

NTT-ATの5つのビジョン。



100GbE伝送でエラーが止まらない。 反射による影響を解決します。

Does the error occur with 100GbE transmission?
Solution for the problem of back reflection in your network.

2022年1月28日

NTTアドバンステクノロジー株式会社 藤原 稔 (jin.Fujiwara@ntt-at.co.jp)
NTTエレクトロニクス株式会社 友村 水紀 (mizuki.tomomura.mw@ntt-el.com)

NTTアドバンステクノロジー株式会社



1. はじめに
2. 反射減衰量の影響
3. 光コネクタ端面汚れの影響
4. 光ネットワークのトラブルシューティング
5. まとめ



1. はじめに



自己紹介

所属：NTTアドバステクノロジ株式会社
光プロダクツビジネスユニット

ふじわら

じん

藤原 稔



1981年生まれ
生まれも育ちも東京
好きな球団はもちろん・・・
東京ヤクルトスワローズ！
(物心ついた時からなのでファン歴35年くらい)

入社～現在までの業務

- ・光ファイバ伝送装置
- ・光コネクタ保全・製造設備
- ・光ファイバ切替装置
- ・・・etc

様々な光ファイバ関連製品の技術営業を担当

これまでの経験と知見を活かして、光ネットワークにおける様々な課題を解決し、光ネットワーク社会の効率化や安全に貢献することが目標！



ともむら

みずき

友村 水紀

1996年生まれ
茨城→神奈川



入社～現在までの業務

- ・通信系のL1装置開発
 - ・非圧縮映像伝送に特化したL3装置開発
- 主にL1装置のSEを担当

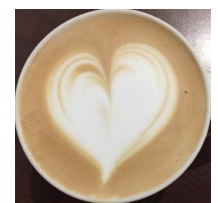
NTTエレクトロニクス株式会社
映像コンポーネント事業本部
商品開発部

筋トレ



1RPMAX
BP:110kg
DL:150kg
SQ:145kg

コーヒー



東南アジア
コクの強い豆
マンデリンetc

今後...

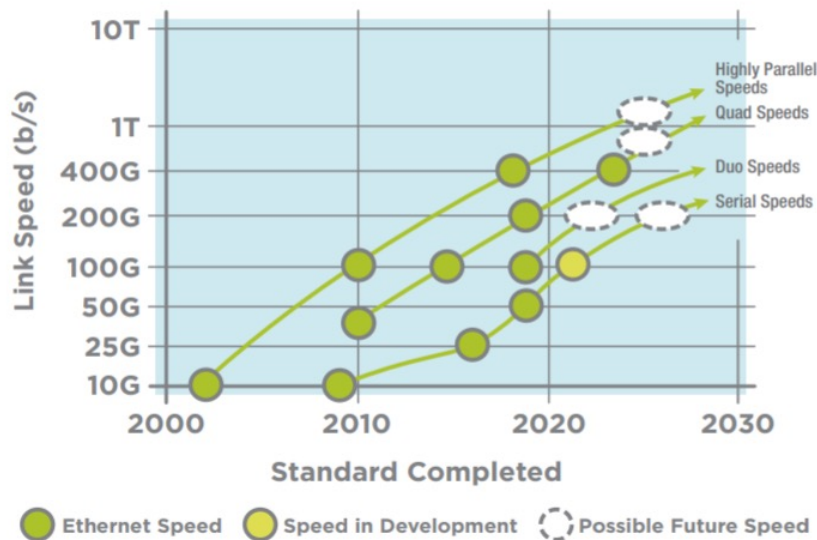
100GbE以上が一般化されることで新たに発生する課題を解決し、L1装置をお客様に安心して使用してもらう。



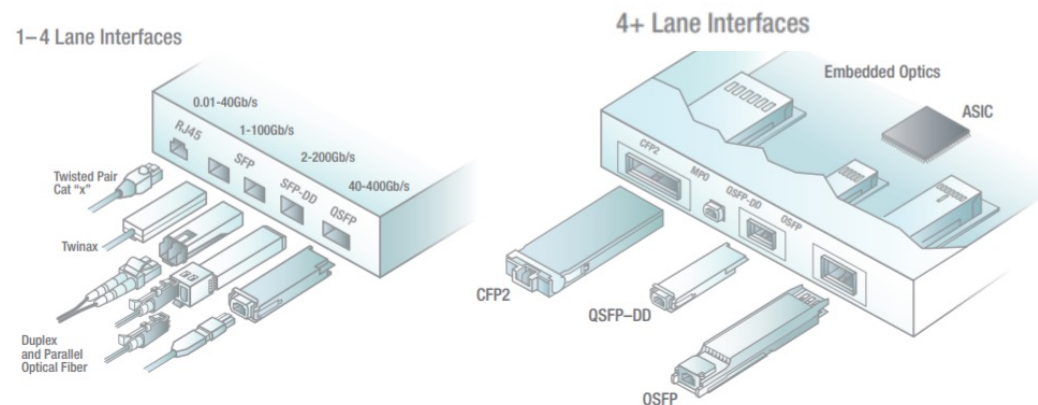
Ethernet規格の動向

◆今後のEthernet規格の動向

PATH TO SINGLE LANE



Ethernet Alliance EthernetRoadmap 2020より抜粋
<https://ethernetalliance.org/technology/2020-roadmap/>



400G、800G、1.6Tの規格化が進行中。
 (今のところ、トランシーバのインタフェースは必ず光コネクタが用いられる)
そろそろ100Gを導入するところも増えている。



100G化による通信トラブルの相談が急増！



100GbE規格のおさらい

対応規格	対応規格名称	ファイバ	最大接続距離	許容損失 [dB]	総反射減衰量 [dB]
IEEE802.3bm	100GBASE-SR4	マルチモード	150m	1.5	-
IEEE802.3ba	100GBASE-SR10	マルチモード	100m	1.9	-
	100GBASE-LR4	シングルモード	10km	6.3	-21dB
	100GBASE-ER4	シングルモード	40km	18	-21dB

