

新型融着接続機 S123/S153/S178 シリーズの開発

Development of New Fusion Splicer S123/S153/S178

風間 純一* Junichi Kazama	長尾 剛* Takeshi Nagao	矢部 史尋* Fumihiko Yabe	三島 誠良* Seiryō Mishima	米永 尚訓* Hisanori Yonenaga
山崎 慎文* Norifumi Yamazaki	秋山 知広* Tomohiro Akiyama	中山 佳英* Yoshihide Nakayama	長尾 聡* Satoshi Nagao	吉永 翔一* Shoichi Yoshinaga

概要 2000年代に入り、情報の通信容量が増えるにつれ、光の波長多重・通信の高速化が実現されてきた。通信網の整備や光部品の製造に融着接続機は、必要・不可欠な産業機器となった。非通信分野においても光ファイバの用途は急速な広がりを見せており、光ファイバのひずみを利用したセンサ技術やパワー伝送を目的としたレーザ技術がその代表である。これら非通信分野においても融着接続機が使用されている。

そのため、各市場セグメントに合わせた機能と性能の製品を創造し、お客様のニーズに対応していく一方で、全てのセグメントに要求されている堅牢性を備えた製品の開発を行った。

今回主力製品であるコア直視型融着接続機を含む、S123/S153/S178の3シリーズ7機種を同時期に開発することで、用途の異なる全てのお客様に対し、古河電気工業株式会社の最新技術を短期間で提供することができた。

1. はじめに

先進国におけるFTTXの普及率は、20%を超えるところが多く、その後の増加は、やや横ばいの傾向があるが確実に増えている。発展途上国におけるFTTXの普及率は、まだまだ低く、この先伸びていくことが十分に予想される。

通信ネットワークの光化率という指標を見ても、50%程度までは、成長の可能性を秘めているものの、世界を見渡しても50%に達していない国がそのほとんどであり、特に、発展途上国においては、通信幹線網の光ファイバ化がこの先も続くことが予想される。

一方通信以外の分野に目を向けると、レーザ技術、センサ技術を代表に光ファイバが使用されており、今後もその使用が増えていくことが予想される。

通信の光化に重要なアイテムとして、光ファイバ融着接続機が挙げられるが、世界情勢をみても一層の光化が進むことは間違いない。通信分野において幹線網から家庭内配線における全てのシーンで、それぞれの用途にあった融着接続機が必要である。

今回、これら全てのシーンをカバーした融着接続機、3シリーズ7機種を同時開発したのでそれぞれの特長について述べる。

2. 融着接続機の用途

光ファイバが使用される用途に応じて、融着接続機の用途も変化してくる。

2.1 幹線工事

その名のとおおり、光ファイバによる幹線網であり、幹となる光ファイバケーブルの接続工事である。光ファイバケーブルは、多いもので1000心ケーブルがあり、ここでは、多心融着接続機が主に使用される。

2.2 FTTX

幹線網から、各家庭やマンション、ビルのような建物に分岐させる網の工事の総称であり、単心の融着接続機が主に使用される。特にFTTH (fiber to the home) においては、極めて高いコストパフォーマンスが求められる。

2.3 現場組立コネクタ

光ファイバの接続現場において、融着接続ではなく、コネクタ接続という方法があるが、このコネクタを各現場の最適長に設定して作製する場面において、コネクタのブーツ付近を融着接続する特殊な接続がある。この用途に使用される融着接続機は、現場コネクタ接続機能を持つ、単心融着接続機が主に使用される。

2.4 光部品製造

さまざまな、特性を持った光ファイバを巧みに組み合わせ、光ファイバの長距離伝送、波長分岐に用いる光部品製造の分野では、コア観察とコア調心が可能な単心融着接続機が主に使用される。

* 情報通信カンパニー ファイテル製品事業部

3. 装置の概要

3シリーズ7機種の融着接続機、それぞれの概要を表1、表2に示し、外観を図1、図2に示す。

表1に光ファイバを配置するためのV溝が動かないタイプの融着接続機を紹介し、表2にV溝が動き光ファイバを調心するタイプの融着接続機を紹介している。

表1 固定V溝型融着接続機
Outline of S123 series.

