

単心光コネクタ清掃工具

光ケーブルシステム開発センター 中根 純¹・藤原 邦彦²・瀧澤 和宏³・緒方 和也⁴

Simplex Optical Connector Cleaner

J. Nakane, K. Fujiwara, K. Takizawa, and K. Ogata

光ネットワークの構築に必要な不可欠な部材である光コネクタは、光コネクタ接続端面に汚れや異物が付着した状態で接続したときに、光接続特性が悪化することが知られている。光コネクタの特性を最大限に引き出し、低損失な光接続を実現するため、光コネクタ接続前の光コネクタ端面を清掃することを作業標準とすることが認知されてきている。しかし、従来の光コネクタ清掃工具は、作業者に依存する必要があるため、作業者に依存しないよう、清掃工具の機能向上が求められている。このような課題に対し、われわれは作業者に依存がなく、簡単な作業で確実に汚れや異物を除去することができる光コネクタ清掃工具を開発したので報告する。

It is well known that the optical link performances of optical connectors, which are requisite articles in optical network structures, are bad in case optical connectors with dirt or particles on the end faces are used for the connection. It is getting accepted that the cleaning of the optical connectors' end faces before connection is a working standard to have the optical connectors' performances brought out to the utmost limit and achieve low-loss optical link. However, as with the conventional cleaning tools used for optical connectors there are risks of worker-dependency, an improvement of the cleaning features is required to prevent any worker-dependency. We report here the development of a cleaning tool for optical connectors that can easily and efficiently get rid of the dirt or other particles and is not worker-dependent.

1. ま え が き

光ファイバケーブルの敷設や構内機器間配線など光ネットワークの構築には、光コネクタによる光接続が必要不可欠である。一般的に、光コネクタは、光ファイバ接続端面を物理的に密着接続するPC接続が採用されている。このため、光コネクタ接続端面に汚れや異物が付着した状態で接続した場合、間隙や軸ずれによる接続損失の悪化や、光ファイバ接続端面の損傷など、通信品質への悪影響が知られている^{1) 2) 3)}。また、IECでは、光コネクタ接続端面の外観の判定基準が制定され⁴⁾、光コネクタ接続時の信頼性および安全性を確保するため、光コネクタを接続する前には、光コネクタ接続端面を清掃することが推奨されている。現在、一般的な光コネクタ用の清掃工具として、綿棒状の物や、不織布等の清掃部材をリール状に巻いたものを内包したカセット型の清掃工具などが市場で入手可能である。これらの光コネクタ接続端面清掃工具は、清掃能力が作業者に依存する場合があり、安定した清掃能

力を発揮するのが難しい。そこで、われわれは作業者に依存がなく、簡単な作業で、確実に汚れや異物を除去することができる光コネクタ清掃工具を開発したので報告する。

2. 光コネクタ清掃工具

今回われわれが開発した光コネクタ端面清掃工具を表1に示す。現在、光コネクタは使用用途により多品種に展開されており、どの光コネクタもプラグ（オス）とジャック（メス）が対応するように構成されている。一般的に、アダプタ側のコネクタ端面はスリーブの奥に位置するため、細長い円筒形のスティック型の工具を使用する。従来の光コネクタ接続端面清掃工具の課題と、それに対する、われわれの開発品の特徴を次に記述する。

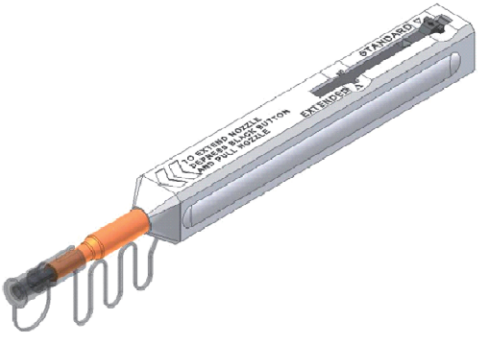
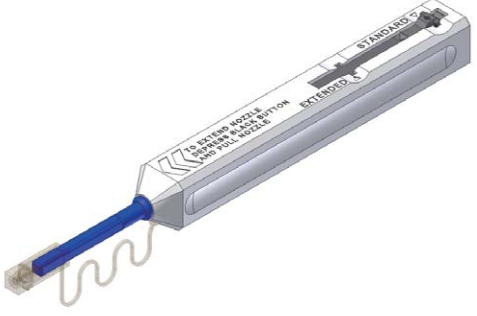
2.1 清掃方式

