



宇宙用光ファイバ配線工程標準

2024 年 3 月 29 日

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目 次

1. 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用範囲	1
1.2.1. 付帯事項	1
2. 関連文書	2
3. 用語の定義	2
3.1. 略語	2
3.2. 用語の定義	2
4. 一般要求事項	3
4.1. 一般	3
4.2. 設計上の考慮事項	3
4.2.1. 教育・訓練	6
4.3. 製造条件	6
4.3.1. 一般	6
4.3.2. 製造環境	6
4.3.3. 工具・装置の管理	6
4.3.3.1. 一般	6
4.3.3.2. 光ファイバストリッパツール	7
4.3.3.2.1. ケミカルストリッピング	7
4.3.3.2.2. メカニカルストリッピング	7
4.3.3.3. 光ファイバ劈開ツール	7
4.3.4. 保管と取扱	7
4.3.5. 検査用補助装置	8
4.3.5.1. 追加の非破壊検査方法	8
4.4. 材料	8
4.5. 溶剤	8
4.6. 接着剤	9
4.6.1. 接着剤の選定	9
4.6.2. プロセス管理	9
4.7. 材料の貯蔵寿命	10
4.8. 作業者に対する保護	10
4.8.1. 一般	10
4.8.2. 裸光ファイバからの保護	10
4.8.3. 光源への眼の暴露からの保護	11
5. 詳細要求事項	11

5. 1.	光ファイバの端末処理.....	11
5. 1. 1.	一般事項	11
5. 1. 2.	安全に関する要求事項.....	11
5. 1. 3.	手順	11
5. 2.	洗浄	13
5. 2. 1.	一般事項	13
5. 2. 2.	手動クリーニング.....	13
5. 2. 3.	注意事項	13
5. 3.	光ファイバコードの接続.....	14
5. 3. 1.	スプライス接続.....	14
5. 3. 2.	完成したスプライス.....	14
5. 3. 3.	検査記録	14
5. 3. 4.	注意事項	15
5. 3. 5.	その他	15
5. 4.	光接続コード	15
5. 4. 1.	一般要求	15
5. 4. 2.	光ファイバコードの組立.....	15
5. 4. 3.	組立後試験	16
5. 5.	光ファイバアセンブリ.....	17
5. 5. 1.	一般	17
5. 5. 2.	光ファイバコネクタ終端.....	17
5. 5. 3.	光ファイバコネクタ終端後.....	18
5. 5. 4.	光ファイバルーティング.....	18
5. 5. 5.	光ファイバアセンブリ試験.....	19
5. 6.	光ファイバアセンブリの敷設 ^{ふせつ}	19
5. 6. 1.	一般事項	19
5. 6. 2.	光接続コードの保護要求.....	20
5. 7.	光接続コード及び光ファイバコードの識別	21
5. 7. 1.	配線の識別要求.....	21
5. 7. 2.	識別の検査	21
6.	品質保証	22
6. 1.	一般要求事項	22
6. 2.	品質保証	22

別紙 A	23
別紙 B	30
付録 I	I-1
付録 II	II-1
付録 III	III-1
付録 IV	IV-1
付録 V	V-1

図 表 番 号

表 1-2 適用範囲.....	1
表 4. 2-1 光ファイバコネクタの特徴（信号系（～数 10mW））	5
表 4. 2-2 光ファイバコネクタの特徴（パルス点火系（～3W, ～数 10ms））	5
表 4. 2-3 端面形状の一例.....	5
図 5. 1. 3-1 典型的な光ファイバコードの部品.....	12
図 5. 1. 3-2 端面検査装置による観察結果	13

1. 総則

1.1. 目的

ロケット・人工衛星などの宇宙飛行体及びそれらの搭載機器（以下、「宇宙飛行体」という）に適用する光ファイバ配線及びスプライス接続（フュージョンスプライス）に関する要求事項を定める。

1.2. 適用範囲

- (1) 本書に定める適用範囲は、表 1-2 に示すものとする。ただし、適用除外とする場合には、理由を明確にしたうえで、宇宙航空研究開発機構（以下、「機構」という）と協議を行い定めるものとする。

表 1-2 適用範囲

項目	内容
配線部位	ロケット・衛星構体，基板/シヤシ
配線	機器間配線，機器内配線
光ファイバの種類	マルチモードファイバ（MMF），シングルモードファイバ（SMF） （偏波保持ファイバ含む）
光ファイバの材質	石英ファイバ
用途(消費電力)	信号系（～数 10mW），パルス点火系（～3W，～数 10ms）（注）
スプライス(融着)	光ファイバ同士の融着接続(Fusion splice)

（注）繰り返しパルスで発熱する使用用途は除く

- (2) 本書は、契約上の仕様書で規定された場合に適用する。この場合、契約の相手方のみならず、契約の一部を履行する下請業者などにおいても本書を適用しなければならない。なお、本書を適用しない、又は適合できない場合、1.2.1.に基づき、機構の審査を受けること。

1.2.1. 付帯事項

- (1) 光ファイバ配線などに関する審査

契約の相手方は、本書に適合しない事項について、その内容及びその評価根拠を要約し、基本設計審査会、詳細設計審査会又はこれらに相当する審査会において機構の審査を受けるものとする。

機構は、本書に関わる製造工程等の専門知識を有した審査体制を整備する。

- (2) 審査結果の反映

契約の相手方は、設計審査会における本書の適用に関わる審査結果を、品質、信頼性又は安全・開発保証のプログラム計画書の実施項目（設計の標準化、技術文書、製造の管理）の関連資料（図面、製造工程仕様書、手順書、管理規定など）に反映するものとする。

2. 関連文書

下記に示す文書は、本書に規定する範囲内において、本書の一部をなすものである。
特に規定のない限り本書適用時の最新版とする。

- (1) NASA-STD-8739.5 : Workmanship Standard for Fiber Optic Terminations, Cable Assemblies, and Installation
- (2) NAVAIR 01-1A-505-4 T.O. 1-1A-14-4 TM 1-1500-323-24-4 : Aircraft Fiber Optic Cabling
- (3) JIS C 6802(2014) : レーザ製品の安全基準
- (4) JIS C 6803(2013) : レーザ製品の安全-光ファイバ通信システムの安全
- (5) JIS C 6804(2008) : レーザ製品の安全-情報伝送のための光無線通信システムの安全
- (6) JIS C 61300-2-4 : 光ファイバ接続デバイス及び光受動部品- 基本試験及び測定手順-第 2-4 部 : 光ファイバクランプ強度試験-軸方向引張り
- (7) JERG-0-036 : 静電気対策ハンドブック(電子部品・装置)
- (8) JERG-0-040 : 宇宙用電子機器接着工程標準
- (9) JERG-0-041 : 宇宙用電気配線工程標準
- (10) MIL-HDBK-454 : General Guidelines for Electronic Equipment

3. 用語の定義

3.1. 略語

本書で使用する用語を以下に示す。

ANSI American National Standards Institute

EIA Electronic Industries Association

ESD Electrostatic Discharge

FOTP Fiber Optic Test Procedure

LED Light Emitting Diode

lm/m² Lumens per square meter

NASA National Aeronautics and Space Administration

NASA-STD NASA Standard

OTDR Optical Time Domain Reflectometry

SDS Safety Data Sheet

TIA Telecommunications Industry Association

UV Ultraviolet

3.2. 用語の定義

本書で使用する用語の定義については、付録 I を参照のこと。

4. 一般要求事項

4.1. 一般

- (1) 本書要求事項と他の技術規格等の要求事項が矛盾する場合には、機構と協議すること。
- (2) 本書で定義されている製造作業中に静電放電（ESD）管理が必要な場合は、ESD 管理プログラム等を設定し、ESD による障害を防止する対策をとること。必要により JERG-0-036 静電気対策ハンドブック（電子部品・装置）を参照すること。
- (3) 本書の品質要求を継続的に満足するために、品質保証プログラム計画書等を作成／維持し、それに従った品質保証プログラムを実行すること。
- (4) 重要な性能や品質要求に適合した製品を製造する上で、その製品の性能や品質に影響を及ぼす工程のパラメータやジグ・装置類の設定に関わる、特別な管理方法や内容について開発すること。

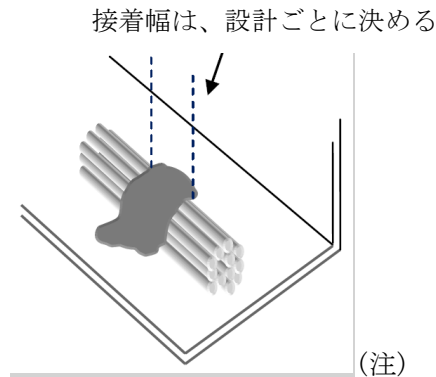
4.2. 設計上の考慮事項

光ファイバ配線及びスプライス接続（フュージョンスプライス）に使用される部品、材料、プロセスを検討及び認定する場合、又は本書の要求を満たす光接続コードを製造する場合は、以下を考慮すること。

- (1) 光接続コード及びサブシステムに対する構造、重量、物理的寸法要求を確認すること。
- (2) スプライス接続した光ファイバコード間の引張強度及び荷重の連続性。
スプライス接続部で光ファイバコードの引張荷重が急に高くないよう（荷重が集中しないよう）、光ファイバコード上の荷重に連続性を持たせること。
- (3) 光ファイバコードとスプライス間又は光ファイバコードと光ファイバコネクタ間における、光ファイバコードのストレスリリーフ及び外部汚染から保護するためのシールを設けること。
光ファイバコードの引張力と光ファイバコード軸方向の圧縮力の両方から保護すること。また、外部からの汚染物質の侵入を防ぐこと。
光ファイバコード、スプライス及びサブシステムに関する光学、機械的及び耐環境性要求を確認すること。
- (4) 物理的及び機能的な互換性
スプライスに関わる全部品及び同型の光ファイバコネクタを構成する全部品は、それぞれの部品やスプライシングの変更又は終端装置の変更を必要とせず、物理的及び機能的に互換性があることを確認すること。
- (5) 光ファイバコネクタの相互嵌合性の問題を防ぐために、同一メーカーの光ファイバコネクタを使用することを推奨する。
- (6) 異種金属が接触したときの電気分解や腐食に対する防御
異種金属 電位差のあるような異種金属を相互に接触する場所に用いる場合は、MIL-HDBK-454 の要求条件 16 に従い、電食に対する保護を施すこと。
- (7) スプライス内及び光ファイバコネクタ内部を、湿気や汚れから隔離するためのシールを設けること。
- (8) スプライスに対する機械的保護部品と方法
複数のスプライス接続がある場合は、スプライストレイの使用を推奨する。

(9) 接着固定要求

光ファイバコードをステーキング（接着固定）する必要がある場合、接着固定に使用する接着剤は JERG-0-040 宇宙用電子機器接着工程標準の要求に従うこと。固着方法は、環境条件、応力条件を考慮すること。なお、固定方法は、次を参考にしてもよい。



(注) 「NASA-STD-8739.1B Wire Bundle Staking」の図を示す。

機構にて、SMF 及び MMF に対して、接着幅：5mm、接着間隔：100mm で接着固定し、耐振性を確認した経験を有する。

(10) 光ファイバ及び光ファイバコードの最小曲げ半径（短期と長期の両方）

短期（敷設^{ふせつ}）と長期（運用）の両方について、光ファイバ及び光ファイバコードの最小曲げ半径を確認すること。なお、長期（運用）の場合、光ファイバ及び光ファイバコード直径の 10 倍以上を推奨する。

(11) 検査による確認を行えるよう、透明な熱収縮スリーブの使用を推奨(注)

(注) スリーブ内に気泡がないことを確認するときに、スリーブが透明でないと検査性が悪い。

(12) 光ファイバコード及び光接続コードの交換又は修理。

光ファイバコード及び光接続コードの損傷等による交換又は修理の必要が発生した際に、その対応が可能なように検討すること。

(13) 設計段階における研磨の決定

研磨面によって、接続特性(例, 反射特性等)が異なるため、設計段階において研磨方法を決定すること。また、光ファイバコネクタにより適用可能な研磨が異なることから、研磨を決定する際、併せて光ファイバコネクタ選定検討も実施すること。

(14) 光ファイバコネクタ選定時の注意事項

代表する光ファイバコネクタの特徴を表 4.2-1 及び表 4.2-2 に示す。単心タイプと多心タイプがあり、また固定方法も異なるため、光ファイバコネクタ選定時に注意が必要である。MPO を選定した場合は、光ファイバコードが異なる。また、パルス点火系の光ファイバコネクタは、汎用規格がないため、各製造メーカーの特徴を確認することが重要である。なお、表 4.2-1 及び表 4.2-2 に示す光ファイバコネクタは一例であり、表内光ファイバコネクタ以外の選定を制限するものではない。

表 4.2-1 光ファイバコネクタの特徴（信号系（～数 10mW））

光ファイバコネクタ (注 1)	タイプ	固定方法	ハウジング	規格	コード
FC	単心	ねじ締結	金属	JIS C 5970	単心
MPO	多心	プッシュプル 締結及びプラグ イン締結	プラスチック	JIS C 5982	1 列コード, 2 列コード, 1 列テープ心線, 2 列テープ心 線
丸形	多心 (複数のコン タクトで構 成)	ねじ締結	金属	MIL-DTL-38999 シリーズ III (コンタクト M29504/04, M29504/05 等)	単心
F-SMA	単心	ねじ締結	金属	IEC 61754-22 (注 2)	単心
Mini AVIM	単心	ねじ締結	金属	ESCC 3420/001	単心

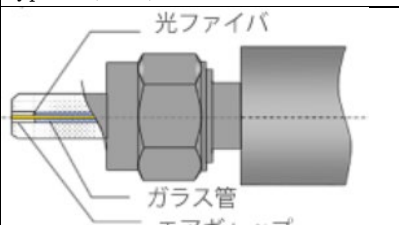
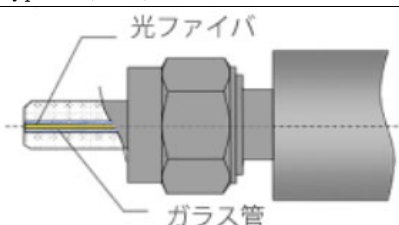
(注 1) FC: Ferrule Connector, MPO: Multi-Fiber Push On, SMA: Sub Miniature Type A

(注 2) 六角ナット接続スリーブの締付トルクの規定が IEC 規格にないため、個別に確認すること。

表 4.2-2 光ファイバコネクタの特徴（パルス点火系（～3W, ～数 10ms））

光ファイバコネクタ	特徴
F-SMA	- 規格: IEC 61754-22（締め付けトルクは個別確認要） - 端面形状: 表 4.2-3 に示す通り、メーカーによって端面形状が異なる。用途に合った選定検討が必要である。

表 4.2-3 端面形状の一例

Type0	Type1 (注 1)	Type2 (注 1)
表 4.2-2 と同様、フェルルール・光ファイバ間を接着しており、フェルルール端面まで光ファイバがある。		

(注 1) カナレ電気殿ハイパワーコネクタカタログより

4.2.1. 教育・訓練

本書に示す組立、光ファイバの取扱いや配線及びスプライス接続(フュージョンスプライス)に係わる作業及び検査に対し、本書の要求事項を満足できる教育・訓練・認定等の制度を設け、それを運用・維持すること。

4.3. 製造条件

4.3.1. 一般

- (1) 製造及び検査に係わる各種仕様や手順は、文書化されており、本書の要求事項と整合がとられていること。
- (2) 電気配線などの作業に使用する工具類は、日常点検や、定期点検で異常の無いことが確認されたものを使用すること。
- (3) 検査は、適切な工程で行ない、かつ、全箇所定められた検査方法により確認すること。
- (4) 作業員及び検査員は、4.2.1. 項に示す認定に合格していること。
- (5) 電気配線などの再加工は、契約上特に規定がなければ本書の範囲において実施してよい。
- (6) 電気配線などの修理は、原則として契約に従う不具合処理手順により処理することができる。
- (7) 製造・検査上の細部要求については、5. 項「詳細要求事項」の項を参照すること。

4.3.2. 製造環境

クリーンルームではない場合、細かなごみが無いようにしておくこと。汚れ、ほこり、粒子、油、廃棄物、スクラップは、接続部の汚染を引き起こす可能性がある。また、換気に使用される空気が、水分、油分、塵埃による汚染の要因となる可能性があるため注意すること。

汚染や廃棄物の拡散防止のため、洗浄施設は従業員が容易に利用できる場所にあるとよい。

光強度は、光ファイバを製造、検査又は試験する作業面上で、1 平方メートルあたり最低 1077 ルーメン (lm/m²) であること。必要な照明レベルを達成するために、補助照明を使用してもよい。

4.3.3. 工具・装置の管理

4.3.3.1. 一般

- (1) 工具及び装置は、校正管理に従い校正すること。製造、試験、検証、検査で使用する、工具、器具やその他デバイスは、作業や洗浄に適しており、部品や組立品に損傷を与えないものであること。
- (2) ツールや装置の使用及び管理について規定し、文書化すること。

4.3.3.2. 光ファイバストリッパツール

4.3.3.2.1. ケミカルストリッピング

ケミカルストリッピングは、光ファイバ又は終端部に損傷を与えない組成であること。ケミカルストリッピングの適切な取り扱いについては、安全データシート（SDS）を参照のこと。

4.3.3.2.2. メカニカルストリッピング

(1) メカニカルストリッピングツール

メカニカルストリッピングは、製造業者の仕様書に従って使用すること。

(2) メカニカルストリッパツールは、光ファイバ又は終端部に損傷を与えないものであること。

(3) 光ファイバ径が固定のストリッピングツールを使用する場合、仕様で決められた 1 つの光ファイバ径（たとえば、125 ミクロン）の光ファイバに対し、コーティング除去を行うこと。

