

AJIIS

日 本 計 装 工 業 会 標 準

Association of Japan Instrumentation Industries Standard
(AJIIS)

計装工事施工 光システム

(プラント編)

AJIIS—P—36—2020

2020 年 4 月 改定

一 般 社 団 法 人 日 本 計 装 工 業 会

日本計装工業会標準共通事項

1. 目的 計装工事を実施する際の監理，設計，施工などの業務の標準的な方法を提供する。これらの標準を採用することによって顧客に信頼される計装設備を供給することを期すものである。

2. 計装工事 本標準における“計装工事”はプラントに関しては“AJIIS-P-11-20** 計装工事の範囲（プラント編）”に，建築物に関しては“AJIIS-B-11-20** 計装工事の範囲（建築物編）”に規定するものとする。

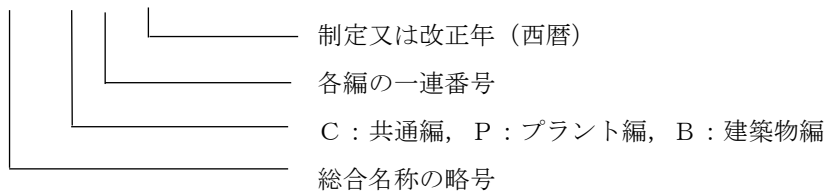
3. 構成 本標準は共通編，プラント編及び建築物編よりなる。プラント編は主として工場，研究所等の計装工事に適用する標準であり，建築物編は工場以外の主として建築物の計装工事に適用する標準である。共通編は両者に共通して適用する標準である。

標準の全体構成と個別の標準の位置付け，概略内容は巻末の日本計装工業会標準体系表に示す。なお，従来使用されてきた旧要領（AJIIS-CM-02-88 などの番号の付いたもの）の内容は本標準の体系内に吸収される。

4. 総合名称 日本計装工業会標準 Association of Japan Instrumentation Industries Standards
（略号 AJIIS 呼び方：エイジス）

5. 番号の読み方 日本語標準名の他，整理のための番号を付する。番号の意味を下に例示する。

例 AJIIS-P-11-2000



技 術 委 員 会
(プラント班)

委 員 長	村田 敏哉	千代田システムテクノロジーズ (株)
副委員長	三谷 昭	千代田システムテクノロジーズ (株)
副委員長	根本 糧佐	(株) 三興
委 員	渡壁 知二	旭国際テクネイオン (株)
委 員	村井 建次	アズビル (株)
委 員	杉野 信夫	(株) きんでん
委 員	高久 功	(株) クリハラント
委 員	上原 将治	東芝プラントシステム (株)
委 員	山本 善博	日本電設工業 (株)

目 次

	ページ
目的及び適用範囲	1
1. 光ファイバ通信システム	1
1.1 光ファイバの特長と構成	1
1.2 光ファイバの種類	2
1.2.1 ガラス製	2
1.2.2 プラスチック製	3
1.3 光ファイバの分類と特徴	4
1.4 光ファイバケーブル	5
1.4.1 光ファイバケーブルの構造	5
1.4.2 光ファイバケーブルの分類	6
1.5 光コネクタ	6
1.5.1 用途	6
1.5.2 取付け形態	6
1.5.3 収納	6
1.5.4 光コネクタの選定	6
1.5.5 異なる形状の光コネクタ間の変換	8
1.5.6 光コネクタの外観	8
1.5.7 光コネクタの構造	9
1.6 光コネクタ付コード（パッチコード）	9
1.7 イーサネットへの適用	9
1.8 信号送受信に必要な光ファイバの本数	10
2. 光ファイバ通信システムの施工	10
2.1 機器の設置条件	11
2.2 光ファイバケーブルのふ設計画	11
2.3 光ファイバケーブルのふ設	13
2.3.1 ふ設上の注意事項	13
2.3.2 管路へのふ設	16
2.3.3 ダクト、ラックへのふ設	16
2.3.4 メッセンジャワイヤでのふ設	17
2.3.5 地中へのふ設	17
2.4 光ファイバケーブルの接続	18
2.4.1 光ファイバケーブルの融着接続	18
2.4.2 光コネクタの接続	19
2.4.3 接続箱での接続	19

3. 光ファイバケーブル工事試験	20
3.1 外観検査	20
3.2 損失試験	20
3.3 通光試験	21
4. 導入例	22

日本計装工業会標準 AJIIS
計装工事施工 光システム（プラント編）P-36-2020

目的及び適用範囲 本標準は、プラントの現場における計装工事の光ファイバケーブル工事に必要な一般的な事項を標準としてまとめたものである。なお、電線管、ラック、ダクト等の施工要領については該当するAJIISを参照すること。