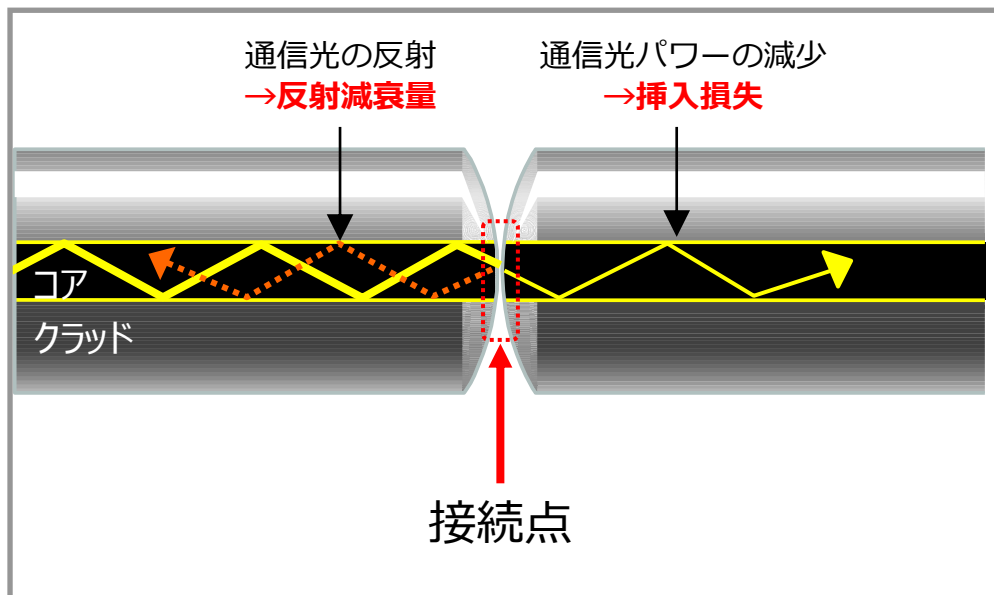


反射減衰量について規定されるようになった！



光インタコネクションにおける主要な特性

◆ 光コネクタ接続点における光信号透過イメージ



「挿入損失」・・・接続箇所では**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）



光トランシーバの受光感度外となって通信エラー or リンクダウン。

「反射減衰量」・・・接続箇所では**反射した光の強さ(量)**

⇒ (絶対値が) **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）



反射減衰量の値が悪いと、通信にどんな影響がある・・・？

→ **実験してみました！**

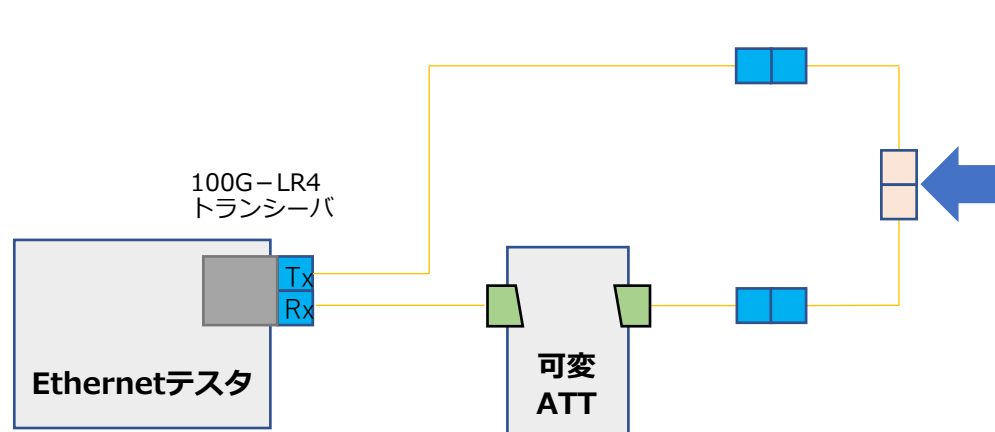


2. 反射減衰量の影響

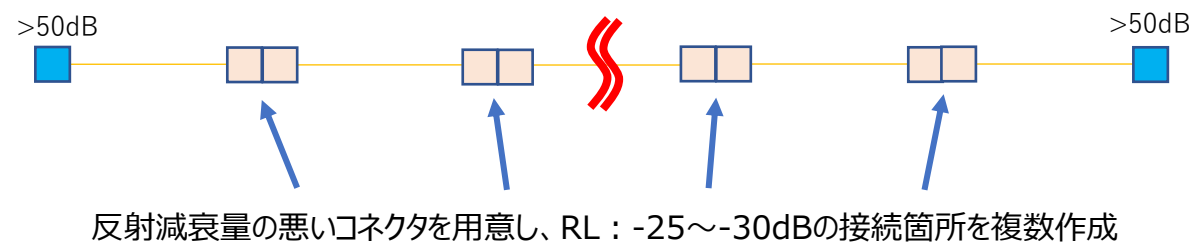


[実験] 100G-LR4環境に規定値以上の反射減衰量を挿入

◆ 検証環境接続構成



◆ 反射減衰量の調整方法



100G-LR4の規定値を超える総反射減衰量： **-21dB以下**に調整



[実験] 100G-LR4環境に規定値以上の反射減衰量を挿入

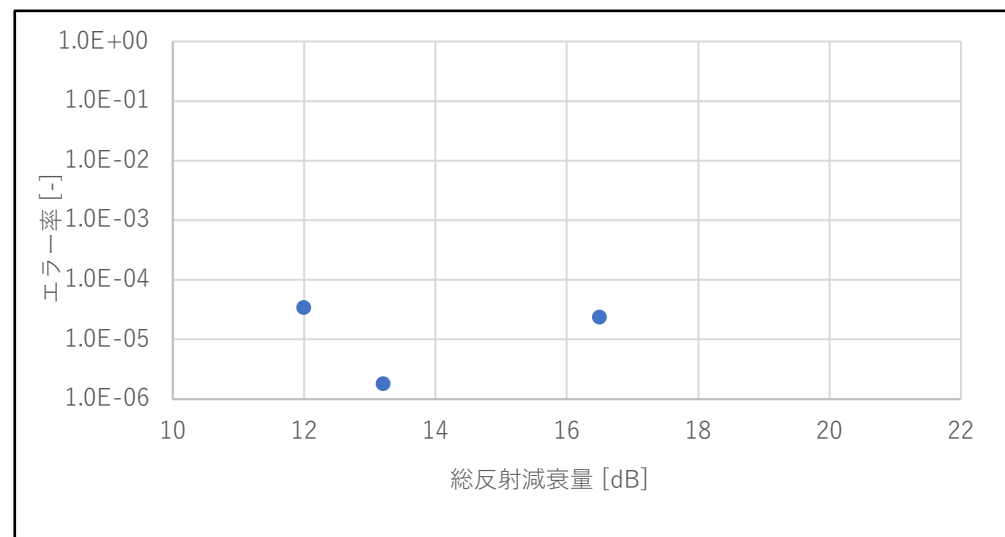
◆測定データ①：総反射減衰量との相関

100G-LR4で規定する総反射減衰量(-21dB)を下回ると、通信エラーの発生を確認。ただし、通信エラーの発生傾向に規則性が見られない。

◆サンプルデータ

総反射減衰量 (dB)	ch受光レベル (dBm)	フレームエラー率
-16.5	-4.49	2.4E-05
-13.2	-4.67	1.8E-06
-12.0	-4.09	3.4E-05

総反射減衰量が大きくなれば、それだけ通信エラーも増えると推測していたが、逆に通信エラーが減ることもあり、発生傾向が不明。



総反射減衰量の大きさと通信エラーの発生率に**相関はない！？**

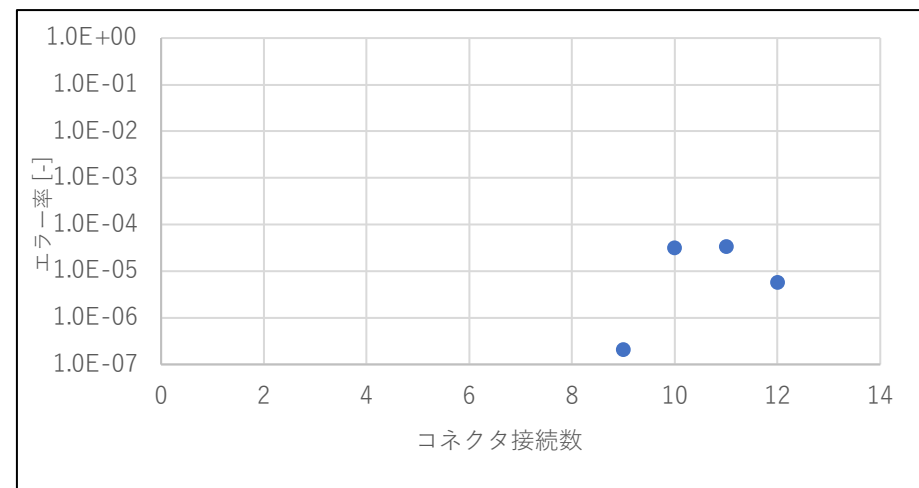


[実験] 100G-LR4環境に規定値以上の反射減衰量を挿入

◆測定データ②：光コネクタ接続数との相関

総反射減衰量が同じくらいの値でも、接続構成によって通信エラーの発生率に差があるケースがあったため、光コネクタの接続数によって差分が無いかを確認。

コネクタ 接続数	総反射減衰量 (dB)	ch受光レベル (dBm)	フレームエラー率
12	13.1	-5.07	5.8E-06
11	12.0	-4.09	3.4E-05
10	11.9	-4.00	3.2E-05
9	12.1	-3.71	2.1E-07
8	12.0	-3.72	0