(4) 光ファイバ径が可変型のストリッピングツールを使用する場合、異なる光ファイバ径に対応するため、交換可能なダイを使用すること。

注意：メカニカルストリッピングを行うと、容易に発見できない切り傷、擦り傷又は刻み目が生じることがある。ツールを選択及び評価するときは、細心の注意を払うこと。また、刃先を定期的に確認し、鋭利な状態を維持すること。

4.3.3.3. 光ファイバ劈開ツール

(1) 光ファイバ劈開ツールの設計は、劈開された光ファイバの端が保持されるような設計であること。これにより、人員の負傷を防ぐことができる。

(2) 製品の製造に使用する前に、選定した光ファイバ劈開ツールは以下が可能であることを実証すること。

- a. 劈開された光ファイバ端が、別紙 A に示すような、切りくずやその他の欠陥を最小限に抑える、きれいで断片やクラックのない劈開となること。
- b. 最終品目の設計と品質要求を満たすために、作業者が光ファイバのストリップ長を制御できること。
- c. 技術文書の要求に応じた端面の角度で、光ファイバを劈開できること。

4.3.4. 保管と取扱

(1) 部品や組立品は、損傷及び信頼性の低下を起こさないように予防手段を講じること。特に、光ファイバ、光ファイバコネクタ等に対し、取扱中や保管中の損傷防止や汚染防止手段を持つておくこと。保管容器は、保管品の材質との適合性を考慮すること。

(2) 作業者は、光学部品を取り扱う前に、手と工具に汚れがないことを確認すること。

(3) ストリップした光ファイバ及び光ファイバコネクタインタフェース部は、汚れる危険があるため、素手で取り扱わないこと。

- (4) 光ファイバコードの保管と取り扱い
 - a. 光ファイバコードと光ファイバのスプールは、乾燥した雰囲気保管する必要がある。乾燥剤を使用してもよい。
 - b. 終端された光ファイバコードは個別に梱包し、乾燥剤を使用して乾燥した雰囲気保管する必要がある。
 - c. 終端処理された光ファイバコードは平らな面に置き、積み重ねないこと。
 - d. 取り外した光ファイバコネクタは、専用の保護キャップで保護すること。
 - e. 光ファイバコードの準備、光ファイバコードの組み立て及び光ファイバコードの検査とテスト中に、光ファイバコードにねじれや傷を加えないこと。
 - f. 取り扱い中に光ファイバコード製造仕様で決められた制限を超えないこと。
(注)たとえば、最大引張荷重や長期及び短期の最小曲げ半径等
 - g. すべての光ファイバコネクタは、光ファイバコネクタを取り外したときに、ダストキャップをつけること。また、取り外した光ファイバコネクタが光ファイバコネクタであることを示すラベルを取り付けておくこと。

4.3.5. 検査用補助装置

- (1) 検査用補助装置は、光ファイバを損傷させることなく、裸光ファイバと終端の両方を見ることができること。
- (2) 倍率補助装置は、仕様に記載の検査を行うために必要な倍率で、真の色、比例寸法及び適切な解像度を表示できること。
 - a. 裸光ファイバ及びコーティングの清浄度、ケミカルストリップのウィッキング、亀裂、刻み目、及び劈開の検査に対して、倍率は50倍から80倍の間であること。
- (3) ファイバ外径 125um の場合、光ファイバコネクタ端面及び劈開された裸光ファイバの検査では、検査機の倍率は、200 倍以上の性能(注)を有していること。
なお、ファイバ外径 125um 以上においては、適宜観察倍率を協議すること。
重要な端面測定には、検査に干渉計を使用すること。
(注) シングルモードファイバの場合、必要に応じ、200 倍～400 倍の性能を持った検査機を使用すること。

4.3.5.1. 追加の非破壊検査方法

- (1) 非破壊検査方法（レーザや自動検査システムなど）の使用を可とする。ただし、選定した方法は文書化(手順書等)すること。また、部品に損傷を与えない方法であること。

4.4. 材料

- (1) ビニール製のダストキャップは、製品に対し、使用しないこと。
- (2) 部品と材料の選定に影響するような設計上の考慮事項がある場合、4.2 項(設計上の考慮事項)及び5.3.1. 項(スプライン接続)を確認すること。

4.5. 溶剤

- (1) グリース、オイル、汚れ、又はその他の破片の除去に使用される溶剤は、イオン性汚染と非イオン性汚染の両方を除去する能力を考慮して選定すること。
- (2) 使用する溶剤は、洗浄する材料や部品を劣化させないこと。
- (3) 溶剤容器には適切なラベルを貼ること。
- (4) 作業手順書等で、使用可能な溶剤を指定すること。
- (5) 溶剤の安全データシート (SDS) は、担当者によるレビューのために利用可能なこと。
- (6) いずれのタイプの水を使用する場合でも、使用後は直ちに乾燥を行うこと。裸光ファイバが水にさらされるのは最小限に抑える必要がある。
- (7) 溶剤は部品のマーキングを消す恐れがある。溶剤評価の一環として、マーキングの不滅試験を実施すること。

4.6. 接着剤

4.6.1. 接着剤の選定

- (1) 接着剤は、ディスペンサで容易に塗布できること。接着剤と硬化スケジュール（温度や時間等）は、部品とプロセスに適合し、終端性能を妨げないものであること。
- (2) 接着剤は非腐食性であること。
- (3) 一部の接着剤は、光接続コードの洗浄に使用される溶剤と接触すると脆くなる可能性がある。プロセスの設計と認定には、接着剤と溶剤の適合性の検証を含めること。
- (4) 接着剤は、そのガラス転移温度(Tg)が光接続コードの最高温度(注)を超えるものを選定すること。
(注) システムレベルの組立中、試験中及びミッション運用中に晒される光接続コード温度に、プロジェクトに基づき定義した温度マージンを考慮した温度。

4.6.2. プロセス管理

- (1) ディスペンサ(接着剤塗布装置)は、接着剤を汚染させないこと（例：シリコーン潤滑シリンジ）。
- (2) 終端の光路に接着剤を使用しないこと。
- (3) 接着剤は、光ファイバと光ファイバコネクタ内部光ファイバチャネルとの間に強力な結合を与える良好な濡れ作用を与えること。混合接着剤は、光ファイバ及び光ファイバコネクタに塗布適用する前に脱気（遠心分離又は真空など）すること。また、接着される光ファイバは、接着剤を塗布する前に溶剤で洗浄し、乾燥すること。
(注) 混合作業中に接着剤に気泡やボイドが入らないように注意すること。光ファイバコネクタ内光ファイバ周囲の接着剤に気泡とボイドがあると、光ファイバの破損につながる。
- (4) すべての混合型エポキシ接着剤について、各混合バッチの記録を行うこと。
- (5) 混合型エポキシ接着剤の混合記録は、以下の作業記録を残すこと。
 - a. 一意のバッチ識別子（シリアル番号など）。
 - b. サブバッチ（つまり、シリンジ）に分割されている場合の各サブバッチの一意の識別子。サブバッチ識別子は、親バッチ識別子の派生物であることが推奨される。
 - c. 使用材料（メーカー、部品番号、トレーサビリティコード、有効期限を含む）
 - d. 混合比、及び接着剤配合物の重量(注)
 - e. 周囲条件（温度、湿度）
 - f. 混合時間
 - g. 可使時間
 - h. 日付
 - i. 作業者
 - j. 接着剤混合手順の手順書名又は文書番号とそのリビジョン
 - k. 試験片の検収試験結果（注）
(注) 予め混合比及び混合量が準備された状態の接着剤を使用し、その接着剤を量産品の製造工程で使用している場合は、不良状況等の確認で代用してもよい。

- (6) コマーシャルの供給業者から調達した接着剤が、混合比を含めシリンジ等に装填済みの場合、混合記録を入手できないことがある。この場合、シリンジ毎に、製造業者名、製品識別番号（例、部品番号）、及びロットデートコードを記録し、製品のトレーサビリティに使用すること。
- (7) 新たに混合したバッチの代わりに既に装填済みのシリンジを使用する場合、可使時間を超えていないことを示すデータを記録に残すこと。
- (8) エポキシ剤の塗布に使用するシリンジは、使用前にシリコーンが含まれていないことを確認すること。シリコーンは、プランジャの摩擦を減らすために、一部のシリンジサプライヤーで使われている。シリコーンは、ポリマー結合の信頼性に悪影響を及ぼす。
- (9) 混合された接着剤のすべてのバッチについて、製品に適用する前に、混合が正しく行われたことを確認するための試験片を作成すること。
- (10) 接着剤を硬化させるために、制御されていない熱源（ヒートガンやホットプレートなど）は使用しないこと。

4.7. 材料の貯蔵寿命

- (1) 材料の保管は、各材料コンテナに貼付する貯蔵寿命を記載したラベルによって管理すること。
- (2) 出荷された各材料の製造日、ロット番号、及び受入日を記録すること。
- (3) 貯蔵寿命が切れている材料は使用しないこと。
- (4) 接着剤の可使時間は、接着剤を使用する工程に対し定義すること。可使時間は、混合記録の中で使用され、また記録されることになる。
記録例として、JERG-0-040(注)の表 4-2 が参考となる。

(注) 宇宙用電子機器接着工程標準

4.8. 作業者に対する保護

4.8.1. 一般

光接続コードの製造、検査又は試験中に、作業者が怪我をしないよう必要なすべての安全対策を講じること。

注意：裸光ファイバが露出しているときは注意が必要である。露出したガラスは割れやすく、一度割れると、小さくて鋭い破片が皮膚に付着し、貫通する可能性がある。小さな破片は、指から目等の傷つきやすい身体部位に容易に移動する。工具を扱っている際、光ファイバコードを誤って切断してしまい、光ファイバガラスを露出させることは避けること。

4.8.2. 裸光ファイバからの保護

- (1) 裸光ファイバを扱うときやエポキシ樹脂を塗布するときは、常に安全眼鏡を着用すること。
- (2) 繊維の端はかみそりのように鋭くなっていることがあるので、触らないこと。
- (3) エポキシ樹脂との皮膚接触を避けること。
- (4) 光ファイバがレーザ光源やLEDに接続されていないことを確認するまでは、光ファイバの端を凝視しないこと。
- (5) 裸光ファイバを破棄する場合には、テープ等で保護すること。
- (6) 光ファイバを廃棄する際、定められた廃棄物の処分方法に従い処分すること。

4.8.3. 光源への眼の暴露からの保護

光源への眼の暴露からの保護は、以下 JIS 規格に準拠すること。

JIS C 6802 : 2014 (IEC 60825-1 : 2014) → レーザ製品の安全基準

JIS C 6803 : 2013 (IEC 60825-2 : 2010) → レーザ製品の安全-光ファイバ通信システムの安全

JIS C 6804 : 2008 (IEC 60825-12 : 2005) → レーザ製品の安全-情報伝送のための光無線通信システムの安全

注意：光接続コード試験や作業に使用される光源は、眼の損傷を引き起こす可能性がある。

5. 詳細要求事項

5.1. 光ファイバの端末処理

5.1.1. 一般事項

全ての部品、材料、工具、及び設備は、光ファイバの端末処理準備作業を行う前に、技術文書に適合していることを確認すること。

5.1.2. 安全に関する要求事項

4.8.2. 項の要求は、光ファイバ端末処理準備時に取り扱う裸光ファイバから、作業者を保護するために適用する。

5.1.3. 手順

(1) 光ファイバコードは、最終光接続コードにおける材料の安定性を提供するため、終端処理準備の前に熱的に前処理すること。(注)

(注)

- a. 光ファイバコードが熱収縮差の影響を受けにくいことが証明されていない限り、すべての光ファイバコードが対象。
- b. 不可能でない限り、光ファイバコードに光ファイバを組み込む前に実施すること。なお、次の状態で前処理を実施しないこと。
 - 片端が光ファイバコネクタで終端されている光ファイバコード
 - 片端が接続準備されている状態の光ファイバコード
- c. 光ファイバコード全体を温度サイクルに晒すこと

- (2) 光ファイバコードは、損傷や汚染を受けることなく光ファイバの露出が可能な方法で、端末の準備を行うこと。典型的な光ファイバコードを図 5.1.3-1 に示す。

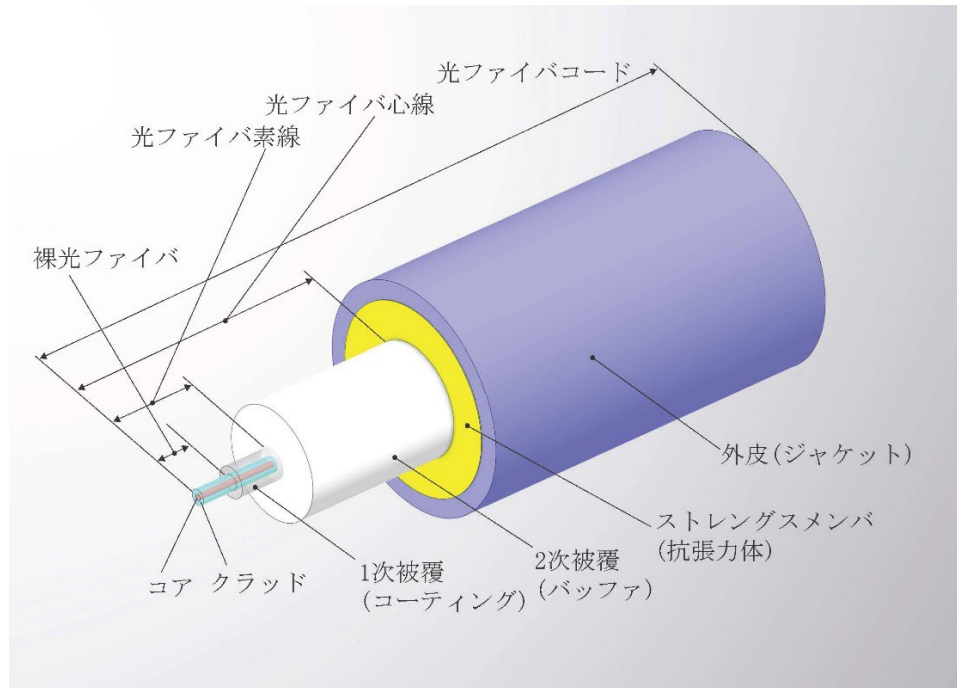


図 5.1.3-1 典型的な光ファイバコードの部品

- (3) すべてのジャケット (外側の保護材) は、技術文書に規定した寸法まで取り除くこと。
- (4) 特定のバッファ除去に化学剥離剤 (例: アセトン) を使用してもよい。ケミカルストリッピングした光ファイバの端末は、徹底的に洗浄し、剥離直後に残留する全ての化学剥離剤やバッファを除去すること。
- (5) 光ファイバや光ファイバコネクタの接着と同様、ディスペンサ部品や混合容器を含め、接着剤と接触するすべての部品は、接着前に適切な溶剤で十分に洗浄すること。
- (6) 光ファイバ廃棄物の収集、管理、処分の手順が履行されること。
- (7) 光ファイバコネクタ端面は、製品の品質と性能要求に適合する場合、研磨又は劈開のどちらかで仕上げてよい。
(注) シングルモード光ファイバの場合、必要な端面形状を得るのが難しいため、手動研磨は推奨されない。
- (8) 光ファイバは、研磨の前後に光ファイバ端面の亀裂の有無を検査するため、光ファイバに触れることなく、光ファイバコードの反対側からインコヒーレントな低照度の光源を使用して逆照射すること。

- (9) 光ファイバコードの反対側の端にアクセスできない場合は、コアを照らした検査技術(注)を使用すること。

(注) コアを照らした検査とは、端面検査装置を使用した検査を指す。反対側からコアに光源を入れられない時は、コアが薄暗くしか見えない。(図 5.1.3-2 参照)この状況下で、端面検査するための明るさ(core illumination)等の条件出しやその判断基準をあらかじめ作っておく必要がある。異物や汚れなど、端面状態が判別可能な検査方法を適用すること。

もし、コアを照らす検査を採用できない場合、異物や汚れなど、端面状態が判別可能な検査方法を確立し、作業手順書等に明記すること。

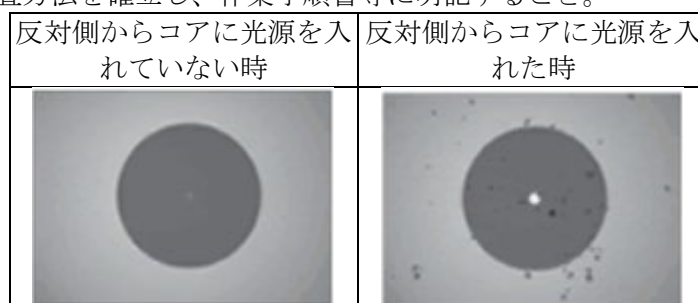


図 5.1.3-2 端面検査装置による観察結果

5.2. 洗浄

5.2.1. 一般事項

- (1) 洗浄手順は、次の作業を行うときに使用する工程を呼び出すこと。
 - a. 洗浄
 - b. 部品の乾燥
 - c. 目視検査
- (2) 洗浄された光ファイバの端面は、端面を劣化させたり損傷させたりしない方法で取り扱うこと。なお、洗浄時に前述を遵守する限り、光ファイバ製造先で使用する専用クリーナ等を用いて洗浄してもよい。
- (3) 端面は、すべての汚染物質の除去にかけられる時間内に清掃すること。

5.2.2. 手動クリーニング

- (1) 光ファイバ端面の手動クリーニングは、溶剤とワイプ又は綿棒を使用して行うこと。
- (2) ワイプの使用は洗浄 1 回につき 1 枚の使用とすること。
光ファイバコードの端末を洗浄後、嵌合相手側も汚れ等が無いことを確認すること。また適切な溶剤/洗浄方法は事前検証すること。

