

光コネクタ端面汚れが及ぼす影響とその対策

～なぜ、光コネクタは清掃が必要なのでしょうか？～



NTTアドバンステクノロジー株式会社

グリーン&プロダクト・イノベーション事業本部
光プロダクツビジネスユニット

2023 年 9 月
Ver.3.0

はじめに

近年の通信トラフィックの増大によりネットワークの高速化が進んでいます。高速化のためには光ファイバによる通信が必須となり、このため光ファイバ同士を接続するために必要な光コネクタの取扱いをする機会が増えています。また、通信トラフィックの増大に対応するため、さらなる通信容量を求めてサーバや光スイッチに光コネクタを高密度に実装するための新しい光コネクタが開発されています。

光コネクタは簡単にファイバ同士を接続できる一方で、目には見えない小さな原因が大規模なネットワークトラブルを引き起こしてしまうことも少なくありません。そのトラブルの要因の主な割合を占めるのが光コネクタ端面の汚れです。光コネクタを確実に清掃し、端面検査で状態の確認を行うことで、光ファイバ同士の接続が確実になされ、**開通時だけでなく運用後のトラブルを激減**させることが可能になります。

結果として、

余計な稼動がなくなり、コスト削減につながります。

本資料により光コネクタの清掃と端面観察の重要性をご理解いただくとともに、スキルアップや技術の蓄積、社内教育にご活用頂くことで、光コネクタを扱われる皆さまの一助になれば幸いです。

目次

1.	光通信の基礎知識.....	4
1.1.	光ファイバ.....	4
1.2.	光の伝送.....	4
1.3.	光ファイバをつなぐには.....	5
1.4.	光コネクタとは.....	6
1.5.	光コネクタの種類.....	6
1.6.	光コネクタの構造.....	8
2.	光コネクタの汚れ.....	12
2.1.	光コネクタの端面が汚れていて起こるトラブル.....	12
2.2.	光コネクタ端面の汚れ.....	13
2.3.	光コネクタ接続時の汚れ.....	16
2.4.	ハイパワーレーザによるダメージ.....	17
3.	光コネクタの清掃.....	19
3.1.	光コネクタクリーナとは.....	19
3.2.	アルコール清掃.....	19
3.3.	接続損失や反射減衰量への汚れの影響.....	20
3.4.	光コネクタクリーナのラインナップ.....	21
3.5.	コネクタの清掃方法.....	23
3.6.	清掃の失敗例.....	35
3.7.	同じ清掃面で清掃したらどうなるのか？.....	36
4.	光コネクタの検査.....	37
4.1.	光コネクタの使用前に.....	37
4.2.	光コネクタの検査.....	38
4.3.	光コネクタ端面検査機概要.....	39
4.4.	光コネクタ端面の判定基準.....	39
5.	光コネクタ端面検査機.....	41
5.1.	光コネクタ端面検査機の選び方.....	41
5.2.	光コネクタ端面の状態確認方法.....	42
5.3.	検査ツールの特徴的な機能の紹介.....	44
6.	光コネクタの再研磨.....	46
6.1.	現場向け光コネクタ研磨ツール.....	46
6.2.	光コネクタの研磨工程.....	47
7.	光コネクタ検査、クリーニング、研磨 相談窓口.....	49

1. 光通信の基礎知識

1.1. 光ファイバ

現代の生活においてインターネットは欠かせないものになりました。そしてあらゆるものがインターネットに接続され多くの情報のやり取りがなされており、そのバックボーンでは光ファイバを用いた高速通信が行われています。一般に通信に用いられている光ファイバにはシングルモードファイバとマルチモードファイバの 2 種類があります。

シングルモードファイバは、光が通るコアと呼ばれる部分の直径が約 $10\mu\text{m}$ (0.01mm) です。マルチモードファイバのコアは主に $50\mu\text{m}$ (0.05mm) です。外径は、どちらも $125\mu\text{m}$ が主流です。一般的には長距離通信に適したシングルモードファイバが広く使われていますが、データセンタ内の短距離通信にはマルチモードファイバが用いられることもあります。主な光ファイバの材質は石英ガラスであり、光の通り道であるコアは光ファイバの中心にあります。その周りにコアとは少し屈折率の違うクラッドがあり、光がクラッドに漏れることなくコア内を伝播していきます。

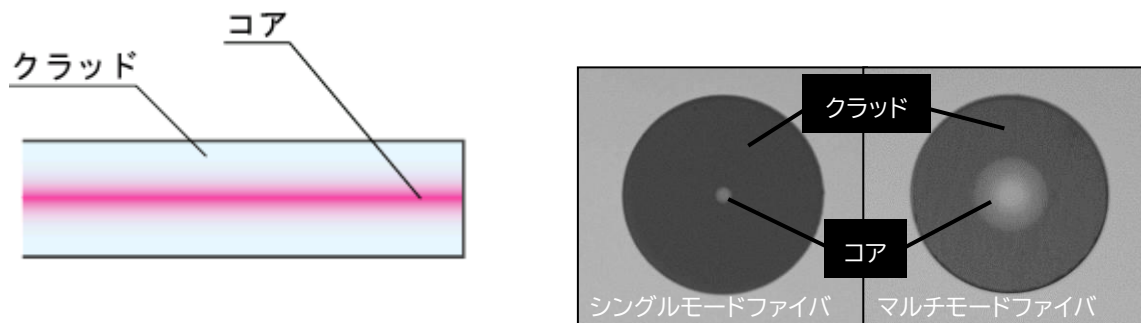


図 1 光ファイバの構造

1.2. 光の伝送

さて、どのようにしてこんなに細いガラスの中を光が送られるのでしょうか？ 静かな水面に周りの景色が映る現象をご存じでしょう。これは、空気と水の屈折率が異なるため水面で光が反射し景色が映りこむのと同じ原理です。

光ファイバの構造は前述したように、「コア」と「クラッド」という屈折率の少し異なるガラスが二重になっています。コアに光が入ると、光はコアとクラッドの境界面でクラッドに漏れることなく“反射”します。光はこの反射を繰り返して光ファイバの中のコアを進みます。

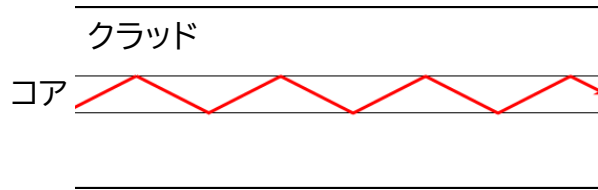


図 2 光がコアとクラッド層の境界で反射するイメージ

1.3. 光ファイバをつなぐには

光ネットワークでは、複数の装置を経由して通信します。このため装置と光ファイバを接続する必要があります。また、拠点間が長距離になった場合にはその間でも光ファイバを接続します。そして、この接続点において、光ファイバ同士がきちんと繋がることで光は伝わっていきます。

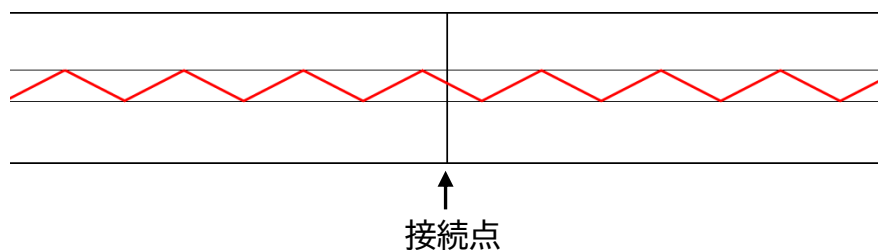


図 3 光ファイバから光ファイバへきちんと光が伝わるイメージ

光ファイバの直径は $125\mu\text{m}$ です。これは髪の毛とほぼ同じ太さです。この髪の毛ほどの細い光ファイバをどうやって繋ぐのでしょうか？しかも、光の通るコアは約 $10\mu\text{m}$ (1mm の $1/100$) です。これが $1\mu\text{m}$ (1mm の 1000 分の 1) でもずれると約 5% の光のパワーの損失が発生します。このため、図 4 のように二本のファイバの軸がずれないように、かつ、図 5 のように角度も全くずれないようにしなければなりません。

いくら器用な人でも手で光ファイバを光パワーの損失なく繋ぐことは不可能です。

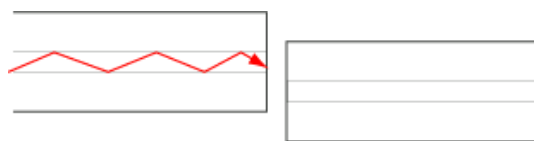


図 4 軸がずれると光は伝わらない

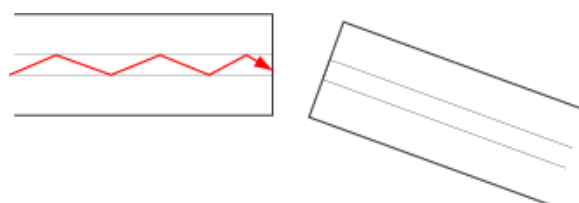


図 5 角度がずれても光が伝わらない

1.4. 光コネクタとは

精密で細い光ファイバ同士を接続する方法は大きく「融着接続」と「コネクタ接続」の 2 種類があります。融着接続は光ファイバを一度高温で溶融して 2 本の光ファイバ同士を接続します。つまり永久接続であり自在にファイバをつけたり離したりすることはできません。そこで必要になるのが、「光コネクタ」です。

光コネクタは、光ファイバ同士を自在に着脱することができるので、光ファイバと装置の接続などには必ず光コネクタを用います。とても細い光ファイバを接続する部品ですが、小さく、取り扱い易くなければなりません。

しかしながら、誰もが勝手に光コネクタを設計して製造してしまつては、互換性がとれず、光ネットワークを円滑に構築することはできません。例えば海外でコンセントの形が異なって困ったことがある方も多いかと思います。そこで、光コネクタは標準化がなされており、相互接続が担保されています。

1.5. 光コネクタの種類

光コネクタは、前述の標準化を経て広く一般に普及しました。この光コネクタには、1 本のファイバ同士を 1 つのコネクタで接続する「単心光コネクタ」と複数のファイバ同士を 1 つのコネクタで接続する「多心光コネクタ」の大きく 2 つのタイプに分けることができます。

・単心光コネクタ

一般にフェルルール(光ファイバを接着固定する精密部品)の直径がφ2.5mm の SC コネクタや FC コネクタと、φ1.25mm の LC コネクタや MU コネクタなどの光コネクタが広く普及しています。値段が安価で、光ネットワーク通信には欠かせない光コネクタです。

・多心光コネクタ

一般に MT コネクタや MPO コネクタなどがあり、その心線数は 4 心、8 心、12 心、16 心、24 心などがあります。特徴的なのは心数が増えてもコネクタの大きさは変わらないことです。多心光コネクタは、一度に複数の光ファイバ同士を接続できるため、高密度実装に最適な光コネクタです。

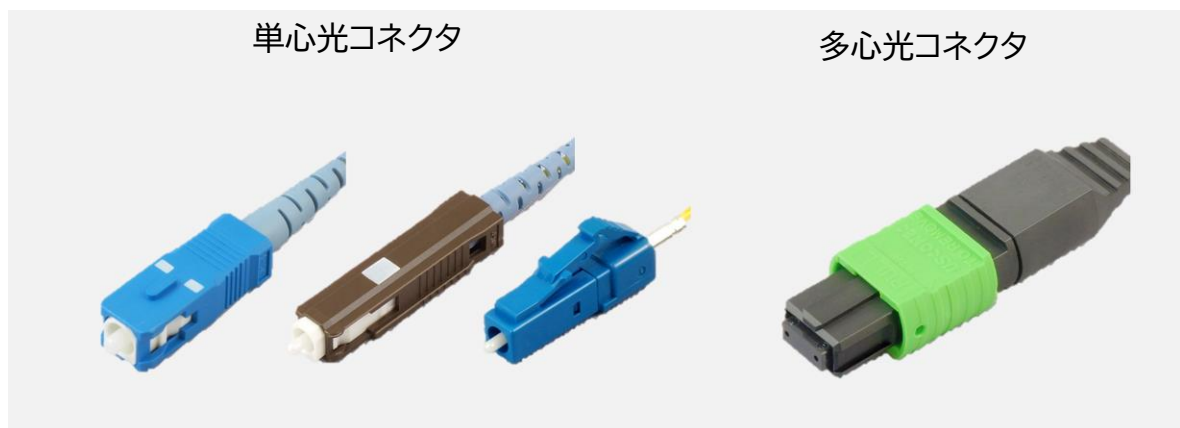


図 6 単心光コネクタと多心光コネクタ

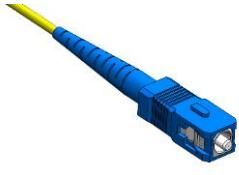
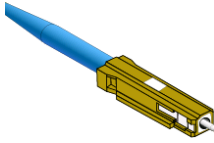
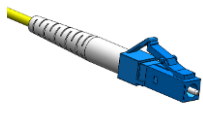
光コネクタには様々な種類がありますが、現在主流の光コネクタを表 1 にまとめました。「SC コネクタ」は、NTT が開発し、世界中のキャリアによって使われています。従来のネジによるかん合から、コネクタ自体を挿抜して脱着するプッシュプル方式により光コネクタの使い勝手を大幅に改良しました。

さらに、高密度に光装置への接続を行うため、より小型化した「MU コネクタ」が開発されました。フェルール径を SC コネクタの半分の 1.25mm にしたもので、NTT 局内高密度光設備に実装されています。

また、データセンタなどにおいては、「LC コネクタ」が主流として使われています。データセンタでは、送受信を 1 本ずつ光ファイバで行うことが一般的で、二つの LC コネクタを対にした duplex タイプが主に使われています。SC コネクタと異なりラッチを押し下げて脱着を行うため操作性が不便でしたが、現在はプッシュプルタイプの LC コネクタも市販されており近年普及しています。

ここまで紹介した光コネクタは、1 本の光ファイバを一つの光コネクタで接続するためのものでした。より高密度に実装するために複数のファイバ、例えば 12 本のファイバを一つのコネクタで接続することができる「MPO コネクタ」もデータセンタを中心に数多く使用されてきています。