このまま接続数を減らし続けても、通信エラーは未発生。

接続数が多くなるにつれて通信エラーが発生しやすくなる！？



[実験] 100G-LR4環境に規定値以上の反射減衰量を挿入

◆実験結果まとめ

総反射減衰量が悪い状態では通信エラーが発生することは間違いない！

ただし・・・光伝送路の接続環境に**条件**がある！？

◆今回の検証で確認できた通信エラー発生条件

- ・かなりの数(検証時は10箇所前後)の光コネクタ接続点があること。
- ・反射減衰量の悪い光コネクタ接続点(-25~-30dB前後)が複数箇所あること。

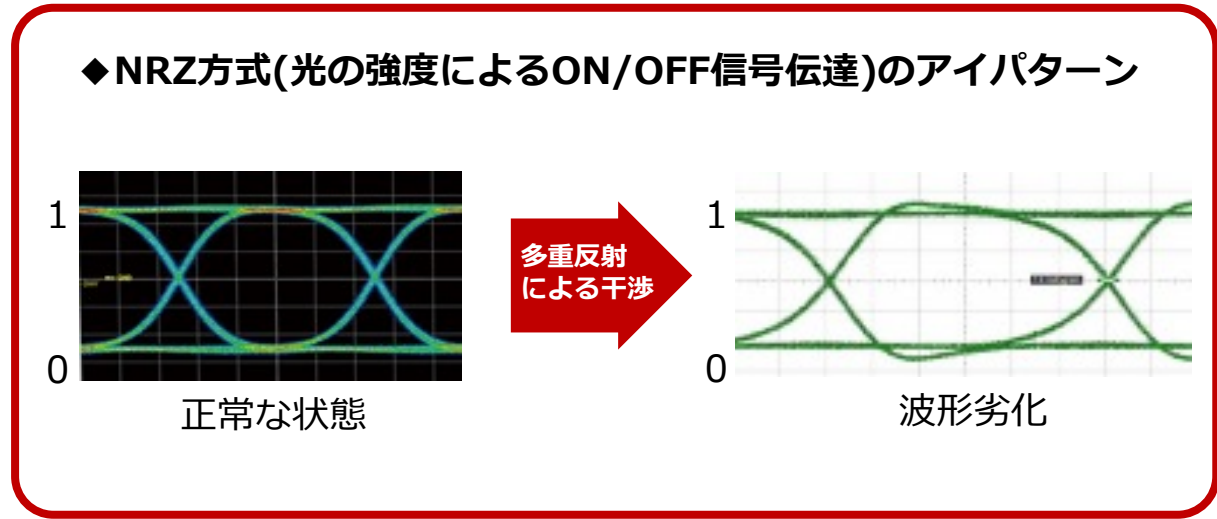
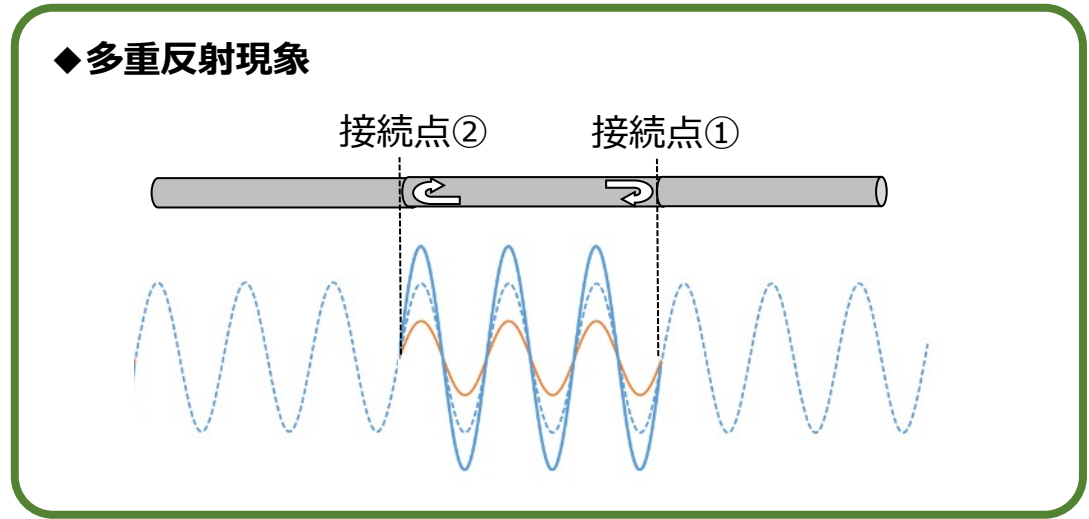
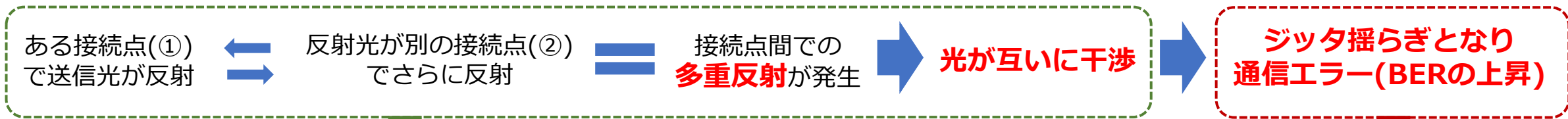
※総反射減衰量と接続数は同じでも、反射減衰量の良い接続箇所が多い場合では通信エラーが発生しなかった。



総反射減衰量だけではなく、光伝送路の中で**多重反射が複数個所で発生**することが、通信エラーを引き起こす原因！？



反射減衰量が通信光に及ぼす影響



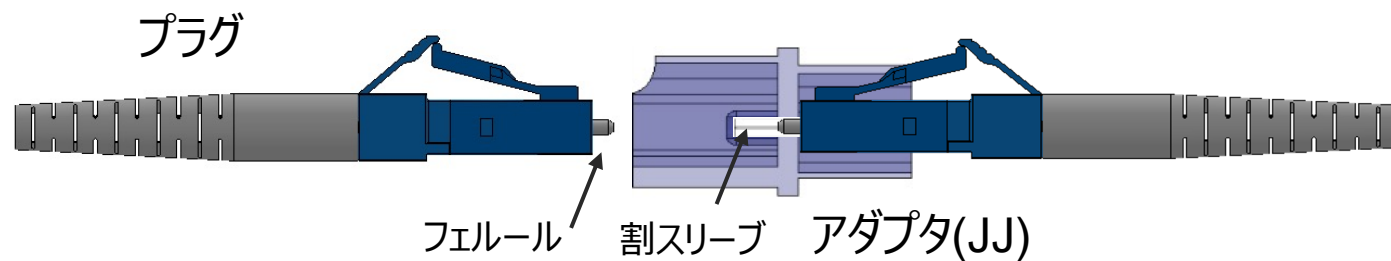
多重反射が発生することで、**送信光の波に干渉**がおり、**波形の劣化**が発生。それが複数個所で発生することにより、読み取りエラーとなるほどのジッタ揺らぎに繋がっていく！?(要追加検証)