本標準を基本として適用するが、本標準に示すものと異なる状況下では本標準に示すものを適宜修正して適用することができる。

1. 光ファイバ通信システム

1.1 光ファイバの特長と構成

a) 特長

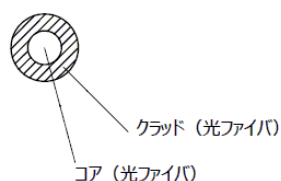
- 1) 低損失である。
10km 以上の無中継伝送ができる。
- 2) 広帯域である。
100MHz・km～数 GHz・km の広帯域で高速、多重化伝送ができる。
- 3) 無誘導・絶縁体である。
- 4) 細径・軽量である。
同軸ケーブルに比べて断面積、重量が 1/10 程度以下である。
- 5) 電気信号を伝達するケーブルに比較して、通信漏洩の危険性が低い。
- 6) 他の伝送媒体の比較を表 1.1 に示す。

表 1.1 伝送媒体の比較

伝 送 媒 体	長 所	短 所
光ファイバケーブル	・高速データ通信ができる ・電磁的影響を受けない ・損失が少ないため伝送距離が伸ばせる上、軽量	・分岐、結合が煩雑である ・素材がガラス・プラスチックのため破損しやすい
同軸ケーブル	・ツイストペアケーブルに比較してノイズに強く、伝送帯域も広い	・ツイストペアケーブルに比較して端末処理が煩雑
ツイストペアケーブル（対より線）	・伝送路媒体としては歴史が古く、施工技術が確立されている	・伝送帯域が制限される ・ノイズの影響を受けやすい

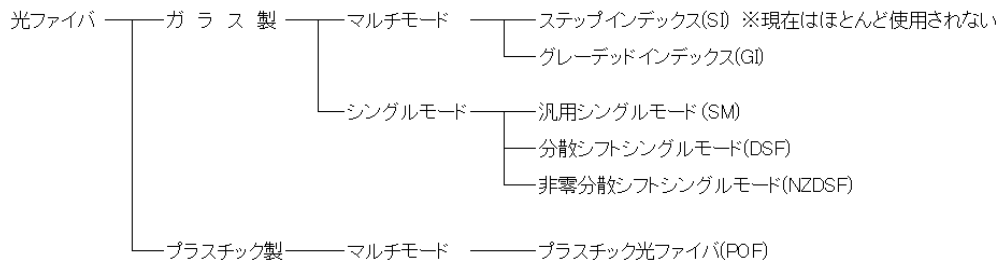
b) 構成

以下に光ファイバの構成を示す。



- ・光ファイバ：中心部の屈折率を高く、周辺部の屈折率を低くして、中心部の光を周辺との境界面での全反射により中心部に閉じ込めて光を伝搬させる光導波路
- ・コア：光ファイバの中心部
- ・クラッド：コアより屈折率の低い周辺部
- ・ファイバの径：例えば、コア 250 μm 、クラッド 350 μm のファイバは、250/350 と示す。

1.2 光ファイバの種類



1.2.1 ガラス製 ガラス製光ファイバは下記の特徴をもつ。なお、マルチモード／シングルモードともに、コア径に適したコネクタや機器を選定する必要がある。

- a) マルチモードは同時に複数のモード(光の通り道)で伝送させるため、単位時間当たりのデータ量を多くできるが長距離の伝送はできない。
- b) シングルモードは単一モードで伝送させるため、単位時間当たりのデータ量は少ないが長距離の伝送が可能となる。
- c) マルチモードに使用される光ファイバには、以下2種類のコア径がある。
 - ① 62.5 μm : アメリカでの使用例が多い。50 μm より太いため伝送機器との接続が容易になる。
 - ② 50 μm : 日本国内での使用例が多い。伝送周波数が広帯域にとれるため 100GBPS の実現など単位時間当たりのデータ量の増大に対して有利である。
- d) シングルモードに使用される光ファイバには、以下2種類のコア径がある。
 - ① 9.2 μm : 標準
 - ② 8.6 μm : 標準と比較して、ケーブルの曲げに対する許容度があり、ふ設作業における制約が少ない。
- e) 光ファイバの種類による単位時間当たりのデータ量と伝送距離の特徴を図 1.1 示す。