5.2.3. 注意事項

- (1) ワイプ又は綿棒は、研磨剤を含まず、糸くずがないものであること。
- (2) 洗浄工程及び洗浄剤は、端面の光学特性を劣化させないこと。また、光ファイバや光接続コードに損傷を与えないこと。
- (3) 洗浄により、汚れ、油、グリース、粒子状物質を確実に除去すること。
- (4) 洗浄した裸光ファイバは、損傷や湿気の侵入を起こしやすいため、直ちに次工程の処理をすること。直ちに次工程の処理ができない場合は、光ファイバの端面が汚れないように保護すること。また、ケミカルストリップによりストリップした場合も光ファイバの端面を洗浄し、乾燥させること。

参考：

手動クリーニング手順の例を参考までに付録 II に示す。

また、IEC 61300-3-35 付録 D に推奨洗浄方法が示されている。

5.3. 光ファイバコードの接続

5.3.1. スプライス接続

製品に対しては、フュージョンスプライスのみ使用すること。

- (1) スプライス接続前に、ファイバにコンタミネーションが付着していないこと、ファイバの光路を阻害するような異常がないこと、該当する場合は別紙 A に示されるような許容できない状態ではないこと、又はその他技術文書に規定した要求に不適合な点がないことを確認するため、ファイバを検査すること。
- (2) 光ファイバ単体の状態で、固定具の内部ファイバチャネルのゴミなどの障害物がないか、閉塞していないかをチェックしないこと。実施した場合、光ファイバを汚したり、傷つけることがある。
- (3) フュージョンスプライスは、クラッド径 125 μm の場合、又は技術文書に規定の引張試験に耐えること。また、クラッド径が 125 μm と異なる場合、規格値を検討すること。
 - a. テストピースによる試験
 - テストピース：フュージョンスプライス部が、熱融着スリーブで保護されていない状態
 - 試験規格：JIS C 61300-2-4 を適用する。
 - 試験方法：JIS C 61300-2-4 又はその他同一の試験方法を適用する。
 - 試験条件：速度 25mm/分，力 2N，保持時間 60 秒
 - 初期検査及び測定：挿入損失測定
 - b. 製品に対する確認
 - 試験条件：1.96N (200gf) (注)

(注) 光ファイバ融着接続機の仕様に引張試験がある場合は、追加の引張試験は不要。
- (4) メカニカルスプライスは、製品に使用しないこと。
- (5) ケミカルスプライスは、光ファイバの一時的な接合（テストなど）にのみ使用すること。

5.3.2. 完成したスプライス

- (1) スプライス部は、原則、光ファイバコードの屈曲部に配置しないこと。
屈曲部に配置してしまうと、荷重の連続性が保てなくなる。(4.2.(2)参照)
- (2) スプライスによる接続部分は、エンクロージャ又は同等の方法を使用して機械的損傷から保護すること。ただし、光ファイバは、温度ストレスを回避できる程度にルースな状態であること。エンクロージャを使用できない場合、光ファイバを機械的及び環境的に保護出来るようにすること（例、追加のルーススプライスチューブ部品の適用）。
- (3) ストレングスメンバは、光ファイバへの機械的ストレスを防ぐため、スプライスエンクロージャ、又は他の保護に固定すること。
- (4) 完成したスプライスは、物理的及び光学的な性能要求に合致することを確認するため、外観検査及び光学的検査を行うこと。OTDR 及び別紙 B に記載の適切な試験方法を適用してもよい。なお、フュージョンスプライス作業で正常に接続された場合、OTDR による挿入損失測定しても、損失が小さいため測定結果に表れない。また、偏波保持光ファイバを使用する場合、偏波消光比(Polarization Extinction Ratio(PER))も考慮すること。

5.3.3. 検査記録

検査記録は、完成したスプライス接続及びインプロセスの文書とともに保管すること。

5.3.4. 注意事項

異種光ファイバを融着する場合、以下の点に注意すること。

- (1) 融着作業のための工具や装置は機械特性に影響する。
- (2) 製造ばらつきが光学特性及び機械特性に影響する。融着条件（例、放電時間、放電強度、放電回数）を検討する際、製造ばらつきとその影響を考慮するとよい。

5.3.5. その他

- (1) スプライスができない光ファイバコードの特定の領域（例：耐火性、防火ゾーン、「重要な回路」で使用される光ファイバコード、及びヒンジポイント、ドア、アクセスパネルで屈曲しやすい位置）を定義すること。
- (2) 修理に対し、光ファイバコード交換が不可能でない場合、スプライスしないこと。
- (3) スプライスは、次の出来栄が重要である。
 - a. 接合された2つの端面の角度のずれが小さい。
 - b. コア直径の不一致がないこと。
 - c. 接合された2つの端面の横方向のオフセットが小さい。
 - d. 境界層又は回折ゾーンがないこと、
 - e. スプライス部に細孔や気泡がないこと。
- (4) スプライスには、触れずに識別できるように印等を付けること。

5.4. 光接続コード

5.4.1. 一般要求

光接続コードは、光ファイバコード、光ファイバコネクタ及び関連するハードウェアで構成される。

5.4.2. 光ファイバコードの組立

- (1) 光ファイバコードは、電線や同軸ケーブルと区別できるように識別すること。
- (2) 光接続コードは、光ファイバコネクタ本体付近の見えるようなところに、嵌合する光ファイバコネクタの名称を表示するか、又は技術文書の規定に従い表示すること。
- (3) 組立前に、すべての部品、材料、工具が、技術文書で定義された重要な寸法、条件、品質管理、要求事項に適合していることを、確認すること。
- (4) 組立前に、準備された光ファイバコードは、以下の項目について、文書で規定したインプロセスの目視検査を受けるものとする。
 - a. 光ファイバコードのストリップ寸法
 - b. ストレングスメンバの損傷
 - c. クラック、切り傷、その他の損傷（検査対象：端面部から、光ファイバを含むすべての光ファイバコードを構成する部品に至るまで）
 - d. ケミカルストリップによるウィッキングや損傷
 - e. 5.2. 項に記載の洗浄度合
 - f. 本書及び技術文書に定義されているその他のすべての重要な寸法、条件、品質基準。光ファイバコード端面上の連続した同心円状の層がすべて見えることを含む。

注意：組立作業者が、自らの作業を検査してはならない。
- (5) 光ファイバ単体の状態で、ゴミなどの障害物がないか、閉塞していないかをチェックしないこと。実施した場合、光ファイバを汚したり、傷つけることがある。

- (6) 組立前に、準備された光ファイバコネクタを構成する部品は、以下の項目について検査すること。
- a. ファイバチャネル内閉塞
 - b. 5.2 項に記載の洗浄度合
注意：光ファイバコネクタは、接着剤を塗布する直前に溶剤で洗浄し、乾燥させる必要がある。
 - c. 光ファイバコネクタフェルールのひび割れや変形。
- (7) 完成した光接続コードは、以下項目の検査を行うこと。
- a. ストレングスメンバ
ストレングスメンバが目視確認できる場合、均一に分布し、光ファイバコネクタにしっかりと取り付けられているかを検査すること。
 - b. 熱収縮スリーブと圧着スリーブが適切な位置にあること。また、光ファイバコネクタ製造業者の仕様に、熱収縮スリーブの寸法や圧着スリーブ要求がある場合は、その適合性を確認すること。
 - c. 光ファイバコネクタ端面形状は、技術文書に適合していること。
 - d. 光ファイバコネクタフェルールの長さは、技術文書に適合していること。
 - e. 光ファイバコネクタ端面の品質は、別紙 A 又は技術文書に従っていること。
 - f. 技術文書に従ったストレインリリーフ部品が適切な位置にあり、適切な取り付けがされていること。
 - g. 5.2 項に記載の洗浄度合
 - h. 光ファイバコネクタのリアエンドから 5cm 以内、又は技術資料に指定される範囲においては、光ファイバコードは光ファイバコネクタ端面に対してストレートの状態であること。（付録 V 不具合集(4)を参照）
 - i. 光ファイバコードのジャケットに、下地(例, ストレングスメンバ)が露出するような切り傷がないこと。
 - j. ねじれ(湾曲又は回転)がないこと。
 - k. 光接続コード名称の表示
- (8) フライト用に使用される光接続コード端面に亀裂が見つかった場合は、再研磨による修正を禁止する。光ファイバコードの端面に亀裂が発見された場合、その光ファイバコードは再成端又は廃棄すること。製品で確認された亀裂を修正するため、再研磨することは禁止する。

5.4.3. 組立後試験

- (1) 完成した全ての光接続コードは、測定された光学性能（損失や反射損失など）が、技術文書に記載された性能要求以上であることを確認するために試験すること。また、偏波保持光ファイバを使用する場合、偏波消光比(Polarization Extinction Ratio(PER))も考慮すること。
- (2) 試験の記録は、光接続コード又はサブ光接続コードの文書とともに維持すること。別紙 B に、標準的な試験及び検証方法の一覧を示す。
- (3) 5.4.3. (1) 項で要求した試験が完了した時点で、光接続コードは、光接続コードの形状及び状態が安定していることを確認するために、ワークマンシップの温度サイクルに供すること。
- (4) 5.4.3. (3) 項の温度サイクル後、測定されている光ファイバコードの光学性能を 5.4.3. (1) 項に従い再度測定すること。

- (5) 5.4.3. (4)項に従い再測定した後、光ファイバコードを目視検査し、以下に対して技術文書の中で定義した品質基準及び要求事項に適合していることを確認すること。
 - a. 光ファイバ端面の亀裂
 - b. 光ファイバコネクタ内光ファイバのピストニング
 - c. 端面の外観(色等)
 - d. バッファやジャケットの収縮
- (6) 光接続コードの光ファイバ端面の亀裂は、直接光とバックライト(注)を使い、検査すること。バックライトは、光ファイバに触れることなく、光ファイバコードの反対側からインコヒーレントな低照度の光源を使用して逆照射すること。(注) 直接光とは、端面に直接あてる光のこと、バックライトとは、光接続コードの反対側から光をあてることを指す。

5.5. 光ファイバアセンブリ

5.5.1. 一般

光ファイバアセンブリは、電気-光コンポーネント、スターカプラ、スプライスエングロージャのようなデバイスを含む。これらの機器に使用される光ファイバは、コアとクラッドと光ファイバ周囲のコーティングで構成されている。光ファイバは、光ファイバコードとは異なり、バッファ、ルースチューブ、ストレングスメンバ、及び追加の保護シースとしてジャケットがある。

5.5.2. 光ファイバコネクタ終端

- (1) 組立前に、すべての部品、材料、工具が、技術文書に定義された重要な寸法、条件、品質管理、要求事項に適合していることを確認すること。
- (2) 組立前に、準備された光ファイバは、以下の項目について、文書化された工程内目視検査を受けること。
 - a. 規定に従ったストリップ長
 - b. コーティングと光ファイバのひび、傷、切り傷、又はその他の損傷。
 - c. ケミカルストリップのウィッキングや損傷
 - d. 5.2 項に記載の洗浄度合

注意：組立作業者が、自らの作業を検査してはならない。
- (3) 光ファイバ単体の状態で、ゴミなどの障害物がないか、閉塞していないかをチェックしないこと。実施した場合、光ファイバを汚したり、傷つけることがある。
- (4) 組立前に、光ファイバコネクタの構成部品は、次の項目について検査すること。
 - a. ファイバチャネル内閉塞。
フェルールの内部が貫通していること。(光ファイバ挿入穴が貫通していること。)
 - b. 5.2. 項に記載の洗浄度合
 - c. 光ファイバコネクタフェルールのひび割れや変形。光ファイバコード端面上の連続した同心円状の層がすべて見えることを含む。

5.5.3. 光ファイバコネクタ終端後

- (1) 終端された光ファイバは、以下の項目に対し検査すること。
 - a. 熱収縮スリーブや圧着スリーブが適切な位置にあること。
 - b. 光ファイバコネクタ端面形状は、技術文書に適合していること。
 - c. 光ファイバコネクタ端面の要求は、別紙A又は技術文書に従っていること。
 - d. 技術文書に従った、適切なストレーンリリーフの位置
- (2) 終端された光ファイバの検査では、検査の一環として光ファイバに触れることなく、光ファイバの反対側の端からのインコヒーレントで低強度の光源を使用したバックライトを使用する必要がある。
 終端された光ファイバの検査は、光ファイバスコープで行うのではなく、試験の一部として、光ファイバに触れることなく、光ファイバコードの反対側からインコヒーレントな低照度の光源を使用した逆照射を使って行うこと。
 光ファイバコードの反対側の端にアクセスできない場合、終端した光ファイバの検査は、コアを照らした検査技術(例、可視光を使用した光ファイバ導通チェック)を使用すること。
- (3) 光ファイバコードの端面に亀裂が発見された場合、その光ファイバコードは再成端又は廃棄すること。製品で確認された亀裂を修正するため、再研磨することは禁止する。

5.5.4. 光ファイバルーティング

- (1) 光ファイバは、適切な保護が施されていない限り、シャープエッジやコーナをまたぐ配線をしないこと。
- (2) 配線する光ファイバの最小曲げ半径は、技術文書に従うこと。
- (3) 光ファイバは、加工、取り扱い、作業環境による次工程での損傷を防ぐため、技術文書に従って固縛すること（例、結束タイで縛るなど）。
- (4) 固縛を行う際、光ファイバを挟んだり、変形させたり、その他のストレスを与えないこと。
- (5) 固縛は、熱膨張や熱収縮によって光ファイバがわずかに動くことができる程度、緩いこと。
 注意：結束を過度にきつくすると、光ファイバに微小な曲げを生じさせ、性能や信頼性に影響を与えることがある。アクセスの回数等に制限がある、もしくはアクセス作業に制約がある場所に光ファイバを配線するために、コンジットを使用する必要がある。光ファイバは、損傷防止のため、コンジット内で保護する必要がある。5.5.4.(3)項を参照のこと。
- (6) ステータキング(接着固定)やコンフォーマルコーティングは、技術文書に指定されている場合にのみ、光ファイバに行うこと。なお、実施する場合は、JERG-0-040 宇宙用電子機器接着工程標準(部品接着固定、コンフォーマルコーティング及びポッティング)に従うこと。また、固定方法は、4.2.(9)項に記載の方法を参考にしてもよい。
- (7) 構造部材を通す光ファイバコードは、機械的耐性と耐摩耗性を備えたサポート(導管など)を使用すること。

5.5.5. 光ファイバアセンブリ試験

- (1) すべての完成した光ファイバアセンブリは、測定された光学性能が技術文書に記載の性能要求を満足していることを確認するために、試験すること。偏波保持光ファイバを使用する場合、偏波消光比 (Polarization Extinction Ratio (PER)) も考慮すること。
- (2) 試験記録は、光ファイバアセンブリ又はサブ光接続コードの文書（要求事項）と共に維持すること。別紙 B に、標準的な試験及び検証方法の一覧を示す。
- (3) 5.5.5. (1) 項で要求した試験完了後、光ファイバアセンブリは、技術文書で規定した温度サイクルに供されること。
この要求は、軌道上で晒される温度環境下でも、光ファイバアセンブリの機械的及び光学的安定性を有していることを実証するための要求である。
- (4) 5.5.5. (3) 項の温度サイクル完了後、5.5.5. (1) 項に従って光ファイバアセンブリを再試験する。
- (5) 5.5.5. (4) 項に示す光学特性の再試験後、光ファイバアセンブリは以下の項目について検査すること。
 - a. 光ファイバ端面の亀裂
 - b. 光ファイバコネクタ内光ファイバや端面のピストニング
 - c. 端面の外観(色等)
 - d. バッファやジャケットの収縮
- (6) 5.5.5. (5) 項に示す光ファイバアセンブリの検査は、光ファイバスコープで行うのではなく、試験の一部として、光ファイバに触れることなく、光ファイバコードの反対側からインコヒーレントな低照度の光源を使用した逆照射を使って行うこと。
- (7) 光ファイバの反対側の端にアクセスできない場合、光接続コードの検査は、コアを照らした検査技術(例、可視光を使用した光ファイバ導通チェッカ)を使用すること。

5.6. 光ファイバアセンブリの敷設

5.6.1. 一般事項

- (1) 光ファイバアセンブリの敷設中に損傷しないように注意すること。光ファイバアセンブリの敷設及び検査は、訓練を受けた作業員及び検査員が行うこと。
- (2) 敷設に関する設計要求を確認すること。疑義等ある場合は本作業前に関係者と協議すること。
- (3) 光ファイバアセンブリは、電線や同軸ケーブルと同じ配線束で結束しないこと。電気ケーブルでは許容可能な取り扱いであっても、光ファイバコードで同様な取り扱いをすると損傷する可能性がある。
- (4) 光ファイバアセンブリは、可能な限り、高温機器から離して配線すること。また、水分が溜まる、又は水分の多い場所から離して配線すること。湿気の多い場所での配線が避けられない場合は、防滴シールドを取り付けるか、その他の保護手段を講じること。
- (5) 光ファイバアセンブリを空中配線する場合、地上での自重や要求環境下での荷重を考慮し、技術文書の中で、最大敷設引張荷重、最大使用引張荷重及び最大垂直上昇を指定すること。また、敷設中、光ファイバアセンブリに、光ファイバコード仕様の軸方向荷重を超える軸方向荷重をかけないこと。

