

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : 革新的光ファイバの実用化に向けた研究開発
- ◆副題 : マルチコア光ファイバ技術と標準化指標の確立
- ◆実施機関 : 日本電信電話株式会社, 住友電気工業株式会社, 株式会社フジクラ, 古河電気工業株式会社, 北海道大学, 横浜国立大学, 大阪府立大学
- ◆研究開発期間 : 平成25年度から平成29年度(5年間)
- ◆研究開発予算 : 総額710百万円(平成29年度125百万円)

## 2. 研究開発の目標

- ◆目的Aは、1Pbit/s・100km伝送用MCF技術の確立と標準化方針の策定
- ◆目的Bは、FM-MCF技術による伝送容量拡大ポテンシャルの明確化

## 3. 研究開発の成果

### 課題A-1 高品質・長尺化技術

- 紡糸条件の最適化技術(日本電信電話)
- 生産効率の最適化技術(住友電気工業)
- スケーラブル製造技術(フジクラ)
- 粉末形成クラッド技術(古河電気工業)

#### 研究開発技術:高品質・長尺化技術

- 100 Pbit/s・km伝送に供する高品質・長尺MCFの実現に向け多様な製造技術の適用性を明らかにする
- クラッド径が125~250 $\mu$ mの光ファイバについて、高張力紡糸と機械強度の改善効果を体系化し論文化
  - コア挿入線引法で長さ390kmの7コアMCFの紡糸を実現し、 $3.9 \times 10^3$  (km<sup>2</sup>・コア/分)の生産性指標を達成
  - 新規製法で空孔付与や長さ50km、損失0.18dB/km以下達成、孔開法で $\phi$ 120mm母材の紡糸を実施
  - 粉末成形技術を活用し50km、019dB/kmを実現。漏洩阻止層付加により約36dBXT低減効果を実証

### 課題A-2 MCFの多重効率の向上と最適化技術

- 多重効率の最大化技術(住友電気工業)
- 空孔構造の活用技術(日本電信電話)

#### 研究開発技術:研究開発成果:MCFの多重効率の向上と最適化技術

- 多重コア数の極限追及を目指すと同時に、100Pbit/s・km伝送用MCFの最適構造について明らかにする
- 高コア密度が期待される結合型MCFについて、出射プロファイル評価方法の提案・実証
  - 低クロストーク空孔付きFM-MCFを標準クラッド径で実現し、空孔による充填コア数拡張性を明確化

### 課題A-3 標準化方針の策定

- 標準化指標とマイルストーンの明確化(日本電信電話)

#### 研究開発技術:研究開発成果:標準化方針の策定

- 100Pbit/s・km伝送用MCFの国際標準化指標を明らかにし標準化のマイルストーンを策定する
- 標準クラッド径MCFを用いた118.5Tbit/sの相互接続伝送を実証し、クラッド径を指標とする標準化ロードマップを共同提案者および関係者で策定・共有

### 課題B-1 FM-MCF設計技術

- FMF構造条件の明確化(日本電信電話)
- FMF解析技術の確立(北海道大学)
- FMF製造とXT特性の明確化(フジクラ)

#### 研究開発技術:研究開発成果:高品質・長尺化技術

- マルチコア光ファイバとモード多重伝送の融合に向け光ファイバ構造の設計指針を確立する
- 100チャンネル超、100倍の空間多重密度、並びに接続性を同時に満たすFM-MCFを提案・実証
  - FM-MCFによる伝送容量拡張性の明確化と結合型MCFの群遅延時間差低減指針の提案
  - 120chの6LP 12コアファイバを作製評価、RCMF > 100達成、42chの長尺4LP・7コアファイバを作製評価

### 課題B-2 FM-MCF用入出力及び評価技術

- FMF入出力技術の検討(横浜国立大学)
- FMF評価技術の検討(大阪府立大学)

#### 研究開発技術:研究開発成果:MCFの多重効率の向上と最適化技術

- FM-MCFによる超大容量伝送の実現に向け、入出力技術と光ファイバの特性評価技術を確立する
- 数モードファイバの真の固有モードの理論的・実験的解明と厳密固有モード用モード合分波器の製作
  - 高次モードの分散と曲げ損失測定法の提案および損失測定のカロスチェック

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
68 (11)	24 (9)	27 (8)	271 (76)	28 (21)	19 (3)	1 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1) 課題間連携による革新的成果の創出と成果の対外アピール

MCFの高品質・長距離化では、孔開け法により低損失・小コア間偏差で200 km以上の長尺紡糸を実現した。また、新規製造法による高品質・長尺MCFの実現性、並びに提案手法のクロストーク特性制御への応用性を実証した。

FMF技術では、低接続損失かつ高い空間多重密度のFM-MCFを実証し世界トップデータとなる長距離6モードMCF伝送に成功してECOC2017のPostdeadline paperで採択されるとともに、FM-MCF中における固有モードの存在を世界で初めて観測したほか、FMF光学特性の評価技術を網羅的に確立した。

課題17001・17002・188の成果を持ち寄り、高品質・長尺の標準クラッド径MCFを用いた相互接続伝送路を構築し、NICT設備を活用して大規模伝送実験を実施した。本連携検討により標準クラッド径のSM-MCFで世界トップの伝送容量を実現し、OECC2017のPostdeadline paperで採択されるとともに、プレスリリースや技術出展により幅広い分野に成果をアピールした。

(2) 情報共有と課題間連携の促進による多様な研究開発成果の創出と標準化戦略の立案

共同提案者の成果・進捗状況の共有およびMCF技術の国際標準化ロードマップの策定に向けた議論の場として、5年間で計8回の研究運営委員会を開催すると同時に、タイムリーかつ機動的に連携体制を構築し当初目標を上回る多様な成果を効果的に創出した。また国際標準化ロードマップについては、関連する課題17001・150・188ともタイムリーに意識合わせを行い、All Japanでの統一的なロードマップの策定を推進した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本検討により長距離・高品質MCFを実現し、課題間を通じた連携伝送実験により100Pbit/s・km伝送のポテンシャルを確認するとともに、クラッド径・被覆径を指標とした標準化ロードマップを策定した。本検討成果は課題188等の新たな研究課題にも発展的に引継ぐと同時に、標準クラッド径MCF技術を基軸としたSDM技術の標準化提案に繋げ、日本が牽引するSDM技術による新たな市場の創出を目指す。

コアとモードの融合による伝送容量の極限追及に関してはSMFの100倍の伝送ポテンシャルを確認するとともに、接続特性の最適化も考慮した新たなFM-MCFの設計コンセプトを提案・実証した。モード多重技術の実用化に向けては、伝送路および伝送システム全体でのモード特性制御の実現が不可欠であり、今後もFull SDM伝送システムの実現に向けた革新技術の探索と要素技術の確立に継続的に取り組む必要がある。