



オーバー100Gを支える 光インターコネクションの動向 と保全最新技術

NTTアドバンステクノロジー株式会社

未来を拓くチカラと技術。





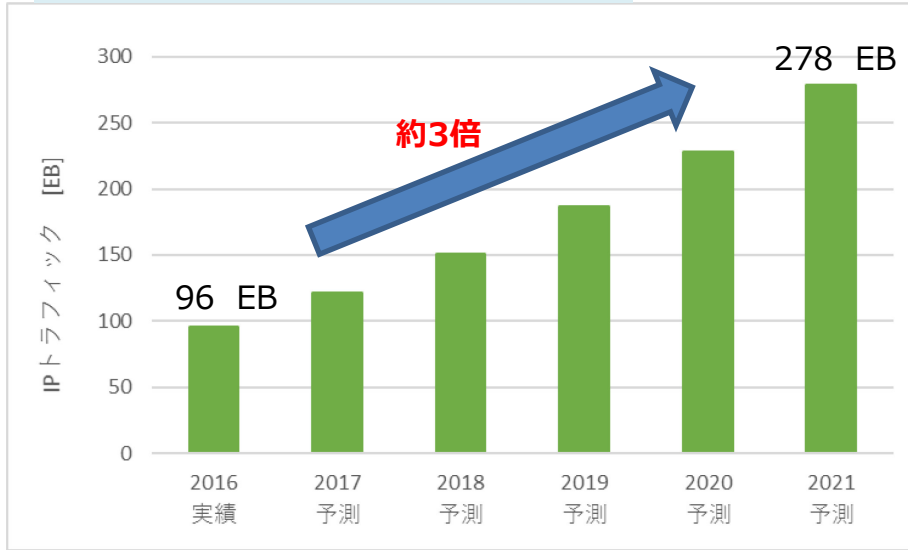
アウトライン

1. 光インタコネクション技術動向
2. 光コネクタについて
3. 端面汚れの問題
4. 光コネクタの清掃と観察
5. 光コネクタ再生技術



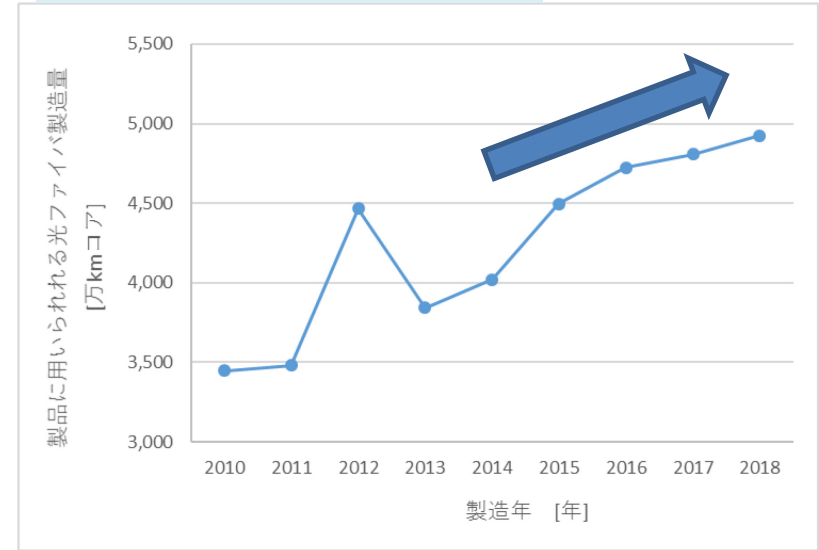
光インタコネクションの動向

全世界のIPトラフィックの予測



Cisco
 "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology,
 2016-2021" Sep 15 2017 を基に作成

国内の光ファイバ製造量



経済産業省
 光ファイバに関する生産動態統計 を基に作成



より早く、より高密度に！



ファイバの最新技術

-1-

1本の光ファイバあたりの通信容量を大きくするには……

これまでの技術

波長多重 (CWDM, DWDM)

これからの技術

波長多重 …… **SWDM**

空間多重 …… **フューモードファイバ/マルチコアファイバ**

| 種類 | カテゴリ | 備考 |
|----|------------|----------------------------------|
| SM | OS1 | |
| | OS2 | |
| MM | OM3 | 今の主流 |
| | OM4 | 帯域増⇒伝送距離増 |
| | OM5 | 850nmより長波長で伝送損失小⇒更なる伝送距離増 |



ファイバの最新技術 -2-

空間多重技術

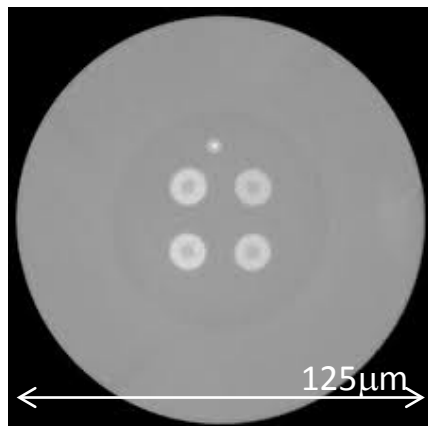
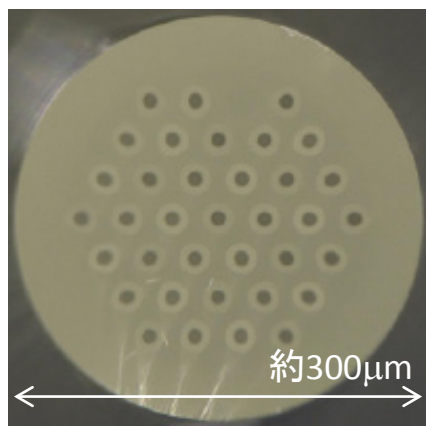
- 複数のモードを一つのコアで伝送する技術

⇒ **FMF (Few mode fiber、フューモードファイバ)**

- 一つのクラッドに複数のコアを配置する技術

⇒ **MCF (Multi core fiber、マルチコアファイバ)**

2017年9月22日
株式会社 KDDI 総合研究所
住友電気工業株式会社



世界記録を大幅に更新！光ファイバー1芯で毎秒10ペタビットの伝送実験に成功
～伝送速度も「京」の時代に！ポスト5G時代のモバイル通信を支える技術に寄与～

株式会社 KDDI 総合研究所(本社: 埼玉県ふじみ野市、代表取締役所長: 中島康之、以下「KDDI 総合研究所」、住友電気工業株式会社(本社: 大阪市中央区、社長: 井上治、以下「住友電気」)は、光ファイバー1芯で伝送することができる伝送容量の世界記録(毎秒2.15ペタビット)を大幅に更新し、世界最大となる毎秒10.16ペタビット⁽¹⁾の光ファイバー伝送実験に成功しました。これは114の空間多重を可能とするマルチコアマルチモード光ファイバー⁽²⁾技

株式会社KDDI総合研究所および住友電気工業株式会社のプレスリリースより
<https://www.sei.co.jp/company/press/2017/prs097.pdf>

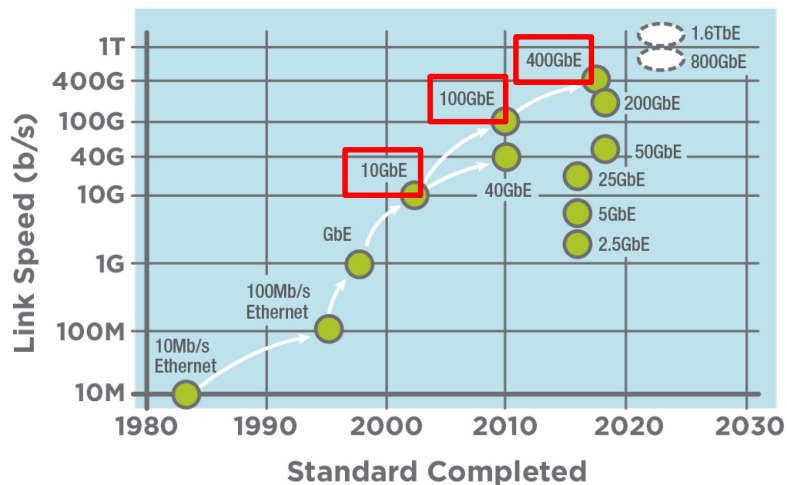
波長多重：739波長
空間多重：モード数6 x コア数19
⇒10.16ペタビット (11.3km)

左：独立行政法人 情報通信研究機構等のプレスリリースより
<https://www.nict.go.jp/press/2015/03/26-1.html>
右：住友電気工業株式会社 SEIテクニカルレビューより
<https://www.sei.co.jp/technology/tr/bn191/pdf/191-04.pdf>



