

JANOG51

光ファイバ通信ニュース MPOコネクタ編

2023年 1月 27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)
	村上 雅之(m.murakami@ntt-at.co.jp)
センコーアドバンス株式会社	古関 健太(kenta.furuseki@senko.com)
	面高 洋平(Yohei.Omodaka@senko.com)

自己紹介



藤原 稔

NTTアドバンステクノロジー株式会社
光プロダクツビジネスユニット

東京生まれの東京育ちで、東京ヤクルトスワローズのファン歴37年。

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。



古関 健太

センコーアドバンス株式会社
OC事業本部 営業部

”コセキ”ではなく”フルセキ”です！
子育て奮闘中！

光「接続」に対し多様なソリューションを提案し、日本の光通信業界に新たな価値を提供することが目標。



面高 洋平

センコーアドバンス株式会社
OC事業本部 営業部

大阪出身ですが関西弁と標準語の使い分け可能。
国内外で光通信ネットワーク(パンプ部品)に従事してきました。今後も光通信の発展に貢献していきます。



村上 雅之

NTTアドバンステクノロジー株式会社
光プロダクツビジネスユニット

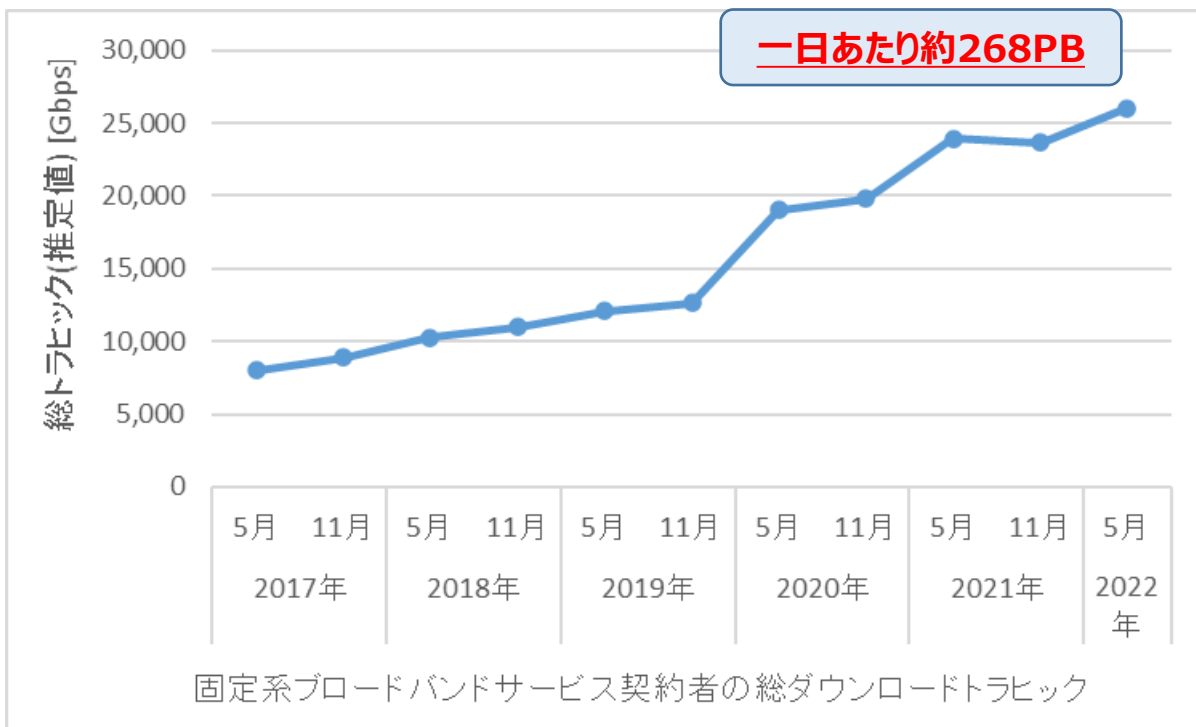
入社以来光学接着剤の開発、光コネクタの開発・評価、光コネクタクリーナーの開発に従事してきました。

これまでの経験や知見を活かして、光インタコネクションのお困りごとを解決します。

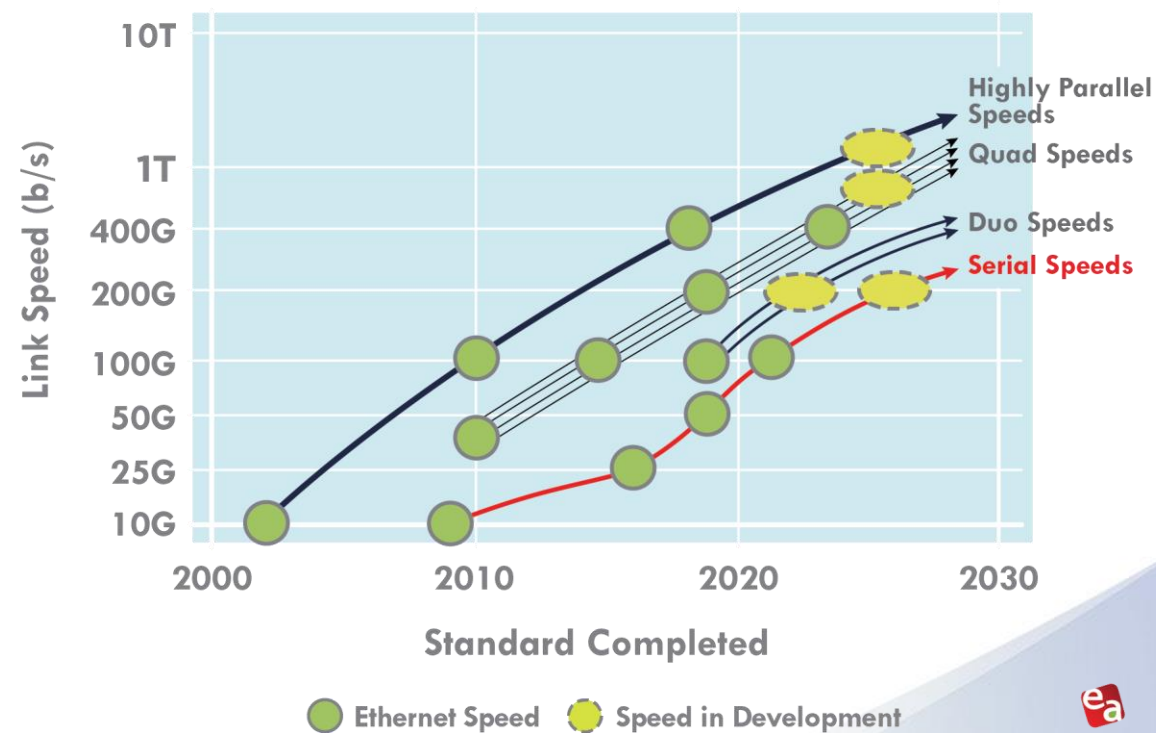
1. はじめに ～急速に広がるMPOコネクタ～
2. MPOコネクタ基礎知識編
3. MPOコネクタを使う上での課題と注意点
4. MPOコネクタならではのトラブル！？
5. まとめ

1. はじめに ～急速に広がるMPOコネクタ～

はじめに



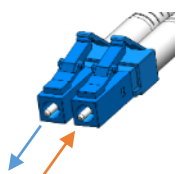
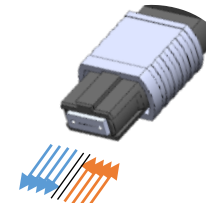
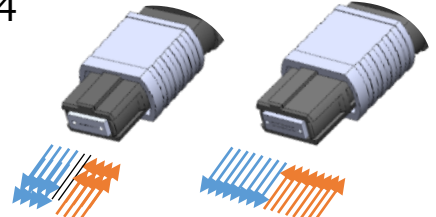
総務省 我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算より作成
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_02000210.html



Ethernet Alliance Ethernet Roadmap 2022より抜粋
<https://etheralliance.org/technology/ethernet-roadmap/>

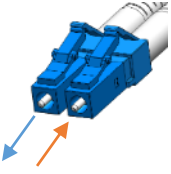
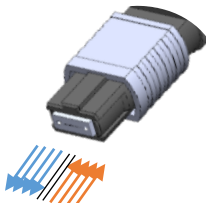
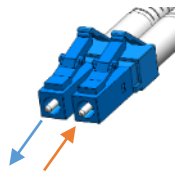
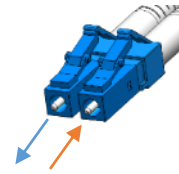
トラフィックの増加率は以前の水準に戻ったものの引き続き増加している。
よりハイスピードなEthernet規格が提案され始めている。

