

JT-G657

低曲げ損失シングルモード 光ファイバ及びケーブルの諸特性

Characteristics of a bending-loss insensitive
single-mode optical fibre and cable

第1版

2018年5月24日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、
改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目 次

<参考>.....	4
<G.657 (2016/11) 和訳>	5
概要.....	5
キーワード.....	5
はじめに.....	6
1. 規定範囲.....	7
2. 参照.....	7
3. 定義.....	8
3.1 他で定義された用語.....	8
3.2 本標準で定義される用語.....	8
4. 略語.....	8
5. 慣例.....	8
6. ファイバの特性.....	8
6.1 モードフィールド径.....	8
6.2 クラッド径.....	9
6.3 コア偏心量.....	9
6.4 非円率.....	9
6.4.1 モードフィールド非円率.....	9
6.4.2 クラッド非円率.....	9
6.5 カットオフ波長.....	9
6.6 マクロベンド損失.....	9
6.7 ファイバの材料特性.....	10
6.7.1 ファイバ材料.....	10
6.7.2 保護材料.....	10
6.7.3 プルーフストレスレベル.....	10
6.8 屈折率分布.....	11
6.9 波長分散の長手依存性.....	11
6.10 波長分散.....	11
7. ケーブルの特性.....	12
7.1 損失係数.....	12
7.2 偏波モード分散係数.....	12
8. 規格表.....	13
付録 I 曲げ半径が小さい場合のシングルモードファイバの寿命予測.....	17
参考文献.....	18

<参考>

1. 国際勧告との関係

本技術仕様は、ITU-T 勧告 G.657 (11/2016) に準拠したものである。

2. 上記国際勧告等との相違

2.1 追加項目

なし

2.2 削除項目

なし

2.3 変更項目

なし

2.4 章立ての相違

なし

2.5 その他

なし

3. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1版	2018年5月24日	制定

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページでご覧になれます。

5. その他

5.1 参照する勧告、標準など

TTC 標準 JT-G652

6. 標準作成部門

光ファイバ伝送専門委員会

低曲げ損失シングルモード光ファイバ及びケーブルの諸特性

概要

一般的な伝送ネットワークとブロードバンドアクセスネットワークの技術は世界中で急速に進歩している。これらの中で、シングルモードファイバを適用する技術は、高速およびブロードバンドサービスに対して増大する需要に応えることが可能な大容量伝送媒体を提供する。

シングルモードファイバとケーブルをベースにしたネットワークの敷設と運用に関する経験は莫大であり、TTC 標準 JT-G652 に記載されたシングルモードファイバが汎用的に適応されている。それにもかかわらず、光アクセスネットワークにおける特定の用途では、シングルモードファイバの最適な性能特性に影響を及ぼす異なる要求条件が課される。一般的な伝送ネットワークでの使用に対する違いは、主にアクセスネットワーク内の高密度配線とドロップケーブルによる。限られたスペースにおける光配線作業では、取り扱い性と低曲げ損失特性が求められる。加えて、スペースが限られた通信ビル内のケーブル配線も改善される必要がある。また、一般的な伝送ネットワークの特定領域でもケーブル敷設空間が制約される場合があり、このような領域では曲げ損失特性が最適化されたケーブルが有効となり得る。

TTC 標準 JT-G657 の目的は、既存の JT-G652 シングルモードファイバおよびケーブルと比較して、大幅に改善された低曲げ損失性を推奨することによって、取り扱い性や曲げ損失特性の最適化を支援することである。JT-G657 は二つのカテゴリを有し、カテゴリ A は JT-G652 シングルモードファイバに完全に準拠し、アクセスネットワークと同様に一般的な伝送ネットワーク全体に展開できる。一方でカテゴリ B は、JT-G652 に必ずしも準拠しているわけではないが、非常に小さい曲げ半径におけるマクロバンド損失の値も小さく、建物内や建物近くのアクセスネットワークを対象としている（例：屋外ビルライザーケーブル配線）。カテゴリ B の JT-G657 シングルモードファイバは、アクセスネットワークで使用されるカテゴリ A の JT-G657 シングルモードファイバ（および JT-G652 シングルモードファイバ）とシステム互換である。

TTC 標準 JT-G657 の第 1 版は ITU-T 勧告 G.657 の第 4 版と等価であり、JT-G652.D ファイバが使用されている全てのアプリケーション（一般的な伝送ネットワークおよびアクセスネットワーク）に対して、カテゴリ A ファイバの適用性を規定する。