オーバ-100Gのインタコネクション

ETHERNET SPEEDS

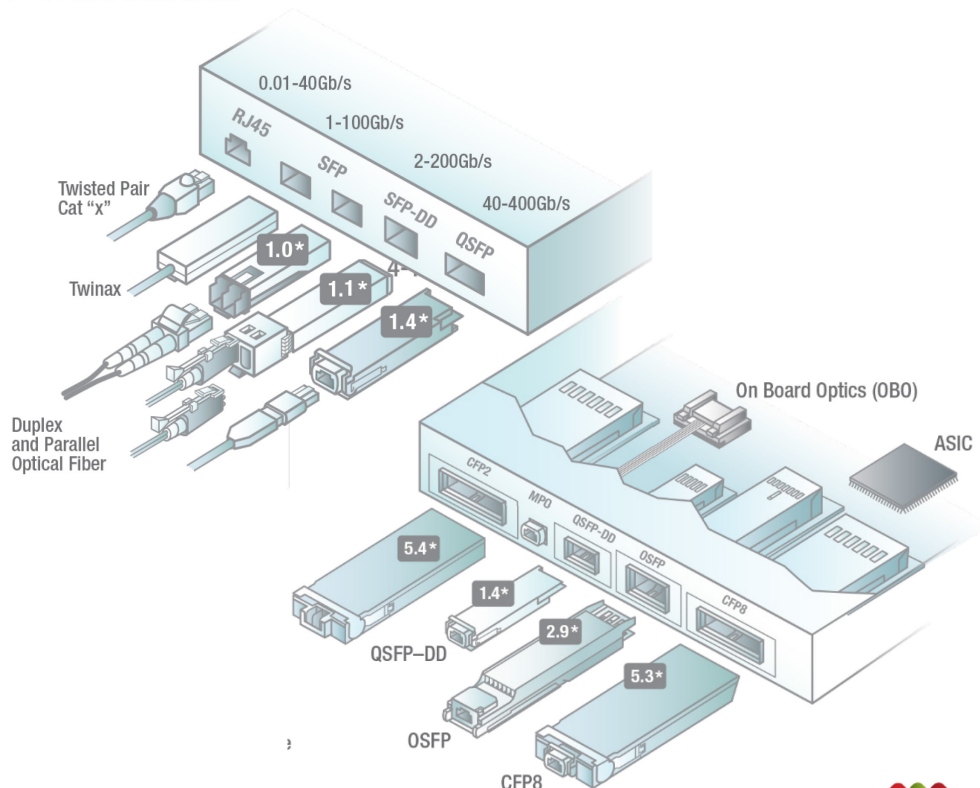


● Ethernet Speed ○ Possible Future Speed



FORM FACTORS

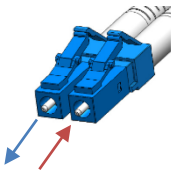
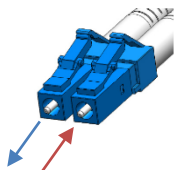
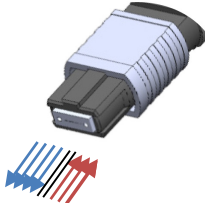
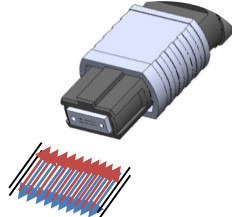
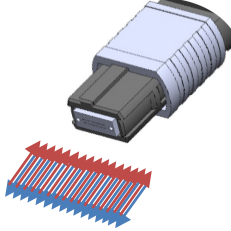
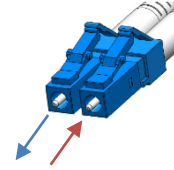
1-4 Lane Interfaces



<https://ethernetalliance.org/the-2018-ethernet-roadmap/>

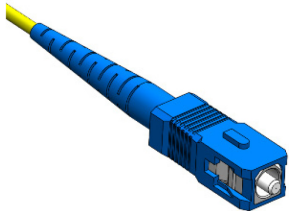
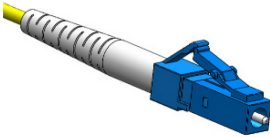
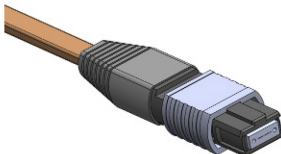
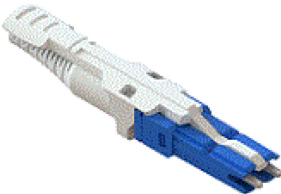


Ethernet規格とインタフェース

| | 10GBASE -SR | 10GBASE -LR | 40GBASE -SR4 | 100GBASE -SR10 | 400GBASE -SR16 | 400GBASE -LR8 |
|---------|--|--|---|--|--|--|
| 転送速度 | 10 Gbps | | 40 Gbps | 100 Gbps | 400 Gbps | |
| IEEE規格 | 802.3ae | | 802.3ba | 802.3ba | 802.3bs | |
| トランシーバ | SFP+ | SFP+ | QSFP+ | CFP2 | QSFP-DD CFP8 | |
| ファイバ | OM3/4 | OS1/OS2 | OM3/4 | OM3/4 | OM3/4 | OS1/OS2 |
| 伝送距離 | 300/400 m | 3,000 m | 100/150 m | 100/150 m | 70/100 m | 1,000 m |
| インタフェース | LC 2心 | LC 1心 | MPO 12心 (8心使用) | MPO 24心 (20心使用) | MPO 32心 (32心使用) | LC/ CS |
| |  |  |  |  |  |  |



光コネクタの種類

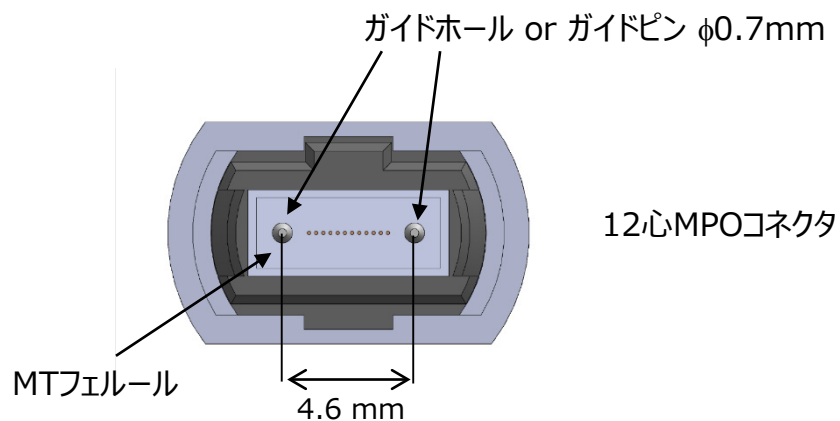
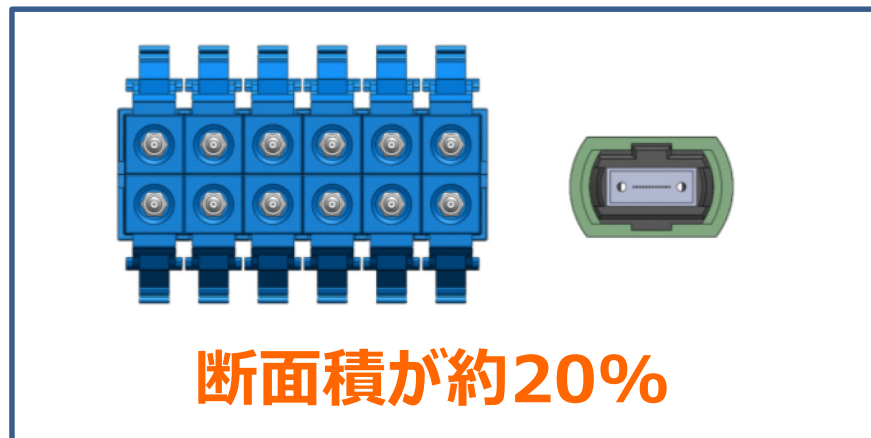
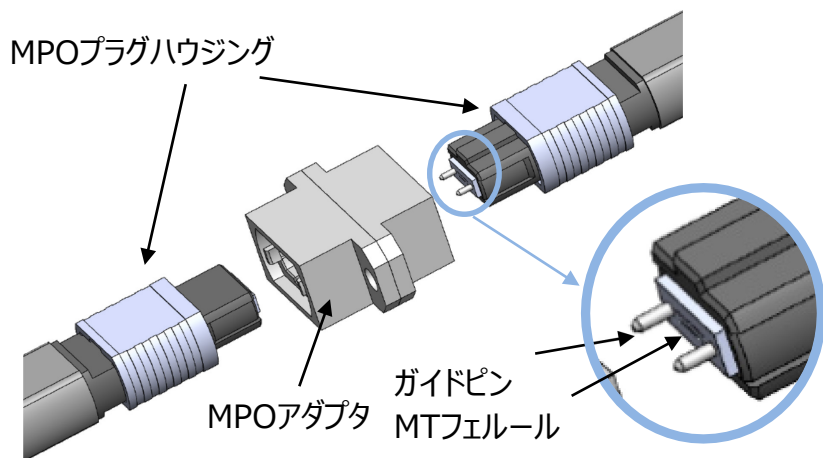
| | SCコネクタ | LCコネクタ | MPOコネクタ MTP™コネクタ | CS™コネクタ |
|---------|---|--|---|---|
| 外観 |  |  |  |  |
| フェルール形状 | 円筒形 | 円筒形 | 四角形 | 円筒形 |
| フェルール径 | 2.5 mm | 1.25 mm | 6.5x2.4 mm | 1.25 mm |
| かん合 | プッシュプル | ラッチ | プッシュプル | プッシュプル |
| 備考 | テレコム 世界標準 2心ピッチ = 12.7mm | データコム 世界標準 2心ピッチ = 6.25mm | データコム 近年普及 | データコム New! 2心ピッチ = 3.8mm |

CSコネクタ出典：<http://www.senko.com/cs-connector/>
 “MTP”はUSConec Ltd.の商標です
 “CS”はSENKO ADVANCED COMPONENTS, INC.の商標です