- (6) 光ファイバアセンブリ又は光ファイバコードの敷設中及び使用中の全作業において適用可能な、短期及び長期の最小曲げ半径を、技術文書に規定すること。長期の曲げ半径は、光ファイバコード直径の 10 倍以上を推奨する。最小曲げ半径による敷設が必要な場合、光ファイバは、剛性により曲げ半径が真円とならず、局所的に小さくなることがあるため、曲げ半径制限ジグ等を使用して、光ファイバコードの曲げが短期の最小曲げ半径より大きくなるようにすること。敷設後の検査で局所的な曲げ半径を計測すること(注)。

曲げ半径が小さいと特に円弧上で漏洩光が多くなり、挿入損失が増加する。

(注)局所的な曲げ半径を計測する方法例:真上から写真撮影し、ソフトウェア上で計測。

- (7) 最小曲げ半径は、光ファイバコネクタのバックシェルにおいて、規定を逸脱しないこと。

5.6.2. 光接続コードの保護要求

- (1) 光接続コードは、地上での作業中、打上げ中の移動中、及びミッション中の移動中の損傷から保護するため、敷設時に必要に応じて固縛・固定すること。
- (2) 固縛・固定方法(例、結束タイ、ステーキング)は、技術文書に明記すること。20cmに1回は、固縛することを推奨する。アクセスが制限される箇所に敷設する場合は、コンジットにより保護すること。
- (3) 固縛は、光ファイバコードを束ねるのに十分な結束力であること。ただし、光ファイバコードのジャケットを変形させないこと。なお、電線管を使用する場合は、電線管内の光ファイバコード群や束の一部に、結束バンドを使用しないこと。
- (4) 光ファイバコードサポートは、隣接する光ファイバコードや光接続コードに取り付けないこと。
結束バンドは、光接続コードを挟む、変形させる、ねじれを起こす等により、ストレスを与えないこと。
- (5) 使用しないときは、すべての光ファイバコネクタにダストキャップを取り付けること。
- (6) ビニール製のダストキャップは使用しないこと。
- (7) 光ファイバコードの光ファイバコネクタ又は終端端面は、嵌合前に検査し、8項に従って清掃すること。
- (8) 搭載されるペイロードや実験機器が、システム上に光ファイバコード及び光接続コードを敷設する場合、使用する作業指示書、手順書、又はその他の該当する技術文書は、本書のすべての要求を適用すること。
- (9) 光接続コードの敷設のみ行う作業員に対し、本要求で対象となる部分の教育・トレーニングを行うことを推奨する。本作業員は、光接続コードの終端組立や修理を実施してはならない。

(10) 光ファイバコネクタ接続時の注意事項

- a. 光ファイバコネクタの誤接続防止の識別
光ファイバコネクタの互換性に起因する誤接続を防ぐため、以下例を参考に、識別を行うこと。なお、本例については、方法を要求・限定するものではない。
例：ジャケットの色を変える。丸札やマークバンド等を付ける
- b. 光ファイバコネクタ接続作業時の注意
光ファイバコネクタ嵌合作業時に、光ファイバコードや光接続コードを引き伸ばす等の負荷を与えないこと。

(11) 配線後の伝送路

配線後の伝送路が損失なく確保できていることを確認すること。

(12) 敷設後の光ファイバコードの検査

敷設後の光ファイバコードの検査では、次の特性が光ファイバコード不合格の一般基準であること。

- a. コンポーネント部品やデバイスが欠落しているか、正しく取り付けられていない。
- b. 指定の間隔で、光ファイバコードサポートがない、又は不適切である。
対象：光ファイバコードクリップやクランプ、スプライスエンクロージャ、コンジット
- c. 光ファイバコードサポートが緩んでいる。
- d. 光ファイバコードサポートの不適切な取り付けによる光ファイバコードの変形（ねじれ、曲がり、潰れ）
- e. 最小曲げ半径に対する不適合
- f. マーキング（光ファイバコード又は光ファイバコネクタ）がない、もしくは不適切

5.7. 光接続コード及び光ファイバコードの識別**5.7.1. 配線の識別要求**

配線は、恒久的に識別すること。各種配線の識別要求を以下に示す。

(1) 光ファイバコード組立品

各光ファイバコード組立品を恒久的に識別すること。識別マークは、予定されている用途に要求される全ての環境試験に合格することができ、完全に判読ができること。

(2) 光ファイバコネクタ

各光ファイバコネクタを識別すること。識別は、光ファイバコネクタ上で直接行うか、光ファイバコネクタ付近の光ファイバコード上で行うこと。いずれの場合も、そのままの状態、又は、上塗りを行うことによって磨耗に耐えること。

(3) 一時的識別

一時的識別は、製造工程終了までに各完成光接続コードから取り外すこと

(4) 位置決めテープ

光接続コード及び光ファイバコード組立の位置決め用いられるマーキングテープは、恒久的でも一時的でもよい。

5.7.2. 識別の検査

識別の正確さ、判読性及び場所の適切性について検査すること

6. 品質保証

6.1. 一般要求事項

- (1) ワークマンシップは、加工された製品が技術文書などの要求事項を保証する適切な品質レベルであることが要求される。
- (2) すべての光ファイバ終端及び光接続コードに対し、本書に規定した要求を満足し、受入可能なことを判断するための検査を実施すること。
- (3) 検査を補助するために、光ファイバ部品を移動させる場合、損傷の原因となるような方法で移動させないこと。
- (4) X 線検査は、X 線被ばくレベルが検査対象製品に損傷を与えないレベルの場合のみ可とする。

6.2. 品質保証

次の内容を実施すること。なお、供給業者から調達する光接続コードや光ファイバアセンブリについては、次の内容を参考に、品質保証事項を定めること。

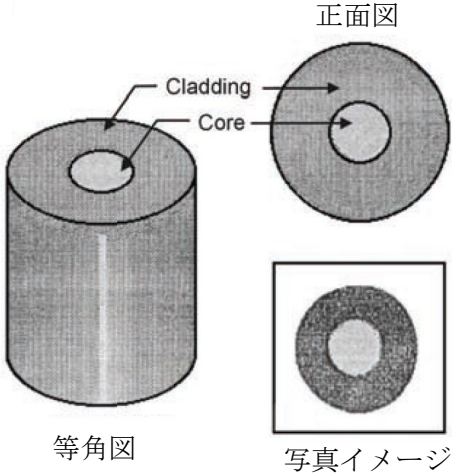
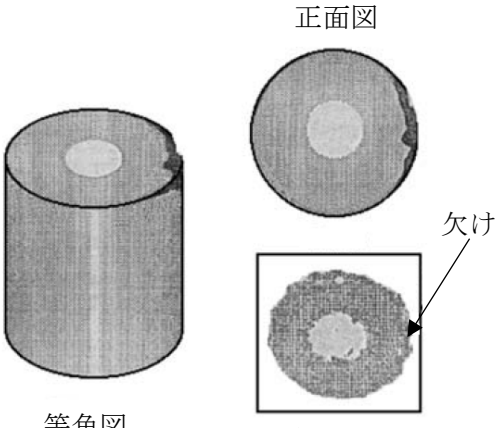
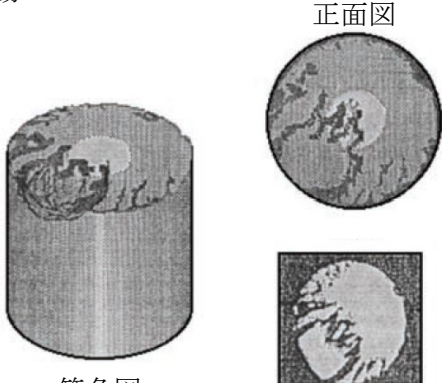
- (1) 製品の検証
本書及び技術文書で規定されたすべての試験、検査及び測定が実施されたことを確認すること。
- (2) 作業員の認定
本書に従って製品の組立又は検査を行うすべての作業員は、4.2.1. 項に従った訓練を受けていることを確認すること。
- (3) 工程及び手順
全組立作業に対し、製造準備確認及びインプロセス工程確認を通し、本書の要求事項を実行するすべての工程及び手順が最新であること、許可されていること、適切であること、及び正しく使用されていることを確認すること。
- (4) 部品の清浄
すべての部品が組立前に洗浄され、損傷がないことを確認すること。
また、組立後、光ファイバコネクタは、未使用時、ダストキャップを取り付けること。嵌合を外したときは、ダストキャップを光ファイバコネクタに取り付けることを原則とし、光ファイバ終端のある光ファイバコネクタをテープで覆うことは禁止する。
- (5) 施設の管理
本書の 4.3. 項に示す施設の清浄度、環境条件及び照明要求が満たされていることを確認すること。
- (6) 図面等でスプライス作業を規定していない箇所に対する記録
図面等で規定していないすべてのスプライス接続は、少なくとも次の情報を記録に残すこと。
 - a. 場所
 - b. 光ファイバコードの識別（番号、回路など）
 - c. 光ファイバコードのサイズとタイプ
 - d. 光ファイバコードのメーカー名、部品番号、及びスプライスの種類
 - e. 減衰/損失

別紙 A
(APPENDIX A)

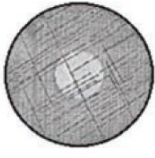
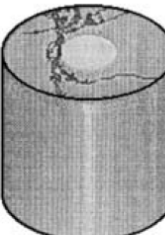
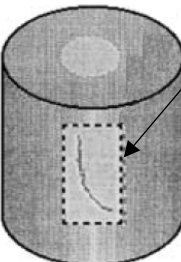
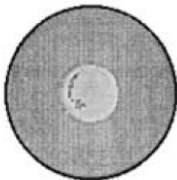
研磨後の光ファイバ端面検査基準
(FIBER END-FACE INSPECTION CRITERIA AFTER POLISHING)

ファイバ端面の検査基準を示す。なお、欠陥等があった場合の詳細な合否基準は、IEC 61300-3-35 を適用すること。

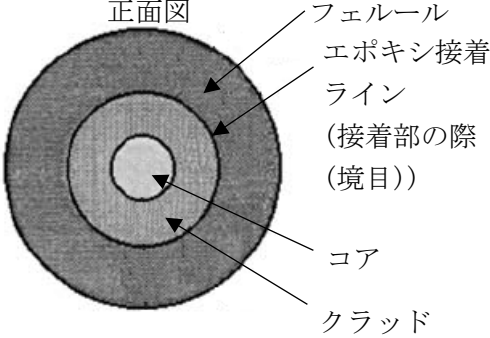
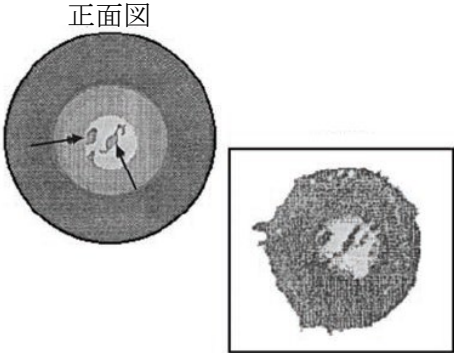
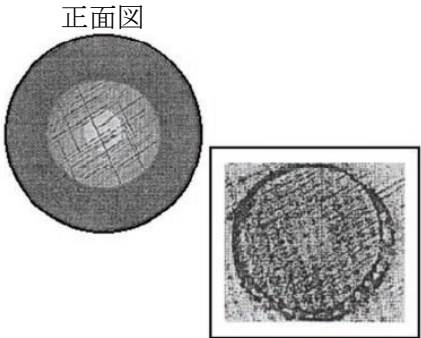
FIBER END-FACE INSPECTION CRITERIA AFTER POLISHING

合格  等角図 写真イメージ	合格： (1) 割れ、すり傷、エッジの欠け、切り傷、くぼみ、その他の異常がなく、コア (Core) がはっきりと識別できる。
エッジの欠け  等角図 写真イメージ 欠け	合格： (1) 欠けの最大寸法がファイバ径の 3%以下であること及び欠けの数が 3 か所以下であること。
切り傷  等角図 写真イメージ	劈開が不適切なため、表面に切り傷がある。 (1) 劈開-不合格。 (2) スプライス接続に使用不可。 (3) 光ファイバコネクタに使用する場合、再研磨により修正できる可能性有。

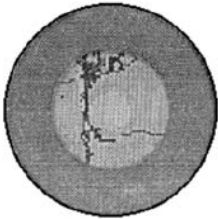
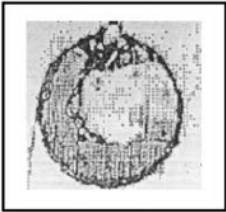
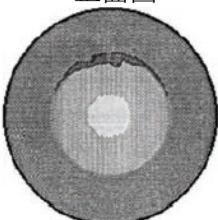
裸光ファイバ(バックライト)

すり傷  等角図  正面図  写真イメージ	(1) 再研磨-不合格。 (2) 性能に影響がある場合、不合格。
割れ  等角図  正面図  写真イメージ	(1) あらゆる割れは、不合格。
割れ(内部)  等角図  正面図 内部(切り取り)	(1) あらゆる割れは、不合格。 (2) ほとんどの場合、バックライト作業でのみ検出可能。

裸光ファイバ(バックライト)(つづき)

合格  フェルール エポキシ接着 ライン (接着部の際 (境目)) コア クラッド	合格： (1) 割れ、すり傷、接着剤の隙間、その他の異常がなく、同心要求を満たしている。
表面の欠け  正面図 写真イメージ	(1) コア又はクラッドの場合、不合格/再研磨
すり傷  正面図 写真イメージ	(1) コアの場合、不合格/再研磨

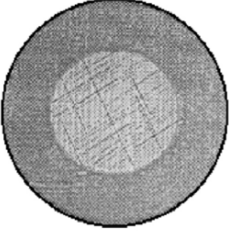
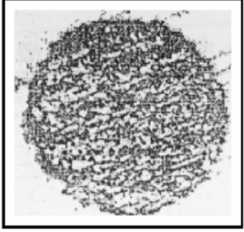
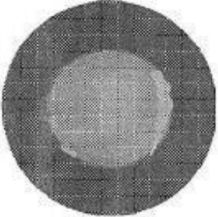
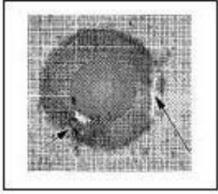
フェルール内の裸光ファイバ(バックライト)

割れ 正面図   写真イメージ(注) (注) 写真イメージには、フェルールは見え ない。	(1) 不合格
表面の欠け 正面図   写真イメージ(注) (注) 写真イメージには、フェルールは見え ない。	(1) 研磨により修正できる可能性有。

フェルール内の裸光ファイバ(バックライト)(つづき)

合格 正面図 フェルール コア及びクラッド 写真イメージ(注) コア (注) 写真イメージには、フェルールは見えない。	合格： (1) 割れ、すり傷、エッジの欠け、切り傷、くぼみ、その他の異常がなく、同心要求を満たしている。 (注) コア照明がない場合、割れを確認することができない可能性がある。
表面の欠け 正面図 写真イメージ(注) (注) 写真イメージには、フェルールは見えない。	(1) コア又はクラッドの場合、不合格/再研磨 (2) バックライトによる確認

フェルール内の裸光ファイバ(直接光、コア照明無)

すり傷 正面図   写真イメージ(注) (注)写真イメージには、フェルールは見えない。	(1) 不合格/再研磨
エポキシ 正面図   写真イメージ(注) (注)写真イメージには、フェルールは見えない。	(1) エポキシがコア、クラッド又はフェルールに付着している場合、不合格。 (2) 再研磨により修正できる可能性有。

フェルール内の裸光ファイバ(直接光、コア照明無)(つづき)

試験規格一覧(EIA IEC JIS)

NASA-STD-8739.5 APPENDIX B 試験手順		IEC 61300 規格	JIS C 61300 規格
EIA-455-1 (FOTP 1)	Cable Flexing for Fiber Optic Interconnection Devices		
EIA-455-3 (FOTP 3)	Procedure to Measure Temperature Cycling Effects on Optical Fibers, Optical Cable, and Other Passive Fiber Optic Components.		
EIA-455-4 (FOTP 4)	Fiber Optic Connector/Component Temperature Life.	IEC 61300-2-18	JIS C 61300-2-18 第 2-18 部 : 高温試験
EIA-455-5 (FOTP 5)	Humidity Test Procedure for Fiber Optic Connecting Devices	IEC 61300-2-19	JIS C 61300-2-19 第 2-19 部 : 高温高湿試験 (定常状態)
EIA-455-6 (FOTP 6)	Cable Retention Test Procedure for Fiber Optic Cable Interconnecting Devices	IEC 61300-2-4	JIS C 61300-2-4 第 2-4 部 : 光ファイバクランプ強度試験- 軸方向引張り
EIA-455-11 (FOTP 11)	Vibration Test Procedure for Fiber Optic Connecting Devices and Cable	IEC 61300-2-1	JIS C 61300-2-1 第 2-1 部 : 正弦波振動試験
EIA-455-12 (FOTP 12)	Fluid Immersion Test for Fiber Optic Components		
EIA-455-13 (FOTP 13)	Visual and Mechanical Inspection of Fiber, Cables, Connectors etc.	IEC 61300-3-1	JIS C 61300-3-1 第 3-1 部 : 外 観検査及び機械的検査
EIA-455-14 (FOTP 14)	Fiber Optic Shock Test (Specified Pulse)	IEC 61300-2-9	JIS C 61300-2-9 第 2-9 部 : 衝撃試験
EIA-455-15 (FOTP 15)	Altitude Immersion		
EIA-455-16 (FOTP 16)	Salt Spray	IEC 61300-2-26	JIS C 61300-2-26 第 2-26 部 : 塩水噴霧試験
EIA-455-17 (FOTP 17)	Maintenance Aging of Fiber Optic Connectors and Terminated Cable Assemblies		

試験規格一覧(EIA IEC JIS) (つづき)

