

## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 住友電気工業株式会社(幹事者)
- ◆研究開発期間 平成22年度から平成24年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額119百万円(平成23年度 40百万円)

## 2. 研究開発の目標

- ・今後十年単位での光通信トラフィック増に対処するインフラとして、実使用環境下でコア間クロストークを低減し(-30dB以下)、標準的な光ファイバと同等以下の伝送損失を有し(0.17dB/km以下)、量産可能な(母材サイズ80km相当以上)マルチコア光ファイバを実証する。(最終目標)

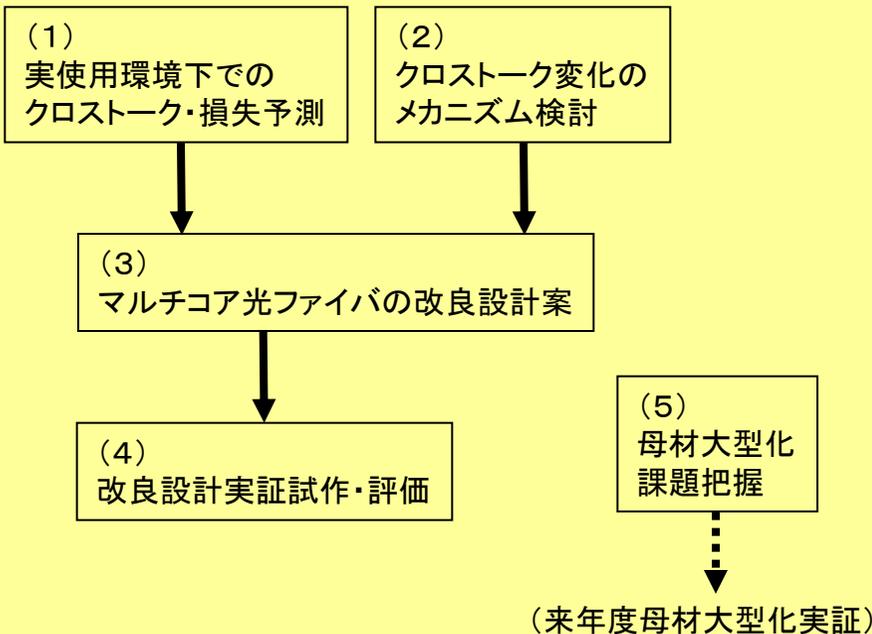
## 3. 研究開発の成果

### ①今年度目標と目標達成までのアプローチ

#### 【平成23年度目標】

従来母材サイズでのマルチコア光ファイバ試作・評価により目標クロストーク(-30dB以下)・損失( $\leq 0.17$ dB/以下)を実証する。平成24年度目標の母材大型化に向けた課題把握を行う。

#### 【目標達成までのアプローチ】

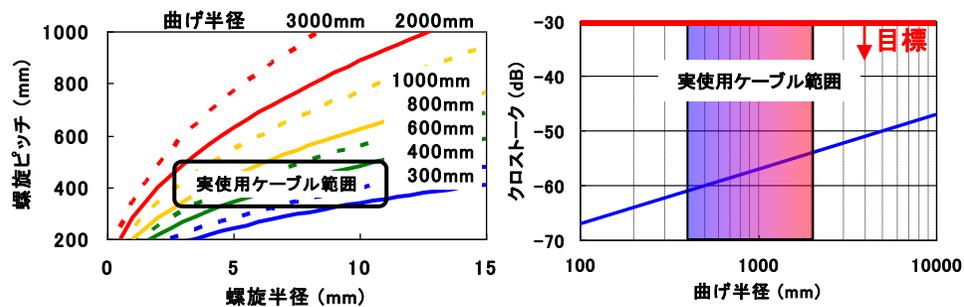


### ②今年度目標達成までの成果

- (1) 既存のトレンチ有マルチコア光ファイバは、マクロ/マイクロバンド評価結果よりケーブル実使用環境下で80kmクロストークが-50dB以下と予測。  
【目標値である-30dB以下に対して20dB以上良好】
- (2) マクロ/マイクロバンドともクロストークの曲げ径依存性で説明可能なメカニズム仮説を構築。
- (3) 未達の伝送損失 $\leq 0.17$ dB/km達成と共に、実効断面積拡大による伝送性能向上を狙った改良設計案を策定。
- (4) 目標であるクロストーク $\leq -30$ dB(80km、R2000mm換算)、伝送損失 $\leq 0.17$ dB/kmと共に、昨年評価品の1.5倍以上となる実効断面積 $\geq 120\mu\text{ m}^2$ を実証。
- (5) 母材大型化対処のために導入した設備(切断機、センタレスグラインダ等)の有効性を実証すると共に、コラプス時気泡発生等の課題把握・対策検討を実施。