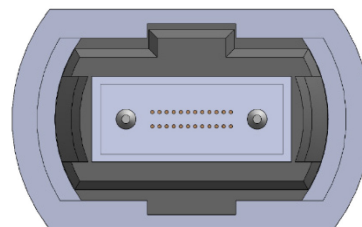


MPOコネクタについて

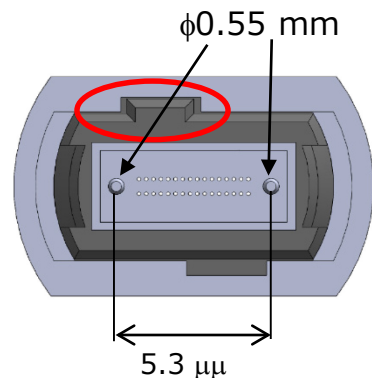
■ MPO(Multi-fiber Push-on)コネクタとは



12心MPOコネクタ



24心MPOコネクタ



32心MPOコネクタ

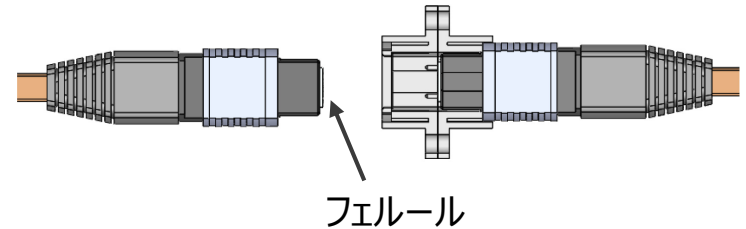
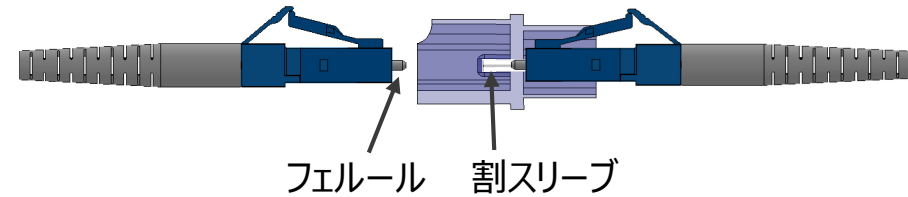
MPOコネクタの端面と寸法



フィジカルコンタクト

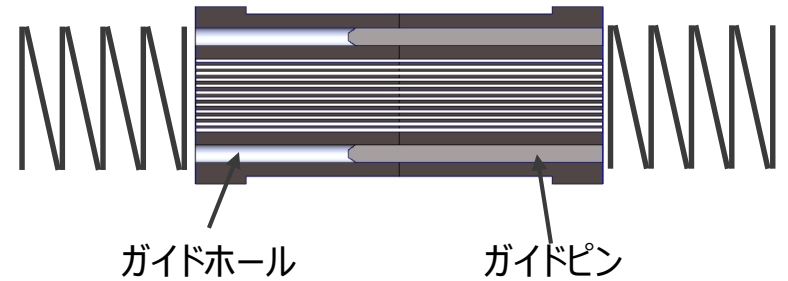
LCコネクタ

MPOコネクタ



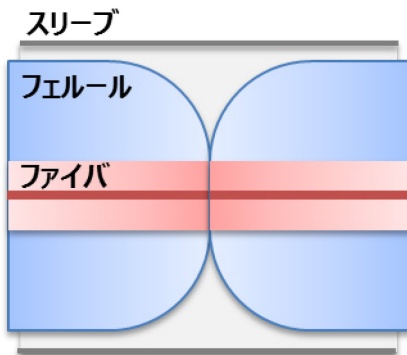
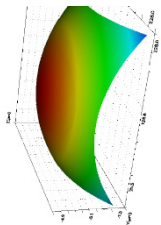
精密フェルールを割スリーブで軸合わせ

精密穴と精密ピンで軸合わせ

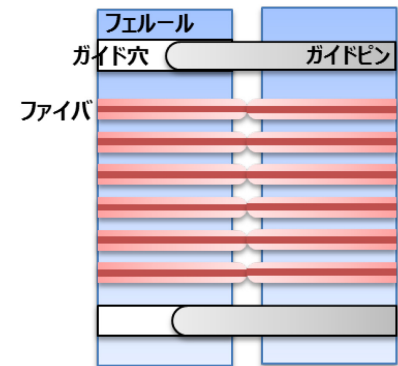
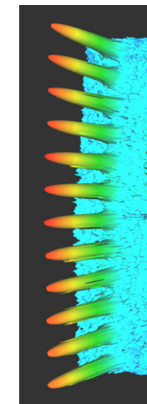