NASA-STD-8739.5 APPENDIX B 試験手順		IEC 61300 規格	JIS C 61300 規格
EIA-455-21 (FOTP 21)	Mating Durability for Fiber Optic Interconnecting Devices	IEC 61300-2- 2	JIS C 61300-2-2 第 2-2 部 : 繰 返しかん合試験
EIA-455-25 (FOTP 25)	Repeated Impact Testing of Fiber Optic Cables and Cable Assemblies		
EIA-455-26 (FOTP 26)	Crush Resistance of Fiber Optic Interconnecting Devices	IEC 61300-2- 10	なし
EIA-455-33 (FOTP 33)	Fiber Optic Cable Tensile Loading and Bending Test	IEC 61300-2- 6 IEC 61300-2- 37	・ JIS C 61300-2-6 第 2-6 部 : かん合部締結強度試験 (軸方向 引張り) ・ Bending は、JIS になし
EIA-455-34 (FOTP 34)	Interconnection Device Insertion Loss Test	IEC- 61300-3- 4	JIS C 61300-3-4 第 3-4 部 : 損 失測定
EIA-455-36 (FOTP 36)	Twist Test for Fiber Optic Connecting Devices	IEC 61300-2- 5	JIS C 61300-2-5 第 2-5 部 : 光 ファイバクランプ強度試験 (ね じり)
EIA-455-37 (FOTP 37)	Low or High Temperature Bend Test for Fiber Optic Cable	IEC 61300-2- 37	なし
EIA-455-39 (FOTP 39)	Fiber Optic Cable Water Wicking Test		
EIA-455-41 (FOTP 41)	Compressive Loading Resistance of Fiber Optic Cables	IEC 61300-2- 11	JIS C 61300-2-11 第 2-11 部 : 光ファイバクランプ強度試験 (軸方向圧縮)
EIA-455-42 (FOTP 42)	Optical Crosstalk in Fiber Optic Components	IEC 61300-3- 50	JIS C 61300-3-50 第 3-50 部 : 光スイッチのクロストーク測定
EIA-455-53 (FOTP 53)	Attenuation by Substitution Measurement for Multi-mode Graded- Index Optical Fibers or Fiber Assemblies Used in Long Length Communication Systems		

試験規格一覧(EIA IEC JIS) (つづき)

NASA-STD-8739.5 APPENDIX B 試験手順		IEC 61300 規格	JIS C 61300 規格
EIA-455-57 (FOTP 57)	Optical Fiber End Preparation and Examination		
EIA-455-59 (FOTP 59)	Measurement of Fiber Point Defects using an Optical Time Domain Reflectometer	IEC 61300-3-4 IEC 61300-3-6	JIS C 61300-3-4 第3-4部：損失測定 JIS C 61300-3-6 第3-6部：反射減衰量測定
EIA-455-60 (FOTP 60)	Measurement of Fiber or Cable Length Using an OTDR	同上	同上
EIA-455-61 (FOTP 61)	Measurement of Fiber or Cable Attenuation Using an OTDR	同上	同上
EIA-455-62 (FOTP 62)	Measurement of Optical Fiber Macrobend Attenuation		(JIS C 6823 : 2010 マイクロベンド損失試験：方法A-伸長ドラム法)
EIA-455-69 (FOTP 69)	Test Procedure for Evaluation of the Effect of Minimum and Maximum Exposure Temperatures on the Optical Fiber	IEC 61300-2-17 IEC 61300-2-18	JIS C 61300-2-17 第2-17部：低温試験 JIS C 61300-2-18 第2-18部：高温試験
EIA-455-85 (FOTP 85)	Fiber Optic Cable Twist Test		
EIA-455-88 (FOTP 88)	Fiber Optic Cable Bend Test		
EIA-455-91 (FOTP 91)	Fiber Optic Cable Twist-Bend Test		
EIA-455-95 (FOTP 95)	Absolute Optical Power Test for Optical Fibers and Cables		
EIA-455-96 (FOTP 96)	Fiber Optic Cable Long-Term Storage Temperature Test for Extreme Environments		
EIA-455-98 (FOTP 98)	Fiber Optic Cable External Freezing Test		

試験規格一覧(EIA IEC JIS) (つづき)

NASA-STD-8739.5 APPENDIX B 試験手順		IEC 61300 規格	JIS C 61300 規格
EIA-455-171 (FOTP 171)	Attenuation by Substitution Measurement for Short-Length Multimode Graded-Index and Single-Mode Optical Fiber Cable Assemblies		
NRL/MR/6505- 92-6963	Procedure for Measuring Radiation-Induced Attenuation in Optical Fibers and Optical Cables		
MIL-STD-810, method 500	Low Pressure (Altitude)		
IEC 60068-2- 13	Low air pressure		JIS C 60068-2-13 第 2-13 部 : 減圧試験方法
IEC 61300-2- 47	Thermal shocks		JIS C 61300-2-47 第 2-47 部 : 熱衝撃試験
EIA-455-193 (FOTP-193)	POLARIZATION CROSSTALK METHOD FOR POLARIZATION MAINTAINING OPTICAL FIBER AND COMPONENTS.	IEC 61300-3- 40	JIS C 61300-3-40 第 3-40 部 : 偏波面保存光ファイバ付き光フ ァイバコネクタプラグの偏波消 光比測定

付録I
＜用語の定義＞

1. 構造関連用語

(1) 光ファイバ optical fiber

誘電体で作られた，光を伝送する繊維。(注)

(注) 裸光ファイバ，光ファイバ素線，光ファイバ心線及び光ファイバコードの総称をいう。

(2) 裸光ファイバ bare optical fiber

ガラスコア及びガラスクラッドだけからなる光ファイバ。

(3) コア core

光パワーの大部分を閉じ込めて伝送する光ファイバの中心部分。

(4) クラッド cladding

コアを取り囲んでいるコアよりも屈折率の低い誘電材料で構成する部分。

(5) 1次被覆 primary coating

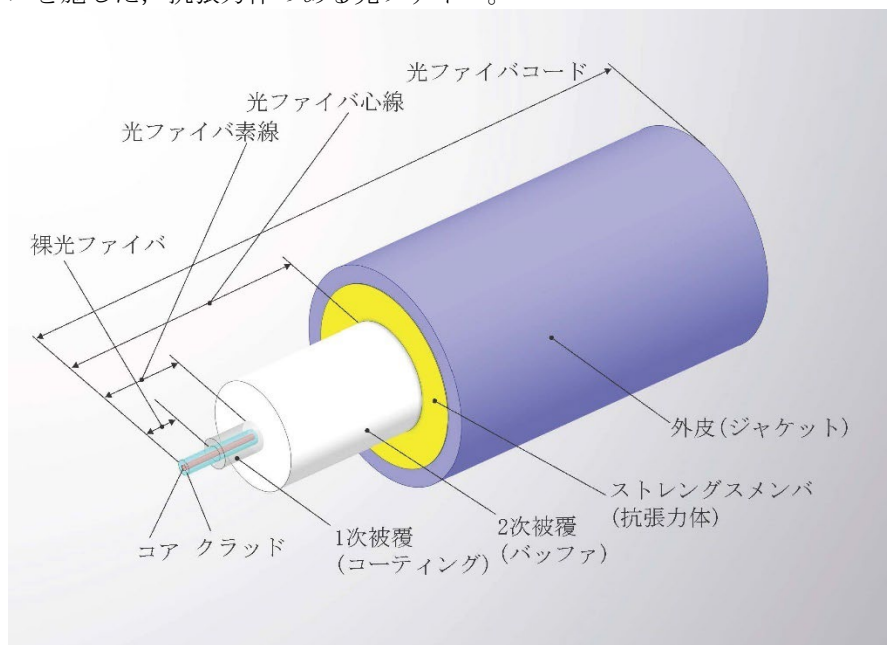
裸光ファイバの表面が外界の物体と直接接触して微小きずが発生するのを防ぐため，裸光ファイバに密着して施す被覆。

(6) 2次被覆 secondary coating

光ファイバ心線の取扱い時又はケーブル化時の外傷からの保護を目的として，補強及び取扱いを容易にするために光ファイバ素線の上に施す被覆。

(7) 光ファイバコード optical fiber cord

光ファイバ心線上又は全プラスチックマルチモード光ファイバ素線の上にプラスチックシースを施した，抗張力体のある光ファイバ。



光ファイバコード(参考)

- (8) 光ファイバコネクタ fiber optic connector

光ファイバ同士，又は光ファイバと光ファイバ部品などとを接続及び切り離すための部品。(注)

(注)一般に“光コネクタ”ともいう。

- (9) 光接続コード optical fiber patchcord, jumper

両端又は片端に取り付けられている光コネクタによって，他の光ファイバコード又は光デバイスと接続が可能な光ファイバコード。光ファイバコードの両端に光コネクタが付いているものをジャンパ又はパッチコードともいう。



光接続コード：

光ファイバコードの両端に光ファイバコネクタ (FC コネクタ) を取り付け

- (10) フェルルール ferrule

スリーブ又はガイドピンによって整列し，光ファイバを保持固定する部材。

- (11) スリーブ sleeve

二つのフェルルールを自身の内径によって，整列する管状の部材。

- (12) 弾性スリーブ，割りスリーブ resilient sleeve

スリーブのうち，自身の弾性力によって，フェルルールを保持するスリーブ。

- (13) ストレスリリーフ (応力除去) stress relief

結線及び配線による応力 (又は歪み) を最小にするための方法又は手段。

(14) ストレインリリーフ strain-relief

光ファイバコードと光コネクタの接続部に有害な力を加えないようにするために、光コネクタ後端に取り付けケーブルを保持する部品。ブーツや熱収縮スリーブなどで構成される。



ストレインリリーフ : FC コネクタ (参考)

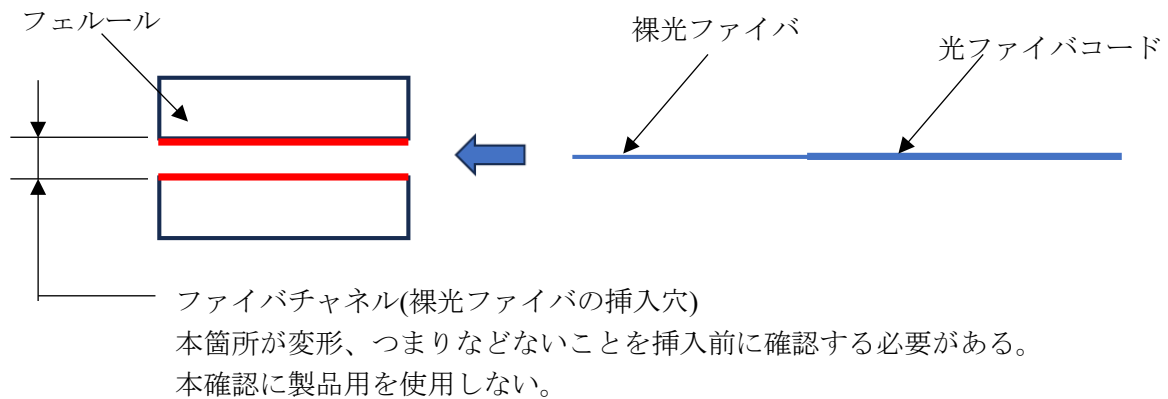
(15) ファイバチャネル fiber channel

ファイバが挿入される穴。

(16) コネクタ内ファイバチャネル internal fiber channel of connector

フェルルール内に設けられた裸光ファイバの挿入穴

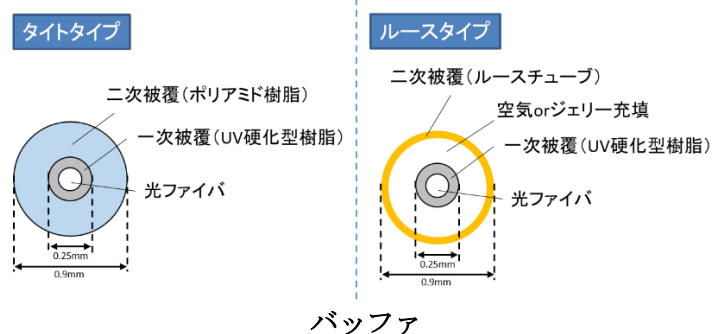
- (17) 固定具の内部ファイバチャネルの閉塞 internal fiber channel of fixtures
各部品に設けられたファイバの挿入穴に変形、つまり等がある状態



ファイバチャネルの閉塞

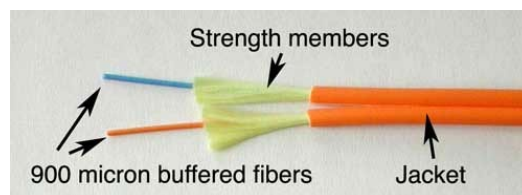
- (18) バッファ buffer

コーティングまたはバッファは、光ファイバを物理的な損傷から保護するために使用される材料の層である。バッファには、タイトタイプとルースタイプ（セミタイト）がある。



バッファ

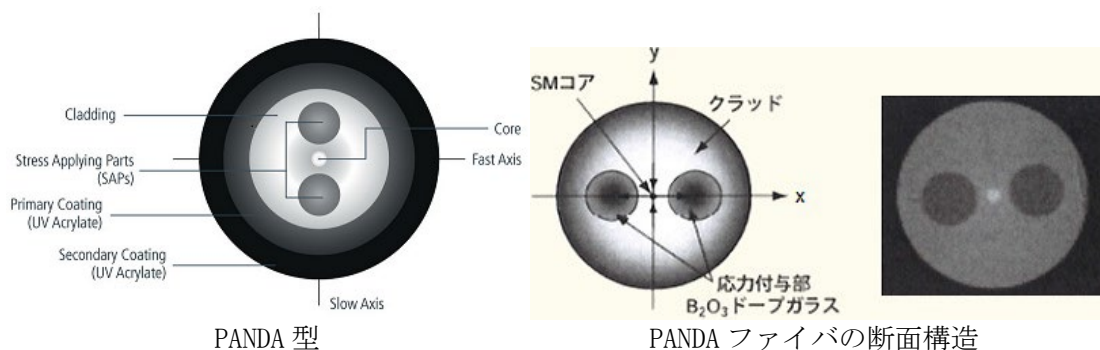
- (19) タイトバッファ Tight Buffer
1 次被覆の上に、ポリアミド樹脂などで二次被膜を設けたタイプ。
- (20) ルースチューブ loose tube
1 次被覆と 2 次被覆の間が空気やジェリーなどで充填され、ファイバ心線をフリーな状態にしているタイプ。
- (21) ストレングスメンバ strength member
ケーブルの外周に設置し、機械的ストレスから保護するためのもの。



ストレングスメンバ

- (22) 偏波保持ファイバ polarization- maintaining optical fiber of PANDA profile
 シングルモード光ファイバ (SMF) には、直交する 2 つの偏波面をもつモードが存在する。偏波保持光ファイバはこれら 2 つの偏波モード間に伝搬定数差を生じさせそれぞれの偏波モードからもう一方への偏波モードへの結合を抑制し偏波保持能力を高めたファイバである。伝搬定数差を発生させたファイバとして、コアに非軸対称な応力を与える構造の応力付与型偏波保持光ファイバがあり、PANDA ファイバ (Polarization-maintaining AND Absorption-reducing)、楕円ジャケットファイバや bow-tie ファイバがあげられる。一方、応力付与型偏波保持光ファイバはコアがほぼ円形であるのに対し、コアの形状を非軸対称にした楕円コア光ファイバ等も偏波保持能力を有している。
- (23) 偏波保持ファイバ (PANDA 型) polarization- maintaining optical fiber of PANDA profile

コアの両側に円形の応力付与部が配置された構造になっている。製法は通常の SMF 用母材のコアの両側に応力付与部用の穴を開け、内面を研削研磨する。その後線膨張率を大きくするために B2O3 がドーピングされた石英ガラスロッドをその穴に挿入し、線引母材とする。線引工程におけるファイバ化後の冷却過程で純粋石英ガラスのクラッド部に比べ、大きな線膨張率を有する応力付与部に引っ張りひずみが生じる事により、以下 PANDA ファイバの断面構造図の X 軸に沿ってコアに応力が印加される。偏波保持光ファイバは基本的に SMF なので、通常の SMF と同様の伝送損失、カットオフ波長、モードフィールド径などの特性を有する。これらに加え、偏波の特性を示す複屈折率と偏波クロストーク特性が重要な特徴となる。また、偏波保持光ファイバは光学部品として使用されるので、融着特性も重要な特性となる。



PANDA ファイバの断面構造

古河電工殿 Web 情報より引用

https://www.furukawa.co.jp/telecom/product/opt_fiber/specialty_clearlite_ture.htm

偏波保持ファイバ

- (24) 結束タイ cable tie
配線を束線するためのバンド。
- (25) メタルマウント metal mount
結束タイと組み合わせて配線固定する部品。



結束タイ



メタルマウント

結束タイ及びメタルマウントによる配線固定

- (26) P-クランプ P-clamp
締め付けにより配線固定する部品

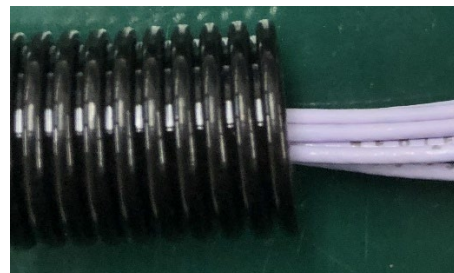


P-クランプ
P-クランプによる配線固定

- (27) コンジットチューブ conduit tube
保護管



コンジットチューブ(挿入前)



コンジットチューブ(挿入後)