従来の光コネクタ接続端面清掃工具の清掃方式は、光コネクタ接続端面に清掃部材を押し付けながら、被清掃コネクタを擦りつける、又は回転させるなどの拭き取り動作が必要となる。このような清掃作業では、拭き取り効果や清掃作業に必要な時間が作業者の熟練度に大きく依存する場合があり、毎回、確実に良好な

1 光機器開発部
2 光機器開発部主席研究員
3 光機器開発部グループ長
4 光機器開発部部長

略語・専門用語リスト		
略語・専門用語	正式表記	説明
PC	Physical Contact	直接光ファイバ端面同士を物理的に接触させ、良好な光接続状態を得る手法、またはその状態
フェルール	Ferrule	光ファイバを位置決めするための部品であり、割スリーブまたはガイドピンによってフェルール同士を位置決めすることで光ファイバ同士を接続可能にする
アリゾナダスト	Arizona Dust	米国アリゾナ産の砂を精製し、粒子径分布を調整した試験用の粒子
挿入損失	Insertion Loss	通信経路を流れる光信号が距離や接続点で劣化する度合いのこと
IEC	International Electro-technical Commission	国際電気標準会議

表1 仕様
Table 1. Specifications.

項目	φ 2.5mm フェルール用 光コネクタ清掃工具	φ 1.25mm フェルール用 光コネクタ清掃工具
1. 外観		
2. 製品名称	One-Click Cleaner SC/FA	One-Click Cleaner MU/LC
3. 寸法	17.5 (W) × 17.5 (H) × 165 (L) mm	17.5 (W) × 17.5 (H) × 173 (L) mm
4. 適用コネクタ・アダプタ	SC, SC2, ST, FC, FA, FAS	MU, LC
5. 使用回数	500回以上	
6. 清掃方法	乾式(繊維材料)	

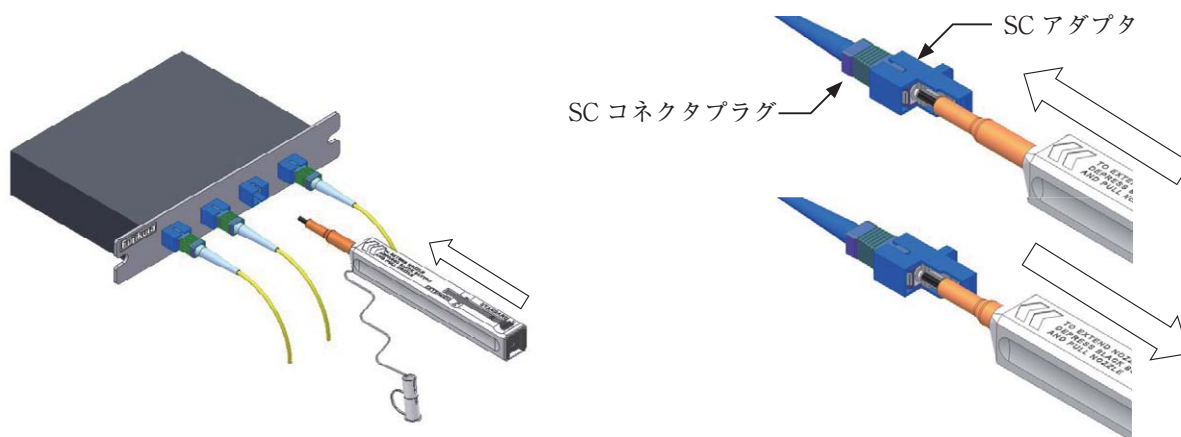


図1 清掃方式
Fig. 1. Cleaning method.