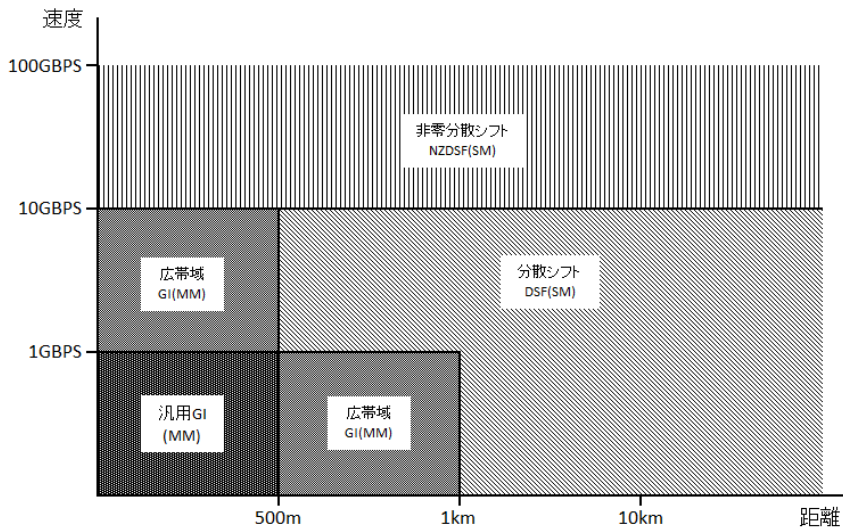


図 1.1 光ファイバの種類による単位時間当たりのデータ量と伝送距離

光ファイバに通す光の波長によっても伝送距離が異なる。通信に使用する波長には、主に 850nm, 1310nm, 1550nm の波長帯が使用される。通信データは、この波長を中心とした前後の波長で周波数変調される。ガラス製光ファイバ内での減衰率は以下の関係にある。

波長 850nm における減衰率 > 波長 1310nm における減衰率 > 波長 1550nm における減衰率

電気通信線の場合は、通信線の容量が距離に比例して増えるため、通信速度(通信周波数)と最大伝送距離が反比例する特性があるが、光通信は特定波長の光が光ファイバ内で減衰率が低い特性がある。現在、ガラス製光ファイバ内の減衰率は1550nmの赤外線が一番低いとされている。

図 1.2 に波長と損失の関係を示す。

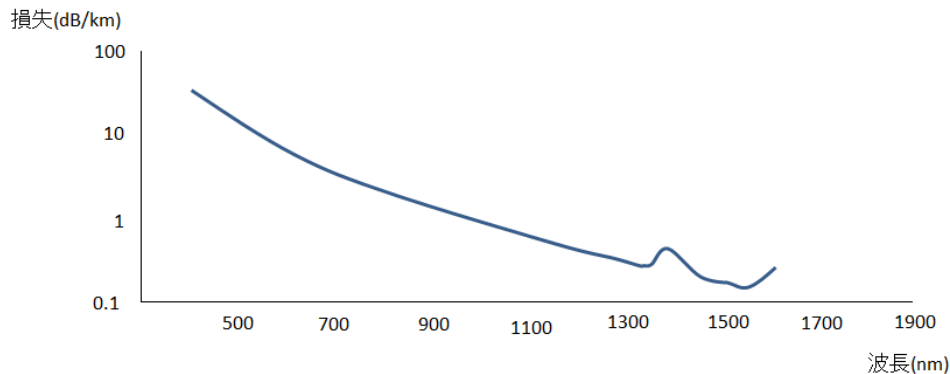


図 1.2 ガラス製光ファイバ内の波長と損失

1.2.2 プラスチック製 プラスチック製光ファイバ POF (Plastic Optical Fiber) は、石英ガラス製の光ファイバに比べて以下の特徴がある。

- a) 伝送損失が大きく、長距離高速伝送に向かない。(最長 50m 程度)
(減衰率：ガラス製ファイバ:0.5~10dB/km, プラスチック製ファイバ:150dB/km)
- b) コア径が太く (0.18~2mm) 曲げや振動に強い。
- c) 同一種の光ファイバの接続や光ファイバと機器との接続が比較的容易である。
- d) 比重が小さく軽量である。
- e) 高温に弱い。
- f) 可視光しか使用できない。

そのため、極短距離の伝送に用いられる。通信に使用する波長には、主に 650nm と 570nm の波長帯が使用される。通信データは、この波長を中心とした前後の波長で周波数変調される。プラスチック製光ファイバの減衰率は以下の関係にある。

波長 650nm における減衰率 > 波長 570nm における減衰率

570nm のほうが損失的には有利であるが、送信部の信頼性や受信部の性能から 650nm の使用が一般的になっている。図 1.3 にプラスチック製光ファイバ内の波長と損失の関係を示す。

