

# 平成24年度「革新的光通信インフラの研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

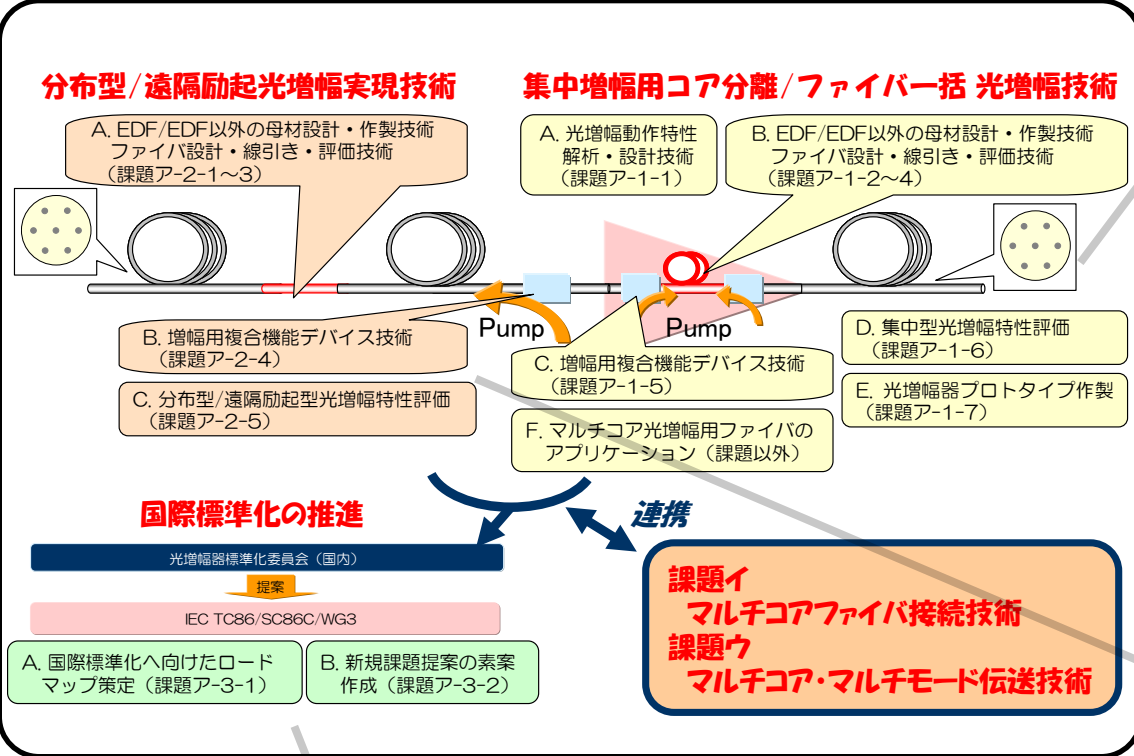
## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日本電信電話株式会社(幹事者)、株式会社フジクラ、公立大学法人大阪府立大学、国立大学法人島根大学、学校法人千歳科学技術大学
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額266百万円(平成24年度 57百万円)

## 2. 研究開発の目標

集中型光増幅技術として、「マルチコア分離光増幅技術」、「ファイバー括光増幅技術」、並びに、分布型/遠隔励起型光増幅技術の検討を行い、マルチコア光増幅の基盤技術を確立する。また、マルチコア光増幅技術の国際標準化に向けた基礎を構築する。

## 3. 研究開発の成果



① 集中増幅用コア分離/ファイバー括光増幅技術  
長距離マルチコア伝送の実現技術として、集中型光増幅技術として、コア分離およびファイバー括光増幅技術の確立を図る。

低クロストーク増幅方法の提案・実証  
●隣接コア対向伝搬増幅による低クロストーク増幅方法を提案し実証。  
MCF伝送実験用光増幅器プロトタイプ作製  
●マルチコア伝送実験への適用を目指した12コア用光増幅器プロトタイプ作製。(課題イ・ウ連携)。

ダブルクラッドEYDFを用いたファイバー括型光増幅  
●ファイバー括増幅用のダブルクラッドEYDF設計・作製。  
●ダブルクラッドEYDF用の19ファイババンドル型の励起/信号コンバイナを作製し、EYDFを接続して増幅動作を確認(課題イ連携)。

