

大容量光社会を作る仕事の数々

2005年へ 光る道

撮影・大森正樹 / 宮下敦

第9回

光ファイバーに生命を吹き込む「**稲妻**」を
小箱に封じ込めた融着接続機

髪の毛ほどの細さの光ファイバーを接続するには、クリアしなければならないいくつかの課題があった。加熱方法や時間の制御、位置合わせの方法など。それらの問題をクリアして、なお過酷な状況下でも確実な接続を可能とする機器は、どうやって開発されたのかを探る。

取材・文 喜多充成

中心で光る火花が光ファイバーを溶かす。アーク放電の火花は極めて狭い領域を5000～6000度に加熱する。ほんの数秒で融着は完了する。

2005

知る人ぞ知る 光ファイバーネットワークの 縁の下の力持ち

光による通信ネットワークの構築を、重い荷物を高く険しい山に運び上げる仕事だと考えてみる。より透明なファイバーを作る「開発」の仕事や、その透明なファイバーを大量にする「製造」の仕事、荷物の先立ってロープをかけ引っ張り上げる仕事だとすれば、今回取り上げる「光ファイバー融着接続機」は、荷物の後ろでこれを支えながらエイヤエイヤと押し上げる仕事と言えるのではないかな。

なにしろ光ファイバーの「接続点」は、できなほいほうがいも類のものである。せっかく透明度を磨き上げたファイバーをいったん切っつなぎ直す。どうがんばってもそこで光信号の損失が生じざるを得ない。

最初から「接続点ひとつにつきマイナス何デシベルの損失」と減点法で測られることを宿命づけられている仕事であり、それでいて「うまくいって当たり前」というくらいの信頼性を勝ち得ないことには使ってもらえない。

しかし、その地味なイメージとは裏腹に、それを知る人の中ではフジクラの融着機は輝きと共に語られるものであるらしい。

「Fujikuraが海外では有名なのは、光ファイバーというより信頼できる融着機のブランドとしてなんです。もしうちの機械を使ってうまく接続できなかったら、『ファイバーが悪い』と光ファイバーケーブルのメーカーにユーザーさんからクレームが行くくらい信頼されているんです」

気持ちいいほど自信満々に語ってくれるのは株式会社フジクラの瀧本英樹広報室長。

「世界市場でのシェアは50～60%。でも広

報の努力が足りないせいかな、一般の方の知名度がいまひとつ。もっともっと有名になってほしいんですが」とおっしゃるが、それは広報マンの責任ではなからう。

「融着機の仕事場は光ケーブルが敷設されているところですから、つまり山の中の送電線のとっぺんだったり、砂漠の真ん中だたりするわけです。人が多い都市内でもだいたいマンホールの中。一般の人の目に触れることはまずないでしょうね」

と解説してくれる吉沼幹夫さんは、「光システム事業部精密機器開発部長 兼 設備統括部精密技術開発部長」という長い肩書きを持つ人物。同社の融着機開発に最初から関わってきた吉沼さん自身がこう言うのだから、知名度が少ないのは融着機そのものが我々の目の届かないところで働いているから、というのが理由の大半に違いない。

では本題に入ろう。融着機の正式名称は「光ファイバー融着接続機」。知るべきはいかに接続するか、そのしくみであり精度でありノウハウである。

ブラモデルやハンダ付けとは違い、光ファイバーの接合には接着剤を使わない。素材である石英ガラスそのものを溶かしてくっつける。ガラスが溶けるだけの高温を得るために、かつてはトーチ（バーナー）やレーザーが試みられたという。現在はアーク放電による電気火花を利用する方法（庫写真）が主流となっている。

「短い時間で高い熱量を加えたい、狭い領域だけを加熱したい、加えた熱量をコントロール



「融着機は機械、電気、光学、制御の知識を総動員したメカトロの塊。開発部門は新入社員に人気の部署ですよ」と語る吉沼幹夫さん。

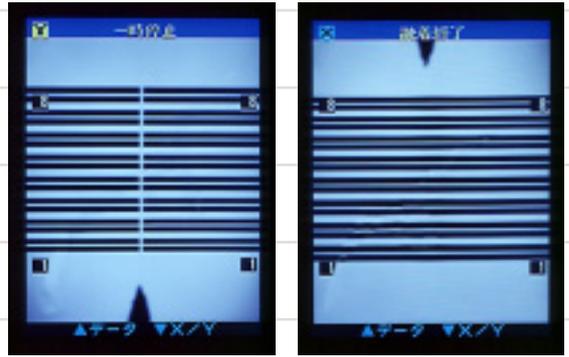


シリアルポートやメモリーカードスロットを備え、推定接続損失などの作業結果のデータのログをとることができる。上は単芯、下は多芯用の接続機。

したい、という要求に今のところもっともよく応えてくれるのがアーク放電なんです（吉沼さん）

それぞれの要求にはもちろん理由がある。「短い時間」という要求は、作業時間そのものの短縮をめざすため。「狭い領域だけ」というのは「短時間加熱」とも関係するが、接合に必要な部分だけ温度を上げ、ファイバーの他の部分にはなるべく影響を与えたくないからである。