キーワード

低曲げ損失光ファイバ、非分散シフト光ファイバ、光ファイバおよびケーブル、シングルモード光ファイバ

はじめに

一般的な伝送ネットワークとブロードバンドアクセスネットワークの技術は世界中で急速に進歩している。これらの中で、シングルモードファイバを適用する技術は、高速ネットワークに対して増大する需要に応えることが可能な大容量伝送媒体を提供する。

シングルモードファイバとケーブルをベースにしたネットワークの敷設と運用に関する経験は莫大であり、TTC 標準 JT-G652 に記載されたシングルモードファイバが汎用的に適応されている。それにもかかわらず、光アクセスネットワークとある特定の用途では、ファイバおよびケーブルに対して異なる要求条件が課される。限られた空間における高密度配線やドロップケーブルの作業では、ファイバケーブルに対して曲げ損失の改善が求められる。この標準の目的は、既存の JT-G652 シングルモードファイバおよびケーブルとは異なる曲げ損失特性値を推奨し、限られた空間に適用するシングルモードファイバおよびケーブルの最適化を支援することである。

シングルモード光ファイバケーブルが使用されるネットワーク構造については、参考文献に記載されている広範囲に及ぶ情報を参照されたい。

1. 規定範囲

本標準は、JT-G652 ファイバに比べて曲げ損失性能が改善されたシングルモード光ファイバケーブルの 2 つのカテゴリを記述する。JT-G657 ファイバはもともと、アクセスネットワークやその終端および建物内で使用されるために開発された。カテゴリ A とカテゴリ B には、それぞれマクロバンド損失が異なる 2 つのサブカテゴリが含まれている。

カテゴリ A ファイバは JT-G652 ファイバと比較して、マクロバンド損失を低減するように最適化されており、アクセスネットワーク全体に展開ができる。これらのファイバは O、E、S、C および L バンド (すなわち 1 260 nm～1 625 nm 範囲全体) での使用に適している。このカテゴリのファイバとその曲げ損失を除く要求事項は JT-G652.D と同一であり、それゆえ JT-G652.D ファイバに準拠¹し、同等の伝送特性と相互接続特性を有する。したがって、JT-G657 ファイバは、JT-G652.D ファイバが適用されている全てのネットワークで使用可能である。

サブカテゴリ JT-G657.A1 ファイバは最小 10 mm までの曲げ半径に適している。

サブカテゴリ JT-G657.A2 ファイバは最小 7.5 mm までの曲げ半径に適している。

カテゴリ B ファイバは、マクロバンド損失をさらに低減するために最適化されているため、非常に小さい曲げ半径で使用することが可能である。これらのファイバはアクセスネットワークの終端、特に建物内部または建物近く (例：ライザークーブル配線のビルの外側) などの短距離用として利用できる。JT-G657.B ファイバの適用距離は各ネットワーク事業者の敷設計画に依存する。これらのファイバは O、E、S、C および L バンド (すなわち 1 260 nm～1 625 nm 範囲全体) での使用に適している。カテゴリ B ファイバは波長分散係数、偏波モード分散特性に関して必ずしも JT-G652.D に準拠する必要はない。しかし、これらのファイバはアクセスネットワーク内の JT-G657.A ファイバとシステム互換性を有する²。

サブカテゴリ JT-G657.B2 ファイバは最小 7.5 mm までの曲げ半径に適している。

サブカテゴリ JT-G657.B3 ファイバは最小 5 mm までの曲げ半径に適している。

この標準および 8 章の表 1 および表 2 に示されている異なるカテゴリは、以下の関連するシステム標準をサポートすることとしている。

カテゴリ	勧告
ローカルおよびアクセスネットワーク用光伝送システム	[b-ITU-T G.987.2] , [b-ITU-T G.989.2]

本標準において使われる用語の意味、及び種々の特性の測定方法において適用されるガイドラインは、[ITU-T G.650.1] と [ITU T G.650.2] で示される。パラメータの定義、ファイバの試験方法、及び関連した値を含むファイバの特性は研究や経験によって改善される。

2. 参照

以下の ITU-T 勧告およびその他の参考文献は、本標準内で参照され、本標準を構成する規定を含んでいる。本標準の発行時は、記載の版数が最新です。すべての勧告および他の参考文献は改訂されることがある。したがって、本標準の読者には、以下の勧告および他の参考文献の最新版を適用すべきか確認することを勧める。現時点で有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に発行されている。本標準に記載の文献の参照は、独立した文献として、その勧告の状態を示すものではない。