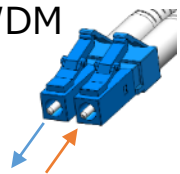
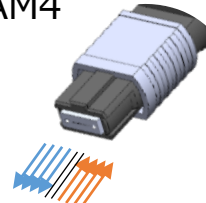
Ethernet規格とインタフェース (短距離, MMF)

	50GBASE-SR	100GBASE-SR2	200GBASE-SR4	400GBASE-SR8
伝送速度	50 Gbps	100 Gbps	400 Gbps	400 Gbps
信号レート	26.5625 GBd			
IEEE規格	802.3cd	802.3cd	802.3cd	802.3cd
トランシーバ	SFP28	SFP-DD	QSFP-DD QSFP56	QSFP-DD OSFP
ファイバ	OM3/OM4			
伝送距離	70/100 m	70/100 m	70/100 m	70/100 m
インタフェース	LC 2心	MPO 12心 (4心使用)	MPO 12心 (8心使用)	MPO 24心 or 16心 (16心使用)
	PAM4 	PAM4 	PAM4 	PAM4 

短距離のMMFは、MPOコネクタ主流。
MMFの場合は波長多重ができないため、物理的に束ねることが効率的。

Ethernet規格とインタフェース (中距離, SMF)

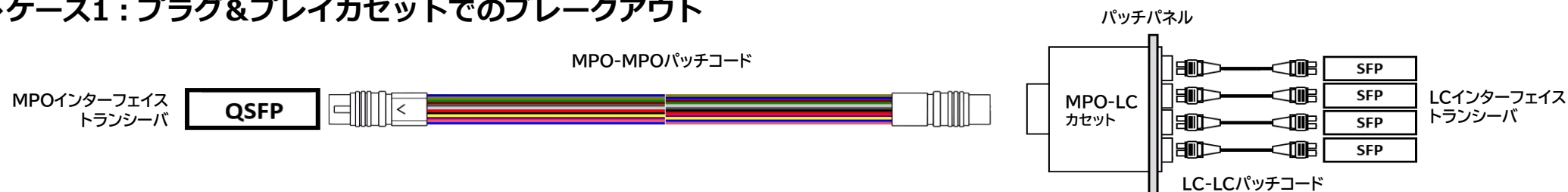
	25GBASE-LR	100G PSM4	100BASE-LR4	100G CWDM4
伝送速度	25 Gbps	100 Gbps	100 Gbps	100 Gbps
信号レート	25.78125 GBd			
IEEE規格	802.3CC	(MSA)	802.3bm	(MSA)
トランシーバ	SFP28	QSFP28 CFP4	QSFP28 CFP4	QSFP28 CFP4
ファイバ	OS1/OS2	OS1/OS2	OS1/OS2	OS1/OS2
伝送距離	10,000 m	500 m	10,000 m	20,000 m
インタフェース	LC 2心	MPO 12心(8心使用)	LC 2心	LC 2心
			WDM 	WDM 

	400BASE-FR4	400GBASE-DR4
伝送速度	400 Gbps	400 Gbps
信号レート	53.125 GBd	
IEEE規格	802.3cu	802.3bs
トランシーバ	QSFP-DD QSFP112	QSFP-DD QSFP112
ファイバ	OS1/OS2	OS1/OS2
伝送距離	20,000 m	500 m
インタフェース	LC 2心	MPO 12心(8心使用)
	PAM4 WDM 	PAM4 

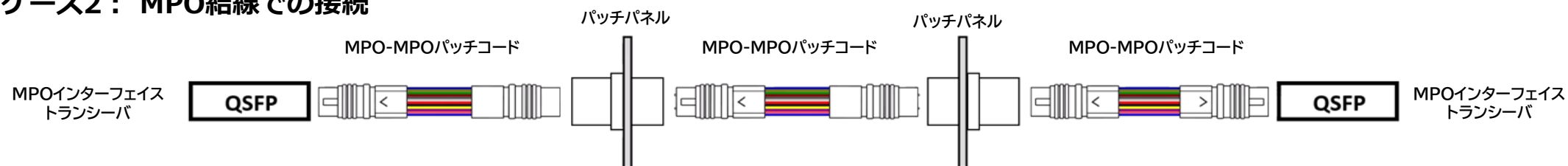
中距離のSMFは、LCなどの単心コネクタ採用がまだまだ多い。
SMFの場合、波長多重により1心あたりの伝送速度が増やせるため。

データセンターでのMPO使用例

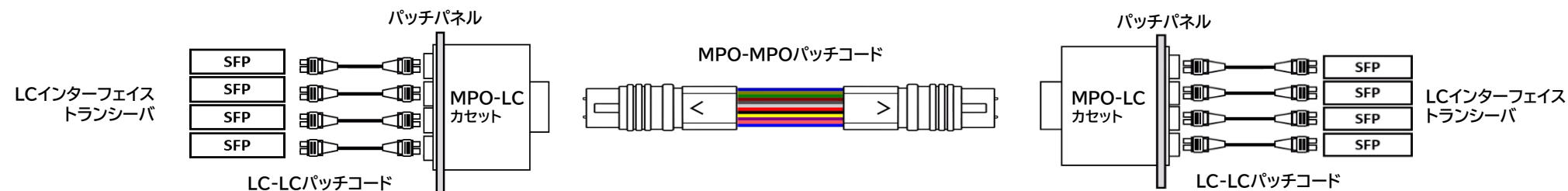
◆ケース1：プラグ&プレイカセットでのブレイクアウト



◆ケース2：MPO結線での接続



◆ケース3：MPOバンクでの集約



大容量通信に対応したデータセンタ内光ファイバ配線の高密度化/効率化のため、様々な箇所でMPOの採用が増加。

見た目も構造もこれまでと大きく異なるMPOコネクタ・・・使い始めたくてもわからないことだらけ！？



このようなお悩み事、今回まとめて解決します！

MPOコネクタの種類や選定方法、運用や保全方法を紹介。
さらに、**MPOコネクタならではのトラブル**とその対策についても解説。

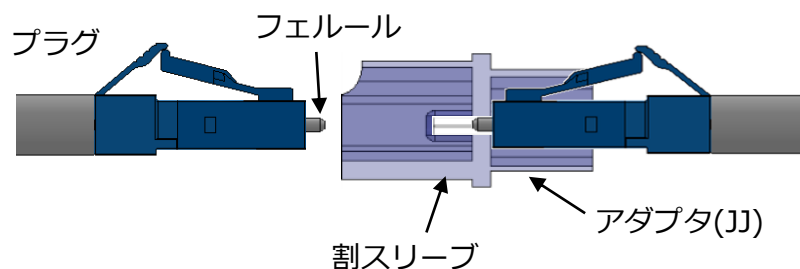
2. MPOコネクタ基礎知識編

一般名称	FCコネクタ	SCコネクタ	LCコネクタ	MU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	円筒形	四角形
フェルール径	2.5 mm	2.5 mm	1.25 mm	1.25 mm	6.5x2.4 mm
かん合	ネジ	プッシュプル	ラッチ	プッシュプル	プッシュプル
ファイバ心数	単心	単心	単心	単心	多心

MPOコネクタは、これまでの“1コネクタ = 1心”という光コネクタの概念が大きく変わる異質な存在。

単心コネクタと多心コネクタの構造の違い①

◆単心コネクタの構造

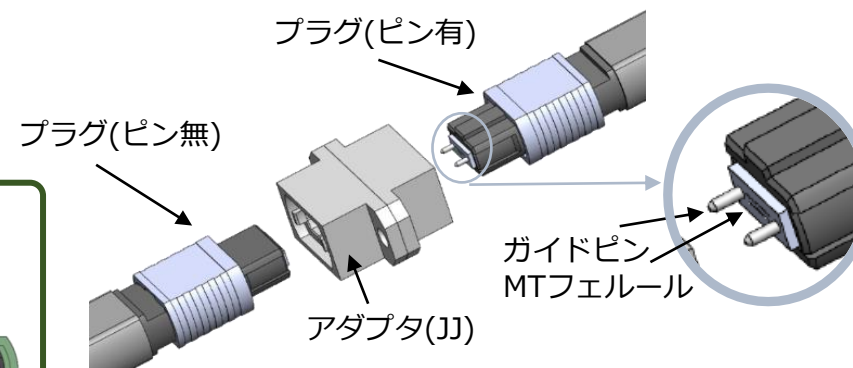


同じプラグ同士を割スリーブで軸合わせ

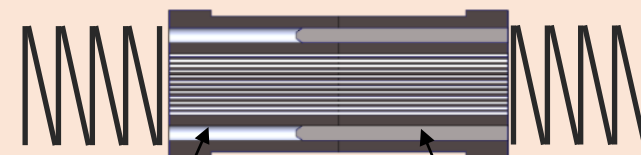


スプリングによりフィジカルコンタクト
(フェルールとファイバの弾性変形による密着)