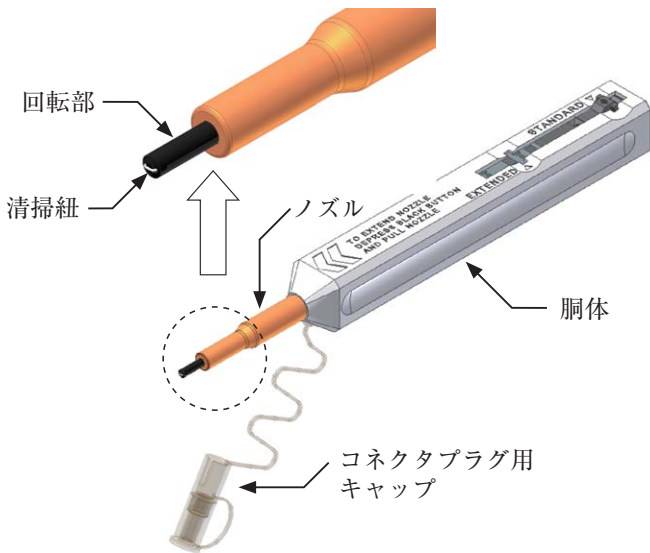


図2 構成部品
Fig. 2. Component parts.

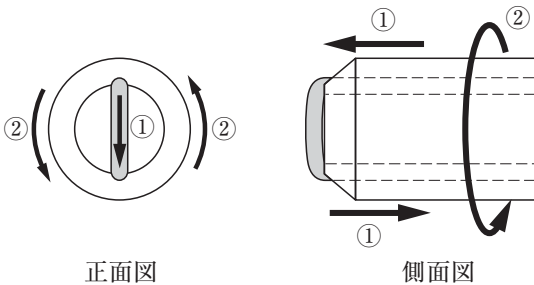


図3 清掃紐の駆動方向
Fig. 3. Driving direction of cleaning strings.

清掃効果を得ることは非常に難しい。

われわれは、次の手段でこの課題を解決した。

- ① 清掃工具体を光コネクタ接続端面方向に押し込むだけの“ワンアクション”で清掃作業を完了させる構造とする。
- ② 清掃部材はスプリングの押圧を利用し、光コネクタ接続端面に押し付ける。図1に清掃方式を、図2にこの開発品の構成部品と先端部詳細を、図3に清掃紐の駆動図を示す。この開発品は、本体先端の清掃紐が光コネクタ端面上を移動することで汚れの拭き取りを行う。清掃紐は本体を押し込む動作に連動して駆動し、この動きにより、光コネクタ接続端面上の汚れや異物を拭き取る。

2.2 この開発品で清掃可能な光コネクタ

開発した光コネクタ清掃工具はφ 2.5 mm フェルール用とφ 1.25 mm フェルール用があり(表1)、プラグ側を清掃する場合は、プラグ清掃用のキャップをノズル先端に取り付けることで、アダプタ内と同様の動作で清掃することが可能である(図4)。このため、それぞれの適用コネクタのアダプタ側とプラグ側両方をこの開発品1本で清掃することが可能である。

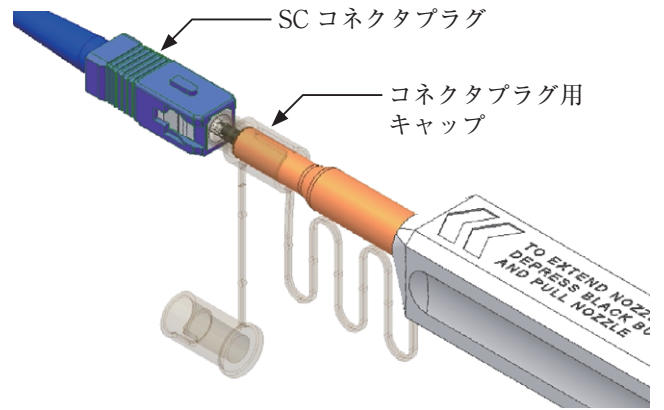


図4 コネクタプラグ用キャップ
Fig. 4. Cap for connector plug.

表2 作業員別の清掃効果確認試験結果
Table 2. Test result of cleaning efficiency with various workers.

項目	本開発品					従来の工具				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
清掃後のコネクタ端面状態	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○

2.3 携行性

開発した光コネクタ清掃工具はペン型の形状で、作業員の胸ポケットに容易に収納できるサイズであり携行性に優れている。清掃に必要な清掃紐は本体内に収納されており、1本で500回以上の清掃が可能である。光配線の敷設工事では同時に多くの端末の清掃が必要となる場合があるため、従来のスティック型の工具やカセット型の工具を作業員が工事現場に必要な十分量を持ち運ぶには、嵩張る等の課題があったが、われわれの開発した光コネクタ端面清掃工具は携行性に優れ、作業員への負担を低減することができる。

