

# 低OH吸収ピークシングルモード光ファイバ

光電子技術研究所 山田 成 敏\*1・後 藤 孝 和\*1・藤 巻 宗 久\*2・原 田 光 一\*3

## Low Water Peak Single-Mode Optical Fiber

N . Yamada , T . Gotoh , M . Fujimaki & K . Harada

水酸基 (OH<sup>-</sup>) による吸収損失を極限まで低減した低OH吸収ピークシングルモード光ファイバを開発した。この光ファイバは、従来のシングルモード光ファイバで使用されるOバンド (1,310nmウィンドウ) またはCバンドおよびLバンド (1,530 - 1,625nm) に加えて、Eバンド (1,360 - 1,460nm) の波長帯での使用を可能にする。この光ファイバは急成長するメトロポリタンおよびアクセス系ネットワーク用に適している。

本稿では、当社で開発した低OH吸収ピークシングルモード光ファイバの特性について報告する。

A low water peak single-mode optical fiber with hydroxyl ion (OH<sup>-</sup>) extremely eliminated has been developed. The fiber can realize transmission in E-band (1,360 - 1,460nm) in addition to O(1,310nm Window) C- and L-bands (1,530 - 1,625nm) which have been utilized by conventional single-mode fiber. Hence, it is able to operate over the entire wavelength range from 1,260 up to 1,625nm. The fiber is suitable for rapidly growing metropolitan and access networks.

This paper reports the characteristics of the developed low water peak single-mode optical fiber.

### 1. ま え が き

近年、光ファイバを使用した通信ネットワークシステムの構築が、世界的レベルで着実に進みつつある。各国においてすでに主な幹線系の整備は終了し、対象はアクセス系へと移りつつある。また、光ファイバやCATV、xDSLなどを用いたブロードバンドアクセスの普及による需要の活性化にともない、伝送容量拡大に対する要求は急激に増加する傾向にある。そのため、いまや中間ネットワークであるメトロポリタンネットワークやアクセスネットワークの早期整備が望まれている状況である。

当社でもこれらに適應する光ファイバを開発し、商品名FutureGuide<sup>®</sup>-LWP、曲げ損失を低減した光ファイバとしてFutureGuide<sup>®</sup>-SR15Eをリリースした。両ファイバはいずれも国際標準規格ITU-T G.652.Dに準拠している。本稿ではその主な特性について報告する。

### 2. 背 景

伝送容量に対する需要の急激な増加により、波長分割多重方式 (Wavelength Division Multiplexing, 以下WDMと記す) 技術がますますその重要性を増している。

WDMでは、1本の光ファイバに複数の波長の光信号を重ねて送るため、光ファイバ1本あたりの伝送容量を飛躍的に高くできる。WDMの中でも高密度波長分割多重方式 (Dense Wavelength Division Multiplexing, 以下DWDMと記す) では一般的に32波長以上を扱い、中には160や180波近い数を多重化する装置もあり、1波長あたり10Gbpsとして1.6Tbpsや1.8Tbpsという超高速伝送を実現している。使用波長帯としては、光増幅器で増幅可能な1,550nm周辺の波長領域を利用し、具体的にはCバンド (1,530-1,565nm)、Lバンド(1,565-1,625nm) あるいはSバンド (1,460-1,530nm) を使用する。

しかし、DWDM装置はチャンネル間の波長間隔を狭くして高密度化をはかるため、使用される光学系部品の要求仕様が厳しく、装置が大がかりになるとともに高価になりがちであった。したがって、その用途はバックボーン/幹線系など主幹ネットワーク用が中心であった。

低密度波長多重 (Coarse WDM, 以下CWDMと記す) の場合は、レーザやフィルタへの要求特性が比較的緩く、安価なシステムを組むことができるため、低コストが強く要求されるメトロ系やアクセス系に適しているといえる。

このCWDMシステムを実現するために使用する光ファイバは、広い波長にわたって低損失であることが要求される。これまで使用されてきたシングルモード光ファイ

\*1 光プロセス研究部

\*2 光プロセス研究部グループ長

\*3 佐倉光製造部長

は、OH基による吸収ピークにより1,380nm帯の伝送損失が高かった。この吸収損失を低減した光ファイバの研究が従来から報告されている。<sup>1)2)3)</sup>