スプリングによるフィジカルコンタクト(PC)・・・弾性変形による密着

ファイバ高さ
-0.05~0.1 μm



ファイバ高さ
1~3.5 μm

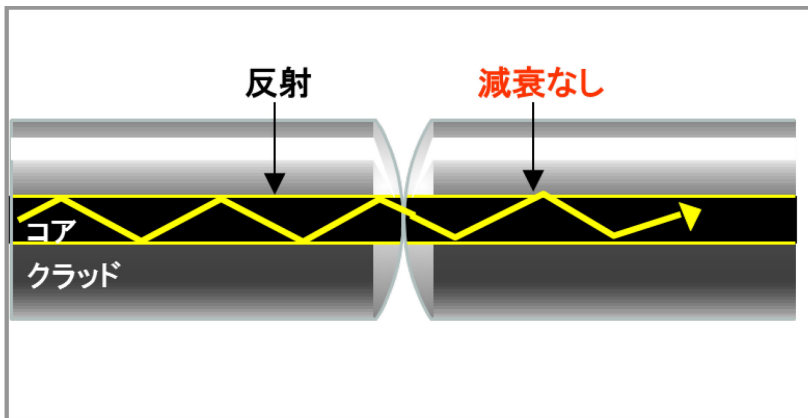




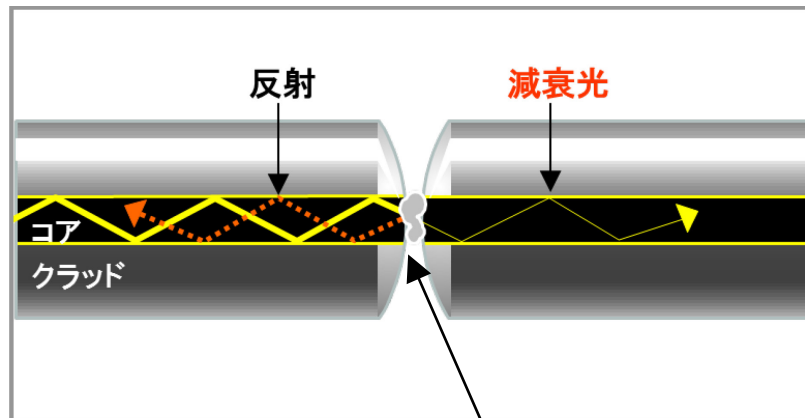
光ネットワークの不具合原因

光ネットワーク不具合の原因に**光コネクタ汚れ**は大きな割合を占めます。
汚れにより反射と損失の増加を引き起こします。

正常な通信イメージ



汚れがある場合の通信イメージ



「挿入損失」・・・接続箇所**失われた光の強さ(量)**

⇒**大きいほど伝わる信号が小さい(弱い)**

代表的な規格値：0.5dB以下（約10%のロス）

「反射減衰量」・・・接続箇所**反射した光の強さ(量)**

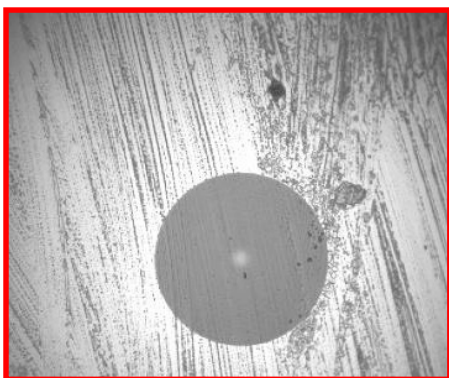
⇒**小さいほど反射した光が大きい(強い)**

代表的な規格値：40dB以上（1万分の1が反射）

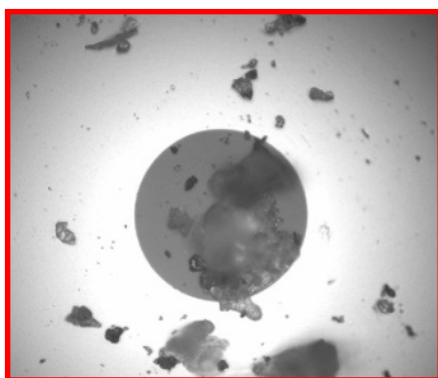




光コネクタ端面汚れの種類



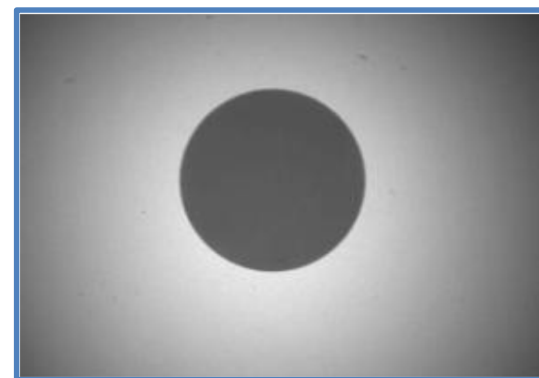
×手脂



×ほこり



×アルコールシミ



○綺麗な端面

■ 光コネクタの宿命

- ・ 光ファイバが露出 ⇒ **汚れが付着しやすい**
- ・ 肉眼では汚れが見えない ⇒ **見過ごしがち**

■ 汚れの種類

- ・ 手脂：作業時における指の接触。
- ・ ほこり：キャップ無しでの放置。ラック、衣服 etc との接触。



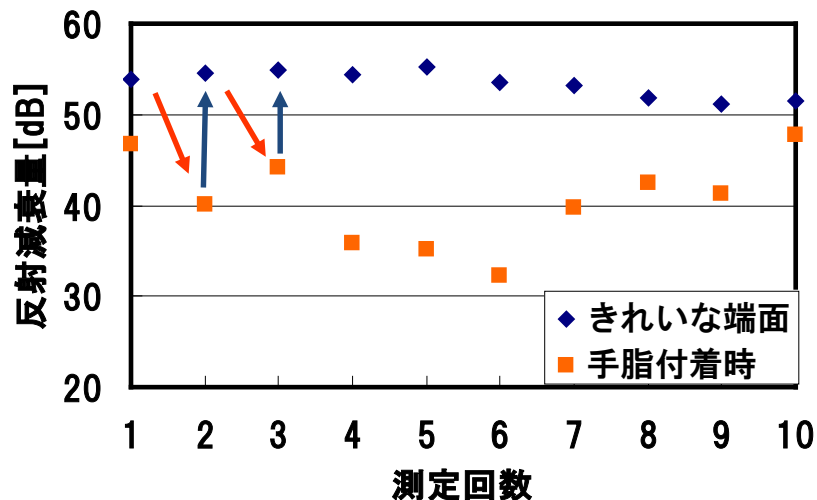
■ 光通信への影響

- ・ 損失増加 → 受信パワーの減少、開通不可
- ・ 反射増加 → ハイパワーシステムでの自動停止

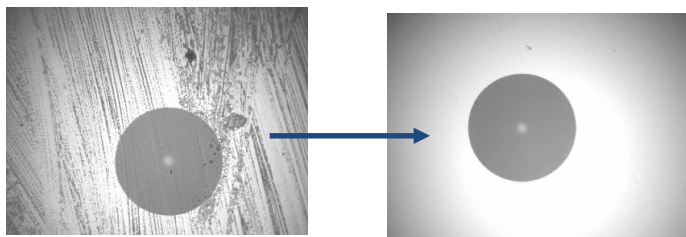
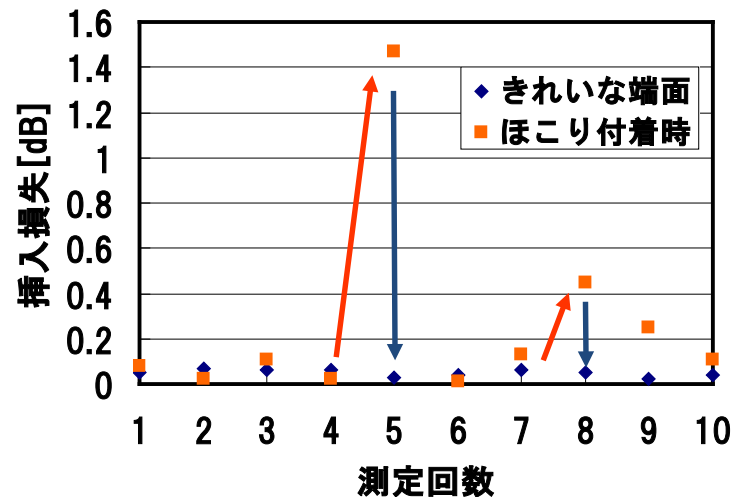