機種名	S123A/C	S123M4	S123M8	S123M12
対応心線	1心	1-4心	1-8心	1-12心
観察方式	クラッド			
調心方式	外径自己調心			
接続損失仕様	SM:0.05 dB			
主な用途	FTTX 現場コネクタ	FTTX 幹線工事	幹線工事	幹線工事

表2 可動V溝型融着接続機
Outline of S153A and S178A.

機種名	S153A	S178A
対応心線	1心	
観察方式	クラッド	コア
調心方式	クラッド調心	コア調心
接続損失仕様	SM:0.04 dB	SM:0.02 dB
主な用途	FTTX	FTTX 幹線工事 光部品製造



図1 S123A 外観
Appearance of S123A.



図2 S178A 外観
Appearance of S178A.

3.1 S123シリーズ

固定されたV溝に光ファイバを対向させて配置し前進させて、アーク放電により光ファイバ先端を溶かし、接触させて接続することを特長とする融着接続機である。

3.1.1 S123A

FTTX工事に特化した単心の融着接続機であり、融着接続機のなかで最も廉価版のものである。

3.1.2 S123C

FTTX工事と現場組立コネクタに対応した、単心の融着接続機である。

3.1.3 S123M4

単心光ファイバから4心テープまでの融着接続が可能であり、FTTX工事だけでなく、300心ケーブルの接続までこなすことが可能な融着接続機である。携帯性にも優れ、架空工事から地下工事まで、この1台でほとんどの工事に対応が可能である。

3.1.4 S123M8

単心光ファイバから8心テープまでの融着接続が可能であるため、多心ケーブルの幹線工事に適している。S123M4からひとまわりサイズを大きくすることで、マルチバッテリースロットに対応した融着接続機となり、融着接続サイクル数を増やしている。

3.1.5 S123M12

同時接続可能な光ファイバが12心テープまで対応している、多心融着接続機である。対応心線数以外は、S123M8と同じ機能を有する。

3.2 S153A

クラッド観察による、光ファイバ調心機能を有する融着接続機であり、固定V溝型融着接続機では光ファイバの汚れが原因で発生する軸ずれも、S153Aにおいては調心機能により融着接続機が自動的に軸ずれ量をゼロに調整し、低損失で接続を実現するスキルレスの融着接続機である。

3.3 S178A

コア観察による、光ファイバ調心機能を有し光ファイバのコアを直接観察することにより、軸ずれ量を測定し低損失で光ファイバを接続できることが特長の融着接続機である。更に左右の光ファイバが異なる種類の場合、左右のコアの状態を画像

処理により判断し、自動で放電を繰り返し、低損失になるところを予測して接続することが可能である。

そのほかにも光の減衰量をコントロールした接続を実現する Attenuation機能やφ80 μmからφ150 μmまでの融着接続が可能であり、FTTXの接続工事のみならず光部品の製造にも最適な融着接続機である。

4. 装置の特長

新製品の特長を説明する。今回の新製品設計に合わせて、開発したオプション品についても紹介する。

4.1 小型化

従来機種種のS177においては、7.5倍の対物レンズとコア調心に必要なセルピッチのCMOSカメラを用いていたが、S178においては、3.0倍の対物レンズと新開発のCMOSカメラを用いることで、コア調心に必要な分解能を確保した。レンズの倍率を下げたことで、レンズサイズを小さくし、光ファイバからCMOSカメラまでの距離を小さくすることに成功した。

この成功は、融着接続機の奥行きを従来の260 mmから199 mmへ、高さを従来の138 mmから105 mmのサイズに小型化する大きな要因となった。

横寸法に関しては、全機種で光ファイバを搬送するZ台と呼ばれる部品とZ台の推進動力であるモータ、それらの駆動機構のレイアウトを見直すことで、多心融着接続機においては、従来の140 mmから127 mmへ小型化が実現された。

その結果、S178においては体積の43%減を実現した。S123M8, M12, S178においては、同クラスにおける融着接続機として、世界最小サイズである。

4.2 軽量化

融着接続機の構造部品、外装部品においては、アルミニウム合金から比強度・比剛性ともに優れているマグネシウム合金へ材料変更することで、軽量化を進めた。

電子部品においては、FPGA (field programmable gate array) を代表とするプログラマブルロジックデバイスを使用することで、電子部品の削減を実現するとともにガラスエポキシ樹脂基板面積を小さくし、軽量化を進めた結果、従来機比較で重量の7%減を実現した。S123M8, M12, S178においては、同クラスにおける融着接続機として、世界最軽量である。