◆多心コネクタの構造

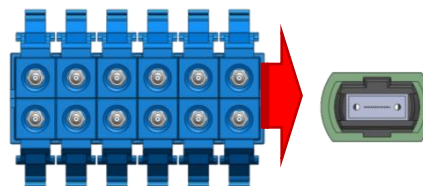


異なるプラグ同士を精密穴と精密ガイドピンで軸合わせ



ガイドホール
ガイドピン
スプリングによりフィジカルコンタクト
(ファイバの弾性変形による密着)

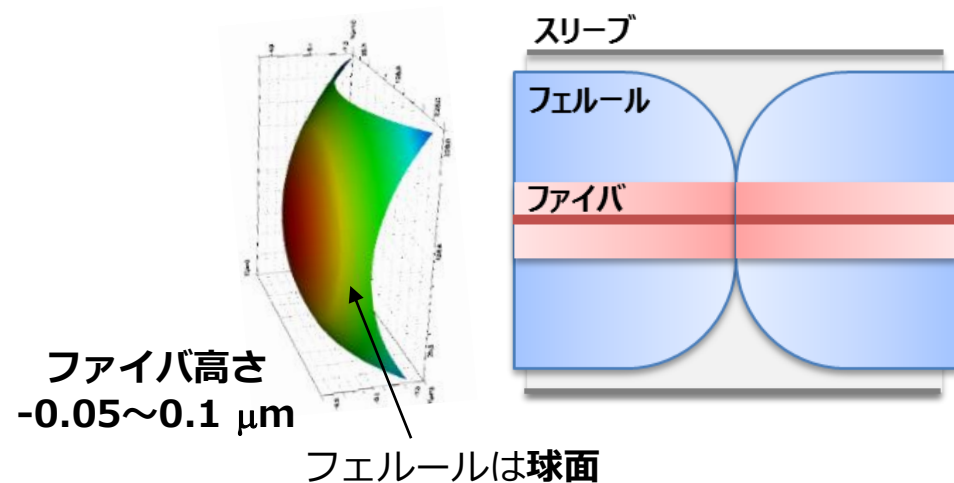
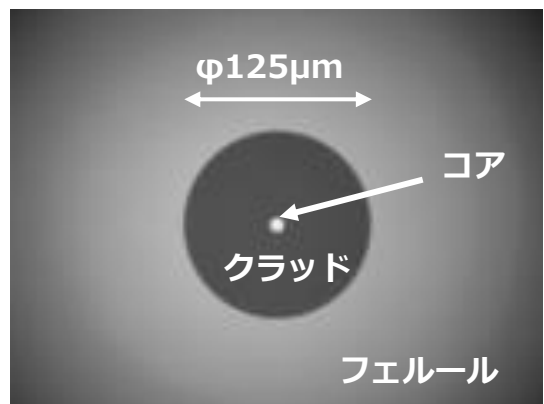
◆12心でのサイズ比較



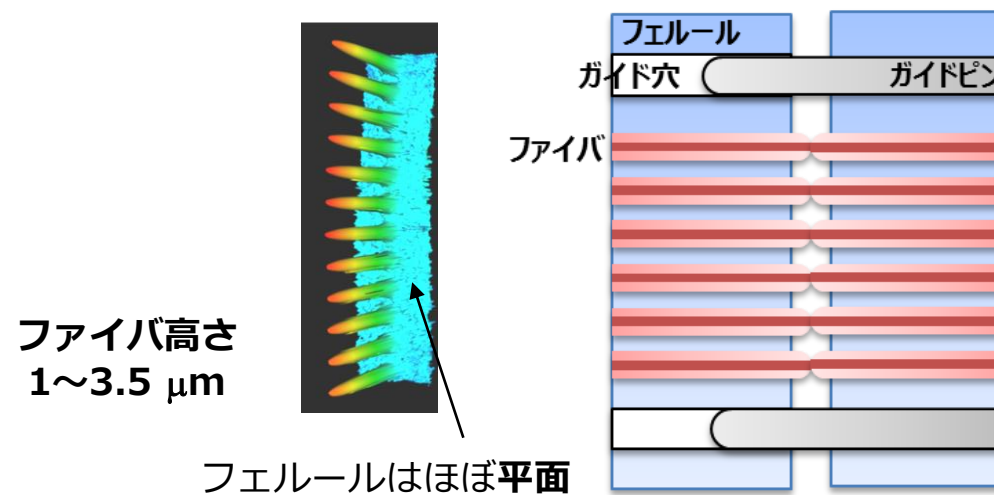
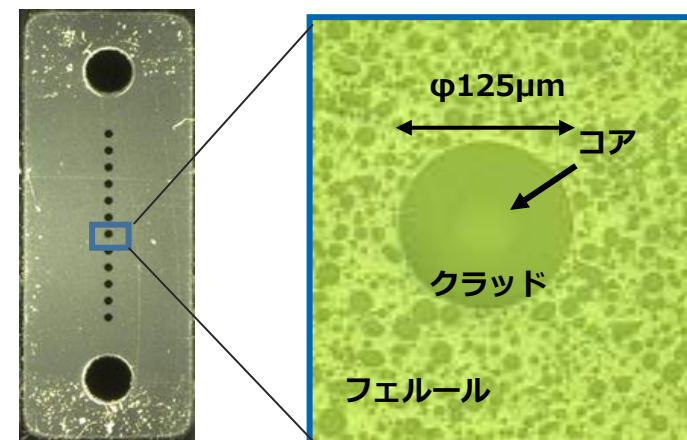
断面積はLCコネクタの約20%

単心コネクタと多心コネクタの構造の違い②

◆単心コネクタの端面形状

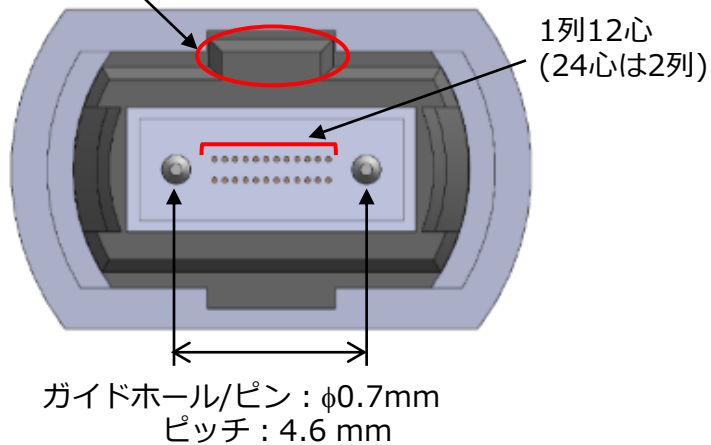


◆多心コネクタの端面形状



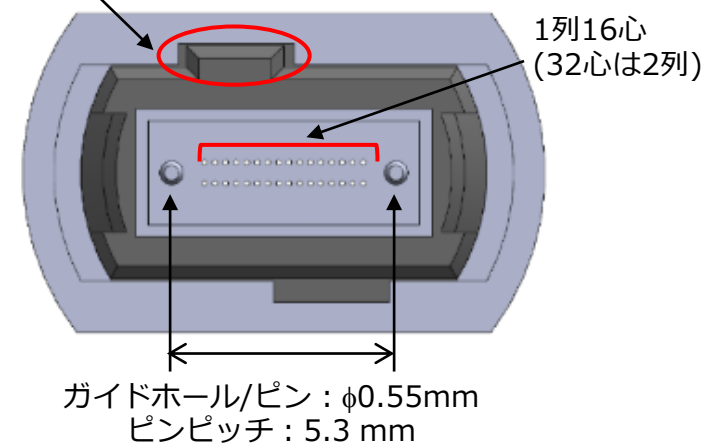
◆12心/24心MPOコネクタ

キー(位置: 中央)