3. 開発品の機能検証

開発した光コネクタ清掃工具の清掃機能検証結果を以下に示す。

3.1 作業性

コネクタ清掃経験の異なる5人の作業員で、従来の工具と開発した光コネクタ清掃工具を用いて比較作業試験を行った。表2に作業員別の清掃効果確認試験結果を示す。清掃後の端面状態の判断は、皮脂の付いた光コネクタを1回拭き取り清掃した後、顕微鏡で端面を観察し、清掃対象範囲に拭き残りが無ければ清掃完了とした(図5)。図6に作業員別の清掃時間検証結果を示す。清掃時間については、光コネクタ10端末を清掃完了するのにかかった時間の平均値を記載した(図6)。これらの試験結果から、この開発品を用いて光コネクタ接続端面を清掃した場合、作業員に依存せず、安定して良好な清掃が可能であることを確認した。また、清掃作業時間に


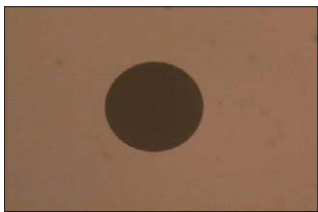

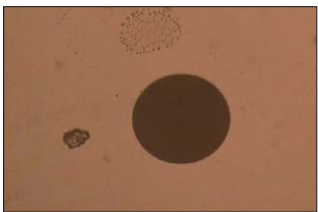
清掃前	清掃後		
—	成功	失敗	
皮脂塗布	汚れなし	皮脂の拭き残り	アルコールの拭き残り
			

図5 清掃光コネクタ端面判定基準
Fig. 5. Cleaning judgment standard of optical connector end face.

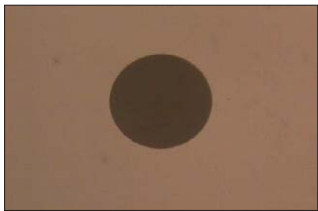
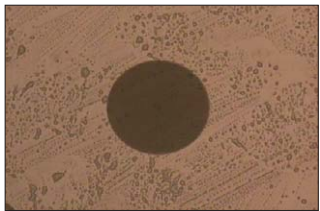
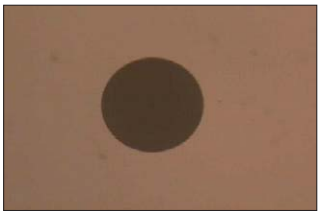
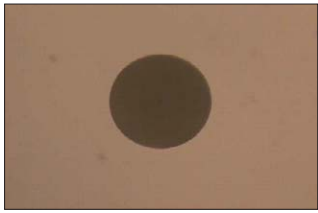
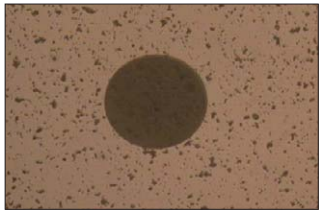
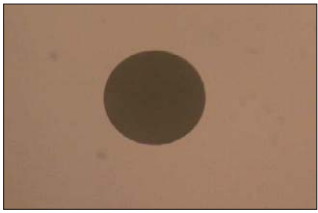
項目	試験前	塗布後	清掃後
皮 脂			
アリゾナダスト			

図7 清掃前後の光コネクタ端面状態
Fig. 7. Comparison of optical connector end face's conditions before and after cleaning.

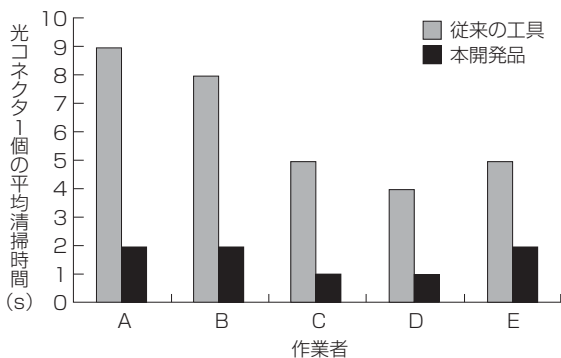


図6 作業員別の平均清掃時間
Fig. 6. Cleaning time average with various workers.