汚れによる光学特性の変化

手脂による反射減衰量の変化

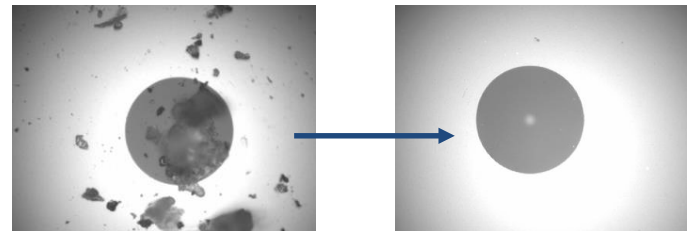


ほこりによる挿入損失の変化



手脂付着時

きれいな端面



ほこり付着時

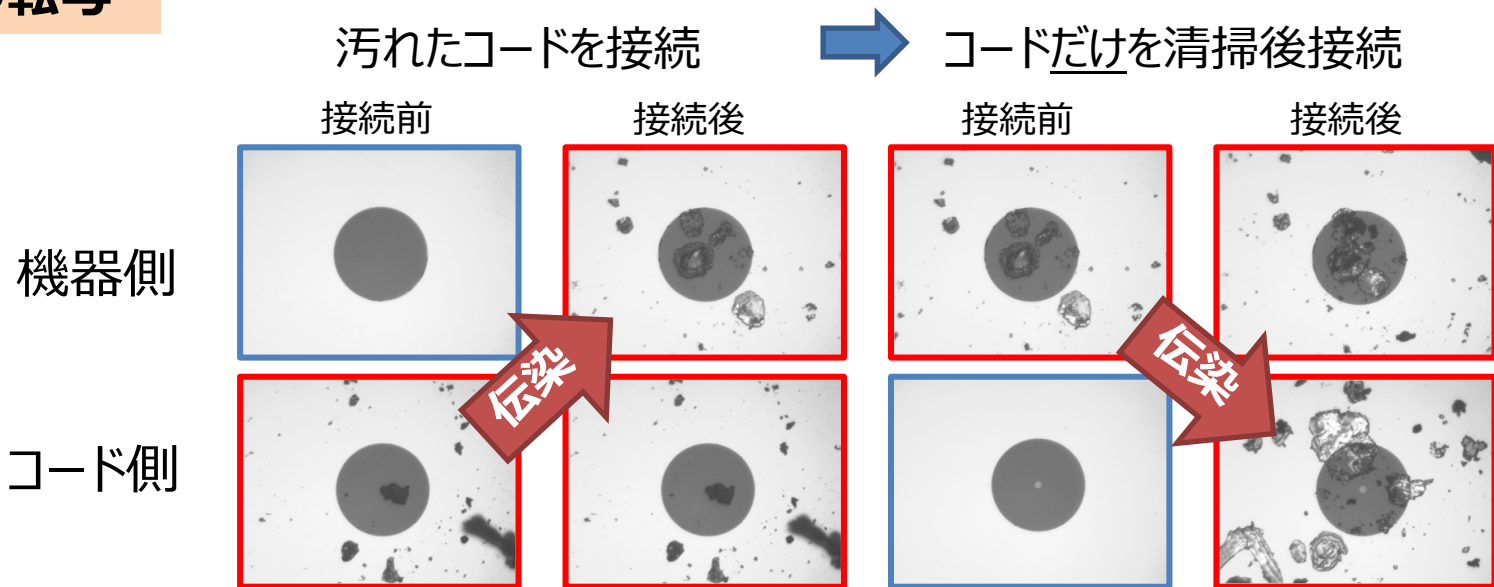
きれいな端面



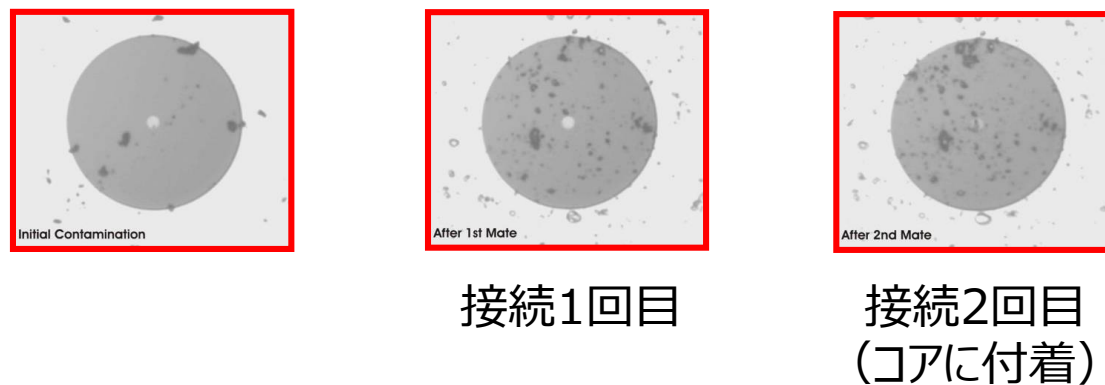
汚れのやっかいな現象

-1-

汚れの転写



汚れの拡散



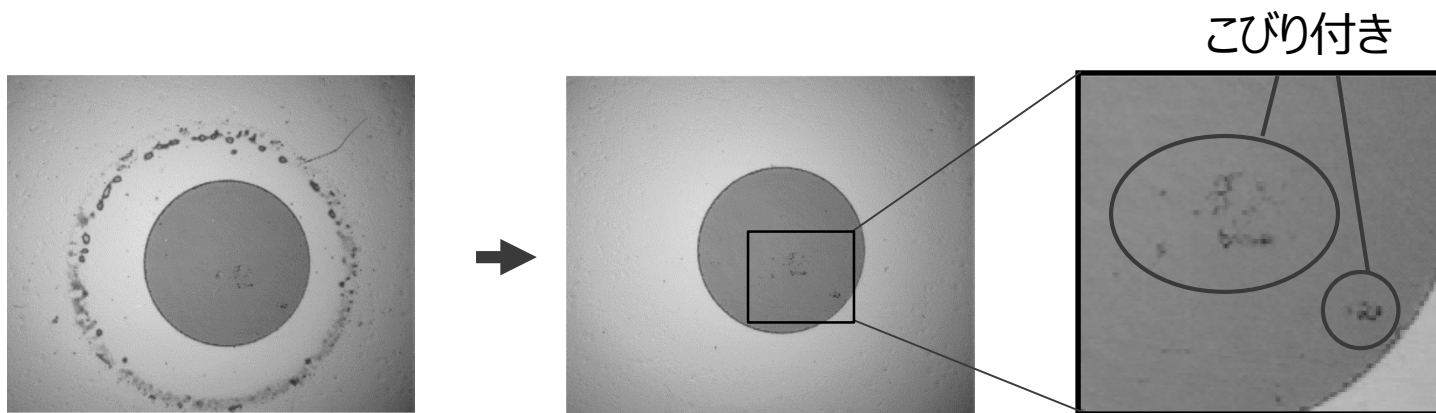


汚れのやっかいな現象

-2-

汚れのこびり付き

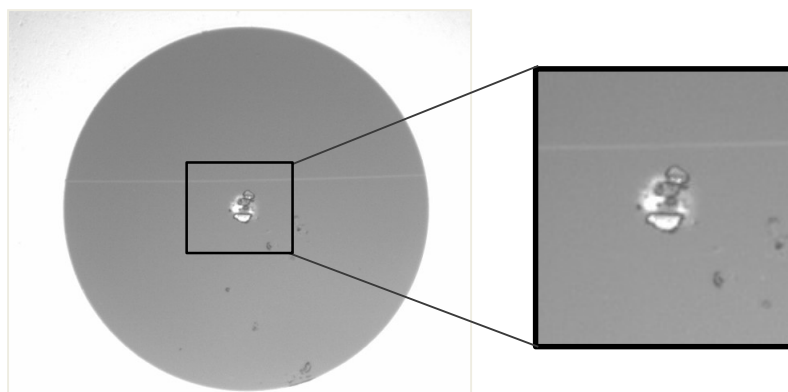
PC (直径0.2mmの端面に1kg) で**汚れが固着**



清掃しても落ちない汚れ？

焼き付き

ハイパワー光で汚れが燃焼、ガラスが**溶融**

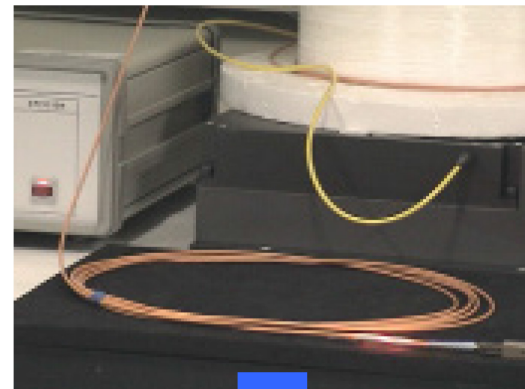
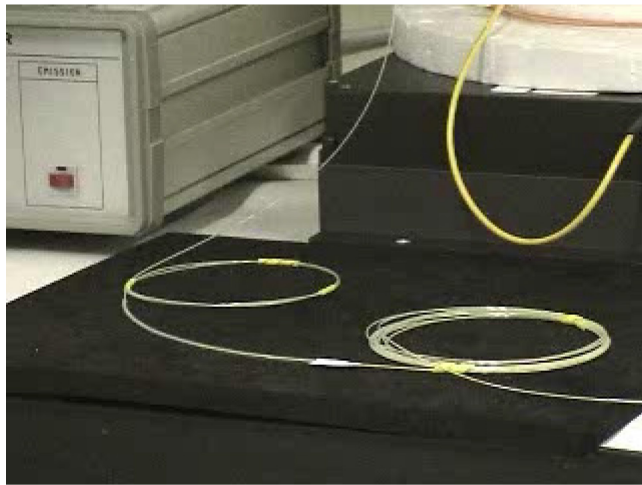




ファイバビュース

光コネクタ端面等を基点として、青白い閃光が発生し、光源に向かって進む現象

光ファイバ損傷、光通信部品/機器損傷、漏れ光による人体への影響、火災





コネクタ端面汚れの清掃方法

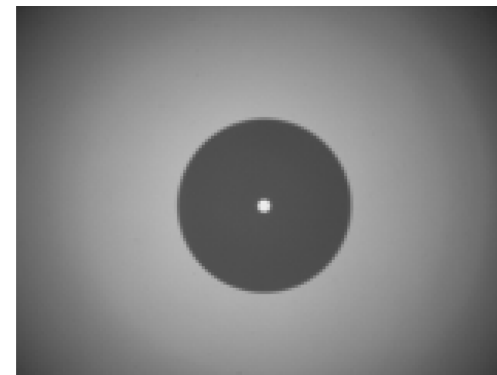
◆不織布とアルコール

- ・作業者のスキルに依存
- ・清掃能力は高いが可燃性で取扱い注意
- ・蒸発シミ発生の可能性



◆光コネクタクリーナ(乾式)

- ・作業性がよく、簡単に清掃可能
- ・高い清掃性能
- ・現場でも安全
- ・小型軽量で携帯に便利

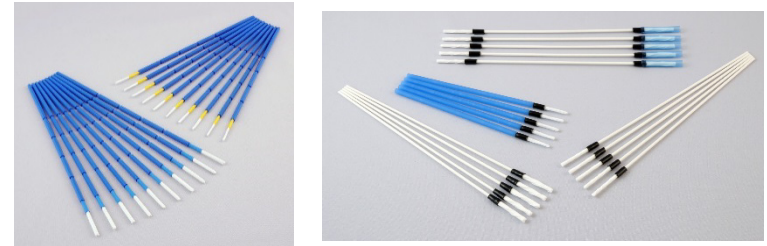


光コネクタクレーナの種類

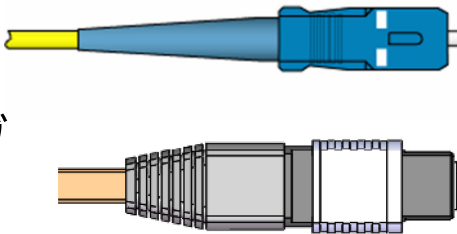
リールタイプ



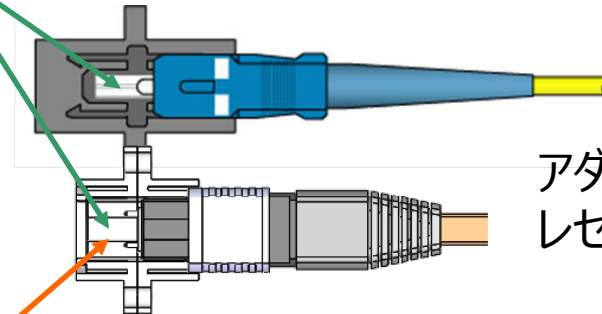
スティックタイプ



プラグ



アダプタ
レセプタクル

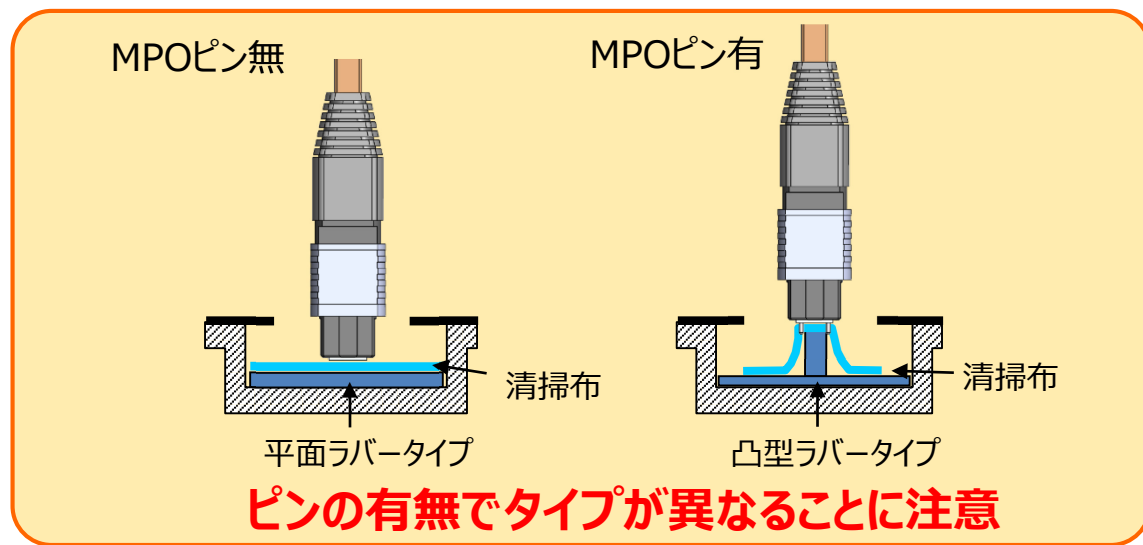
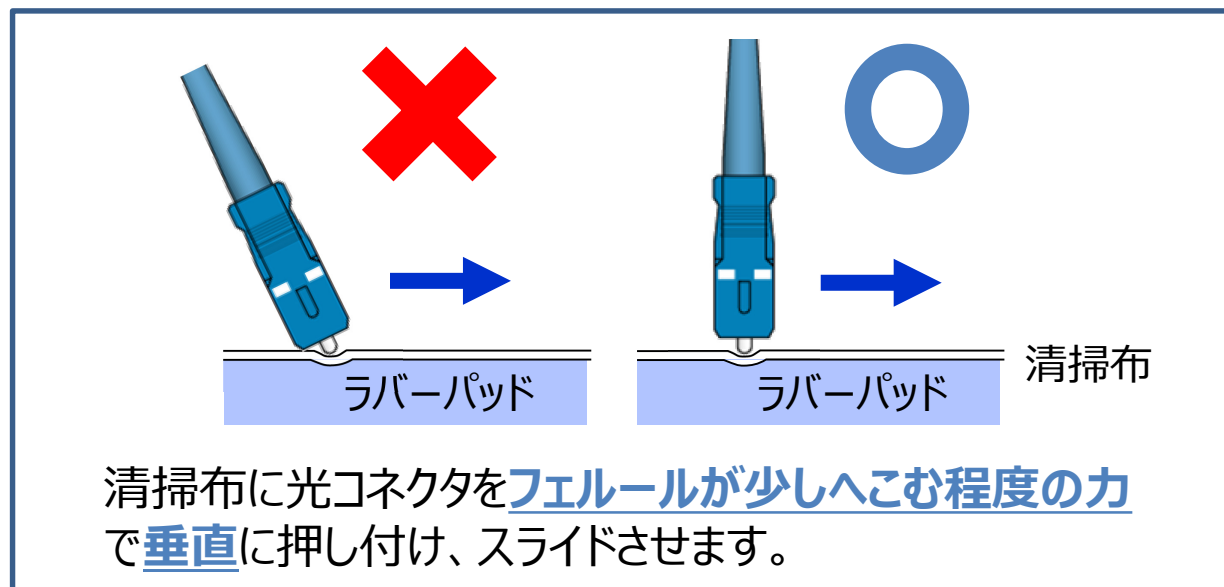