表 1 光コネクタの種類

	SC コネクタ	MU コネクタ	LC コネクタ	MPO コネクタ
外観				
フェルール形状	円筒形	円筒形	円筒形	四角形
フェルール径	φ2.5mm	φ2.5mm	φ1.25mm	6.5x2.4 mm
かん合	プッシュプル	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	テレコム 主に日本で使用	データコム 世界標準 2 心ピッチ= 6.25mm	データコム 世界標準 近年普及

従来の光ファイバは曲げに弱かったため、取扱いに注意が必要でした。しかし、最近では、曲げに強い光ファイバが開発され、FTTH(Fiber To The Home)にもこの高機能光ファイバが用いられており、家庭の中でも光ファイバが用いられるようになりました。宅内の装置である ONU(Optical Network Unit, 光回線終端装置)との接続はもちろん光コネクタが用いられています。

1.6. 光コネクタの構造

単心光コネクタプラグ内部には「フェルール」と呼ばれる直径 2.5mm(SC コネクタや FC コネクタ)または 1.25mm(LC コネクタや MU コネクタ)の円筒形をしたジルコニアセラミックス製の部品があります。(図 7)

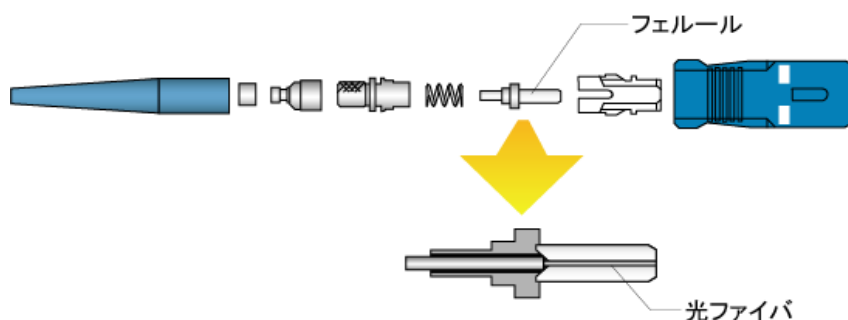


図 7 光コネクタの部品構成とフェルール拡大図

フェルールは外径や内径が超精密に加工された部品で、その中心に直径 125 μ m の光ファイバが接着固定され、端面を精密研磨して鏡面に仕上げられます。このようにして作られた光コネクタプラグは、図 8 に示す光コネクタアダプタによって接続されます。

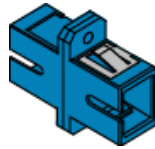


図8 アダプタ

アダプタには、割りの入った「割スリーブ」と呼ばれる部品が位置を整えてフェルール同士を曲がらないように軸を合わせて繋ぎます。これが、光ファイバ同士を軸ずれなく、角度ずれなく接続する仕組みです。(図9)

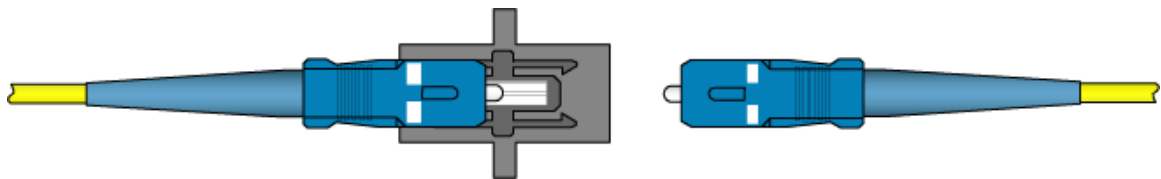


図 9 SC 形光コネクタプラグがアダプタで接続される様子

二つの SC 形光コネクタプラグがアダプタを介して接続される例が図 9 です。光コネクタにはファイバ同士がきちんと接続される仕組みが内蔵されています。光コネクタのフェルール同士はアダプタで接続されるときに、図 10 のように内蔵されたバネにより双方から押し付けあっています。これはフェルール端面が少し潰れるくらいの力です。(図 11)

この押し付けあう仕組みによって光ファイバとフェルールが弾性変形することで光ファイバ同士が物理的に密着してきちんとした接続がなされます。このことを**フィジカルコンタクト**と呼びます。こうすることでパワーを損失することなく、そして接続面で反射することなく光を通すことができます。

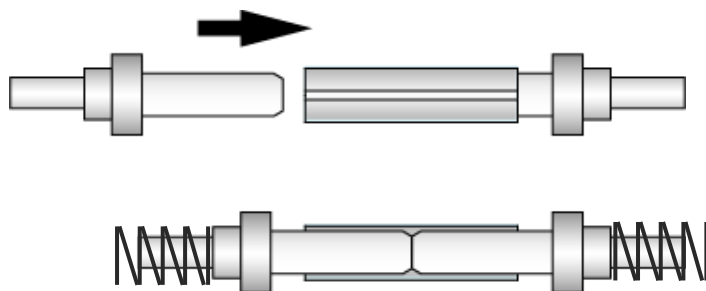


図 10 フェルールが割スリーブに入っていく様子(上)

割スリーブの中でフェルールが接続されている様子(下)

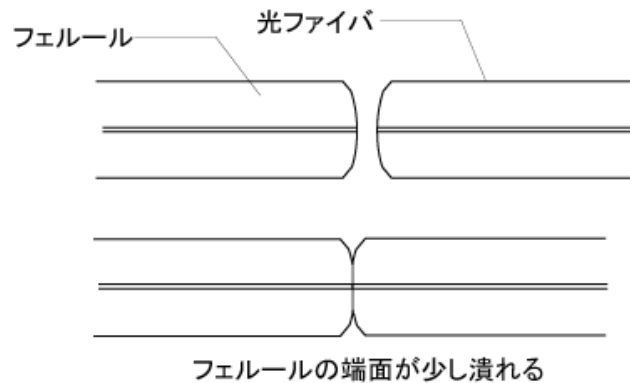


図 11 光ファイバが接続される様子

一方で、多心コネクタの接続の仕組みは、単心コネクタとは少し異なります。単心コネクタは「割スリーブ」という精密部品で精度の高い位置合わせを行いましたが、多心コネクタは精密なガイドピンとガイド穴で精度の高い位置合わせを行います。つまりプラグにピン有(オス)とピン無(メス)の 2 種類があってそれを組み合わせることによって接続されます。(図 12)

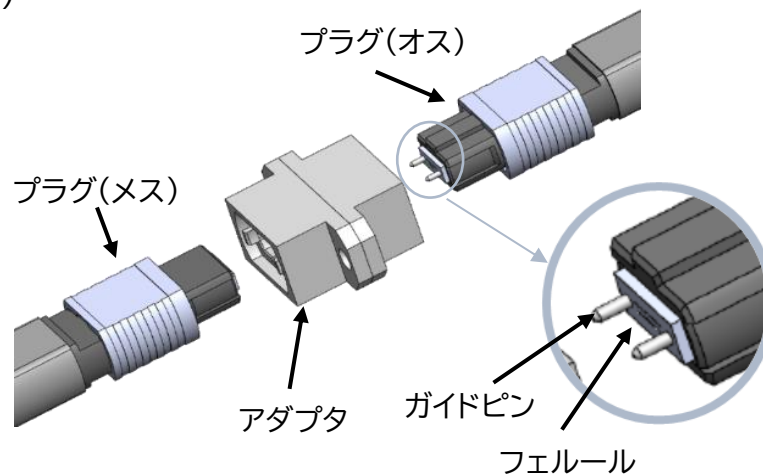


図 12 MPO コネクタ接続の様子

フェルール同士がばねにより双方から押し付けあうことでフィジカルコンタクトする仕組みは単心コネクタと同様です。(図 13)

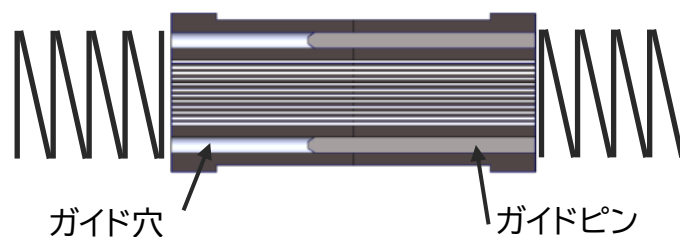


図 13 接続時のフェルール同士の様子

ただし、多心コネクタのファイバはフェルールから $1\sim 3.5\mu\text{m}$ 突き出しており、この突き出したファイバ同士が主に弾性変形をして密着することできちんとした接続がなされます。(図 14)

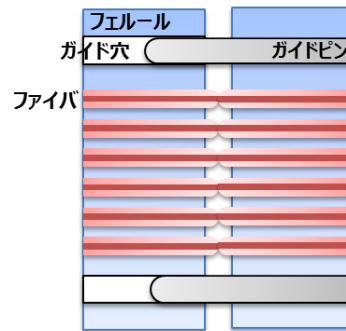


図 14 多心コネクタのフィジカルコンタクトのイメージ

2. 光コネクタの汚れ

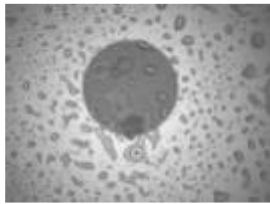
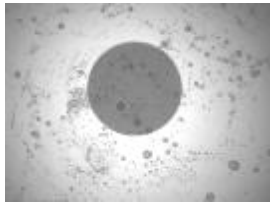
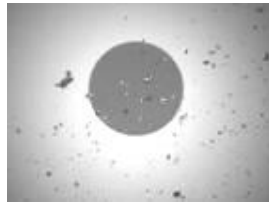
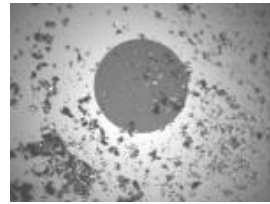
2.1. 光コネクタの端面が汚れていて起こるトラブル

さて、ここまでの説明で、光コネクタの種類、構造や接続の仕方を理解して頂けたと思います。次に、光コネクタの端面が汚れているとどうなるか、について説明いたします。大きく分けて以下の二つの事象が生じます。

- ・光のパワーが小さくなります。
- ・接続点で光が反射します。

これら二つの事象は、場合によっては通信エラーを引き起こす可能性があります。表 2 は、光コネクタ端面が汚れた様子です。写真の真ん中の円が光ファイバです。

表 2 汚れが付着した代表例

皮脂	ハンドローション	繊維屑	塵埃
			

光コネクタ端面は、何の汚れがあってもいけません。

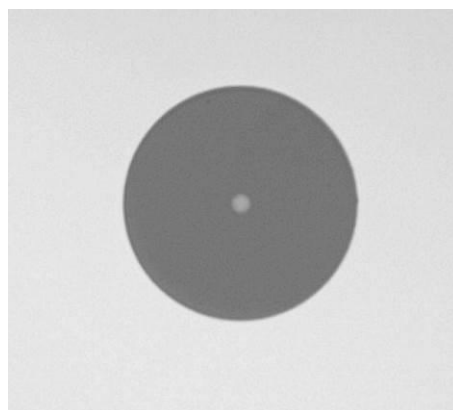


図 15 清浄な光コネクタの端面

光コネクタ端面が汚れていると、どうしてトラブルが起きるのでしょうか。また、実際に光コネクタ端面が汚れていると、光はどうになってしまうのでしょうか。

まずは光コネクタ接続における主要な光学特性について説明します。

接続点で導通している光のパワーが減ってしまうことを「挿入損失」と呼びます。入射した光パワーと出射した光パワーの対数比であらわされます。代表的な規格値は 0.5dB 以下であり、これは約 10%の光のパワーが失われていることになります。挿入損失は、値が大きいほど伝わる光パワーが小さいということになります。汚れだけでなく、光コネクタ自体の精度にも依存します。

また、接続点で反射してしまう光のパワーを「反射減衰量」と呼びます。これは入射した光パワーと反射した光パワーの対数比であり、挿入損失とは逆に(絶対値が)小さいほど反射する光のパワーが大きいということになります。代表的な規格値は 40dB や 50dB 以上です。40dB の場合は、約 1 万分の 1 の光が反射していることになります。反射は屈折率の違いで生じるため、空隙があると非常に大きな反射光を生じます。

これら二つの特性のイメージを図 16 に示します。より通信光を減衰させずに、かつ反射光を少なくするためには、光コネクタの接続点はいつでもきれいであってはいけません。

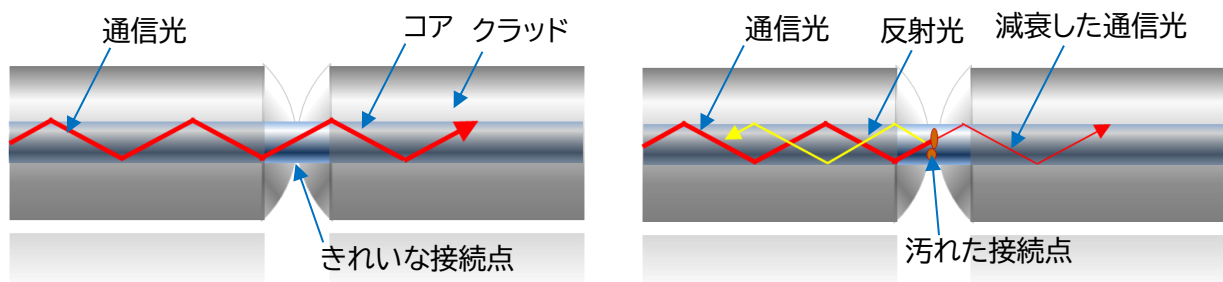


図 16 光コネクタの正常な接続と汚れた接続の状態

2.2. 光コネクタ端面の汚れ

表 1 や図 6 を見ていただいても分かる通り、光コネクタは先端部が露出しています。このため、衣服やフロアへの接触や、誤って指や手のひらに接触してしまうなど、様々な原因により気付かないうち汚れてしまうことがあります。光コネクタ接続が必要な現場で最も多い不具合(所定の光パワーが得られない)の原因の多くは、光コネクタの汚れによるものです。