細径EDFを用いたコア分離型7コア用光増幅器  
●細径EDF(クラッド径60 μm)をバンドル化し、7コア用光増幅器を作製。

FI/FO接続MC-EDFのクロストーク理論  
●FI/FO接続マルチコアEDFのクロストーク特性の理論的に解析。

ビスマス添加ファイバ(BDF)による1.3 μm帯増幅  
●試作ビスマス添加ファイバによる1.3 μm帯信号増幅を確認。

② 分布型/遠隔励起型光増幅実現技術  
長距離マルチコア伝送の実現技術として、分布型および遠隔励起型光増幅技術の確立を図る。

MCF分布ラマン増幅技術  
●複数コアで励起LDを共有する分布ラマン増幅用励起光源とそれを用いたMCF分布ラマン増幅(課題ウ連携)。

MCF遠隔励起増幅  
●遠隔励起用7コアEDFを作製・評価。  
●7コア遠隔励起用の励起/信号合波器としてPLCタイプの12アレイWDMカプラを作製。  
●7コア遠隔励起実験を行い、OSNR改善効果を実証(課題ウ連携)。

③ 国際標準化の推進  
速やかに標準化活動を実施していくことにより、国際標準化の議論をリードして国内創出技術の国際競争力向上に資する。  
●EC TC86SC86C WG3 Meetingにおいて、空間分割多重用光増幅技術の技術動向調査報告およびマルチコア光増幅器評価技術動向調査報告。

低クロストーク増幅方法の提案・実証

(日本電信電話、大阪府大、フジクラ)

隣接コア間で信号伝搬の向きを対向させてクロストークを抑制する増幅方法を提案し、実験によりその効果を確認した。

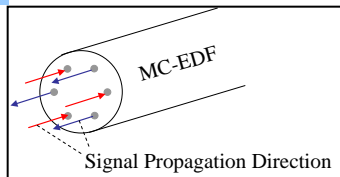


図1-1 隣接コア対向伝搬増幅の概念

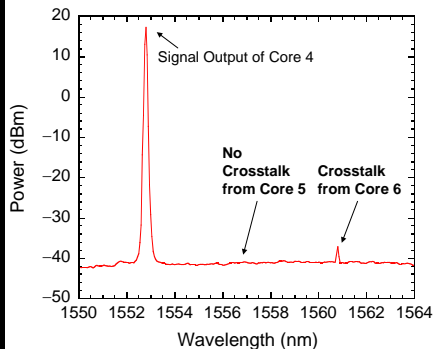


図1-2 従来の増幅方法による出力スペクトル

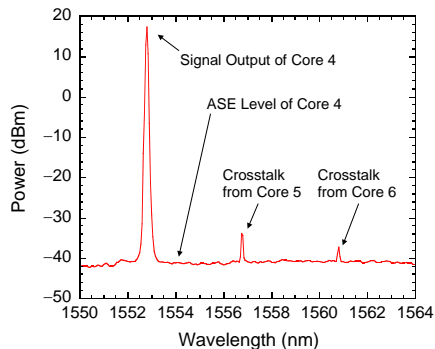


図1-3 提案の増幅方法による出力スペクトル

表1-1 クロストーク値と改善量

EDF Core #	Total Crosstalk (dB)	Improvement (dB)
1	-60	5
2	-61	6
3	-54	4
6	-55	7
5	-54	5
6	-58	5

MCF伝送実験用光増幅器プロトタイプ作製

(日本電信電話、大阪府大、フジクラ)

MC-EDFAを光中継伝送実験へ適用を目指した、低クロストーク増幅方法を用いた12コア伝送用MC-EDFAプロトタイプを作製した。



図1-4 MC-EDFAプロトタイプ外観

ダブルクラッドEYDFを用いたファイバー括型光増幅

(フジクラ、日本電信電話、大阪府大、島根大)

ダブルクラッドEr/Yb添加ファイバ(EYDF)を試作すると共に、19ファイバをバンドルした励起/信号コンバイナを用いてファイバー括増幅を行い、増幅動作を確認した。

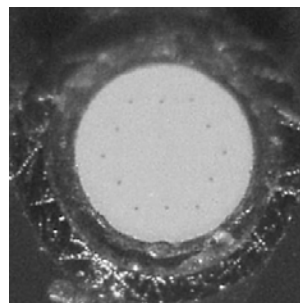


図1-5 ダブルクラッドEYDF断面

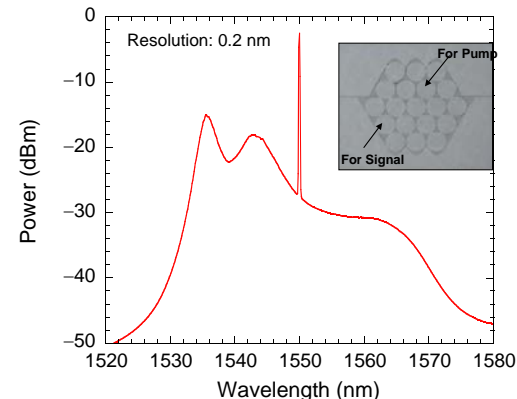


図1-6 光増幅出力スペクトル例

細径EDFを用いたコア分離型7コア用光増幅器

(日本電信電話、フジクラ、大阪府大)

