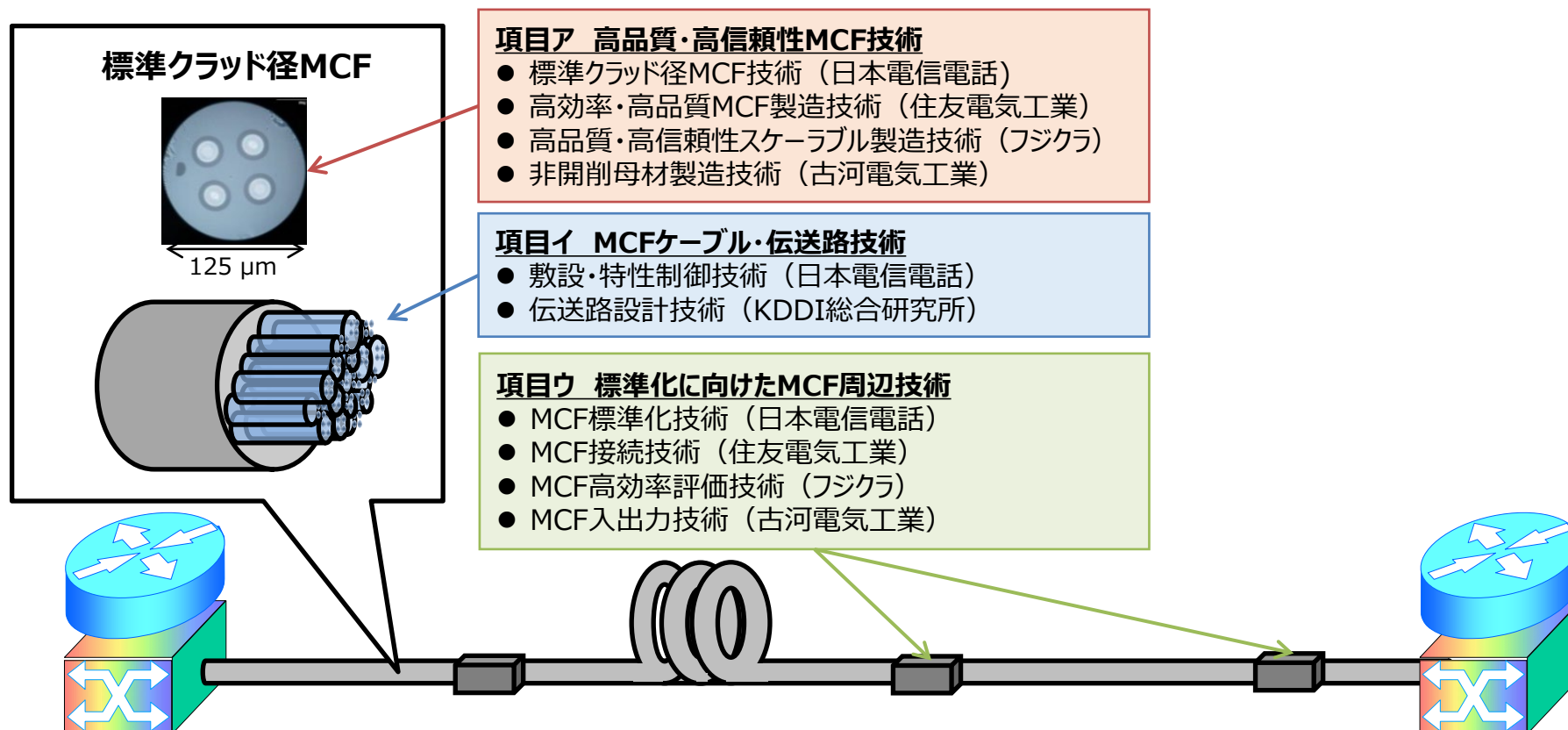


1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 : マルチコアファイバの実用化加速に向けた研究開発
- ◆副題 : 標準クラッド径マルチコアファイバ伝送路技術の確立
- ◆受託者 : 日本電信電話株式会社、株式会社KDDI総合研究所、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
- ◆研究開発期間 : 平成30(2018)年度～令和4(2022)年度(5年間)
- ◆研究開発予算(契約額) : 平成30(2018)年度～令和4(2022)年度までの総額850百万円(令和4年度170百万円)