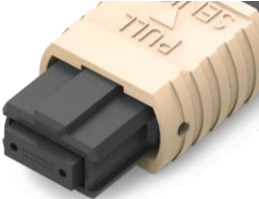
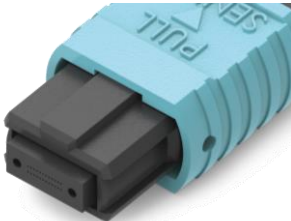
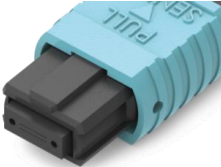
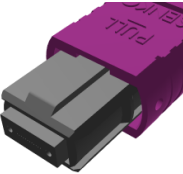
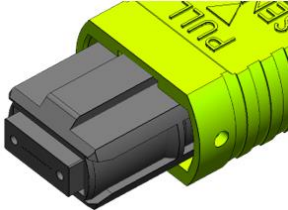


◆16心/32心MPOコネクタ

キー(位置: 向かって左側)



異なる心数同士のコネクタは、すべての組み合わせで接続不可。
12心(24心)と16心(32心)は、キー位置の違いにより物理的に接続できない。
但し、キー位置が同一のコネクタ組み合わせ(12心と24心/16心と32心)は、**物理的には接続できてしまう**ので要注意。

名称	SMF用		MMF用			
	SM Low Loss	SM Standard	MM OM1/OM2	MM OM3	MM OM4	MM OM5
外観			 *OM1は黒の場合もあり 		 	
ハウジング色	Yellow	Green	Beige	Aqua	AquaViolet	Lime Green

TIA/EIA推奨の色分けで仕様識別可能。
専用工具があれば取り外し可能なハウジングもあり。

MPOコネクタの極性

◆タイプA：ストレート



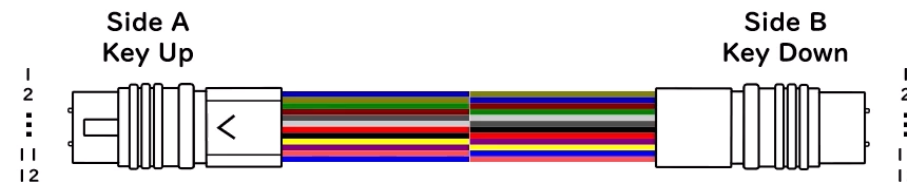
Side A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Side B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

◆タイプB：リバース(クロス)



Side A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Side B	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

◆タイプC：クロスペア

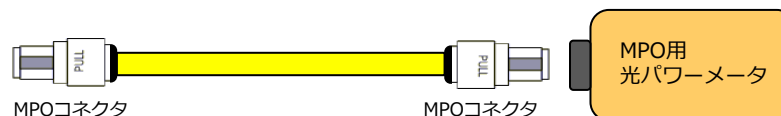


Side A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	↓	↓										
Side B	2	1	4	3	6	5	8	7	10	9	12	11

主に使われるのは、タイプAとタイプBの二つ。タイプCは特殊なケースで採用。

3. MPOコネクタを使う上での課題と注意点

方法①：MPOコネクタのまま測定



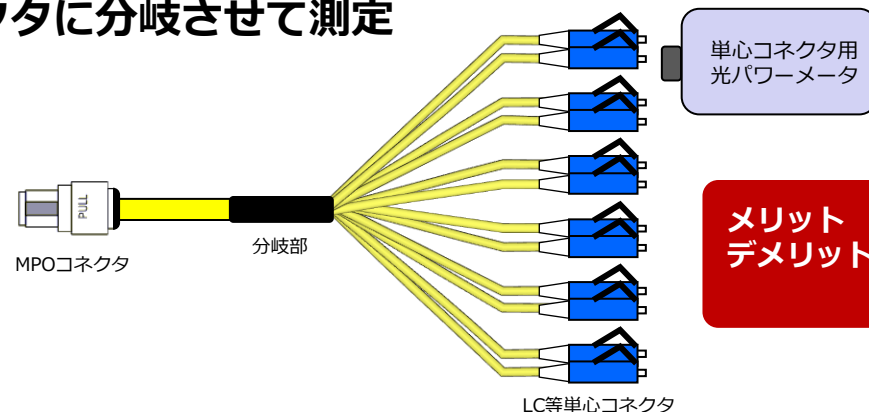
メリット：測定が楽。
(全心線を自動測定)
デメリット：装置が高価。

MPO対応光パワーメータ



出展元：フルーク・ネットワークス様

方法②：単心コネクタに分岐させて測定



メリット：装置が安価。
デメリット：手間がかかる。
(1心ずつ着脱して測定)

単心コネクタ用光パワーメータ



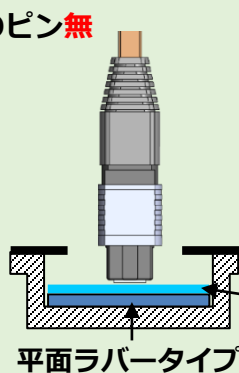
出展元：グレイテクノス様

光源側も必要だと、MPO対応機であればさらに**費用大幅増**、単心コネクタ用であれば**手間が倍増**。
測定するボリュームが多いのであれば、専用機を用意したほうがベター。

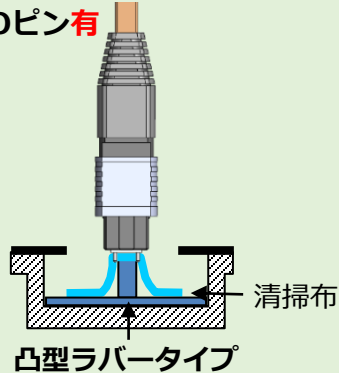
◆リール式クリーナによる清掃



MPOピン無

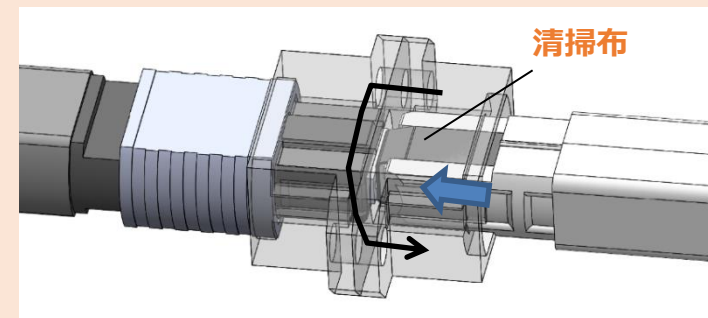


MPOピン有



ピンの有無でタイプが異なることに注意

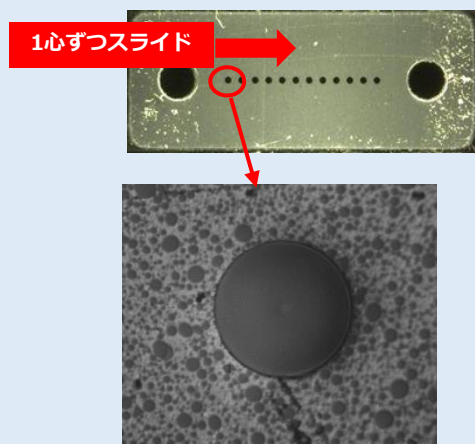
◆プッシュ式クリーナによる清掃



**ピンの有無は気にせず、
プラグとアダプタ側どちらも清掃可能**

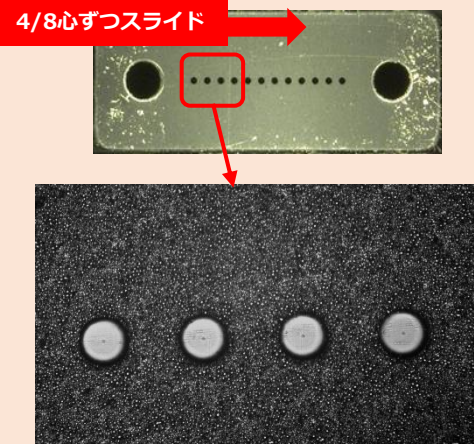
ピンの有無関係なく使えるプッシュ式のクリーナを推奨。
単心コネクタと同じく、プラグ側だけではなく**アダプタ側の清掃も必須**。