コンジットチューブによる保護

2. 伝送特性関連用語

(1) 損失 attenuation, loss

長さ L (km) 離れた二つの位置 1, 2 間の波長 λ における光ファイバの損失（又は、減衰量）。

損失は、以下式によって表す。

注釈 1 損失 $A(\lambda)$ は、次の式で表す。

$$A(\lambda) = -10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)}$$

ここで, P_1 : 近端位置 1 を通過する光パワー

P_2 : 遠端位置 2 を通過する光パワー

注釈 2 均一な単位長さ L (km) 当たりの光ファイバの波長 λ における減衰定数 (attenuation coefficient) $\alpha(\lambda)$ は、次の式で表す。

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

(2) 反射 reflection

光が媒質の境界面に入射するとき、その単色光成分の振動数を変えずに、光が入射側に戻る現象。

(3) 反射損失 return loss

送信部の光出力ポートから取り出される光出力パワーと、送信部に接続された系から反射などによって戻る、戻り光のパワーとの比率。単位は、デシベル (dB) で表す。

光反射損失は、以下式によって表す。

$$x = -10 \log_{10} \frac{P_r}{P}$$

ここに,

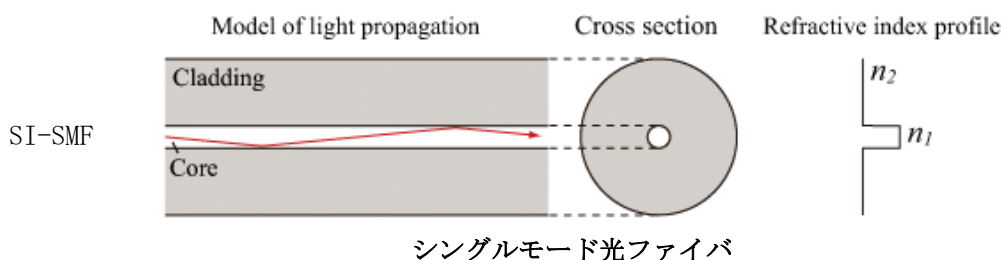
P : 送信光出力パワー (mW)

P_r : 戻り光のパワー (mW)

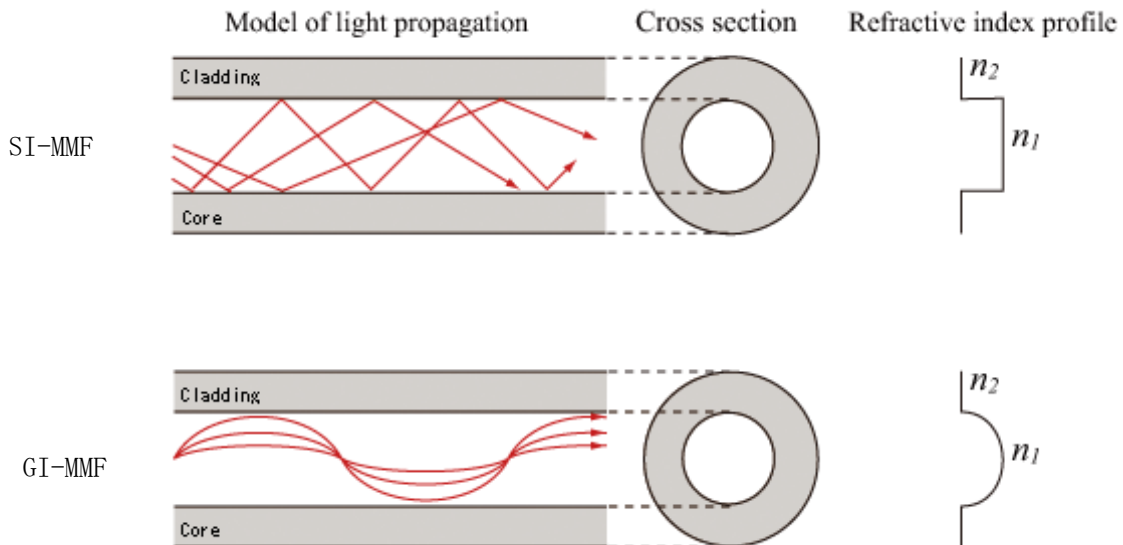
x : 光反射損失 (dB)

(4) シングルモード光ファイバ single-mode optical fiber

対象となる波長で最低次の伝搬モードだけを伝搬する光ファイバ。



- (5) マルチモード光ファイバ multimode optical fiber
対象となる波長で二つ以上の伝搬モードを伝搬する光ファイバ。



マルチモード光ファイバ

3. 測定関連用語

- (1) OTDR 法 optical time-domain reflectometry
光ファイバの損失を、光ファイバ内を伝搬する光パルスから後方に散乱された光から測定する方法。
- (2) バックライト back-lit
光ファイバの反対側の端からコアにインコヒーレント光を照射することにより、光ファイバ端面を照らす方法。

4. 工程関連用語

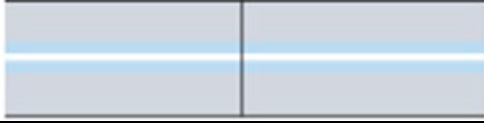
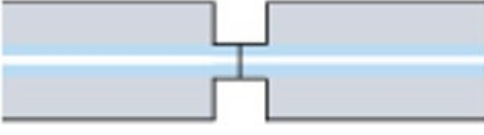
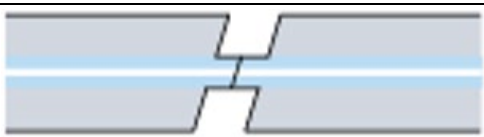
- (1) スプライス splice
2本の光ファイバを永久的または半永久的に互いに接続すること。スプライスには、「フュージョンスプライス」、「メカニカルスプライス」、「ケミカルスプライス」の3種類ある。
- (2) フュージョンスプライス(融着) fusion splice
ガラス製の光ファイバの先端部を熱して融解し、2本の光ファイバ同士を接着させる方法である。融着接続は、接続の仕方によって「コア調心方式」と「固定V溝調心方式」の2つに分かれており、前者は顕微鏡を使ってコアの中心軸が一致するよう位置決めを行ってから、接続する。
- (3) メカニカルスプライス mechanical splice
メカニカルスプライス素子と呼ばれる専用の接続部品を使用して、接続する方法である。口出した光ファイバをメカニカルスプライス素子に挿入し、2本の光ファイバ同士を突き当ててから、押さえ部材によって固定する。

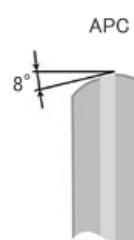
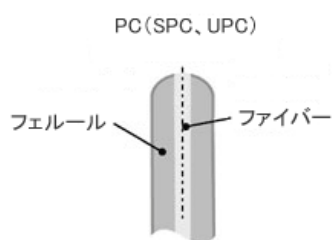
- (4) ケミカルスプライス chemical splice
UV 硬化ポリマーやエポキシなどの光学グレードの接着剤を使用して、2 本の光ファイバ同士を永久的に接続する方法である。
- (5) 最小曲げ半径 minimum bend radius
最小曲げ半径とは、光学性能を低下させることなく光ファイバコードまたは光接続コードを曲げることができる半径、またはルースチューブが曲げることができる半径をいう。光ファイバコードは、コンボリユートチューブ、コンジットは、キンク（チューブの崩壊による光ファイバの断線）せずに曲げることができる。最小曲げ半径は、短期曲げ半径と長期曲げ半径の 2 種類を考慮する必要がある。
- (6) 最小曲げ半径(短期) minimum bend radius short-term
短期曲げ半径は、取り扱い時や仮敷設^{かりふせつ}時に適用される。
- (7) 最小曲げ半径(長期) minimum bend radius long-term
長期的な曲げ半径は、完成した敷設^{ふせつ}に適用される。
- (8) 終端 termination
終端は、光ブランチングデバイスの出力端子からの反射光を抑圧する部品又は技術である。終端で記述した光ファイバ終端は、高い反射減衰量でなければならない。次の三つの方式の終端が望ましい。a) 斜め光ファイバ端面 b) 光ファイバ端面へ屈折率整合剤の塗布 c) 光ファイバによる減衰、例えば、マンドレルラップ（光ファイバをマンドレルに巻くこと）
(注) 波長選択性のない光ブランチング デバイスのディレクティビティ測定
- (9) ストリップ strip
光ファイバコードから被覆及びジャケットを除去すること。
- (10) ケミカルストリッピング chemical stripping
溶剤を使用し、光ファイバコードから被覆及びジャケットを除去すること。
- (11) メカニカルストリッピング mechanical stripping
工具を使用し、光ファイバコードから被覆及びジャケットを除去すること。
- (12) ケミカルストリップのウィッキング chemical strip wicking
ケミカルストリップで使用する薬品が吸いあがること。薬品の吸いあがりにより、ストリップ長が要求を満たさない場合がある。
- (13) 劈開 cleave (optical fiber)
意図的かつ制御した切断を指す。その切断面は、光ファイバ軸(長手方向)に垂直で、滑らかで平坦な端面を持つ。そして、その切断は、劈開工具と工程を使用して行われる。

(14) 研磨 polish

端面を研磨することにより、ガラスの表面の凹凸が設定される。

光ファイバ研磨には、物理的接触 (PC:Physical contact) または非接触 (NC) がある。物理的接触 (PC) の設計意図は、接続され、嵌合された終端のガラスコアが物理的に接触することである。

	研磨面	研磨方法 (名称)	端面形状	特徴
単心	直角 球面	PC		端面を球面に研磨し、接続時にファイバ同士が密着する PC (Physical Contact) 接続が可能。反射減衰量 (SM) 25dB 以上
		AdPC		反射減衰量を 40dB 以上に向上させた高精度 PC 研磨。(ランダム接続想定試験方法)
		SPC		反射減衰量を 40dB 以上に向上させた高精度 PC 研磨。(対反射マスタ接続試験方法)
		UPC		反射減衰量を 55dB 以上に向上させた高精度 PC 研磨。
	斜め 球面 (8 度)	APC		端面を斜めに研磨して PC 接続することで 60dB 以上の低反射が可能。(斜めのため PC や SPC 等の直角研磨とは接続できない。)
多芯	直角	フラット		端面を直角フラットに研磨し、フレネル反射を抑えるため整合剤を塗布して接続
		PC (記号: R)		端面を直角に特殊研磨し、PC 接続を可能とした。整合剤は不要。GI の MPO コネクタは通常直角 PC 研磨 (斜め PC 研磨も対応可能)。
	斜め 球面 (8 度)	PC (記号: A)		端面を斜めに特殊研磨し、PC 接続を可能とすることで低反射が可能。整合剤は不要。SM の MPO コネクタは斜め PC 研磨となる。



研磨の種類

(15) ディスペンサ dispenser
押出機

(16) シリンジ syringe
注射器

(17) プランジャ plunger

押子

(18) 接着剤 adhesives, EPOXY

光ファイバをスプライス・アセンブリまたは光コネクタに固定するために使用される高分子化合物で、通常はエポキシ。

(19) 接着固定(ステーキング) staking

接着剤によって部品又は構成品をプリント配線板や電子組立品、衛星構体等に接着し固定する工程。

(20) ワイプ(綿棒) wipe

フェルール端面のクリーニングに使用される消耗品で、シート状の吸収材として構成されているもの。

吸収体は、糸くずの出ないものであり、また以下制約を満たす必要がある。

摩耗：光ファイバ端面を研磨しない。

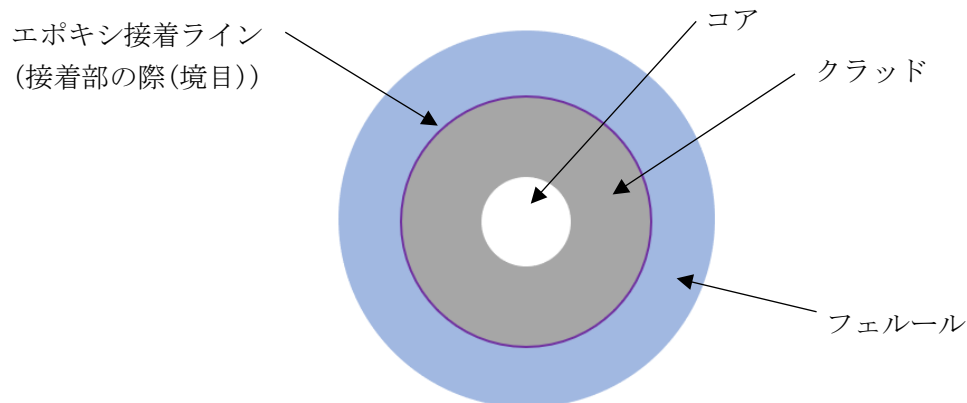
洗浄効果：最も一般的な粒子やフィルム汚染物質に対して十分な洗浄効果がある。

(21) スプール spool

リール

(22) 端面のエポキシ接着ライン acceptable endface

被覆が除去されてむき出しになった光ファイバの部分。通常は切断前にフェルールから突き出ている。



端面のエポキシ接着ライン

(23) ピストニング pistoning

コネクタまたはコネクタフェルール内での光ファイバの軸方向移動。

光ファイバがフェルール先端面より引き込んだり突き出したりする現象である。

ファイバが使用中熱によって縮み被覆の中に入り込むような現象がある。

接着剤の劣化はファイバのピストニング現象を誘発する。

(24) 最大 敷設 引張荷重 installation load (maximum)

光ファイバの断線やケーブルの損失の永続的な増加を引き起こすことなく、敷設中に光ファイバケーブルの軸に沿って加えることができる最大荷重。

(25) ワークマンシップ workmanship

ワークマンシップはいわゆる出来栄のことを指す。ワークマンシップは、加工された製品が技術文書などの要求事項を保証する適切な品質レベルであることが要求される。

5. その他用語

(1) ペイロード payload

ロケットによって打ち上げられるさまざまな宇宙機やさらにそれらに乘せられるさまざまな器具や物品、その質量のことを指す。

(2) サブシステム sub system

大きなシステムの一部を構成する、より小さな単位のシステム。または、あるシステムの補助や予備、代替として用いることができる別のシステム。

(3) エンクロージャ enclosure

光ファイバを融着接続またはコネクタ接続して、外力からの影響を受けないようにするためのもので、光ファイバの接続部および余長を保護収納するためのもの。

付録II
＜手動クリーニングの手順＞

1. クリーニング手順

- (1) フェルール端面がよごれていないか検査する。
 - a. フェルール端面が汚れていない場合、クリーニングを完了する。
 - b. フェルール端面が汚れている場合、(2)に進む。
- (2) フェルール端面をクリーニングする。
 - a. 小さな粒子や小さな液体が観察された場合乾いた綿棒又はワイプで清掃する。
指で綿棒のヘッドに触れたり、指で綿棒のヘッドを押したりして、保存済みワイプからアルコールを移さないようにする。
アルコールが急速に蒸発するのを防ぐため、アルコールワイプは開封したままにする。アルコールを使用する際は、適切な安全注意事項に従うこと。
 - b. 小さな粒子や斑点以外が観察された場合湿らせた綿棒又は拭き取り布で清掃する。
 - c. a. 又は b. の作業完了後、(3)に進む。
- (3) フェルール端面がよごれていないか再検査する。
 - a. フェルール端面が汚れていない場合、クリーニングを完了する。

注意：クリーニングのために綿棒を湿らせるには、承認されたアルコール・プリサチュレーション・ワイプを使用して、綿棒にアルコールを移す。これにより、綿棒が飽和して端面が「水浸し」になるのを防ぐことができる。
端面に付着したアルコールは、蒸発したままにすると膜や残留物が残る。そのため、アルコールで洗浄した後は、乾いた綿棒やワイプを使用してアルコールを乾燥させる必要がある。