これらの汚れは、きちんとしたフィジカルコンタクトを妨げることになり、隙間の発生や挿入損失の増加を起すことがあります。

具体的に光コネクタ端面に汚れが付着した時の光学特性に及ぼす影響の一例を示します。図 17 は、清浄な端面である光コネクタ同士を接続しているため良好な光学特性です。



図 17 汚れない光コネクタ同士を接続した際の端面状態と光学特性

図 18 は、大きなほこりが付着した時の結果です。光ファイバのコアに汚れがかかっており、挿入損失も反射減衰量も非常に悪い値になってしまっています。また、接続前は綺麗な端面だった対向側のコネクタ 2 が接続後に汚れてしまっていることも分かります。このようにして汚れは転移してしまいます。

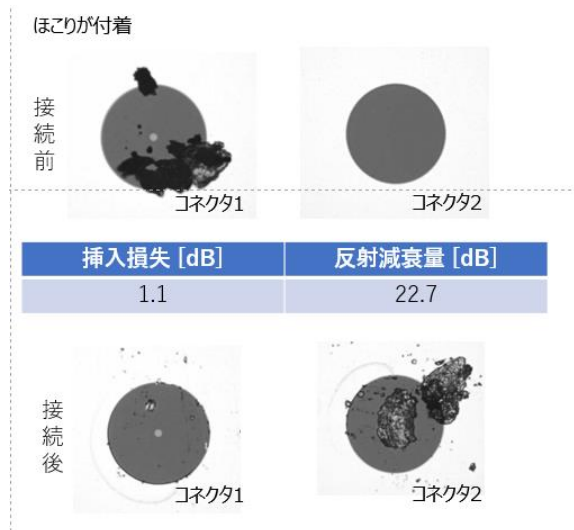


図 18 大きなほこりがついた光コネクタ同士を接続した際の端面状態と光学特性

図 19 では指が光コネクタ端面に触れてしまった想定で皮脂を付着させました。皮脂は液状なのでフィジカルコンタクトした際には非常に薄くなります。このため、ほこりに比べると光学特性の劣化は少ないものの少なからず影響を与えてしまいます。なお、接続後の円状の輪は光ファイバおよびフェルルが押し付けあった部分を示しています。つまりこの輪の内側がフィジカルコンタクトしていた領域です。

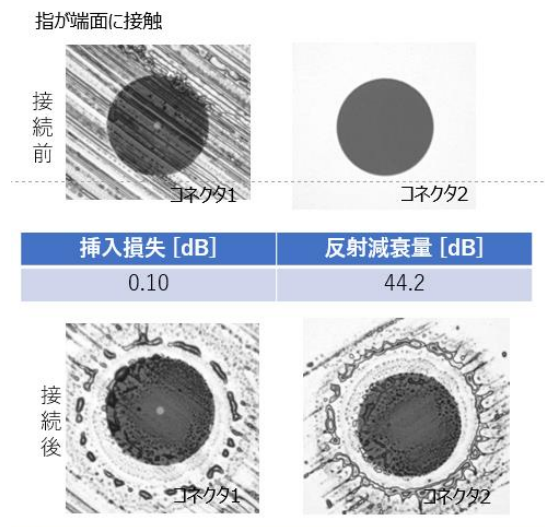


図 19 皮脂汚れがついた光コネクタ同士を接続した際の端面状態と光学特性

最後に綺麗な光コネクタ同士を繋げているのに挿入損失は悪くなく、反射減衰量が非常に悪い例を図 20 に例示します。これは光コネクタが半挿しになっている、つまり光ファイバ同士に空隙があるときの光学特性です。この場合、フィジカルコネクタしていないため、接続点で非常に多くの光が反射してしまい、ネットワークに不具合を生じさせる可能性が高まります。光コネクタによっては半挿しを示すラインがハウジング部品に描かれている場合があります。その場合はそのラインが見えないことを確認することが半挿しを防ぐ一つの予防策となります。このようなラインが描かれていない場合は、光コネクタ挿入時のクリック音で確認することも半挿しの予防に効果的です。

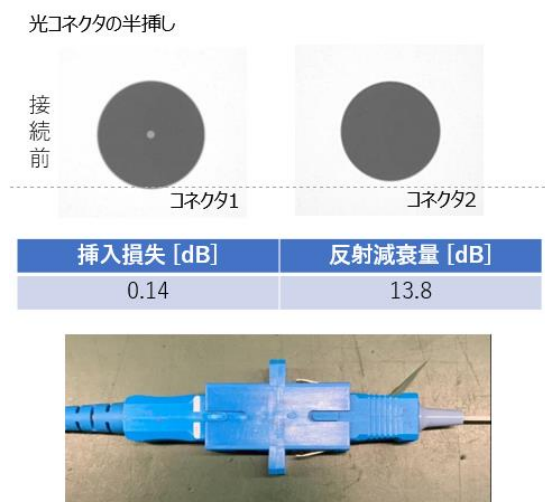


図 20 光コネクタが半挿しのときの光学特性

ここまでは光学特性について見てきましたが、汚れがある状態で接続すると別の問題を引き起こすことがあります。それは、コネクタ端面に傷や凹みを引き起こしてしまうことです。傷が、コアにかかると光学特性が悪くなることがあり、ネットワーク全体の不具合につながる場合があります。傷は一度端面に付くと、清掃では除去することはできません。このような場合は、ケーブルの交換といった非常に手間のかかる作業が必要になります。

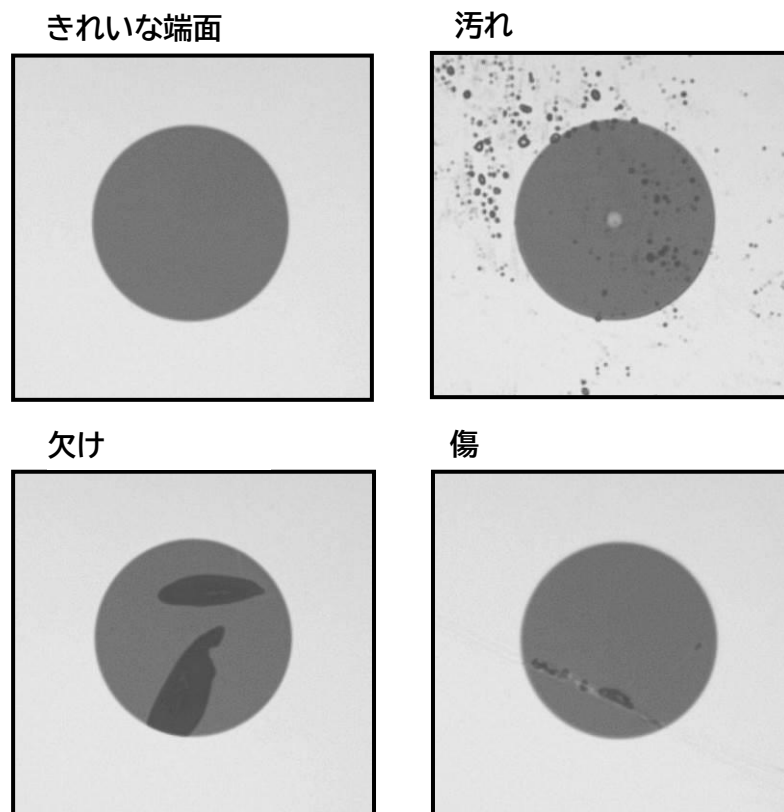


図 21 光コネクタの正常な端面と不具合のある端面

2.3. 光コネクタ接続時の汚れ

ここまで説明をした通り、光コネクタに付着した汚れは、光学特性の悪化や加傷など悪影響しか及ぼしません。このため、光コネクタを接続する前に端面を実際に検査、確認して接続することをおすすめします。

図 18 で見ていただいた通り、光コネクタを接続するときに、汚れがどちらか片方の光コネクタに付着していると、接続することでもう一方の光コネクタも汚してしまいます。また、コア付近に汚れが付着していなくても、フィジカルコンタクトするエリアに汚れがある場合は繰り返し接続するとコア付近に汚れが移動する可能性があります。

このため、導入したばかりの装置に汚れた光コネクタ接続することで対向側のきれいな端面を汚してしまい、汚れが転移・拡散することになります。また、長期間そのまま放

置されると、図22のように固着してしまう可能性があります。こうなると汚れは非常に除去しにくくなり、最悪の場合は光コネクタが損傷する場合があります。このような事態を回避するためにも、接続する前に、プラグ側とアダプタ側両方の光コネクタの端面の観察、および清掃が重要となります。

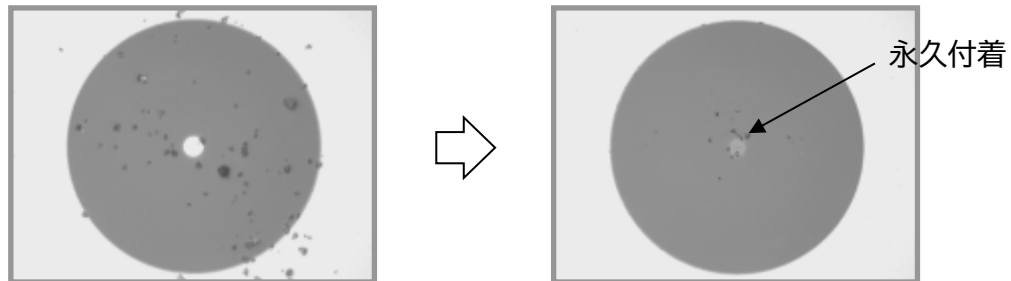


図 22 汚れたまま接続したときの汚れの固着

2.4. ハイパワーレーザによるダメージ

近年の情報通信量の増大に伴い、大容量で高速な光通信の実現に、波長多重伝送(WDM)など、ハイパワー化が進んでいます。特に数 100mW 以上のハイパワーレーザを使用する場合は、汚れの問題はもっと深刻です。

光コネクタ端面にゴミや塵埃が付着していると、その汚れが発熱し、光ファイバ端面が溶融することがあります。最悪の場合は、反射光により光ファイバへダメージを与えたり、装置を破壊したりし、通信システム全体に重大な損害を引き起こしてしまいます。

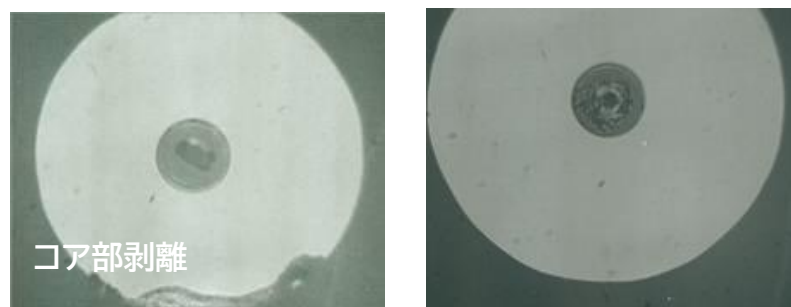


図 23 ハイパワーレーザによる、ファイバの破損

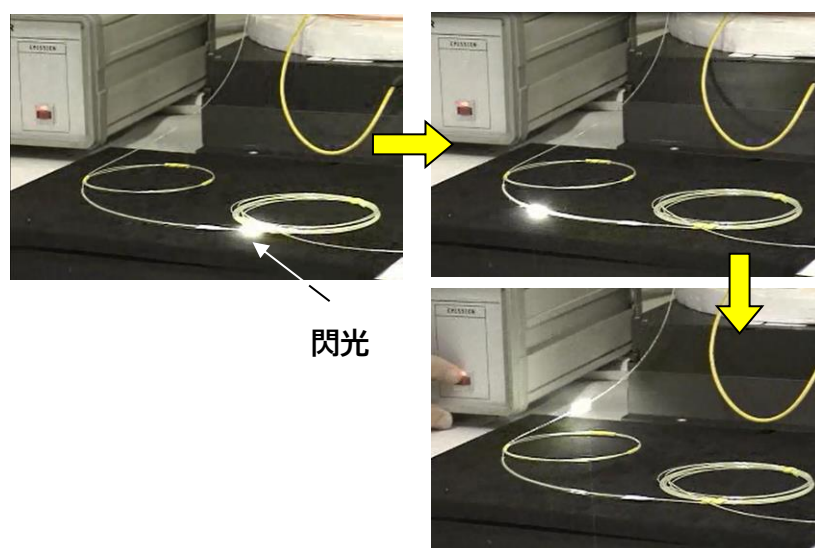


図 24 ファイバ・ヒューズ現象

図 24 は、高出力レーザ光が入射され、端面の汚れで発熱し、ある一定の温度を超えると光ファイバが溶融し、閃光が光源方向に伝播して行く様子を示しています。この現象をファイバ・ヒューズと言い、ファイバのコアが深刻な損傷を受けます。また逆走した閃光がレーザ出力装置を破壊します。このような状況になりますとファイバや通信装置が損傷し通信に使用できなくなります。

このような障害を未然に防ぐため、必ず光コネクタの端面は接続前にきれいに拭く必要があります。なお、ハイパワーレーザシステムの光コネクタの端面を拭く際には、必ずレーザ電源をきってから拭くよう心がけてください。

3. 光コネクタの清掃

ここまでは光コネクタ端面の汚れが及ぼす影響について説明してきましたが、ここからは予防するためにできることを説明します。せっかく超高速通信を実現するネットワークを構築しても、光コネクタの端面が汚れていると、思ったとおりの通信品質にはならないことがあります。光コネクタの端面は常に綺麗な状態を保つことが通信品質を担保する上で重要です。このため、接続前には必ず光コネクタ端面を清掃する必要があります。

3.1. 光コネクタクリーナとは

清掃するといっても、ハンカチや作業服などで拭くと逆に汚れを付着させてしまいます。光コネクタの端面を清掃するためのツールが、光コネクタクリーナです。NTT-AT の光コネクタクリーナは、専用に開発された清浄な清掃布が用いられています。この清掃布は、柔らかくて傷がつきにくい特長を持った超極細繊維を使用しております。また、清掃後の静電気を発生させにくい構造としており、皮脂やほこりなど多種多様な汚れに対して清掃を行うことができます。