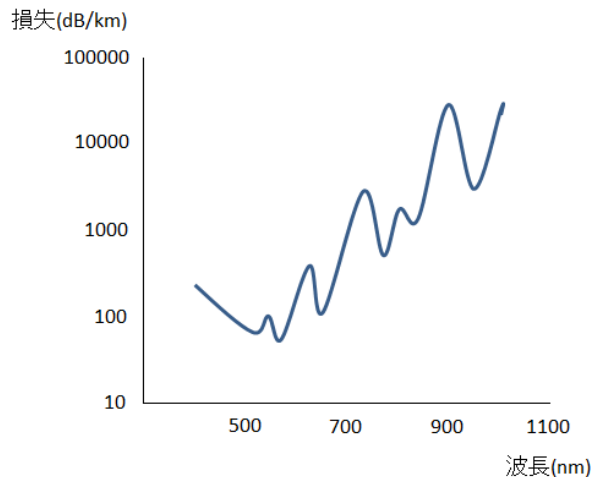


図 1.3 プラスチック製光ファイバ内の波長と損失

プラスチック製光ファイバにはフッ素樹脂（クラッド）や塩化ビニル樹脂（コーティング）が含まれている。焼却時に有害なフッ化水素ガスや塩化水素ガスが発生する。廃棄時は、都道府県知事の許可を受けた専門の廃棄処理業者に委託処理させる必要がある。

1.3 光ファイバの分類と特徴

a) 材料組成による分類と特徴を表 1.2 に示す。

表 1.2 材料組成による分類と特徴

ファイバの種類	構成材料		損失 (dB/km)	特 徴	用 途
	コア	クラッド			
石英系ファイバ	石英ガラス	石英ガラス	0.5～5.0	損失が小さい。 伝送帯域が広い。 信頼性が高い。	公衆通信 電力・交通等、中・長距離伝送を 目的とする分野
多成分系ファイバ	多成分ガラス	多成分ガラス	3～10	NA(開口数)が大きい。 硬化温度が低い。 長期信頼性に難がある。	構内伝送等、中・短距離伝送系に 主として使用。
複合材料系ファイバ ポリマクラッドファイバ	石英ガラス	シリコン樹脂	3～10	NA(開口数)が大きい。 長期信頼性に難がある。	同上
プラスチックファイバ	プラスチック	プラスチック	20～300	損失が大きい。 端末加工が容易である。 長期信頼性がある。 可とう性が優れている。	価格面と取扱いの容易さに特徴が あり、極短距離伝送の分野をはじ め各種の光応用機器のライトガイ ドとして多用されている。

NA: Numerical Aperture

なお、図 1.4 に示すように波長 λ での長さ L (km) 離れた 2 つの位置、 P_0 、 P_1 間の光ファイバの損失 $A(\lambda)$ は次の式で示される。



図 1.4 光ファイバの損失

$$A(\lambda) [\text{dB}] = -10 \log_{10}(P_1/P_0)$$

P_0 : 入射位置を通過する光パワー (mW)

P_1 : 出射位置を通過する光パワー (mW)

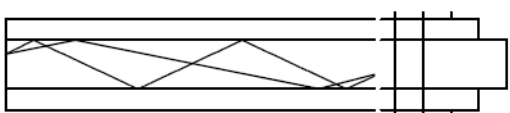
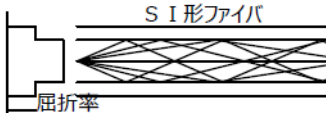
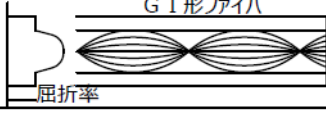
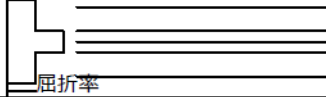
また、均一な光ファイバの定常条件下での単位長当りの損失 α (λ) は次の式で示される。

$$\alpha(\lambda) [\text{dB/km}] = A(\lambda)/L$$

b) 光ファイバの種類による伝送モードを表 1.3 に示す。

表 1.3 光ファイバの種類による伝送モード

伝送モード及び屈折率分布による分類と特徴

種 類	伝送モード (— 高次モード — 低次モード)	屈 折 率 分 布
マルチモード S I 形ファイバ		
マルチモード G I 形ファイバ		
シングルモード ファイバ		

1) マルチモード SI (ステップインデックス) 形ファイバ

コア・クラッド界面で屈折率はステップ状に変化しており，光がその界面の全反射によって閉じ込められ，コア内を直進する光と頻繁に全反射を繰り返して進む光とでは伝搬時間に差が出てくる為，高速度で変化する光信号を忠実に伝送することはできない。

2) マルチモード GI (グレーデッドインデックス) 形ファイバ

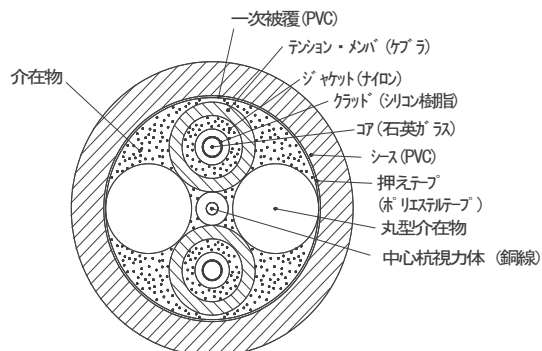
コア・クラッド界面で屈折率は連続的な屈折によって閉じ込められる。その為大きく迂回する光は屈折率の低い周辺部を通るため伝搬速度が速くなり，結果として伝搬時間差が相殺され高速の光信号の伝送が可能であり伝送帯域が広い。