当社では、さらにこのOH吸収ピークをCWDMシステム等に十分実用可能なレベルまで低減させた光ファイバを開発したので、その特性について報告する。

### 3. 特性

#### 3.1 伝送損失

##### 3.1.1 初期損失

低OH吸収ピークシングルモード光ファイバにおいて、1,380nm帯での低損失は、伝送パワーの集中する中心コア付近のOH基濃度を極力低減することによって達成される。当社は、製造工程において以下のポイントに着目して改善を続け、優れた特性の光ファイバを量産できる技術を確立した。

1) VAD法によるスート作製においては、酸水素火炎を用いているためOH基残留が不可避であり、スート作製後に脱水処理を行っている。本開発においては、脱水剤を含めた多くの条件を見直すことにより、OH基の残留を極限まで減らし、かつ安定的に製造できる条件を確立した。

2) VAD母材作製の後工程となる、母材加熱加工時における母材表面からのOH基拡散についても、現象を解析し、母材加工条件の最適化およびVADでの母材製造条件の最適化も行い、量産化技術を確立した。

開発した低OHシングルモード光ファイバおよび従来タイプのシングルモード光ファイバの代表的な損失波長特性を図1に示す。

##### 3.1.2 水素特性

3.1.1で説明したように、CWDM伝送システム用への拡張を考慮する光ファイバは、広範囲にわたる使用波長領域において伝送損失値が小さくなければならない。くわえて、システムのパフォーマンスを維持するためには、その伝送損失値が経時的に変化しないことも重要となる。特に、ケーブル敷設後に周囲環境から発生する水素の影響による1,380nm帯の損失増加に注意しなければならない

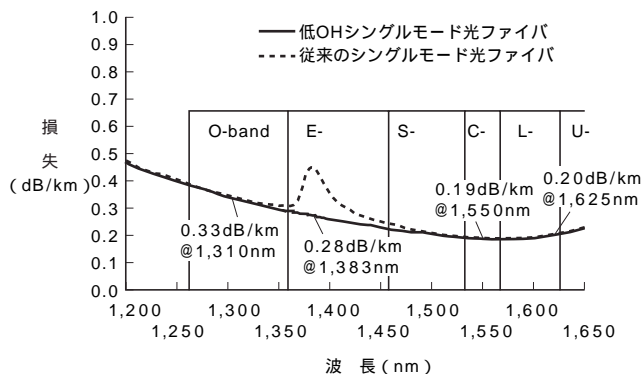


図1 従来のシングルモード光ファイバと低OH吸収ピークシングルモード光ファイバの損失波長特性  
Attenuation spectra of a conventional single-mode optical fiber and a low OH single-mode optical fiber

い。<sup>4)</sup> 損失増加が大きいと、Eバンドでの使用に支障をきたすおそれがある。

1,380nm帯伝送損失が経時的に増加するメカニズムとしては、発生した水素が光ファイバ内部に拡散し、ガラス中の格子欠陥と結合してOH基を形成するためとされている。使用環境下におけるOH基の増加を抑えることができれば、伝送損失を安定に維持することができる。当社の低OH吸収ピークシングルモード光ファイバでは、製造条件を最適化することにより耐水素特性を向上させている。水素試験の結果を図2に示す。評価は、IEC60793-2-50の条件に準拠して行った。一般的な従来タイプのシングルモード光ファイバの結果をみると、水素試験後で1,380nm帯の伝送損失が大きく増加している。これに比較し、低OH吸収ピークシングルモード光ファイバの場合は、エージング前後の1,380nm帯での損失増加量は0.01dB/km以下であり良好な特性を示している。

#### 3.2 その他の特性

表1にFutureGuide®-LWPの代表特性を示す。伝送損失以外の特性は、従来のシングルモード光ファイバと同等である。これは、製造プロセスにおいて、屈折率プロファイルを従来の光ファイバから変更することなく低OH基を実現していることによる。この特徴により、将来的な拡張性を持ちながら、Oバンド、Cバンド、Lバンドなどの既存システムで高い性能を発揮する。