ペンタイプ



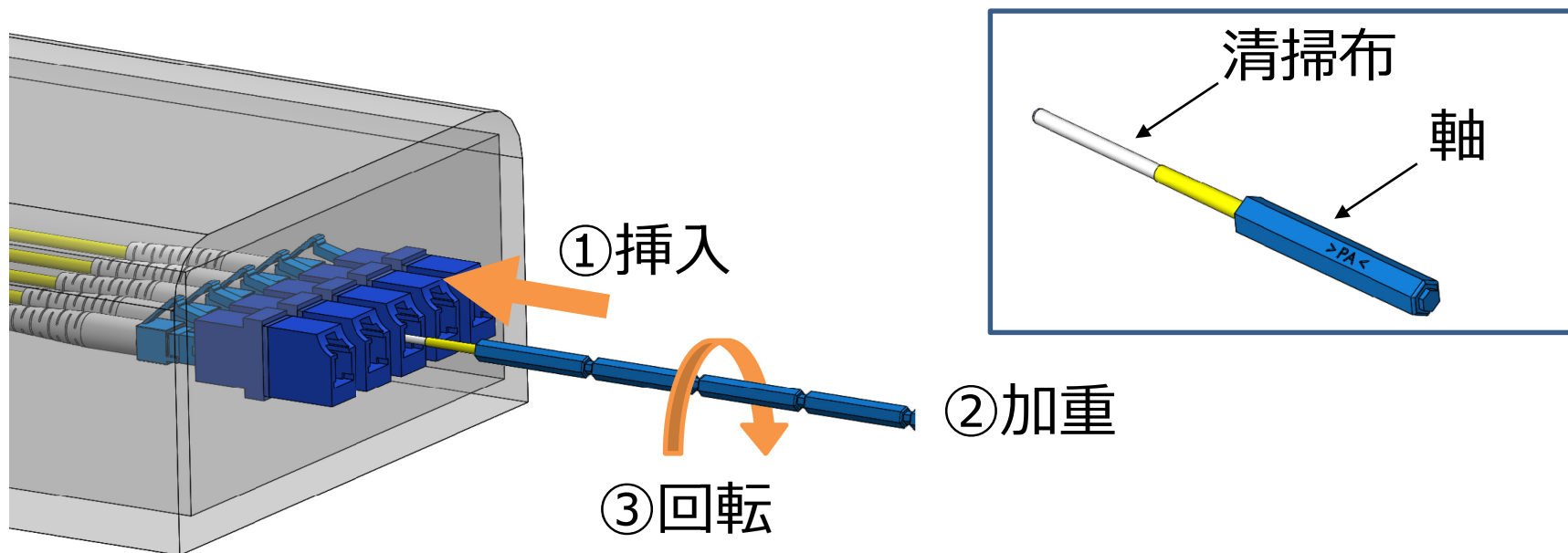


リールタイプの使用方法





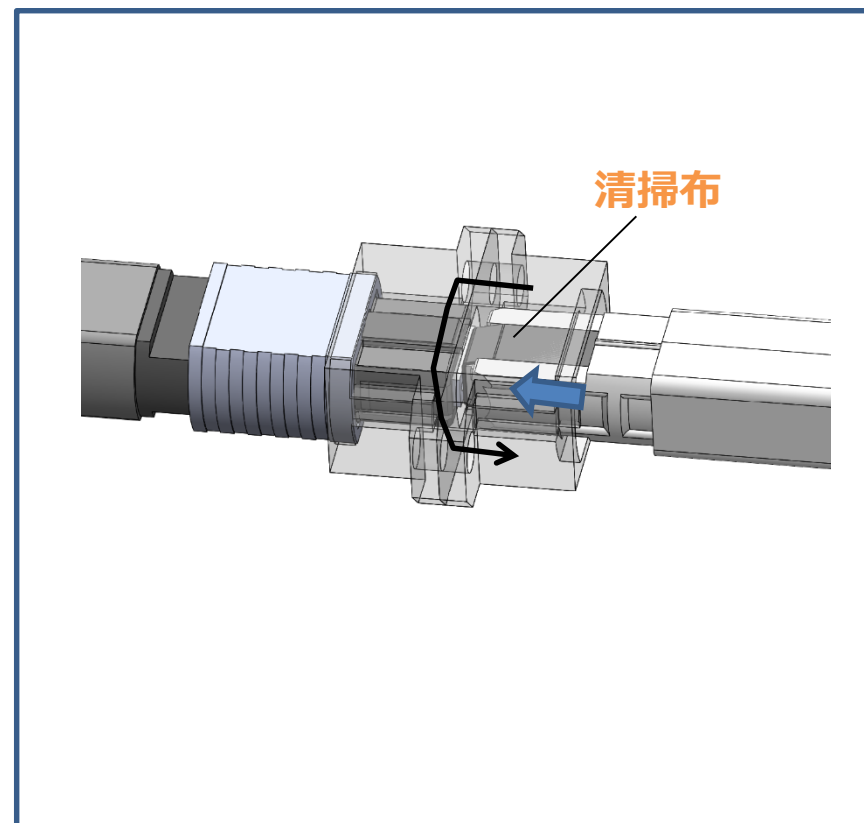
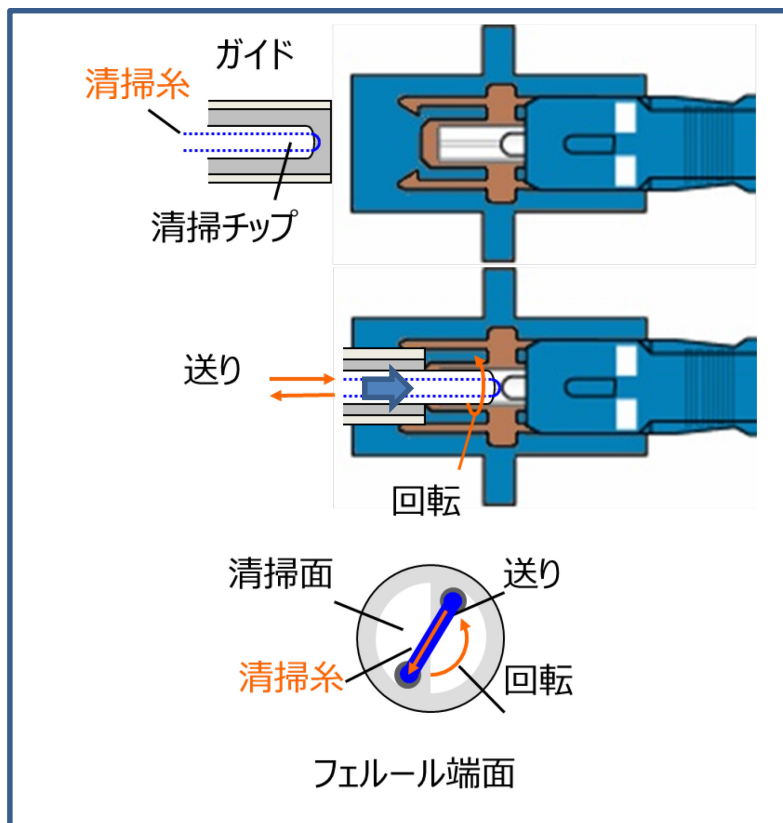
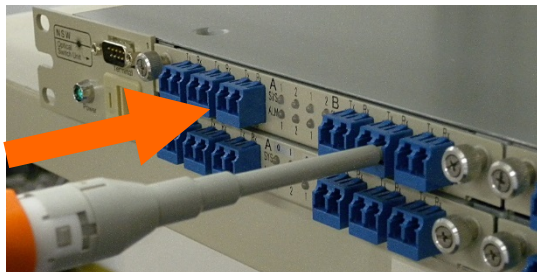
スティックタイプの使用手法



- ① 挿入：真直ぐ挿入
- ② 加重：フェルールが押し下がる程度の力(数百gf)で押込
- ③ 回転：同じ方向に4～5回転



ペンタイプの使用方法

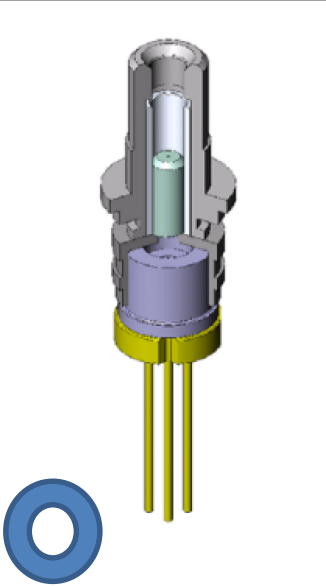
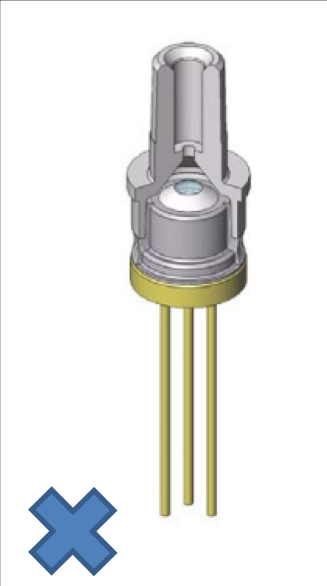
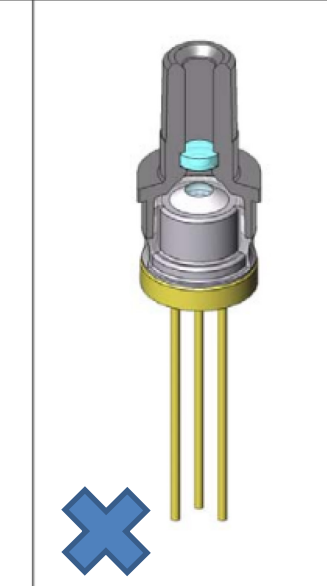