初期 1心ずつ手動視点切替&ピント調整



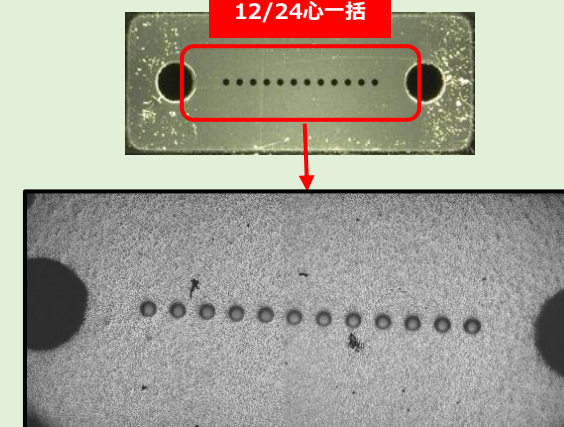
測定速度	12心 120~180秒 24心 240~360秒
特徴	◎既存の単心光コネクタ用の検査機にオプションチップの追加で対応可能。(初期投資が少なく済む) ×1心ずつ視点切替&ピント調整が必要な為、検査にひたすら時間がかかる。

中期 4/8心ずつ手動視点切替&ピント調整



測定速度	12/24心 30~40秒
特徴	◎視点切替&ピント調整は3回で済むので、1心ずつと比べると大幅に作業時間が短縮。 ×視点切替方法が機種によって異なり、作業者のスキル差によって検査結果の差が生まれやすい。

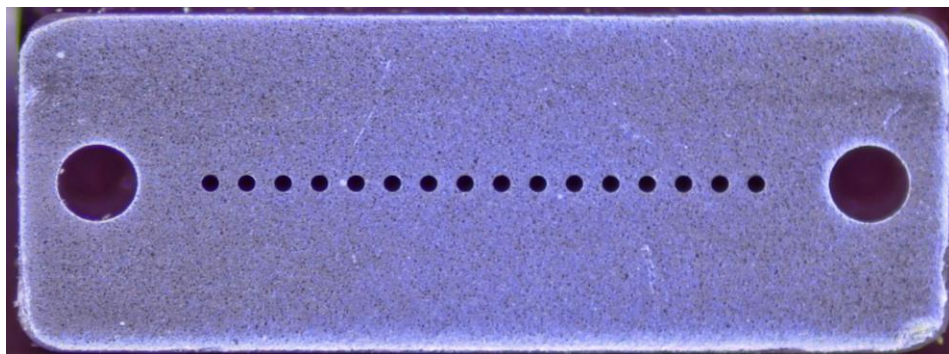
後期(現在) 全心を一括で自動検査



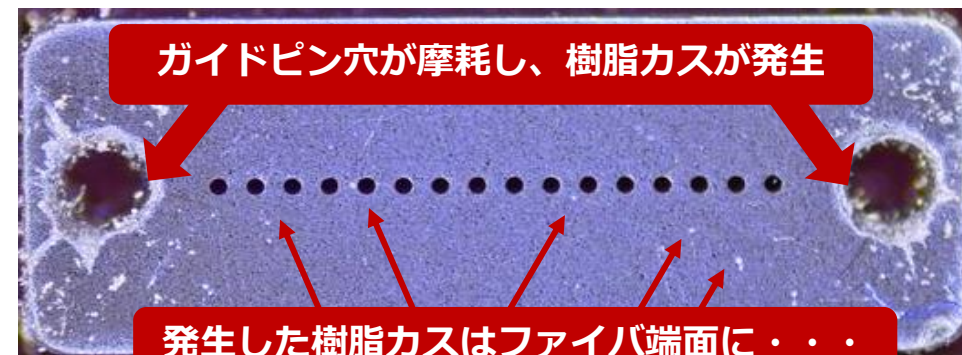
測定速度	12/24心 10~15秒
特徴	◎コネクタを装着してボタンを押すだけの簡易化操作で、作業時間も大幅に短縮。視野範囲が広いので、ガイドピンの周りまで確認可能。 ×ファイバ高さのバラつきにより(特に両端)ピントずれが生じて正常に検査できない場合がある。

MPO用端面検査機はまだまだ過渡期。
各機種の特徴やクセをよく理解して、使い手側がカバーする必要あり。

◆真っ直ぐ挿抜した場合



◆斜め方向に挿抜した場合



MPOコネクタは丁寧な挿抜が重要！

真っ直ぐに挿抜しないと、**ガイドピン穴周辺が摩耗し、汚れやチリが発生。**
丁寧な挿抜と、端面検査の際は**ガイドピン穴周辺**の観察も重要。

MPOケーブルによる配線を行ったところ、

なぜかリンクアップしない



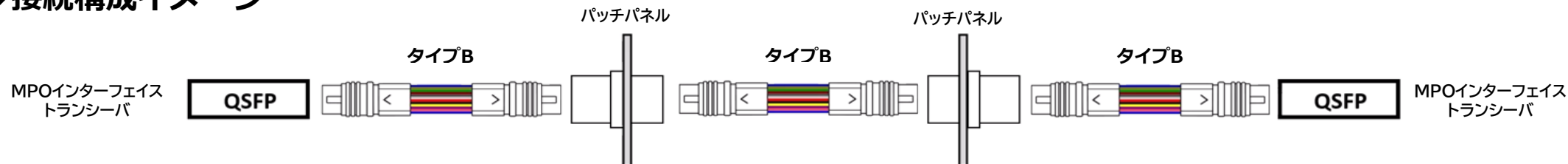
という場合には・・・

極性が誤っている可能性あり！

MPOケーブルでの配線は、配線ケースにあわせて**正しい極性**で接続する必要あり。

配線例①：光トランシーバ間の配線

◆接続構成イメージ



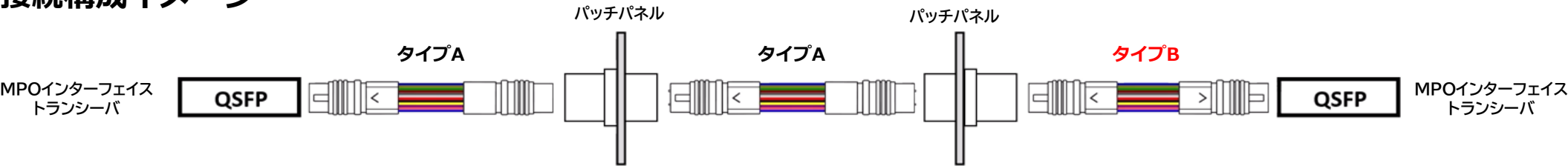
◆結線イメージ

RX1	1	→	12	1	→	12	1	→	12	TX1
RX2	2	→	11	2	→	11	2	→	11	TX2
RX3	3	→	10	3	→	10	3	→	10	TX3
RX4	4	→	9	4	→	9	4	→	9	TX4
	5	→	8	5	→	8	5	→	8	
	6	→	7	6	→	7	6	→	7	
	7	→	6	7	→	6	7	→	6	
	8	→	5	8	→	5	8	→	5	
TX4	9	→	4	9	→	4	9	→	4	RX4
TX3	10	→	3	10	→	3	10	→	3	RX3
TX2	11	→	2	11	→	2	11	→	2	RX2
TX1	12	→	1	12	→	1	12	→	1	RX1