3.2. アルコール清掃

光コネクタクリーナが開発される以前、端面の清掃はアルコールを用いて行われておりました。しかし、アルコールを用いて清掃した場合、作業者の清掃スキルの差異により光コネクタ端面に拭きスジが残る可能性があります。(図 25)

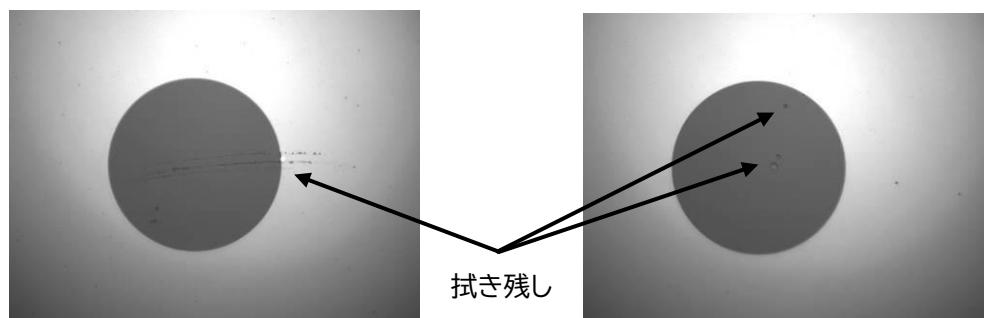


図 25 アルコールで清掃した場合の拭き残しの例

拭きスジは、拭き取りきれなかったアルコールやアルコールが蒸発した後の残渣です。このような拭き残しがある状態で、光コネクタを接続し、放置すると汚れが固着する可能性があります。汚れが固着した場合、光コネクタクリーナで清掃しても落ちにくい、非常に頑固な汚れとなってしまうことがあります。(図 26)

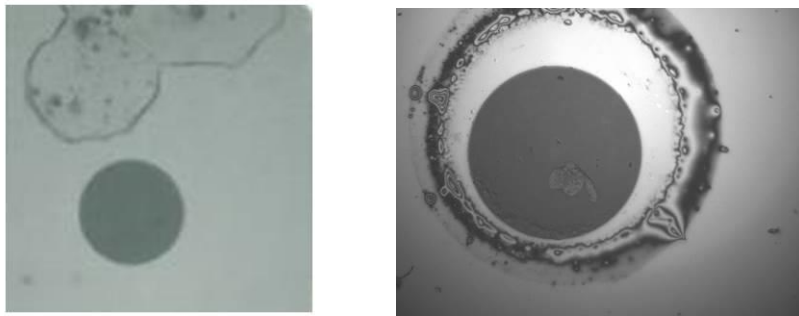


図 26 アルコールのシミ

NTT-ATの光コネクタクリーナは、光コネクタ専用開発された清掃布を用いたドライ清掃ツールで、アルコールを使用せずに清掃することができます。

3.3. 接続損失や反射減衰量への汚れの影響

図27は、汚れの有無による光学特性の変化を示しています。オレンジの点は汚れがあるときの光学特性であり、青い点はその汚れを光コネクタクリーナで除去したときの光学特性です。汚れがあると、接続損失や反射減衰量が増加してしまい、清掃を行うことで良化することが分かります。(図 27, 28)

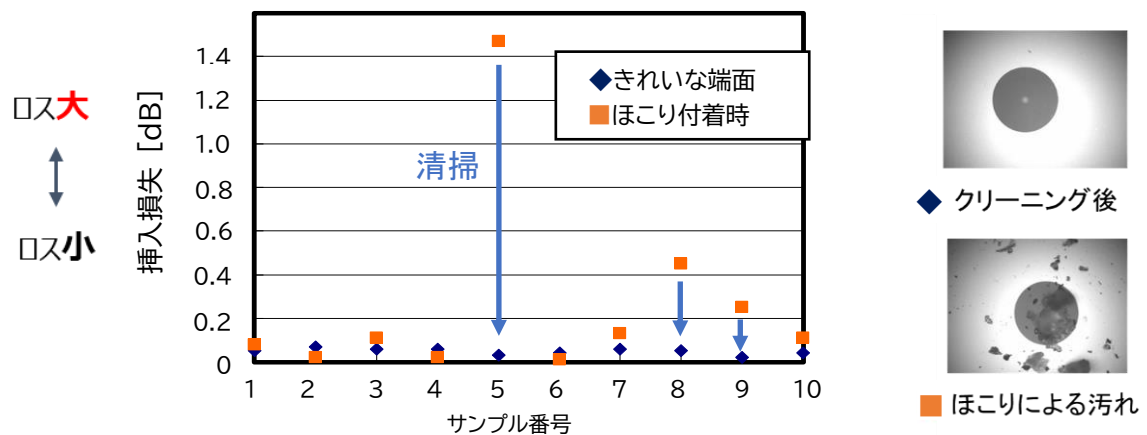


図 27 ほこりによる接続損失の変化の一例

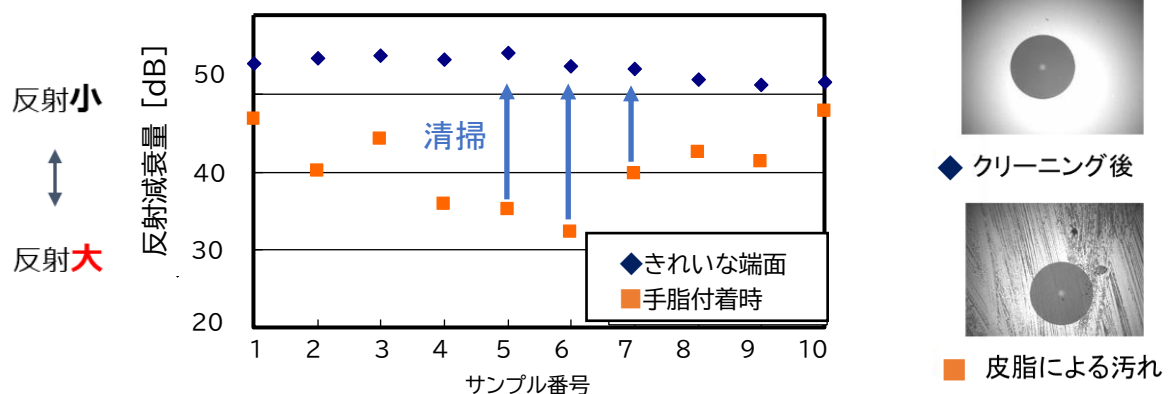


図 28 皮脂による反射減衰量の変化の一例

3.4. 光コネクタクリーナのラインナップ

光コネクタクリーナは清掃対象に合わせて使い分ける必要があります。光コネクタプラグの清掃にはリールタイプ、アダプタやレセプタクルにはスティックタイプを用います。最近ではプラグもアダプタも清掃できるペンタイプが非常によく使用されています。

NTT-AT では、これらの用途に合わせて多様な光コネクタクリーナをご用意しております。(図 29)

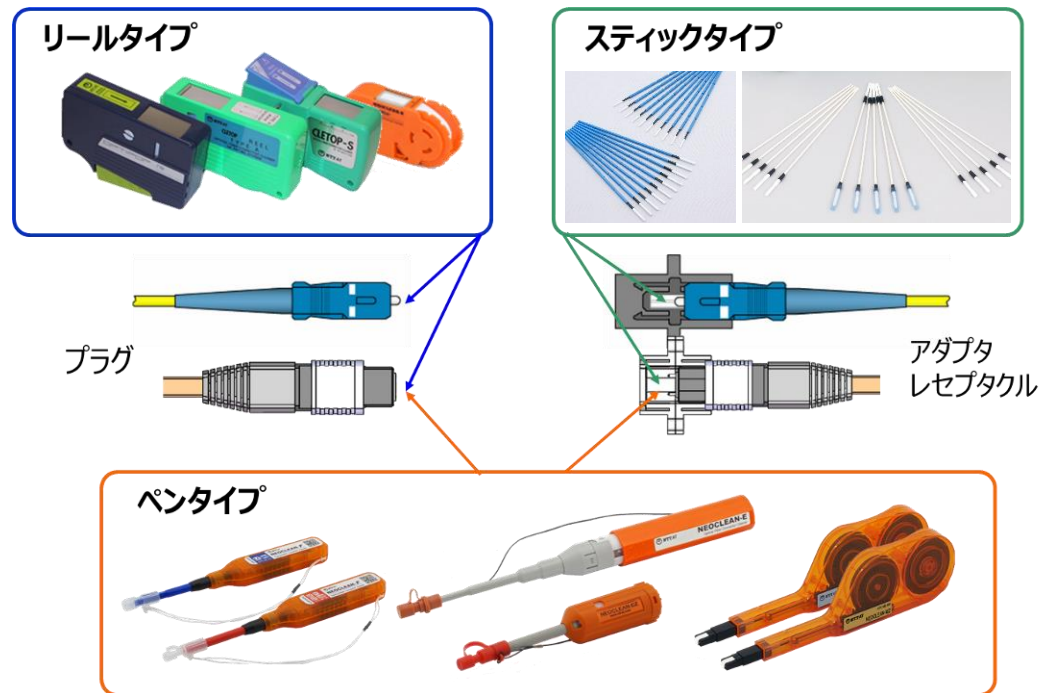


図 29 光コネクタクリーナの使い分け

それぞれのタイプの特徴を説明します。

図 30 に示すリールタイプは主に清掃布を交換することで本体を繰り返し使用できる特徴があります。清掃布の交換方法にはリール自体を交換するタイプとカートリッジを交換するタイプの 2 種類があります。また、機能を簡略化した使い切りのクリーナもあります。

リールタイプ（プラグ用）



CLETOP

- ・リール交換
- ・レバータイプ



CLETOP-S

- ・カートリッジ交換
- ・左右両利き用



OPTIPOP R

- ・リール交換
- ・左右両利き用



NEOCLEAN-R

- ・小型軽量
- ・使い切り

図 30 リールクリーナの種類

アダプタ内の光コネクタを清掃するために以前から使用されているのはスティックタイプです。（図 31）綿棒のようですが、クリーナ自体から発塵することはありません。汚れを清掃布に絡みつけて除去します。このため、スティックタイプは使い切りのクリーナです。

スティックタイプ（アダプタ/レセプタクル）用



CLETOP Stick

- ・使い切りタイプ



NEOCLEAN-S

- ・長さ調節可能
- ・使い切りタイプ

図 31 スティックリーナの種類

ここまでのクリーナはプラグかアダプタのどちらかしか清掃できませんでしたが、最近では両方とも清掃可能なペンタイプクリーナが便利で広く使用されています。単心コネクタ用のペンタイプクリーナには清掃糸が用いられ、汚れを取りながら常に清浄な糸が供給されるように工夫されています。また、コネクタに対して一定の力を自動で加えながら清掃するため、押し込み動作だけで人のスキルに依存しない光コネクタ清掃が可能です。

ペンタイプ(プラグ/アダプタ兼用)



NEOCLEAN-F

- ・単心コネクタ用
- ・小型、大容量
- ・使い切り



NEOCLEAN-E

- ・単心コネクタ用・カートリッジ交換



NEOCLEAN-EZ

- ・単心コネクタ用・小型
- ・カメラコネクタ等の特殊なコネクタにも対応
- ・使い切り



NEOCLEAN-M

- ・多心コネクタ用
- ・使い切り

図 32 ペンタイプクリーナの種類

3.5. コネクタの清掃方法

3.5.1. 光コネクタプラグ端面の清掃(リールタイプ)

リールタイプクリーナには、OPTIPOP/CLETOP/CLETOP-S/NEOCLEAN-R2 の4種類があります。OPTIPOPとCLETOPは同じリール交換タイプですが、清掃布の拭き心地やレバー配置が異なりますので、お好みに合わせて選択してください。清掃性能に差はありません。CLETOP-Sは交換カートリッジタイプですので、誰でも清掃布の交換が簡単にできます。NEOCLEAN-R2は、使い切りで、シャッタによる防塵機能やレバー動作による自動清掃布巻き取り機構を省くことにより本体の価格を抑えた簡易タイプです。

表 2 リールタイプクリーナの適応コネクタ表

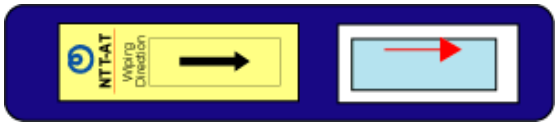
品名	OPTIPOP			
	R1	R2	R3	R4
型番	ATC-RE-01	ATC-RE-02	ATC-RE-03	ATC-RE-04
適応コネクタ	単心コネクタ 多心コネクタ (ピン無)	単心コネクタ	MT コネクタ MPO コネクタ (ピン有)	MT-RJ コネクタ (ピン有)
				
製品写真				

品名	CLETOP			CLETOP-S	
	A タイプ	B タイプ	MPO タイプ	A タイプ	B タイプ
型番	14100501	14100601	14100201	14110501	14110601
適応コネクタ	単心コネクタ (φ2.5mm に最適)	単心コネクタ 多心コネクタ (ピン無)	MT コネクタ MPO コネクタ (ピン有)	単心コネクタ (φ2.5mm に最適)	単心コネクタ 多心コネクタ (ピン無)
					
製品写真					

品名	NEOCLEAN-R2
型番	ATC-NE-R2
適応コネクタ	単心コネクタ 多心コネクタ (ピン無)
製品写真	

光コネクタプラグ端面の清掃方法を、OPTIPOP R を例に説明します。

① レバーを握るとシャッタが開きます。	 レバーは自転車のブレーキを握るような感じで、優しく丁寧に握って下さい。
② 同時に清潔な清掃布が清掃窓から現れます。	
③ 清掃面にプラグを垂直に押しつけます。	 押しつける強さは、コネクタ内部のバネの反発力を感じる程度の力です。

④プラグを清掃面に押しつけながら、清掃窓の端から端まで、一回擦ります。	 本体に表示した→の方向に擦ってください。 逆の方向で擦った場合には清掃布が緩んでしまい、うまく清掃出来ない場合があります。
⑥レバーを手放します。	次にレバーを握った際に、使用済みの清掃布部分は巻き取られ、清潔な清掃布が清掃窓に現れます。

