境や使用履歴に起因し、光クロージャの設置から早いものでは10年程度経過すると、スリーブヒンジ部分に亀裂が発生する現象が現れます。

この現象は、紫外線やスリーブ開閉時に繰り返し与えられるストレス等により、可動部であるスリーブヒンジ部分が真っ先に寿命を迎えていると推定しております。光クロージャを長期間ご使用いただくために、定期点検の実施をお願いいたします。

光ファイバ関連製品について、お客様からよく寄せられるご質問をまとめました。



接続損失について

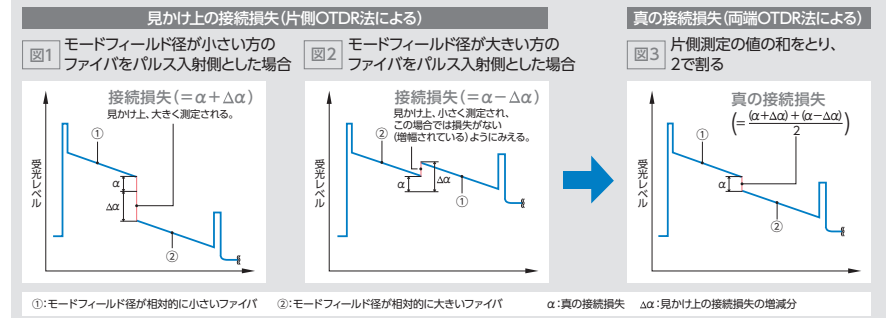


Q モードフィールド径の異なるSMファイバを接続したときに、接続損失が大きくなってしまいました。どうすればいいですか？

A. モードフィールド径の異なるファイバの接続損失を測定した際には、真の接続損失と異なる「見かけ上」の接続損失が測定されます。

光ファイバの接続損失の測定にはOTDR法が広く使用されています。OTDR法では、光ファイバに入射した光の後方散乱光を受光することで測定を行います。後方散乱光の発生する割合を後方散乱係数と呼びますが、モードフィールド径の異なるファイバでは、この後方散乱係数が異なります。パルス入射側ファイバの後方散乱係数より、出射側ファイバの後方散乱係数が小さい場合、出射側ファイバから戻ってくる光のレベルが低下して見かけ上の接続損失が大きく測定されます（図1）。反対からパルス入射した場合は、真の接続損失よりも見かけ上小さ

く測定されます（図2）。しかし、両側からOTDRを測定し、その値の和をとって2で割ることにより、見かけ上の損失はキャンセルされ、真の接続損失を求めることができます（図3）。同じSMファイバどうし（モードフィールド径9.2μm）を接続した場合でも、モードフィールド径は±0.4μmの使用公差内で異なっていますので、正確な接続損失を知りたい場合には、両側からの測定が必要になります。

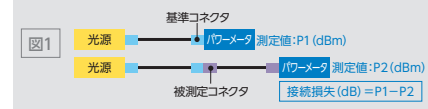


Q 光コネクタの接続損失は、どのような方法で測定すればよいですか？

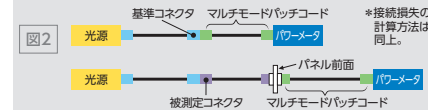
A. シングルモードとマルチモードで測定方法が異なります。

■ シングルモードの場合

図1のように、測定系を構成します。(JIS C 61300-3-4に準拠した方法)

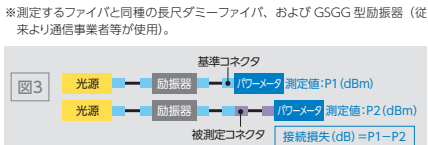


被測定コネクタにパワーメータを直接つなげられない場合（パネル等にアダプタが搭載されている場合等）、図2のようにマルチモードファイバのパッチコードを受け側に使用します。

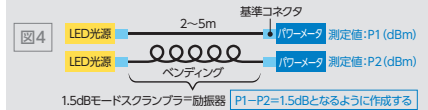


■ マルチモードの場合

定常励振モードで測定するために、図3のように励振器*を測定系に導入します。



LED光源を使用する場合、図4のように1.5dBモードスクランブラを作成して、図3の励振器の代替とします。



共通適用規格一覧

本カタログの掲載製品はすべてRoHS指令に対応しています。

※住友電工の化学物質管理について



環境配慮形光ファイバケーブル

住友電工は、環境に配慮した製品を提供し、お客さまの環境負荷を低減することで、循環型社会の実現を目指す企業としての責務を果たします。

	環境配慮形 光ファイバケーブル (ECO-OP)	環境配慮形耐燃性 光ファイバケーブル (ECO-OP/F)	環境配慮形難燃性 光ファイバケーブル (ECO-OP/SF)
ハロゲンフリー	○	○	○
難燃特性	適用しない	JIS C 3005 (傾斜試験)相当	JIS C 3521 (垂直トレイ)相当
発煙濃度 (適用: シース材料)	適用しない	JIS C 60695-6-31にて150以下	
燃焼時発生ガスの酸性度 (適用: シース材料)	適用しない	JCS7397にてpH3.5以上	