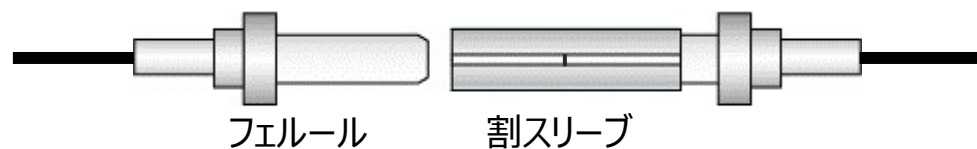
3. 光コネクタ端面汚れの影響



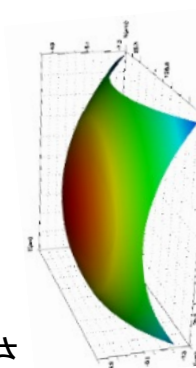
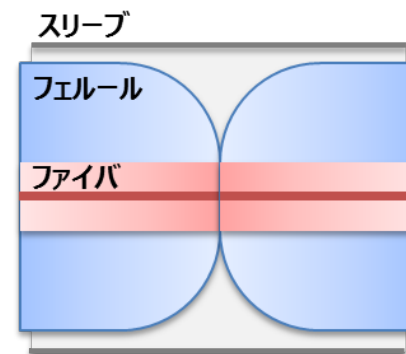
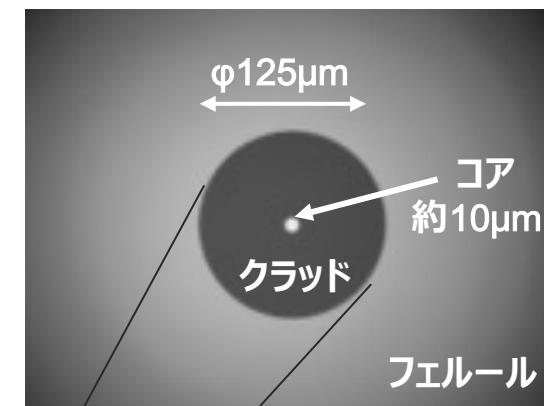
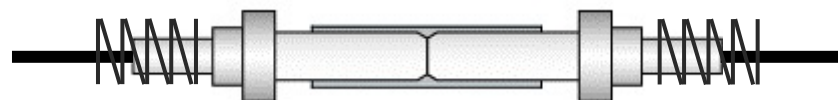
単心コネクタの構造



精密フェルールを割スリーブで軸合わせ



スプリングによりフィジカルコンタクト
(フェルールとファイバの**弾性変形**による密着)