¹ “準拠” とは、参照する標準 (JT-G652 のカテゴリ D) に適合し、指定された特性を満足あるいはそれを上回ることを意味する。

² “互換性を有する” とは、このカテゴリの製品がその導入においてシステム障害又は配置上の問題が無視できるほどのものであるが、参照する標準 (JT-G652 カテゴリ D) には準拠していない可能性があることを意味する。

- [ITU-T G.650.1] Recommendation ITU-T G.650.1 (2010), Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.
- [ITU-T G.650.2] Recommendation ITU-T G.650.2 (2015), Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.
- [ITU-T G.652] Recommendation ITU-T G.652 (2016), Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.
- [ITU-T L.103] Recommendation ITU-T L.103 (2016), Optical fibre cables for indoor applications.
- [IEC 60793-1-47] IEC 60793-1-47:2009, Optical fibres – Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss.
- [IEC 60793-2-50] IEC 60793-2-50:2015, Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres.
- [ISO 80000-1] ISO 80000-1 (2009), Quantities and units – Part 1: General

3. 定義

3.1 他で定義された用語

本標準では、[ITU-T G.650.1] と [ITU T G.650.2] で示す用語を使用する。

3.2 本標準で定義される用語

なし。

4. 略語

本標準は以下の略語と頭文字を使用する。

DGD	Differential Group Delay	群遅延時間
PMD	Polarization Mode Dispersion	偏波モード分散

5. 慣例

標準への適合性を評価する際、数値は表 1 および表 2 の規格値で示された桁の数に近似される。一般的な四捨五入が使われ、それは [ISO 80000-1] の付録 B、ルール B において記述される。有効数字の桁を超えた最初の桁だけが、四捨五入を決定する際に使われる。

6. ファイバの特性

ファイバ製造、システム設計、および外部工場ネットワークでの使用に必須なファイバの諸特性は JT-G652 で規定される。この章では、例えばマンションや住宅の通信ビルや顧客の宅内などの小規模のファイバ管理システムや曲げ径の小さいところへの取り付けをサポートするうえで、ファイバおよびケーブルを最適化する特性に重点を置いている。

また、完全性を期すためにファイバ製造のための最低限必要な設計をこの章で規定している。8 章の表 1 及び表 2 に規格値の範囲が示されている。この中で、ケーブル製造と敷設はケーブル化されたファイバのカットオフ波長と偏波モード分散 (PMD) に大きな影響を与える可能性がある。そうでなければ、その標準の特性は個別のファイバやドラムに巻かれたケーブルに組み込まれたファイバ、および敷設されたケーブル内のファイバと同じように適用される。

6.1 モードフィールド径

標準値と標準値の公差の両方に関し、1 310 nm において規定される。規定された標準値は 8 章の表 1 およ

び表 2 で述べられる範囲内でなければならない。規定された公差は 8 章の表 1 および表 2 で述べられる値を超えてはならない。標準からの偏差は公差を超えてはならない。

6.2 クラッド径

クラッド径の標準値は 125 μm である。公差は 8 章の表 1 および表 2 で記載されており、そこから逸脱してはならない。クラッド径の標準値からの偏差は定義された公差を逸脱してはならない。

6.3 コア偏心量

コア偏心量は 8 章の表 1 および表 2 で述べられた値を超えてはならない。

6.4 非円率

6.4.1 モードフィールド非円率

実質的には、標準的な円形モードフィールド形状を持つファイバのモードフィールド非円率は、信号伝搬や接続には影響がない程度に、十分に小さい。従って、モードフィールド非円率の標準規定値は必要がないと考えられる。検収目的のために、モードフィールド非円率を測定する事は、一般的には不要である。

6.4.2 クラッド非円率

クラッド非円率は 8 章の表 1 および表 2 で述べられる値を超えてはならない。

6.5 カットオフ波長

2 つのタイプのカットオフ波長が区別される

- a) ケーブルカットオフ波長 λ_{cc}
- b) ファイバカットオフ波長 λ_c

λ_c と λ_{cc} の測定値の相関は、ファイバとケーブル設計、テスト条件に依存する。一般的には $\lambda_{cc} < \lambda_c$ だが、汎用的かつ定量的な関係は簡単には求められない。接続されたケーブルの中で最も短いケーブルが、最も短い使用波長におけるシングルモード伝搬を保証する事が最も重要である。これは、ケーブル化されたシングルモードファイバの最長ケーブルカットオフ λ_{cc} を 1 260 nm 以下にする事、或いは長さや曲げの条件が最悪のケースを想定した際にも、最長ファイバカットオフを 1 260 nm 以下にする事を推奨する事によって実現するだろう。