4.3 省電力化

新CPUの採用により省電力化を行った結果、CPUからの発熱が従来の装置よりも抑えられたことで、本体冷却ファンの削減ができ、新CPU採用は、二次的な省電力化へも貢献した。

新設計ヒータとその制御プログラムにより、加熱補強スリーブの収縮時間短縮が実現でき、その結果、加熱補強1サイクルの省電力化につながっている。

新モータ採用により、モータ位置を保持するための保持励磁が不要になり、省電力化につながっている。その結果、消費電力は、従来機比較で29%減を実現した。

4.4 堅牢化

堅牢化は、屋外使用を想定し設計を進めた。屋外で発生しうる問題は、落下などによる衝撃、空気中の粉塵、雨などの水の影響、風による影響と考え、これらに対して強い機械特性をもつ装置の開発を行った。

特に防塵と防水に対する保護に対しては、IEC60529 (JIS C 0920) の規格で定められる、IP52に準拠して開発を行った。

IP5Xは、防塵に求められる規格で粒径25 μm以下の粉塵2 kgを2 kPa減圧した装置のなかで、8時間連続噴霧したのち、正常動作を保証する規格である。

IPX2は、防水に求められる規格で装置を前後左右4方向に15度傾斜させ、それぞれの角度のときに3 mm/分の水量を2.5分、合計10分間滴下させたのち、正常動作を保証する規格である。

落下については、Telcordiaに示される、760 mmからの落下後に正常動作を保証する規格を参考に設計を進めた。

4.4.1 耐衝撃設計

運搬中に760 mmの高さからの落下を想定し、装置を衝撃から守る設計を行った。融着接続機の4つのコーナに衝撃緩衝部材を設けることにより、天面を除く5面からの落下に対して、落下後も光ファイバの接続損失特性に影響がない結果が得られた。

特に底面からの落下には、衝撃緩衝部材に時間的衝撃分散機能を持たせ、落下時の衝撃を時間的に分散させ、融着接続機にかかる衝撃負荷を低減させている(図3, 図4参照)。

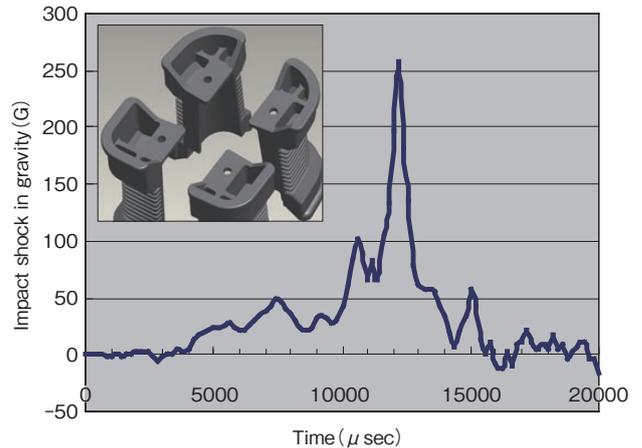


図3 時間対衝撃値のグラフ (時間的分散機能無)
Time vs shock (Symmetric rubber pad).

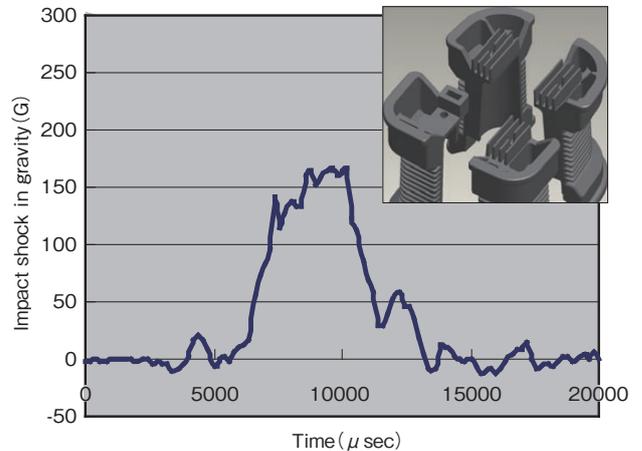


図4 時間対衝撃値のグラフ (時間的分散機能有)
Time vs shock (Dissymmetrical rubber pad).