細径EDFバンドルをPLC型WDMカプラアレイを用いて光ファイバ増幅器を構成し、C帯において平均利得約 23 dB、雑音指数 5.1 dB以下の7コア用光ファイバ増幅器を作製した。

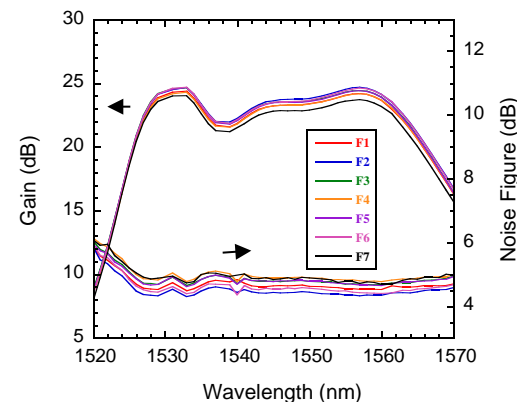


図1-7 バンドル化細径EDF の利得・NF スペクトル

# ① 集中増幅用コア分離/ファイバー括光増幅技術 (続)

## FI/FO接続MC-EDFのクロストーク理論

(大阪府大、日本電信電話、フジクラ)

MC-EDFAで新たに課題となるコア間クロストークについて、FI/FOを接続したマルチコアEDFのクロストーク評価法を検討し、理論式(1)を導出した。

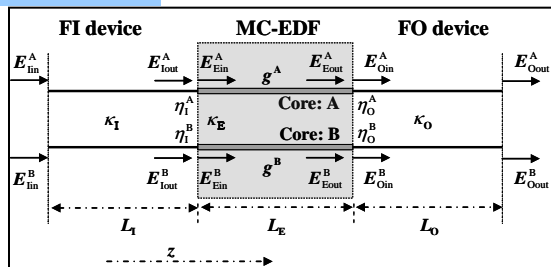


図1-8 FI/FO接続EDFモデル

$$XT_E^{A,B} = \left| \frac{\kappa_E}{\Delta g_E} \sinh(\Delta g_E L_E) \right|^2 / \left| \frac{\pm \Delta g_E}{2\Delta g_E} \sinh(\Delta g_E L_E) + \cosh(\Delta g_E L_E) \right|^2 \quad (1)$$

## ビスマス添加ファイバ(BDF)による1.3 μm帯増幅

(千歳科技大)

ビスマス添加ファイバを試作し、1.3 μm帯において約8 dBの利得を得、光増幅動作を確認した。

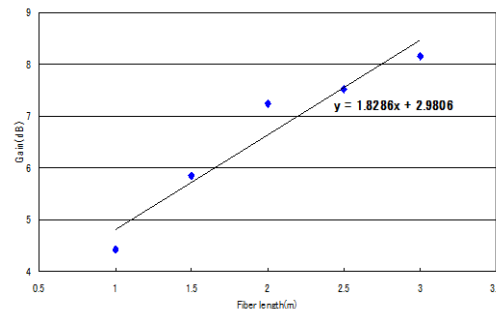


図1-9 BDF利得のファイバ長依存性

# ② 分布型/遠隔励起型光増幅実現技術

## MCF分布ラマン増幅

(日本電信電話、フジクラ)

複数コアで励起LDを共有する構成のMCF分布ラマン増幅用光源を作製しMCFへ適用し、C帯において5.7 dB以上(コア間偏差1.4 dB)の分布ラマン利得特性を評価した。

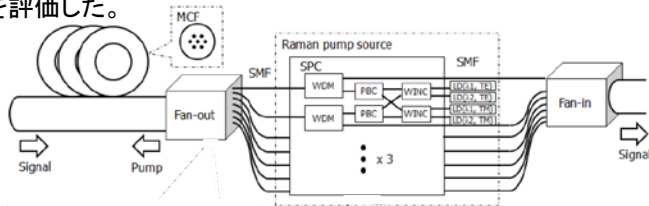


図2-1 MCF分布ラマン増幅用光源構成

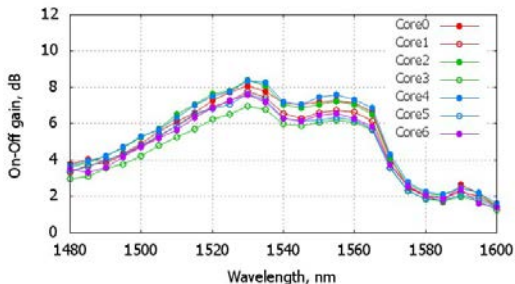


図2-2 MCF分布ラマン利得スペクトル

## MCF遠隔励起増幅

(島根大、フジクラ、日本電信電話)