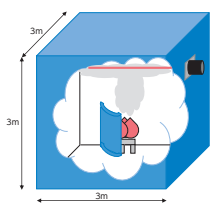
※「JCS 5505 環境配慮形光ファイバケーブル」より

■難燃性試験 ■UL難燃性試験 光ケーブルの難燃性はユーザーの要望により使い分けがあり、国内外さまざまな規格があります。

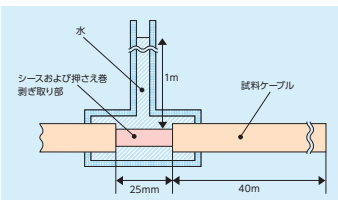
難燃グレード	国内				国外 (UL規格等)				
	低			高				高	
試験規格	60度傾斜試験 (JIS C3005)	VW-1 (UL1581)	OFN/OFC (JIS C3521)	OFNR/OFCR (UL1666)	RISER	OFNP/OFCP (UL910)	PLENUM		
用途	日本で要求される一般的な難燃グレード	米国で要求される低難燃グレード	屋内垂直敷設に要求されるグレード	複数階の床を貫通する垂直敷設に要求されるグレード		ビル内の天井裏や床下等の空間の敷設に要求されるグレード			
試験条件	30秒以内で燃焼するまで接炎	接炎15秒×5回	炎温度815度以上 接炎20分	接炎30分		接炎20分 空気の流速73m/min			
判定基準	自然消炎	①各回とも延焼60秒以下 ②クラフト紙が燃えないこと ③脱脂綿に着火しないこと	最大燃焼長1800mm以下	延焼高さ3.66m以下 2階室内温度454.4度以下		燃焼長1.5m以下 発煙量AVG0.15以下 MAX0.5以下			
試験方法	試料を水平に対して約60度傾斜させ支持し、炎の先端を下端から約20mmの位置に30秒以内で燃焼するまで当て炎を取り去った後に資料の燃焼の程度を調べる。	試料を垂直に支持し上部指定の位置にクラフト紙を取り付け下には脱脂綿を敷く。炎を15秒着火、15秒休止を5回繰り返して燃焼の程度及びクラフト紙、脱脂綿の状態を調べる。	試料はケーブル外径の1/2間隔を開けて1層に配置し150mm以上となる本数をし815℃以上の炎を20分間燃焼させ、最大燃焼長を確認する	1階から3階天井部分までシャフト内にケーブルを設置し一定の空気を供給しながら30分間燃焼させ、燃焼長及び室温を確認する。		全長約9mの試験炉内に幅30cmのケーブルトレイ置き、そこにケーブルを敷き詰め一定の空気を供給しながら20分間燃焼させ、燃焼長及び発煙量を確認する。			

※UL(Underwriter's Laboratories Incorporated)

■発煙試験 (3mキューブ試験)

試験規格	IEC61034-2
用途	欧州で要求される低発煙グレード
試験条件	接炎40分
判定基準	光透過率60%以上
試験方法	3m立方メートルの試験室内で長さ1mのケーブル試料を40分間燃焼させ、発生した煙による光透過率を確認する。 
対象製品	・ノンハロゲンコード ・エコタイプコード集合ケーブル

■防水試験

試験規格	—
用途	屋外敷設(水走り防止)に要求されるグレード
試験条件	水位1mの水を24時間負加
判定基準	常温で24時間行ってもケーブル内に40mm以上水走らないこと
試験方法	
対象製品	・スロット型ケーブル ・ディストリビューションケーブル

光成端/接続箱/光クロージャについての規定

■保護等級 (防塵防水特性)

光成端 / 接続箱、クロージャともに一般的に外来固形物に対する保護と水の浸入に対する保護 (主に屋外) が求められます。保護の分類は「JIS C 0920」に規定される IP コードで表示します。

特性数字	保護の程度 (要約)	推奨設置場所
0	無保護	
1	直径50mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している	
2	直径12.5mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している	屋内
3	直径2.5mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している	屋内
4	直径1.0mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している	屋外
5	防塵形	
6	耐塵形	

■表示例

IP54: 防塵形かつ水の飛沫に対して保護している。

IP3X: 直径 2.5 mm 以上の大きさの外来固形物に対して保護している。水に対する保護は省略。

IPX7: 外来固形物に対する保護は省略、水に浸しても影響がないように保護している。

■19 インチラック規格 < EIA, JIS >

高さ方向の取付穴のピッチが大きく違います。下表でご確認ください。

規格	EIA (EIA 310-D) 1992年 ※ IEC 60297 (1986年) に対応	IJIS (JIS C 6010) 1969年 ※ 対応するIEC規格なし	新JIS (JIS C 6010) 1998年 ※ IEC 60917 (1998年) に対応
高さ方向取付穴ピッチ (単位mm)	44.45mm (=1U) ユニバーサルピッチ (15.875+15.875+12.7mm) ワイドピッチ (31.75+12.7mm)	50mm	25mm
幅方向取付穴ピッチ (単位mm)	465.1±1.6 450.8以上 484.2±0.8	465±1.5 440以上 485以上	465±2 450以上
外形	幅: 規定なし ※ 設置する床面積や配線するケーブル、コードの数量などに応じて選定ください。 奥行き: 規定なし ※ [Y-OP4シリーズ]の奥行き寸法は450mm (前面コード受けパネル取付時) ですが、ケーブル把持のスペースが必要となりますので、奥行き600mm以上のラックを選定ください。		

●EIA……米電子工業会 (Electronic Industries Alliance) ●JIS……日本工業規格 (Japanese Industrial Standards) ●IEC……国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission)
※ [Y-OP4シリーズ]は、EIA、JIS両規格のラックに搭載可能です。