ケーブルカットオフ波長 λ_{cc} は 8 章の表 1 および表 2 で記された最大値未満でなければならない。

6.6 マクロバンド損失

ケーブル化されていないファイバのマクロバンド損失は、波長、曲げ半径及びその半径のマンドレルへのターン数で変化する。マクロバンド損失は特定の波長、曲げ半径、ターン数に対して 8 章の表 1 および表 2 の最大値を超えてはならない。

実際にファイバの曲げ径が小径となることは、比較的短い長さのみである。曲げ半径や曲げ数の設定は、ファイバの管理方法や敷設形態に依存して変化する為、特定の曲げ半径における曲げ損失を規定しても意味が無い。様々なファイバタイプの曲げ損失モデルが公表されているが、曲げ半径と曲げ損失の汎用的な関係を一意に記述する事は難しい。このため、8 章の表 1 および表 2 では、異なる曲げ半径における最大マクロバンド損失が規定されている。

本標準では、ケーブル化されていないファイバに対するマクロバンド特性が規格化されているが、実際の曲げ損失特性はケーブルの構造や素材、並びに敷設状態の影響を受ける可能性がある。ケーブル化されたファイバのマクロバンド損失はケーブル構造に依存した曲げ損失要因を含む可能性があるため、ケーブル化さ

れていないファイバのマクロバンド損失とは異なる可能性がある。ケーブル化がマクロバンド損失に及ぼす影響については現在も研究中であり、ケーブル化後のマクロバンド損失特性を補償するにはケーブル仕様やケーブルパラメータの追加が必要になる可能性がある。

ビル内に敷設したケーブルのマクロバンド損失は、敷設技術に依存するところがある。[ITU-T L.103]によると、ケーブル敷設後のファイバの曲げ半径は、マクロバンド損失および長期歪みの要因となり、ファイバの寿命低下を招く恐れがある。このため、ケーブル敷設後のファイバの曲げ半径は、十分な大きさとすることが勧告化されている。そのため、特定の敷設技術、例えばホチキスを使った屋内ケーブルの固定、は推奨されない。

曲げ損失は波長とともに増加するので、想定される最も長い使用波長、すなわち 1 550 nm または 1 625 nm、の曲げ損失仕様を考慮すればよい。もし必要ならば、顧客供給間の協定によって、より短波あるいは長波の仕様を規定してもよい。

注 1 - 認証試験は、この必要条件を保証する必要がある。

注 2 - 標準化された数とは異なるターン数が選択された場合、そのターン数で発生する最大損失は標準化されたターン数における最大値に比例するものと仮定する。

注 3 - 定期試験が必要な場合、精度と測定を容易にするために、標準化された試験の代わりにループの直径を使い分けることができる。この場合、標準化された試験および許容損失と関連するように、ループ径、ターン数および最大許容曲げ損失を選択する必要がある。

注 4 - 一般的にマクロバンド損失はモードフィールド径、波長分散およびファイバカットオフ波長などの他のファイバ特性に影響を受ける。マクロバンド損失の最適化では、これらのファイバ特性とのトレードオフを伴う。

注 5 - [IEC 60793-1-47] に記載されたマンドレル巻き法 (手法 A) は、8 章の表 1 および表 2 に規定された曲げ半径とターン数を適用することによって、マクロバンド損失の測定方法として利用できる。

6.7 ファイバの材料特性

6.7.1 ファイバ材料

ファイバを構成する物質は示されねばならない。

注 - 異なる物質のファイバの融着接続において、注意が必要である場合がある。実験からは、異なる高純度な石英ガラスファイバを接続する際に、十分な接続損失と強度が得られると考えられている。

6.7.2 保護材料

プライマリコーティングに使われる材料の物理的、化学的特性と、(もし必要であれば) プライマリコーティングの除去方法は示されるべきである。シングルジャケットファイバの場合においては、同様の表示を与えなければならない。

6.7.3 プルーフストレスレベル

特定のプルーフストレス σ_p は 8 章で示される最小値以上でなければならない。

注 1 - 機械的パラメータの定義は [ITU T G.650.1] の 3.2 節及び 6.6 節に含まれている。

注 2 - 付録 I を参照のこと。

注 3 - JT-G652 記載の曲げ半径 30mm でのファイバの故障確率は曲げ半径の減少とともに増加する。光ファイバの機械的信頼性はケーブル構造、敷設技術、使用環境に依存する。敷設の状況により、耐用寿命を満足させるため、より高いプルーフテストレベルを適用するなど、付加的な要件を考慮する必要がある。

注 4 - ファイバに適用されるプルーフストレスレベルと必要とされる信頼性については、顧客供給間で合意がなされることを推奨する。

6.8 屈折率分布

ファイバの屈折率分布は、一般的には開示の必要は無い。

6.9 波長分散の長手依存性

波長分散の長手方向での均一性は、アクセスネットワークにおいては、通常、あまり重要ではない。詳細は JT-G652 を参照のこと。

6.10 波長分散

サブカテゴリ JT-G657.A ファイバに対して、8章の表2で示される波長分散パラメータは 1 260 nm から 1 625 nm の波長分散値を決定するように規定される。これは波長分散補償が必要とされるシステムの正確な設計を可能にする。JT-G657 ファイバの波長分散係数を 1 310 nm の領域における 3 項セルマイヤ係数だけで規定する場合、1 550 nm 領域への外挿では十分正確な分散係数が得られない可能性がある。JT-G657.A ファイバの波長分散係数の最小値と最大値を決定する為には、1 260 nm から 1 460 nm の群遅延における 3 項セルマイヤ近似の一次微分関数と、1 460 nm から 1 625 nm の波長分散の線形近似 (すなわち群遅延における二次曲線近似の一次微分関数) の組合せが適切である。

1 260 nm から 1 460 nm まで、波長 λ の波長分散係数 $D(\lambda)$ は以下の 3 つの不等式によって記述できる。

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda} \right)^4 \right] \leq D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0\min}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda} \right)^4 \right] \quad (\lambda \leq \lambda_{0\min}) \quad (6-1a)$$

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda} \right)^4 \right] \leq D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda} \right)^4 \right] \quad (\lambda_{0\min} \leq \lambda \leq \lambda_{0\max}) \quad (6-1b)$$

$$\frac{\lambda S_{0\min}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda} \right)^4 \right] \leq D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda} \right)^4 \right] \quad (\lambda_{0\max} \leq \lambda). \quad (6-1c)$$

最小及び最大の波長分散係数を記述するために、最小波長分散スロープ $S_{0\min}$ が加味される。

1 460 nm から 1 625 nm まで、波長 λ における波長分散係数 $D(\lambda)$ は以下の不等式によって記述できる。

$$8.625 + 0.052(\lambda - 1460) \leq D(\lambda) \leq 12.472 + 0.068(\lambda - 1460) \quad (6-2)$$

波長分散パラメータの仕様及び分散曲線を決定する為、JT-G652.D (JT-G657.A を含む) 製品の特性調査が実施された。その結果は [JT-G652] の付録 II で要約されている。

サブカテゴリ JT-G657.B ファイバに対しては、1 310 nm 領域における波長の関数である波長分散曲線の制限条件によって、波長分散係数 $D(\lambda)$ が明示される。どの波長 λ に対しても、波長分散係数の制限条件は、最小ゼロ分散波長 $\lambda_{0\min}$ 、最大ゼロ分散波長 $\lambda_{0\max}$ 、最小ゼロ分散スロープ $S_{0\max}$ で以下の通り計算される。

$$D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda} \right)^4 \right] \quad (6-3)$$

$\lambda_{0\min}$, $\lambda_{0\max}$ 及び $S_{0\max}$ の値は、8章の表1で示される規格値の範囲内である。

注 1 - ルーチンベースでシングルモードファイバの波長分散係数を測定する必要は無い。

注 2 - カテゴリ B ファイバの波長分散はこのカテゴリのファイバのアプリケーションにおいて一般に重要ではない。そのため、カテゴリ A のファイバと比較して、その値は、より緩和することができる。

7. ケーブルの特性

6 章において述べられたファイバの幾何学的、光学的特性はケーブル製造プロセスによって殆ど影響を受けないため、この章では、製造されたケーブルにおけるファイバの伝送特性に主に関連する特性を示す。

環境及び試験条件が主要部分であり、それらは試験方法のためのガイドラインにおいて記述される。

7.1 損失係数

損失係数は 1 310 nm 及び 1 550 nm の両方の領域において、一つまたは複数の波長での最大値で示される。光ファイバケーブルの損失係数値は 8 章の値を超えてはならない。

注 - 損失係数は、いくつか (3 から 4) の予測波長での測定を基礎とした損失波長特性の計算結果から導出していても良い。この手順は [ITU T G.650.1] の 6.4.4 項に示され、[ITU T G.650.1] の付録 III に計算例が記載されている。

7.2 偏波モード分散係数

ケーブル化されたファイバの偏波モード分散は、個別のファイバでは無く、統計的に規定されねばならない。必要条件は、ケーブル情報から計算されたリンクの条件のみに関係する。統計仕様の測定基準は以下に示される。計算方法は [b-IEC/TR 61282-3] で示され、[ITU-T G.650.2] の付録 IV に要約されている。

製造メーカは、M 個のケーブル部の結合で定義される光ファイバケーブルリンクの PMD 係数の統計上の上限であるリンク設計 PMD 値 (PMD_Q) を提供しなければならない。上限値は、小さな確率水準 Q に関して定められる。Q とは、ケーブルを連結した際の PMD が PMD_Q を上回る可能性の事である。8 章で示される M 値及び Q 値に対して、PMD_Q の値は 8 章で示される最大の PMD 係数を超えてはならない。

ケーブル化されていないファイバの測定及び仕様は必要であるが、ケーブル化されたファイバの仕様を保証するには十分ではない。ケーブル化されていないファイバでの最大のリンク設計値は、ケーブル化ファイバにおける規定値以下でなければならない。ケーブル化ファイバに対するケーブル化されていないファイバの PMD 値の比率は、ケーブル化されていないファイバのモード結合条件に依存するのと同様に、ケーブルの構造やプロセスに依存する。[ITU-T G.650.2] は、ケーブル化されていないファイバの PMD 測定に際して、偏波モード結合が小さくなるように、大きな直径のポビンに低張力で巻き付けることを推奨している。

PMD 係数値の分布は、時間と波長でランダムに変わる群遅延時間差 (DGD) の統計的変動の範囲にほぼ等しいと解釈する事が出来る。PMD 係数の分布が光ファイバケーブルに対して規定されれば、等価的な DGD の変動範囲が決定されうる。付録 I にリンク DGD 分布の範囲のための測定基準と値を示す。

注 1 - ケーブルが最大 DGD の仕様を有するシステムに使われる場合にのみ、PMD_Q 仕様が要求される。例えば、PMD_Q 仕様は 本光ファイバ標準のアプリケーションとなるアクセスネットワークのシステムには適用されない。

注 2 - PMD_Q は、さまざまなタイプのケーブルに対して計算される。そしてそれらは、PMD のサンプル値を使用して計算されるべきである。このサンプルは類似した構造のケーブルから取られる。

注 3 - PMD_Q 仕様は、ジャンパケーブル、インドアケーブル、ドロップケーブル等のショートリンクケーブルには適用されるべきではない。

注 4 - カテゴリ B ファイバの PMD 係数は、そのアプリケーションに対して重要ではなく、カテゴリ A ファイバと比べて、その値を緩和することができる。

8. 規格表

表1および表2は、本標準の目的を満たすカテゴリ A とカテゴリ B のファイバのサブカテゴリについて、規格値を要約するものである。

表1 (JT-G657.A ファイバの特性) は、マクロバンド損失が最適化され、他の規格が JT-G652.D が同一であり、アクセスネットワークや一般的なトランスポートネットワークをサポートするために必要とされる推奨特性や値を含む。このカテゴリは異なるマクロバンドへの要求条件により JT-G657.A1 と JT-G657.A2 の2つのサブカテゴリが存在する。

表2 (JT-G657.B ファイバの規格) は、より小さい曲げ半径が適用されるファイバマネジメントシステムや特にビル内やビル近傍などのアクセスネットワークの終端に主に用いられ、最適化されたアクセスネットワークの敷設をサポートするために必要とされる推奨特性や値を含む。このカテゴリは異なるマクロバンドへの要求条件により JT-G657.B2 と JT-G657.B3 の2つのサブカテゴリが存在する。

表1 - JT-G657.A ファイバの特性

ファイバ規格							
規格	詳細	値					単位
モードフィールド径	波長	1 310					nm
	標準値の範囲	8.6 - 9.2					μm
	公差	± 0.4					μm
クラッド径	標準	125.0					μm
	公差	± 0.7					μm
コア偏心量	最大	0.5					μm
クラッド非円率	最大	1.0					%
ケーブルカットオフ波長	最小	1 260					nm
マクロバンド損失 (注1、2)		JT-G657.A1		JT-G657.A2			
	半径	15	10	15	10	7.5	mm
	ターン数	10	1	10	1	1	
	1 550 nmでの最大	0.25	0.75	0.03	0.1	0.5	dB
	1 625 nmでの最大	1.0	1.5	0.1	0.2	1.0	dB
		JT-G657 カテゴリA					
プルーフストレス	最小	0.69					GPa
波長分散パラメータ 3項セルマイヤ近似 (1 260 nmから1 460 nm)	λ _{0min}	1 300					nm
	λ _{0max}	1 324					nm
	S _{0min}	0.073					ps/(nm ² × km)
	S _{0max}	0.092					ps/(nm ² × km)
波長分散パラメータ 線形近似 (1 460 nmから1 625 nm)	1 550 nmでの最小	13.3					ps/(nm ² × km)
	1 550 nmでの最大	18.6					ps/(nm ² × km)
	1 625 nmでの最小	17.2					ps/(nm ² × km)
	1 625 nmでの最大	23.7					ps/(nm ² × km)
ケーブル規格							
規格	詳細	値					単位
損失係数 (注3)	1 310 nmから1 625 nmまでの最大 (注)	0.40					dB/km

表1 - JT-G657.A ファイバの特性

ファイバ規格			
規格	詳細	値	単位
	4)		
	1 383 nm±3 nmでの水素エージング後の最大 (注5)	0.40	dB/km
	1 530 nmから1 565 nmまでの最大	0.30	dB/km
PMD係数	M	20	cables
	Q	0.01	%
	最大PMD _Q	0.20	ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>注1 - 15 mmの半径で曲げられたJT-G652ファイバは一般に1 625 nmで10ターンあたり数dBのマクロバンド損失を持つ。</p> <p>注2 - マクロバンド損失は、本表で規定された曲げ半径とターン数を代入することにより、マンドレル巻付け法 ([IEC 60793-1-47] の手法A) により評価できる。</p> <p>注3 - 短いケーブルは精度よく損失を測定することが難しいので、その値は、基となる長尺ケーブルの測定値を使用することができる</p> <p>注4 - この波長範囲は、1 310 nmでの損失値に対しレイリー散乱損失を考慮して0.07 dB/kmを加える事によって、1 260 nmまで広げることができる。</p> <p>注5 - 水素エージングはサンプルファイバのセットに対して行われる試験であり、 [IEC 60793-2-50] B1.3 ファイバカテゴリに従うものである。</p>			

表2 - JT-G657.B ファイバの特性

ファイバ規格								
規格	詳細	値						単位
モードフィールド径	波長	1 310						nm
	標準値の範囲	8.6 - 9.2						μm
	公差	± 0.4						μm
クラッド径	標準	125.0						μm
	公差	± 0.7						μm
コア偏心量	最大	0.5						μm
クラッド非円率	最大	1.0						%
ケーブルカットオフ波長	最小	1 260						nm
マクロバンド損失		JT-G657.B2			JT-G657.B3			
	半径	15	10	7.5	15	10	5	mm
	ターン数	10	1	1	10	1	1	
	1 550 nmでの最大	0.03	0.1	0.5	0.03	0.08	0.15	dB
	1 625 nmでの最大	0.1	0.2	1.0	0.1	0.25	0.45	dB

		JT-G657 カテゴリA	
プルーフストレス	最小	0.69	GPa
波長分散パラメータ	λ_{0min}	1 250	nm
	λ_{0max}	1 350	nm
	S_{0max}	0.11	ps/(nm ² × km)
ケーブル規格			
規格	詳細	値	単位
損失係数 (注3、4)	1 310 nmから1 625 nmまでの最大 (注5)	0.40	dB/km
	1 383 nm±3 nmでの水素エージング後の最大 (注6)	0.40	dB/km
	1 530nmから1 565nmまでの最大	0.30	dB/km
PMD係数	M	20	cables
	Q	0.01	%
	最大PMD _Q	0.50	ps/√km
<p>注1 - マクロバンド損失は、本表で規定された曲げ半径とターン数を代入することにより、マンドレル巻付け法 ([IEC 60793-1-47] の手法A) により評価できる。</p> <p>注2 - ケーブル化されていない光ファイバの曲げ損失特性は明確化できるが、実使用環境における曲げ損失特性はケーブルの構造や材料などの影響を受ける可能性がある。ケーブル化が曲げ損失に及ぼす影響は検討中であり、ケーブル化後の曲げ損失を仕様化するには、付加的なケーブル規定やパラメータの考慮が必要になると考えられる。</p> <p>注3 - JT-G657.Bファイバ損失波長特性の、JT-G657.Aファイバ (もしくはJT-G652.Dファイバ) の損失波長特性への整合性は必ずしも必要ではなく、JT-G657.Bファイバの損失波長特性はオペレータの要求条件に基づき決定される。例えば、これらのファイバがアクセスネットワークの終端に用いられる場合、1 380 nm近傍の損失係数の小さな違い ([b-ITU-T G-Sup.39] の図10-4参照) は、システムの特性劣化や適用性の判断に影響しないと考えられる (全体のシステム性能にほぼ影響を与えない)。</p> <p>注4 - 短いケーブルは精度よく損失を測定することが難しいので、その値は、基となる長尺ケーブルの測定値を使用することができる</p> <p>注5 - この波長範囲は、1 310 nmでの損失値に対しレイリー散乱損失を考慮して0.07 dB/kmを加える事によって、1 260 nmまで広げることができる。</p> <p>注6 - 水素エージングはサンプルファイバのセットに対して行われる試験であり、[IEC 60793-2-50] のB1.3ファイバカテゴリに従う。</p>			