3) シングルモードファイバ

マルチモードに対して，コア径が極端に細く，幾何光学的な反射が成立せず，あたかも直進する光だけが伝わっているように見える。シングルモードファイバには本質的にモード分散が無く，きわめて広い伝送帯域が得られる。

1.4 光ファイバケーブル

1.4.1 光ファイバケーブルの構造 プラントで使用される強化型屋外用光ファイバケーブルの構造を以下に示す。



1.4.2 光ファイバケーブルの分類 光ファイバケーブルについて、JIS C6850（光ファイバケーブル通則）では以下のように分類されている。

a) ふ設用途による分類

- | | |
|------------------|-------------|
| ・直埋用ケーブル | ・ダクト布設用ケーブル |
| ・トンネル内ふ設用ケーブル | ・架空用ケーブル |
| ・湖沼、河川横断等の海底ケーブル | ・屋内用ケーブル |
| ・可搬形ケーブル | ・機器用ケーブル |
| ・その他（特殊用途ケーブル含む） | |

b) 構造、機能による分類

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| ・テープ形ファイバ心線を使用するもの | ・光ファイバ素線又は心線（単線）を使用するもの |
| ・光ファイバコードを使用するもの | ・その他 |

c) ケーブルコア構造による分類

- | | |
|------------|------------|
| ・層より形 | ・ユニットより合せ形 |
| ・溝形（スロット形） | ・ルースチューブ形 |
| ・その他 | |

d) 機能による分類

- | | |
|------|--------|
| ・防水形 | ・難燃形 |
| ・外装形 | ・自己指示形 |
| ・その他 | |

1.5 光コネクタ 光コネクタは、光ファイバのコア部を直接突合せて接続し、かつ簡単に着脱ができる特長をもっており、着脱が必要な箇所に用いられる。着脱が不要な箇所には一般的に融着接続、メカニカル接続などの永久接続を使用する。

1.5.1 用途

- 1) 光伝送装置などとの接続
- 2) 公衆通信回線とビル内配線の分離（保守分界点）
- 3) ルート切替えのためのクロスコネクタ

1.5.2 取付け形態

- 1) 光コネクタを工場で加工した光ケーブルを用いる。（片端コネクタ付き，両端コネクタ付きの2種）
- 2) 光ケーブル先端に光コネクタ付きコードを工事現場で融着接続する。
- 3) 光ケーブル先端に光コネクタを工事現場で付ける。

光コネクタのファイバ心線への取付けは、工場での加工の他に、現場で取り付ける方法もある。工場での加工と同様に組み立てるには、研磨機が必要となる。予め研磨された光ファイバ端面をもつ現場取付けSCコネクタもある。これはメカニカルスプライスを応用した技術で、研磨工程を不要とし、接着剤も用いないため、現場にて短時間にコネクタ取付けが可能である。

1.5.3 収納 光コネクタは、原則として光接続箱、盤内に収納する。

1.5.4 光コネクタの選定 光コネクタは、締結方式及びフェルール径の異なりで多種あり、JIS、IECなどの規格（標準）に規定されている。使用する光コネクタの種類は1種類に統一することが保守管理上望ましい。