4.4.2 防塵・防水設計

塵埃の侵入と水の浸入は、ほぼ同一の現象であり、機械に水の浸入を防ぐ設計ができれば防塵に対する設計も同時に進められていると考えてよい。具体的な設計を数例挙げる。本体ボトムケースとトップケースの勘合部やバッテリードアの勘合部は、印籠勘合の設計を行った。この設計により、勘合部からの水と塵埃の侵入防止に大きな効果があった(図5)。

外部機器と接続される、USBコネクタ、電源コネクタ部は、壁から一段下げ配置し、更に軒には、水が壁を伝わらないように返しを設けた。それでも壁を伝って、コネクタから侵入することを想定し、コネクタ部には、キャップを設け、水と塵埃の侵入防止の設計を行った。



図5 防水試験のようす
Appearance of waterproof test.

4.4.3 防風設計

光ファイバの接続は、アーク放電により先端を溶かした光ファイバ同士を接触させて行うが、アーク放電は風による影響を受けやすく、影響を受けたアーク放電は、ゆらいでしまうため、強度やその方向が安定せず、光ファイバを低損失で接続するために十分な機能を発揮しない。今回の設計では、一般的に高所作業車の安全使用基準である、風速 10 m/secの影響を受けない放電空間の確保を目指し、そのためにアーク放電が行われる空間を密閉する設計を行った。ファイバを把持する機構を有するクランプアームのヒンジとアーク放電が行われる風防機構のアームを独立させ、風防とトップケースがオーバーラップするような密閉構造を作り出すことにより、アーク放電を風の影響から防ぐことに成功し、その結果、風速 15 m/sec下における接続作業においても、接続損失に影響を及ぼさない設計となった。図6に風防とトップケースのオーバーラップ部をオレンジ色で示した。



図6 風防密閉型構造
Canopy and top case shield structure.

4.5 クランプ独立機構

クランプ昇降機構が搭載されていても、長年クロージャに入っていた光ファイバテープや光ファイバ心線は、トレーに格納されているため、曲がり癖が付いてしまい、融着接続時に光ファイバを保持する光ファイバホルダへのセットやV溝への光ファイバ配置が困難になるときがある。

従来、風防の開閉動作に伴って光ファイバをクランプしていたが、クランプのアーム部品を設け、風防の動作と非連動でファイバをクランプすることを可能にした(図7)。風防開閉動作に伴って、動作させることも可能で、レバー操作により、連動と非連動を作業者が選択することが可能であり、従来の機能を残したまま、新機能を搭載することができた。非連動設定の場合は、手動でクランプアームを動作させ、光ファイバを確実にクランプしたことを目視で確認した後、風防を閉じることができ

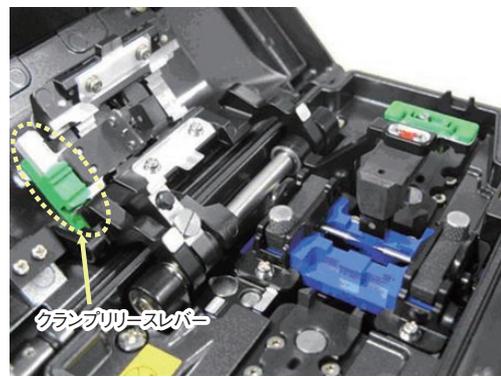


図7 クランプ独立動作
Releasable fiber clamp.

4.6 加熱補強器

融着接続部は、ガラスがむき出しになっているため、補強が必要である。一般的な方法として、ガラスやステンレスの抗張力体が入っている熱収縮チューブをガラスがむき出しになっている部分に被せた後、加熱してチューブを収縮させ抗張力体が移動しないようにする。その抗張力体の剛性で光ファイバが折れない方法を採用している。この構成を加熱補強スリーブと呼ぶ。

このとき、加熱補強スリーブ内に気泡が入らないように収縮させる必要があり、加熱補強スリーブの中心から端に向かって空気を追い出すように収縮を行う。この収縮工程をいかに高速に実施するかがヒータに求められている。特に近年、光ファイバの融着接続速度が10秒を切る速度まで高速化されているため、加熱補強にかかる時間をいかに短くするかが、光ファイバを接続して補強するという一連の作業工程の時間短縮の鍵を握ることになる。