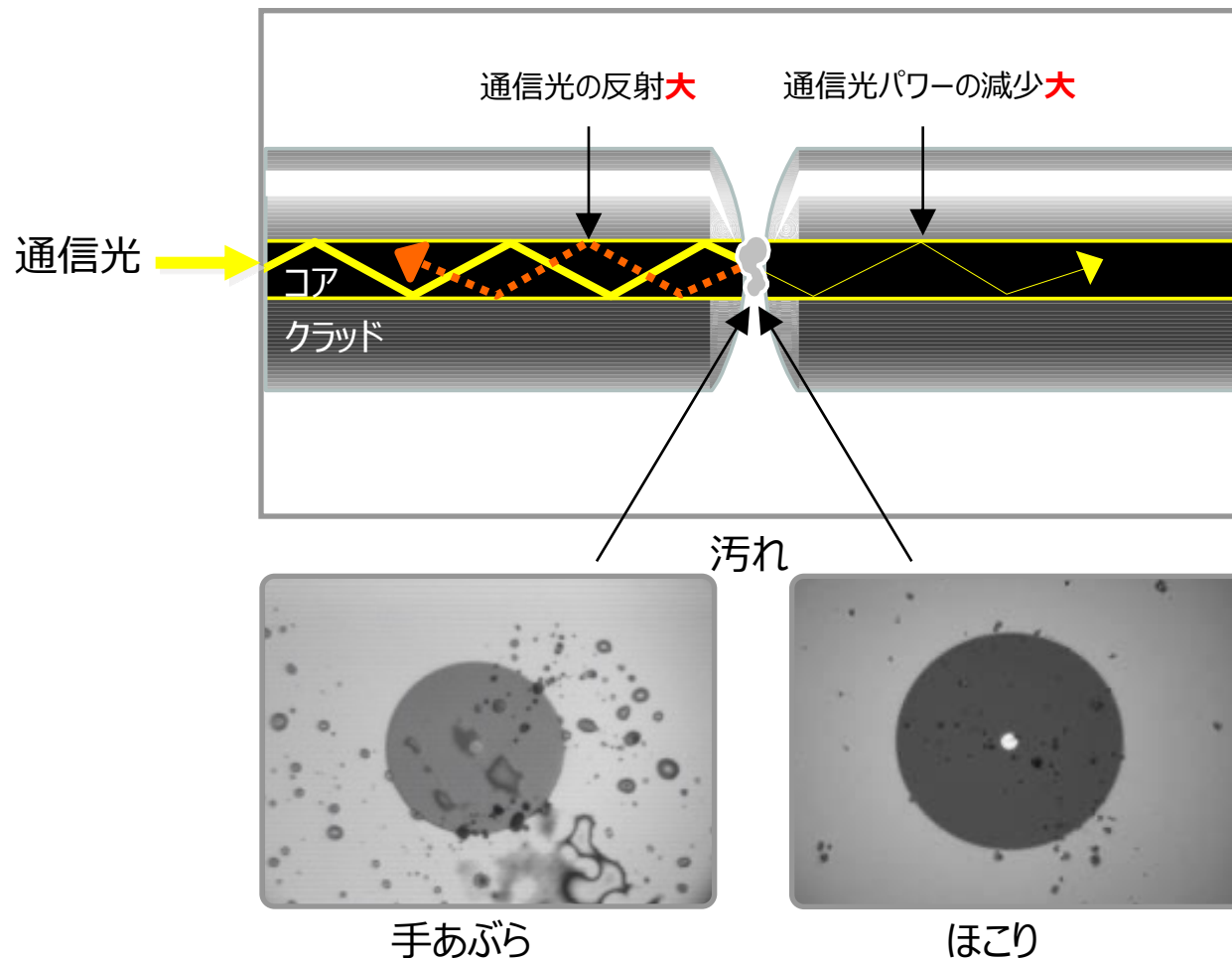


ファイバ高さ
-0.05~0.1 μm



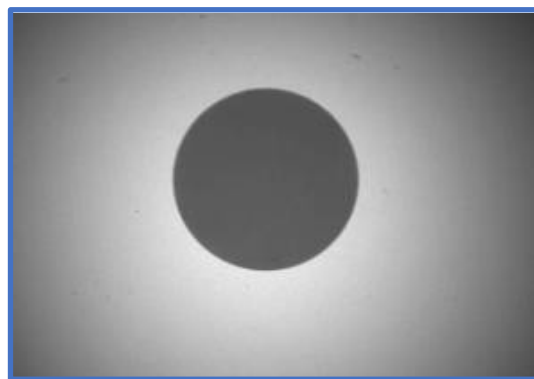
光学特性への汚れの影響

光学特性の悪化を引き起こす、光ネットワーク不具合原因の大半は**光コネクタの端面汚れ**。
汚れにより通信光の反射と損失が増加。

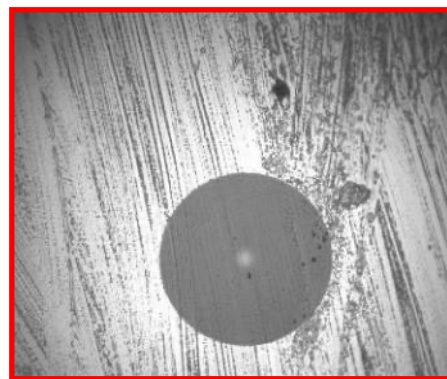




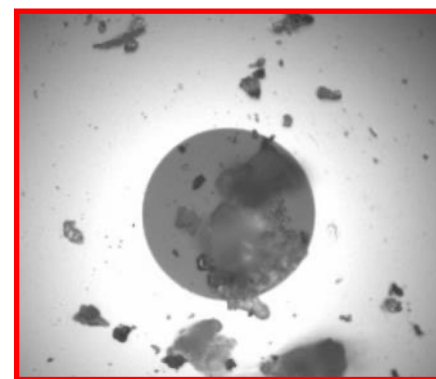
光コネクタ端面の代表的な汚れの種類



○綺麗な端面



×手脂



×ほこり

◆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**

◆代表的な汚れの種類

- ・ 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。



光コネクタ端面汚れが光学特性に及ぼす影響

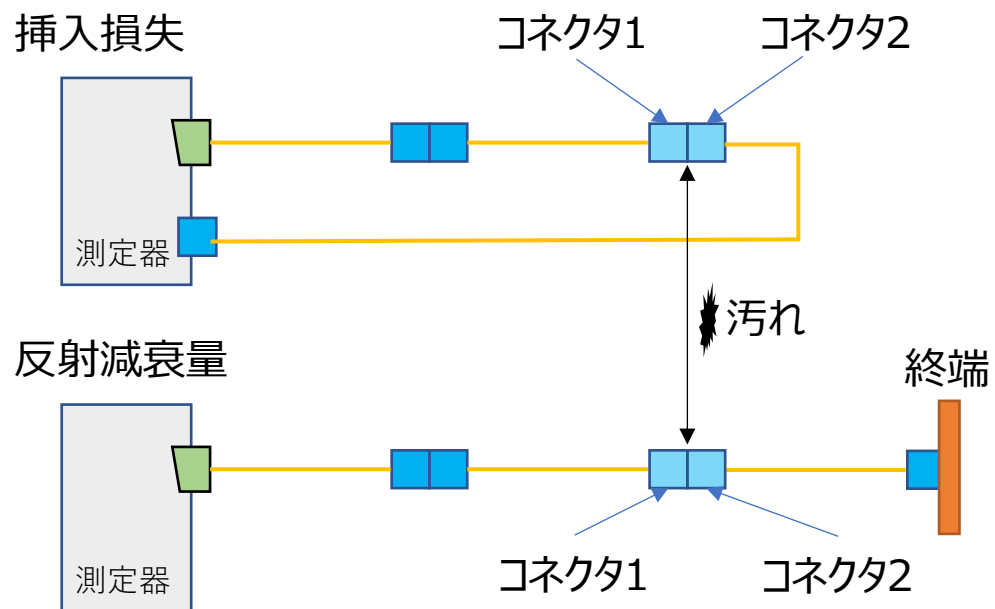
◆ 汚れを意図的に付着させたときの光学特性を測定

測定方法

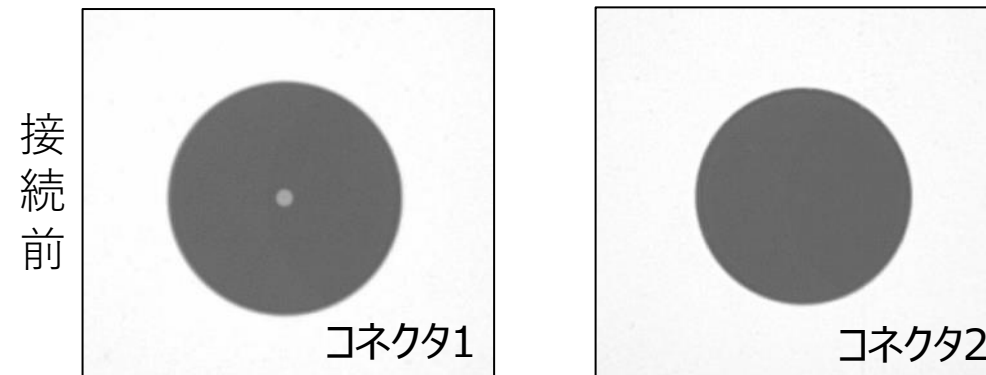
挿入損失：JIS C 61300-3-4 挿入法(B)

反射減衰量：JIS C 61300-3-6 OCWR法

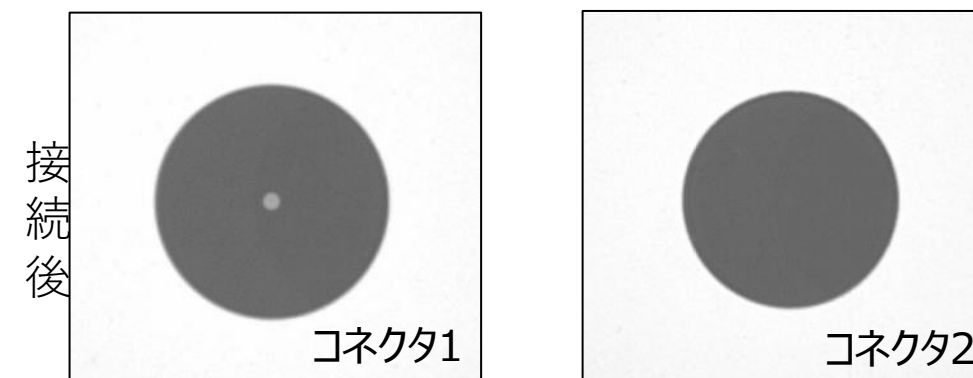
◆ 測定略図



◆ 清浄な端面同士を接続した場合



挿入損失 [dB]	反射減衰量 [dB]
0.05	-52.6

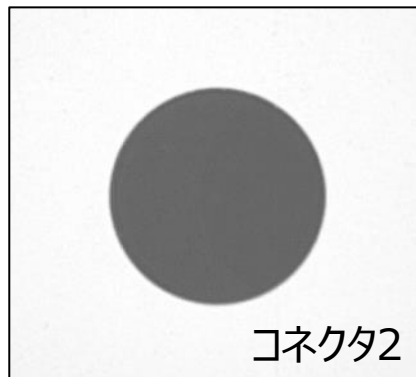
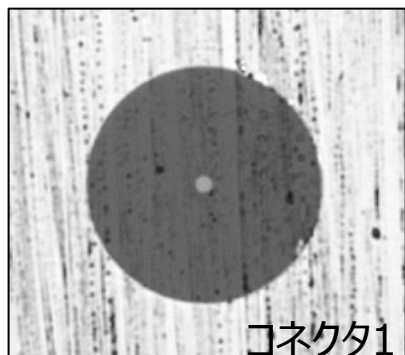




光コネクタ端面汚れが光学特性に及ぼす影響 ～ 手脂編

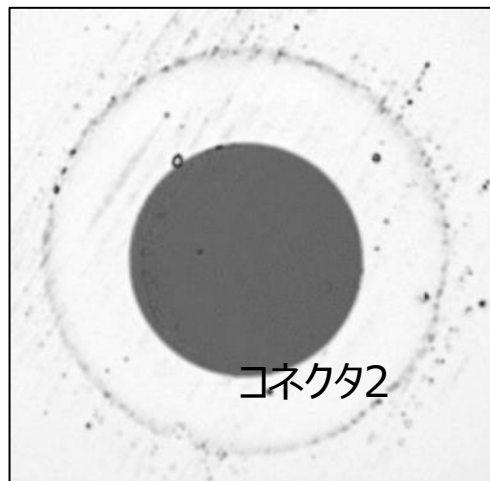
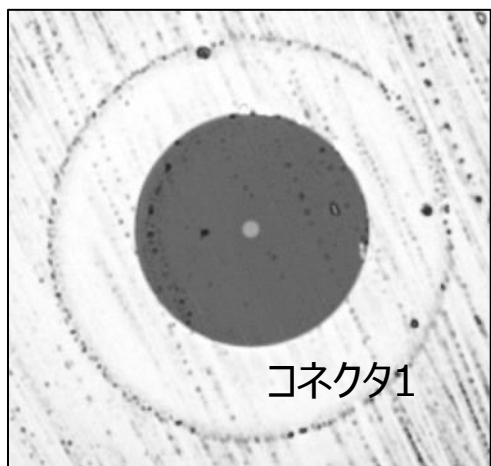
◆指が端面に接触し手脂が付着