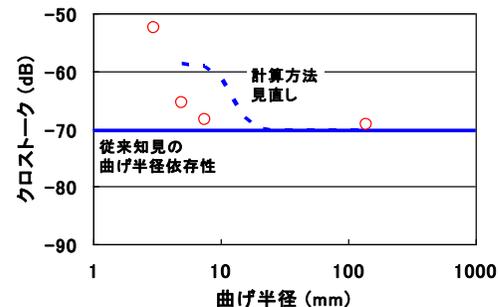
# 実使用模擬環境での特性予測、メカニズム検討、改良設計に関する主な成果

## (1) ケーブル実使用環境下でクロストーク-50dB以下と予測

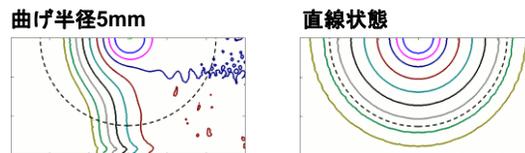


- ・日本国内で主流のテープスロット型ケーブル内のファイバ曲げ半径は400~2000mm程度。
- ・“トレンチ有”マルチコア光ファイバのクロストーク曲げ半径依存性から上記範囲では80kmクロストークは-50dB以下と予測(目標-30dB以下)。

## (2) マクロベンドによるクロストーク変化のメカニズム仮説を構築

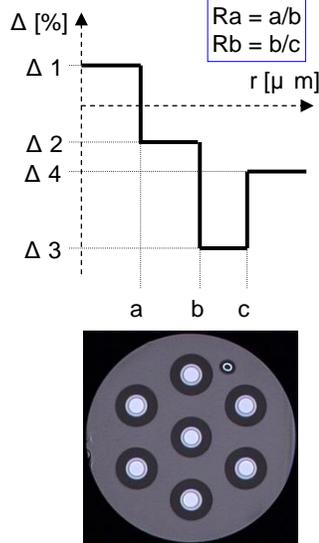


- ・小径曲げにおけるクロストーク増大は従来知見では説明不能。
- ・曲げ起因のパワー分布形状変化→結合定数の曲げ依存性、および、位相不整合部での結合を考慮することで実験結果を説明可能。



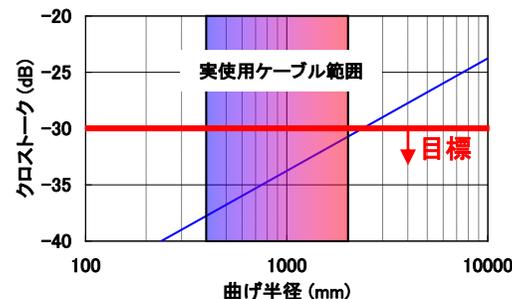
## (3) 改良設計案策定(設計方針)

- ・クロストーク低減に効果大のトレンチ型屈折率分布を採用。
- ・コア部分への光の閉じ込め強化等により既存ファイバの損失0.18dB/kmから0.17dB/km以下に。
- ・目標クロストーク-30dB以下を満たす範囲で実効断面積Aeffを拡大。(目標80→130μ m<sup>2</sup>)
- ・最低限C,L-bandで、可能であればS,C,L-bandで使用可能なカットオフ波長。



## (3) 改良設計案策定(具体設計)

Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4
0.06%	-0.16%	-0.75%	-0.16%
a	Ra	Rb	コア間隔
12.42μ m	0.60	0.673	48μ m



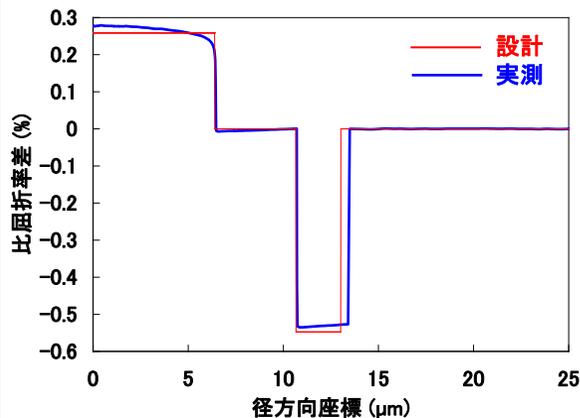
左記設計にて、

- ・損失0.17dB/km以下
- ・Aeff130μ m<sup>2</sup>
- ・S-bandにも対処するカットオフ波長
- ・目標クロストーク(左図参照)