表1.4に代表的な光コネクタの種類と特徴を示す。

表 1.4 代表的な光コネクタの種類と特徴

光コネクタ		参照標準	締結方式	特徴	主な用途
心数	形式(連数)				
単心	F C	JIS C 5970 (F01) IEC 61754-13	ねじ	フェルールは F 04 コネクタと共通	公衆通信回線, LAN, CATV, 計測器等
	S T	JIS C 5978 (F09) IEC 60874-10	バヨネット	着脱が容易	コンピュータ伝送システム, LAN, CATV, 計測器等
	S C	JIS C 5973 (F04) IEC 61754-4	プッシュプル	着脱が容易	公衆通信回線, LAN, CATV, コンピュータ伝送システム, 計測器等
	MU	JIS C 5983 (F14) IEC 61754-6	プッシュプル	超小型コネクタで高密度実装が可能	光端局装置, 光中継架等
	L C	TIA/EIA-604-10 IEC 61754-20	プッシュプル	超小型コネクタで高密度実装が可能	構内配線, 交換機等
2 心	S C (2)	JIS C 5973 (F04) IEC 61754-4	プッシュプル	単心コネクタを2連並べた構造で, 一度に2心コネクタ着脱が可能	公衆通信回線, LAN, CATV, コンピュータ伝送システム, 計測器等
	MU (2)	JIS C 5983 (F14) IEC 61754-6	プッシュプル	超小型コネクタで高密度実装が可能	光端局装置, 光中継架等
	L C (2)	TIA/EIA-604-10 IEC 61754-20	プッシュプル	超小型コネクタで高密度実装が可能	構内配線, 交換機等
	V F - 4 5	TIA/EIA-455 IEC 1300	プッシュプル	フェルールが不要の小型コネクタで, 高密度実装が可能	LAN
	MT-R J	JIS C5988 (F19) IEC61754-18	プッシュプル	mini-MT フェルールを使用した2心一括接続 RJ45 モジュラタイプの小型コネクタで高密度実装が可能	LAN, 構内配線, 交換機等
	F D D I (MIC)	ANSI X3T9.5	プッシュプル	2心一括接続タイプのコネクタ	FDDI
多心	MT	JIS C5981 (F12) IEC61754-5	かん合ピンとクリップ (要専用工具)	多心ファイバ(1, 4, 8, 12)の一括切り替えが可能で, 高密度実装が可能	公衆通信回線, 光成端架等

a) 光ファイバ心線構造による選定

1) 光ファイバ種類

イ) 石英系光ファイバ用 (SM光ファイバ用, GI形光ファイバ用でフェルールが異なる)

ロ) PCF (Plastic Clad Fiber) 用

2) 被覆構造 (石英系光ファイバ用)

イ) 光ファイバコード用 (コード径によってプラグハウジングが異なる)

ロ) 0.9mm光ファイバ心線用

ハ) 0.25mm光ファイバ心線用

ニ) テープ形光ファイバ心線用

3) 心数

イ) 単心

ロ) 2心用 (送信及び受信に各1心使用のLAN用機器で主に使用)

ハ) 多心用 (2, 4, 8及び12心) (テープ形光ファイバ心線用)

b) 研磨方法による分類

1) フラット研磨

フェルール先端を直角にフラット研磨する方法。光ファイバ間に微少な空間ができると、フレネル反射が起こる。反射減衰量の規定はないが14dB程度である。

2) PC (Physical Contact) 研磨

フェルール先端を研磨（一般的には凸球面）し、その頂点に光ファイバコア位置させ、接続時にコアを密着させることにより接続点での反射を抑える方法で、反射減衰量は25dB以上である。

3) SPC (Super PC) 研磨

PC研磨に更に高精度の研磨を行う方法で、反射減衰量は40dB以上である。

4) AdPC (Advanced PC) 研磨

PC研磨に更に高精度の研磨を行う方法で、反射減衰量：40dB以上、研磨後のフェルール曲率半径：10～25mm、ファイバ突き出し量：-50～+100nm、及び頂点ずれ：50 μ m以下をすべて規定した研磨方法である。