接続前



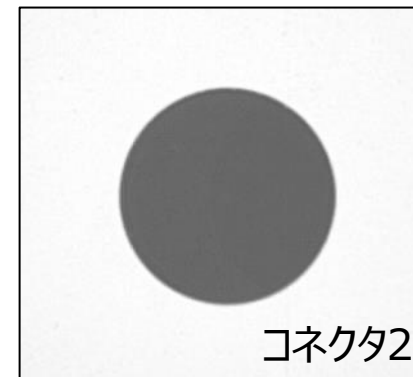
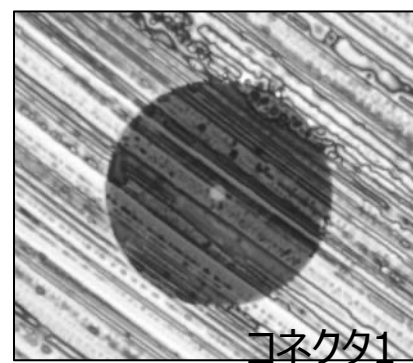
挿入損失 [dB]	反射減衰量 [dB]
0.06	-49.3

接続後



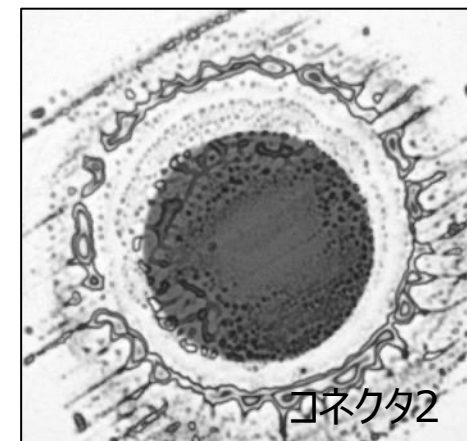
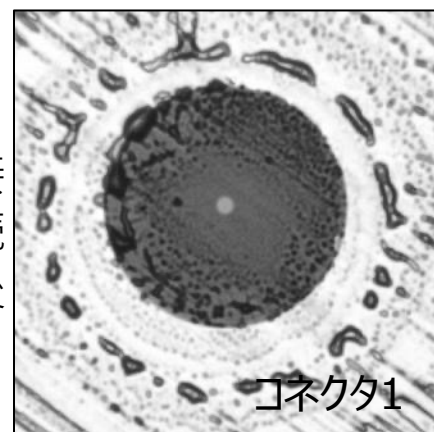
◆指が端面に接触し手脂が**多量**に付着

接続前



挿入損失 [dB]	反射減衰量 [dB]
0.10	-44.2

接続後

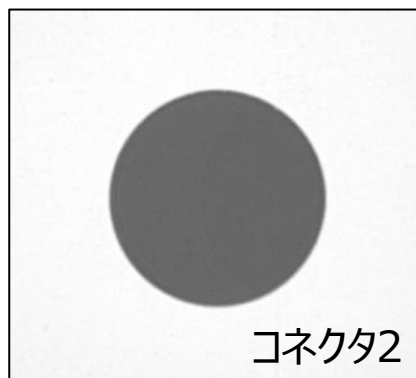
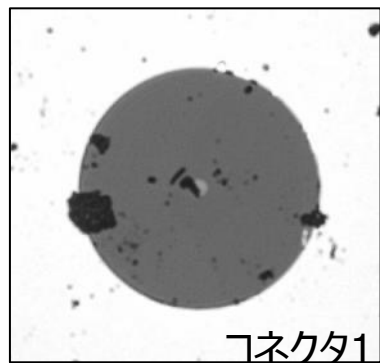




光コネクタ端面汚れが光学特性に及ぼす影響 ～ ほこり編

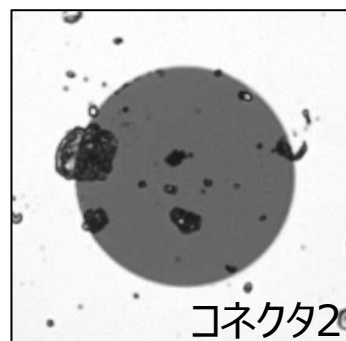
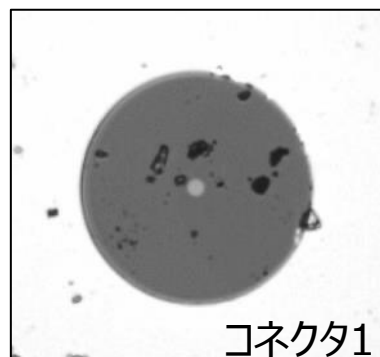
◆ ほこりが付着

接続前



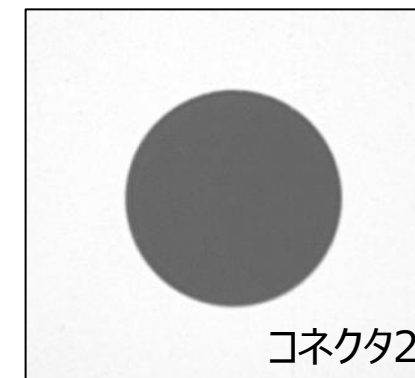
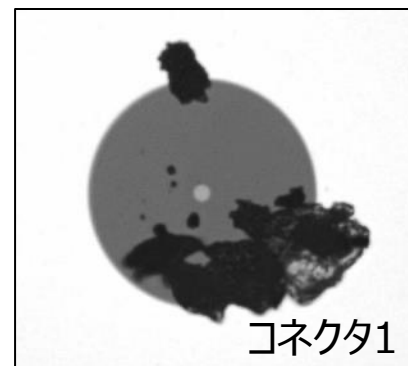
挿入損失 [dB]	反射減衰量 [dB]
0.21	-37.2

接続後



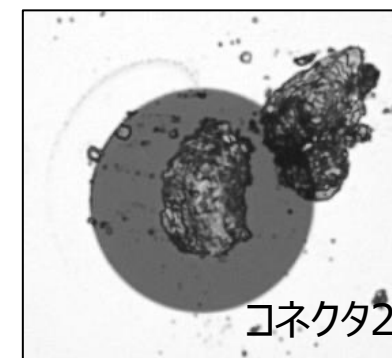
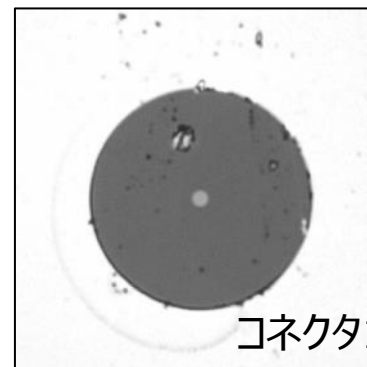
◆ ほこりが多量に付着

接続前



挿入損失 [dB]	反射減衰量 [dB]
1.1	-22.7

接続後

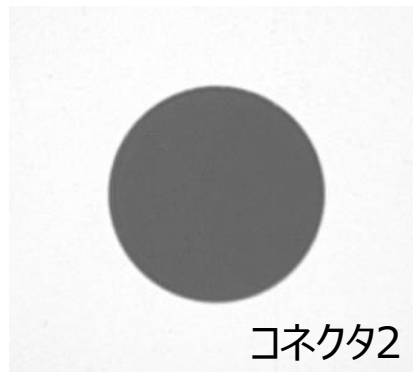
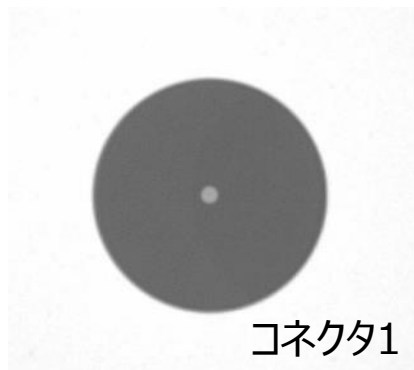




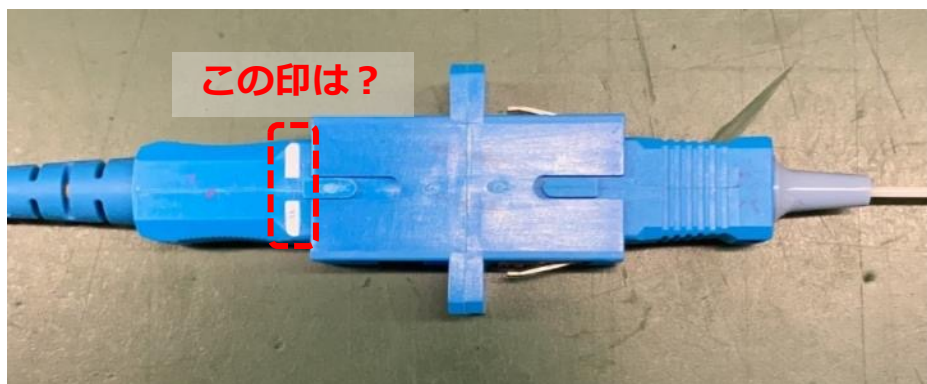
光学特性を悪化させる特殊ケース ～ 光コネクタの半挿し

◆汚れはないけれど・・・???

