

## 研究課題別 事後評価結果

1. 研究課題名： Fiber to the Display のためのフォトニクスポリマー

2. 研究 総 括： 小池 康博（慶應義塾大学 理工学部 教授）

3. 研究内容および成果：

本研究課題（SORST）は、ERATO小池フォトニクスポリマープロジェクト（2000年10月から2005年9月）の成果である高速屈折率分布型プラスチック光ファイバー（GI-POF; Graded-Index Plastic Optical Fiber）を高精細・大画面ディスプレイまで接続する「Fiber to the Display」構想を提案した。この実現に向け、(i)ERATOでの成果であるGI-POF材料をさらに超高速化するための低材料分散性、低損失性、高耐熱性を有する新規フッ素化ポリマーの設計と合成、(ii)超高速GI-POFの試作とプラスチック光ファイバー（POF）による世界初の10Gbps・300m、さらには40Gbps・100mの伝送、(iii)ERATOで見出したポリマーの複屈折を相殺する理論に基づき、完全ゼロ複屈折フォトニクスポリマー（ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー）の実現、(iv) Fiber to the Display実現のための接続デバイス等の試作とGI-POFによるネットワーク構築、が具体的に目指すべき主要目標として掲げられた。これらに対し、以下が約5年間の期間で得られた主な研究成果である。

- (i)ERATOにおいて非晶質フッ素樹脂GI-POFによる高速伝送が可能であることを実証し、SORSTにおいてさらに材料分散が小さくガラス転移温度（ $T_g$ ）の高い全フッ素化ポリマー（Poly(perfluoro-2-methylene-4-methyl-1,3-dioxolane)など）の開発に成功した。また、損失波長特性及び耐熱性においても、従来より優れたGI-POFを作製した。これにより高速可視光源の波長領域でも屋内配線に十分な伝送距離を確保でき、用途拡大を可能にした。
- (ii)全フッ素化ポリマーを用い、溶融押出法における屈折率分布形成機構の解明に取り組み、溶融押出条件の最適化を進めた結果、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、40Gbps（ファイバー長100m）の超高速伝送に成功した。この成果は、全フッ素化ポリマーGI-POFの広帯域性を証明したものであり、大きな市場が期待されるサーバーセンター等の短距離超高速光インターフェースにGI-POFが適宜可能であることを示した。
- (iii)ポリマーの配向複屈折性と光弾性複屈折性に関する物性値を測定し、それらをもとに両複屈折を発現しないポリマーを設計する方法を提案した。この方法を活用して、MMA（methyl methacrylate）/3FMA（2,2,2-trifluoroethyl methacrylate）/BzMA（benzyl methacrylate）からなる三元共重合体系において、ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーを実現した。これは高精細・大画面ディスプレイの性能向上および革新的製造効率の向上に寄与するものと期待される。
- (iv)全フッ素化GI-POFによる780nmから850nmの4波長を用いた波長多重（WDM）伝送により、光HDMI伝送装置の試作を行った。また、POFによるホームネットワークシステムを構築し、実証実験を行った。さらに、POFを用いて情報家電やPCをネットワークに接続し、ホームサーバーからの映像伝送やホームセキュリティへの応用を検証するとともに、デモシステムとして出展し、

POFの伝送性能や施工の簡易性を示した。

また上記(i)–(iv)を進めていく中で、今後のGI-POFの普及に向けた新たな課題を設定し、以下の研究成果を得た。

(v)溶融押出法による屈折率分布形成機構の解明に取り組み、溶融押出条件の最適化を進めた結果、より高速の伝送が可能な屈折率分布を有するGI-POFの作製に成功した。

#### 4. 事後評価結果

##### 4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

期間中の外部発表、特許等の実績を示す。

発表論文:(邦文) 1件/(英文) 33件

口頭発表:(国内)160件/(国際)105件 (うち招待講演は、国内83件/国際52件)

特許出願:(国内) 5件/(外国) 2件

研究期間を通じて、多数の学術論文誌への掲載や招待講演を含む成果の発表が活発に行われ、これらは質量ともに適切であったと評価できる。小池教授の提唱する理論をもとにして分子デザインを行い、ファイバーやフィルムへと成型し、そしてそれらを SORST の全体構想を支える「Fiber to the Display」へと繋げようとする取り組みが一貫して推進されてきた。SORST 開始時に掲げられた 4 つの高い基本目標は、上述の研究成果が得られることによってほぼ達成され、さらに GI-POF の工業化に向けた新たな課題も随時設定しつつ、その基本的解明に取り組みられた。小池教授のグループがこの分野において世界を先導していることは、国内外のアカデミアから高く評価されているだけでなく、既に SORST で得られた成果等をもとに、東芝や旭硝子を含む14社と共同で、GI-POF および液晶ディスプレイフィルム等への実用化へと動き始めており、今後さらなる発展を期待することができる。

一方、知的財産権の取得の観点では、中間評価の際にも指摘したように、件数としての少なさを多少感じる。重要な特許は押さえられているとする見向きもあるが、今後の実用化研究のさらなる加速を推進していく上では、特に後発開発のキャッチアップを防ぐためにも、より積極的な知的財産戦略が望まれるであろう。

##### 4-2. 成果の科学技術への貢献

本研究課題の成果である新しいフォトニクスポリマーは常に、小池教授の提唱する、光吸収・放出、分極、散乱、屈折、反射に関する原理に基づく分子設計の考察に根ざしている。実用化を視野に入れ、常に学術的かつファンダメンタルなベースに立ち返った研究開発を実践するスタイルが貫かれているが、これは当該研究分野に限らず、さまざまな研究分野での適用が本来可能であり、その意味での学術的なインパクトは大きいものであると高く評価することができる。

産業面でのインパクトは、4-1.でも述べたような企業との実用化開発が、いかにして実を結ぶかに期待するところが大きい。その際、より高度なことを望むとするならば、特に実用化に向けた製造プロセスの確立に対しては、基礎原理が優れていて、基本実験において検証済みであったとしても、その一方で「ものづくり」という視点を持ち、今後さまざまな障壁を乗り越えてもらいたい。GI-POFは無線LANやガラス光ファイバーとの競合を考えると厳しい問題があるが、ゼロ複屈折フィルム関係は実用化に寄与する可能性が高い。

#### 4-3. その他特記事項(受賞等)

上記の企業との実用化開発は、内閣府の「最先端研究開発支援プログラム」の中で展開されるものであり、小池教授が中心研究者を務めている(研究課題は、「世界最速プラスチック光ファイバーと高精細・大画面ディスプレイのためのフォトニクスポリマーが築くFace-to-Faceコミュニケーション産業の創出」)。SORSTで得られた成果や知見がさらに大きく発展することを期待しつつ、その一方で新たなブレークスルーにも期待したい。

また小池教授は、SORSTを含むこれまでの一連の業績が評価されて、紫綬褒章(2006年)やMOC Award(2007年)、ナイスステップな研究者(2009年)を受けるなどした。