トランシーバが両端に接続される場合は、パッチ間含めて**すべてタイプB**で接続。**最も多い組み合わせ。**

配線例②：異なる極性タイプを経由した配線

◆接続構成イメージ



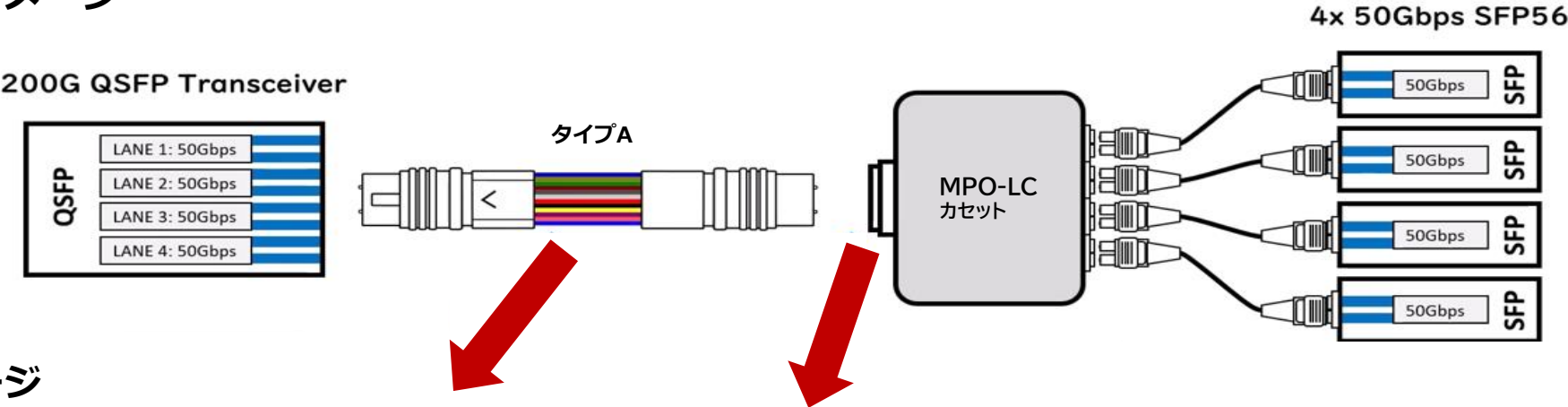
◆結線イメージ

RX1	1	→	1	→	1	→	12	TX1
RX2	2	→	2	→	2	→	11	TX2
RX3	3	→	3	→	3	→	10	TX3
RX4	4	→	4	→	4	→	9	TX4
	5	→	5	→	5	→	8	
	6	→	6	→	6	→	7	
	7	→	7	→	7	→	6	
	8	→	8	→	8	→	5	
TX4	9	→	9	→	9	→	4	RX4
TX3	10	→	10	→	10	→	3	RX3
TX2	11	→	11	→	11	→	2	RX2
TX1	12	→	12	→	12	→	1	RX1

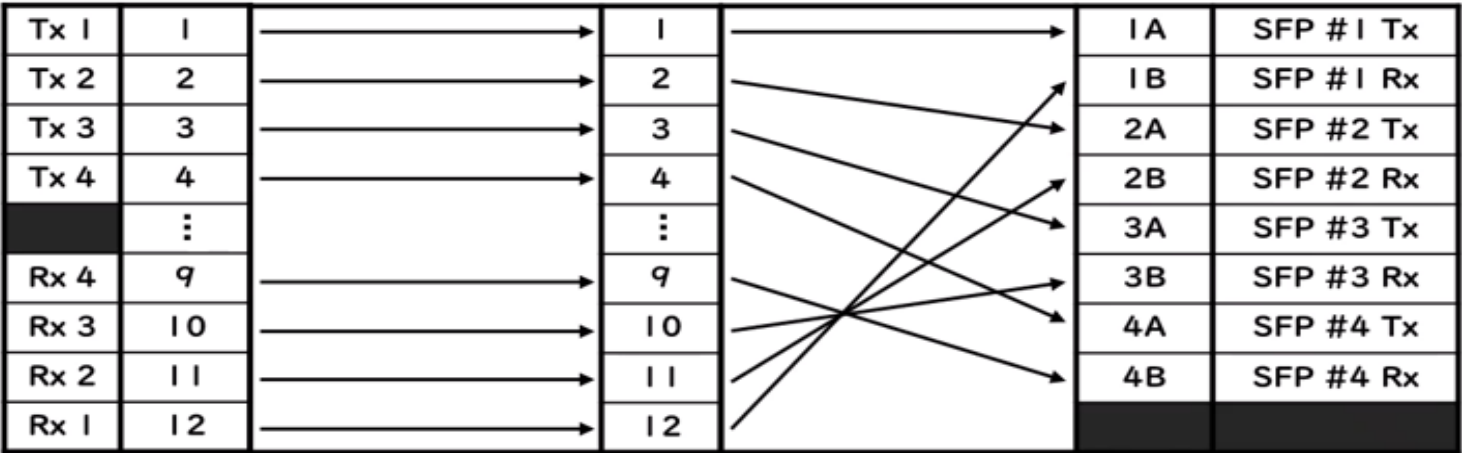
光トランシーバ間の接続をする場合には、**極性が反転するタイプBを必ず挿入。**