トランシーバの清掃について

SFP等単心コネクタ接続用トランシーバの内部構造

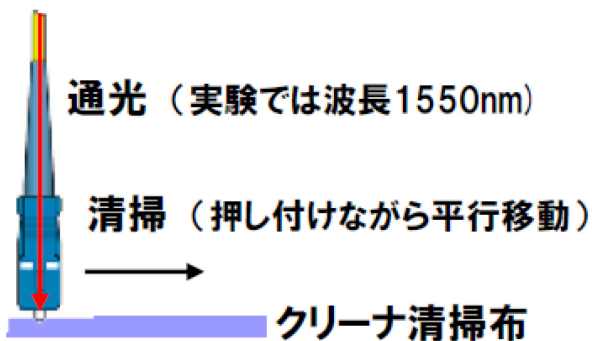
表 B.1 レセプタクル形光トランシーバの光コネクタプラグとの接続構造

| スタブタイプ | レンズタイプ | プレート接触タイプ |
|--|---|--|
| スタブ（フェルルール）と光コネクタプラグが接続する | レンズによる収束ビーム系により光学的に接続する | 光学的接続はレンズタイプと同様であるが、光コネクタプラグのフェルルールはプレートと接触する |
|  |  |  |

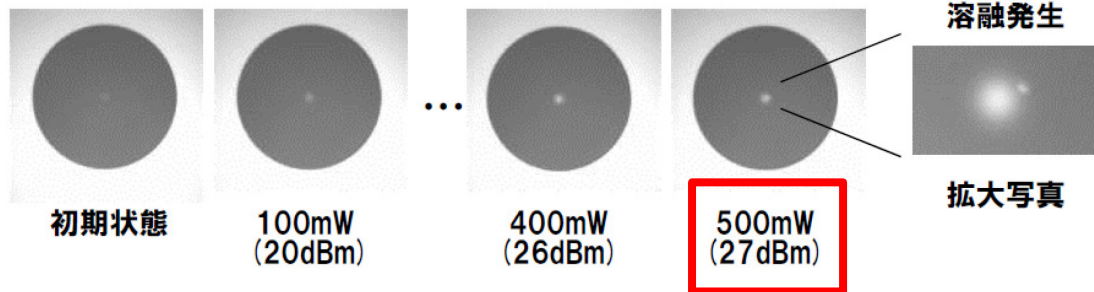
一般社団法人光産業技術振興協会 技術資料
 レセプタクル形光トランシーバの光コネクタ端面清掃に関するガイドライン
<http://www.oitda.or.jp/main/st/TP12-1.pdf>



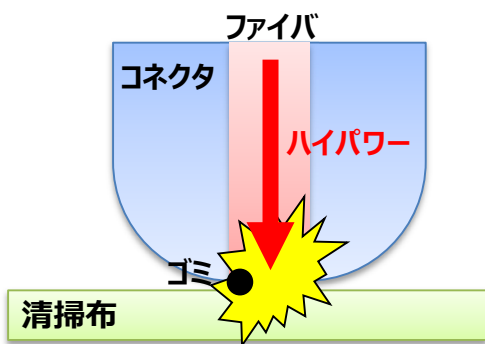
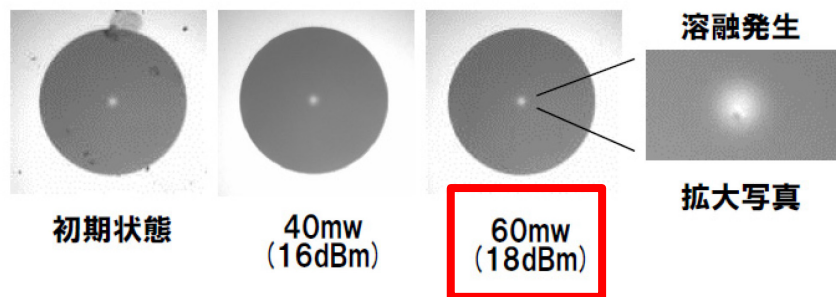
通光の有無によるファイバの溶融



■ 汚れていない光コネクタの場合



■ 汚れている光コネクタの場合

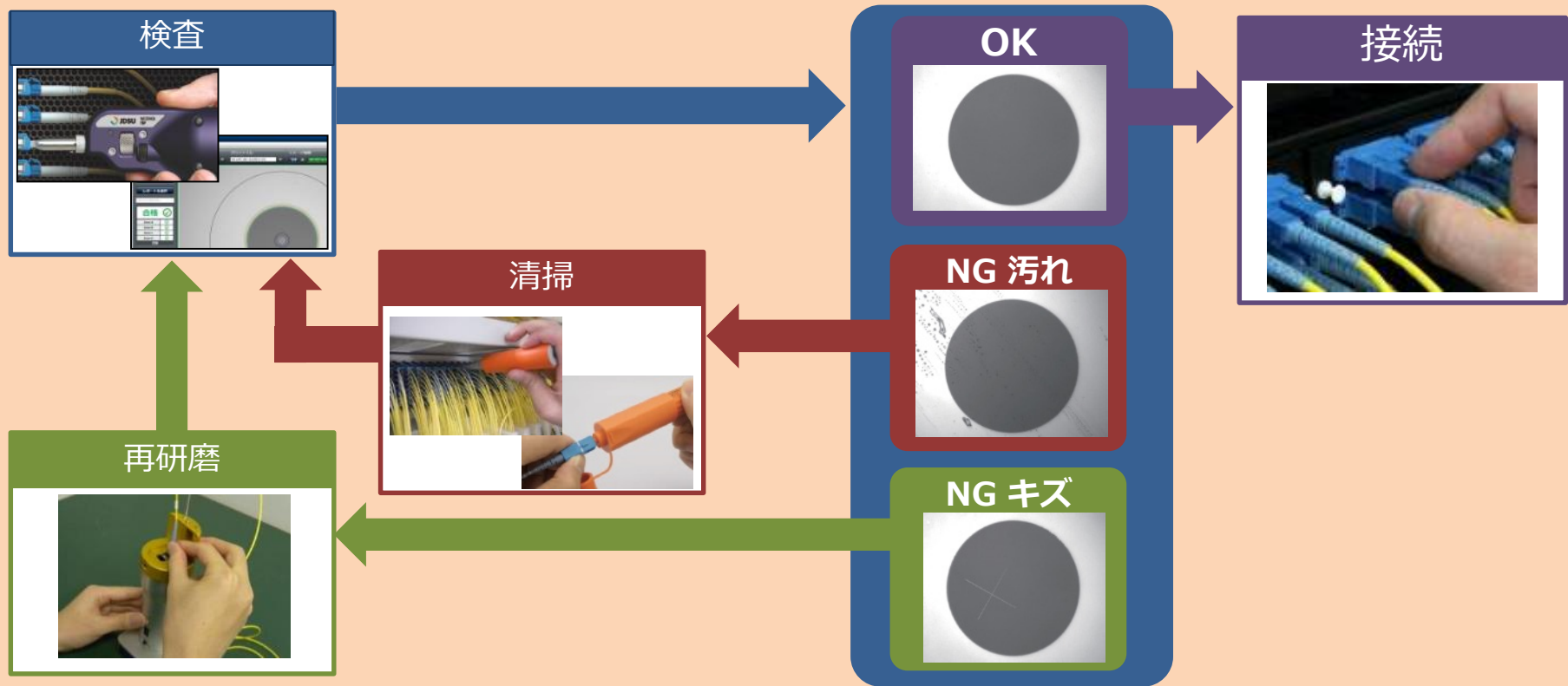


通光時に清掃すると400mW程度で溶融
もし、汚れがある場合は、さらに低パワーで溶融
⇒**光コネクタ清掃時は必ず通信光を停止!**



光コネクタの接続・施工・保守

- 接続前に端面を観察することにより、端面汚れによる障害を未然に防止
- 端面の傷や汚れを視認することで損失(反射)発生原因を特定





光コネクタ端面観察機

検査機能付き

観察のみ

モニタ 一体型



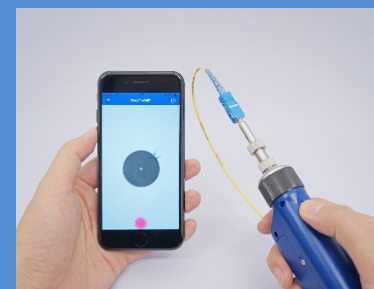
モニタ 分離型



クリーナ 一体型



WiFi



オートフォーカス
WiFi



多心一括



- ✓ プラグとアダプタの両方を効率的に観察
- ✓ 端面の汚れや傷の状態を自動判定
- ✓ パワーメーター機能を装備
- ✓ ワイヤレスで手元のタブレット等で観察
- ✓ クリーナと端面観察機が一体化