遠隔励起増幅用の7コアMC-EDFの設計・作製を行うと共に、遠隔励起光(1.48 μm帯)と信号光(1.55 μm帯)を合波するPLC型のWDMカプラアレイ(12アレイ)を作製した。

また、試作したMC-MCFを7コアMCF伝送路へ接続し、PLC型WDMカプラアレイを用いて遠隔励起増幅実験を実施し、励起効率改善効果を確認した。

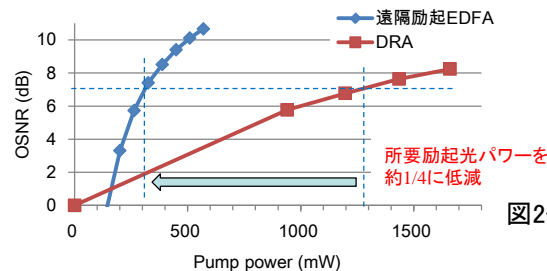


図2-5 遠隔励起EDFAと分布ラマン増幅の励起光パワーに対するOSNR改善量

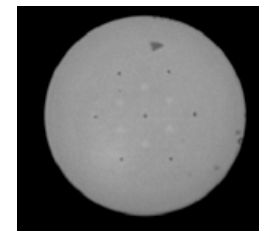


図2-3 遠隔励起用MC-EDF断面

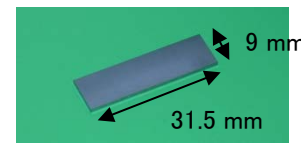


図2-4 遠隔励起用PLC型WDMカプラアレイチップ外観

IEC会合における技術報告

(大阪府大、日本電信電話)

国内光増幅器標準化委員会においてマルチコア光増幅技術標準化について議論を行い(2012年10月1日および2013年2月27日)、IEC TC86SC86C WG3 meeting のQuerétaro会合(2012年11月8日、Centro Cultural Gómez Morín, Querétaro, Mexico)においてSDM用光増幅の技術動向調査報告を、San Luis Obispo会合(2013年3月16日、California Polytechnic State University in San Luis Obispo, CA, USA)において、マルチコア光増幅評価技術動向調査報告を行った。

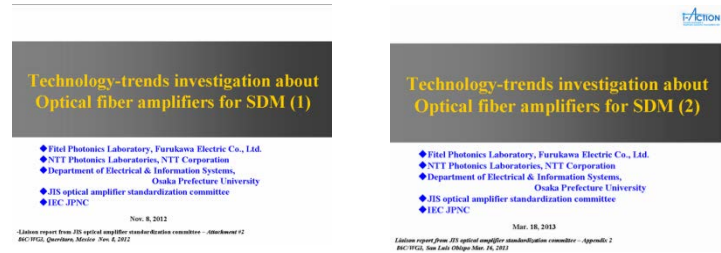


図3-1 Querétaro会合報告書

図3-2 San Luis Obispo会合報告書

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と( )内の当該年度件数です。

	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	展示会	標準化提案
革新的光通信インフラの研究開発	6 (5)	0 (0)	1 (1)	31 (27)	0 (0)	2 (2)	3 (2)

5. 研究成果発表会等の開催について

特になし

6. 今後の研究開発計画

マルチコア光増幅技術基盤技術を確立する目的達成のため、H24年度まで成果を踏まえH25年度については以下の実施を計画。

① 集中増幅用コア分離/ファイバー括光増幅技術

引き続き、増幅用ファイバの設計・試作・評価、増幅用複合機能デバイスの設計・試作、増幅特性評価技術の開発を行い、光増幅器プロトタイプを作製する。

② 分布型/遠隔励起型光増幅実現技術

マルチコア・マルチモード伝送に適用可能なマルチコア・マルチモード分布型/遠隔励起型光増幅を実現するための要素技術の検討する。

③ 国際標準化の推進

国際標準化の議論をリードし国内創出技術の標準化に向けて、H23年度提案のロードマップに従いH24年度は以下の実施を計画。

- ・ 引き続き技術動向調査を実施し、適宜IEC会合で報告を行う。