5) APC (Angled PC) 研磨

斜めにしたフェルール先端をPC研磨する方法で、反射減衰量は60dB以上である。

1.5.5 異なる形状の光コネクタ間の変換 異なる形状の光コネクタを接続する方法には以下があり、例えば、SC-FCの変換が可能である。

a) 変換コードによる方法

光ファイバコードの両端に異なる光コネクタを取り付けた変換コードを用いる。

b) 変換アダプタによる方法

異なる光コネクタを接続するために変換アダプタを用いる。

c) 変換プラグによる方法

変換したい光コネクタプラグを変換プラグと接続することによって、プラグ形状を変換する。

1.5.6 光コネクタの外観 図1.5に代表的な光コネクタの外観を示す。

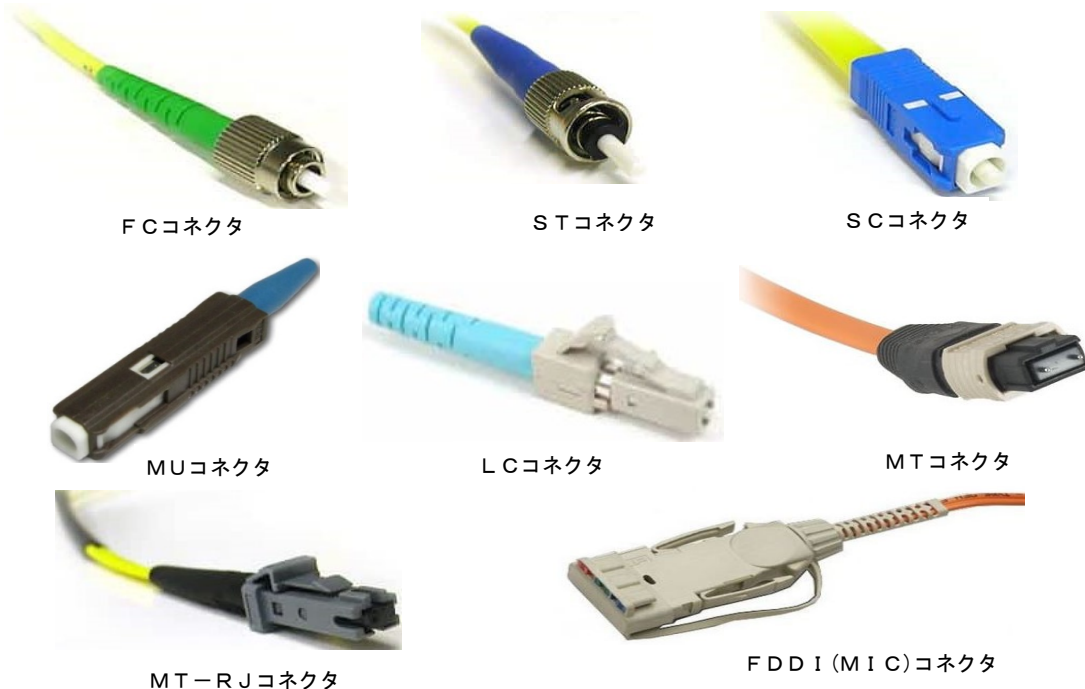
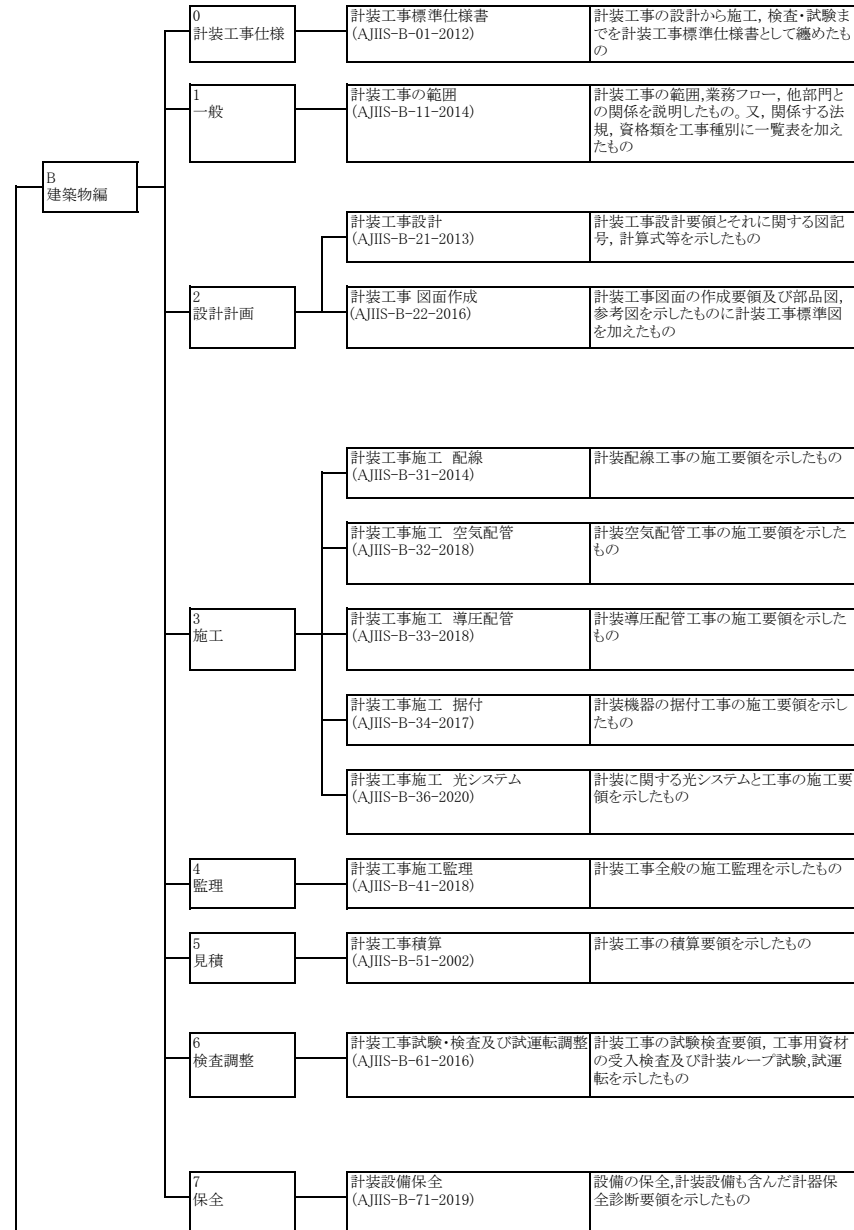