さらに、表2には低OH損失に加え曲げ損失を低減したFutureGuide®-SR15Eの代表特性を示す。曲げ損失は半径15mm、10ターンで0.5dB以下であり、宅内配線などに利用が期待される。

このように、従来タイプの光ファイバに付加的に低OH損失の特徴をもたせられるため、その利用範囲は大きく広がる。

## 4. む す び

当社で開発した低OH吸収ピークシングルモードファイバ FutureGuide®-LWPおよびFutureGuide®-SR15Eの代表特性について報告した。1,380nm帯のOH基吸収による伝

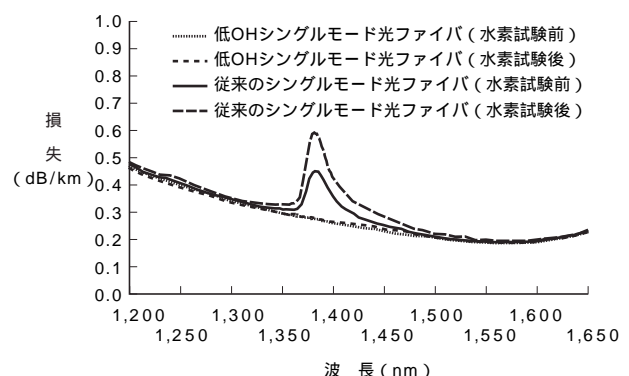


図2 水素試験前後の損失波長特性  
Attenuation spectra of sample fibers before and after hydrogen aging test

**表1** FutureGuide®-LWPの特性 (代表値)  
Characteristics of FutureGuide®-LWP ( Typical )

項目	値
モードフィールド径 ( $\mu\text{m}$ )	9.2
クラッド径 ( $\mu\text{m}$ )	125.0
偏心量 ( $\mu\text{m}$ )	0.1
クラッド非円率 ( % )	0.3
ケーブルカットオフ波長 ( nm )	1,165
波長分散 ( ps/nm/km ) @1,550nm	+ 16.5
零分散波長 ( nm )	1,312
零分散スロープ ( ps/nm <sup>2</sup> /km )	0.086
スクリーニングレベル ( % )	1.0

送損失を十分に低減できており，Eバンドでの伝送が十分可能なことを示した．また，実使用環境において懸念される水素による1,380nm帯の損失増加についても，十分な耐性があることも示した．ここで報告した低OH吸収ピークシングルモード光ファイバが今後のネットワークシステムで重要な役割を果たすと期待する．

#### 参 考 文 献

1) T. Moriyama, O. Fukuda, K. Sanada, K. Inada, T. Edahiro and K. Chida: Ultimately low OH content V.A.D. optical fibres, Electronics Letters, 16 698-699, 1980

**表2** FutureGuide®-SR15Eの特性 (代表値)  
Characteristics of FutureGuide®-SR15E ( Typical )

項目	値
モードフィールド径 ( $\mu\text{m}$ )	8.6
クラッド径 ( $\mu\text{m}$ )	125.0
偏心量 ( $\mu\text{m}$ )	0.1
クラッド非円率 ( % )	0.2
ケーブルカットオフ波長 ( nm )	1,180
波長分散 ( ps/nm/km ) @1,550nm	+ 16.0
零分散波長 ( nm )	1,318
零分散スロープ ( ps/nm <sup>2</sup> /km )	0.085
曲げ損失 ( dB ) @1,550nm ( 30mm × 10ターン )	0.05
スクリーニングレベル ( % )	1.2

2) F. Hanawa, S. Sudo, M. Kawachi and M. Nakahara: Fabrication of completely OH-free V.A.D. fibre, Electronics Letters, 16 699-670, 1980

3) K. Kosaka, T. Moriyama, M. Miyamoto, R. Yamauchi and O. Fukuda: Fabrication of ultra low-loss and low-OH VAD single mode fibers, ECOC'84, 292-293, 1984

4) K. H. Chang, D. Kalish and M. L. Pearsall: New hydrogen aging loss mechanism in the 1400nm window, OFC/IOOC'99, PD22-1-3, 1999