2. 研究開発の目標

- 研究開発項目ア : 1500 km・コア超級の高品质・高信頼性マルチコアファイバ(MCF)技術の確立
- 研究開発項目イ : 標準クラッド径MCFを用いたMCFケーブルの実現と実環境下での100 Pbit/s・km級伝送ポテンシャルの実証
- 研究開発項目ウ : MCF伝送路構築と標準化に不可欠な周辺技術の確立



3. 研究開発の成果

項目ア 高品質・高信頼性MCF技術

- 標準クラッド径MCF技術（日本電信電話）
- 高効率・高品質MCF製造技術（住友電気工業）
- 高品質・高信頼性スケーラブル製造技術（フジクラ）
- 非開削母材製造技術（古河電気工業）

ブルーレベル1%以上を満足する1500 km・コア超のMCF製造技術を確立し、その2000 km・コア超技術への拡張性について明らかにする。さらに、MCFの伝送帯域や適用距離を考慮し、標準クラッド径のステップインデックス（SI）型MCF（SI-MCF）およびトレンチ（TA）型MCF（TA-MCF）の設計条件と適用領域を明らかにする。

- 標準クラッド径SI-MCF・TA-MCFの設計条件・光学特性を明確化し、標準仕様案に反映。さらに、SI-MCF・TA-MCF混在伝送路を用いた双方向伝送による長延化を実証。
- 目標加工長の長尺孔開を実現。クラッド径変動の異常点頻度を0.00077回/(コア・km)に抑制し、2056 km・コアを実現可能なMCF製造プロセス技術基盤を確立。
- 孔開法で長尺化、高信頼化の最終目標を達成。クラッド一括形成法の量産適応性は不適と判断。
- ブルーレベルの目標を満たすファイバを実現する母材を開削/非開削法の両方で実現。

項目イ MCFケーブル・伝送路技術

- 敷設・特性制御技術（日本電信電話）
- 伝送路設計技術（KDDI総合研究所）

標準クラッド径MCFを用いた光ケーブルのフィールド環境下における経時特性を明らかにし、クロストーク（XT）特性の制御性と併せて、MCFケーブル技術として確立する。さらに、標準クラッド径MCFケーブルの伝送ポテンシャルを明らかにし、ランダム接続を想定した伝送路設計モデルを確立する。

- ケーブル化・敷設工程間特性評価およびフィールド環境における特性評価により安定性を確認し、標準クラッド径MCFの高密度光ケーブルへの適用性を示した。さらに、フィールドに敷設したSI-MCF伝送路を用いた伝送評価を実施し、XTの伝送距離制限の緩和によりSI-MCF適用領域の拡張性が拓けた。
- 多段接続時（融着・コネクタ）の光学特性を評価し、伝送路設計指針を明確化。多段接続かつマルチベンダ接続された敷設済みTA-MCF光ケーブルを用いて、100 Pbit/s・kmを超える伝送ポテンシャルを確認。

項目ウ 標準化に向けたMCF周辺技術

- MCF標準化技術（日本電信電話）
- MCF接続技術（住友電気工業）
- MCF高効率評価技術（フジクラ）
- MCF入出力技術（古河電気工業）

製造時の特性検査を勘案し、所要時間がコアあたり1/2.7以下となる評価手法の効率化を実現する。さらに、製造・伝送路構築に適したMCF入出力技術を確立するとともに、多心MCFに対する新たな一括調心技術の実現性を明らかにする。また、標準クラッド径MCFの標準草案および標準化提案に向けた計画を策定する。

- 標準化・伝送路構築に必須な幾何学構造評価や入出力ハイパワー耐性を実験的に明確化。
- 量産性・信頼性を両立する低損失単心MCFコネクタ実証。多心整列技術実証を行い、MCF MPOコネクタを複数試作し、全コア一括低接続損失を実証。
- MCFのモードフィールド径（MFD）を4コア同時測定することで、最終目標の測定時間（通常のシングルモードファイバ（SMF）比1.5倍）を達成。
- MCF入出力装置であるファンイン・ファンアウト（FI/FO）の技術確立を図るとともに、低損失な融着接続技術を実現。