2. 注意事項

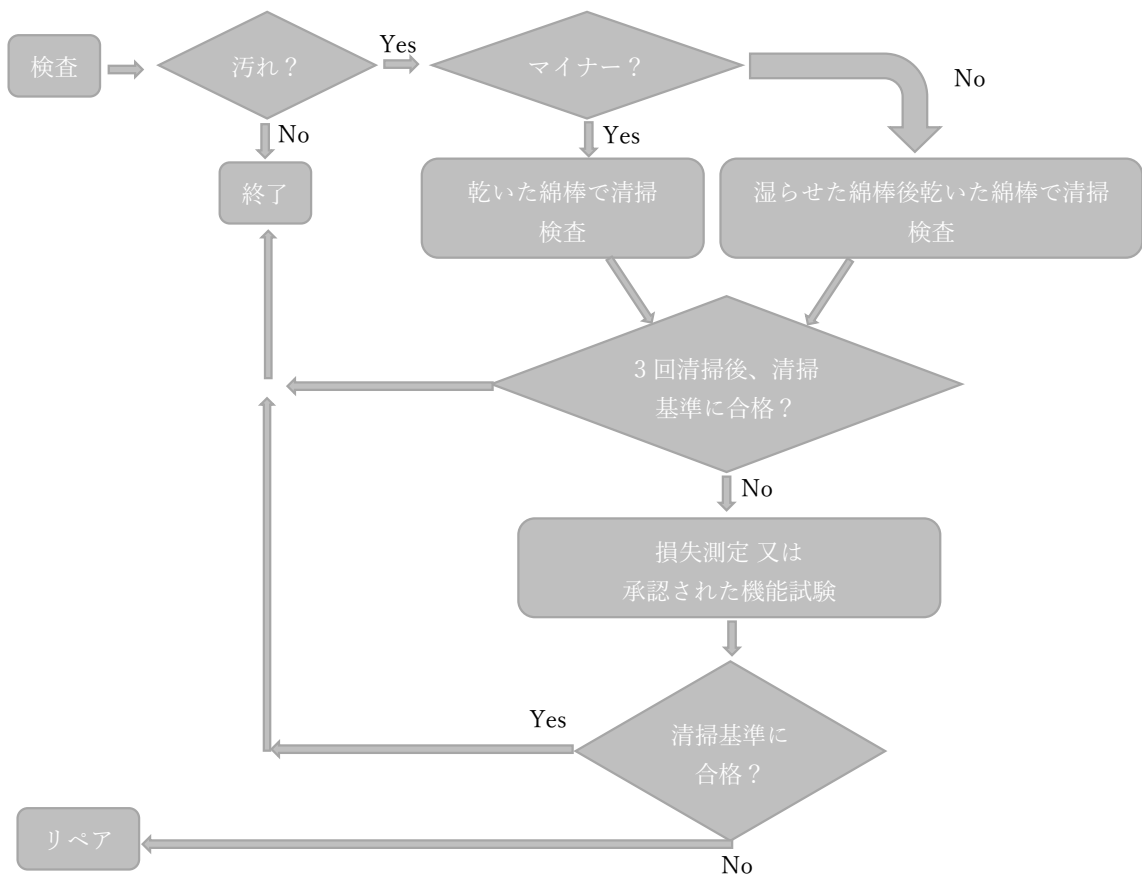
- (1) 綿棒の使用方法
光ファイバ用綿棒は、糸くずの少ない設計になっている。そのため、使用前には、微粒子や液体が綿棒に付着しないように注意する必要がある。
保管パッケージから取り出したら、クリーニング・チップの先端は、クリーニングするフェルールの端面以外には接触させないこと。
- (2) 綿棒の寿命（単回使用と複数回使用）
綿棒の役割は汚れを蓄積することである。そのため、綿棒の寿命は非常に限られており、洗浄 1 回につき綿棒 1 本の使用を推奨する。
- (3) 加圧
加える圧力は常に軽くなければならない。
加える圧力を軽くすることで、硬い粒子を端面全体に引きずって端面を傷つけるリスクを最小限に抑えることができる。
- (4) 光ファイバコネクタ・アダプタのアライメント・スリーブのクリーニング
アライメント・スリーブは、さまざまな単心終端アダプタ（ST-to-ST アダプタなど）や多心終端コネクタ・アダプタ（MIL-DTL-38999 アダプタ）に見られる。
 - a. 推奨されるクリーニング方法
綿棒でアライメント・スリーブをクリーニングする。綿棒を挿入し、通過させながら 1 回転させ、抜き取りながら 1 回転（同じ方向）させる。
- (5) ピン終端のクリーニング
2.5mm の光ファイバ用綿棒を使用して、ピン終端の露出したフェルールをクリーニングする。

- a. 推奨されるクリーニング方法
綿棒の先端をフェルール端面に軽く押し当てる。その後、フェルール端面を一直線に横切るように拭く。
綿棒で拾った汚れが再び付着する可能性があるため、綿棒の同じ部分で繰り返し拭かないこと。

(6) ソケット終端のクリーニング

1. 25mm の光ファイバ用綿棒を使用して、ソケット終端の凹んだフェルール及びアライメント・スリーブをクリーニングする。

- a. 推奨されるクリーニング方法
綿棒を挿入する。綿棒がフェルール端面に近づくにつれ、綿棒を 1 回転させる。接触したら軽く加圧し、1/2～1 回転させる。綿棒をフェルールから離脱させ、外側に向かってまっすぐ外す。



フロー・チャートの凡例	
汚れ	No：クラッド径の 200%以内では、汚染物質は検出されなかった。 “清掃”を参照：検査基準、汚染物質
マイナー	Yes：検出された汚染物質は一般的にまばらで、コア面積の 5%より 大きいものはない
清掃基準に合格	検査基準，汚染物質の合格を参照
承認された機能試験	技術文書で承認された機能試験
リペア	技術文書で指示された処置

付録III
＜終端処理概要＞

1. カット・アンド・ストリップ

典型的な光ファイバコード(単心単芯ケーブル)は、外皮(ジャケット)、ストレングスメンバ(抗張力体)、2次被覆(バッファ)、1次被覆(コーティング)で構成されている。終端処理では、これらを注意深く戻切断し、ストリップする必要がある。この作業には、ファイバ切断工具とバッファ剥離工具を使用する必要がある。カット・アンド・ストリップ作業に伴うリスクは以下の通り。

(1) 外皮(ジャケット)のストリップ

正しい工具を使用し、正しい方法で行うこと。正しい工具や方法でない場合、外皮(ジャケット)の貫通(切り傷、破断など)や光ファイバの破損が起こる可能性がある。

例えば、強く握ったシンプレクス・ケーブル・ストリッパでシンプレクス・ケーブル・ジャケットを押し離すと、ファイバの断線につながる可能性がある。

(2) ケーブルの長さ

複数の光ファイバコードで多芯の光接続コードを構成する場合、ケーブル長の公差が厳しくなる。

例えば、多芯の光接続コードの全長公差は $+13/-0\text{mm}$ ($+0.5/-0.0\text{in}$)で、多芯の光接続コード内の各光ファイバコードの公差は $+7/-0\text{mm}$ ($+0.25/-0.0\text{in}$)となる。公差から逸脱すると、終端の一部に過度の引張荷重がかかり、断線につながる。

(3) ストリップの長さ

ストリップの寸法は正確でなければならない。不適切な長さでは、内部の光ファイバが支持されずにフェルール内で露出する可能性がある。これにより、光減衰が大きくなったり、光ファイバが割れたりする可能性がある。

(4) 2次被覆(バッファ)のストリップ

メカニカルストリッパを使用して2次被覆(バッファ)を剥がすときは、適切な方法を使うこと。不適切な工具を使用した場合又は正しい工具を不適切な方法で使用的場合、光ファイバコードから2次被覆(バッファ)を剥がしたときに、裸光ファイバに傷がつくことがある。

ほとんどの2次被覆(バッファ)は、6mm(0.25インチ)を数回に分けて取り除く必要がある。シリコーンのような2次被覆(バッファ)は、1回で取り除くことができる。一旦露出すると、裸光ファイバは、2次被覆(バッファ)が除去された時点から終端処理が完了するまで、最も脆弱な状態になり、事故による損傷や湿気の侵入を起しやすくなる。

(5) 裸光ファイバのクリーニング。

露出した裸光ファイバは、残留する2次被覆(バッファ)の削りかすや剥離作業中に付着した汚れを除去するためにクリーニングする。裸光ファイバは、光ファイバコードの外皮(ジャケット)から裸光ファイバ端まで拭き取る。裸光ファイバが弱くなる可能性があるため、繰り返し拭き取りを行わない。クリーニングに、超音波洗浄器を利用してもよい。

(6) ストレングスメンバ(抗張力体)のカット

ストレングスメンバ(抗張力体)の切断は、均一なカットが得られるように行わなければならない。完全にきれいに切断するには、ストレングスメンバ(抗張力体)の切断が可能な専用のはさみが必要である。

専用のはさみを使用しない場合、はみ出したストレングスメンバ(抗張力体)がコネクタ/終端保持機構に干渉する可能性がある。

2. エポキシの混合及びコネクタへの注入

この手順では、2液型エポキシを正確に混合し、ディスペンサでコネクタ／ターミナスのバレルに注入する。エポキシは、構造的に弱いそして光学的に損失が大きくなる終端となることを避けるため、慎重に混合して注入しなければならない。この一連の作業には、性能、品質、信頼性に大きく影響する微妙な技術的な問題が含まれる。

これらの作業の一部を次に示す：

(1) 予備操作

(a) ファイバチャンネルの検査

フェルールのファイバチャンネル(挿入穴)にゴミや汚れがないこと。ファイバチャンネル(挿入穴)にゴミや汚れがある場合、裸光ファイバをフェルールの穴に通すことができず、また、無理に通すと裸光ファイバが容易に破断する。コネクタ/終端部の背面から光が見えない場合、目視による確認でもよい。

(b) エポキシのウィッキングの防止

エポキシのウィッキングは避けなければならない。粘度の低いエポキシは、ストレングスメンバ(抗張力体)を伝って、シンプレクス・ケーブル・ジャケットの下にある光ファイバコードの未露光の長さに浸み込む可能性がある。硬化したエポキシが光ファイバコードの外皮(ジャケット)内での裸光ファイバの動きを妨げるため、裸光ファイバが破損する可能性が高まる。裸光ファイバが許容できないほど鋭く曲がりやすい極端な遷移が生じる。これら事象を防止するため、ウィッキングについて対策を講じる必要がある。特に丸型コネクタ(MIL-DTL-38999)の場合、ケブラー(ストレングスメンバ(抗張力体)の別名)がそのままコンタクトの中に入って充填されることから吸い上りに注意が必要である。

(2) エポキシの混合

エポキシが要求される性能を発揮するためには、2液型エポキシの各部を指定された量だけ混合しなければならない。正しい混合割合になるよう、あらかじめ混合する量がパックされたエポキシ剤を使う。エポキシの保存期限には限りがあるため、期限切れにならないように注意する必要がある。

エポキシを混合する技術には、均一な混合物を得る一方で、気泡の混入を最小限に抑える手段を含まなければならない。硬化したエポキシに気泡が混入すると、光ファイバの損失が大きくなり、性能が断続的に低下し、光ファイバが破損する可能性がある。

(3) エポキシの注入

(a) ファイバチャンネル(挿入穴)の検査

シリンジを使用して、十分な量のエポキシを光ファイバコネクタ/終端に注入する。光ファイバコネクタ/終端によっては、完全な充填を確実にするために、特別なシリンジ先端の構成が必要なものもある。不十分な量では、裸光ファイバやストレングスメンバ(抗張力体)が露出したままとなる能性があり、過剰な量では機械的機能に支障をきたす可能性がある。

過剰なエポキシはアダプタへの付着を引き起こし、硬化完了後のアダプタからの光ファイバコネクタ/終端の取り外しを困難にすることがある。

(b) エポキシ・ビードの大きさ

エポキシの塗布は、フェルール先端でファイバを固定するために、小さなエポキシ・ビードが存在するようにしなければならない。ビードサイズが不適切な場合、終端プロセスに支障をきたすことがある。フェルール端面のエポキシ・ビードが大きすぎると、過剰な研磨時間、追加消耗品の支出、ファイバに深い傷を付けることになる。ビードが小さすぎる（あるいは全くない）と、ファイバが破損する可能性がある。

3. ストレングスメンバ(抗張力体)への圧着

光ファイバコネクタ/終端の構成によっては、光ファイバコードのストレングスメンバ(抗張力体)を光ファイバコネクタ/終端に圧着する必要がある。光ファイバを損傷することなく適切な光ファイバコードの補強を得るためには、適切な圧着工具とダイの使用が不可欠である。

(1) ダイのサイズ

適切な圧着工具のダイサイズを使用しなければならない。そうでない場合、バレルの完全性が損なわれたり（光ファイバの破損につながる）、光ファイバコードのストレングスメンバ(抗張力体)を圧着する部位の強度が低下したり（光ファイバコードから光ファイバコネクタ/終端が分離する）する可能性がある。

(2) 圧着技術

機械的な嵌合（圧着時に「フィン」が発生しない）、十分なストレインリリーフの確保及び光ファイバコードのストレインリリーフが圧着スリーブからの突出を最小な状態にする（機械的な嵌合/インタフェースの問題がない）ために適切な圧着技術で行う必要がある。そのため、製造メーカーの規定に従い、プロセス要求を明確化しておく必要がある。なお、圧着の工程管理は、JERG-0-041 宇宙用電気配線工程標準の 5.7.1.6 項が参考となる。

(3) 熱収縮/ヒートガン

熱収縮は、ストレングスメンバ(抗張力体)を覆い、所望の仕上がり直径に移行収縮し、光ファイバコネクタと光ファイバコードの境界でストレインリリーフ（鋭い屈曲を防ぐ）を確保するために使用することができる。

（エポキシ樹脂は、光ファイバコードを光ファイバコネクタ/終端に固定し、圧着スリーブを使用しない場合は、ストレングスメンバ(抗張力体)を光ファイバコネクタ/終端バレルの外側又は内側に固定するために使用される）。

熱収縮の直径を小さくするには、ヒートガンを使用する。ヒートガンを使用すると、光ファイバコードが過熱する可能性がある。ヒートガンは、燃料やその他の可燃物の近くでは使用しないなど、その他の一般的な使用上の制限が適用される。

4. エポキシの硬化

光ファイバコードをフェルールに固定するために、規定した硬化サイクル（スケジュール）でエポキシを硬化させる。この作業には、規定したエポキシ硬化用オープンと光ファイバコネクタ／終端保持治具を使用する必要がある。硬化スケジュールは、要求環境に対して最も望ましいエポキシ特性のセットを与えるように最適化される。

(1) エポキシ硬化スケジュール。

要求される性能特性を得るためには、指定されたエポキシを硬化させる時間と温度（多段階硬化が必要な場合は時間と温度）に従わなければならない。硬化が不十分な場合、（ファイバの動きによる）光学性能の低下や光ファイバコードのストレーンリリースの低下を招く可能性がある。

(2) 取り扱い方法

硬化用オープン又は硬化アダプタへの不適切な配置は、不完全な硬化を引き起こす可能性がある。光ファイバコネクタ／終端から出る光ファイバコードの配置が不適切な場合、エポキシが光ファイバコードの外皮（ジャケット）に浸透し、硬化する可能性がある。

(3) 過加熱

不適切な硬化スケジュールを使用すると、光接続コードの材料（主に光ファイバコードの2次被覆（バッファ）と光ファイバの部品）が過熱し、劣化する可能性がある。

5. 研磨

この工程は、必要な光損失とリターンロスを得るために、光ファイバコネクタ／終端のフェルール端面を研磨する。この工程は、フェルール端面の形状（凹凸）を決定する工程である。採用する方法/手順は、許容できる光学性能と端面形状で一貫した結果が得られるものでなければならない。この作業には、フェルール端面の粗研磨から精密研磨を行うために、専用の研磨パッド、バック、プレートを使用する必要がある。異なる研磨技術により、フェルール端面の仕上げは異なる。

(1) 余分な裸光ファイバを切断する。

フェルールからはみ出した裸光ファイバを切断するには、適切な技術が必要である。適切な技術を使用しない場合、フェルール端面で裸光ファイバが飛散する可能性がある。

(2) 研磨紙の選択

砥粒のサイズが小さすぎると、研磨時間が長くなることがある。砥粒のサイズが大きすぎると、ファイバに永久的な大きな傷がつくことがある。

(3) 研磨バック

端面形状（凹凸）要件を一貫して効率的に得るためには、指定の琢磨バック（工具）を使用することが必要である。

(4) 研磨手順

検証された研磨手順を使用することで、一貫した結果が得られます得ることができる。これは、指定されたプラットフォーム光学性能要件（光損失、リターンロス）と端面形状を得るために必須である。

検証された研磨手順を使用しない場合（異なるツール、消耗材料及び技術を使用した場合）、端面形状は良判定であっても光学性能が低下し、端面形状が許容できない終端が生じる可能性が高くなる。検証された研磨手順に従うこと、また、検証された研磨パック、研磨紙などを適切に使用することで、光ファイバコネクタの部品仕様に規定された光損失とリターンロス（シングルモードのみ）の値を持つ端面形状を得ることができる。

6. 検査

フェルルール端面の検査は、研磨工程中及び研磨工程後に行われる。研磨工程中、異なる。研磨紙が使用される各作業の後に、フェルルール端面の検査を行うこと。

(1) 検査の種類

目視による拡大検査（最低 200 倍）は、「直視型光学顕微鏡」、「ビデオ顕微鏡」、「自動分析顕微鏡」など適切な検査用補助装置を使用して、研磨作業中及び研磨作業後に実施される。検査は、光学面が滑らかで、傷、くぼみ、欠け、割れがないことを確認するために行う。オプションとして、コアの視認性を向上させるために、ファイバの反対側を照らすために目に安全な光源を使用することができる。

(2) 検査の制限

検査は、フェルルール端面の二次元目視検査に限定される。これらの検査は、成端の場合は 400 倍の倍率で行われる（嵌合作業中の検査とクリーニングの場合は 200 倍）。

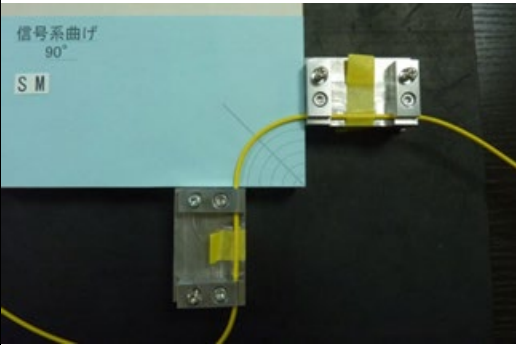
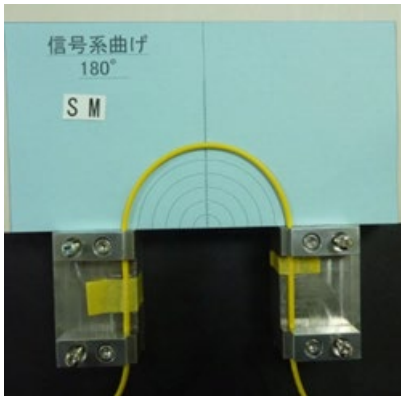
付録IV
＜損失測定時の注意事項＞

1. 損失測定を行う前に、光源とパワーメータの両方が少なくとも5分間通電され、安定した性能を発揮していることを確認する。
2. 光源とパワーメータは、測定時に安定している（パワーメータの読み取り値が±0.05dBm以上変化しない）必要がある。
3. 正確で再現性のある測定結果を確保するため、各嵌合の直前にコネクタ/端子フェール及び嵌合機器のアダプタ/インタフェースを検査及びクリーニング（必要に応じて）後に検査する。
4. LED 又はレーザダイオードと接続した光ファイバの端を見ないこと。目を損傷する可能性がある。
5. ファイバの端は鋭利になっている場合があるため、素手で触れないこと。