Optical fiber



液晶表示用パネルが縦長なのは、ファイバーの断面方向の画像分解度を上げるためにCCDを縦位置で利用しているから。画面が一瞬白くなり、次の瞬間には8本のファイバーが接続されている。

温度・湿度・気圧も影響するデリケートな工程を 戸外で確実にこなす「スタンドアロン工場」

最後の「コントロール」というのがノウハウに関わる部分である。環境条件や接合するファイバーの特性に合わせて電流と電圧の制御で「火加減を調整」することが必要となる。それは接合部の品質に関係してくるし、またそれができないと「どこでも使える、何にでも使える融着機」が作れないのである。

「コントロールということには、積極的な意味もありまして、押し当ててくっつけたところを見計らって少し引っぱり、接合点での外径の膨らみを小さくするとか、溶融状態のガラスの表面張力(表面積が小さくならうとする力)を期待し、同じ効果を狙って温度はさほど上げず時間をすこし長めにしたいという場合もある(吉沼さん)

ソフトウェアでの制御だから、TAなどと同様のファームウェアアップグレードで、新しく登場した光ファイバーの接合にも対応できるようになっている。

「ファイバーのメーカーから『新しく出すファイバーの接合に、フジクラの側で対応してほしい』と依頼が来る場合もありますよ(吉沼さん) フジクラももちろん光ファイバーメーカーとし

て有力なプレーヤーであり、依頼してくるメーカーにすれば競争相手。そういった依頼をするからには、ファイバーの組成についてかなり詳細な情報をライバル社に提供せねばならない。

しかし、躊躇はしてられない。最大シェアの融着機で使えないファイバーなど、いくら売り出しても意味がないし、つなぐ手段がなければそのファイバーは使いモノにならないのである。

もちろん対象とするマーケットが違ったり、用途の違う特殊品だったりということもあるが、同社の融着機の位置づけをよく示すエピソードである。

取材の前にホームページを覗いていて、引かかる記述があった。商品情報の紹介の項で「気圧対応型」と記されている部分だった。なぜ、気圧？

「熱源がアーク放電ですから、気圧は当然関係してきますよ。正確にいうと『放電開始電圧』が気圧によって変わってくるんです(吉沼さん)

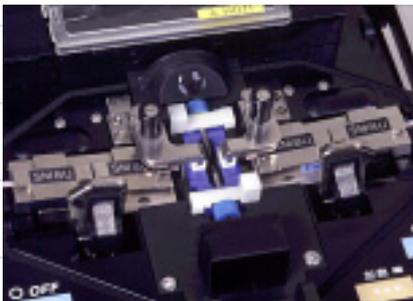
我々に最も身近なアーク放電は蛍光灯の内部で起こっている。蛍光灯の管の内部が大気よ

り低い気圧に保たれているのは割って見たことがある人なら知っているだろう。気圧が高ければ放電開始電圧も高くなり、低くなれば低くなるというぐあいに密接な関係があり、それもかなりデリケートに変化するものなのだ。

「試作機をもって富士山に登ってテストしたこともあります。世界中で使われるということは、富士山より海拔の高い場所で使われるかもしれないということですから。今はどこの会社の融着機もやっていることですが(吉沼さん) 面白いのは、たまたま同社が気圧センサーを内製していた点。カシオのGショック向けに高度表示のための気圧センサーを大量に供給していたこともあり、その部品を使って気圧を測定することにした。気圧から導き出される放電開始電圧にあわせ、どんな場合でもファイバーに加えられるトータルの熱量に差が出ないように調整しているのだという。

放電のコントロールと両輪をなし、しかもより理解しやすいのが「軸あわせの精度」の話である。

ご存知のとおり光ファイバーは断面の中心の「コア」とそれをとりまく「クラッド」という2種類の屈折率の違う部分でなりたっている。幹線系と呼ばれる大容量の光通信回線で主に使われているのは「シングルモード型」、すなわち光の通り道である「コア」がきわめて細いファイバーだ。外径125ミクロン(8分の1ミリ)に対し、コアの径は8ミクロン(125分の1ミリ) カップ巻きはカップ巻きでも、千切りのキュウリが1本だけ入ったカップ巻きなのである。