※ 清掃布の一度使った箇所は使わないでください。擦った跡を目視で確認できますので、軌跡が重ならないようにご注意ください。

3.5.2. 光アダプタ内部の清掃（ペンタイプ、単心コネクタ）

光アダプタ内部の清掃には、ペンタイプの NEOCLEAN-F、NEOCLEAN-E、NEOCLEAN-EZ の 3 種類があります。

NEOCLEAN-F は 1000 回を超える清掃回数でありながらもコンパクトで操作性が優れたシリーズです。NEOCLEAN-E は先端ノズルが長いので高密度な空間でも清掃可能です。カートリッジ交換タイプでランニングコストを安く抑えることができます。

NEOCLEAN-EZ 使い切りタイプで、清掃回数が約 400 回と比較して少ないですが、放送・映像用光複合コネクタ（φ2.0mm）に対応した EZv や FTTA（Fiber to the Antenna）用 ODC コネクタに対応した EZ1Plus など、多様な光コネクタに対応しています。いずれのクリーナも斜め研磨（APC 研磨）コネクタにも対応しており、アタッチメントを装着することにより光コネクタプラグの清掃も可能です。（表 3）

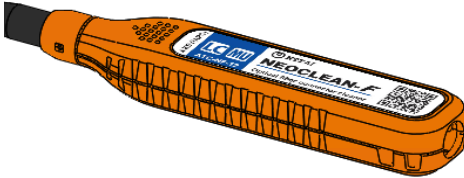
表 3 ペンタイプクリーナの適応コネクタ表

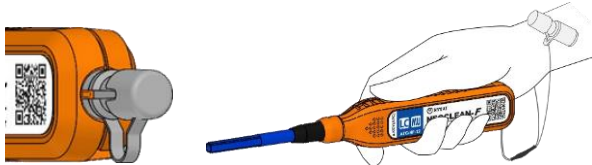
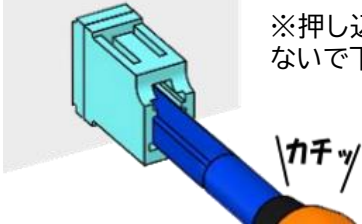
品名	NEOCLEAN-F	
	F12	F25
型番	ATC-NF-12	ATC-NF-25
適応コネクタ※	MU, LC	SC, FC, ST, E2000
製品写真		

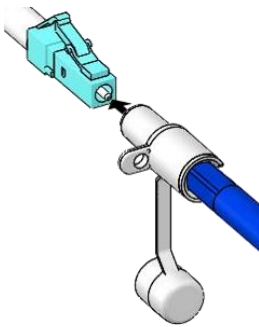
品名	NEOCLEAN-E		
	E1	E2	E3
型番	ATC-NE-E1	ATC-NE-E2	ATC-NE-E3
適応コネクタ※	MU, LC	SC, SC2, FC, FAS, FA	SC, FC, ST, E2000
製品写真			

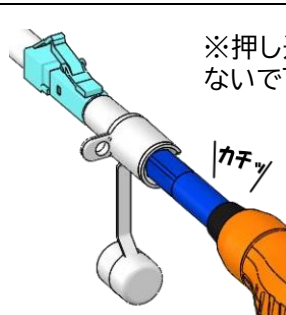
品名	NEOCLEAN-EZ				
	EZ1	EZ2	EZ3	EZ1 Plus	EZv
型番	ATC-NE-EZ1	ATC-NE-EZ2	ATC-NE-EZ3	ATC-NE-EZ1P	ATC-NE-EZv
適応コネクタ※	MU, LC	SC, SC2, FC	SC, FC, ST, E2000, $\phi 2.0\text{mm}$ (放送・映像用光複合コネクタ)	ODC, LC, MU, $\phi 1.25\text{mm}$ その他	$\phi 2.0\text{mm}$ (放送・映像用光複合コネクタ)
製品写真					

光アダプタ内部の清掃方法について、NEOCLEAN-F を例に説明します。

光アダプタ内部の清掃	
①清掃したい光アダプタに適応したペンタイプクリーナを使用します。	表 3 ペンタイプクリーナの適応コネクタ表をご参照ください。
②アタッチメントを外します。	 ※ガイドから外したアタッチメント紐が機器やケーブルに絡まないように、アタッチメントをクリーナの後端のホルダに保持するか、ストラップとしてご使用ください。

	
③先端部を光アダプタにまっすぐ挿入し、まっすぐ押し込みます	
④本体が止まるまで軽く押し込んでください。カチッと鳴って清掃完了です。	 ※押し込み時に過大な力を加えないで下さい。

光コネクタプラグの清掃	
①清掃したい光コネクタプラグ適応したペンタイプクリーナを使用します。	表 3 ペンタイプクリーナの適応コネクタ表をご参照ください。
②アタッチメントを取り付けます。	
③アタッチメント先端のキャップを外し、プラグのフェルール部が先端穴に入るようにクリーナにまっすぐ挿入し、まっすぐ押し込みます。	

④本体が止まるまで軽く押し込んでください。カチッと鳴って清掃完了です。	 ※押し込み時に過大な力を加えないで下さい。
--	---

3.5.3. 光アダプタ内部の清掃（ペンタイプ、多心コネクタ）

多心光コネクタである MPO コネクタ(MTP™ コネクタ)の清掃には、簡単なプッシュ操作で清掃できる NEOCLEAN-M シリーズを使用ください。一般的に用いられている 12 心(24 心)の MPO コネクタだけでなく、16 心(32 心)の MPO コネクタに対応したクリーナもご用意しております。いずれのクリーナも斜め研磨(APC 研磨)コネクタにも対応しており、アタッチメントを装着することにより光コネクタプラグの清掃も可能です。(表4)

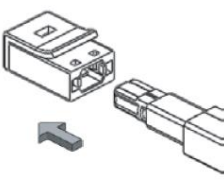
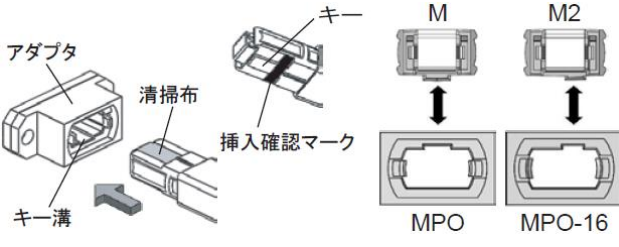
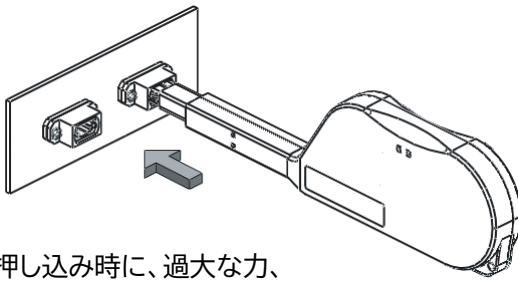
表 4 ペンタイプクリーナの適応コネクタ表(多心)

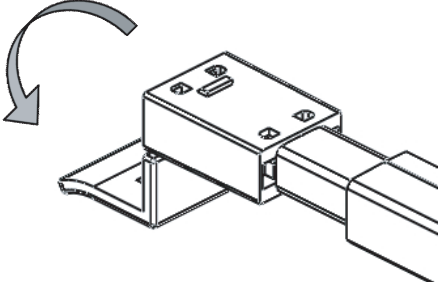
品名	NEOCLEAN-M	NEOCLEAN-M2
型番	ATC-NE-M1	ATC-NE-M2
適応コネクタ	MPO コネクタ MTP™ コネクタ (ピン有/無)	
適応心数	主に 12 心、24 心※ ¹	主に 16 心、32 心※ ²
製品写真		

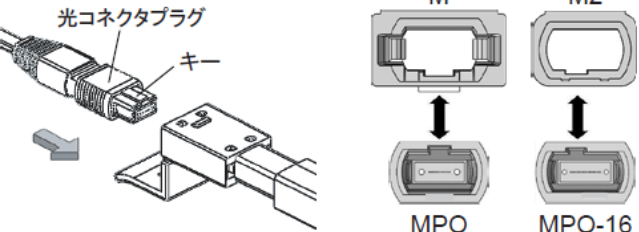
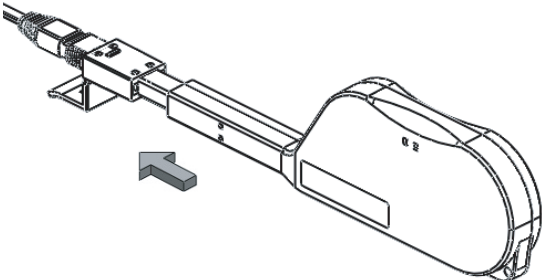
※¹ ATC-NE-M1 は、キーが中心にある MPO コネクタに対応します
その場合 12 心より心数が少なくても適応することができます

※² ATC-NE-M2 は、キーが中心からずれている MPO コネクタに対応します
その場合 16 心より心数が少なくても適応することができます

MPO 形光コネクタの清掃方法を、NEOCLEAN-M/NEOCLEAN-M2 を例に説明します。

光アダプタ内部の清掃	
①清掃したい MPO コネクタに適応したペンタイプクリーナを使用します。	表 4 ペンタイプクリーナの適応コネクタ表をご参照ください。
②アタッチメントを外します。	
③光アダプタとガイドのキーを合わせて下さい。 清掃布または挿入確認マークが完全に隠れるまで押し込みます。	
④本体が止まるまでまっすぐ押し込んでください。カチッと音が鳴って清掃完了です。	 ※押し込み時に、過大な力、矢印方向以外への力を加えないで下さい。

光コネクタプラグの清掃	
①清掃したい MPO コネクタに適応したペンタイプクリーナを使用します。	表 4 ペンタイプクリーナの適応コネクタ表をご参照ください。
② アタッチメントを取り付けます。	

③アタッチメントと光コネクタプラグのキーを合わせて下さい。アタッチメント先端のキャップを外し、プラグのフェルール部が先端穴に入るようにクリーナにまっすぐ挿入し、まっすぐキーが隠れるまで押し込みます。	
④本体が止まるまで軽く押し込んでください。カチッと鳴って清掃完了です。	 ※押し込み時に、過大な力、矢印方向以外への力を加えないで下さい。

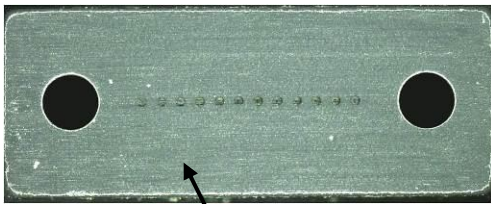
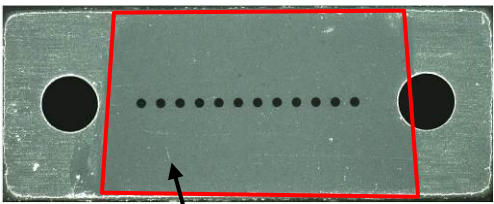
	清掃前	清掃後
皮脂	 皮脂汚れ	 綺麗な清掃面

図 33 NEOCLEAN-M による清掃例

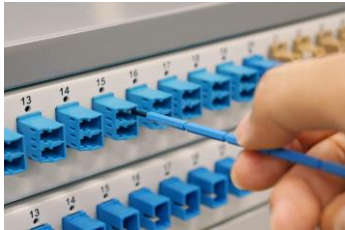
3.5.4. 光アダプタ内部の清掃（スティックタイプ）

光アダプタ内部の清掃には CLETOP Stick、または、NEOCLEN-S の 2 種類があります。スティックタイプには、 $\phi 1.25\text{mm}$ 用、 $\phi 2.0\text{mm}$ 用、 $\phi 2.5\text{mm}$ 用の 3 種類があり、一般的な光コネクタであれば光アダプタのほとんどのものが清掃できます。（表 5）

表 5 スティックタイプクリーナの適応コネクタ表

品名	CLETOP Stick			NEOCLEAN-S	
	2.5mm タイプ	2.0mm タイプ	2.0/2.5mm 両端付	1.25mm タイプ	2.5mm タイプ
型番	14100400	14100402	14100403	ATC-NS-125	ATC-ST-02N
適応 コネクタ	SC, SC2, FC ST, E2000 (フェルール径: φ2.5mm)	フェルール径: φ2.0mm (放送・映像用 光複合コネク タ)	フェルール径: φ2.5mm フェルール径: φ2.0mm (放送・映像用 光複合コネクタ)	MU, LC (フェルール径: φ1.25mm)	SC, SC2, FC ST, E2000 (フェルール径: φ2.5mm)
製品 写真					

光アダプタ内部の清掃方法について、NEOCLEAN-S を例に説明します。

光アダプタ内の清掃	
①清掃したい光アダプタに適応したスティッククリーナを使用します。	表 5 スティックタイプクリーナの適応コネクタ表 をご参照ください。
②スティッククリーナの先端部分を汚さないように、袋の中から軸側を掴んで、1 本取り出してください。	
③スティッククリーナの先端部分を光アダプタ内にまっすぐ挿入して、セットされているフェルールが押し下がる程度の荷重で押しながら 3-5 回転させてください。 <適正荷重> φ1.25mm の場合:200~300gf φ2.5mm の場合:300~500gf	
④使い終わったスティックは廃棄して下さい。	

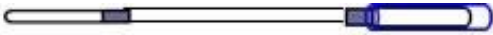
3.5.5. 放送・映像用光複合コネクタの清掃(スティックタイプ、ペンタイプ)

各種放送・映像機器用の光複合コネクタ(LEMO社製、カナレ電気社製、多治見無線電機社製など)のスリーブ内部の清掃には、CLETOP Stick、NEOCLEAN-EZ3、NEOCLEAN-EZvを使用します。(表 6)