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	標準化提案	プレスリリース報道	展示会	受賞・表彰
39 (9)	39 (10)	5 (3)	122 (37)	7 (2)	0 (0)	10 (4)	0 (0)

MCF製造技術の追及とMCFケーブルのフィールド環境評価および周辺技術の高度化

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

①1500 km・コア超級の高品質・高信頼性MCFの実証

標準クラッド径SI-MCF・TA-MCFについて、既存SMF標準との互換性を考慮した設計・試作を行い、ケーブル実装および敷設評価を通じて設計条件の妥当性を確認するとともに、各研究分担者で検討している製造技術について、1500 km・コア超級の高品質・高信頼性MCF実現性を明らかにした。

②SI-MCFおよびTA-MCFケーブルのフィールド環境安定性評価および相互接続における伝送評価

ケーブル化工程間の光学特性安定性を確認するとともに多段接続特性を把握し、フィールド伝送路の特性を明らかにした。また、フィールドに敷設したSI-MCFケーブルによるXTの伝送距離制限の緩和によるSI-MCF適用領域の拡張性やTA-MCFケーブル伝送路により、100 Pbit/s・km級の伝送ポテンシャルを実証した。

③量産性・使用環境を考慮した光接続技術の実現性確認および一括測定手法の高効率化

実用展開に必要な周辺技術の検討を進め、量産性・信頼性を両立するMCF多心整列技術およびフィールドでの使用を想定したFI/FOおよび低損失な融着接続技術を実現した。また、一括測定手法による測定可能波長の拡張および高効率化を実現した。

情報共有と課題連携の促進による多様な研究開発成果の創出

空間分割多重 (SDM) ファイバ・ケーブルの標準化を見据え、ITU-TにおいてSDM技術に関する技術レポートの発行を実現した。また、NICTのプロジェクトオフィサおよび課題203の受託者で構成される企画調整会議を適時開催し、各者の検討状況と成果を共有するとともに、コロナ禍においても国際、国内シンポジウムでのリモートおよび現地での展示の機会を積極的に活用し、当該研究開発活動と成果をアピールした。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

MCF技術の実用化、国際標準化に向けては、特に断面構造に関する指標の明確化が重要となる。本委託研究では、周辺技術および運用技術との親和性・要求条件を考慮し、クラッド径、コア数、コア間隔および適用領域に応じたXT値を規定した標準草案を策定するとともに、課題内・課題間の連携によるフィールドに敷設したMCFケーブル伝送路やコネクタやMCF入出力デバイス、融着機等の周辺機器を活用した相互接続実証を行い、展示や対外発表を通じ効果的にアピールしてきた。

MCF技術は将来のペタビット級伝送の実現に加え、屋内や管路等、光配線スペースに制約が存在する空間へのソリューションとしても期待される。MCFのコスト削減のみならず、本委託研究成果を含むこれまでの検討成果および知的財産権が有効に活用されるものと考えられる。

また、本委託研究では既存SMF標準との親和性、ならびに汎用屈折率分布を活用したSI-MCFの可用性を新たに明らかにしたことから、MCF技術の低コスト化、実用展開および標準化の加速に向けた効果が期待される。

MCF技術については、当面の市場として中継機を伴わないポイント・ツー・ポイントでの陸上ネットワークや、データセンタ内やデータセンタ間、ビル内などの限られたスペースにおける光配線によるソリューションが見込まれる。本委託研究を含む設計・製造技術の成果、および標準クラッド径の採用により、高品質・長尺製造技術が確立されるとともに、関連課題等の成果も通じ周辺技術も確立されつつある。特に、汎用的なSI型の屈折率分布を適用したMCFの最適化と、その適用性の明確化、ならびにTA型と同等のコア間隔の適用性を見出したことは、MCF技術の低コスト化および早期展開に有効であり、これらの技術を活用した短距離伝送向けの市場形成および標準化が進むものと期待される。