については、従来の工具に比べ、平均70%の作業時間を短縮する効果があることを確認した。

3.2 端面状態

光デバイスの信頼性評価分野における標準規格としてTelcordia規格がある。その中のGR-2923-COREに定められる清掃規定に準拠した光コネクタ接続端面検査を実施した。検査方法として、皮脂および所定構成比の標準粉体であるアリゾナダストを光コネクタ接続

表3 挿入損失および反射減衰量の測定結果

Table 3. Measurement result of insertion loss and return loss.

付着異物	測定	初期値	塗布後	清掃後	清掃前後の差 (塗布後-清掃後)
皮 脂	挿入損失 (dB)	0.05	0.04	0.04	0.00
	反射減衰量 (dB)	61.8	50.4	54.4	-4.0
アリゾナダスト	挿入損失 (dB)	0.19	0.92	0.20	0.72
	反射減衰量 (dB)	59.6	13.3	57.7	-44.4

端面に付着させ、清掃前後の端面状態を確認した。端面状態の結果を図7に示す。皮脂およびアリゾナダストともに、清掃後の清掃対象端面には汚れや異物の残留がなく、清掃効果があることを確認した。

3.3 光学特性

異物および汚れを外観だけでなく、光学的にも問題なく除去できたかどうかを確認するため、被清掃コネクタの挿入損失と反射減衰量を清掃前後に評価した。被清掃コネクタは、SCコネクタ（シングルモードファイバ、PC研磨）を用い、異物の皮脂およびアリゾナダストを付着させた。なお、軸ずれ等の影響を検知し

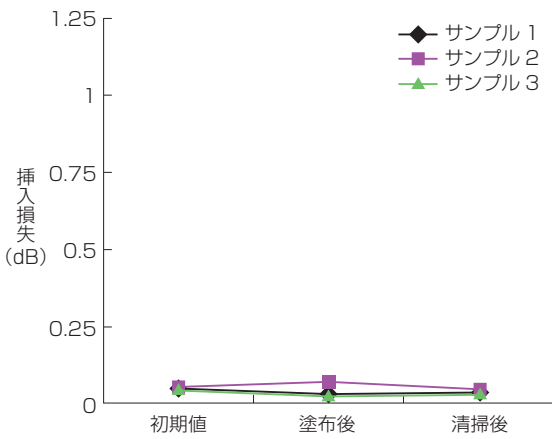


図 8 皮脂付着前後の挿入損失
Fig. 8. Insertion loss variation with sebum.

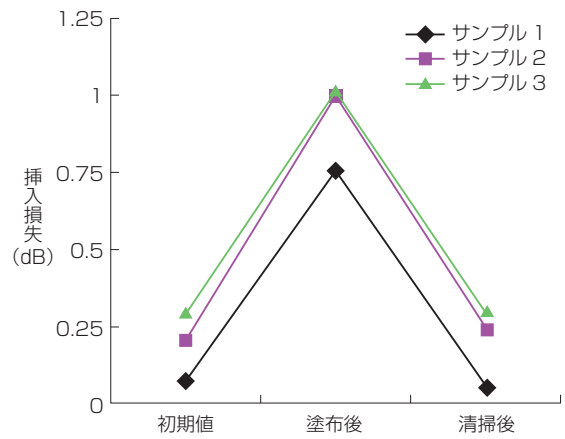


図 9 アリゾナダスト付着前後の挿入損失
Fig. 9. Insertion loss variation with Arizona test dust.

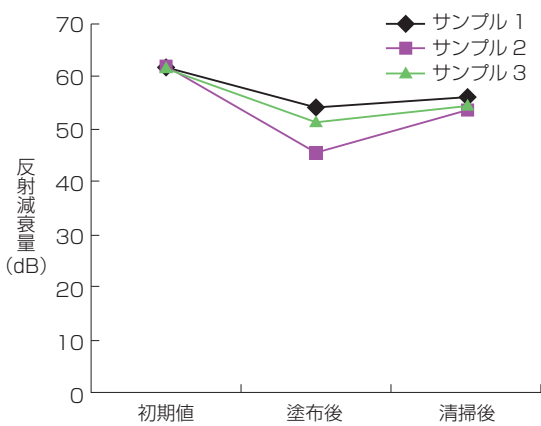


図 10 皮脂付着前後の反射減衰量
Fig. 10. Return loss variation with sebum.