表 6 放送・映像用光複合コネクタの適応クリーナ表

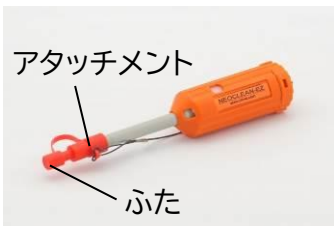
品名	CLETOP Stick		NEOCLEAN-EZ	
	2.0mm タイプ	2.0/2.5mm 両端付	EZ3	EZv
型番	14100402	14100403	ATC-NE-EZ3	ATC-NE-EZv
適応 コネクタ	φ2.0mm (放送・映像用 光複合コネクタ)	φ2.0mm (放送・映像用 光複合コネクタ) φ2.5mm	φ2.0mm (放送・映像用 光複合コネクタ) SC,FC,ST,E2000	φ2.0mm (放送・映像用 光複合コネクタ)
製品 写真				
特長	持ち運びに便利なスティックタイプ スリーブの内側も清掃可能		φ2.0mm 以外に も SC,FC コネクタ 等に適応	プラグ側のスリー ブを抜かずに清掃 可能

放送・映像用光複合コネクタの清掃方法を、2 種のクリーナを例に説明します。
ここでは CLETOP Stick 2.0/2.5mm 両端付を例に説明します。

①スティックタイプクリーナを プラグもしくはジャックの 軸方向に合わせます。	 φ2.0mm(プラグ用) φ2.5mm ガイド付(ジャック)
②プラグ側を清掃する場合 は、φ2.0mm 側をスリー ブ穴へ挿入します。ジャック 側を清掃する場合は、ガイ ド付側にフェルールを挿入 してください。	 プラグ側 スリーブ  ジャック側 フェルール

	誤ってスリーブ穴以外に入れてしまったスティッククリーナは使わずに新しいものをご使用ください。
③スティックを相手のフェール端面に一定の力で押しつけながら、3-5 回転させてください。 。	 プラグ側 ジャック側 2.0mm φ 側でプラグ側、2.5mm φ ガイド付でジャック側が清掃できます。
④使い終わったスティックは廃棄して下さい。	

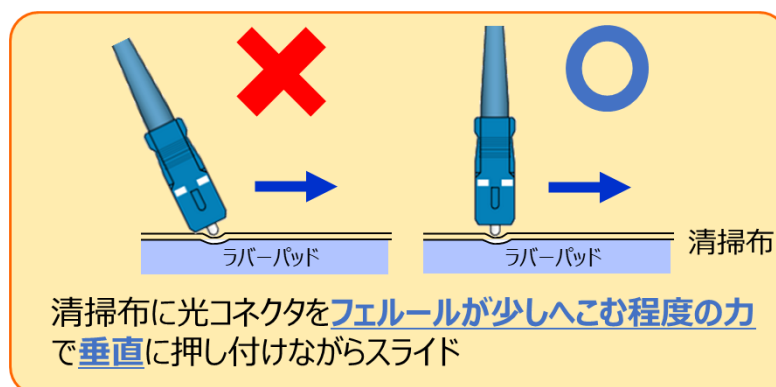
ここでは、NEOCLEAN-EZvを例に説明します。

①プラグ側を清掃する場合はアタッチメントを外し、ジャック側を清掃する場合はアタッチメントを装着した状態でふたを外してください。	 アタッチメント ふた
②プラグ側を清掃する場合は、クリーナ先端をスリーブ穴にまっすぐに挿入します。 ジャック側を清掃する場合は、フェールルをアタッチメント先端の穴にまっすぐに挿入します。	 プラグ側 ジャック側
③クリーナを押し込みます。 押し込みが止まるとクリーニング完了です。	 プラグ側 ジャック側

※NEOCLEAN-EZ3 をご使用の場合は、プラグ側の清掃にはスリーブを抜く必要があります。スリーブの抜去方法については、コネクタメーカーの説明に従ってください。

3.6. 清掃の失敗例

リールタイプクリーナを用いる際に、光コネクタを清掃面に押しつける力が弱かったり、光コネクタを傾けてしまったりすると、拭き残りが発生することがあります。また、スティックタイプクリーナを用いる際に、スティックを光コネクタに押し付ける力が弱いときも同様です。適当な力でまっすぐに力がかかるように心がける必要があります。

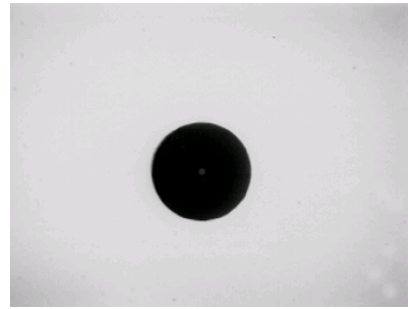


一方で、NEOCLEAN-E や NEOCLEAN-EZ を用いた場合は、誰が使用しても適圧がかかるように設計されているため、このような失敗事例は発生しません。しかし、アダプタに対して斜めに挿入すると、クリーナを破損してしまうことがありますので、まっすぐに挿入することを心がけてください。

表 7 清掃の失敗事例(リールタイプクリーナの場合)

説明	光コネクタプラグ端面
汚れた光コネクタプラグ端面の写真です。	
光コネクタプラグ端面をほとんど押しつけずに清掃した場合、汚れが残っています。	

光コネクタプラグに内蔵されたバネの反発力を感じる程度の力で清掃布に押しつけることで汚れが除去できました。



3.7. 同じ清掃面で清掃したらどうなるのか？

意図的ではなくとも、同じ清掃面で一度清掃した場所を使って清掃してしまうことがあるかもしれません。この場合、拭き取れる場合もありますが、繊維や塵などは拭き取れないことや逆に清掃布から光コネクタ端面に付着させてしまう場合があります。また、清掃布に吸着した油汚れが、光コネクタに転移し、綺麗な端面を汚してしまうこともあります。以下の写真は、フェルール端面を絨毯に押しつけて、清掃布の同じ面で清掃したときのものです。汚れが残ってしまっていることが分かります。

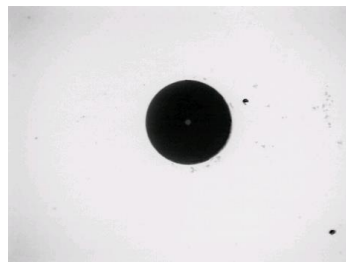


図 34 同じ清掃面で清掃した端面

大切な光コネクタを良好な状態に保ち、高品質なネットワークを構築するためにも、一度清掃した清掃面では清掃を行わないで下さい。

4. 光コネクタの検査

4.1. 光コネクタの使用前に

ネットワーク不具合の一番の原因は光コネクタ端面の汚れによるものです。光コネクタ接続前に光コネクタ端面を検査し、汚れがある場合は清掃を行うことで、未然に障害を防ぐことができます。

光コネクタを接続してもよいかどうか判断するには、専用の光コネクタ端面検査機を用いて**光コネクタ端面の観察を行うことが最も効果的で確実な方法です。**

接続可否の判断をするためには、図 35 のフローチャートを参考にしてください。光コネクタを接続するには、まず、①光コネクタ端面を観察し、②接続の判断を行い、③汚れていればクリーナで清掃し、④きれいになったことを確認して接続する、というフローを実施することにより、汚れによる不具合発生を最小限に抑えることができます。光コネクタ端面検査機の一般的な視野範囲は図 36 の通りです。

どうしても取れない汚れ、傷がついていた場合は、再研磨により光コネクタ端面を再生できます。詳細は第 6 章をご参照ください。

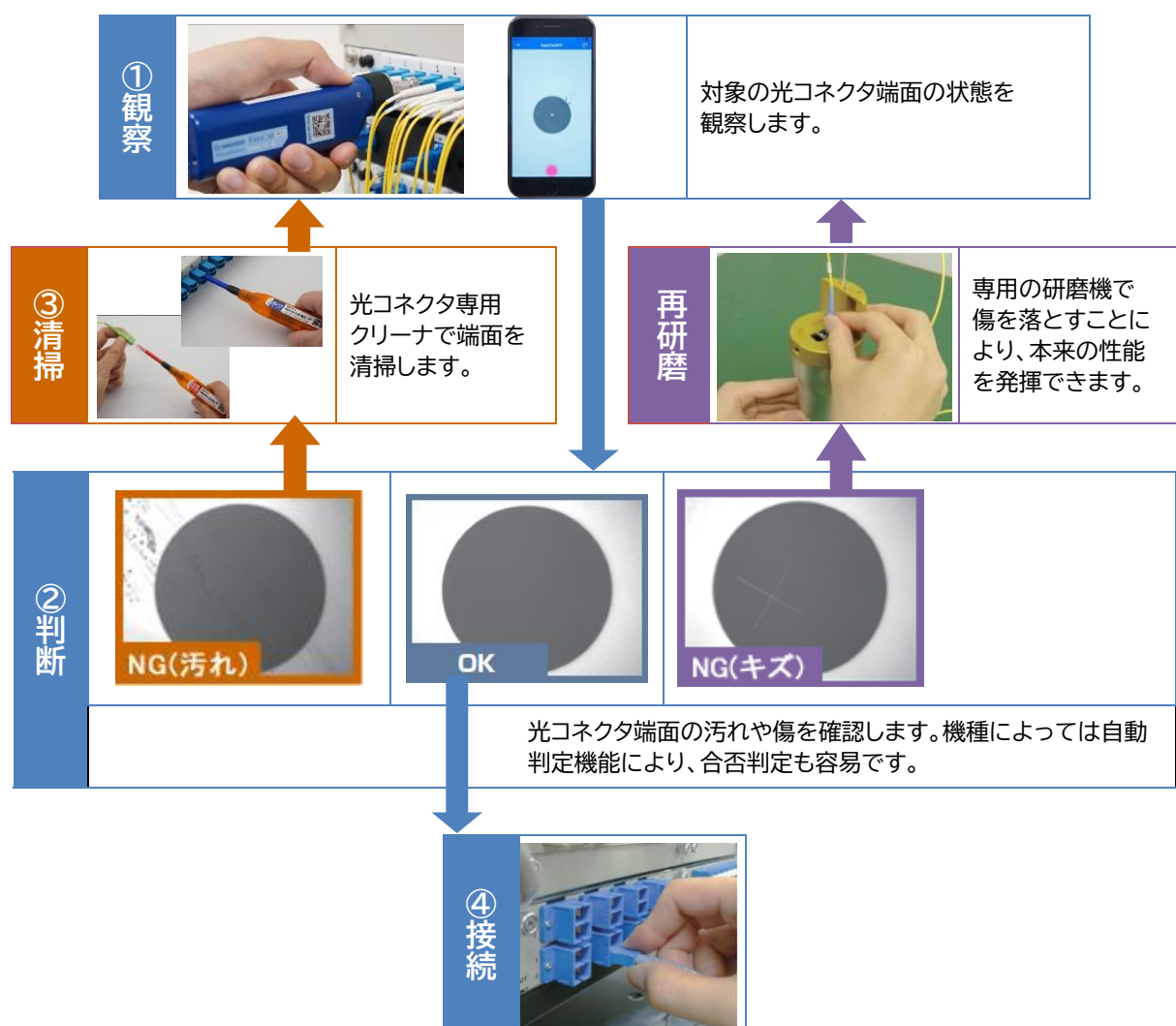


図 35 光コネクタ端面検査の流れ

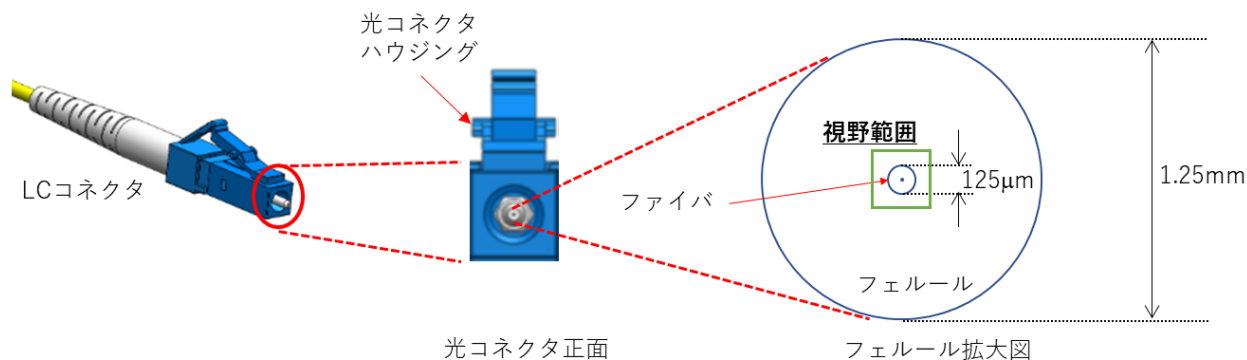


図 36 光コネクタ端面の観察場所

4.2. 光コネクタの検査

光コネクタの損失や反射の発生している場所を特定する装置として、一般的にOTDR (Optical Time-Domain Reflectometer)が用いられます。OTDRは、施工現場等で接続点やケーブルに異常な点がないかを確認するために用いられ、測定器のポートから出射された光は、光ケーブルの異常点や接続点などで反射、散乱されます。これらの損失や反射を経時毎にあっていき、トレースという形で結果を表示します。図37は、正常な端面のコネクタとコア付近に汚れが付着したコネクタを接続したケーブルのOTDRの測定結果です。

図37からも読み取れるように接続点②での反射が大きくなっています。実際の光コネクタ端面の様子も合わせて図示します。このように少しの端面の汚れでも通信レベルを低下させ、ネットワークの障害を引き起こします。

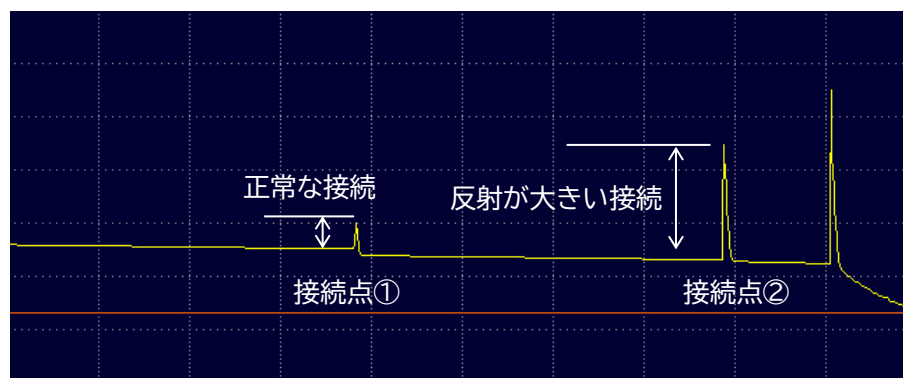
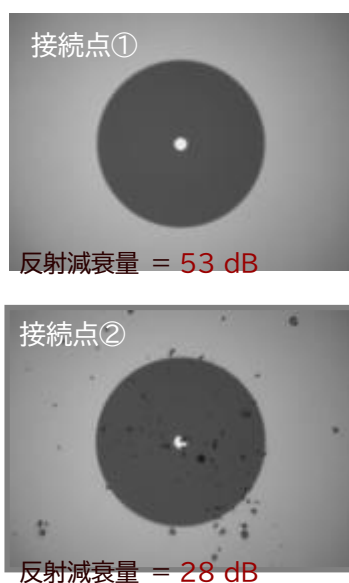