接続前

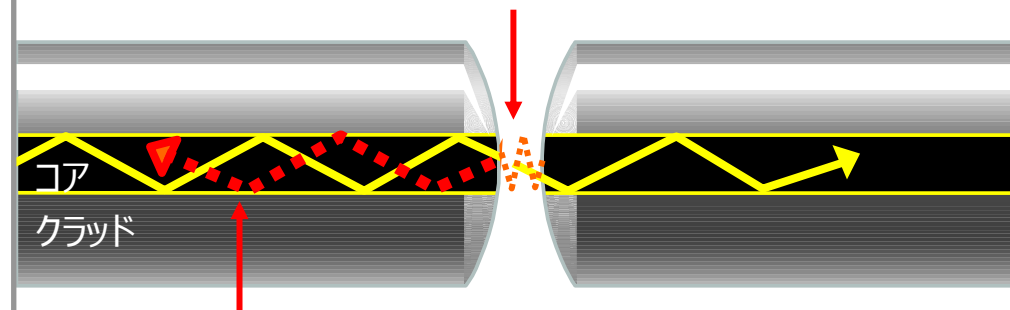


挿入損失 [dB]	反射減衰量 [dB]
0.14	-13.8



光コネクタの半挿しにおける多重反射イメージ

①対向コネクタ端面間の空気層で多重反射が発生。



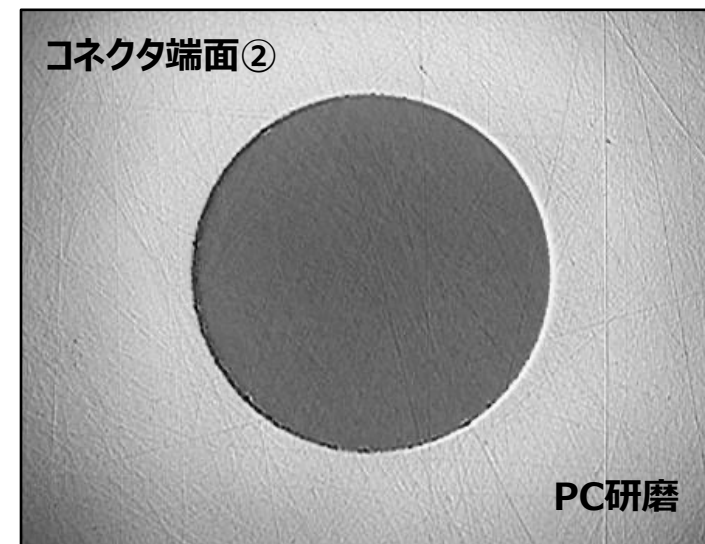
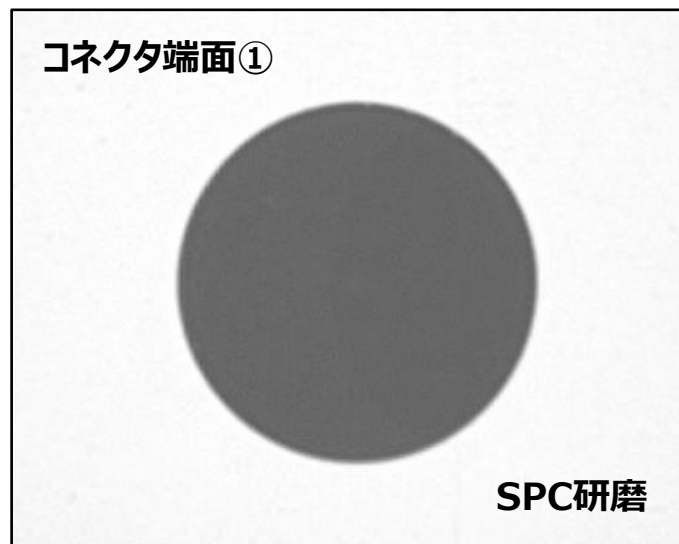
②多重反射により**光パワーが増幅され**、空気層の反射(フレネル反射)よりも強い戻り光が発生。