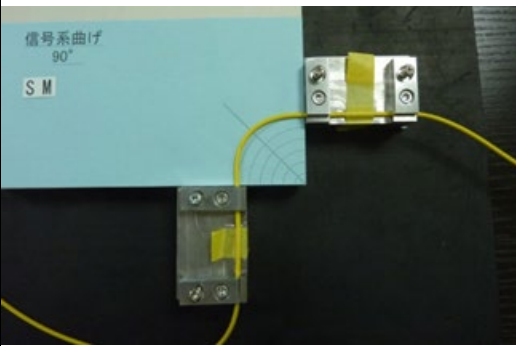
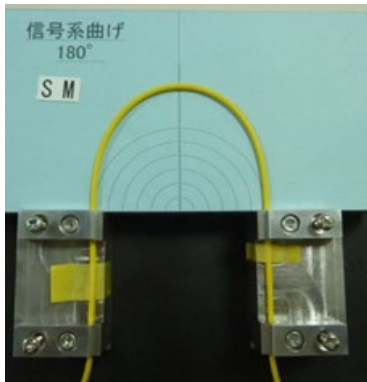
付録V
＜不具合事例集＞

(1) 光ファイバの曲げ

良い状態

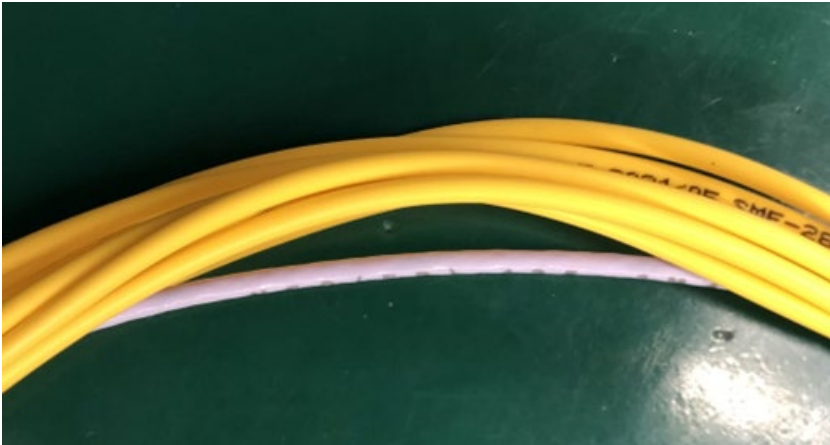
光ファイバコードの状態	90 度(真円)	180 度(真円)
補足	● 光ファイバの曲げ半径が真円となっている。 ● 光ファイバの曲げ半径の要求を満足している。	
状況		

悪い状態

光ファイバコードの状態	90 度(円弧が長い状態)	180 度(円弧が長い状態)
補足	● 光ファイバの曲げ半径が真円とならず局所的に小さくなっている。 ● 光ファイバの曲げ半径の要求を満足していない。 (挿入損失の増加)	
状況		

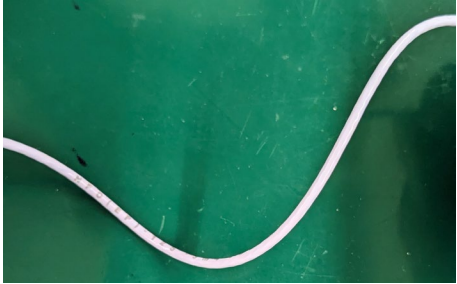
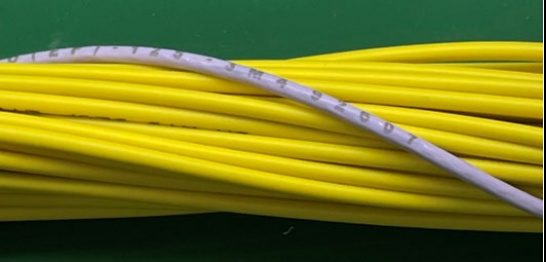
(2) 光ファイバの急な曲げやつぶれ

悪い状態

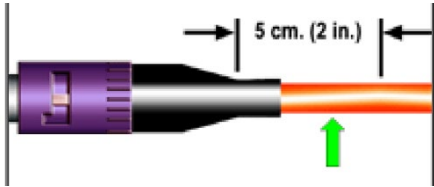
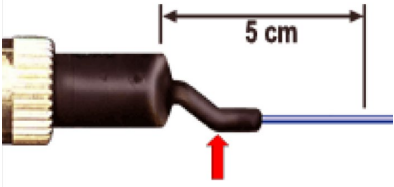
光ファイバコードの状態	急な曲げ(キング)	つぶれ
補足	● 激な曲げにより、光ファイバが折れている。 (断線又は挿入損失の増加)	● 外部圧力により、光ファイバがつぶれている。 (断線又は挿入損失の増加)
状況		
光ファイバコードの状態	突っ張り	
補足	● 光ファイバの敷設 ふせつ により、光ファイバが突っ張っている。 (断線)	
状況		

(3)光ファイバのねじれ

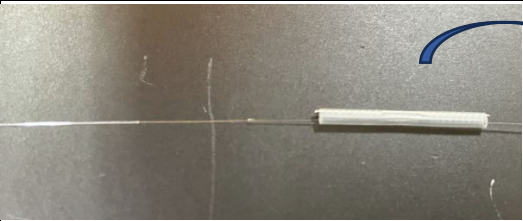
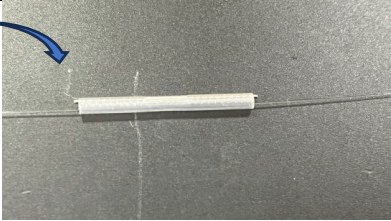
悪い状態

光ファイバコードの状態	ねじれ(1本)	ねじれ(複数)
補足	光ファイバがねじれている。(断線又は挿入損失の増加)	
状況		

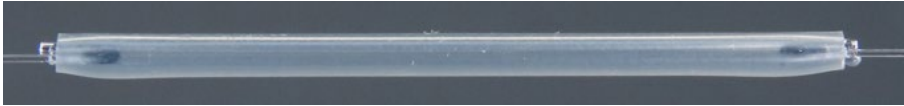
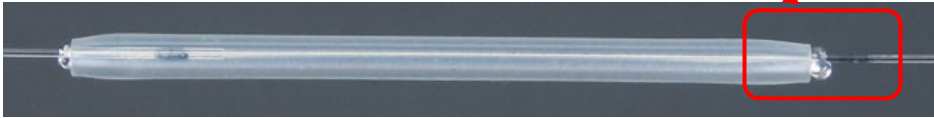
(4)光ファイバコネクタと光ファイバコードの状態

光ファイバコードの状態	光ファイバコネクタのリアエンドから 5cm 以内、又は技術資料に指定される範囲においては、光ファイバコードは光ファイバコネクタ端面に対してストレートの状態であること。	
補足	ストレート状態とは、曲げだけでなく、ねじれがないことも含まれる。コネクタの根元からファイバを曲げると、コネクタ近くでマイクロベンドが発生し、ファイバ損傷につながる。上記はブーツを装着したときの図だが、ブーツを装着していない場合は特に注意が必要である。	
状況	 ストレート状態(良い状態)	 曲がっている状態(悪い状態)

(5) 熱補強スリーブ作業が不適切な例（専用の工具ではないものを使用した NG 事例）

状態	熱補強スリーブ作業（加熱作業）を専用工具で実施しなかった事例	
補足	気泡は入らなかったが、加熱作業に問題があり、接続部の信頼性を担保できない	
状況	 熱補強スリーブの配置	 熱補強スリーブを ファイバ被覆除去中央部に設置
	 良い例：融着機を用いた加熱 （通常プロセス）	 悪い例：両端をホットブラスターで 加熱後 融着機を用い加熱
注：熱補強スリーブ内に気泡は確認されない		

(6) 熱補強スリーブの位置ずれ

状態	熱補強スリーブの位置ずれの事例
補足	被覆の着色有無(原色と紫色)による、位置ずれ状態とその視認性を示す。
状況	<被覆の着色無し> 良い状態 
	悪い状態 融着接続点が熱補強スリーブ内で大きく左にずれ、 右側の被覆が熱補強スリーブに入っていない。 
	<被覆の着色あり(紫色)> 良い状態 
	悪い状態 融着接続点がスリーブ内で左側にずれ、 被覆の把持長が短くなっている。 

(7) 熱補強スリーブが未収縮

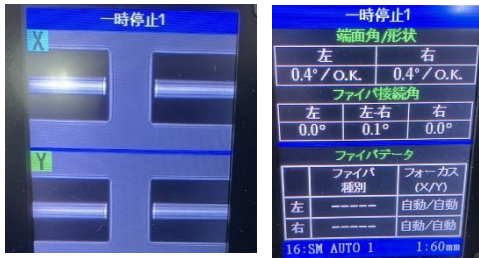
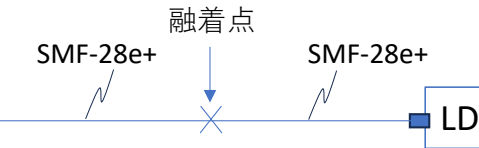
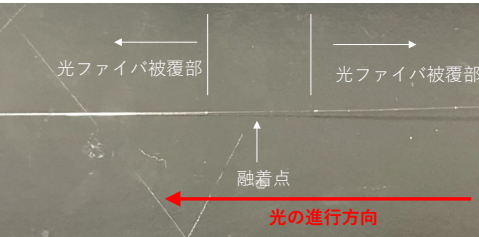
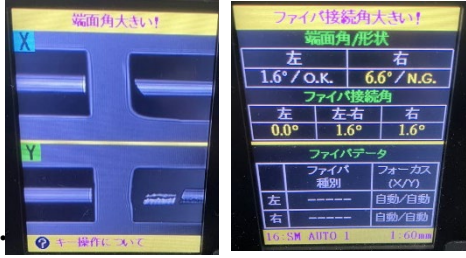
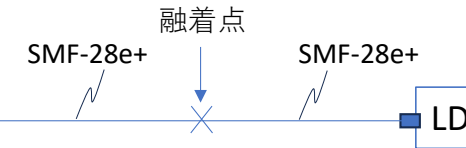
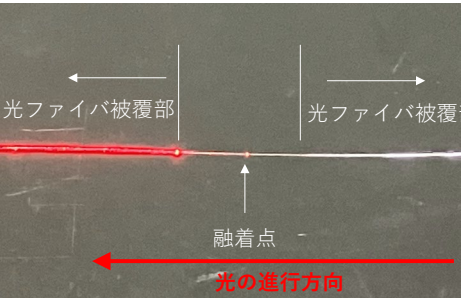
状態	熱補強スリーブの端末未収縮の事例
補足	—
状況	良い状態
	悪い状態 加熱不足で熱補強スリーブの端末が未収縮

(8) 熱補強スリーブ内の気泡

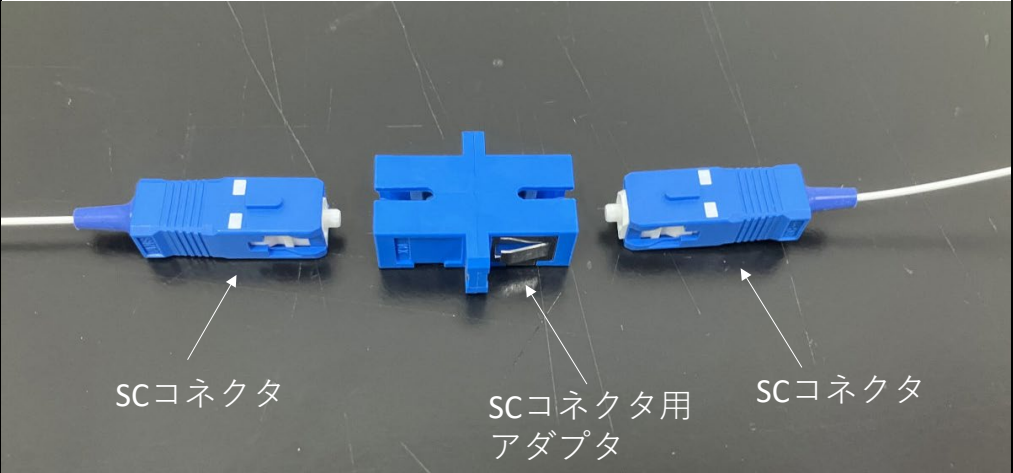
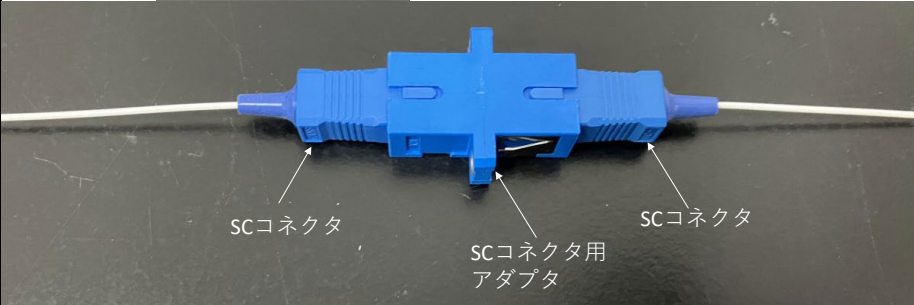
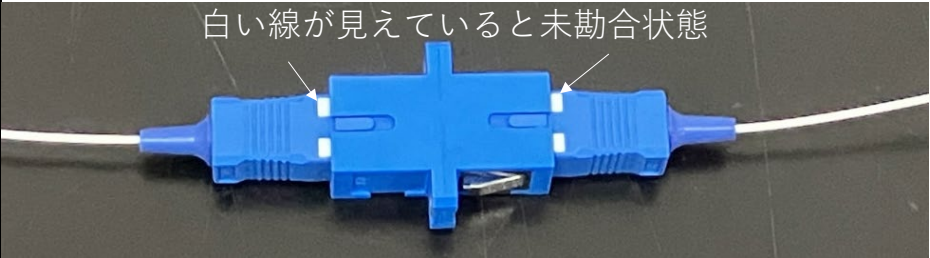
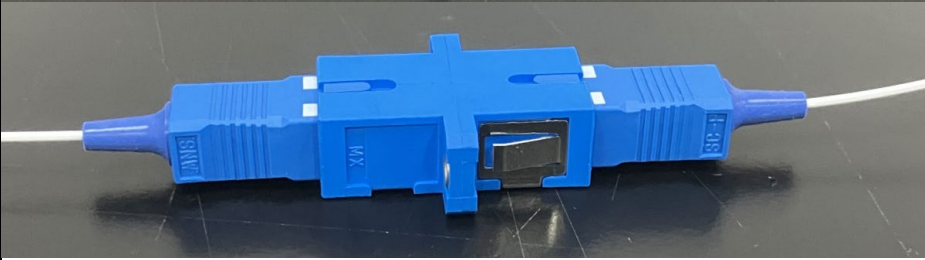
状態	熱補強スリーブ内に気泡がある事例
補足	—
状況	良い状態
	悪い状態
	上から撮った写真
	横から撮った写真

気泡

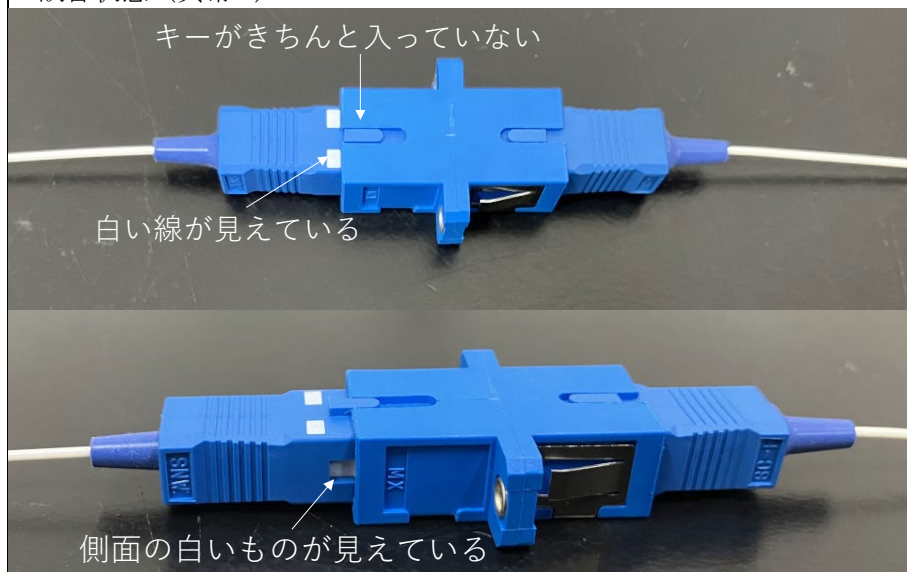
(9) 融着後のコアの気泡確認

状態	レーザポインタ(赤)をコアに照射させ、融着部が光るとコアに気泡があることが確認できる。	
補足	融着がNGの場合、融着点及び被覆部で顕著に異常が検知できる。	
状況	良い例 ・融着条件  SMF-28e+ ・導光検査  LD (at 635nm) ・導光検査結果  融着部の輝点無し	悪い例 ・融着条件  SMF-28e+ ・導光検査  LD (at 635nm) ・導光検査結果  融着部の輝点あり、 クラッドモード光による被覆部光有

(10)SC コネクタの半差し状態

状態	SC コネクタの半差し
補足	差し込みが十分な状態と不十分な状態を示す。
状況	・ 勘合前 セットアップ状態  ・ 嵌合状態（正常）   ・ 嵌合状態（異常 1）  

・ 嵌合状態（異常 2）



・ 嵌合状態（異常 3）