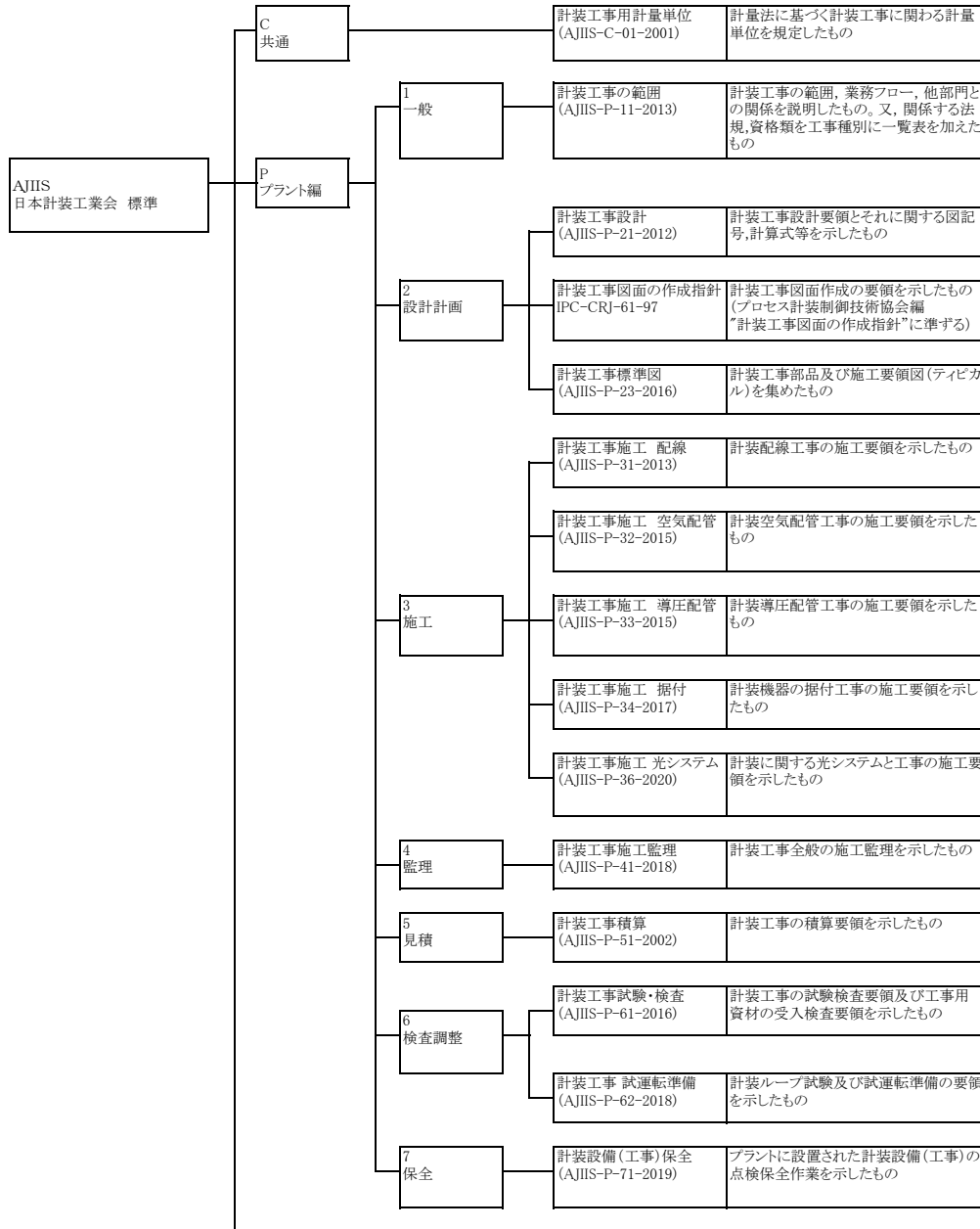


図 1.5 光コネクタの外観

『これ以降は非公開となっております。ご覧になりたい方はご購入をお願い致します』

日本計装工業会標準体系表

日本計装工業会 技術委員会



AJIS-P-36-2020

日本計装工業会標準 計装工事施工 光システム（プラント編）

AJIS-P-36-2020

平成 14 年 6 月 第 1 刷発行

2020 年 4 月 改定版発行

編 集 一般社団法人 日本計装工業会 技術委員会

発 行 一般社団法人 日 本 計 装 工 業 会

〒101-0031 東京都千代田区東神田 2-4-5 東神田堀商ビル 4F

電話 (03) 5846-9165

FAX (03) 5846-9166

印 刷 東洋オフセット株式会社

(無断転載を禁ず)