挿入損失(IL)は問題ない場合もあり、光パワーレベルの測定だけでは**発覚しない**こともあるので要注意。



光学特性を悪化させる特殊ケース ～ 研磨グレード

研磨グレード	反射減衰量
PC研磨	-25dB以上
SPC研磨	-40dB以上
UPC研磨	-50dB以上



【事例】 伝送装置を10G→100Gにアップグレードしたところ通信が不安定に。
挿入損失(IL)は問題ないので、原因究明に時間を要した。

【対策】 OTDRで大きい反射箇所を特定。
→光コネクタの端面状態を確認し、端面を再研磨してグレードアップすることで改善。

敷設してしばらく(20年以上)経過しているファイバは**PC研磨の可能性あり**。

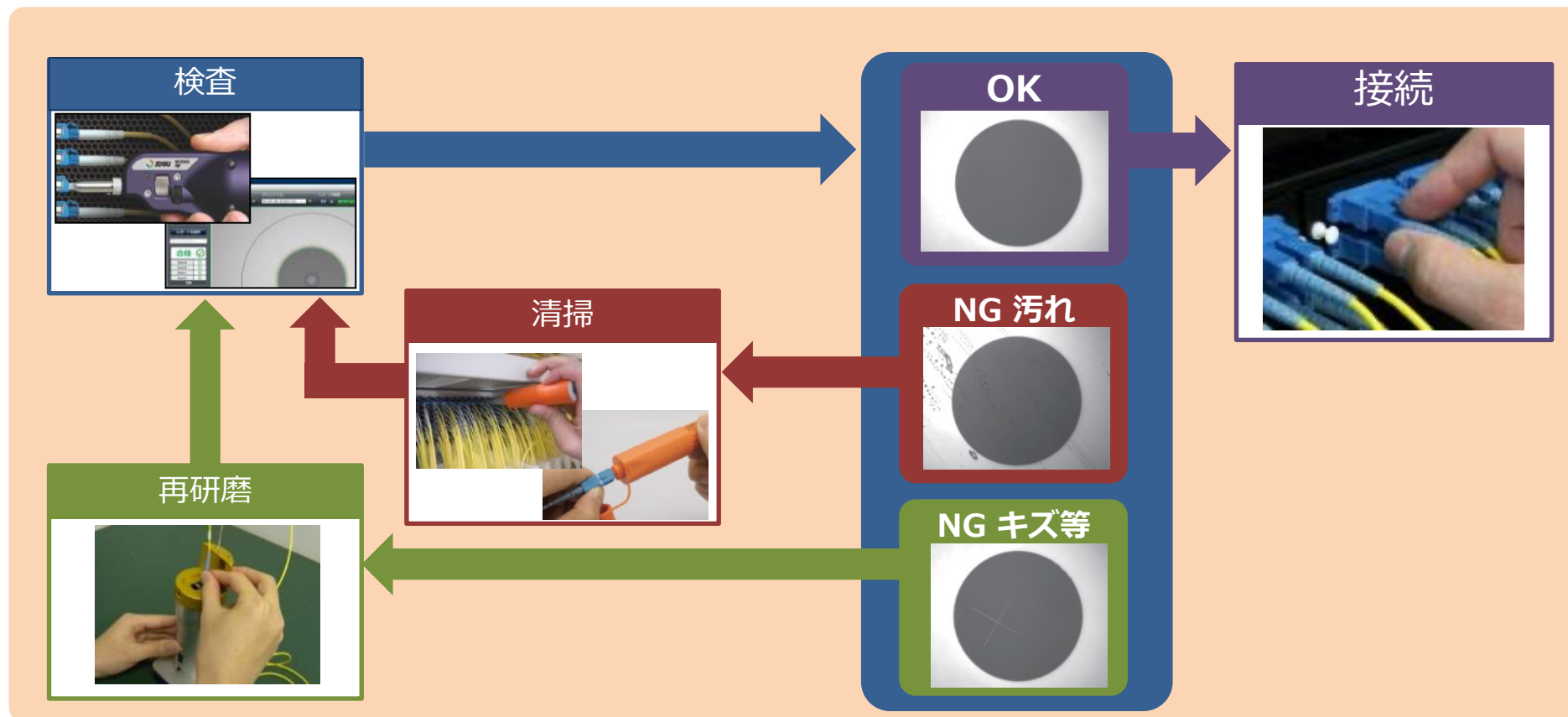


4. 光ネットワークのトラブルシューティング



光コネクタ接続時の推奨フロー

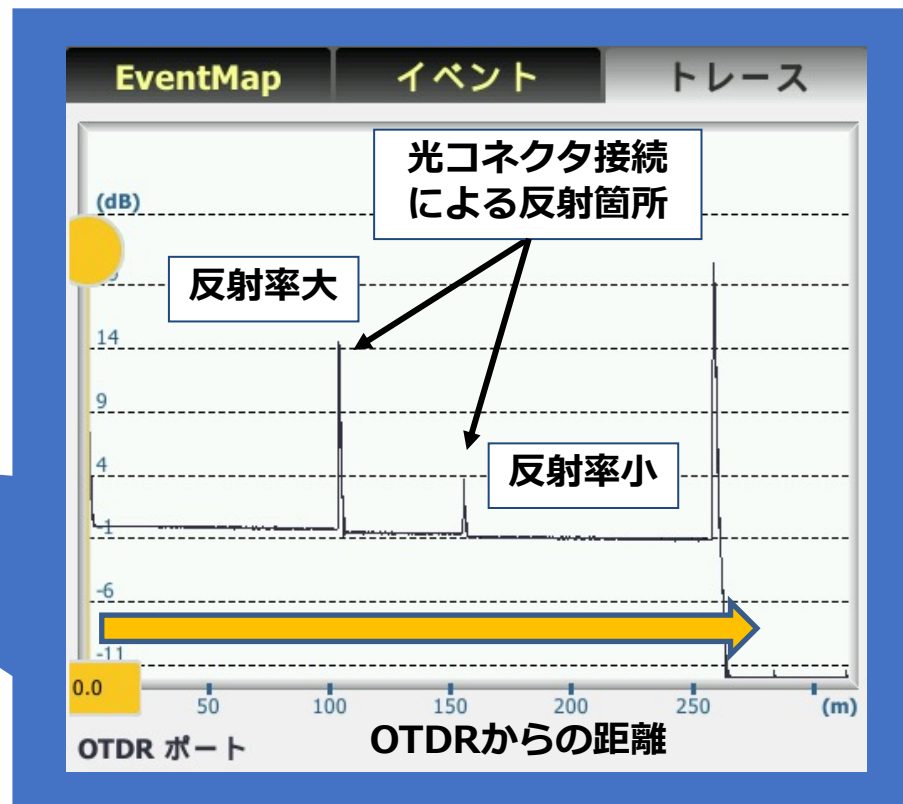
- ◆ 接続前に端面を観察することにより、端面汚れによる障害を未然に防止。
- ◆ 端面の傷や汚れを視認することで、光コネクタ接続におけるトラブル発生原因を特定。





光ネットワークの反射減衰量測定について

◆反射減衰量の測定はOTDRが有効。



ピークの高さや線の下がり具合で、反射や損失の程度や発生位置を確認可能。

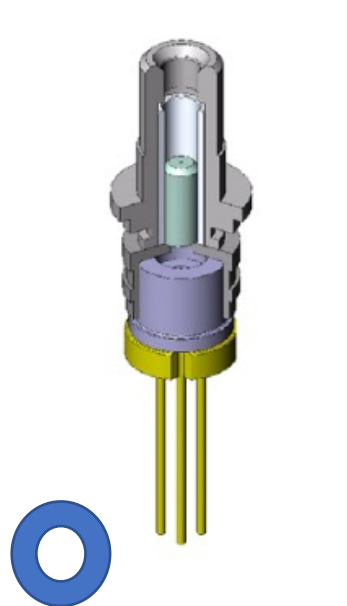
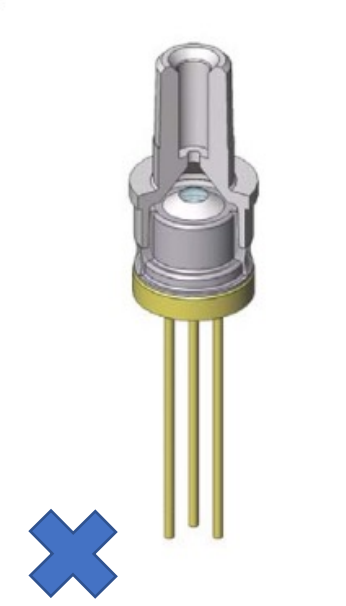
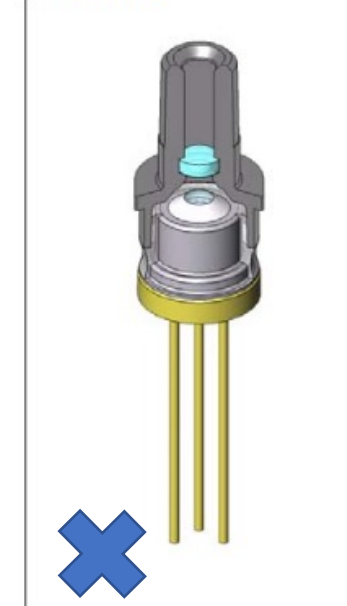
出展元：フルーク・ネットワークス様



トランシーバの清掃について

◆SFP等の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
		

スタブタイプ以外は清掃不可！
構造未確認の状態、いきなり清掃するのはNG！

◆清掃可否の確認方法

- ・メーカーに問い合わせる。
- ・光コネクタ端面検査機で確認。
→端面が見える = スタブタイプで清掃可。

※MPOコネクタを用いるトランシーバの場合は、必ずメーカーに確認！

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 第2版(2019年3月)
<http://www.oitda.or.jp/main/st/TP12-2.pdf>



5. まとめ



まとめ

- ◆ 100G以上のネットワークでは**反射減衰量**を気にする必要がある。
反射減衰量が悪い環境だと、ビットエラー発生に繋がる可能性大。
- ◆ 100Gでギリギリ繋がっているような光ネットワーク環境の場合、
200/400G以降の通信速度では繋がらない可能性大。
今のうちから光ネットワークの配線環境改善を意識したほうが良い。
- ◆ 光コネクタ端面はまずは清掃する。重要な箇所では端面検査も推奨。
古いコネクタは端面の品質が悪い可能性があるので、再研磨や交換も視野に。

未来を拓くチカラと技術。

