

## 1. 研究課題・実施機関・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(代表者)、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)
- ◆ 研究開発費 : 総額710百万円(平成27年度142百万円)

## 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
- 高張力紡糸による機械強度改善効果をモデル化し、残留応力の構造パラメータへの影響を明確化
  - 目標生産性指標の達成に向け、新たにコア挿入線引法の設備の立ち上げ
  - 200 km級母材の孔開法での実現を目指して、母材径やドリルツール径の検討を開始
  - 加圧成形法を用いて7コアMCFを作製し、粉末形成クラッド法の有効性を確認

### 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
- 高多重効率のMCFの測定時間短縮する測定構成を立案
  - 空孔構造付与によるLP<sub>11</sub>モードのXT抑圧効果を実験的に確認

### 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
- 既存標準に準拠した標準外径MCFの実現と、将来の標準化に向けたITU-Tへの寄書投稿の実施
  - 課題150、課題17001と連携し長距離・低損失MCFを用いた相互接続デモを構築し、展示会等でアピール

### 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
- 低損失・低DMDの4LPモードx19コアファイバを設計・試作し、世界最高の空間多重度(RCMF:60)を実証
  - モード間結合を考慮したFMFの群遅延時間差および群遅延広がり解析法の開発
  - 2モード2コアファイバにおけるXT評価を行い、LP<sub>11</sub>モードで電界分布の向き依存性があることを確認
  - FMF評価技術について共同提案者間の連携を促進し、モード間励振比評価の課題を抽出

### 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
- 高速モード分析法の提案、LP近似モードの問題点解明と厳密固有モード用モード合成分波器の提案
  - モードフィルタの設計法、実効断面積の評価法、FM-MCFのカットオフ波長評価法の提案

#### 4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	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
マルチコア光ファイバ技術と標準化指標の確立の研究	41 (17)	8 (5)	12 (6)	143 (67)	2 (0)	10 (4)	1 (1)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

#### 5. 研究成果発表会等の開催について

##### (1) 課題間連携による革新的成果の創出と各種展示会等を通じた技術アピール

MCFの高品質・長距離化では、100km級の長尺化と、0.19dB/kmの低損失を0.01dB/kmのコア間偏差で実現するとともに、2種類の新規製造方法についてMCF製造の適用性を実証した。また共有紡糸設備を用いた製造技術の検討については、太径クラッド光ファイバの紡糸条件の明確化を進めている。

FMF技術では、空間多重密度の極限追求に向け、十分な信頼性を担保可能な250 $\mu$ mのクラッド径で114チャンネルを実装し低損失・低DMDとなるFM-MCFの設計・試作・評価を行い、世界トップデータとなる空間多重密度を実現しOFC2016Post Deadlineで採択された。また、評価技術では高速モード分析法の新たな提案や高次モード評価技術のFM-MCFへの適用性を検証するなど、空間分割多重伝送技術において世界をリードする成果を創出している。

その他、年4回の展示出展を実施した。特に2015年度にはドイツで行われた国際展示会(Laser world of Photonics)に出展を行う等、SDM技術のAll-Japanの取り組みを国内外へ広く発信している。また関連する課題150、課題17001と連携し、長尺・低損失MCFを用いたSDM伝送システムの相互接続デモを構築し、各種展示会等で積極的にアピールしている。今後も国内外の専門家等が集まる展示会への出展を通じて研究開発成果をタイムリーかつ効果的に発信することとする。

##### (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

MCFの標準化指標の抽出及び方針策定に向け、研究運営委員会等を通じた議論を継続している。また、課題17001との意識共有を図ると同時に、互いに協調した標準化活動を推進しつつある。特に今年度はTelefonica、KDDI、NTTの連名で、ITU-TIにおけるSDM技術の標準化について寄書提案を行い、今後の標準化に向けた布石とした。

共同提案者間の連携に関しては、新たなMCF製造法を活用した高機能MCFの実現性に着目し、新たな連携課題として検討を開始した。FMFの評価技術に関しては、FMF伝送特性のクロスチェック等を実施し、共同提案のメリットを活用した効率的な研究開発を推進している。

#### 6. 今後の研究開発計画

100Pbit/s・km伝送用マルチコア光ファイバ技術の確立に向けては、既存製造方法による100km長の実現に向け製造試作を進めるとともに、新規製造技術における特性向上および適用性拡大に向けた検討を促進する。また、将来の標準化に向け、既存標準規格を考慮したMCFについてケーススタディを更に蓄積しつつ、関連する課題との連携および国内外の情勢を考慮し標準化に向けたアクションを具体化する。

コアとモードの融合による伝送容量の極限追求に関しては、FM-MCFにおける空間チャンネル数の極限追求と実証を継続するとともに、特性評価法のFM-MCFにおける適用性検討、および入出力導波路におけるコア数・モード数拡大に向け、共同提案者間の連携により検討を加速する。