図 37 OTDR のトレースと各接続点での反射結果

4.3. 光コネクタ端面検査機概要

かつては、光コネクタ端面を直接覗き込むタイプが主流でしたが、レーザ光が出力されている場合は網膜を損傷してしまうリスクがありました。現在は、端面の像をカメラで受光し、その信号をモニタ上に映し出すタイプが主流となっており、直接レーザ光を覗きこまない設計になっており、安全性が考慮されています。

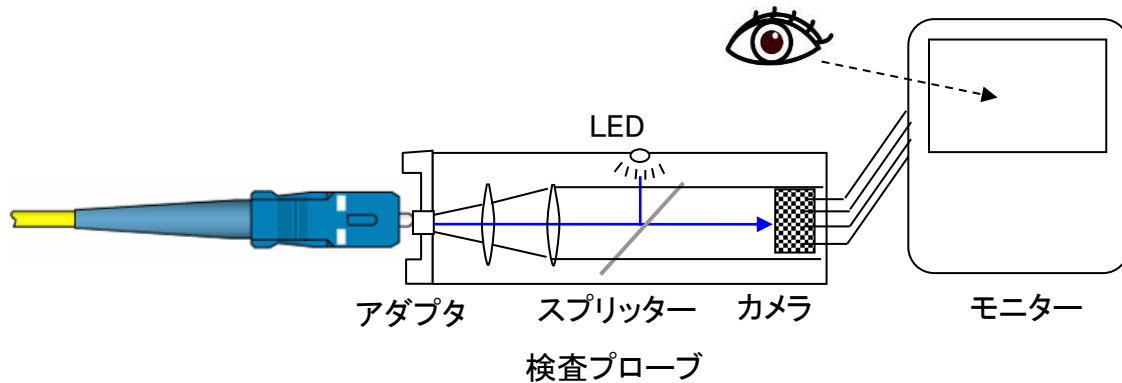
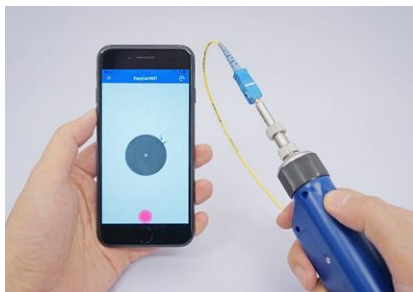


図 38 光コネクタ端面検査機概要図

光コネクタ端面検査機は大きく分けて、接続保守作業現場向け、光コネクタ製造ライン向けの 2 種類があります。接続保守現場では、軽量・コンパクトで取り扱いが容易な可搬型、製造ライン向けでは、高精度の据置型、などと用途によって使い分けられています。



接続保守作業現場向け
(写真 は EasyGetWiFi)



光コネクタ製造ライン向け
(写真 は EC400KC)

図 39 光コネクタ端面検査機の製品例

4.4. 光コネクタ端面の判定基準

今まで光コネクタは、製造メーカー独自の検査基準に従い、検査、出荷されていました。そのため、検査基準は一般的に厳しく設定されることが多く、光コネクタの低コスト化を図る上で大きな障害となっていました。また、光コネクタ製造メーカーの出荷基準と装置メーカーの受入基準が異なるため混乱が生じることもたびたび発生していました。そのた

め、国際標準化委員会で光コネクタ端面の判定基準が議論され、国際規格として制定されました。ここでは、その端面の判定基準について紹介します。

光コネクタ端面の判定基準は、端面を複数のゾーンに分けて、光コネクタのコアから同心円状に定義されています。

単心コネクタでは、4つのゾーンに定義され、中心からA:コアゾーン、B:クラッドゾーン、C:接着剤(エポキシ)ゾーン、D:フィジカル接続ゾーンとなります。コア中心に近いほど、傷や欠陥が接続損失や反射減衰量などの光学特性に影響を与えやすく、判定基準は厳しくなります。光コネクタ端面の判定基準は各ゾーンにおいて、傷や欠陥(ピット痕等)の大きさ(幅)や個数によって規定されます。Dゾーンの外は、フィジカルコンタクトに関係のないエリアのため、判定の範囲外になります。

多心コネクタでは、フェルール材質、接続方法が単心コネクタと異なるため、2つのゾーンに定義されます。また、単心コネクタとは判断基準も異なります。

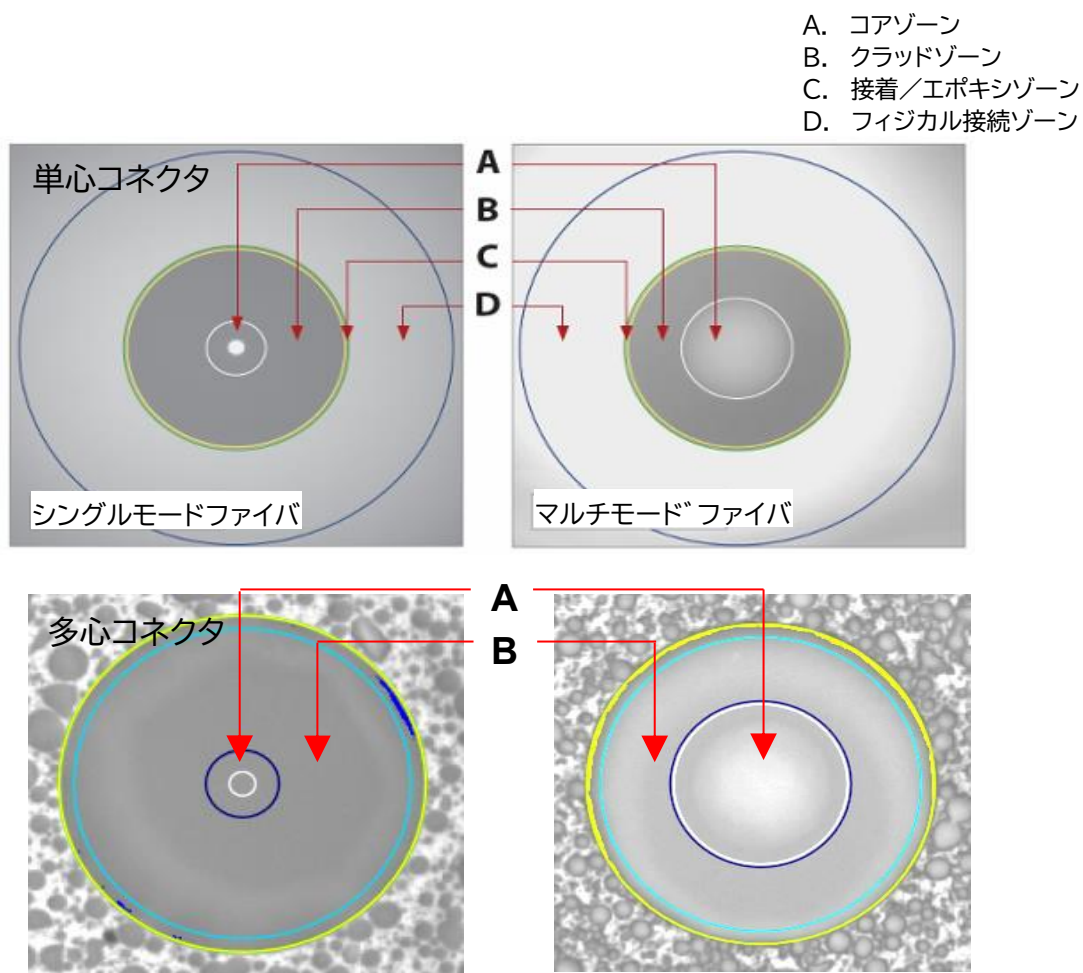


図 40 光コネクタ端面検査時のゾーン

詳細な内容は、IEC(国際電気標準会議)で制定されている IEC 61300-3-35 の最新版をご参照ください。

5. 光コネクタ端面検査機

5.1. 光コネクタ端面検査機の選び方

端面検査機は、光コネクタの検査専用設計されており、接続・保守現場作業向け、光コネクタ製造現場向けにそれぞれ多様な機種があります。また、機種によって様々な機能を有しており、特徴的なものは、

- プラグとアダプタの両方を効率的に観察できる検査機
- 端面の汚れや傷の状態を判定する自動判定機能付検査機
- パワーメーター機能を備えた現場工事に最適な検査機
- ワイヤレスで手元のタブレットやスマートフォンで端面状態を観察できる検査機

等が挙げられます。使用される場面や求める機能に応じて、端面検査機を選択してください。NTT-AT では、多くの機種をご用意しており、お客様のニーズに応えることができます。どの検査機を選択してよいか、迷ってしまう場合には、NTT-AT にご相談ください。ご使用されるシチュエーションに沿った最適な機種を提案させていただきます。また、それぞれの端面検査機に対して、様々な光コネクタに合わせたチップも多数用意しております。

■可搬型モデル

接続・保守現場作業向け



特長

- ・軽量、コンパクトで持ち運びに便利
- ・先端のチップ交換だけで、各種コネクタの観察に対応
- ・端面状態を国際規格に則って合否判定
- ・オートフォーカス付きモデルなど多彩なラインアップ



EasyGetWiFi (モニター別/ワイヤレス)



AutoGet (モニター別/AF)



AutoGetWiFi (モニター付/AF)



SMX-MANTA-W+ (モニター別/AF)

図 41 光コネクタ端面検査機のラインナップ(可搬型モデル)

■据置型モデル

光コネクタ製造ライン向け



特長

- ・製造ライン等の頻繁な挿抜に最適なプラグ側の検査に特化
- ・視野範囲(倍率)が異なる複数のモデルをラインアップ
- ・PC 不要のモデルは単体で端面観察と検査が可能



EasyCheckシリーズ (モニター付/AFなし)



AutoCheck (モニター付/AFなし)



SmartCheck (モニター別/AF)

図 42 光コネクタ端面検査機のラインナップ(据置型モデル)

5.2. 光コネクタ端面の状態確認方法

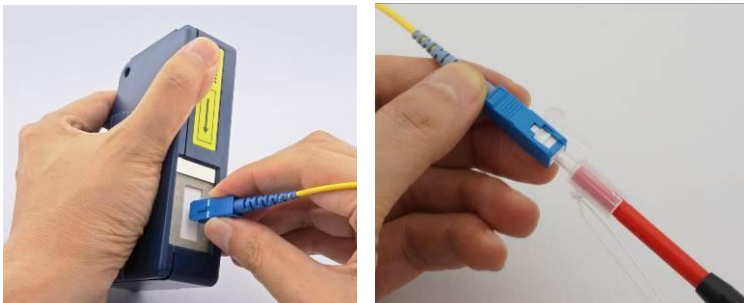
ネットワーク装置の光コネクタ端面の状態を確認する方法を、EasyGetWiFi を例に説明します。

① 光コネクタアダプタの観察



観察したい光コネクタアダプタの光コネクタプラグを取り外します。プローブ先端部をまっすぐ挿入し、フォーカスを調整し、端面状態の検査を実施します。

光コネクタプラグの端面が装置やラック、衣服等に触れないように注して静置してください。

② 光コネクタアダプタの清掃	 検査が不合格だった場合は、ペンタイプクリーナあるいはスティックタイプクリーナで清掃してください。清掃後、再度光コネクタアダプタの観察をしてください。
③ 光コネクタプラグ観察	 観察したい光コネクタプラグをプローブ先端部にまっすぐ挿入し、フォーカス調整し、端面状態の確認を実施します。 ※プラグとアダプタではチップが異なります。アダプタを介してプラグを観察することでチップ交換不要で端面状態を確認することができます。
④ 光コネクタプラグ清掃	 検査が不合格だった場合は、リールタイプクリーナあるいはペンタイプクリーナで清掃してください。清掃後、再度光コネクタプラグの観察をしてください。
⑤ 光コネクタプラグ接続	検査に合格した場合は、光コネクタプラグを光コネクタアダプタに接続します。不合格だった場合は、もう一度クリーナで清掃を行ってください。

※光コネクタクリーナは、端面検査機に付属しません。別売りとなります。

5.3. 検査ツールの特徴的な機能の紹介

5.3.1. ワイヤレス

これまで多くの端面観察機は、有線ケーブルでパソコンやタブレットまたは専用モニタに接続されて端面の状態を確認していました。最近のモデルでは、Wi-Fi 機能が端面検査機に内蔵されており、専用ソフトウェアを介してお手元のスマートフォン、タブレットで端面の状態を確認することができます。有線ケーブルの取り回しの煩わしさを軽減できます。

5.3.2. 自動判定機能とレポート表示

端面の合否判断を目視で行った場合、作業者による差異や汚れの見逃しが生じる可能性があります。多くの端面検査機は、内蔵されたソフトウェアあるいは専用ソフトウェアの提供により、端面の状態(走り傷、ピット痕／欠けなど)を IEC 61300-3-35 による国際判定基準にて合否を自動で判定する機能があります。これを用いることにより、作業者に依らず検査基準の統一を図ることができ、また、お客様に対しても根拠のある合否基準でレポートを提供することが可能になります。

また、お客様のネットワークの敷設、保守を行う際に、接続前の光コネクタ端面の状態を証跡として残すことは後のトラブル回避につながります。合否を判定した上で、それを自動でレポート表示・保存をする機能を用いて、手間をかけずに、簡単に作業報告書を作成することができるようになります。