4.6.1 高速化

4.6節にも述べたように、加熱補強スリーブを収縮させる際、中心から外側に向かって収縮させる必要があるため、ヒータ全体の温度分布が重要になる、更にこの温度分布をコントロールすることも重要である。

当社では、金属の抵抗体に電気を流すことで、発熱させ、その熱を加熱補強スリーブに伝える方法を採用しているが、この抵抗体の最適化を行うことで、高速昇温が可能になり、加熱補強初期における時間ロスを少なくすることを実現した。更に、ヒータ発熱部を中央部と両端部の3分割にすることで細かいコントロールが可能になり、高速化を実現できた。

更に高速化を求めお客様に対しては、予熱モードを提供し、一定条件になると、加熱ヒータが自動的に昇温して、昇温時の初期時間ロスを最小限になるまで詰めた。その結果、全ての機種で単心加熱補強スリーブにおいては、世界最速の25秒、多心加熱補強スリーブにおいても、世界最速の35秒を実現した。

4.6.2 オートスタート

加熱機に加熱補強スリーブをセットした後、加熱をスタートさせるためにスイッチを押す必要があるが、このスイッチを押す作業を忘れてしまうと、加熱補強スリーブは、加熱補強器にセットされていても収縮が行われない。新設計の加熱補強器では、光ファイバが加熱補強器にセットされているか、否かを自動検知し、加熱を自動でスタートするオートスタート機能を有している。

このオートスタート機能は、加熱補強器の蓋や光ファイバランプの開閉ではなく、光ファイバの有無を検知するところが特長であり、光ファイバの設置と同時に加熱を開始して、加熱補強時の時間ロスを最小限に抑えている。

4.6.3 曲がり癖の取り除き機能

4.5節にも述べたように、曲がり癖の付いた光ファイバテープ、光ファイバ心線は、軸ずれや光ファイバを保持する光ファイバホルダへセットしづらいという問題を持っている。この問題を解決するために、本来、加熱補強スリーブの収縮を目的として設置されている加熱補強器を用いて、光ファイバに付いてしまった曲がり癖を取り除く機能を持たせた。

加熱補強スイッチを長押しすると、曲がり癖を取り除くために最適化された温度にヒータが温まり、一定時間で動作が停止し、曲がり癖の取り除き動作が解除される。ヒータ長の70 mmの区間は、曲がり癖が取り除かれる。前処理を含めた光ファイバの接続に必要とされる50 mmの区間は十分に確保されている。

4.7 自動画像保存機能

融着接続時の推定損失や切断角度に関するデータは、2,000接続分のデータが保存されるが、そのデータのうち最新の50接続分については、融着接続後の光ファイバ像(X画面、Y画面の両画面)、合計100枚の画像データを自動で保存する機能を有する。

光ファイバ接続後の融着接続状況を目視で確認できるため、融着接続時の不具合を解析したり、異常を見つけたりすることが可能である。

4.8 マルチバッテリースロット

S123M8/M12, S153, S178においては、マルチバッテリースロットを実現し、バッテリースロットを2基搭載した(図8)。融着接続と加熱補強を1サイクルとした場合、S178においては、満充電のバッテリー2個を用いた場合、従来機種S177の約3倍の、200サイクルを実現した(S177では、70サイクル)。同クラスにおける融着接続機と比較して、世界最長サイクル数である。



図8 マルチバッテリースロット
Multiple battery slots.

4.9 セミオートモード

融着接続の作業時間短縮のため、風防の開閉に連動し、光ファイバを融着接続ポイント付近まで自動で光ファイバを搬送する、セミオートモードを新設した。

融着接続ポイント付近まで光ファイバが搬送された後、スタートボタンを押して融着接続をスタートすることで、S178においては、7秒以下で、融着接続が完了する。同クラスにおける融着接続機と比較して、世界最速の融着接続時間である。

作業者は、セミオートモードを使用することで、融着接続をスタートする前に、切断面や切断角度など、光ファイバの前処理状況を目視することができ、良好なことを確認した後、融着接続をスタートできるため、従来、融着接続スタート後にしかできなかった光ファイバの前処理状況の確認作業を融着接続開始前に行うことができる。もし、切断角度や切断面に不具合がある場合、作業者は、事前のやり直しが可能で、時間の短縮につながる。このセミオートモードは、二次的な作業時間短縮にも貢献している。