実際の接続作業は風防を閉じた状態で行われる。



ノリがあればもちろんハサミもありで、被膜除去および切断用の装置。切断面が直角になっていることも重要だ。

2005



最終検査を待つ機器たち。お値段は国産最高級車1台ほど。

新入社員の希望配属先として 融着機が人気部門の理由とは

キュウリの端どうしをピタリとあわせるためには、まずノリ巻きの断面のどの位置にキュウリがあるかを見つけなければならない。キュウリと寿司飯なら見れば区別はつくが、光ファイバーの場合はコアもクラッドも見た目は同じガラス。

初期の融着機では、片側から入れた光を反対側で検知し、光の強度が最大となる位置をもって軸が合ったことにしていた。だがこの方法では、誤差の大きさもさることながら時間がかかる。

そこで考え出されたのが、ファイバーのレンズ効果を利用してコア位置を推定する方法だ。ファイバーは真円にかなり近い円柱状で、横から入った光を屈折されてある焦点を結び、コアの部分に限っても、焦点の位置は違うが同じこ

とが起こり、ファイバーは全体として子レンズを抱え込んだ大きなレンズとみなすことができる。子レンズと大レンズの焦点の位置は異なり、見る位置によってコアを挟むように2本の暗い筋が見える。これを目印に真のコアの位置を精度よく推定することができるのだという。

もちろんあらゆるファイバーが十分に真円に近く、しかもすべて真ん中にコアがあるなら、コアの位置を改めて調べ、それに合わせてファイバーを動かす作業は必要なかろう。だが、工業製品であるからにはバラつきは避けられず、それが原因で接合時に大きな損失が生じてしまうなら、これは融着機でなんとかクリアしなければならない問題となる。

「CCDカメラを使って画像処理を行い、コアの位置を推定して、ファイバーをXY方向に動かす。この『コア直視』を我々は1985年にはじめて実用化しました。他社さんと同様の機能が出てくるのに1年ぐらいかかりました。決してうちが作っているファイバーの軸がぶれていたから頑張った、ということではありませんよ(笑い)。(吉沼さん)

この「コア直視」は融着機の商品開発で大きなステップとなった。画像処理の対象となるのが、別にコアの位置だけである必要はない。ファイバーの端を近づけていくときに、その画像を見ながらモーターで制御すればより精度よく移動量をコントロールできる。切断面がきちんと直角になっているかどうか、接合後に断面に泡が残ったりしていないかどうか、CCDを通して得られた画像を処理して判定することができる。つまり接合点の「信頼性」が上がるわ



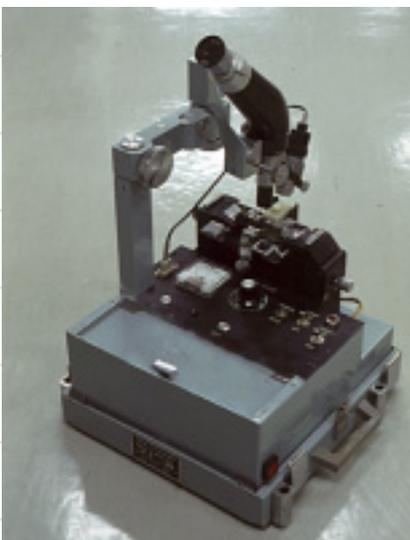
歴代の融着機が並び、棚には、数々の賞状も収められている。

けだが、それ以上に作業する人間が目で見えて確認でき「信頼感」が増すという効果も見逃せない。アーク放電が風で揺らぐのを避けるため、放電時に接合部は風防で覆われる構造となっているためなおのことだ。

これだけの努力が傾けられた光ファイバーの融着機。接合の品質はといえば、

「現在、1接合当たり0.03dB以下の接続損失を保証できるようになりました」(吉沼さん) 0.03dBという損失はファイバーの長さで換算すると約100分に相当する。先人の努力により現在の光ファイバーがどれほど透明なものになっているかを考えると、この100mは「わずか100m」と言い切ってしまうと差し支えない長さだといえるだろう。

撮影のために、風防を開けた状態でアーク放電を何度か飛ばしてもらった。「ないほうがいいが、なくては困る」接合点を、まるで最初からなかったかのように作り上げていく融着機。美しい火花に目を奪われ、放電で生じるオゾン臭をかきながら、太古の生命は稲妻の中で生まれたという話を思い出した。このアーク火花も、まさに光ファイバーのネットワークに命を吹き込む仕事をしているのだった。



初期の融着機は、顕微鏡直視・放電強度手動制御式。たいへんな職人芸を要求される道具だった。

optical fiber



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp