

# SWR<sup>®</sup>/WTC<sup>®</sup>を用いた革新的データセンタ配線ソリューション

エネルギー・情報通信カンパニー 光ケーブルシステム事業部 金子 総一郎<sup>1</sup>・佐藤 真之介<sup>2</sup>・梶 智 晃<sup>3</sup>  
富川 浩 二<sup>4</sup>・大里 健<sup>5</sup>

## Innovative Solution Using SWR/WTC for Data Centers

S. Kaneko, S. Sato, T. Kaji, K. Tomikawa, and K. Osato

データセンタでは膨大なデータを集中的かつ効果的に管理する必要がある。そのためには、限られたスペースの中で、光ケーブルを超高密度かつ経済的に配線することが求められる。光ケーブルの超高密度化、多心化技術として、近年、Spider Web Ribbon<sup>®</sup> (SWR<sup>®</sup>)が開発・製品化され、これを用いたWrapping Tube Cable<sup>®</sup> (WTC<sup>®</sup>)が拡大している。

本稿では、SWR/WTC<sup>TM</sup>技術をさらに進化させ、200 μmファイバを実装した超高密度WTCや優れた難燃特性を有する屋内向けWTCを開発し、これらのケーブルとSWR/WTC向け光コンポーネントを用いた革新的データセンタ配線ソリューションを紹介する。

In data centers, it is necessary to manage enormous data intensively and effectively. Although data centers have limited floor space, ultra-high density wiring and economical wiring are required. In recent years, Spider Web Ribbon (SWR) has been developed and commercialized, and high density optical cables using SWR have expanded as ultra-high density and high fiber count technology. In this paper, we aimed to provide an innovative data center wiring solution by SWR and Wrapping Tube Cable (WTC) technologies.

### 1. ま え が き

クラウドの活用やIoT、4 Kや8 Kなどの高精細映像サービスの拡大、5 G商用化や車の自動運転などのサービス展開が見込まれており、光ファイバによる高速大容量通信への需要・期待が高まっている。それに伴い、インターネットサービスプロバイダ (ISP) やOver the Top (OTT) による、光ファイバ通信網の構築が進み、多心の光ファイバをデータセンタ内に配線する設計が増加している。そのため、データセンタでは膨大なデータを集中的かつ効果的に管理する必要がある。しかしながら、データセンタのスペースは限られているため、光ケーブルを超高密度かつ経済的に配線することが求められる。

データセンタにおける光ケーブルの配線図を図1に示す。データセンタでは、用途に合わせて、いくつかの光ケーブルが用いられている。第一に、データセンタ間の配線に用いられるアウトドア仕様の光ケーブルがあげら

れる。ここでは、既存のダクト内に効率的に敷設するために、細径かつ高密度の光ケーブルが必要となる。第二に、データセンタ内で使用するインドア仕様の光ケーブルがあげられる。データセンタ内で使用される光ケーブルは超多心の導入ケーブルとの接続や光コンポーネント間での接続に使用されるため、限られたスペースに多くのケーブルを密集して柔軟に配線する必要がある。その

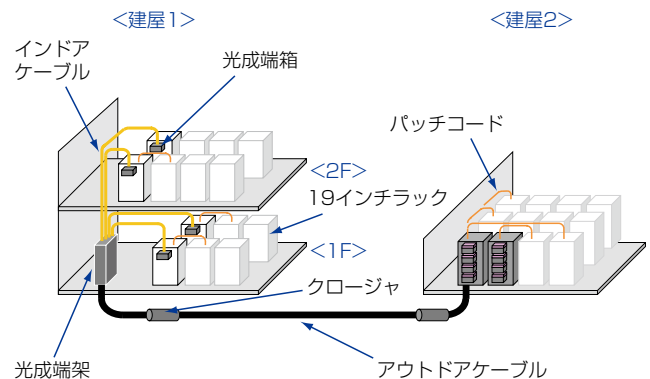


図1 データセンタにおける光ケーブル配線図  
Fig. 1. Wiring diagram in data center.

1 光ケーブル開発部  
2 光ケーブル開発部  
3 光ケーブル開発部  
4 光ケーブル開発部グループ長  
5 光ケーブル開発部部長

結果として、細径かつ軽量の超多心高密度光ケーブルと優れた難燃特性を有する細径高密度光ケーブルが求められる。

近年、間欠接着型テープ心線（SWR）が開発・製品化されたことにより、SWRを実装したスロットレス型の細径高密度光ケーブル（WTC）の普及が拡大している<sup>1-4)</sup>。WTCはフルドライ構造を有し、究極的に細径化・軽量化を図った構造であることから、データセンタ内の敷設用途として非常に適した光ケーブルであるといえる。

本稿では、SWR/WTC技術をさらに進化させ、200 μmファイバを実装した（以下 200 μmF-）6912 心の超多心高密度WTCや優れた難燃特性を有する 1728 心までのWTCを開発し、これらのケーブルとSWR/WTC向け光コンポーネントを用いた革新的データセンタ配線ソリューションを紹介する。

## 2. ケーブル設計

可能な限りの細径化と優れた取り扱い性を両立するために、WTCはSWR、SZバンチングユニット、ラッピングチューブ構造、対向テンションメンバおよび外被に埋め込んだリップコードを用いて設計されている。表 1 にWTCの構成要素とそれらのもたらす効果を示す。WTCは、データセンタ配線に必要な要素を全て備えた最適な構造といえる。

### 2.1 SWR&WTCの特徴

SWRは、単心ファイバが間欠的に接着された構造をしていることにより、容易に変形可能であると同時に一括融着接続が可能であるといった特徴をもつ。また、ストライプリングマークをテープ心線の幅方向に付与することで、テープ心線同士および単心分離後のファイバ同士の容易な識別を可能としている。

さらなるWTCの細径化のために、200 μmファイバ<sup>5),6)</sup>

表1 WTCの特徴  
Table 1. Features of WTC.

	細径・軽量	識別性	一括融着接続性	口出し性	単心接続性
G.652 D & G.657 A 1	✓				
SWR間欠パターン : 1 x 12	✓		✓		✓
200 μmF SWR	✓		✓		
ストライプリングマーク		✓			✓
ラッピングチューブ	✓			✓	
SZバンチング	✓	✓		✓	
対向テンションメンバ	✓				
リップコード				✓	

を用いたSWR（以下 200 μmF-SWR）を設計した。通常の 200 μmファイバテープ心線では、ファイバ間ピッチが 200 μmであるため、既存の融着機では一括接続ができず、特殊な融着機や融着ホルダなどが必要となる。これに対し、SWRのファイバ間ピッチを 250 μmにコントロールすることにより、既存の融着機を用いて 200 μmF-SWRの一括融着を可能とした。それゆえ、200 μmF-SWRは既存の 250 μmファイバテープ心線との一括融着も容易であるという優れた特徴をもつ。開発した 200 μmファイバを用いた 12 心SWRの設計コンセプトを図 2 に示す。

WTCの構造を図 3 に示す。WTCは、重ね合わされた吸水テープに包まれたSWRから構成されている。SWRは色付きのバンドルテープによりユニット化され、テンションメンバは外被の対向の位置に埋め込まれている。これにより、ケーブル外径と重量を極限まで減らし、フルドライ構造を実現し、敷設時の作業性を向上させることが可能である。

### 2.2 ケーブル口出し性

WTCは外被に埋め込まれた 2 本のリップコードと重ね合わされた吸水テープから構成されている。そのた



図2 200 μmF-SWRのファイバピッチ設計  
Fig. 2. Design concept of SWR using 200 μm fibers.

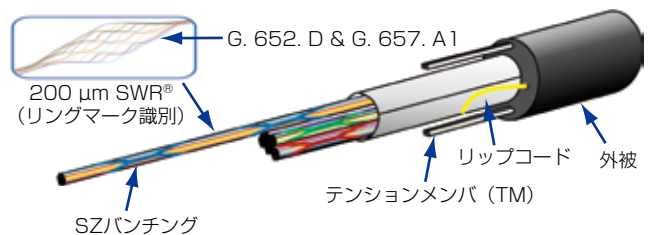


図3 WTC構造  
Fig. 3. Cable construction for WTC.

め、図4に示すようにリップコードで外被を開き、吸水テープを取り除くことで、容易にファイバユニットを取り出すことが可能である。

### 2.3 SZバンチング

SZバンチングは、2本の同色または異色のバンドルテープの組み合わせにより、容易に識別することが可能である。図5に示すように、SZバンチングにより、ケーブル端末やケーブルの中間での分岐作業時に、それぞれの光ファイバユニットを容易に識別することが可能である。また、2本のバンドルテープは接触点で互いに接着される。その接着点で、各バンドルテープの巻き方向が逆転される。この構造により、SZバンチングユニットはユニットを振動させた後でも形状を保つことが可能である。ケーブルの口出し時やクロージャでの組み立て工程における、光ファイバユニットの崩れを防止し、優れた取り扱い性を示す。

さらに、バンドルテープを螺旋状に除去する工程を必要とする従来のバンチングユニットとは異なり、SZバンチングは、バンドルテープのSZ撚り構造によりユニット上から容易に除去可能である。図6にSZバンチングの除去方法を示す。WTCのフルドライ構造とSZバンチング

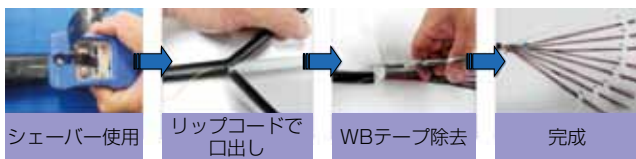


図4 容易な口出し性  
Fig. 4. Easy fiber access.

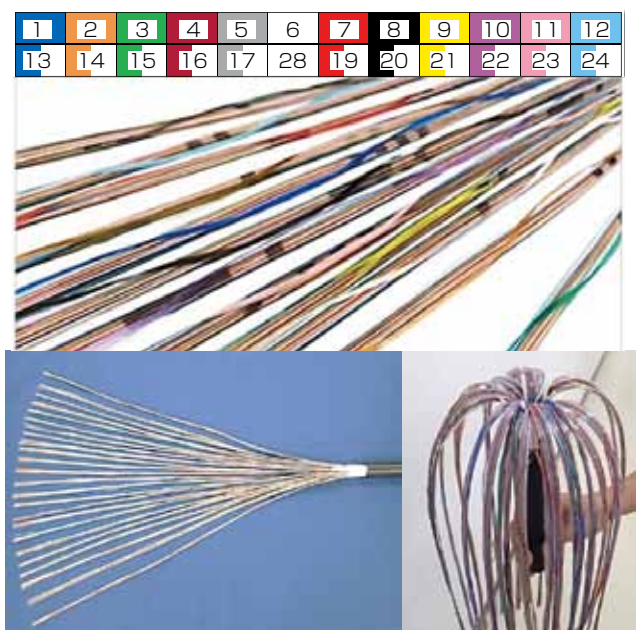


図5 SZバンチングユニットの容易な識別性  
Fig. 5. Easy identification by SZ bunching units.

により、超多心WTCの中からも、目的のSWRを容易に取り出すことが可能である。

### 2.4 WTCの取り扱い性

6912心WTCのような超多心高密度光ケーブルでさえも、WTCは小径で取り扱うことが可能である。WTCは、許容曲げ半径以下で捻回させたり、曲げたりしない限り、小径での束取りが可能である。ハンドホールでの敷設作業を模擬して、6912心WTCは直径20D (D:ケーブル外径)で巻き付けることが可能である。

## 3. 超多心高密度WTC

### 3.1 超多心高密度WTCの設計コンセプト

光ファイバの実装密度に対する伝送損失の依存性を考慮して<sup>3)</sup>、200μmファイバを実装したWTCを設計した。既存の250μmファイバ実装(以下250μmF-)WTCと新たに開発した200μmファイバ実装WTCのケーブル外径を図7に示す。既存ダクトに6912心以上の超多心WTCを布設する場合、200μmファイバを使用する必要がある。

250μmファイバ実装WTC設計と200μmファイバ実

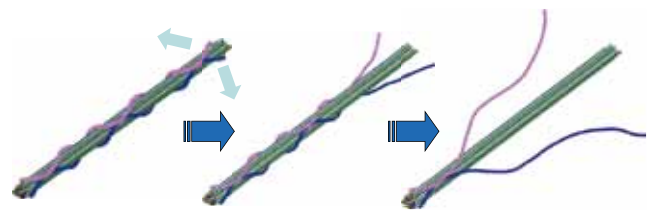


図6 SZバンチング除去方法  
Fig. 6. Situation of peeling off bonded points.

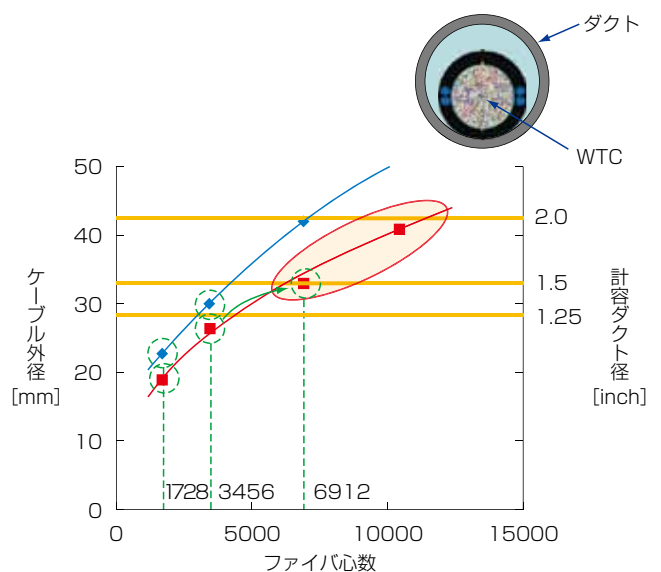


図7 超多心WTCの外径設計  
Fig. 7. Design of ultra-high fiber count WTC outer diameter.

装WTC設計の比較を表2に示す。表2に示されるように、200 μmF-3456心WTCは250 μmF-3456心WTCと比較して、ケーブル外径で約13%細径化され、ケーブル重量で約30%軽量化される。我々は、世界最高のファイバ実装密度を誇る200 μmファイバを用いたWTCの開発を目指した。

今回、我々は200 μmファイバを用いたアウトドア仕様の1728心、3456心、6912心WTCの開発を行った。本稿では、200 μmF-6912心WTCの結果を報告する。

3.2 200 μmF-6912心WTCの特性結果

新たに開発した200 μmF-6912心WTCの機械試験お

表2 超多心WTCのケーブル設計  
Table 2. Comparison of cable design of developed WTC.

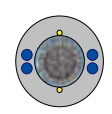
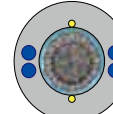

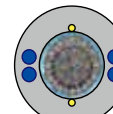
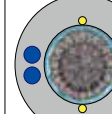
		1728	3456	6912
250 μm ファイバ	ケーブル断面			-
	外径	23 mm	30 mm	-
	重量	360 kg/km	600 kg/km	-
200 μm ファイバ	ケーブル断面			
	外径	21 mm	26 mm	35 mm
	重量	280 kg/km	420 kg/km	750 kg/km

表3 200 μmF-6912心WTCの特性結果  
Table 3. Characteristics of developed WTC.

項目	試験条件	試験結果
低温/高温曲げ	曲げ半径: 15 D (D:ケーブル外径) 温度: -30 °C, +60 °C ターン数: 4, サイクル数: 3	< 0.05 dB 外被の損傷無し
繰り返し曲げ	曲げ半径: 10 D (D:ケーブル外径) サイクル数: 25	< 0.05 dB 外被の損傷無し
衝撃	打撃面: R 12.5 mm 4.4 N・m×2回連続を 150 mm間隔で3箇所	< 0.05 dB 外被の損傷無し
引張	荷重: 2700 N 1時間	< 0.05 dB
	荷重: 810 N	< 0.05 dB
側圧	110 N/cm 10分後 220 N/cm 1分	< 0.05 dB 外被の損傷無し
捻回	サンプル長: 2 m 捻回角度: ±180 deg サイクル数: 10	< 0.05 dB 外被の損傷無し
損失温度特性	温度: -40 °C/+70 °C サイクル数: 2	損失変動 < 0.1 dB/km
防水試験	水頭長: 1 m サンプル長: 3 m 試験時間: 24時間 水道水	合格
フリージング試験	温度: -40 °C	< 0.05 dB

よび環境試験結果を表3に示す。試験方法は、Telcordia GR-20-CORE<sup>6)</sup>に従って実施した。200 μmF-6912心WTCは、良好な機械特性を示した。-40 °C/+70 °C×2サイクルでの損失温度特性評価において、1550 nmの測定波長における最大損失変動量は0.1 dB/km未満となり、優れた損失温度特性を示した。200 μmF-6912心WTCは、良好な環境特性を示す結果が得られた。

4. 難燃WTC

4.1 難燃WTCの設計コンセプト

可能な限りの構成要素を削減した特徴をもつWTC構造を活かして、燃焼特性に優れたインドア仕様の難燃WTCを設計した。

インドアケーブルは一般的にTIA-598-D<sup>7)</sup>の仕様に従い、シングルモード光ファイバを用いたケーブルは外被材を黄色としている。外被材に用いた難燃性のポリオレフィン樹脂については材料単体のLow Smoke Zero Halogen (LSZH) 特性を考慮し、IEC 60754-2<sup>8)</sup>を満足する材料を採用した。インドアケーブルにおいては、主に北米で必須とされるUL規格のライザー<sup>9)</sup>と、欧州で必須とされるThe Construction Products Regulation (CPR)<sup>10)</sup>の「Cca, s2, d0, a1」クラスを同時に満足することを目指した。

4.2 難燃特性

インドア仕様難燃WTCの難燃特性を表5に示す。

4.3 200 μmF-1728心WTCの特性結果

今回、我々は200 μmファイバを用いたインドア仕様の1728心難燃WTCの開発を行った。新たに開発した200 μmF-1728心難燃WTCの機械試験および環境試験結果を表5に示す。試験方法は、Telcordia GR-409-CORE<sup>11)</sup>に従って実施した。200 μmF-1728心難燃WTCは、良好な機械特性を示した。-20 °C/+70 °C×2サイクルでの損失温度特性評価において、1550 nmの測定波長における最大損失変動量は0.05 dB/kmとなり、優れた損失温度特性を示した。200 μmF-1728心難燃WTCは、良好な環境特性を示す結果が得られた。

表4 難燃WTCのケーブル設計  
Table 4. Comparison of cable design of developed WTC.









		288	432	864	1728
250 μm ファイバ	ケーブル断面				
	外径 重量	12.5 mm 160 kg/km	14.5 mm 220 kg/km	18.0 mm 330 kg/km	24 mm 490 kg/km
200 μm ファイバ	ケーブル断面				
	外径 重量	11.5 mm 150 kg/km	13.5 mm 210 kg/km	17.0 mm 300 kg/km	22 mm 420 kg/km

表5 難燃 WTC の特性結果

Table 5. Characteristics of developed WTC with flame retardant properties.

項目	試験条件	試験結果
低温/高温曲げ	曲げ半径: 10 D (D: ケーブル外径) 温度: -10 °C, + 60 °C ターン数: 4	< 0.2 dB 外被の損傷無し
	曲げ直径: 10 D (D: ケーブル外径) サイクル数: 25	< 0.2 dB 外被の損傷無し
衝撃	2.9 N・m×2 回連続を 150 mm 間隔で 3 箇所	< 0.2 dB 外被の損傷無し
低温衝撃	2.9 N・m×2 回連続を 150 mm 間隔で 3 箇所 温度: -10 °C	外被の損傷無し
引張	荷重: 1320 N 30 分	< 0.2 dB
	荷重: 396 N 10 分	< 0.2 dB
側圧	100 N/cm 10 分	< 0.2 dB 外被の損傷無し
	サンプル長: 1 m 捻回角度: ±180 deg サイクル数: 10	< 0.2 dB 外被の損傷無し
損失温度特性	温度: -40 °C / + 70 °C サイクル数: 2	損失変動 < 0.05 dB/km
防水試験	水頭長: 1 m サンプル長: 3 m 試験時間: 24 時間 水道水	合格

超多心高密度WTC

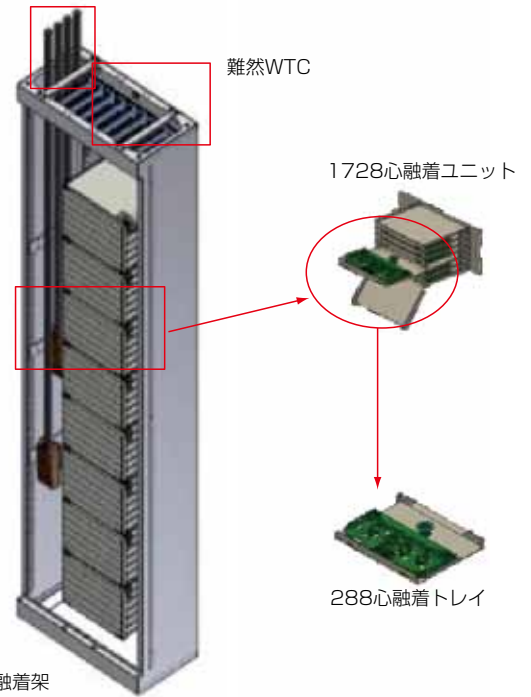


図9 高密度光融着架の構造  
Fig. 9. Structure of splice rack.

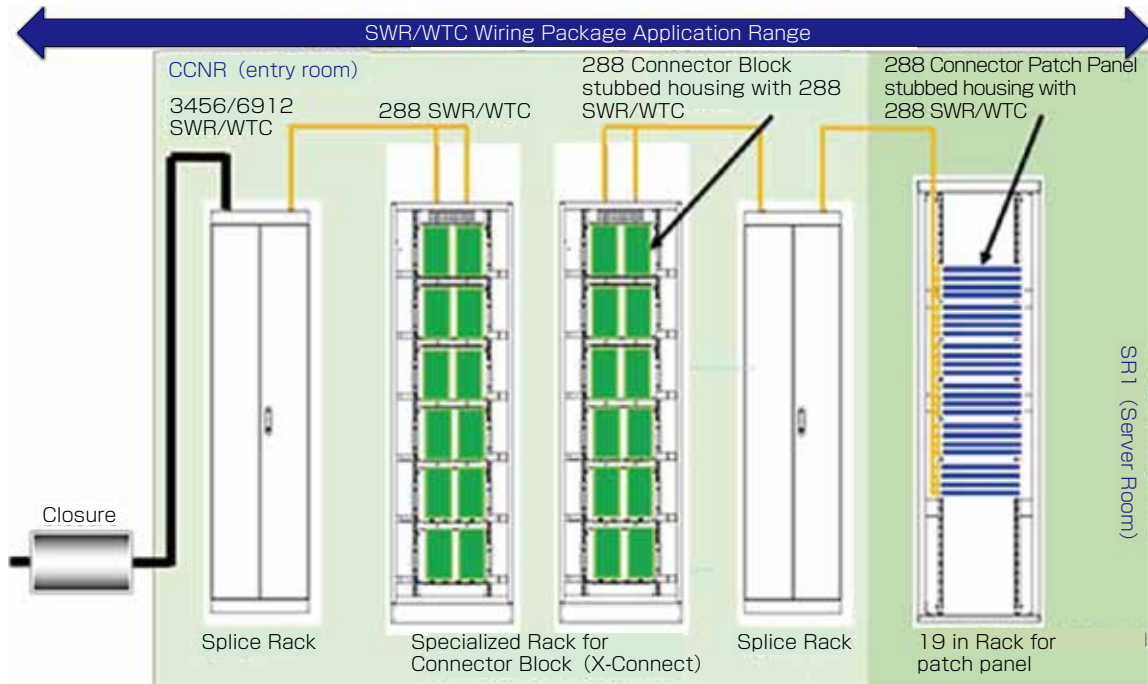



図8 データセンタにおけるSWR/WTC配線図  
Fig. 8. Wiring package of SWR/WTC for data centers.

### 5. 高密度配線ソリューション

データセンタにおけるSWR/WTC配線図を図8に示す<sup>14)</sup>。既存ダクトへ布設可能な200 μmF-6912心WTCの開発により、データセンタへの高密度配線が可能となった。

これらのSWR/WTCをもとに、高密度光融着架やSpider Web Tube™ (SWT™) が設計された<sup>15)</sup>。高密度光融着架の構造を図9に示す。SWRの特徴をいかにし、融着トレイには288心の収納が可能であり、開発した高密度光融着架は最大13824心まで収納可能である。SWTは

表6 SWTとPEチューブの比較  
Table 6. Comparison between SWT and PE tube.

項目	SWT	PEチューブ
外観 (288心/ 1チューブ)		
フレーム内 配線後外観		
作業前 製品外寸	 $\phi$ 10 mm×長さ 210 mm	 10 m 幅 400 mm
導入方法	 ↓ 	
288心通線後 チューブ外径	$\phi$ 8 mm	$\phi$ 10 mm
チューブ 最小曲げ径	R 50 mm	R 150 mm

光ファイバユニットを収納するチューブとして開発され、従来使用していたポリエチレン (PE) チューブと比較して通線作業性が大幅に向上し、配線ボリュームも抑えることが可能となる (表 6)。これらのコンポーネントに加えて、SWRの一括融着接続性とSZバンチングの優れた取り扱い性により、超多心高密度WTCと難燃WTCの接続作業が容易となり、より高密度配線かつ経済的な配線が可能となる。

## 6. む す び

SWR/WTC技術により、200  $\mu$ mファイバを実装した超多心 6912心WTCや優れた難燃特性を有する 1728心WTCを開発し、これらのケーブルとSWR/WTC向け光コンポーネントを用いた革新的データセンタ配線ソリュ

ーションを提案する。SWR/WTCとそれを用いた光コンポーネントの組み合わせにより、経済的なデータセンタ配線網を構築することが可能となる。

## 参 考 文 献

- 1) 富川浩二ほか：「間欠接着型4心テープ心線を用いた細径高密度光ケーブルの開発」, 2012信学会通信ソサイエティ大会B-10-22, p.204.2012.
- 2) M. Isaji, et al. "Ultra-high density wrapping tube optical fiber cable with 12-fiber spider web ribbon" Proc. 62nd IWCS., no.12.3, pp.605-609, (2013).
- 3) M. Ohno, et al., "Development of ultra-high density and fiber-count WTC with SWR" Proc. 66th IWCS, pp.312-316, (2017).
- 4) S. Shimizu, et al., "High density fiber optic cables with flame retardant and low smoke zero halogen properties", Proc. 66th IWCS, pp.299-303, (2017).
- 5) Recommendation ITU-T G.657, "Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable", (2016)
- 6) Telcordia GR-20-CORE Issue 4, "Generic Requirements for Optical Fiber and Optical Fiber Cable", (2013).
- 7) TIA-598-D, "Optical Fiber Cable Color Coding", (2014).
- 8) IEC60754-2Ed.2.0, "Test on gases evolved during combustion of materials from cables-Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity", (2011)
- 9) UL 1666, "Standard for Safety: Test for Flame Propagation Height of Electrical and Optical-Fiber Cables Insulated Vertically in Shafts (Ed.5)", (2007)
- 10) BS EN 50399:2011+A1:2016, "Common test methods for cables under fire conditions-Heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test-Test apparatus, procedures, results", (2016)
- 11) Telcordia GR-409-CORE Issue 2, "Generic Requirements for Indoor Fiber Optic Cable", (2008)
- 12) ICEA S-83-596-2016, February 2016 "Standard for Indoor Optical Fiber Cable", (2016)
- 13) ICEA S-87-640-2016, August 2016 "Standard for Optical Fiber Outside Plant Communications Cable", (2013)
- 14) S. Kaneko, et al., "Innovative solution using SWR/WTC for data centers" Proc. 67th IWCS, no.10-5, (2018).
- 15) T. Nakajima, et al., "Development of ultra high fiber count optical cable wiring technology" Proc. 67th IWCS, no. 14-2, (2018).