4.10 G.657ファイバの接続

FTTXの整備が進むなかで、G.657ファイバの接続が可能である融着接続機が求められている。

S178は、DRAKA社製 Bend Bright XS及びOFS社製 EZ-BendのG.657ファイバに対して、コアを観察して融着接続可能なプログラムを標準搭載している。Corning社製 Clear CurveのG.657ファイバに対しては、クラッド中心軸のずれ量をゼロにして接続が可能なプログラムを標準搭載している。

4.11 ワークベルト

ワークベルトは、融着接続機を運搬するソフトケースとしての役割と作業台を兼ねた機能を持つ。ワークベルトに付属しているストラップを肩と腰にまわし、ワークベルトを身体に固定した後、ワークベルトのファスナを開けると、その場で融着接続が可能である(図9)。高所の工事でありながら、高所作業車が入れない接続工事の場合、接続箇所まで融着接続機を安全に運搬し、その後融着接続することが可能である。



図9 ワークベルト装着のようす
Soft work table.

4.12 メンテナンス

4.12.1 電極棒

放電を繰り返すと、アーク放電の電極棒の先端に異物の付着が進行する。この異物が原因となり放電が不安定になることがあり、その結果、接続損失が悪化することがあるため、電極棒の定期的な清掃が必要になる。

電極棒は、小さく取り扱いが困難であるが、電極棒の後端部に電極駒と呼ばれる大きなつまみを設け、取り扱いを簡単にした(図10)。非円形駒付きの電極棒は、業界初である。



図10 非円形電極駒
Easy handling electrode.

5. 製品仕様

今回紹介した3シリーズ7機種のうち、主要な製品である3機種(S123M4, S153A, S178A)の主な仕様について、表3にまとめた。

表3 主な製品の仕様
Specification of new products.

型式	S123M4	S153A	S178A
光ファイバ種	SM, MM, DSF, NZD, BIF/UBIF		SM, MM, DSF, NZD, EDF, BIF/UBIF
対応心線数	1-4心	1心	
被覆外径	単心:0.25-0.9 mm	単心:0.1-1 mm	
テープ心線厚	多心:0.28-0.4 mm		
対応クラッド外径	0.125 mm	0.08-0.15 mm	
融着接続時間	15秒以下	9秒以下	7秒以下
接続損失(dB)	SM:0.05 MM:0.03 DSF:0.08	SM:0.04 MM:0.02 DSF:0.06	SM:0.02 MM:0.01 DSF:0.04
補強時間	単心:25秒 多心:35秒	単心:25秒	
接続プログラム	150		
補強プログラム	18		
加熱スリーブ	20/40/60 mm		
接続データの記憶	1500接続 最新の50接続については、X画面、Y画面の融着接続画像付き	2000接続 最新の50接続については、X画面、Y画面の融着接続画像付き	
放電検査履歴	100データ		
ファイバ像取得	24枚		
入出力端子	USB2.0		
電源	DC:11-17V AC:100-240V		
外径寸法	127(W)×199(D)×81(H) mm (衝撃緩衝材含まず) 159(W)×231(D)×104(H) mm (衝撃緩衝材含む)	127(W)×199(D)×105(H) mm (衝撃緩衝材含まず) 159(W)×231(D)×130(H) mm (衝撃緩衝材含む)	
本体重量	1.4 kg (バッテリー含まず)	1.7 kg (バッテリー含まず)	1.9 kg (バッテリー含まず)

6. おわりに

3シリーズ7機種を短期間で開発するために、今までシリーズ間で異なっていた設計を共通プラットフォームという考えのもとで設計を進めた。その結果、シリーズ間での部品共通化が進み、S178においては、部品共通率を86.7%まであげることができた。

新コンセプトのS153Aにおいては、今後の市場動向を先読みした製品をいち早く投入することができた。

融着接続機の基本スペック部分においては、数多くの業界No.1の仕様、業界初の仕様をお客様に提供することができた。

今後も世界の光通信・光産業を支えていく装置の製造メーカーとして、社会に貢献する企業であり続ける所存である。