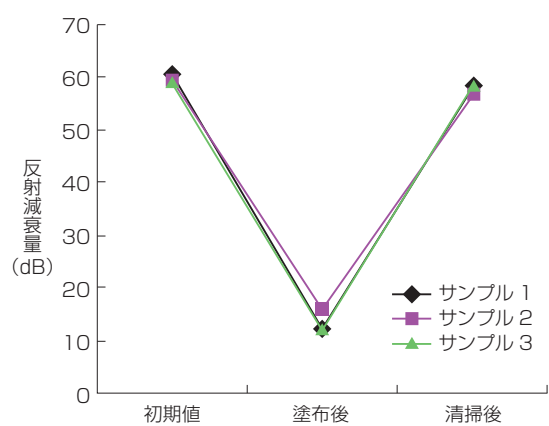


図 11 アリゾナダスト付着前後の反射減衰量
Fig. 11. Return loss variation with Arizona test dust.

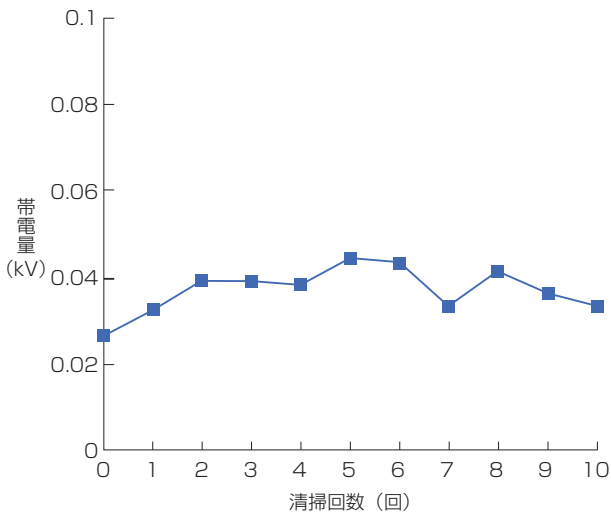


図 12 連続清掃試験時の帯電量
Fig. 12. Electrostatic charge quantity produced during continuous cleaning experiments.

やすくするため、測定波長は $1.31 \mu\text{m}$ とした。表 3 に試験結果のまとめとして、挿入損失および反射減衰量の平均変化量を示す。図 8 および図 9 に挿入損失の測定結果を示す。皮脂塗布前後の挿入損失に大きな変化は確認できなかったが、アリゾナダスト塗布前後の挿

入損失の変化量は平均 0.72 dB と大きく、清掃の効果が顕著に現れた (図 8, 9)。

図 10 および図 11 に反射減衰量の測定結果を示す。皮脂塗布前後の反射減衰量の変化量は 4 dB の清掃の効果が確認できた (図 10)。アリゾナダスト塗布前後の反射減衰量の変化量は平均 44 dB と大きく、清掃の効果が顕著に現れた (図 11)。

3.4 静電気対策

開発した光コネクタ清掃工具を構成する各樹脂成形部品には帯電防止材を使用した。清掃時に発生する静電気の帯電量測定結果を図 12 に示す。連続して清掃した場合でも、 0.05 kV 以下の静電気を維持し、清掃時の清掃部材と光コネクタ接続端面の摩擦で発生した静電気が長時間帯電しないことを確認した。

4. む す び

われわれは、次の特徴を備える光コネクタ用端面清掃工具を開発した。

- ・ワンアクションで清掃作業が完了する。
- ・作業者の技量に依存せず簡単に確実に清掃作業が完了する。

- ・ 1 製品でアダプタ内とプラグの両方の光コネクタ端面を清掃できる.
- ・ ペン型で携行性に優れる.
- ・ 1 製品で 500 回以上光コネクタ端面の清掃ができる.
- ・ 静電気が長時間帯電することを防ぐため, 帯電防止材料で構成している.

この開発品を使用することで, 作業者の技量に依存することなく光コネクタ端面の汚れや異物を確実に除去できることを確認した.

参 考 文 献

- 1) 長瀬ほか:「通信用光コネクタのハイパワー特性」, 通学ソ大 BCS-1-6, 2007
- 2) 長瀬ほか:「端面スクラッチのある光コネクタの耐久性に関する実験」, 通学技報 EMD2006-34
- 3) M. E. De Rosa, et al.: “High optical power testing of physical contact connectors at 1550nm,” OFC '01, Technical Digest, TuI7-1
- 4) IEC61300-3-35