実際の端面検査結果画面と検査結果レポートについて、Dimension Technology 社製端面検査機専用ソフトウェア SmartCheck を例に説明します。

SmartCheck は多心コネクタの検査に特化しており、それぞれのファイバ端面の合否自動判定機能を有しています。また、検査結果レポートでは、全てのファイバ端面を一枚のレポートにまとめることができます。

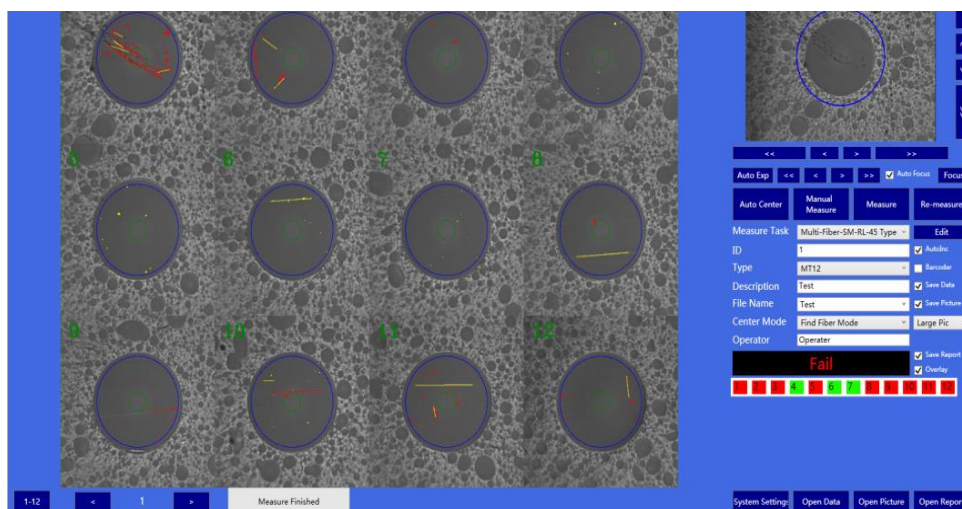


図 43 SmartCheck を用いた多心光コネクタ端面検査結果例

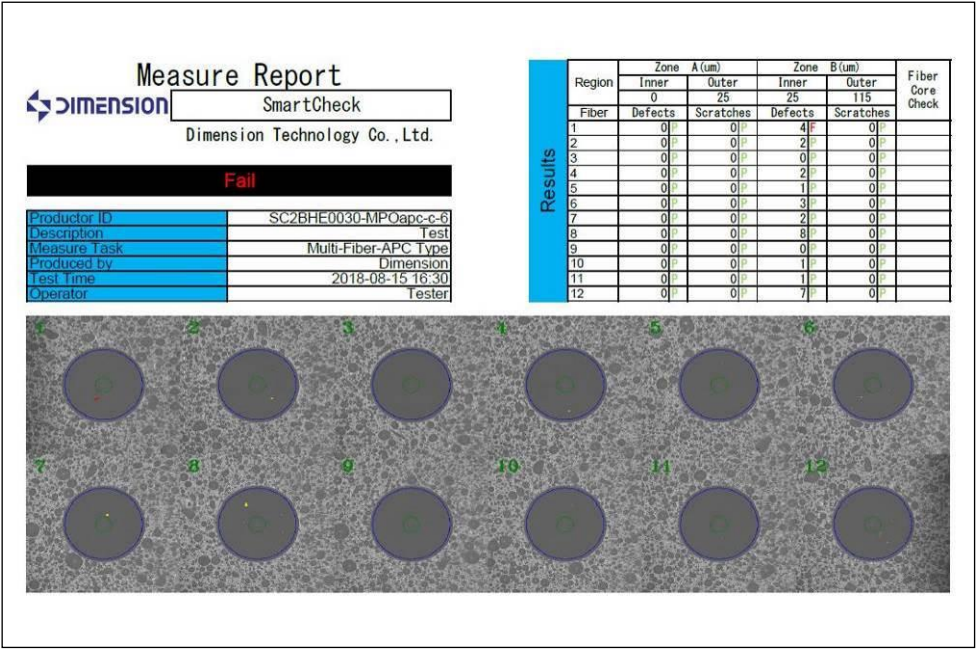


図 44 SmartCheck を用いた光コネクタ端面検査結果レポート例

6. 光コネクタの再研磨

6.1. 現場向け光コネクタ研磨ツール

粗雑な取り扱いをされた光コネクタ、固着しクリーナでは取れない汚れがある光コネクタ、現在ほど研磨精度が高くない時期(約 25 年以上前)に敷設された光コネクタは、端面の傷等により、十分な特性が出ないことがあります。

端面検査機で不合格と判定され、光コネクタクリーナで清掃しても取れない場合、どのようにしたらよいでしょう。

光コネクタプラグは、製造段階でフェルール端面を球面状に精密な研磨をして作製されます。傷は表面付近にあることが多く、表面を再研磨することにより再生可能です。この際に形状が大きく変わってしまった場合は、光コネクタの品質も下がります。形状を大きく変化させずに、簡単に短時間で傷を取り除くことができるツールが必要となります。

ここでは、現場でも簡単に研磨ができるように開発されたハンディ型光コネクタ用研磨機 POP-311 について紹介いたします。

POP-311 は、以下のような特徴を持っています。

① 高品質

工場での量産用研磨機で培われた技術をベースに、据置型研磨機と同じ研磨品質を実現します。

② 短時間

高速研磨により、短時間に、簡単に現場で研磨できます。白く見える傷であれば、30 秒程度で除去可能です。

③ バッテリー駆動

単 3 電池 4 本で駆動しますので、電源の取れない環境で研磨可能です。
(AC アダプタもオプションとして取り扱っております。)



※電池は本体に付属しません

表8 ハンディ型光コネクタ用研磨機 POP-311 対応コネクタ一覧

単心	フェルール	SC、FC (φ2.5mm)	PC/APC
		LC、MU (φ1.25mm)	PC/APC
	コネクタ	SC	PC/APC
		SC2	PC
		FC	PC/APC
		LC	PC/APC
		LC-Duplex	PC/APC
多心	フェルール	MT 0°(MPO 0°※)	
		MT 8°(MPO 8°※)	
		MT-RJ 0°、miniMT 0°	

※MPO コネクタには非対応です。MPO コネクタのハウジングを外して MT フェルールの状態で研磨してください

※表8に記載のないコネクタを研磨したい場合にはご相談ください

6.2. 光コネクタの研磨工程

光コネクタの製造では、図 45 のように多段階の研磨工程を経て、フェルールが研磨されます。

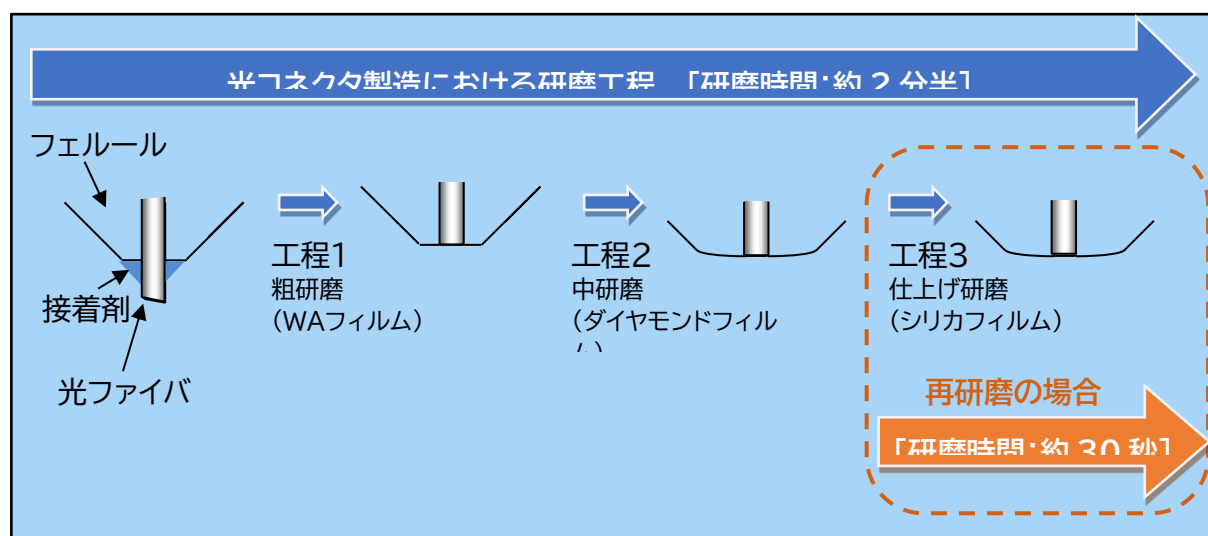


図 45 光コネクタプラグ製造の研磨工程

端面の汚れのこびり付きや白く見える線傷(深さ 1μm 程度)、数μm 程度のへこみ傷は、30 秒程度の仕上げ研磨のみを行うだけで除去することができます。図 46 は端面に傷がある研磨前と、シリカフィルムを用いた 30 秒間研磨後の光コネクタプラグ端面画像です。

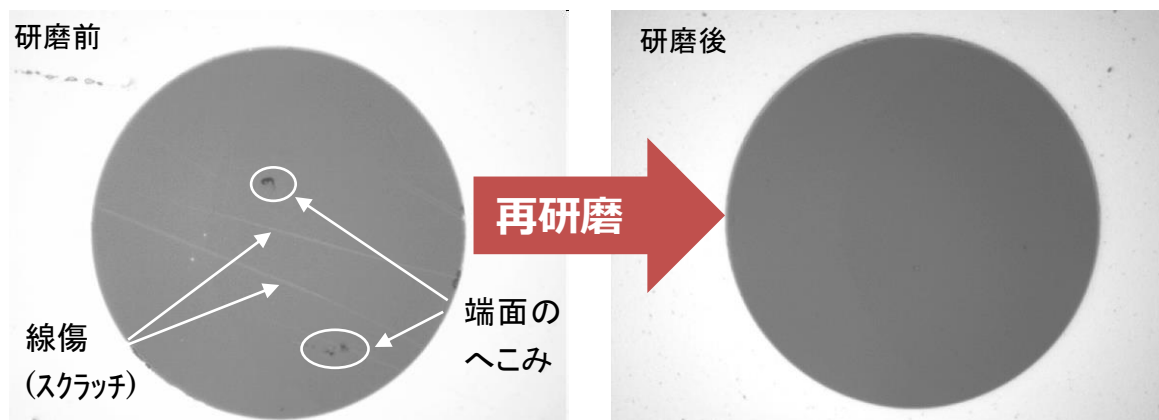


図 46 研磨前後の光コネクタ端面(線傷や凹みの修繕)

また、1990 年代半ばを境に現在の研磨技術が確立し始めました。このため、それ以前に製造されたコネクタは低い研磨グレードで、現在の光コネクタよりも接続点で大きな反射が生じます。古くに敷設されたダークファイバを用いる際には、このような光コネクタが混在している可能性があることも留意する必要があります。POP-311 では、このような光コネクタも現在の最新研磨グレードにすることができます。

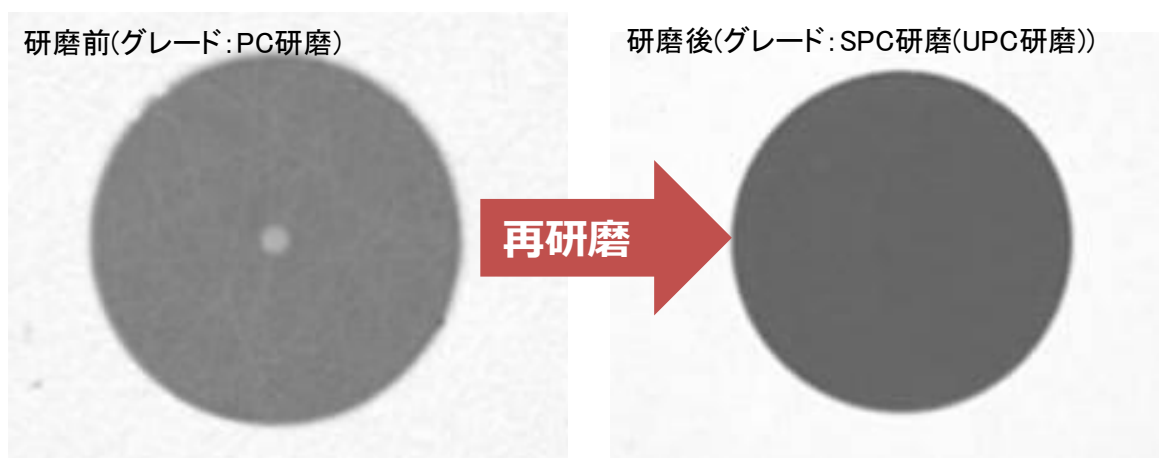


図 47 研磨前後の光コネクタ端面(低グレード光コネクタのアップグレード)

POP-311 は、光コネクタの製造用途でのご使用はもちろん、再研磨においても、高品質で高精度な研磨端面を得られるハンディ型研磨機です。

7. 光コネクタ検査、クリーニング、研磨 相談窓口

本書を最後まで御読みいただきまして誠にありがとうございます。

光コネクタの技術や取扱い、性能評価、クリーニングについて困ったことはありませんか？

本書についてのお問合せだけでなく、何かお困りごとがございましたら、NTT-AT にご相談下さい。

また、無料のセミナー等にもご相談に応じます。お気軽にお問合せください。

NTTアドバンステクノロジー株式会社

グリーン&プロダクト・イノベーション事業本部

光プロダクトビジネスユニット

〒180-0012 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

NTT 武蔵野研究開発センタ

TEL: 0422-39-8934

E-mail: bbs@mlntt-at.co.jp

URL: <http://keytech.ntt-at.co.jp/optic1/>

- ・本文の内容を抜粋複製する場合は、出所を明示してください。
- ・本書に掲載されている図表の転載等の二次利用には許諾が必要です。

本書に記載されている会社名、製品名は一般に各社の登録商標または商標です。
本書の著作権は、NTT アドバンステクノロジー株式会社に帰属します。