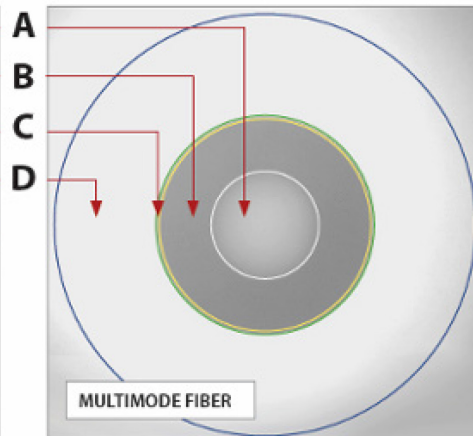
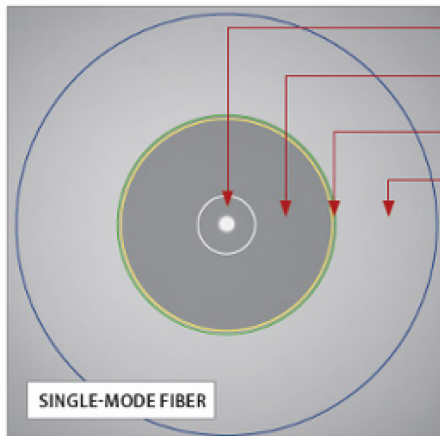
・
・
・



端面状態の合否判定

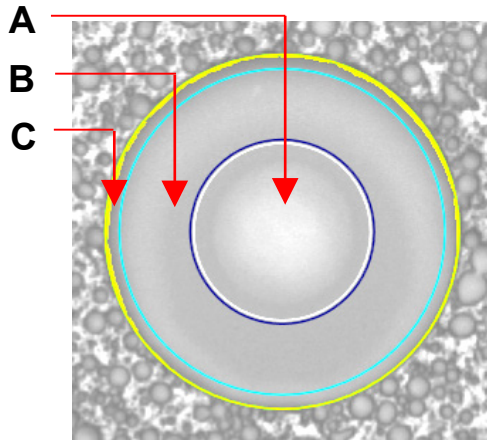
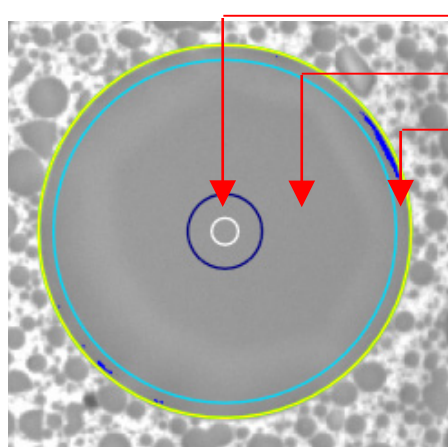
IEC 61300-3-35 Ed.2.0による判定がデファクト

SM



- A コアゾーン
- B クラッドゾーン
- C 接着/エポキシゾーン
- D フィジカル接続ゾーン

MM

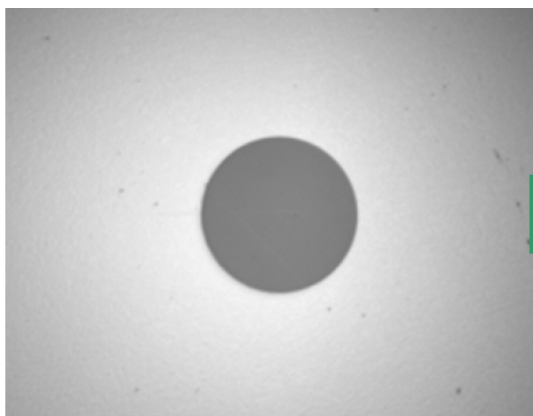


- A コアゾーン
- B クラッドゾーン
- C 接着/エポキシゾーン

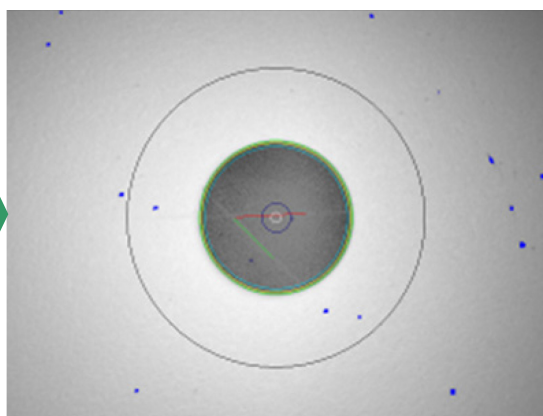


自動判定機能

- ◇ 端面の写真を保存
- ◇ 線傷、コンタミ、欠けなどを判別し表示
- ◇ IEC 61300-3-35 の基準に沿って自動で合否判定
- ◇ レポートを自動作成・保存



検査前



検査後

VISUAL INSPECTION SUMMARY REPORT

December 20, 2006, 11:20:55 AM FiberChek2™
© 2006 FiberChek Scientific Corporation
www.fiberchek.com

Inspection Result / Fiber Name:

| | |
|----------------|-----------------|
| File Name: | Fiber0000 |
| Serial Number: | |
| Lot Number: | |
| ID: | |
| Profile: | S&L Post Polish |

***** FAIL *****

Inspection Summary:

| Zone Name | Diameter (µm) | | | Defects | | Scratches | |
|-----------|---------------|-------|--------|---------|-------------------------|-----------|-------|
| | Inner | Outer | Result | Count | Area (µm ²) | Result | Count |
| Zone A | 8 | 26 | PASS | 1 | 48.4072 | PASS | 0 |
| Zone B | 25 | 120 | PASS | 13 | 140.902 | PASS | 1 |
| Zone C | 130 | 208 | PASS | 11 | 268.063 | PASS | 0 |

| | | | | | |
|------------|--|-------------|---------|------------|---|
| Epoxy Gap: | | Fiber Type: | Simplex | Core Size: | 9 |
|------------|--|-------------|---------|------------|---|

Low Magnification High Magnification

Show Overlay Show Overlay 2D View

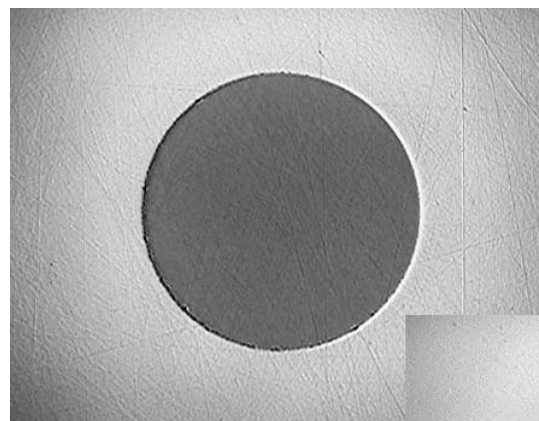
レポート例



光コネクタの研磨グレード

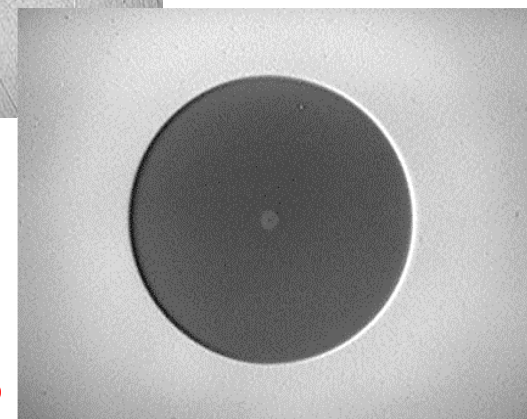
光コネクタ研磨グレード

| 研磨グレード | 反射減衰量 |
|------------|-----------------------------|
| PC研磨 | 25dB以上 (約3,000分の1) |
| SPC/AdPC研磨 | 40dB/45dB以上 (約10,000分の1) |



PC研磨

RL=**34.5dB**



AdPC研磨

RL=**53.1dB**

敷設してしばらく経過しているファイバは**PC研磨の可能性あり**

【事例】接続している機器のアップグレードにより通信が不安定に。

挿入損失（ロス）は問題ないので、原因究明に時間を要した。

【対策】接続損失の確認と併せて、光コネクタの端面状態を観察、確認。



光コネクタの再研磨



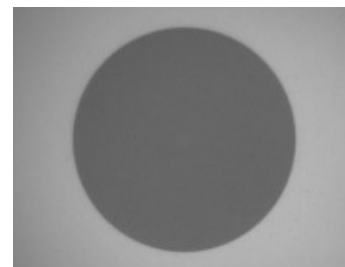
現場用ハンディ研磨機



損傷端面



再研磨



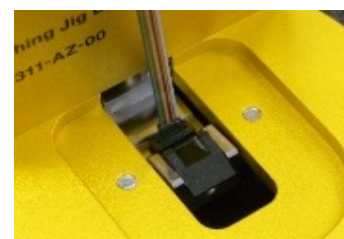
端面再生



LC-Duplex



SCコネクタ



MTフェルール

- PC研磨→SCP/AdPC研磨のアップグレード
- 傷、軽い焼き付けなどを現場での復旧

まとめ

- 伝送技術やファイバ技術の進歩
- MPOコネクタなどの新しいインタフェース
⇒高密度実装が加速
- 光コネクタ端面の汚れは、大きな障害の発生の可能性
⇒観察と清掃により未然に防止
- 光コネクタの再生技術により、コスト削減

未 来 を 拓 く チ カ ラ と 技 術 。



グローバル事業本部 光プロダクツビジネスユニット
〒212-0014 神奈川県川崎市幸区大宮町1310 ミューザ川崎セントラルタワー

TEL : 044-280-8811 FAX : 044-520-1530

<http://www.ntt-at.co.jp/>