配線例③：MPO-LCカセットを使った配線

◆接続構成イメージ



◆結線イメージ

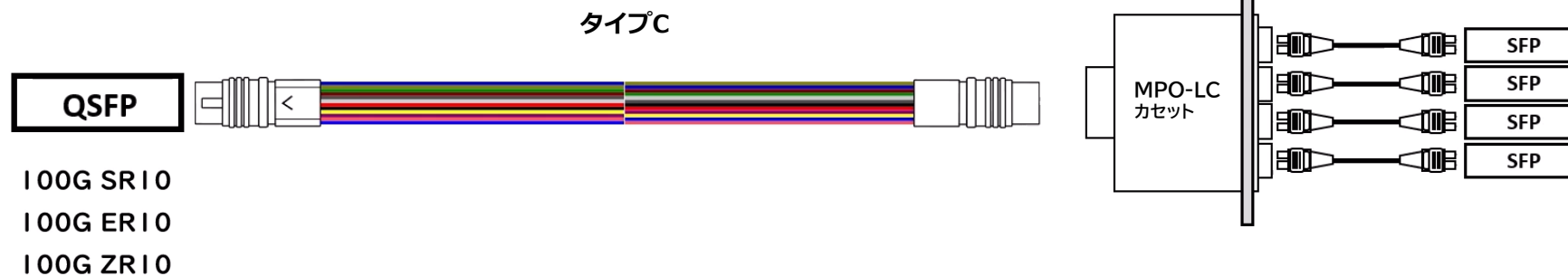


MPOからファンアウトして接続するケースは、**極性管理(特にLC側)**がより複雑化するので要注意。

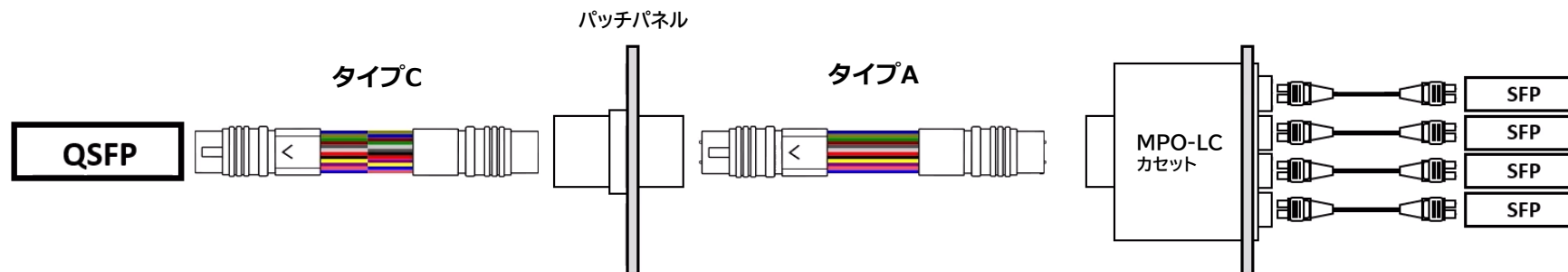
配線例④：特殊な極性“タイプC”による配線

◆接続構成イメージ

パターン○○○

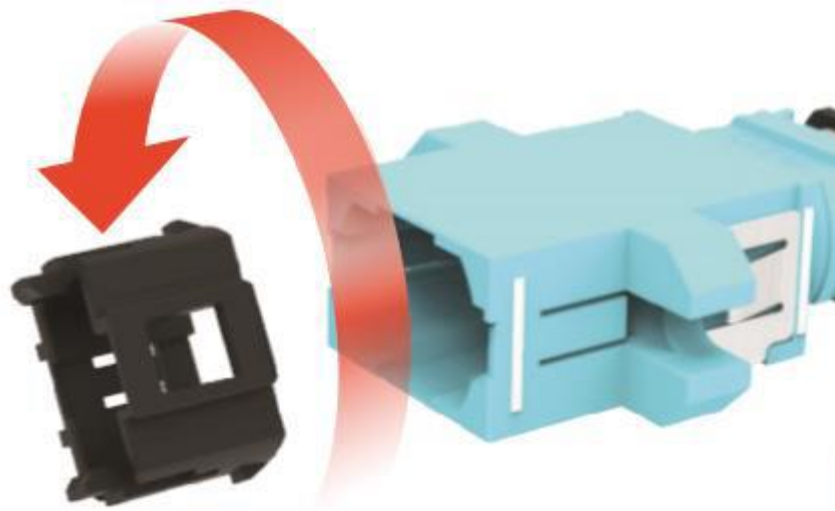


パターン○○○



タイプA/Bでほとんど事足りることから、**タイプCはレアケース。**

コネクタやアダプタによっては、キーを判定して極性変更することが可能！



アウターハウジングを外して反転

現場でキー反転できるコネクタやアダプタの場合、接続して繋がらなかったら**極性変換**

4. MPOコネクタならではのトラブル！？

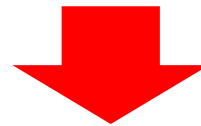
MPOは損失が大きい？

MPOを使い始めたところ、

「光パワーレベルが足りずにリンクアップしない事例が増えた」

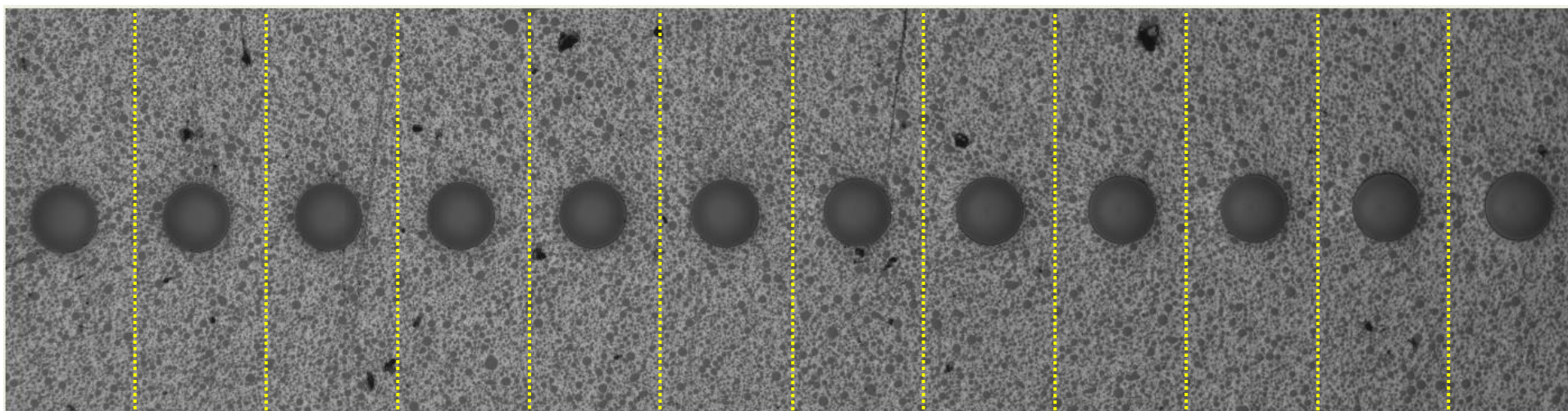


・・・との相談あり。



MPOコネクタの端面に汚れを付着させた場合の光学特性を調査。

◆リファレンス値

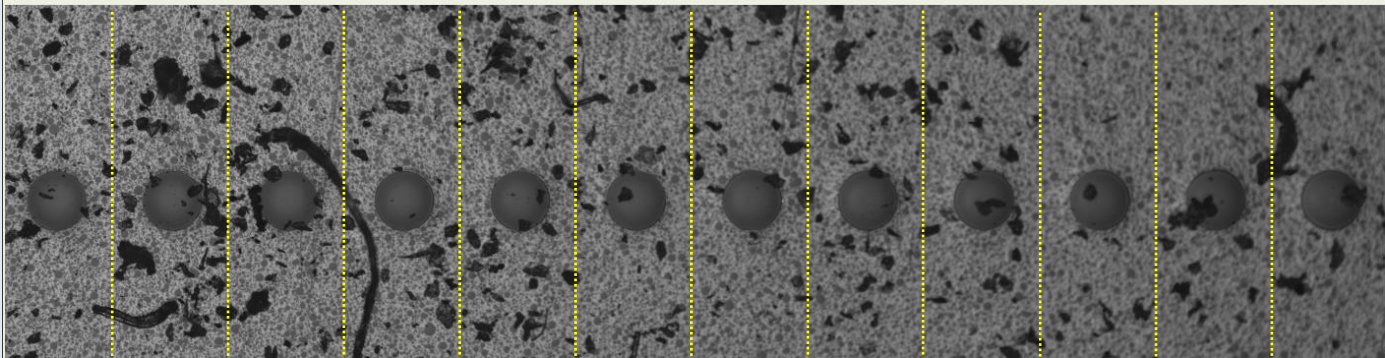


IL	0.10	0.07	0.21	0.02	0.12	0.04	0.13	0.04	0.11	0.17	0.56	0.42
RL	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60

汚れなどが付着していない状態は、単心コネクタと同じ光学特性。

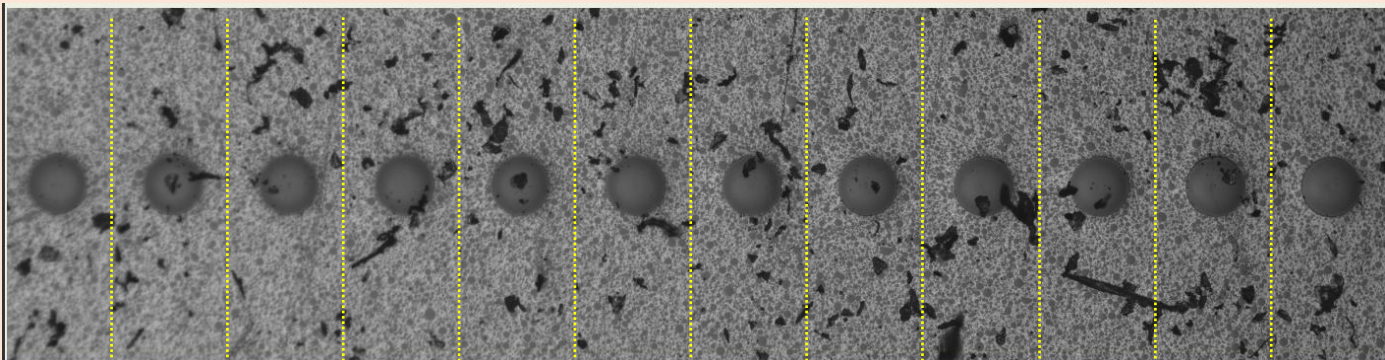
実験：MPOの端面にほこりを付着したデータ①

実験1回目



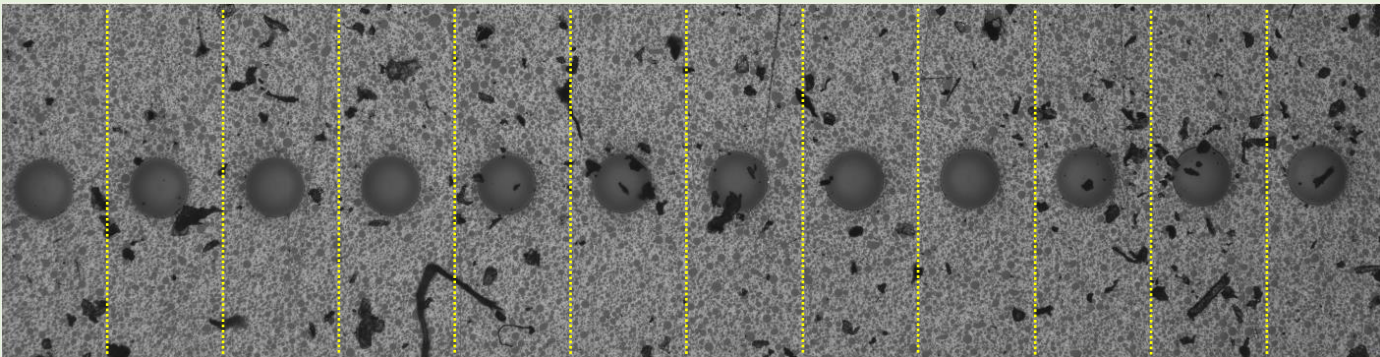
挿入損失	0.14	0.34	0.61	0.32	0.43	0.38	0.42	0.38	8.95	0.44	0.51	0.82
反射減衰量	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	44.5	>60	>60	56.6