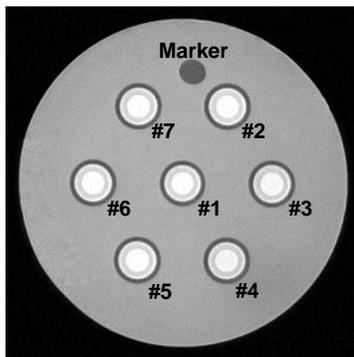
を実現可能な見通し。

# 実証試作・評価、母材大型化課題把握に関する主な成果

## (4) 改良設計実証試作結果(ファイバ構造)



改良設計品の  
コア部屈折率分布



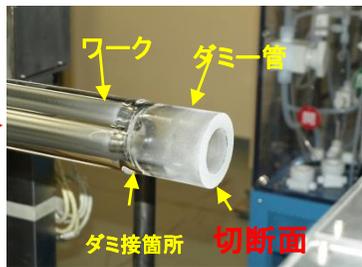
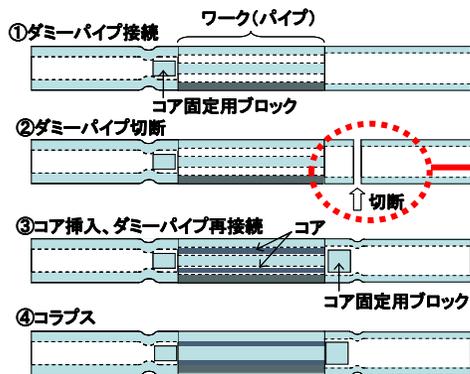
改良設計品の  
断面写真

## (4) 改良設計実証試作結果(ファイバ特性)

	#1コア	#4コア	#5コア
クロストーク	#4→#1/#5→#1 -59.8/-61.9dB	#1→#4 -59.9dB	#1→#2 -62.3dB
伝送損失	0.170dB/km	0.166dB/km	0.168dB/km
実効断面積	121.3 $\mu$ m <sup>2</sup>	124.3 $\mu$ m <sup>2</sup>	126.9 $\mu$ m <sup>2</sup>

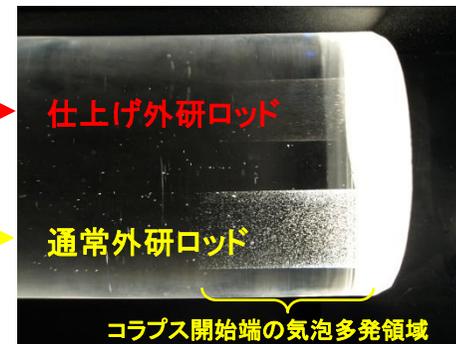
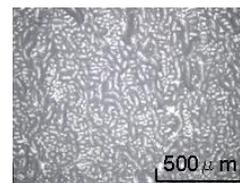
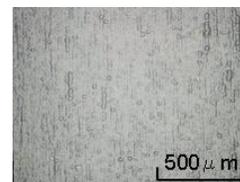
6.99kmの試作マルチコア光ファイバを、R140mmポビン巻状態、波長1550nmで評価し、クロストーク $\leq$ -30dB(80km、R2000mm換算)、伝送損失 $\leq$ 0.17dB/km、実効断面積 $\geq$ 120 $\mu$  m<sup>2</sup>を実証。

## (5) 大型母材用ダミーパイプの切断を実証



大型母材で想定される上記のコアロッド挿入・コラプスのプロセスに必須なダミーパイプ切断が、今年度導入した“切断機”で実施可能であることを実証。

## (5) コラプス時気泡のコアロッド表面粗さ依存性を確認



今年度導入したセンタレスグラインダにより、コアロッド表面の仕上げ研磨が可能であることを実証すると共に、コラプス時の気泡発生がコアロッド表面粗さに依存することを確認。

#### 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	報道発表	展示会	標準化提案
革新的光ファイバ技術に関する研究開発	11 (9)	8 (8)	4 (3)	7 (6)	0 (0)	3 (3)	0 (0)

##### (1)国内出願の一例

特願2012-044633(2012年2月29日出願)

「マルチコア光ファイバ」

複数のコアにおける伝送容量がそれぞれ増大されたマルチコア光ファイバを提供する。

→前記研究成果(3)改良設計案策定、(4)改良設計実証試作結果に対応。

##### (2)研究論文

Optics Express, “Design and fabrication of ultra-low crosstalk and low-loss multi-core fiber” (2011年7月11日発行)

JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, “Characterization of Crosstalk in Ultra-Low-Crosstalk Multi-Core Fiber” (2012年2月15日発行)

→昨年度分の研究成果も含め、今までに得られた知見をレビュー。

##### (3)その他研究発表の一例

電子情報通信学会 OCS研究会(2011年8月25日発表)

「異種コア型マルチコアファイバのクロストークへのマイクロバンド及び小径マクロバンドの影響に関する調査」

→前記研究成果(2)マクロバンドによるクロストーク変化のメカニズム仮説を構築に対応。

#### 5. 今後の研究開発計画

平成24年度(最終年度)は、単一母材から80km以上のマルチコア光ファイバを得る事が可能な母材サイズを実現させる。

(出来る限り今年度実施した特性:クロストーク $\leq -30$ dB、伝送損失 $\leq 0.17$ dB/kmとの両立を目指す)

また、可能な範囲で以下の項目についての検討も進める。

- ・量産化に対処可能なマルチコア光ファイバの製造方法・評価方法を提案する。
- ・マルチコア光ファイバ特性と伝送システム性能の関係を把握し、これに基づいたマルチコア光ファイバの目標特性を明確にする。