本章で定義される様々なサブカテゴリの異なるマクロバンド規定を示すために、推奨される値が図 1, 2 に示されている。

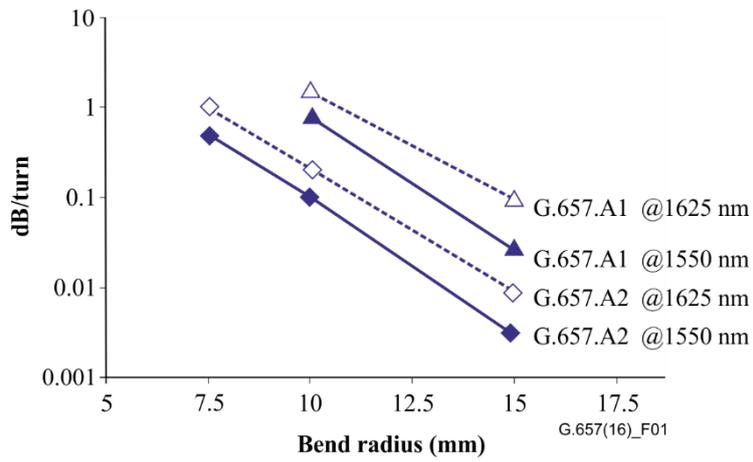


図 1 - JT-G657.A カテゴリのマクロバンド損失データ

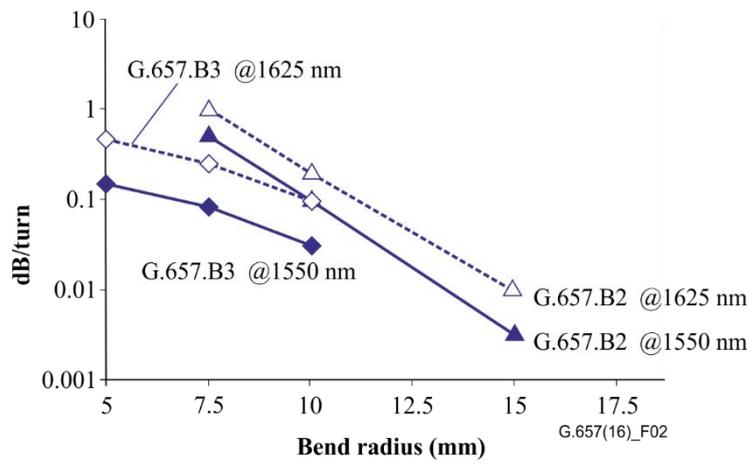


図 2 - JT-G657.B カテゴリのマクロバンド損失データ

付録 I

曲げ半径が小さい場合のシングルモードファイバの寿命予測

(この付録は本標準に必須の構成要素ではない)

注 - この付録は [b-ITU-T G-Sup.59] に移動された。

参考文献

- [b-ITU-T G.987.2] Recommendation ITU-T G.987.2 (2016), 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification.
- [b-ITU-T G.989.2] Recommendation ITU-T G.989.2 (2014), 40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG-PON2): Physical media dependent (PMD) layer specification.
- [b-ITU-T G-Sup.39] Supplement ITU-T G-Sup.39 (2016), Optical system design and engineering considerations.
- [b-ITU-T G-Sup.59] Supplement ITU-T G-Sup.59 (2016), Guidance on optical fibre and cable reliability.
- [b-IEC/TR 61282-3] IEC/TR 61282-3:2006, Fibre optic communication system design guides – Part 3: Calculation of link polarization mode dispersion.