実験2回目



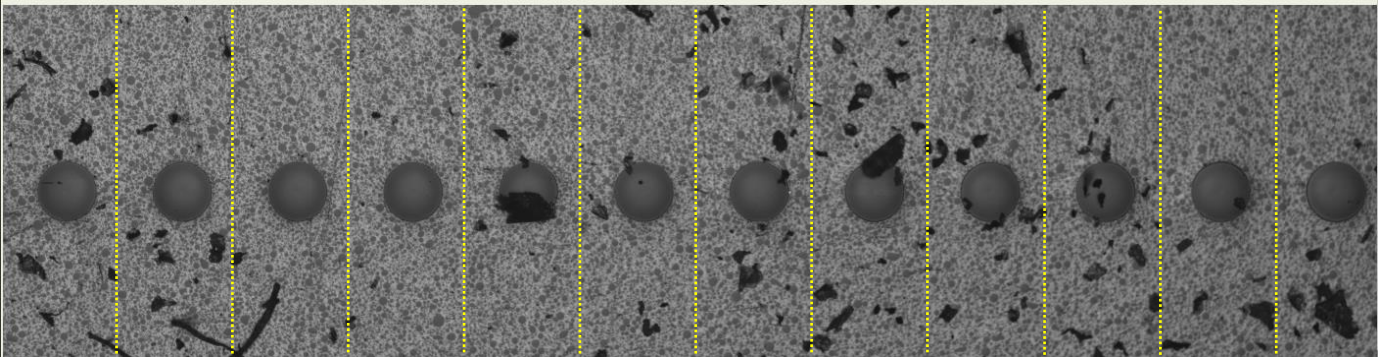
挿入損失	0.11	0.47	1.28	0.05	0.39	0.10	0.55	0.23	0.57	0.52	0.98	0.38
反射減衰量	>60	52.9	38.9	>60	52	>60	>60	56.4	56.9	>60	41.6	58.1

実験3回目



挿入損失	0.56	0.65	0.29	0.15	0.75	0.10	0.45	0.47	0.13	0.52	0.84	0.54
反射減衰量	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	57	>60	47.9

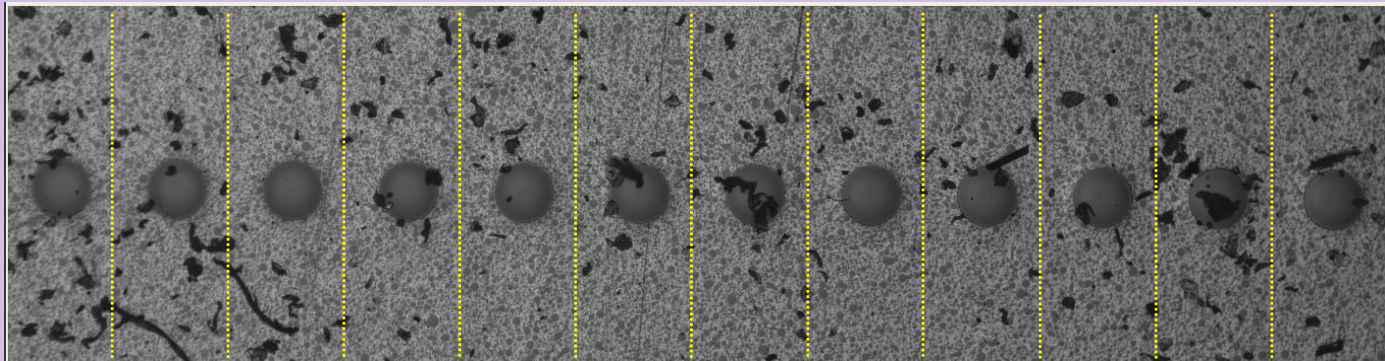
実験4回目



挿入損失	0.67	0.07	0.56	0.41	0.81	0.48	0.31	0.15	0.52	9.57	0.87	0.32
反射減衰量	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60	54.6	57.1	37.5	59.1	>60

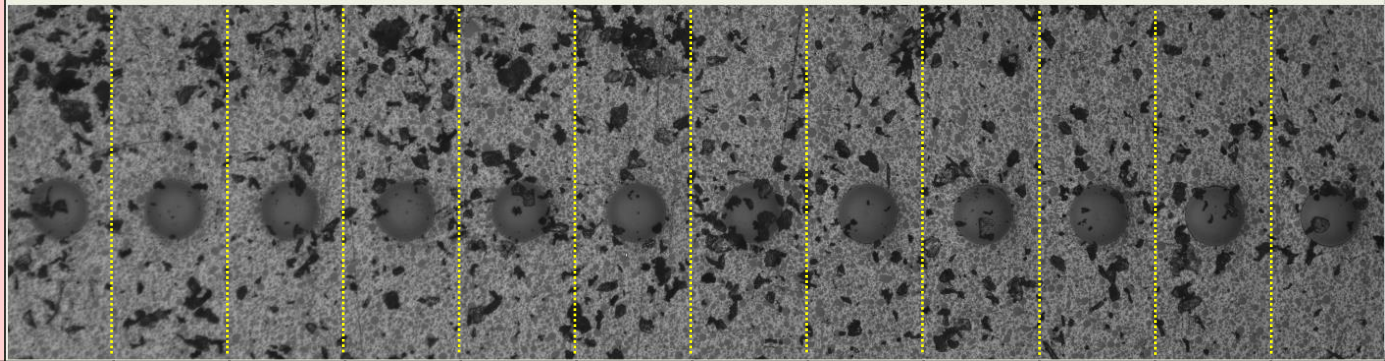
実験：MPOの端面にほこりを付着したデータ③

実験5回目



挿入損失	0.53	0.62	0.31	0.14	0.67	5.01	6.43	0.48	0.14	0.59	0.64	0.64
反射減衰量	44.3	>60	>60	>60	>60	28.4	35	54.6	57.1	37.5	47.1	48.8

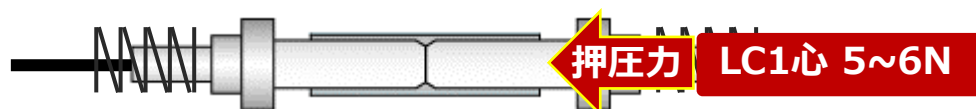
実験6回目



挿入損失	0.17	0.11	0.15	1.13	11.61	1.19	0.46	0.16	3.93	0.36	2.91	0.53
反射減衰量	>60	54.8	52.1	40.8	35.5	44.5	>60	>60	35.2	57.8	39.9	54.5

[推測]MPOで大きなILが発生する原因

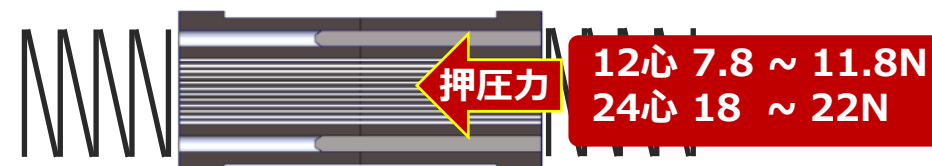
◆単心コネクタの接続機構



◆フィジカルコンタクトエリア = $\phi 250\text{mm}$

1心あたりにかかる圧力
⇒約100~120 N/mm²

◆多心コネクタの接続機構



◆フィジカルコンタクトエリア
= ファイバ径 x ファイバ心数

1心あたりにかかる圧力
⇒12心 約50~80 N/mm²
⇒24心 約60~75 N/mm²

LCコネクタ
の約半分

MPOコネクタの場合、圧力の違いによってほこり汚れを押し潰しきれない可能性あり。
汚れの厚みを保ったまま接続されてしまうので、光学特性が大幅に悪化してしまう！？

MPOコネクタは汚れの影響が顕著に光学特性へ影響を与えてしまう。
これまでの**単心コネクタ**よりも**注意が必要**。

5. まとめ

- ◆ MPOコネクタの採用箇所はこれからますます増加傾向。
→ 利用は避けて通れない！？この機会に正しい使い方を理解してぜひ活用を。
- ◆ “極性”により、単心とは運用方法が大きく変化。
→ 利用シーンでタイプが違ふことなどに注意し、正しい運用を。
- ◆ MPOコネクタ用のツールはまだまだ高額。
→ パワーメータなどはFOケーブルによる既存装置の活用も視野に。
端面検査機は現状決定版無し、各機器のクセを理解して運用でカバーが必要。
- ◆ ガイドピンや押し圧の問題により、単心コネクタよりも汚れがシビアに影響する可能性大。
→ これまで以上に、コネクタ端面の清掃は気を付けることを推奨。



SENKO ADV